

# CIENCIA EN LA UNIVERSIDAD DE DOCENTES A ESTUDIANTES



**Ciencia en la Universidad,  
de docentes a estudiantes**

## **Ciencia en la Universidad, de docentes a estudiantes**

Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla

Editado por:

PUNTO ROJO LIBROS, S.L.

Cabeza del Rey Don Pedro, 9

Sevilla 41004

España

911.413.306

info@punterolibros.com

Impreso en España

ISBN: 979-83-98188-08-0

Depósito legal: SE 2083-2023

Maquetación, diseño y producción: Punto Rojo Libros

© 2023 Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla

© 2023 Editores: Ana M. Beltrán Custodio y Manuel Félix Ángel

© 2023 Punto Rojo Libros, de esta edición

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización por escrito de los titulares del copyright, bajo las sanciones establecidas por las leyes, la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de esta edición mediante alquiler o préstamos públicos.

## PRÓLOGO

En este libro, presentamos una colección de contribuciones científicas llevadas a cabo en el ámbito universitario que abordan diferentes aspectos de la ciencia y la tecnología, englobadas en el área STEM. Desde la ciencia de materiales, la química hasta la informática y la robótica, explorando las últimas investigaciones y desarrollos. Este libro tiene como objetivo inspirar a las próximas generaciones de ingenieros y científicos a través de las experiencias y perspectivas de los autores internacionales que en este libro se recogen.

La Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad de Sevilla cuenta con una reconocida trayectoria la Rama Industrial. Con el apoyo y el esfuerzo que el centro hace sobre esta obra se pretende que sus estudiantes tengan la posibilidad de formarse tanto a nivel académico, como a nivel investigador, fomentando el desarrollo de sus habilidades dentro del campo de las anteriormente mencionadas STEM. Para ello, se ha contado con la contribución de trabajos con impacto en el sector industrial, enfoque multidisciplinar, y participación de equipos formados por prestigiosos investigadores de diferentes países. Por otra parte, este libro recoge trabajos que pertenecen a diversas ramas de conocimiento tales como Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Proyectos de Química Industrial y Ambiental, Sistemas Inteligentes y Desarrollo de Productos, y Sistemas Industriales computarizados, robóticos y neuromórficos.

Así, esperamos mostrar a los jóvenes interesados en las STEM, estudiantes universitarios e investigadores lo emocionante y gratificante que puede ser trabajar en estos campos, a la par de poner al alcance de todos novedades traídas desde la Universidad.

*«La investigación es la llave que abre la puerta hacia el conocimiento y la innovación». ¿Qué papel juega la investigación en el desarrollo de la sociedad?»*

# Índice

PRÓLOGO.....	5
DESARROLLO DE GRASAS LUBRICANTES BIODEGRADABLES A PARTIR DE NANOESTRUCTURAS DE LIGNINA/ ACETATO DE CELULOSA MEDIANTE ELECTROHILADO .....	17
DESARROLLO DE SETUP EXPERIMENTAL PARA LA REALIZACIÓN DE CARTOGRAFÍA EM EN SISTEMAS CRIPTOGRÁFICOS .....	22
IMPEDANCIA DE DISCOS DE Ti35Nb7Zr5Ta CON DISTINTAS CONDICIONES DE FABRICACIÓN .....	27
NANOESTRELLAS DE AuCu SOPORTADAS SOBRE ÓXIDO DE GRAFENO COMO SENSOR ELECTROQUÍMICO DE ARSÉNICO.....	32
ADAPTACIÓN DE UN EQUIPO DE SOLDADURA DE PERNOS PARA LA SINTERIZACIÓN DE POLVOS METÁLICOS.....	37
CARACTERIZACIÓN DE LOS PATRONES DE RELLENO DE ULTIMAKER CURA EN PROBETAS DE PLA REALIZADAS MEDIANTE MODELADO POR DEPOSICIÓN FUNDIDA (FDM).....	42
SÍNTESIS DE NANOESTRUCTURAS PLASMÓNICAS DE ULTRA-ALTA SENSIBILIDAD PARA SU APLICACIÓN EN ESPECTROSCOPIA RAMAN MEJORADA EN SUPERFICIE (SERS).....	47
IMPLANTES DENTALES DE TITANIO POROSO: DISEÑO, FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN TRIBOMECAÁNICA.....	53
ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES ESTÍMULO SENSIBLES EN MICELAS MIXTAS A BASE DE POLOXÁMEROS Y POLOXAMINAS....	58

MODELO NEURONAL DE AGREGACIÓN DE INFORMACIÓN TUMORAL PSEUDO-ETIQUETADA EN IMÁGENES HISTOLÓGICAS DE CÁNCER DE PRÓSTATA .....	63
EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS USANDO DISPARIDAD TOPOLÓGICA A NIVEL DE PÍXEL EN IMÁGENES BINARIAS MEDIANTE UN GRAFO ETIQUETADO BIPARTITO. ....	68
ESTUDIO EXPERIMENTAL ACERCA DE LOS MECANISMOS DE EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS EN SISTEMAS DE MACHINE LEARNING .....	74
ESTUDIO COMPARATIVO DE ALGORITMOS DE CONSENSO LIGERO Y PROPUESTA DE MEJORA EN BLOCKCHAIN .....	79
DETECCIÓN DE CÁNCER DE COLON MEDIANTE IMÁGENES HISTOPATOLÓGICAS.....	84
DISEÑO DE BLOQUES BÁSICOS BASADOS EN REDES NEURONALES PULSANTES EN SPINNAKER .....	90
MODELOS NEURONALES PULSANTES DE MEMORIA BIOINSPIRADOS EN LA REGIÓN CA3 DEL HIPOCAMPO .....	96
ENFOQUE ESPECTRAL EN CAMPO PARA EL ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO DE LAS ACEITUNAS MANZANILLA Y GORDAL.....	101
PROBABILISTIC FORECASTING APPLIED TO MICROGRIDS: CREATION OF SCENARIOS AND SELECTION OF MODELS .....	106
IMPLEMENTACIÓN HARDWARE DE UN ALGORITMO LIGERO DE CIFRADO CON AUTENTICACIÓN .....	111
ADQUISICIÓN DE DATOS PARA MONITORIZAR LA CONDICIÓN EN VEHÍCULOS TÁCTICOS. DESARROLLO DE COMPUTADOR EMBARCADO .....	117
ESTIMULACIÓN Y PERCEPCIÓN TÁCTIL PARA NIÑOS CON AUTISMO: DESARROLLO DEL MÉTODO AUSENS PARA LA INTERACCIÓN HÁPTICA .....	122

ESTIMATION OF THE CARBON FOOTPRINT IN AEROSPACE SECTOR. MODEL FOR THE QUANTIFICATION OF EMISSIONS FOR METAL PARTS IN INDUSTRY 4.0.....	127
ESTUDIO DE PROPIEDADES DE PIEZAS A PARTIR DE POLVO MAGNÉTICO DE HIERRO FABRICADAS POR SINTERIZACIÓN POR RESISTENCIA ELÉCTRICA EN MEDIA FRECUENCIA .....	132
MÉTODO NOVEDOSO DE LA FABRICACIÓN DE COMPUESTOS INTERMETÁLICOS A PARTIR DEL POLVO AMORFO DE LA ALEACIÓN AL-NI-TI PREPARADA MEDIANTE MOLIENDA MECÁNICA DE ALTA ENERGÍA.....	138
MEJORA DEL DISEÑO DE INSTALACIONES MEP MEDIANTE LA DETECCIÓN, ANÁLISIS Y SOLUCIÓN DE INCIDENCIAS EN ENTORNO VIRTUAL BIM .....	144
ESTUDIO NUMÉRICO DEL SOPORTE DE LOS CILINDROS HIDRÁULICOS DE LA COSECHADORA DE SAL CUBANA MODERNIZADA .....	152
FABRICACIÓN DE CÁTODOS PARA BATERÍAS DE IONES DE LITIO MEDIANTE NUEVAS RUTAS SINTÉTICAS .....	158
EMPLEO DEL SNAP PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN EL TERRENO CON DATOS DE SENTINEL-1....	164
METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE CONEXIÓN A RED EN CUBIERTAS UTILIZANDO PAQUETES CAD ...	169
SIMULACIÓN NUMÉRICA COMO HERRAMIENTA PARA PREDECIR DEFECTOS EN PROBETAS EXPERIMENTALES DE ALEACIONES DE HIERRO GRIS.....	175
COMPACTOS POROSOS DE NÍQUEL OBTENIDOS POR CONSOLIDACIÓN POR DESCARGA ELÉCTRICA .....	180
INFLUENCE OF THE LOW-FREQUENCY VIBRATION IN THE ULTIMATE TENSILE STRENGTH OF “IN MOLD” NODULAR CASTING IRON .....	185

FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ ALUMINIO REFORZADOS CON NANOPLAQUETAS DE GRAFENO .....	190
DESARROLLO DE DISPERSIONES LUBRICANTES SOSTENIBLES BASADAS EN NANOESTRUCTURAS DE ACETATO-FTALATO DE CELULOSA Y ACEITE DE RICINO. ....	195
FABRICACIÓN ADITIVA DE INVAR 36: INFLUENCIA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN EN LAS PROPIEDADES FINALES.....	200
CARACTERIZACIÓN DE ALEACIÓN Ti-6Al-4V TRAS INMERSIÓN EN ÁCIDO FLUORHÍDRICO .....	206
SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS BASADAS EN $\text{Eu}^{3+}:\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$ CON POSIBLES APLICACIONES EN BIOMEDICINA .....	212
INFLUENCIA DE LA POROSIDAD EN IMPLANTES DENTALES MONOCOMPONENTES SOBRE SU COMPORTAMIENTO BIOMECÁNICO .....	236
INFLUENCIA DE LA CALIDAD ÓSEA EN LA ZONA DEL PRIMER MOLAR SOBRE EL COMPORTAMIENTO BIOMECÁNICO DE UN IMPLANTE DENTAL.....	241
MÉTODO INTERACTIVO-PROFESIONAL: UNA VÍA PARA LA FORMACIÓN LABORAL DE LOS ESTUDIANTES EN LA ESCUELA POLITÉCNICA CONTEMPORÁNEA .....	246
EVALUACIÓN A TRACCIÓN DE UNA UNION SOLDADA A TOPE DE ACERO AISI 1015 Y ALAMBRE ER71-T .....	251
REDES BAYESIANAS PARA EL APOYO A LA TOMA DE DECISIONES EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	257
ANÁLISIS DE SISTEMA DE BOMBEO CON FRE PARA FINCAS GANADERAS.....	263
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE NUEVOS MATERIALES TEXTILES MEDIANTE TÉCNICAS SOSTENIBLES .....	268

UN ESTUDIO DE CASO SOBRE EL ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA DE UN REFRIGERADOR DOMÉSTICO EN NEIVA-COLOMBIA.....	274
DESARROLLO DE ANDAMIOS DE LIGNINA/PCL MEDIANTE ELECTROHILADO CON POTENCIAL APLICACIÓN EN INGENIERÍA TISULAR.....	279
OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VEHÍCULOS POLIMÉRICOS CARGADOS CON NANOPARTÍCULAS DE MAGNETITA PARA TRATAMIENTO DEL CÁNCER. ....	286
OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CÁPSULAS DE POLI- $\epsilon$ -CAPROLACTONA COMO VEHÍCULO MULTIFUNCIONAL PARA EL TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS.....	292
LA FORMACIÓN LABORAL DEL INSTRUCTOR DE ARTE DESDE LA ENSEÑANZA DE LAS DANZAS HAITIANAS COMO PATRIMONIO CULTURAL INMATERIAL .....	300
MANTENIMIENTO CON ENFOQUE SOSTENIBLE EN LA INDUSTRIA DE TRANSFORMACIÓN DEL PLÁSTICO.....	305
A METHOD TO ESTABLISH SEAGRASS ECOSYSTEM BOUNDARIES IN GUARDALAVACA BEACH, HOLGUÍN CUBA.....	311
DISTRIBUCIÓN DEL PATOSISTEMA FITOPLASMAS-SOYA EN CUBA....	316
THE SOCIAL RELEVANCE OF SCIENCE-TECHNOLOGY-SOCIETY IN THE POSTGRADUATE TRAINING OF THE HEALTH PROFESSIONAL IN HOLGUÍN .....	322
CARACTERIZACIÓN DE LAS PACIENTES CON ALTERACIONES COLPOSCÓPICAS ATENDIDAS EN CONSULTA PATOLOGÍA BENIGNA DE CUELLO UTERINO.....	327
CARACTERIZACIÓN DE LAS LESIONES INTRAEPITELIALES DE CUELLO UTERINO EN PACIENTES DEL MUNICIPIO HOLGUÍN, CUBA.....	333

LA FORMACIÓN LABORAL DEL MÉDICO RESIDENTE EN IMAGENOLÓGÍA. ESTADO DEL ARTE .....	339
PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA SALARIAL .....	345
LISTA DE ESPERA PARA CIRUGÍA DE CATARATA. MODELOS CONCEPTUALES .....	351
CARACTERIZACIÓN DE LA EXTENSIÓN UNIVERSITARIA Y EL DESARROLLO LOCAL DE LAS PARROQUIAS RURALES DE PORTOVIEJO – ECUADOR.....	356
MEJORAS AL MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE LUBRICANTES Y GRASAS .....	361
THE HUMANISTIC APPROACH IN THE CURRICULAR TRAINING OF THE PROFESSIONAL FOR EDUCATIONAL INCLUSION.....	366
METODOLOGÍA PARA LA DIRECCIÓN DEL ENFOQUE PROFESIONAL EN LA LICENCIATURA EN EDUCACIÓN PRIMARIA .....	371
PRODUCTOS ESPECIALIZADOS EN AUTISMO. ANÁLISIS DE TENDENCIAS PARA UN MERCADO INCLUSIVO.....	376
LAS PAUSAS ACTIVAS. UNA PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO EN PROFESIONES SEDENTARIAS DESDE EL ENFOQUE DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.....	381
ANÁLISIS DE LA SUBSIDENCIA EN CARRETERAS MEDIANTE LA TECNOLOGÍA INSAR.....	388
ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN PARA EL DISEÑO AMBIENTAL Y LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS SOSTENIBLES .....	393
MÉTODO AHP-FUZZY PARA SELECCIONAR LA MEJOR COMBINACIÓN DE VARIANTES DE DISEÑO DE LOS INDICADORES DE FIABILIDAD DEL ARADO ASS7.....	399

DESIGN OF A SOLAR DESALINATION SYSTEM THROUGH THE VARIATION OF TERMINAL TEMPERATURE DIFFERENCES USING THE NSGA-II ALGORITHM.....	404
MANAGEMENT OF THE FUNCTIONAL REQUIREMENTS IN THE CONCEPTUAL DESIGN OF PRODUCT DEVELOPMENT USING THE KANO METHOD .....	409
CONTROL DIMENSIONAL EN TORRES DE TELECOMUNICACIÓN CON EL EMPLEO DEL ESCÁNER LÁSER TERRESTRE EN UN ENTORNO CAD/CAE .....	415
PLANIFICACIÓN DE PROCESOS EN TALLERES METAL MECÁNICOS .....	420
HABILITADORES DIGITALES PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN EL CONTEXTO DE LA INDUSTRIA 5.0.....	426
INTEGRATION OF MACHINE LEARNING AND MULTI-OBJECTIVE ANALYSIS FOR THE DIAGNOSIS OF PRODUCTION IN MACHINE WORKSHOPS WITH DYNAMIC BEHAVIORS.....	435
PROYECCIÓN DEL OLEAJE EN LAS COSTAS CUBANAS A PARTIR DE UN ENSEMBLE MULTIMODELO DE CMIP5.....	441
THE BRAINSTEM AND CEREBELLUM ATROPHY ESTIMATION IN SCA2 PATIENTS BASED ON CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS .....	446
ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA SOCIAL PARA PRODUCTOS INDUSTRIALES: ESTADO DEL ARTE Y LA TÉCNICA. ....	452
OBTAINING OCULAR DEVICES WITH BIOCOMPATIBLE RESIN BY ADDITIVE MANUFACTURING.....	457
ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO DE LA GESTIÓN EDITORIAL.....	463
CARACTERIZACIÓN DE LA O&M DE LOS AEROGENERADORES GOLDWIND EN CLIMA TROPICAL .....	470
DESARROLLO DE SENTIDOS EN NIÑOS DE TEMPRANA EDAD .....	475

HERRAMIENTA CAE PARA EVALUAR LA GESTIÓN DE LA SUBSIDENCIA DEL TERRENO MEDIANTE LA TÉCNICA INSAR .....	482
PERFORMANCE OF A HYBRID COMPUTATIONAL MODEL FOR MACHINING ENERGY CONSUMPTION .....	487
CARACTERIZACIÓN DEL FONDO DE OJO EN PACIENTES CON PRE-ECLAMPSIA GRAVE DEL HOSPITAL VLADIMIR I. LENIN .....	493
POLÍTICAS PARA LA ACTIVIDAD DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN: DESAFÍOS EN HOLGUÍN .....	498
CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT MÓVIL BASADO EN ARDUINO PARA MAPEO EN INTERIORES .....	502
INDUSTRIA 5.0: ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LAS PRINCIPALES TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN. TECNOLOGÍAS HABILITADORAS Y APLICACIONES POTENCIALES .....	508
OPORTUNIDADES Y RETOS PARA LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO EN EL CONTEXTO DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL....	519
APLICACIÓN DE MODELOS DEEP LEARNING PARA EL DIAGNÓSTICO DE PATRONES DE GLEASON EN IMÁGENES HISTOLÓGICAS DE CÁNCER DE PRÓSTATA: UN ESTUDIO COMPARATIVO SOBRE LA VARIABILIDAD INTER-OBSERVADORA.....	525
BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN EN VALORES DE VARIABLES MONITORIZADAS.....	531
LA ASIGNATURA IMPACTO AMBIENTAL DE LAS CONSTRUCCIONES EN LA CARRERA INGENIERÍA CIVIL .....	540

Escuela Politécnica Superior de Sevilla

# **Ciencia en la Universidad, de docentes a estudiantes**



# DESARROLLO DE GRASAS LUBRICANTES BIODEGRADABLES A PARTIR DE NANOESTRUCTURAS DE LIGNINA/ACETATO DE CELULOSA MEDIANTE ELECTROHILADO

**J.F. Rubio-Valle, C. Valencia, M.C. Sánchez, J.E. Martín-Alfonso, José M. Franco**

Pro2TecS – Chemical Process and Product Technology Research Center. Department of Chemical Engineering and Materials Science. Universidad de Huelva. ETSI. Campus de “El Carmen”. 21071 Huelva. Spain.

E-mail de correspondencia: [Josefernando.rubio@diq.uhu.es](mailto:Josefernando.rubio@diq.uhu.es)

## **Resumen**

En este trabajo se desarrollaron nanoestructuras de lignina/acetato de celulosa electrohiladas y se exploró su potencial como agentes estructurantes de aceite de ricino para ser utilizados como lubricantes ecológicos. Se obtuvieron diversas nanoestructuras a partir de disoluciones que contenían un 20 o 30 % en peso de lignina Kraft de eucalipto (EKL) y acetato de celulosa (CA) en distintos ratios de 100:0 a 60:40 en una mezcla de N,N-dimetilformamida/acetona. Las disoluciones de EKL/CA se caracterizaron fisicoquímicamente a partir de medidas de viscosidad, tensión superficial y conductividad eléctrica. Asimismo, las nanoestructuras se caracterizaron morfológicamente mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). La morfología de las nanoestructuras era dependiente de las propiedades reológicas de las disoluciones de biopolímeros. Las nanoestructuras de EKL/CA uniformes bien desarrolladas permitieron obtener fácilmente dispersiones tipo gel en aceite de ricino, mientras que las agrupaciones de

nanopartículas dieron lugar a dispersiones inestables. Las propiedades reológicas de estas dispersiones en forma de gel pueden ajustarse mediante la concentración de la nanoestructura y/o la relación EKL/CA y dependen en gran medida de la morfología de las nanoestructuras electrohiladas.

## **Introducción**

En las últimas décadas, existe un gran interés por sustituir los productos derivados del petróleo por materiales más respetuosos con el medio ambiente [1]. El petróleo se está convirtiendo en un recurso cada vez más escaso y caro, y también en uno de los principales responsables de la contaminación ambiental, el calentamiento global y el cambio climático. La necesidad de preservar el medio ambiente y la creciente escasez de petróleo han llevado a varios investigadores a desarrollar diferentes alternativas respetuosas con el medio ambiente. En el ámbito de los lubricantes, se calcula que aproximadamente el 55% de los lubricantes terminan en el medio ambiente. Esto ha generado una preocupación general en el sector ya que las grasas lubricantes están compuestas principalmente por aceites minerales o sintéticos y jabones metálicos que no son biodegradables [2].

En el presente trabajo se propone la lignina como posible espesante para la fabricación de dispersiones tipo gel con potencial uso como grasas lubricantes, justificándose como una nueva forma de revalorización, que combina beneficios ecológicos, económicos y sociales. Para ello, se desarrollaron diferentes sistemas con distintas proporciones de lignina Kraft de Eucalipto (EKL) y acetato de celulosa (CA) a diferentes concentraciones. El uso del acetato de celulosa como polímero dopante se justifica por su carácter biodegradable y su capacidad para formar nanofibras producidas por electrohilado.

## **Materiales y métodos**

### **Materiales**

Se utilizaron como materias primas la lignina Kraft de eucalipto (EKL) y el acetato de celulosa (CA). La EKL fue suministrada por INIA-CSIC, por otro lado, el CA ( $M_n$  30.000 g/mol), la N,N-Dimetilformamida (DMF) y la acetona (Ac) fueron suministrados por Sigma Aldrich S.A. (Alemania).

## Procesado de los dispersiones

Se prepararon soluciones utilizando diferentes proporciones de EKL y CA al 30 % en peso, como se muestra en la Tabla 1. Todas las soluciones se prepararon con una mezcla de DMF/ Ac (1:2 v/v) utilizando un agitador magnético (500 rpm). Una vez preparadas las soluciones, se realizó el proceso de electrohilado utilizando una cámara de DOXA Microfluidics (España). Las membranas formadas en el proceso de electrohilado se retiraron cuidadosamente del colector y se dispersaron en aceite de ricino, con una concentración del 15 % en peso.

## Resultados y discusión

La Tabla 1 muestra los valores de viscosidad, tensión superficial y conductividad eléctrica para cada una de las soluciones de EKL:CA descritas anteriormente.

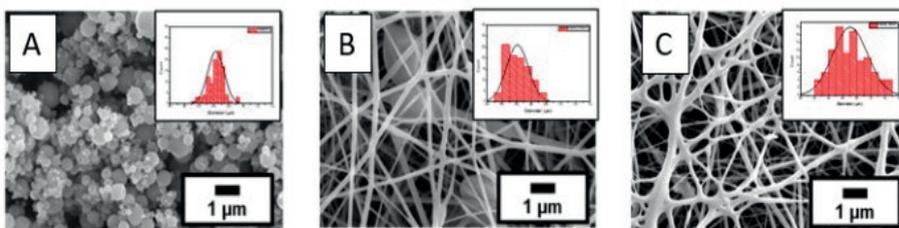
**Tabla 1.** Valores de viscosidad, tensión superficial y conductividad eléctrica para las soluciones de EKL:CA

Ratio EKL:CA	$\eta$ (Pa s)	Tensión superficial (mN/m)	Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
100:0	0.016 <sup>AA</sup>	30.34 <sup>a</sup>	182.6 <sup>C</sup>
90:10	0.055 <sup>BB</sup>	31.15 <sup>b</sup>	174.2 <sup>D</sup>
80:20	0.184 <sup>CC</sup>	31.73 <sup>c</sup>	156.3 <sup>F</sup>
70:30	0.331 <sup>DD</sup>	32.33 <sup>d</sup>	142.4 <sup>G</sup>
60:40	1.001 <sup>EE</sup>	32.55 <sup>e</sup>	139.5 <sup>G</sup>

Todas las disoluciones EKL:CA estudiadas mostraron un comportamiento de flujo viscoso newtoniano en el rango de velocidad de cizalla aplicado. Como se puede observar, la viscosidad aumenta con la relación EKL:CA. No se observa mucha variabilidad entre los valores de tensión superficial obtenidos con diferentes relaciones EKL:CA, aumentando ligeramente cuando se incrementa la cantidad de CA. Por otro lado, los resultados de conductividad eléctrica disminuyen al aumentar la proporción de CA.

La Figura 1 muestra las micrografías obtenidas por microscopía electrónica de barrido (SEM) de las nanoestructuras obtenidas a 30 % y con diferentes proporciones de EKL:CA. Como se puede observar el proceso de electrohilado no es capaz de generar fibras de lignina sin la adición de un polímero dopante, como el CA, sino que las membranas formadas en el proceso están formadas por partículas de tamaño microscópico, en lugar de fibras interconectadas (Figura 1A). Sin embargo, a medida que aumenta la concentración de CA, aparecen fibras que interconectan las nanopartículas (Figura 1B). Este hecho es más evidente en el sistema EKL60-CA40 (Figura 1C), donde se observa una distribución heterogénea de las fibras a lo largo de la micrografía.

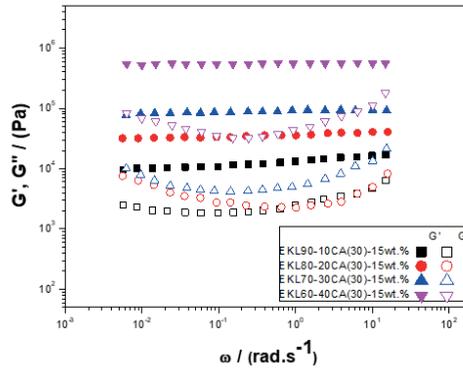
**Figura 1.** Imágenes de SEM de las nanoestructuras obtenidas con diferentes relaciones EKL:CA: (A) EKL100, (B) EKL80-CA20, (C) EKL60-CA40.



Fuente: elaboración propia.

La Figura 2 muestra la evolución de las funciones viscoelásticas lineales para las dispersiones tipo gel en función de las diferentes relaciones EKL:CA. Todos los sistemas muestran un comportamiento similar en el que el módulo de almacenamiento,  $G'$ , es siempre mayor que el módulo de pérdidas,  $G''$ , en todo el rango de frecuencias estudiado. Por lo tanto, un aumento en el contenido de CA genera mayores valores de  $G'$  y  $G''$ . Esto se debe principalmente a dos efectos; el primero es que un incremento en el contenido de CA aumenta el peso molecular de la nanoestructura, es decir, de nuestro agente espesante. Por otro lado, hay un efecto importante en las propiedades morfológicas ya que un aumento en la concentración de CA provoca una mayor densificación, cantidad y tamaño de las nanofibras lo que afecta directamente a las propiedades reológicas de la dispersión tipo gel.

**Figura 2.** Evolución de las funciones viscoelásticas con la frecuencia para dispersiones tipo gel obtenidas con diferentes relaciones EKL:CA.



Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

En base a los resultados experimentales, el electrospinning de disoluciones de EKL/CA puede proporcionar un método eficiente para la obtención de nanoestructuras capaces de estructurar los aceites vegetales en diferente medida con el fin de producir oleogel con propiedades reológicas adecuadas para su uso en el sector de la tecnología de lubricantes.

## Agradecimientos

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación (Ref. RTI2018-096080-B-C21) del MICINN. Los autores agradecen su apoyo financiero. Los autores también agradecen la beca predoctoral de J.F. Rubio-Valle (Ref. PRE2019-090632).

## Referencias bibliográficas

Lainez, M.; González, J.M.; Aguilar, A.; Vela, C. Spanish strategy on bioeconomy: Towards a knowledge based sustainable innovation. *N. Biotechnol.* **2018**, *40*, 87–95.

Sánchez, R.; Franco, J.M.; Delgado, M.A.; Valencia, C.; Gallegos, C. Development of new green lubricating grease formulations based on cellulosic derivatives and castor oil. *Green Chem.* **2009**, *11*, 686.

# DESARROLLO DE SETUP EXPERIMENTAL PARA LA REALIZACIÓN DE CARTOGRAFÍA EM EN SISTEMAS CRIPTOGRÁFICOS

**A. Casado-Galán<sup>1</sup>, V. Zúñiga-González<sup>1</sup>, F. E. Potestad-Ordóñez<sup>1,2</sup>, C. Fernández-García<sup>1</sup>, C. J. Jiménez-Fernández<sup>1,2</sup> y E. Tena-Sánchez<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Instituto de Microelectrónica de Sevilla IMSE-CNM (CSIC/US)*

<sup>2</sup> *Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla*

E-mail de correspondencia: etena@us.es

## Resumen

El objetivo de la criptografía es garantizar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información. En los dispositivos electrónicos, protegemos la información por medio de algoritmos criptográficos. Estos transforman una secuencia de bits mediante operaciones matemáticas haciendo que la información sea, con la potencia computacional de la que disponemos actualmente, imposible de recuperar sin conocer una determinada clave. Si bien teóricamente estos algoritmos son seguros, la implementación en circuitos electrónicos abre la puerta a vulnerabilidades que se pueden explotar para obtener información sobre el mensaje cifrado. Midiendo, por ejemplo, la emisión electromagnética (EM) de un circuito, con el instrumental apropiado para ello, y teniendo un modelo matemático de este lo suficientemente preciso, podemos hackear el dispositivo y obtener la clave o mensaje cifrado [1]-[4]. Este trabajo se centra en el desarrollo experimental de un setup de medida para realizar la cartografía EM de los sistemas criptográficos. Esto permite determinar los puntos de máxima emisión de

información atacable. Con el setup experimental propuesto (PC, mesa-XY y sonda EM) se puede barrer el área completa del dispositivo bajo test automáticamente y capturar la emisión EM en cada punto.

## **Introducción**

En el mundo actual donde la información y la comunicación es tan importante, la seguridad de nuestros dispositivos electrónicos es de vital importancia. Los algoritmos criptográficos nos garantizan esta seguridad haciendo que la información que es privada lo siga siendo. La implementación de los módulos criptográficos puede hacerse tanto en software como en hardware, aunque con las tendencias actuales la implementación en hardware suele ser la preferida.

El algoritmo de encriptación más utilizado actualmente es el AES [5] (*Advanced Encryption Standard*). Es un algoritmo de encriptación por bloques, es decir, toma secuencias de bits de longitud finita (bloques) y les realiza operaciones matemáticas en función de una determinada clave. En principio, el mensaje original es inaccesible sin el conocimiento de la clave, sin embargo, la implementación de algoritmos de este tipo en hardware permite aprovecharse de ciertas vulnerabilidades.

Un ataque de canal lateral explota un observable físico, como por ejemplo la emisión electromagnética de un dispositivo, y trata de acceder a los secretos de este con la ayuda de un modelo matemático.

## **Marco Teórico**

Uno de los ataques más potentes es el ataque CEMA (*Correlation-based Electromagnetic Analysis*) Este tipo de ataque explota la correlación entre los datos que se están procesando y la radiación electromagnética [1]. Para obtener datos sobre la emisión electromagnética (EM) del dispositivo necesitamos medir con una sonda en los puntos donde la relación señal-ruido sea mayor. En un circuito con un tamaño del orden de los milímetros, donde las áreas de filtrado de información pueden ser incluso tan pequeñas como del orden de las centenas de micras, la precisión a la hora de medir es clave. Por ello un método automático, preciso y con repetibilidad es necesario para desarrollar un ataque EM de forma óptima.

Situar la sonda manualmente no garantiza ninguno de estos requerimientos, por ello proponemos el método que se expone a continuación.

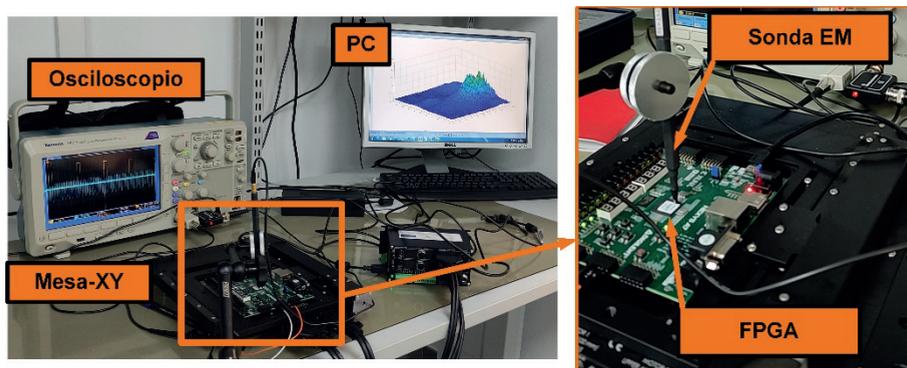
## Experimento y Resultados

El experimento que realizamos consiste en medir trazas electromagnéticas en una cuadrícula de puntos sobre una FPGA programada con el algoritmo de encriptación AES. Después, a partir de estas medidas, generar un mapa cartográfico que nos señale las zonas con mayor intensidad EM.

### Instrumentación

El instrumental de laboratorio que utilizamos para cartografiar la FPGA fue el siguiente: Una mesa-XY, que nos permite colocar la placa base de la FPGA encima y realizar desplazamientos muy precisos en un plano; una sonda EM amarrada a un brazo articulado; un osciloscopio para capturar la emisión EM en un intervalo de tiempo y un ordenador para procesar los datos capturados y para controlar la mesa-XY. Todo el setup se puede ver en la Figura 1.

Figura 1. Setup experimental.



Fuente: elaboración propia.

### Mapas Cartográficos EM

Para medir la emisión EM de la FPGA hicimos un programa en MATLAB que controlaba simultáneamente el osciloscopio y la mesa-XY. De esta forma, la mesa-XY iba realizando desplazamientos siguiendo la cuadrícula de puntos para que la sonda capturase una traza EM en cada uno de ellos. Todo esto

mientras el algoritmo de encriptación estaba realizando encriptaciones en bucle. En la Tabla 1 podemos ver la relación entre la resolución de la cuadrícula y el tiempo total de barrido. Un aumento lineal en la precisión conlleva un aumento cuadrático en el tiempo, algo a tener en cuenta.

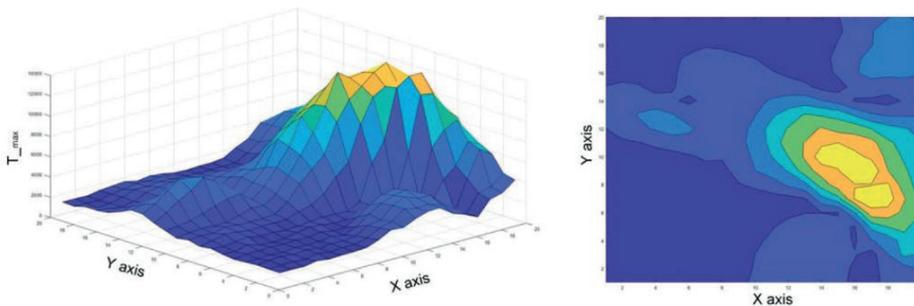
**Tabla 1.** Resolución de la cuadrícula frente a tiempo total de barrido.

Resolución	5	10	20	40	100
N.º de puntos	25	100	400	1600	10000
Tiempo total (s)	14.28	48.16	170.86	604.32	3643.00

**Fuente:** elaboración propia.

El mapa cartográfico que obtuvimos para uno de los barridos de resolución 20 se puede ver en la Figura 2.

**Figura 2.** Mapa EM de resolución 20.



**Fuente:** elaboración propia.

La zona amarilla es la de mayor intensidad EM, que se corresponde con la localización de la circuitería responsable de realizar las encriptaciones. Otras zonas de intensidad moderada se correspondían con otros procesos electrónicos auxiliares como por ejemplo la generación del reloj. Teniendo esta información, solo bastaría con situar la sonda EM encima de la zona de color amarillo para obtener la información del AES con la mayor proporción señal-ruido.

## Conclusiones

Uno de los puntos cruciales para realizar un ataque electromagnético es el posicionamiento de la sonda. En este experimento hemos encontrado la zona de mayor filtrado de información realizando un barrido automatizado y preciso en menos de 3 minutos.

## Agradecimientos

Agradecemos a Antonio José Acosta Jiménez su colaboración y disposición para la realización de este trabajo. Agradecemos a los proyectos “Grant PID2020-116664RB-I00 funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033”, “Project US-1380823” and “SPIRS Project” with Grant Agreement No. 952622 under the “European Union’s Horizon 2020 programme”.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. Mangard, E. Oswald, and T. Popp, “Power Analysis Attacks: Revealing the Secrets of Smart Cards”, Springer, 2007.
- [2] P. Kocher, J. Jaffe, and B. Jun (1999). Differential Power Analysis. *Proc. Of International Cryptology Conference (CRYPTO’99)*, pp. 388-397.
- [3] K. Gandolfi, C. Mourtel, and F. Olivier (2001). Electromagnetic Analysis: Concrete Results. *International Workshop on Cryptographic Hardware and Embedded Systems (CHES’01)*, vol. 2162, pp.251–261.
- [4] L. Sauvage, S. Guilley, and Y. Mathieu (2009). Electromagnetic radiations of fpgas: High spatial resolution cartography and attack on a cryptographic module. *ACM Transactions on Reconfigurable Technology and Systems (TRETS’09)*, vol. 2, no 1, pp. 1-24.
- [5] Pub, NIST FIPS (2001). 197: Advanced encryption standard (AES). *Federal information processing standards publication 197.441 (2001): 0311.*

# IMPEDANCIA DE DISCOS DE Ti<sub>35</sub>Nb<sub>7</sub>Zr<sub>5</sub>Ta CON DISTINTAS CONDICIONES DE FABRICACIÓN

**Paula Navarro<sup>1,3</sup>, Miguel Barrera<sup>1</sup>, Alberto Olmo<sup>1,2</sup> y Yadir Torres<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, Departamento de Tecnología Electrónica, Universidad de Sevilla, Sevilla*

<sup>2</sup> *Instituto de Microelectrónica de Sevilla, IMSE-CNM, Sevilla*

<sup>3</sup> *Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, Universidad de Sevilla, Sevilla*

pnavarro@us.es

## Resumen

En este trabajo, se estudia la impedancia eléctrica de distintas muestras de la aleación de titanio Ti-35Nb-7Zr-5Ta (TNZT), útiles en la fabricación de implantes, corroborando la dependencia existente entre la variable eléctrica y la porosidad de las muestras. Se observa el comportamiento de la impedancia eléctrica de estas piezas, en función de los porcentajes de volúmenes de porosidad existentes, debido a los diferentes parámetros empleados en el proceso de fabricación de estas. Para realizar estas medidas, se utilizó el Hewlett-Packard 4395A de Agilent, capaz de proporcionar mediciones de impedancia. Se apreciaron diferencias notables en los valores de impedancia y se vio que las características de fabricación también desempeñan un papel importante en la creación de implantes que buscan una mejor osteointegración.

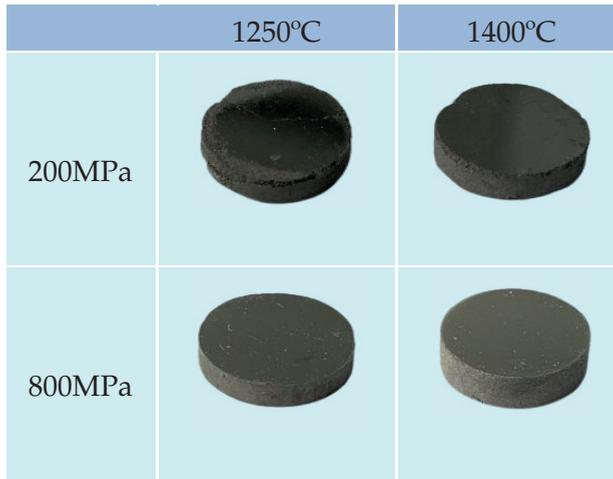
## Introducción

Debido al aumento de la esperanza de vida y a los distintos problemas de deterioro óseo que ello conlleva, el campo de la implantología ha experimentado un gran auge. De entre los biomateriales, el titanio está considerado uno de los más adecuados para su uso en implantes, debido a las buenas propiedades mecánicas que presenta. Sin embargo, la elevada rigidez y resistencia que presenta, lo comprometen como biomaterial, puesto que provoca apantallamiento de tensiones, que está a su vez asociado a una mala osteointegración (Lario-femenía, Amigó-mata, Vicente-escuder, & Segovia-lópez, 2016; Rivera & Rivera, 2013) . Para evitar esto, se busca reducir el módulo elástico de las piezas e intentar asemejarlo al del hueso, que está entre 1-20GPa. Para ello se han empleado aleaciones de titanio, concretamente las del tipo beta, ya que se ha demostrado que presentan buenas propiedades en términos ortopédicos y un módulo elástico mucho más ideal de cara a un enfrentamiento directo con el hueso humano (Brailovski et al., 2011; Tamilselvi, Raman, & Rajendran, 2006).

## Materiales y métodos

### Piezas de Ti35Nb7Zr5Ta sinterizadas a 1250°C y 1400°C

En este trabajo se utilizaron 4 discos fabricados con la aleación beta Ti35Nb7Zr5Ta, cuyas dimensiones eran de 12 mm de diámetro y aproximadamente unos 5 mm de altura. Se fabricaron todos mediante pulvimetalurgia convencional, empleando dos presiones de compactación diferentes: 200MPa y 800MPa. En cuanto al proceso de sinterización, se emplearon dos temperaturas distintas, 1250°C y 1400°C; obteniendo así dos discos a las dos presiones sinterizados a 1250°C y otros 2 discos a 1400°C.



**Tabla 1.** Imágenes de la macroestructura de los discos estudiados a las dos presiones de compactación y a ambas temperaturas de sinterización.

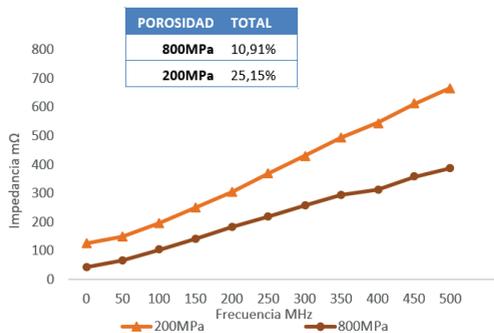
### HP 4395A

El equipo Hewkett-Packard 4395A de Agilent, permite obtener medidas de impedancia eléctrica de los discos de titanio beta a diferentes frecuencias, y poder así estudiar las diferencias existentes entre ellos debidas a las condiciones de fabricación. Si se utiliza el dispositivo como analizador de impedancia, configuración empleada en este trabajo, se requiere el módulo de impedancia 43961A. Este módulo cuenta con la circuitería electrónica interna necesaria para obtener las medidas de impedancia mediante el método de medición I-V, a las distintas frecuencias que son sometidos los discos (F, 2002).

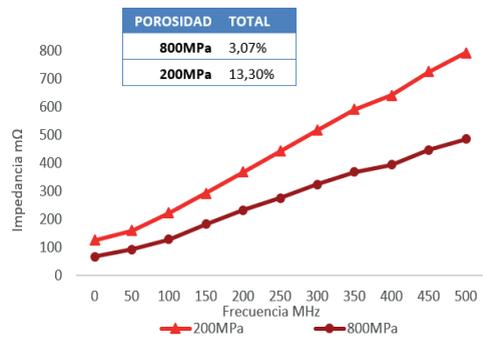
## Resultados y discusión

Tal y como se había visto en estudios anteriores (Navarro et al., 2022; Olmo, Hernández, Chicardi, & Torres, 2020), las medidas de impedancia obtenidas para los discos sinterizados a 1250°C, demostraron que la relación directa que existía entre el aumento de la porosidad y el aumento de la impedancia, seguía presente. Se observó cómo fue aumentando la impedancia eléctrica conforme

disminuía el valor de la presión de compactación, ya que cuanto menos presión empleada, más porcentaje de volumen poroso presentaban los discos. Como se puede observar en el gráfico 1 (a), el disco a 200MPa es el que presenta mayores valores de impedancia eléctrica, que a su vez cuenta con una mayor porosidad; concretamente un 25,12%. Con menores valores de impedancia, se encuentra el disco de 800MPa, que como podemos ver, cuenta también con un valor de porosidad más bajo, 10,91%.



a)



b)

**Gráfico 1.** Representación de los datos muestreados para cada uno de los discos (a) sinterizados a 1250°C (b) sinterizados a 1400°C.

En cuanto a los discos sinterizados a 1400°C, se vio que este comportamiento se repetía; ya que cuanto mayor valor de porcentaje de volumen poroso mostraba el disco, mayores eran los valores de impedancia eléctrica. Como podemos ver en el gráfico 1 (b), en esta ocasión también es el disco de 200MPa el que mayor valor de impedancia eléctrica muestra, contando esta vez con una porosidad del 13,30%. Los valores más bajos de impedancia, se encuentran, de igual forma que anteriormente, para el disco compactado a mayor presión, 800Mpa, que tiene también menor porosidad, un 3,07%.

## Conclusiones

La metodología empleada en este trabajo, ha obtenido unos resultados que demuestran la validez de esta técnica y del equipo utilizado para la caracterización de los discos de titanio beta. Como ya se había visto, los resultados han confirmado la relación directa que existe entre la porosidad y la impedancia eléctrica de los discos. Además, se ha visto que existen diferencias significativas en los valores de impedancia eléctrica obtenidos, debidas a la variación de las condiciones en el proceso de fabricación de los discos; presión de compactación y temperatura de sinterización.

## Referencias bibliográficas

Brailovski, V., Prokoshkin, S., Gauthier, M., Inaekyan, K., Dubinskiy, S., Petrzhik, M., & Filonov, M. (2011). Bulk and porous metastable beta Ti – Nb – Zr ( Ta ) alloys for biomedical applications. *Materials Science & Engineering C*, 31(3), 643–657. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2010.12.008>

F, K. Ge. (2002). Operation Manual HP 4395 Agilent. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.

Lario-femenía, J., Amigó-mata, A., Vicente-escuder, Á., & Segovia-lópez, F. (2016). *Desarrollo de las aleaciones de titanio y tratamientos superficiales para incrementar la vida útil de los implantes*. 52(4).

Navarro, P., Olmo, A., Giner, M., Rodríguez-Albelo, M., Rodríguez, Á., & Torres, Y. (2022). Electrical Impedance of Surface Modified Porous Titanium Implants with Femtosecond Laser. *Materials*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/ma15020461>

Olmo, A., Hernández, M., Chicardi, E., & Torres, Y. (2020). Characterization and monitoring of titanium bone implants with impedance spectroscopy. *Sensors (Switzerland)*, 20(16), 1–13. <https://doi.org/10.3390/s20164358>

Rivera, R., & Rivera, R. R. (2013). *Historia de la implantología y la oseointegración, antes y después de Branemark* .

Tamilselvi, S., Raman, V., & Rajendran, N. (2006). Corrosion behaviour of Ti – 6Al – 7Nb and Ti – 6Al – 4V ELI alloys in the simulated body fluid solution by electrochemical impedance spectroscopy. 52, 839–846. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2006.06.018>

# NANOESTRELLAS DE AuCu SOPORTADAS SOBRE ÓXIDO DE GRAFENO COMO SENSOR ELECTROQUÍMICO DE ARSÉNICO

Francisco Acosta-Arreazola<sup>1</sup>, M. Edith Navarro-Segura<sup>1</sup>, Ana Arizmendi-Morquecho<sup>1</sup>, Alejandra García-García<sup>1</sup>, Virginia H. Collins-Martínez<sup>1</sup>, Margarita Sánchez-Domínguez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. (CIMAV), Unidad Monterrey, Alianza Norte 202, Parque de Investigación e Innovación Tecnológica, 66628, México.

E-mail de correspondencia: margarita.sanchez@cimav.edu.mx

## Resumen

El presente trabajo busca el desarrollo de electrodos para la determinación electroquímica de As por voltamperometría. Se preparó un compuesto de nanoestrellas de AuCu depositadas sobre óxido de grafeno (AuCu/GO) que fue mezclado con grafito y Nafion, para posteriormente ser prensado y construir electrodos. Se realizaron pruebas de voltamperometría de disolución anódica de onda cuadrada (SWASV) utilizando muestras de agua de la llave con adición de estándar de As(III). Se caracterizaron morfología, composición química y cristalografía mediante microscopia electrónica (STEM en SEM), espectroscopia de emisión óptica acoplada inductivamente con plasma (ICP-OES) y difracción de rayos X (XRD). Se logró detectar arsénico por debajo de los  $10 \mu\text{g L}^{-1}$  (10 ppb), que es el límite máximo establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA-2021. Presentamos una manera fácil, barata y con potencial aplicación para la detección de arsénico en agua para consumo humano.

## Introducción

México se encuentra en una situación crítica con respecto al uso de sus recursos hídricos a causa de la sobreexplotación, contaminación y mal uso de las fuentes de agua. Esta problemática se agrava en ecosistemas áridos o semi-áridos [1]. La actualización de la NOM 127-SSA1-2021 establece un cumplimiento gradual para arsénico de  $10 \mu\text{g L}^{-1}$  para todas las localidades [2]. La técnica SWASV es una de las voltametrías más rápidas y sensibles, con límites de detección comparables con técnicas cromatográficas y espectrométricas [3]. Los materiales nanoestructurados basados en oro han sido ampliamente utilizados como sensores electroquímicos de metales pesados. Las nanoestrellas de Au y nanopartículas bimetalicas AuCu han alcanzado rangos lineales de detección que van desde los 5 a los  $100 \mu\text{g L}^{-1}$  de As [4-5]. En el presente trabajo se propone la combinación de nanoestructura y composición para obtener nanoestrellas de AuCu y evaluarlas en la detección de As a niveles de  $\mu\text{g L}^{-1}$ .

## Materiales y métodos

La síntesis de las nanoestrellas de AuCu tomó como referencia los trabajos de Bazán-Díaz [6] y Liu [7] que utilizan hexadecilamina (HDA) como estabilizante, glucosa como agente reductor, y soluciones acuosas de  $\text{HAuCl}_4$  y  $\text{CuCl}_2$  como precursores metálicos. La mezcla de reacción se mantuvo en agitación en un baño a  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ . Posteriormente, la suspensión acuosa se purifica por centrifugación y decantado utilizando agua. Las nanoestrellas lavadas se funcionalizaron utilizando una solución acuosa de cisteamina  $0.1 \text{ M}$  manteniendo en agitación durante  $1 \text{ h}$ .

Para preparar el compuesto de nanoestrellas AuCu/GO (20 % en peso de AuCu), un volumen adecuado de GO se dispersó y homogeneizó en 5 veces su volumen de agua milli-Q. Se le agregó un volumen de la dispersión de nanoestrellas funcionalizadas y se dejó en agitación durante  $1 \text{ h}$ .

La formulación de los electrodos utilizó una combinación de Compósito: Grafito: Nafion dispersados y homogeneizados en isopropanol bajo agitación magnética. La dispersión se secó durante toda la noche a  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ . El polvo resultante se homogeneizó por molienda y fue prensado en un dado de acero. Se obtuvo

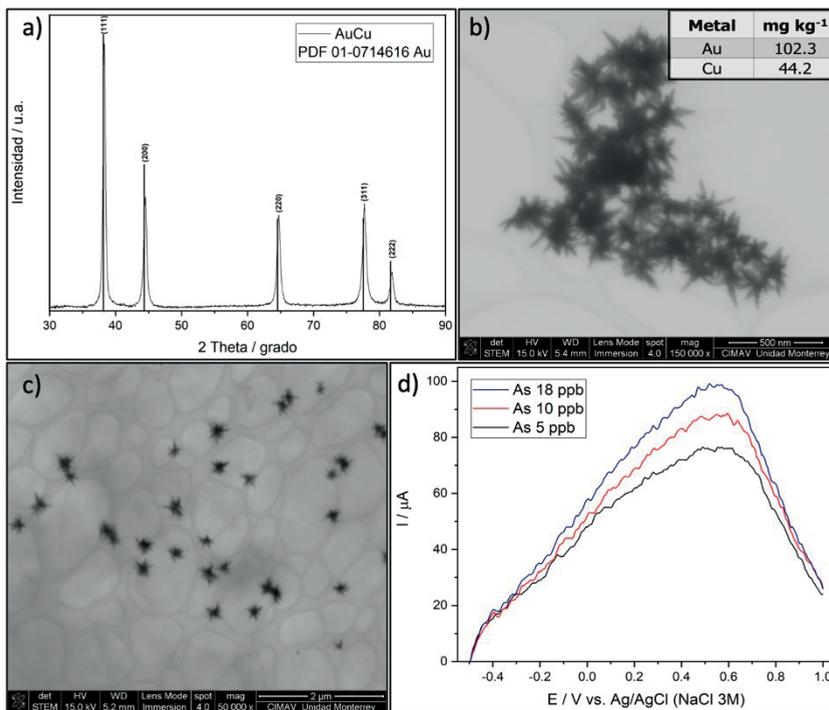
un cilindro con diámetro de 5 mm, el cual fue colocado dentro de una carcasa plástica y conectado a un alambre de cobre.

## Resultados y discusión

En la figura 1a se muestra el difractograma de rayos X, podemos observar que las señales de difracción localizadas en  $38.21^\circ$ ,  $44.55^\circ$ ,  $64.75^\circ$ ,  $77.61^\circ$  y  $81.77^\circ$  en 2 theta corresponden a las familias de planos {111}, {200}, {220}, {311}, {222} del Au. Todos los picos sufrieron un desplazamiento hacia ángulos superiores, lo que indica una contracción en la distancia interplanar, ocasionada probablemente porque el Cu ( $1.40 \text{ \AA}$ ) tiene un ratio atómico menor al del Au ( $1.79 \text{ \AA}$ ). Como se observa en la figura 1b, las nanoestrellas sin funcionalizar tienen un diámetro promedio de  $165 \pm 20 \text{ nm}$  y formaron aglomerados. Además, con el inserto de la figura 1b se determinó una relación molar Au:Cu cercana al 1:1. Las nanoestrellas funcionalizadas fueron depositadas sobre GO, lo que promovió una mejor dispersión de las estructuras, como se observa en la figura 1c.

Finalmente, se probó el compuesto AuCu/GO en la detección electroquímica de arsénico, utilizando un arreglo de celda de tres electrodos. Como electrodo de trabajo se utilizó la barra prensada, como electrodo de referencia Ag/AgCl (NaCl 3 M), y como contraelectrodo un alambre de Pt. Primero se aplicó un voltaje de  $-0.5 \text{ V}$  durante 150 s para llevar a cabo la reducción de los iones As en solución, y después de la SWASV se aplicó un voltaje de  $1 \text{ V}$  durante 180 s para regenerar el electrodo. En los voltamperogramas de la figura 1d se pueden observar picos de corriente alrededor de los  $0.4 \text{ V}$ , que corresponden a la oxidación del As. Además, como es deseado, la señal faradaica es mayor al incrementar la concentración de la especie electroactiva.

Figura 1 a) Difractograma de Rayos X de las nanoestrellas AuCu, b) Micrografía STEM de las nanoestrellas AuCu (inserto: análisis químico por ICP-OES), c) Micrografía STEM del compuesto AuCu/GO y d) Voltamogramas SWASV de As en HNO<sub>3</sub> 0.1 M



Fuente: elaboración propia

## Conclusiones

Fue posible depositar nanoestrellas de AuCu funcionalizadas con cisteamina sobre una matriz de GO, con buena dispersión. Utilizando el compuesto AuCu/GO fue posible determinar As por debajo de las 10 ppb, obteniendo una respuesta en corriente superior a varios antecedentes de este proyecto.

## Agradecimientos

A nombre de la colaboración iSensMEX ([www.inaoep.mx/iSensMEX](http://www.inaoep.mx/iSensMEX)), proyecto apoyado por CONACYT en el año 2021. Proyecto C-614/2021 del Programa Presupuestal F003 de CONACYT "PLATAFORMA PARA EL DESARROLLO Y

FABRICACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES INTELIGENTES APLICADOS EN ENERGÍA, SALUD Y SEGURIDAD iSensMEX". Paquete de Trabajo 6: Sensor para detección de arsénico en agua de consumo humano.

## Referencias bibliográficas

- [1] Rendón, E. C., León, S. S., & Armendáriz, G. M. (2020). Problemáticas socioambientales en torno al agua utilizada para actividades agrícolas en cinco municipios del estado de Chihuahua, México. *Sociedad y Ambiente*, (22), 124-151.
- [2] DE, S. D. A. Y. D., & MONTERREY, I. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-2021, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO. LÍMITES PERMISIBLES DE LA CALIDAD DEL AGUA PREFACIO.
- [3] Simões, F. R., & Xavier, M. G. (2017). Electrochemical sensors. *Nanoscience and its Applications*, 155-178.
- [4] Sullivan, C., Lu, D., Brack, E., Drew, C., & Kurup, P. (2020). Voltammetric codetection of arsenic (III) and copper (II) in alkaline buffering system with gold nanostar modified electrodes. *Analytica Chimica Acta*, 1107, 63-73.
- [5] Yang, M., Guo, Z., Li, L. N., Huang, Y. Y., Liu, J. H., Zhou, Q., ... & Huang, X. J. (2016). Electrochemical determination of arsenic (III) with ultra-high anti-interference performance using Au–Cu bimetallic nanoparticles. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 231, 70-78.
- [6] Bazán-Díaz, L., Mendoza-Cruz, R., Velázquez-Salazar, J. J., Plascencia-Villa, G., Romeu, D., Reyes-Gasga, J., & Guisbiers, G. (2015). Gold–copper nanostars as photo-thermal agents: synthesis and advanced electron microscopy characterization. *Nanoscale*, 7(48), 20734-20742.
- [7] Liu, Q. Y., Zhong, Y., Jiang, Z. Z., Chen, K., Ma, S., Wang, P. F., ... & Wang, Q. Q. (2020). A controlled growth of triangular AuCu alloy nanostars and high photocatalytic activities of AuCu@ CdS heterostars. *Journal of Materials Chemistry C*, 8(14), 4869-4875.

# ADAPTACIÓN DE UN EQUIPO DE SOLDADURA DE PERNOS PARA LA SINTERIZACIÓN DE POLVOS METÁLICOS.

**Rosa M Aranda<sup>1</sup>, Raquel Astacio<sup>2</sup>, Fátima Ternero<sup>2</sup>, Petr Urban<sup>2</sup>, F.G. Cuevas<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Afiliación, Departamento de Ingeniería Química, Química – Física y Ciencia de los Materiales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Huelva, Huelva

<sup>2</sup> Afiliación, Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, Sevilla

E-mail de correspondencia: rosamaria.aranda.dqcm@uhu.es

## Resumen

Este estudio analiza la técnica de consolidación por descarga eléctrica de condensadores, utilizando un equipo comercial de soldadura de pernos adaptado, para ser utilizado en la consolidación de polvos. El paso de la corriente eléctrica a través de una columna de polvos resistivos produce generación de calor por el efecto Joule. Dicho calor, puede utilizarse para consolidar polvos. Para la puesta a punto del equipo, se analiza cómo las descargas sucesivas afectan, dependiendo de la presión en verde, sobre la porosidad, la microestructura, la dureza y la resistividad de compactos generados a partir de polvo de hierro puro. Se evidenciará que, a pesar de decaer la diferencia de potencial entre los electrodos al disminuir la resistividad del compacto tras la primera descarga, las sucesivas descargas producen sobre compactos con presiones en verde bajas una mayor consolidación. Así, partiendo de una porosidad inicial de 0,32, la porosidad tras la primera descarga disminuye a 0,28 y tras 50 descargas la porosidad final

disminuye hasta 0,22. Con esta porosidad inicial, el proceso de sinterización aumenta la microdureza Vickers de 29 a 51 HV10 y disminuye la resistividad eléctrica de la masa de polvo de  $3,53 \times 10^{-2}$  a  $5,38 \times 10^{-4} \Omega\cdot\text{m}$ .

## **Introducción**

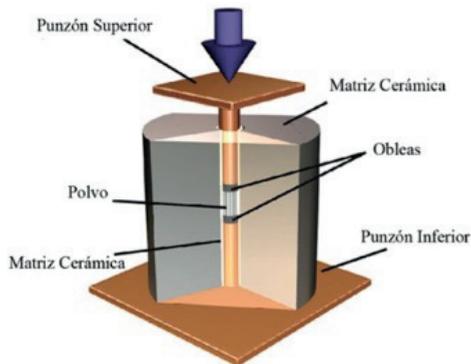
En los últimos tiempos, se han desarrollado nuevas técnicas pulvimetalúrgicas basadas en la aplicación de presión y el paso de una corriente eléctrica. Estos son procesos relativamente rápidos que pueden incluso ser llevados a cabo sin atmósfera protectora, como la sinterización por resistencia eléctrica, o por CDE.

La consolidación producida por el paso de una corriente eléctrica proporcionada a partir de la descarga de condensadores hace que el proceso se realice en un tiempo extremadamente pequeño, del orden de milisegundos. Para ello, generalmente se utilizan equipos de alto voltaje (2-20 kV) capaces de proporcionar una energía de 8-75 KJ. Esto provoca el calentamiento de los puntos de contacto entre partículas, sin excesivo efecto sobre el resto de la partícula. El equipo empleado para este estudio es un equipo de soldadura de pernos adaptado para realizar la descarga sobre polvos de Fe, al poseer un voltaje limitado del orden de 200 V son necesarios sucesivos ciclos de descargas para estudiar el efecto sobre los polvos.

## **Materiales y métodos**

Un equipo de soldadura de pernos de  $C = 132 \mu\text{F}$  y voltaje de carga  $V = 200 \text{ V}$  es acondicionado con electrodos de Cu que actúan en una matriz de sialón de 8 mm de diámetro interior. Una prensa neumática asegura el buen contacto entre electrodos y 1 g de polvo de Fe Atomet 1001HP y con un tamaño medio de partícula de  $162,8 \mu\text{m}$ , colocado en el interior de la matriz, ejerciendo 200 MPa. Se realizan entre 0 y 50 ciclos de descarga.

Figura 1. Conjunto de sinterización.

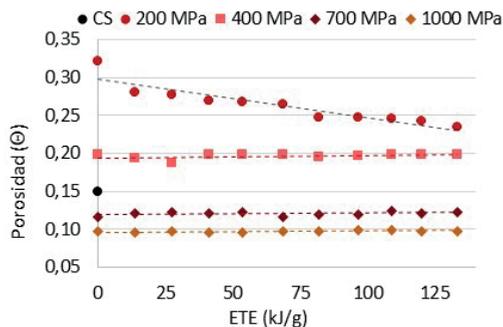


Se ha analizado la variación de la porosidad, dureza y resistividad de los compactos en función del número de descargas y presión de compactación en verde, así como su microestructura. A efectos comparativos se ha preparado una muestra del mismo polvo de Fe mediante prensado y sinterización tradicional (500 MPa y 1175 °C durante 30 min en Ar).

## Resultados y discusión

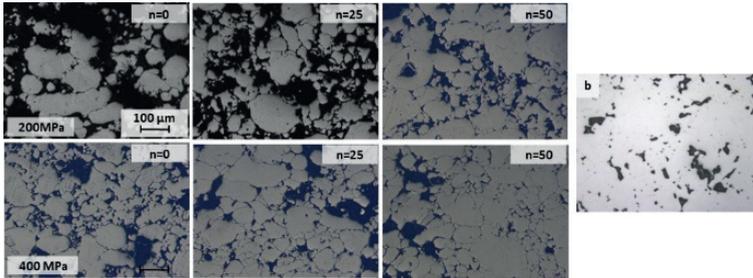
La porosidad final de los compactos  $\theta$  en función de la presión aplicada (P) y del número de ciclos de descarga (n) se representan en la Figura 2 en función de la energía térmica específica ( $ETE=1/M \cdot n \cdot 1/2 \cdot CV^2$ ) empleada en consolidar los polvos.

Figura 2. Porosidad final ( $\theta$ ) frente a Energía Térmica Específica (ETE).



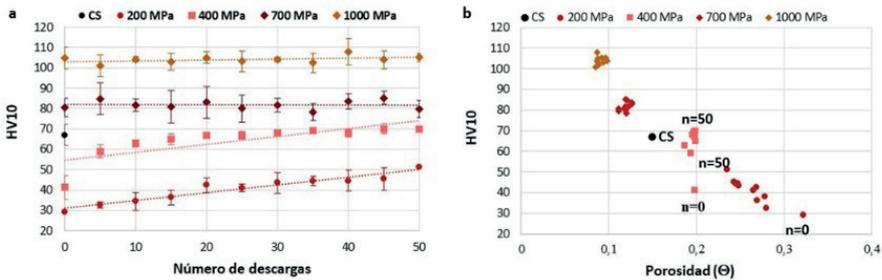
La variación de porosidad puede también apreciarse en la evolución microestructural de los compactos (Figura 3).

**Figura 3.** Micrografías que muestran la distribución de la porosidad para (a) diferentes números de descargas con presiones de compactación en verde de 200 y 400; (b) el compacto sinterizado convencionalmente.



Con las continuas descargas se logra, una disminución de la porosidad en los compactos. Como se observa en la Figura 4, esta disminución de porosidad viene acompañada, por un aumento de dureza en los mismos.

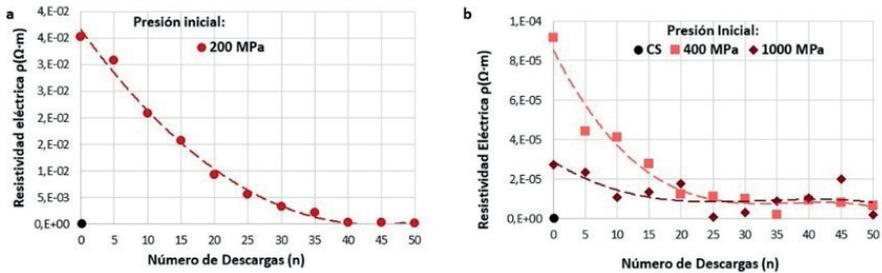
**Figura 4.** Microdureza para un compacto inicialmente prensado a) 200, 400, 700 y 1000 MPa después de 0 - 50 descargas; (b) Microdureza HV10 frente a Porosidad final ( $\Theta$ )



La microdureza aumenta con el incremento de la presión en verde, y en el caso de las probetas prensadas a 200 MPa y 400 MPa, también con el número de descargas. No hay cambios relevantes en las microdurezas de los compactos con presiones de compactación en verde más altas. La probeta procesada de forma convencional, prensada a 500 MPa, dio lugar a un valor de 67 HV10, ligeramente inferior al de las probetas consolidadas eléctricamente y compactadas a una presión inferior de 400 MPa.

La resistividad disminuye con la disminución de la porosidad y el aumento del número de descargas (Figura 5). Este efecto se debe a la mejora de los contactos entre partículas. De nuevo, el efecto de las descargas eléctricas es claro para 200 MPa y 400 MPa, pero no para presiones más elevadas.

**Figura 5.** Resistividad eléctrica para un compacto inicialmente prensado a (a) 200 MPa después de 0 - 50 descargas; (b) 400 y 1000 MPa después de 0 - 50 descargas.



## Conclusiones

En este estudio se pone de manifiesto como para presiones de compactación bajas, la microdureza aumenta y la resistividad disminuye con el número de descargas. Estos resultados confirman el análisis de la evolución de la porosidad y la microestructura, siendo el aumento de la dureza debido a los enlaces entre partículas creados por las descargas.

## Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad (España) y el Feder (UE) a través del proyecto de investigación DPI2015-69550-C2-1-P.

## Referencias bibliográficas

Aranda, R.M., Ternero, F., Lozano-Pérez, S., Montes, J.M. y Cuevas, F.G. (2021). Capacitor Electrical Discharge Consolidation of Metallic Powders—A Review. *Metals*, 11, 616.

<https://doi.org/10.3390/met11040616>

# CARACTERIZACIÓN DE LOS PATRONES DE RELLENO DE ULTIMAKER CURA EN PROBETAS DE PLA REALIZADAS MEDIANTE MODELADO POR DEPOSICIÓN FUNDIDA (FDM)

**Pablo Gómez Macías<sup>1,2</sup>, Eva M. Pérez-Soriano<sup>1\*</sup>, Antonio Perriñán<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte; Universidad de Sevilla; Sevilla (España); pabgommac@alum.us.es

<sup>2</sup> Departamento de Materiales y Procesos, Centro Avanzado de Tecnologías Aeroespaciales (CATEC); aperinan@catec.aero

\* Correspondence: evamps@us.es; teléfono: +34-954482276

## Resumen

En la fabricación de componentes mediante fabricación aditiva (AM) en concreto mediante tecnologías FDM (*Fused Deposition Modeling*), existen numerosas opciones de uso de patrones de relleno que afecta directamente las propiedades mecánicas del material. Siendo bien conocida la característica anisotrópica del material procesado mediante esta técnica, actualmente el criterio para la selección de un patrón no se realiza con el fundamento sobre cómo este afecta al componente y sus propiedades mecánicas, según las cargas a las que este está sometido. Este estudio surge con la necesidad de solventar esta falta de información y dotar de un fundamento técnico a los usuarios de la FA-FDM sobre la selección del patrón de relleno a emplear.

Para ello, se diseña y ejecuta una campaña de caracterización mecánica basada en ensayos de compresión, flexión y tracción sobre probetas fabricadas en PLA mediante modelado por deposición fundida (FDM). Las probetas se fabrican

con diferentes patrones de relleno que ofrece el software comercial Ultimaker Cura. El comportamiento estructural variará en base a la dirección de fabricación y patrón de relleno utilizado, pudiéndose alcanzar ahorros considerables tanto en material como en tiempos de fabricación. Este estudio arrojará información relevante para las fases de diseño y fabricación de componentes, tanto funcionales como de prototipos.

## Introducción

Existen dos métodos de fabricación basados en conceptos opuestos, los procesos de fabricación sustractiva y aditiva. Dentro de las técnicas de fabricación aditiva, basadas en la generación de componentes mediante un proceso de adición y unión de material capa a capa (Chowdhury et al., 2022; Bikas et al., 2016), es posible distinguir siete grupos de procesos. La técnica de modelado por deposición fundida (FDM) pertenece al grupo de procesos de extrusión (Asociación Española de Normalización, 2022), y ha sido la elegida para el desarrollo del presente estudio.

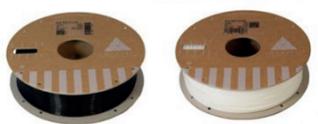
Para cada geometría a fabricar mediante FDM, en función de la orientación de fabricación de la pieza y patrón de relleno empleado en los volúmenes sólidos de los componentes, los resultados en cuanto a de propiedades mecánicas obtenidas y, por tanto, las características anisotrópicas del material pueden ser muy diferentes. Existen numerosas opciones y tipos de patrón a emplear en función del software que se emplea. Uno de los softwares más populares es el *Ultimaker Cura*, el software comercial seleccionado para tratar con los códigos de fabricación. Posee diversas ventajas: i) es un programa de uso muy extendido para la técnica de FDM; ii) es gratuito y sencillo de manejar; iii) permite modificar gran cantidad de parámetros de fabricación; y, por último, iv) ofrece un número elevado de patrones de relleno.

Gracias a este estudio será posible seleccionar el patrón de relleno más adecuado, en función del estado de carga al cual se somete la pieza fabricada. Como objetivo se buscará obtener una mejora de las propiedades del componente, junto con un ahorro de material y tiempo de fabricación.

## Materiales y métodos

El material objeto del presente estudio es el ácido poliláctico, material conocido ampliamente en el ámbito de las técnicas de FDM con las siglas PLA. En esta ocasión, se opta por PLA reciclado, el cual es suministrado por el fabricante SmartMaterials3D en bobinas de 750 g (Figura 1).

**Figura 1.** PLA reciclado en bobinas (Smart Materials 3D, 2020).



Se trata de uno de los materiales más usados en FDM, y entre sus principales características destacan: i) material 100% reciclado; ii) biodegradable; iii) excelentes propiedades mecánicas y buen acabado final; iv) facilidad de impresión y buena adhesión a la plataforma de fabricación (Smart Materials 3D, 2020).

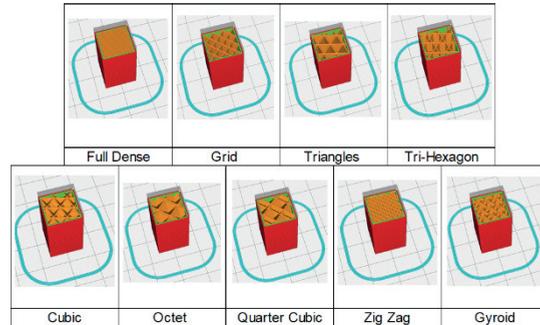
## Procedimiento Experimental

Tras diferentes iteraciones realizadas previamente para poder determinar los parámetros óptimos de fabricación, se procede a la ejecución de la fabricación de las probetas según el plan de ensayos con la geometría correspondiente para los ensayos de tracción, compresión y flexión. Durante la fabricación, se realiza un control exhaustivo de las piezas para evitar defectos de adhesión entre capas, los cuales provocarían distorsiones y fallos en los posteriores ensayos mecánicos.

Los ensayos se realizan con probetas fabricadas en las tres principales direcciones del sistema de coordenadas. La geometría de estas se basa en normas ASTM (D695-15, D790-17 y D638-14), las cuales permiten realizar probetas con mayores espesores. Esto es un punto crítico, puesto que el mayor espesor permite aumentar el número de capas haciendo el estudio de los patrones de relleno mucho más representativo.

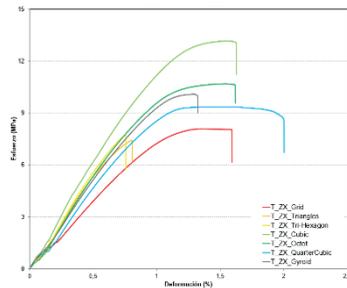
Se seleccionan nueve patrones de relleno entre los ofrecidos por el software (Figura 2), aquellos que aportan mayores ventajas con respecto al comportamiento mecánico.

**Figura 2.** Patrones de relleno seleccionados para estudio.



Para cada tipo de ensayo, se ensayan 5 probetas por dirección (XY, XZ y ZX) y patrón de relleno (Fig.2), pudiendo así obtener curvas representativas en cada tipo de ensayo para su posterior tratamiento análisis de conclusiones. Como ejemplo de todas las propiedades analizadas en el desarrollo de este estudio, la Figura 3 presenta la superposición de curvas obtenidas en el ensayo de tracción de las probetas fabricadas en dirección ZX.

**Figura 3.** Curvas de tracción de ensayos a probetas fabricadas en dirección ZX.



## Conclusiones

Resulta de interés resaltar las siguientes conclusiones generales obtenidas:

- El caso más desfavorable estructuralmente se da al aplicar carga, provocando los mayores esfuerzos en la zona de unión entre capas lo cual provoca la separación de éstas. Corresponde a las piezas fabricadas en posición horizontal

(XY) para ensayo de compresión y en posición vertical (XZ) para los ensayos de tracción y flexión.

- En piezas realizadas por FDM, las peores propiedades registradas son las resultantes a esfuerzos de tracción.

Caben destacar tres patrones de relleno frente al resto:

- El patrón de relleno *Grid* es el patrón más utilizado en FDM. Tras realizar su análisis, se observa que únicamente alcanza buenos resultados a tracción y compresión para probetas fabricadas en vertical (XZ). En el resto de los casos, obtiene bajas propiedades, lo que lo convierte en un patrón no adecuado para un gran número de aplicaciones.
- Se esperaban buenas propiedades con el patrón *Gyroid* por su mencionada isotropía. Pese a ello, este estudio reveló que este patrón ofrece bajas propiedades en todos los ensayos, además de presentar baja isotropía.
- Pese a no esperarse nada destacable del patrón de relleno *Cubic*, éste se ha convertido en el patrón revelación de este estudio, convirtiéndose en la mejor solución para diversas aplicaciones. Además, cabe destacar su buena isotropía, especialmente en dos de las tres direcciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Asociación Española de Normalización.** (2022). UNE-EN ISO/ASTM 52900:2022.

**Bikas, H., Stavropoulos, P., & Chryssolouris, G.** (2016). Additive manufacturing methods and modeling approaches: A critical review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 83(1–4), 389–405. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7576-2>

**Chowdhury, S., Yadaiah, N., Prakash, C., Ramakrishna, S., Dixit, S., Gulta, L. R., & Buddhi, D.** (2022). Laser Powder Bed Fusion: A State-of-the-Art Review of the Technology, Materials, Properties & Defects, and Numerical Modelling. *Journal of Materials Research and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.07.121>

**Smart Materials 3D.** (2020). Ficha Técnica PLA Recycled. [https://www.smart-materials3d.com/pla-recycled#/2-tamano-m\\_750g/26-diametro-175\\_mm/71-color-black](https://www.smart-materials3d.com/pla-recycled#/2-tamano-m_750g/26-diametro-175_mm/71-color-black)

# SÍNTESIS DE NANOESTRUCTURAS PLASMÓNICAS DE ULTRA-ALTA SENSIBILIDAD PARA SU APLICACIÓN EN ESPECTROSCOPIA RAMAN MEJORADA EN SUPERFICIE (SERS).

M. Edith Navarro-Segura<sup>1</sup>, Rubén Darío Rivera-Rangel<sup>2</sup>, Ana Arizmendi-Morquecho<sup>3</sup>, J. Alvarez-Quintana<sup>\*4</sup> Margarita Sánchez-Domínguez<sup>\*5</sup>

<sup>1-5</sup> Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. (CIMAV), Unidad Monterrey, Alianza Norte 202, Parque de Investigación e Innovación Tecnológica, 66628, Apodaca, Nuevo León, México.

e-mail de correspondencia: margarita.sanchez@cimav.edu.mx,  
jaime.alvarez@cimav.edu.mx.

## Resumen

Se ha desarrollado un método fácil, de bajo costo, reproducible y rápido para la obtención de estructuras octaédricas plasmónicas de Ag y nanojaulas de Au por la técnica de electrodeposición en combinación con la reacción de reemplazo galvánico (RRG). Estos materiales fueron evaluados mediante impregnación con rodamina 6 (R6G) y 4-aminotiofenol (4-ATP) para verificar su eficacia como sustratos SERS. Notablemente, se logró detectar espectros SERS de alta resolución a muy bajas concentraciones ( $1 \times 10^{-15}$  M, R6G y  $1 \times 10^{-18}$  M, 4-ATP). Al evaluar la reutilización de los sustratos, se observó que después de 75 reusos durante 100 días, aún se detectan espectros SERS de alta calidad, demostrando su ultra-alta sensibilidad y reproducibilidad.

## Introducción

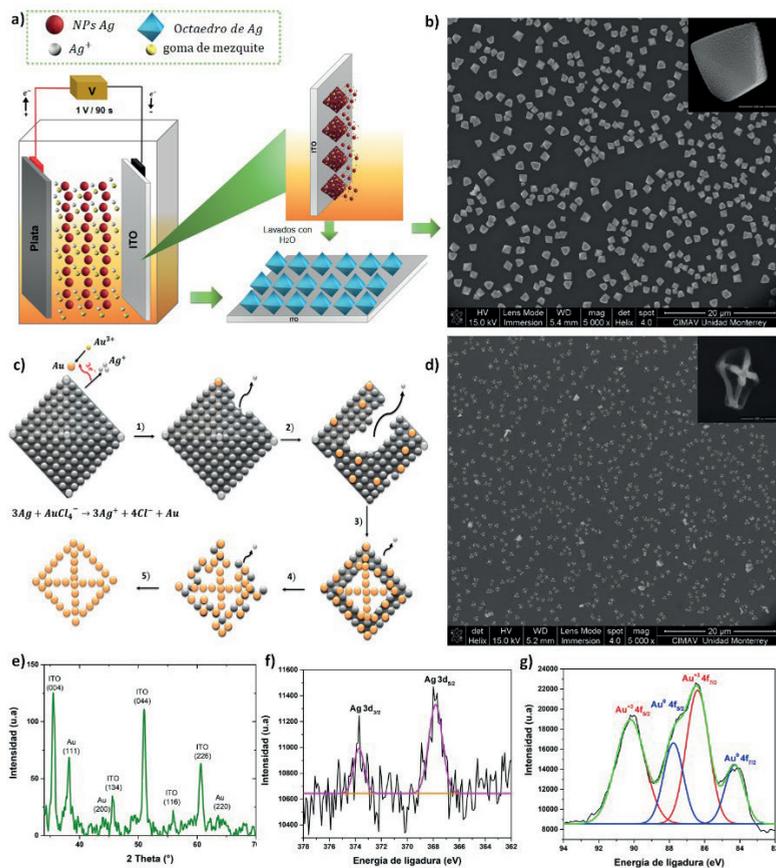
La técnica de espectroscopia Raman mejorada en superficie (SERS) ha despertado el interés de grupos de investigación por su alta sensibilidad para la detección de moléculas, células o muestras biológicas incluso a nivel individual. Lo anterior es muy importante para diversos campos de aplicación, como el diagnóstico médico de enfermedades crónico degenerativas, detección de pesticidas, fármacos, explosivos, drogas etc. Una tendencia reciente en el área de la plasmónica es el desarrollo de micronanoensamblajes 3D ya que generalmente muestran una alta porosidad, una gran área de superficie accesible para los analitos y, al mismo tiempo, permite la utilización del volumen focal 3D completo del rayo láser incidente, lo que también aumenta la respuesta SERS (Yue et al., 2020).

## Materiales y métodos

La síntesis de octaedros de Ag y nanojaulas de Au se basó en la metodología empleada por nuestro grupo de trabajo (Navarro-Segura et al., 2022). Para la obtención de octaedros de Ag sobre ITO, se empleó la técnica de electrodeposición; usando una mezcla de 10 mM de nitrato de Ag ( $\text{AgNO}_3$ ) y 100  $\mu\text{L}$  de NPs de Ag estabilizadas con goma de mezquite (Moreno-Trejo & Sánchez-Domínguez, 2016) y se aplicó 1 V durante 90 segundos con el fin de obtener sustratos SERS óptimos y reproducibles. Para la síntesis de nanojaulas de Au, se preparó 10 mL de ácido tetracloroáurico ( $\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) a una concentración 0.01 mM y se sumergió el sustrato con octaedros de Ag a dicha solución, manteniendo ahí durante 30 min.

## Resultados y discusión

**Figura 1.** Caracterización de los sustratos con octaedros de Ag; a) Mecanismo propuesto b) SEM. Caracterización de las nanojaulas de Au; c) Esquemas de las diferentes etapas de la RRG entre octaedros de Ag y la solución de HAuCl<sub>4</sub>, d) XRD, f) XPS para la Ag y g) XPS para el Au.



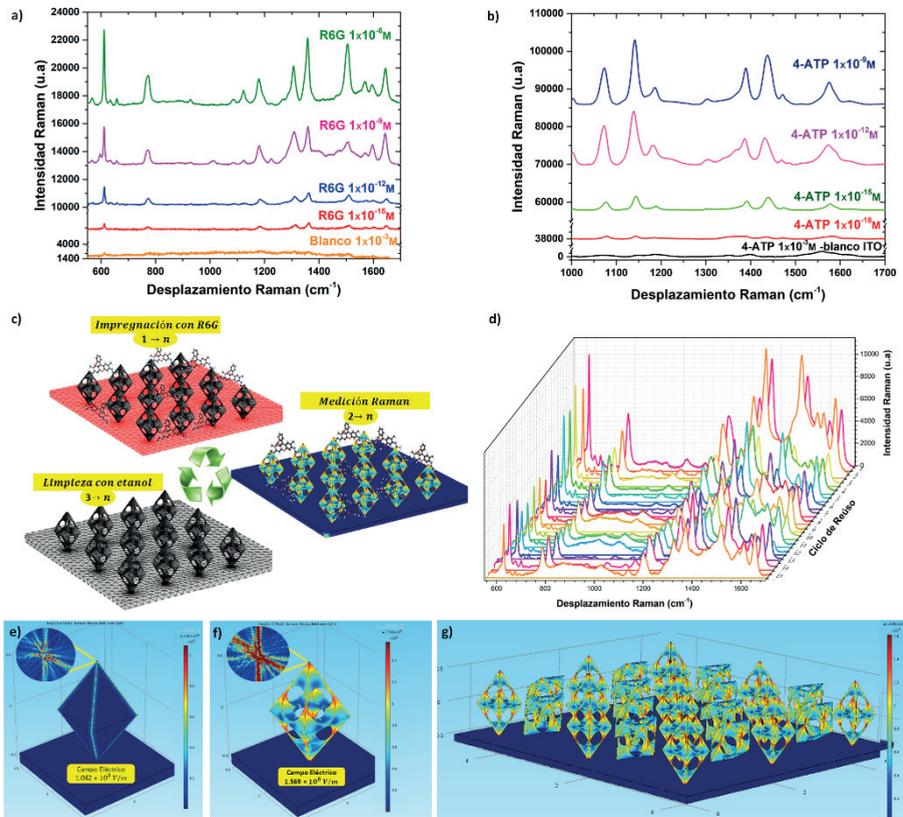
Fuente: elaboración propia

El mecanismo propuesto para la formación del octaedro de Ag se muestra en la Figura 1 a). El crecimiento de este tipo de estructuras se basa en el modelo de Volmer-Weber (Penner, 2002). Los octaedros formados presentan un tamaño promedio de  $563 \pm 132,95$  nm como se muestra en la Figura 1 b). Los principales pasos involucrados para la obtención de nanojaulas de Au en la RRG se presentan gráficamente en la Fig. 1 c). Estas estructuras tienen una capa de 40 nm de espesor y una longitud de borde de alrededor de 500 nm en promedio, (Fig. 1

d)). En la Figura 1 e) se muestra el patrón de difracción de rayos X de las nanojaulas de Au, obteniendo un sistema cristalino FCC, correspondiente a la carta JCPDS 00-066- 0091 para el Au. La composición de este material fue 1,1% de Ag y 98,9% de Au de acuerdo a la caracterización por la técnica de XPS mostrada en la Figura 1 g).

*Evaluación de las nanojaulas de Au como sustrato SERS*

**Figura 2.** Evaluación del efecto SERS sobre las nanojaulas de Au usando diferentes concentraciones de; a) R6G y b) 4-ATP. c) Esquema del proceso de reúso, d) Reusabilidad con R6G a  $1 \times 10^{-3}$  M. Modelados usando COMSOL Multiphysics en: e) octaedro de Ag, f) nanojaulas de Au, g) sustrato con un área de  $5 \mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$ .



Fuente: elaboración propia

Las nanojaulas de Au permiten la detección de R6G hasta  $1 \times 10^{-15}$  M (Fig. 2a)) obteniendo un alto factor de aumento (EF) de  $3.72 \times 10^{12}$ . También se evaluó su efecto SERS usando 4-ATP (Fi. 2b)), logrando detectar concentraciones tan bajas como  $1 \times 10^{-18}$  M con un EF de  $9 \times 10^{15}$ . En general, la mejora conseguida con las nanojaulas de Au se atribuye principalmente a los micro-nanoensamblajes 3D jerárquicos, que presentan una porosidad significativa y una gran superficie accesible para los analitos. Así mismo se evaluó la reutilización a través de ciclos secuenciales consistentes en impregnación/medida/lavado (Fig. 2 c), y se observa que después de 75 reutilizaciones realizadas durante 100 días, los sustratos aún detectan espectros SERS de alta calidad, como se observa en la Figura 2 d) para la R6G  $1 \times 10^{-3}$  M. Estos resultados se confirmaron teóricamente a través de un modelado de elementos finitos (FEM), lo que demostró visualmente que las estructuras huecas (nanojaulas de Au) presentan un mejor rendimiento de detección de campos eléctricos superficiales que las sólidas (octaedros de Ag) como se muestra en las figuras 2 e)-g).

## Conclusiones

Los sustratos reutilizables SERS basados en nanojaulas de Au, se obtienen con éxito mediante un proceso de electrodeposición simple en combinación con una reacción de reemplazo galvánico. Además, mediante el modelado del campo eléctrico superficial a través del software COMSOL Multiphysics, se muestra visualmente que las estructuras huecas presentan una mejor detección del campo eléctrico superficial que las sólidas, lo que da lugar a una mejor respuesta electromagnética debido a los plasmones superficiales.

## Referencias bibliográficas

Moreno-Trejo, M. B. & Sánchez-Domínguez, M. (2016). Mesquite gum as a novel reducing and stabilizing agent for modified tollens synthesis of highly concentrated ag nanoparticles. *Materials*, 9(817), 14–22. <https://doi.org/10.3390/ma9100817>

Navarro-Segura, M. E., Rivera-Rangel, D., Arizmendi-Morquecho, A., Alvarez-Quintana, J. & Sánchez-Domínguez, M. (2022). Ultra-high Sensitivity Surface-Enhanced Raman Spectroscopy (SERS) Substrates Based on Au Nanostructured Hollow Octahedra. *Applied Materials Today*, 29, 101598. <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2022.101598>

Penner, R. M. (2002). Mesoscopic Metal Particles and Wires by Electrodeposition. *The Journal of Physical Chemistry B*, 106(13), 3339–3353. <https://doi.org/10.1021/jp013219o>

Yue, W., Gong, T., Long, X., Kravets, V., Gao, P., Pu, M. & Wang, C. (2020). Sensitive and reproducible surface-enhanced raman spectroscopy (SERS) with arrays of dimer-nanopillars. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 322(July), 128563. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2020.128563>

# IMPLANTES DENTALES DE TITANIO POROSO: DISEÑO, FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN TRIBOMECAÁNICA.

**Danaysi Mena Torres <sup>1</sup>, Paloma Trueba <sup>1</sup>, L. Marleny Rodríguez-Albelo <sup>1,\*</sup>,  
Ana M. Beltrán <sup>1</sup>, José A. Rodríguez-Ortiz <sup>1</sup>, and Yadir Torres <sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla. danmentor1@alum.us.es, ptrueba@us.es, lralbelo@us.es, abeltran3@us.es, jarortiz@us.es, ytorres@us.es*

E-mail de correspondencia: lralbelo@us.es

## **Resumen**

La demanda de implantes dentales es creciente, aunque en la actualidad se comercializan una gran variedad de ellos, es necesaria la implementación de mejoras en el diseño y/o selección de los materiales empleados. En este trabajo, se propone el diseño, fabricación y caracterización de un novedoso implante que intenta solventar algunas de las deficiencias detectadas en los implantes comerciales fabricados de Titanio. En la presente propuesta, el implante se fabrica con titanio comercialmente puro (Ti c.p.), con porosidad longitudinal controlada, y acabado superficial, dependiendo de los requisitos clínicos requeridos de cada zona del implante. Para la fabricación del implante se combina el uso de pulvimetalurgia convencional (PM) y la técnica de espaciadores. La preforma cilíndrica se caracteriza microestructuralmente y tribomecánicamente, previo al proceso de mecanizado. Posteriormente, se realiza el protocolo de mecanizado del implante. Finalmente, se realiza un estudio detallado del gradiente de

porosidad, relacionándolo con el comportamiento tribo-mecánico en cada zona del implante. Como trabajos futuros se proponen tratamientos de modificación superficial que permitirían una mejora sustancial del comportamiento antibacteriano y la mayor adhesión de osteoblastos.

## **Introducción**

En la actualidad, el tratamiento más efectivo para el edentulismo es el uso de implantes dentales. Es por ello, que investigadores de todo el mundo están a la búsqueda de mejoras sustanciales a los implantes comerciales disponibles, con el objetivo principal de solventar sus principales deficiencias.

<sup>1</sup> El titanio y sus aleaciones son el material metálico más empleado para su fabricación, por su biocompatibilidad y capacidad de osteointegración. Sin embargo, su principal problemática radica en la diferencia de rigidez (Módulo de Young) entre el implante (105-110 GPa) y el hueso cortical (20-25 GPa), lo que desencadena el apantallamiento de tensiones, provocando la reabsorción ósea. Como segundo problema, el proceso de osteointegración del titanio sigue siendo insuficiente para generar una intercara resistente entre el hueso y el implante, lo que lleva a micromovimientos del dispositivo. Y como última problemática, los implantes dentales son susceptibles a la colonización bacteriana (perimplantitis).<sup>2</sup> Con el objetivo de solucionar estas desventajas, este trabajo propone la fabricación de una preforma diseñada con porosidad longitudinal por la ruta pulvimetalúrgica, implementando la técnica de espaciadores.<sup>3</sup>

## **Materiales y métodos**

Para la elaboración de las preformas, se emplearon polvos de Ti c.p. grado IV, y como espaciador se ha empleado bicarbonato de amonio. El espaciador se tamiza para obtener tamaño de partículas entre 100-200  $\mu\text{m}$ . Se preparan las mezclas de Ti c.p. y espaciador al 30% en volumen y se mezclan en una túbula, luego el polvo es compactado a 800 MPa, en forma secuencial para lograr una preforma cilíndrica en verde .

El espaciador es eliminado de las preformas en verde, siguiendo una rampa de temperatura en horno mufla. Una vez concluido este proceso, la preforma en verde, libre de espaciador, pasa al horno de alto vacío para ser sinterizada.

La preforma fabricada se corta transversalmente, y se le realiza preparación metalográfica para así caracterizarla microestructuralmente por análisis de imágenes.<sup>4</sup> Para esto se utiliza un microscopio óptico Nikon Eclipse MA100N y se analizan con el software NIS-Elements. A la otra sección, se le realizan el ensayo de Arquímedes, de acuerdo a la normativa ASTM C373 - 14, este método refleja la porosidad total, la porosidad interconectada y la densidad de las muestras,. Los ensayos de se realizaron con la máquina de Microtest MTR3/50-50/NI con un indentador cónico-esferoidal tipo Rockwell. El micromecanizado de la preforma se realizó en un torno y fresadora, de control numérico, siguiendo la secuencia de operaciones siguientes: cilindrado, roscado de los extremos, fresado ranuras corta huesos, esmerilado, pulido de la parte porosa y finalmente el punzonado.

## Resultados y discusión

Las dimensiones de la preforma sinterizada, avalan el proceso de fabricación, ya que estas permiten, llevar a vías de hecho el implante dental.

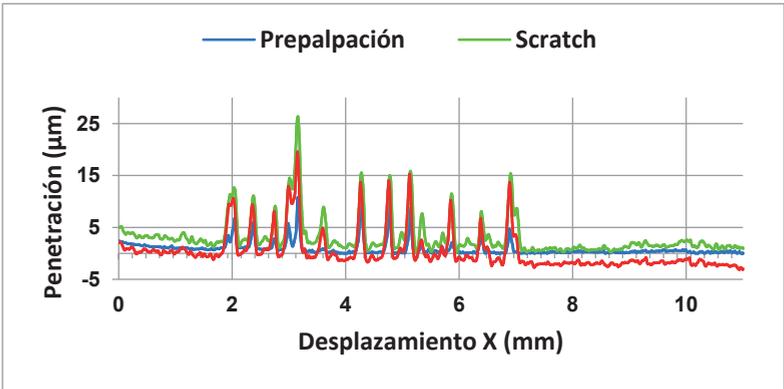
Los resultados obtenidos de Análisis de Imagen y test de Arquímedes se resumen en la Tabla 1. estos muestran que se ha logrado una preforma con zona porosa de 24.4 % vol. y diámetro equivalente de 118.4  $\mu\text{m}$ , acorde con el diseño propuesto. Autores como Paloma et al., 2021 coinciden en sus investigaciones.

Zona de Im- plante	Método de Ar- químedes				
	Análisis de imagen			químedes	
	PT[%]	Eq[ $\mu\text{m}$ ]	F.F	PT[%]	PI[%]
<b>Superior</b>	0.25 ± 0.02	2.7 ± 0.04	0.71 ± 0.01	10.7 ± 1.4	8.8 ± 1.5
<b>Porosa</b>	23.6 ± 6.6	<b>118.4 ± 9.5</b>	<b>0.61 ± 0.06</b>	24.4 ± 4.2	10.1 ± 4.9
<b>Apical</b>	0.82 ± 0.3	3.6 ± 0.5	0.71 ± 0.04	10.5 ± 7.1	6.2 ± 3.2

Tabla 1. Resultados de análisis de imágenes y ensayo de Arquímedes de la preforma por zonas.

En los ensayos de dureza, realizados al implante dental, se evidencia, el aumento de la rugosidad en la zona intermedia (porosa), con respecto a las zonas densas. La Figura 1 muestra el Scratch del implante dental, desde la zona apical densa, pasando por la zona porosa y terminando en la zona superior.

Figura 1. Perfil de rayado del implante de la zona apical a la zona densa (11mm, con carga constante de 3 N a 1mm/min).



La capacidad de recuperación elástica de las zonas del implante se muestra en la Tabla 2, estos valores apuntan a una menor dureza de zona porosa y por tanto un menor Modulo de Young.

	Ensayo	Valor medio	Recuperación elástica
Zona Maciza	Scracth	2,902	1,025
Zona Porosa	Postpalpación	1,876	
Zona Porosa	Scracth	3,189	1,359
Zona Porosa	Postpalpación	1,831	

Tabla 2. Resultados de la recuperación elástica por zonas.

Se logró el micromecanizado exitoso del implante dental, zonas apical y superior roscadas, ranura corta huesos y rosca hexagonal interna.

## Conclusiones

El proceso de diseño y fabricación empleado para la obtención del implante dental es viable. La porosidad volumétrica y el tamaño de poro obtenidos responden al diseño. Las dimensiones de la preforma sinterizada garantizan su mecanizado exitoso. Los ensayos de dureza muestran una disminución del Módulo de Young del dispositivo, lo que favorece la osteointegración.

## Agradecimientos

A todo el personal investigador que participó en este estudio y a las organizaciones que nos patrocinaron, entre ellas Junta de Andalucía.

## Referencias bibliográficas

Torres, Y., Pavón, JJ, Nieto, I., & Rodríguez, JA (2011). Proceso de pulvimetalurgia convencional y caracterización de titanio poroso para aplicaciones biomédicas. *Transacciones metalúrgicas y de materiales B* , 42 (4), 891-900. <https://doi.org/10.1007/s11663-011-9521-6>

Norowski Jr, PA y Bumgardner, JD (2009). Estrategias de biomateriales y antibióticos para la periimplantitis: una revisión. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials* , 88 (2), 530-543. [https:// DOI: 10.1002/jbm.b.31152](https://doi.org/10.1002/jbm.b.31152)

Torres, Y., Rodríguez, JA, Arias, S., Echeverry, M., Robledo, S., Amigo, V., & Pavón, JJ (2012). Procesado, caracterización y ensayo biológico del titanio poroso obtenido mediante técnica space-holder. *Revista de ciencia de los materiales* , 47 (18), 6565-6576. [https://DOI 10.1007/s10853-012-6586-9](https://doi.org/10.1007/s10853-012-6586-9)

Trueba, P., Navarro, C., Rodríguez-Ortiz, JA, Beltrán, AM, García-García, FJ, & Torres, Y. (2021). Fabricación y caracterización de implantes dentales porosos superficialmente modificados. *Tecnología de superficies y revestimientos* , 408 , 126796. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.126796>

# ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES ESTÍMULO SENSIBLES EN MICELAS MIXTAS A BASE DE POLOXÁMEROS Y POLOXAMINAS

**Alejandra Estefanía Herrera Alonso<sup>1</sup>, Daniela Fernanda Rodríguez Chávez<sup>1</sup>, Margarita Sánchez Domínguez<sup>1\*</sup>**

*<sup>1</sup>Grupo de Química Coloidal e Interfacial Aplicada a Nanomateriales y Nanoformulaciones. Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. (CIMAV). Unidad Monterrey, Autopista Monterrey-Aeropuerto Km 10, Alianza Norte 202, Parque de Investigación e Innovación Tecnológica Apodaca, NL., México, C.P. 66628.*

E-mail de correspondencia: margarita.sanchez@cimav.edu.mx

## **Resumen**

Los materiales inteligentes son materiales innovadores capaces de responder ante un estímulo como temperatura y pH, por ejemplo, los poloxámeros y poloxaminas, copolímeros en bloque con una parte central hidrófoba de (PPO) o etilendiamina respectivamente, unida a cadenas hidrófilas (PEO). Estos materiales a una concentración específica (CMC) son capaces de formar micelas de manera espontánea. Por lo que en este trabajo se realiza un estudio de las propiedades estímulo sensible a la temperatura y pH de micelas a base de dos poloxámeros y una poloxamina, además de su variación al combinarse entre sí. Se realizan observaciones físicas en un barrido de temperatura de entre 15°C y 50°C con intervalos de evaluación de 5°C y se presentan gráficas de variación de pH con respecto a la temperatura, así como ensayos de reología en muestras seleccionadas. Se presentan cambios en la viscosidad y gelificación del poloxámero a partir de los 30 °C. Se observaron también modificaciones de pH al variar la

temperatura en los ensayos con la poloxamina. Se concluye que existen propiedades estímulo sensibles en los poloxámeros y poloxaminas y éstas se ven modificadas al combinarse entre sí.

## **Introducción**

Existen sistemas innovadores, los denominados estímulo-sensibles o polímeros inteligentes en los cuales se puede aplicar un estímulo externo como puede ser luz, campos magnéticos o eléctricos, cambios de temperatura o pH, modificando el tamaño o dimensión de sus cadenas ante alguno de estos estímulos (Xu et al., 2020). Ejemplos de materiales con estas propiedades son los poloxámeros, copolímeros en tribloque con una parte hidrófoba (núcleo), y otra parte hidrófila (los dos bloques externos), capaces de auto-ensamblarse de manera espontánea en condiciones adecuadas, es decir al alcanzar concentraciones iguales o mayores a la concentración micelar crítica (CMC) (Kang Y, Ha W, Zhang S, 2013). Los poloxámeros presentan comportamiento reversible en respuesta a estímulos ambientales, en particular a las variaciones de temperatura, un pequeño cambio en su temperatura de solución crítica más baja (lower critical solution temperature, "LCST" por sus siglas en inglés) hace que las cadenas poliméricas se colapsen o extiendan (Cirillo et al., 2014). Las poloxaminas son materiales sensibles al pH, éstas son copolímeros de bloque anfifílicos formados por PEO, PPO, unidos a un grupo etilendiamina en el centro, un grupo ionizable que aumenta el grado de ionización y este contribuye a la repulsión electrostática entre los grupos cargados, produciendo el hinchamiento del polímero. Estas características son importantes en nanomedicina, en sistemas de liberación gradual de fármacos, acelerando la liberación de un principio activo ante un estímulo como cambios en el pH (Cheng et al., 2020). Por lo que el objetivo de este trabajo es estudiar las propiedades estímulo sensible a la temperatura y el pH de micelas a base de dos poloxámeros y una poloxamina.

## **Materiales y métodos**

Se utilizaron los poloxámeros Pluronic® L43 y F127, y el Tetronic® 90R4 de Sigma Aldrich. Los poloxámeros se disolvieron en agua de manera individual y posteriormente se combinaron con la poloxamina en concentraciones adecuadas

para la formación de micelas por encima de la CMC. Se realizaron barridos de pH en función de la temperatura entre 15°C y 50°C, tomando lecturas de pH de los sistemas micelares con poloxámeros y poloxamina cada 5°C. Se evaluó la viscosidad de los sistemas entre 15°C y 60°C con un Reómetro Rotacional AR G2, TA Instruments.

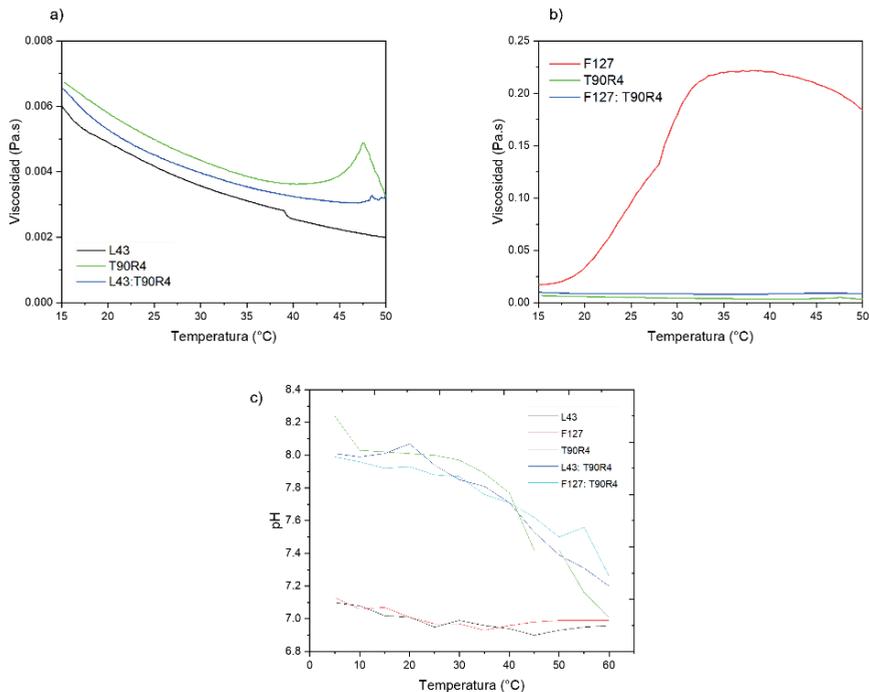
## **Resultados y discusión**

### **Evaluación de la viscosidad y pH con respecto a la temperatura**

En la Figura 1 a) y b) se presentan las gráficas de viscosidad de los sistemas micelares de los poloxámeros L43 y F127 así como los sistemas de micelas mixtas de los poloxámeros con la poloxamina T90R4. En c) se presenta la variación de pH con respecto a la temperatura. Se realizó un barrido de temperatura entre 15°C y 50°C. Se puede observar que el Pluronic L43 no aumenta de manera significativa su viscosidad entre 15°C y 50°C, sin embargo, el poloxámero F127 aumenta su viscosidad a partir de 30°C y se observa la formación del gel a partir de los 45°C. El Tetronic 90R4 no forma gel a las temperaturas evaluadas. Se confirma lo reportado en la literatura sobre el punto de nube del Tetronic en 43 °C, (Alvarez-Lorenzo, Sosnik, & Concheiro, 2011), ya que la solución se torna turbia a partir de los 35°C. La micela mixta de poloxámero L43 y tetronic 90R4 no aumenta su viscosidad en un rango de temperatura entre 15°C y 50°C. La adición de Tetronic para formar micelas mixtas con el poloxámero F127 disminuye la viscosidad, ya que no se observa formación de gel, como sucedió con la solución micelar del Pluronic F127. La temperatura de gelificación se puede variar al aumentar o disminuir la formación de puentes de hidrógeno entre el agua y las cadenas de PEO (Lu et al., 2015); en el sistema mixto esto ocurre al variar la composición. Otro factor que afecta es la longitud de las cadenas de PPO y PEO. Todos estos factores influyen en que las micelas se empaqueten y formen una estructura físicamente entrecruzada (Guo et al., 2009). Por otro lado, las poloxaminas al tener un grupo etilendiamina tendrá respuesta ante variaciones de pH y esto se ve afectado por la concentración y la temperatura (Alvarez-lorenzo, Rey-rico, Sosnik, & Taboada, 2010). La gráfica 1 c) muestra la respuesta de pH al variar

la temperatura. Se puede observar que para los poloxámeros el pH se modifica entre 7 y 7.2 entre 15°C y 50°C, sin embargo, en el caso de la poloxamina el pH varía entre 7.4 y 8, lo mismo sucede al incorporar Tetronic, lo que es indicativo de un aumento de pH ante un estímulo de cambio de temperatura en las micelas mixtas.

**Figura 1.** Gráficas de viscosidad de los Pluronic L43, F127 y micelas mixtas con Tetronic T90R4 a), b) y gráfica de cambio de pH con respecto a la temperatura c).



Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

A la concentración utilizada, el Pluronic L43 y el Tetronic 90R4 no sufren cambios significativos de viscosidad en un rango de temperatura entre 15°C y 50°C. El Pluronic F 127 aumenta su viscosidad y comienza a formar gel a partir de 30°C. La adición del Tetronic para la formación de micelas mixtas con Pluronic L43 o F-127 favorece la respuesta de los poloxámeros ya que al variar la temperatura se induce un cambio de pH; además, en el caso del Pluronic F-127 se

disminuye la viscosidad de la solución, evitando la formación de gel en el rango de temperatura estudiado. El Tetronic aumenta su punto de nube al combinarse con los Poloxámeros.

## Referencias bibliográficas

Alvarez-lorenzo, C., Rey-rico, A., Sosnik, A., & Taboada, P. (2010). Poloxamine-basednanomaterials for drug delivery. *Frontiers in Bioscience*, (January).

Alvarez-Lorenzo, C., Sosnik, A., & Concheiro, A. (2011). PEO-PPO Block Copolymers for Passive Micellar Targeting and Overcoming Multidrug Resistance in Cancer Therapy. *Current Drug Targets*, 12(8), 1112–1130. <https://doi.org/10.2174/138945011795906615>

Cheng, X., Zeng, X., Zheng, Y., Fang, Q., Wang, X., Wang, J., & Tang, R. (2020). pH-sensitive pluronic micelles combined with oxidative stress amplification for enhancing multidrug resistance breast cancer therapy. *Journal of Colloid and Interface Science*, 565, 254–269. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2020.01.029>

Cirillo, G., Pasquale, F., Curcio, M., Gianfranco, U., Picci, N., & Iemma, F. (2014). *Reactive & Functional Polymers Enzyme immobilization on smart polymers : Catalysis on demand*. 83, 62–69.

Guo, D. D., Xu, C. X., Quan, J. S., Song, C. K., Jin, H., Kim, D. D., ... Cho, C. S. (2009). Synergistic anti-tumor activity of paclitaxel-incorporated conjugated linoleic acid-coupled poloxamer thermosensitive hydrogel in vitro and in vivo. *Biomaterials*, Vol. 30, pp. 4777–4785. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2009.05.051>

Lu, C., Liu, M., Fu, H., Zhang, W., Peng, G., Zhang, Y., ... Luo, L. (2015). Novel thermosensitive in situ gel based on poloxamer for uterus delivery. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 77, 24–28. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2015.05.014>

Xu, C., Xu, J., Zheng, Y., Fang, Q., Lv, X., Wang, X., & Tang, R. (2020). Active-targeting and acid-sensitive pluronic prodrug micelles for efficiently overcoming MDR in breast cancer. *Journal of Materials Chemistry B*, 8(13), 2726–2737. <https://doi.org/10.1039/c9tb02328c>

# MODELO NEURONAL DE AGREGACIÓN DE INFORMACIÓN TUMORAL PSEUDO-ETIQUETADA EN IMÁGENES HISTOLÓGICAS DE CÁNCER DE PRÓSTATA

Lourdes Durán López<sup>1</sup>, José Manuel Marrón Esquivel<sup>1</sup>, Daniel Casanueva Morato<sup>1</sup>, Álvaro Ayuso Martínez<sup>1</sup>, Pablo Sánchez Cuevas<sup>1</sup>, Juan Pedro Domínguez Morales<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Arquitectura y Tecnología de Computadores, Universidad de Sevilla, Sevilla*

E-mail de correspondencia: lduran2@us.es

## Resumen

El cáncer de próstata es una de las principales causas de muerte en hombres, con 375.000 muertes en 2020. La Inteligencia Artificial ha tenido un gran impacto en el análisis de imágenes médicas, incluyendo la histopatología digital, donde Redes Neuronales Convolucionales se utilizan para proporcionar un diagnóstico rápido y preciso. Para realizar un diagnóstico automático, las muestras de tejido se digitalizan en imágenes de alta resolución. Debido al tamaño de estas imágenes, las redes neuronales no pueden procesarlas y, por tanto, se trocean en pequeñas imágenes. En este trabajo, se presenta un método de agregación de los resultados obtenidos en estas subimágenes basado en un modelo Wide & Deep. Este utiliza una serie de características extraídas para realizar la clasificación. Se alcanzó un accuracy de 94,24%, lo que demuestra que el sistema propuesto podría ayudar a los patólogos en el proceso de cribado.

## Introducción

Según GLOBOCAN, el cáncer de próstata (PCa) es el segundo cáncer más diagnosticado y la quinta causa de muerte por cáncer en hombres [1]. Por lo general, el primer paso para diagnosticar PCa es un examen digital rectal, que es la prueba principal para la evaluación clínica inicial de la próstata. Si se encuentra un resultado anormal, se realiza un análisis del antígeno prostático específico (PSA) como método de cribado. En caso de un PSA positivo, se realiza una biopsia transrectal, que es la prueba más segura para confirmar la presencia de PCa. Con esta técnica se obtienen muestras, que se procesan en un laboratorio y se escanean, generando imágenes de alta resolución (WSIs). Estas imágenes son analizadas por los patólogos para proporcionar un diagnóstico con el correspondiente tratamiento. La aplicación de inteligencia artificial en el campo biomédico se ha expandido considerablemente, en particular el uso de Deep Learning para el reconocimiento de imágenes. Este enfoque se ha utilizado recientemente de forma generalizada en la histopatología digital, donde redes neuronales de convolución (CNN) se entrenan para detectar tejido maligno en WSIs. Dado que las CNN no pueden utilizar una WSI como entrada debido a su resolución, un enfoque común es extraer subimágenes más, llamadas patches. Trabajos anteriores han seguido esta estrategia de clasificación para desarrollar sistemas de DL para la detección de PCa en WSIs. Entre ellos, PROMETEO [2] logró el modelo más rápido y menos complejo.

Este trabajo presenta un nuevo modelo para agregar los resultados de la clasificación a nivel de patch obtenidos de una CNN para dar lugar a una clasificación global. Este enfoque permite proporcionar un método de cribado rápido para la detección de PCa a nivel de WSI.

## Materiales y métodos

### Dataset

Se usaron 158 WSIs benignas y 174 malignas, proporcionados por la Unidad de Anatomía Patológica del Hospital Virgen de Valme (Sevilla, España). Se extrajeron de ellas patches de 100x100 píxeles a 10x de aumento. Se descartaron patches de background y los correspondientes a zonas no deseadas en función de la

cantidad de tejido que contiene. Se aplicó un proceso de normalización del color para reducir la variabilidad de la tinción entre muestras. Finalmente, los parches se utilizaron como entrada a una CNN que los clasifica como maligno o normal.

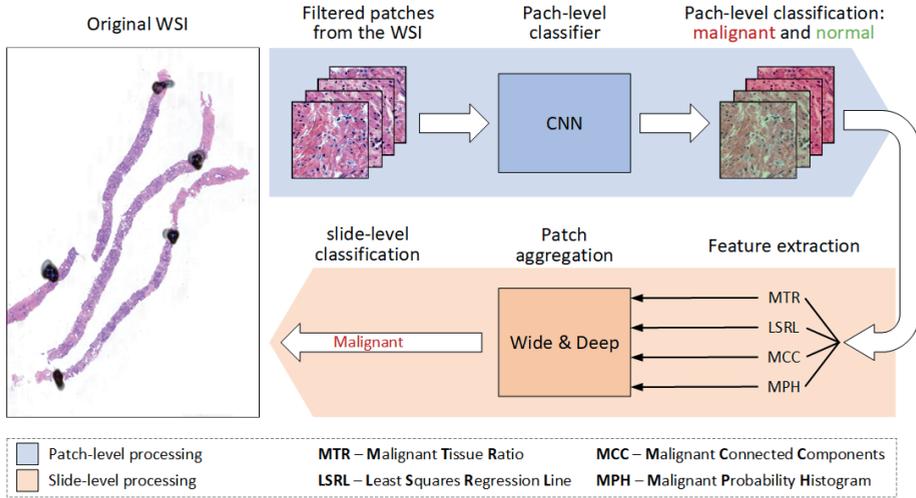
Para crear el dataset se obtuvieron diferentes características en base a la salida de la CNN. La primera fue el porcentaje de área de tejido maligno (MTR), expresado entre 0 y 1. Podría ser el dato más significativo para la clasificación, pero, basándonos en el error de la CNN al realizar la clasificación, no debería ser la única entrada a tener en cuenta. Por tanto, otra característica que se tuvo en cuenta fue la distribución de la probabilidad de predicción de las patches malignos. Se calculó un histograma con las probabilidades de predicción de los patches clasificados como malignos para cada WSI. Junto con el histograma de probabilidad de malignidad (MPH), también se calculó la línea de regresión de mínimos cuadrados (LSRL) del histograma. El factor de dispersión de patches clasificados como malignos también se consideró como otro dato relevante para la clasificación. Este factor se obtuvo calculando el número de componentes conexas malignas (MCC), que cuenta los conjuntos de patches malignos según una distancia específica.

### **Modelo neuronal Wide & Deep**

El conjunto de datos descrito previamente se utilizó como entrada a un modelo de red llamado W&D para proporcionar una clasificación a nivel de WSI entre normal y maligna. El modelo procesa los datos de entrada de forma independiente, permitiendo un aprendizaje eficaz que generaliza y extrae características específicas de cada uno de los grupos de entrada.

El MTR se utilizó como elemento de entrada directo, sin ser procesado por la red de forma específica, mientras que LSRL, MPH y MCC se conectaron por separado a dos capas ocultas de 300 neuronas. Luego, estas capas se concatenaron junto con MTR a un bloque oculto de dos capas ocultas con 300 neuronas cada una. Finalmente, este bloque oculto se conectó a la capa de salida, una función SoftMax que realiza la clasificación de la WSI como maligna o normal. La Figura 1 muestra todo el proceso.

Figura 1. Diagrama del procesamiento completo propuesto.



## Entrenamiento y validación

Se realizó una validación cruzada estratificada de K folds para medir la capacidad de generalización del modelo. Esta técnica consistió en dividir el conjunto de datos en 5 conjuntos. Para cada fold, la red se entrenó utilizando cuatro de los cinco conjuntos durante 10000 épocas y se validó utilizando el restante. Así, para cada experimento, la red se entrenó y validó un total de cinco veces con datos diferentes. Para validar la red, se utilizaron diferentes métricas de evaluación. Éstas fueron el accuracy, la sensibilidad, la precisión, el F1-score y el AUC.

## Resultados y discusión

Tras entrenar la W&D con los datos, se calcularon y obtuvieron las métricas descritas para evaluar el sistema. Los resultados medios obtenidos fueron de un accuracy de 94,24%, sensibilidad de 98,87%, precisión de 90,23%, F1-score de 94,33% y AUC de 0,94. Los resultados obtenidos en este estudio se compararon con diferentes clasificadores basados en ML utilizando los mismos datos. Se utilizaron los siguientes algoritmos de aprendizaje conocidos: ANN, SVM, RF y KNN. Los mejores resultados se obtuvieron con el modelo W&D, a excepción de la precisión (obtenido por SVM).

## Conclusiones

En este trabajo, los autores presentan un novedoso método basado en ML para clasificar WSIs de tejido de próstata como normal o malignas a nivel global, basándose en una clasificación previa a nivel de patch. Esta clasificación se basa en un novedoso modelo denominado W&D. A partir de la información obtenida de los patches malignos obtenidos por una CNN previa, se calculan diferentes características procesadas, que luego se utilizan como entrada al modelo propuesto. La red fue entrenada y validada mediante validación cruzada de 5 folds. Los resultados medios obtenidos alcanzaron un accuracy del 94,24%, una sensibilidad del 98,87%, una precisión del 90,23%, un F1-score del 94,33% y un AUC de 0,94. Los resultados obtenidos demuestran que el sistema propuesto podría ayudar a los patólogos a la hora de analizar las imágenes histopatológicas como método de cribado, discriminando entre muestras normales y malignas [3].

## Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el proyecto DAFNE (US-1381619).

## Referencias bibliográficas

- 1 Sung, Hyuna, et al. "Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries." *CA: a cancer journal for clinicians* 71.3 (2021): 209-249..
- 2 Duran-Lopez, Lourdes, et al. "PROMETEO: A CNN-based computer-aided diagnosis system for WSI prostate cancer detection." *IEEE Access* 8 (2020): 128613-128628.
- 3 Duran-Lopez, Lourdes, et al. "Wide & Deep neural network model for patch aggregation in CNN-based prostate cancer detection systems." *Computers in Biology and Medicine* 136 (2021): 104743.

# EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS USANDO DISPARIDAD TOPOLÓGICA A NIVEL DE PÍXEL EN IMÁGENES BINARIAS MEDIANTE UN GRAFO ETIQUETADO BIPARTITO.

**Pablo Sánchez Cuevas 1, Daniel Casanueva Morato 1, Álvaro Ayuso Martínez 1, José Manuel Marrón Esquivel 1, Lourdes Durán López 1, María José Morón Fernández 1, Fernando Díaz del Río 1 y Pedro Real Jurado 1**

*1 Department of Computer Architecture and Technology. University of Seville. Spain.*

*2 Department of Applied Mathematics I. University of Seville. Spain.*

E-mail de correspondencia: psanchez4@us.es

## Resumen

Dada una imagen digital  $I$  de  $n$  dimensiones definida con píxeles hipercúbicos ( $n$ -xels), el grado de disparidad interna topológica de  $I$  usando las posibles relaciones de adyacencia contiene información relevante para el procesamiento de imágenes respecto a la extracción de características. En este trabajo, diseñamos e implementamos una nueva representación auto-dual para una imagen 2D binaria  $I$  llamada árbol- $\{4,8\}$  de adyacencias de regiones ( $\{4,8\}$ -RAF), que permite un análisis de las diferencias entre la topología de las 4-regiones y las 8-regiones de  $I$ . Este modelo se obtiene del árbol de adyacencia de regiones de  $I$  y su complementario  $I^c$ . Mediante estos dos árboles es posible: (a) computar el número de Euler del conjunto de píxeles foreground y background con respecto a las 4 y 8-adyacencias; (b) extraer nuevos descriptores locales y globales de disparidad topológica, tanto para una única imagen como entre múltiples imágenes.

Palabras claves: imagen digital, disparidad topológica, representación jerárquica, paralelismo, árbol- $\{4,8\}$  de adyacencia.

## Introducción

La correspondencia entre imágenes (*Image Matching*) es una de las técnicas más interesantes dentro de la Visión por Computador. Dadas dos imágenes de una misma escena pero tomadas en condiciones diferentes de perspectiva, iluminación, ruido, etc., la correspondencia consiste en el emparejamiento de aquellos puntos y regiones de ambas imágenes que son iguales dentro de la escena. Este procedimiento tiene una gran variedad de aplicaciones: visión estereoscópica, registro de imágenes, reconstrucción 3D, detección de objetos entre otros [1]. Los diferentes métodos que implementan esta técnica se basan en un conjunto de modelos que, a su vez, explotan propiedades invariantes de los objetos de la imagen. En este sentido, el objetivo es que el conjunto de características extraídas para realizar el emparejamiento sea invariante a escala, rotación, iluminación, desplazamiento, etc. [2]. La Topología es un campo que permite un modelado de la imagen (y los objetos que contiene), garantizando la invarianza ante distintas transformaciones lineales, entre las cuales se encuentran las ya mencionadas [3]. Por ello, distintos trabajos recientes proponen el uso de modelos basados en topología para la extracción de características y la correspondencia entre imágenes.

En este trabajo se describe una representación topológica de una imagen binaria denominada árbol- $\{4,8\}$  de adyacencias de regiones ( $\{4,8\}$ -RAF). A partir de dicha estructura, la cual está formada los árboles de regiones para la imagen y su complementaria, se extraen un conjunto de características basadas en la disparidad topológica. Se discute su aplicabilidad y se describe su rendimiento, resaltando el paralelismo total del proceso.

## Trabajos relacionados

En el Estado del Arte del "*Image Matching*" podemos encontrar una gran variedad de metodologías. En los métodos basados en correspondencia de características (*feature matching*), se usa la correspondencia entre puntos (*keypoints*) a los que se les asigna un vector de características (descriptor) computado a partir de la información local a nivel de píxel. En las propuestas clásicas, los keypoints suelen ser píxeles esquina que se localizan entre gradientes de color desde

múltiples direcciones. Métodos como el SIFT [2], BRISK [4], y ORB [5] extraen puntos esquinas y vector de características en escala-espacio (scale-space), lo cual garantiza la invarianza ante transformaciones lineales. Por el contrario, algunos trabajos recientes han propuesto la detección de regiones características en espacio-forma (shape-space) usando una base topológica, donde los centroides sirven de keypoints y sus momentos respectivos a nivel de región hasta orden 3, de descriptores. Por ejemplo, MSER [8] extrae como regiones críticas aquellas que sean las más estables en intensidad de color, y TBMR [3] busca regiones críticas basándose en la teoría de Morse. Por otra parte, con objeto de analizar la topología de la imagen, trabajos previos nuestros han propuesto el modelo Bosque Homológico Recubridor o HSF [6], que permite la Etiquetación de Componentes Conexas (CCL) del conjunto de regiones en imágenes binarias. Este modelo da como resultado un árbol de regiones, cuyas aristas indican qué región contiene a cuál región (es decir, los agujeros), con gran eficiencia gracias a su paralelismo puro y permite la obtención de los árboles  $\alpha$  y  $\alpha^*$  de una imagen en escala de grises [7].

## Disparidad topológica y {4,8}-RAF

Para operar con imágenes binarias y definir sus respectivas regiones, se parte de la conectividad entre píxeles foreground (FG), que puede ser 4-conectividad u 8-conectividad. A pesar de su apariencia trivial, la conectividad juega un papel fundamental cuando se establece la topología a nivel de regiones. Por ejemplo, en una imagen donde los píxeles forman un patrón de ajedrez y los blancos son píxeles FG, una 4-conectividad para FG y una 8-conectividad para BG (background) resultaría en los píxeles blancos como regiones únicas, mientras que una conectividad 8 y 4 para FG y BG respectivamente daría lugar a una masa de píxeles blancos que forman una sola región. Para no caer en incongruencias topológicas, se define un grafo bipartito, llamado árbol de adyacencias de regiones ({4,8}-RAF). Las fases para el cómputo de dicha representación son las siguientes: (1) se toma la imagen binaria dada  $I$  y se calcula su complementaria  $I^c$ , (2) se calcula el HSF de cada imagen (ver [6]) y se extraen sus respectivos árboles de adyacencia de regiones, y finalmente, (3) por cada región de un árbol se comprueba qué región es su equivalente en el árbol contrario, asignando dicha relación con una arista que conecta la región de un árbol con la correspondiente

del árbol contrario. Este proceso hereda aquellas propiedades del cómputo del HSF: cómputo 100% paralelo con complejidad teórica de  $O(\log(n))$ ; extracción de características geométricas como perímetro, área, etc. de regiones sin complejidad extra, etc.

Una vez computado el árbol {4,8}-RAF se dispone de la disparidad topológica que se produce al considerar 4-conectividad frente a 8-conectividad. Concretamente, a partir del número de Euler  $E_p(I) = \#regiones\ FG - \#agujeros\ BG$ , para una imagen binaria  $I$  con conectividad  $p$ , podemos definir una primera medida de disparidad como la diferencia entre los números de Euler para 8 y 4-conectividad:  $dsm(E)(I) = |E_8(I) - E_4(I)| = |E_8(I^c) - E_4(I^c)|$ , y la característica de disparidad de vectores de Betti de la imagen  $I$  y su complementaria  $I^c$ :  $\beta(I) = (E_8(I), E_8(I^c), E_4(I), E_4(I^c))$ . Finalmente, definimos la medida de discrepancia homológica-{4,8} global entre dos imágenes binarias diferentes  $I$  y  $I'$ :  $dsm(\beta)(I) = \sum_{i=1}^4 |\beta(I)[i] - \beta(I')[i]|$ . Las características de la región y la imagen aquí definidas son de interés gracias a la discrepancia homológica {4,8}: son relevantes en imágenes que contienen puntos de silla, donde 4 regiones son conexas diagonalmente 2 a 2. Como muestran trabajos como [8], los puntos de silla son candidatos a ser keypoints de la imagen por su robustez. Esto sumado a la propia homología de las regiones (la relación de agujeros/inclusión que presentan entre sí, que es invariante a transformaciones lineales), hace que la aplicación de esta metodología a la extracción de características en Image Matching sea interesante.

## Conclusiones

La correspondencia entre imágenes es una cuestión de importante en la Visión por Computador, como muestra la literatura actual. Haciendo uso de la topología para la correspondencia de características (*feature matching*), se ha propuesto una representación completa de la imagen binaria basada en grafos bipartitos, que permite analizar la imagen en 4 y en 8-conectividad. Al ser una metodología basada en el modelo de homología HSF, podemos garantizar la invarianza ante múltiples transformaciones. Además, se extraen características de disparidad topológica, tanto para una misma imagen como para comparar dos imágenes entre sí, lo cual es directamente aplicable a Image Matching. En futuros trabajos, se aprovechará el presente trabajo para diseñar e implementar métodos de

correspondencia para ser luego utilizados para tareas de Robótica como la visión estereoscópica y la calibración 3D.

## **Agradecimientos**

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el Ministerio de Ciencia e Innovación y los fondos AEI/FEDER (EU) a través de los proyectos PID2019-110455GB-I00 (Par-HoT), US-1381077 (CIUCAP-HSF).

## **Referencias bibliográficas**

Xingyu Jiang, Jiayi Ma, Guobao Xiao, Zhenfeng Shao, Xiaojie Guo, A review of multimodal image matching: Methods and applications, *Information Fusion*, Volume 73, 2021, Pages 22-71, ISSN 1566-2535, <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2021.02.012>.

Lowe, D.G. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. *International Journal of Computer Vision* 60, 91–110 (2004). <https://doi.org/10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94>

Y. Xu, P. Monasse, T. Géraud and L. Najman, "Tree-Based Morse Regions: A Topological Approach to Local Feature Detection," in *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 23, no. 12, pp. 5612-5625, Dec. 2014, doi: 10.1109/TIP.2014.2364127.

S. Leutenegger, M. Chli and R. Y. Siegwart, "BRISK: Binary Robust invariant scalable keypoints," 2011 *International Conference on Computer Vision*, 2011, pp. 2548-2555, doi: 10.1109/ICCV.2011.6126542.

Luo, Chuan & Yang, Wei & Huang, Panling & Zhou, Jun. (2019). Overview of Image Matching Based on ORB Algorithm. *Journal of Physics: Conference Series*. 1237. 032020. 10.1088/1742-6596/1237/3/032020.

Fernando Diaz-del-Rio, Pablo Sanchez-Cuevas, Helena Molina-Abril, Pedro Real, Parallel connected-Component-Labeling based on homotopy trees, *Pattern Recognition Letters*, Volume 131, 2020, Pages 71-78, ISSN 0167-8655, <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2019.11.039>

Díaz-del-Río, F., Sanchez-Cuevas, P., Molina-Abril, H., Real, P., Moron-Fernández, M.J. (2021). Building Hierarchical Tree Representations Using Homological-Based Tools. *Computer Analysis of Images and Patterns. CAIP 2021. Lecture Notes in Computer Science()*, vol 13053. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-89131-2\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-89131-2_11)

J. Aldana-Iuit, D. Mishkin, O. Chum and J. Matas, "In the Saddle: Chasing fast and repeatable features," 2016 23rd International Conference on Pattern Recognition (ICPR), 2016, pp. 675-680, doi: 10.1109/ICPR.2016.7899712.

# ESTUDIO EXPERIMENTAL ACERCA DE LOS MECANISMOS DE EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS EN SISTEMAS DE MACHINE LEARNING

**Elena Escobar-Linero <sup>1,\*</sup>, Francisco Luna-Perejón <sup>1</sup>, Luis Muñoz-Saavedra <sup>1</sup>, Javier Civit-Masot <sup>1</sup> y Manuel Domínguez-Morales <sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Arquitectura y Tecnología de Computadores (ATC), TEP-108: Robótica y Tecnología de Computadores (RTC), E.T.S. Ingeniería Informática – Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, Sevilla, 41012, España.*

<sup>2</sup> *Instituto de Investigación de Ingeniería Informática (I3US), Avda. Reina Mercedes s/n, Universidad de Sevilla, Sevilla, 41012, España.*

E-mail de correspondencia: eescobar@us.es

## **Resumen**

Los sistemas de aprendizaje automático están precedidos habitualmente de un proceso de extracción de características que, según la bibliografía, se puede clasificar como guiado o no guiado. Sin embargo, no existen recomendaciones del tipo de sistema a utilizar. Por ello, en este trabajo se realiza una comparación detallada entre ambos tipos de sistemas, utilizando el mismo proceso para diferentes modelos de aprendizaje automático con el fin de obtener una clasificación precisa de las actividades de la vida diaria, los riesgos de caídas y las caídas. Los resultados obtenidos muestran una mejor clasificación para los modelos no guiados. No obstante, los modelos guiados muestran unas métricas más estables y una menor carga computacional.

## **Introducción**

La detección de caídas es uno de los eventos más comunes relacionado con el estudio de la marcha de las personas. Para poder evitar o reducir los problemas asociados a las caídas, es necesario poder detectarlas rápidamente. Para ello, los sistemas automáticos de detección de caídas (FDS) son de gran interés.

Se ha visto que la aplicación de técnicas de aprendizaje automático para la detección de diversas anomalías ha dado muy buenos resultados (Civit-Masot, Luna-Perejón, Domínguez-Morales, & Civit, 2020), (Muñoz-Saavedra, y otros, 2020). En mayor detalle, para los FDS, se ha visto que se emplean dos principales enfoques a la hora de analizar los datos inerciales: un enfoque no guiado de extracción de características, consistente en extraer de manera automática información descriptiva de los datos de entrada (Luna-Perejón, Domínguez-Morales, & Civit-Balcells, 2019), (Luna-Perejón, y otros, 2019); y un enfoque guiado de extracción de características, consistente en realizar un previo trabajo manual de preprocesamiento para obtener información importante a partir de los datos originales y así facilitar la tarea del algoritmo clasificador basado en IA (Escobar-Linero, Domínguez-Morales, & Sevillano, 2022).

Sin embargo, se ha observado que no se ha propuesto un consenso global acerca de qué proceso escoger ante este tipo de entradas. Por esta razón, se propone realizar una comparativa fiable entre ambos tipos de enfoques y así poder ofrecer un consenso en la elección del proceso a escoger ante datos de aceleración para detectar eventos de caídas.

## **Materiales y métodos**

### **Proceso no guiado**

En el caso del proceso no guiado, se han implementado dos posibles modelos clasificadores basados en RNN: un modelo LSTM (Long Short-Term Memory) y un modelo GRU (Gated Recurrent Units), desarrollando ambos tanto con una capa como con dos capas.

## **Proceso guiado**

Por otro lado, en el proceso guiado se ha empleado un modelo de perceptrón multicapa o MLP (Figura 1). En este caso, las entradas son las características extraídas manualmente, consistentes en características frecuenciales obtenidas mediante la transformada wavelet (DWT), y en características temporales. En total, se han extraído 42 características.

## **Clasificación y Evaluación**

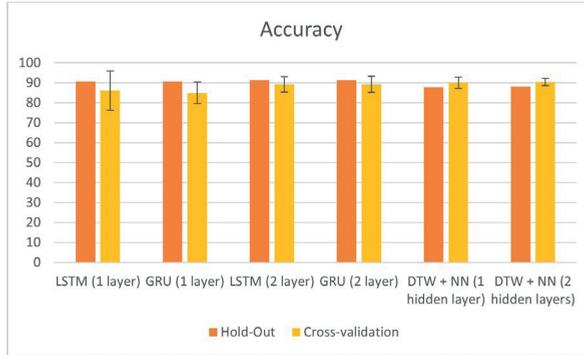
Se va a llevar a cabo el mismo proceso de diseño, implementación y evaluación de cada uno de los modelos de los enfoques estudiados. Para ello, se sigue una primera fase consistente en realizar un proceso de búsqueda de los hiperparámetros óptimos de cada modelo. Tras esto, se lleva a cabo una validación cruzada para evaluar la robustez de cada modelo. Finalmente, para cada modelo se obtienen las métricas de evaluación necesarias para llevar a cabo la comparativa entre ambos procesos, así como los tiempos de ejecución.

## **Resultados**

### **Modelos optimizados y validación cruzada**

Tras realizar la búsqueda de mejores hiperparámetros, se han obtenido cuatro mejores modelos para el enfoque no guiado, con una precisión comprendida entre un 90-91.5%, y dos mejores modelos para el enfoque guiado, con una precisión de unos 87.5%. En cuanto a precisión, el proceso no guiado obtuvo mejores resultados. Sin embargo, tras el proceso de validación cruzada, se ha observado que el proceso guiado obtiene mejores resultados, indicando una mayor robustez (Figura 1).

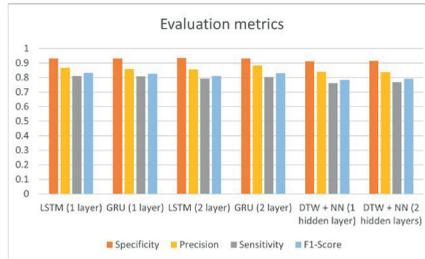
**Figura 1.** Resultados de precisión y validación cruzada



### Métricas de evaluación

En la Figura 2 se muestran los resultados de las métricas de evaluación obtenidas para cada clasificador, observando que, en todos los casos, los modelos RNN obtienen mejores resultados.

**Figura 2.** Métricas de evaluación de cada modelo



### Tiempos de ejecución

Finalmente, los tiempos de ejecución obtenidos usando tanto una CPU como una GPU muestran tiempos muy bajos para los modelos del proceso guiado (Figura 3).

**Figura 3.** Tiempos de ejecución en CPU y GPU



## Conclusiones

Se ha llevado a cabo una comparativa fiable entre dos mecanismos de Machine Learning aplicados a la detección automática de eventos de caídas y riesgos de caídas. Para ello, se ha seguido el mismo proceso de diseño, implementación y optimización de cada modelo clasificador. Los resultados mostraron mejores resultados de clasificación para los modelos RNN del proceso no guiado; sin embargo, los modelos MLP del proceso guiado de extracción de características han obtenido una mayor robustez y menores tiempos de ejecución, lo cual puede ser de utilidad para sistemas embebidos de bajo consumo.

## Referencias bibliográficas

Civit-Masot, J., Luna-Perejón, F., Domínguez-Morales, M., & Civit, A. (2020). Deep Learning System for COVID-19 Diagnosis Aid Using X-ray Pulmonary Images. *Applied Sciences*.

Escobar-Linero, E., Domínguez-Morales, M., & Sevillano, J. L. (2022). Worker's physical fatigue classification using neural networks. *Expert Systems with Applications*.

Luna-Perejón, F., Civit-Masot, J., Amaya-Rodríguez, I., Duran-Lopez, L., Domínguez-Morales, J. P., Civit-Balcells, A., & Linares-Barranco, A. (2019). An Automated Fall Detection System Using Recurrent Neural Networks. *Conference on Artificial Intelligence in Medicine in Europe* (págs. 36-41). Springer.

Luna-Perejón, F., Domínguez-Morales, M., & Civit-Balcells, A. (2019). Wearable Fall Detector Using Recurrent Neural Networks. *Sensors*, 19, 4885.

Muñoz-Saavedra, L., Luna-Perejón, F., Civit-Masot, J., Miró-Amarante, L., Civit, A., & Domínguez-Morales, M. (2020). Affective State Assistant for Helping Users with Cognition Disabilities Using Neural Networks. *Electronics*.

# ESTUDIO COMPARATIVO DE ALGORITMOS DE CONSENSO LIGERO Y PROPUESTA DE MEJORA EN BLOCKCHAIN

**Javier Antonio Guerra Coronado\***, Juan Ignacio Guerrero Alonso, Diego Francisco Larios Marín, Carlos León de Mora

*Departamento de Tecnología Electrónica, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla*

E-mail de correspondencia\*: [jgcoronado@us.es](mailto:jgcoronado@us.es)

## **Resumen**

En este trabajo se presenta un estudio comparativo de diferentes algoritmos de consenso para Blockchain orientado a ser utilizado en dispositivos de bajas prestaciones. Estos algoritmos son los responsables de mantener la coherencia y garantizar la veracidad de la información contenida en una red Blockchain. Así, se analizan algunas alternativas basadas en tener un consumo energético y de recursos del nodo lo más bajo posible, permitiendo su utilización en redes de dispositivos embebidos de bajo consumo. Finalmente, se realiza una propuesta preliminar de un nuevo algoritmo de consenso, con un propósito similar a los anteriores, y se compara con estos. A partir de estos datos se obtienen unas conclusiones de mejora del nuevo algoritmo planteado.

## Introducción

Blockchain es una tecnología que aporta unas propiedades muy interesantes como garante de la contabilidad digital (Le & Le, 2021), como son descentralización, trazabilidad, inmutabilidad o transparencia. Para ello los dispositivos, o nodos, que participan en una red Blockchain se coordinan entre sí para asegurar que la nueva información que va a ser almacenada en la red no ha sido manipulada por un nodo malicioso. Para ello, las redes Blockchain se apoyan en los algoritmos de consenso: algoritmos que se ejecutan para que una gran mayoría de nodos estén de acuerdo con los datos a añadir, antes de que estos sean almacenados en la cadena de bloques.

Aunque existen numerosos algoritmos de consenso, la mayoría requieren de un gran esfuerzo tanto en términos de computación, como de consumo energético. Por ello, se plantea la evaluación de algunos diseñados para ser utilizados con dispositivos de bajas prestaciones, así como la optimización de uno de ellos para hacerlo óptimo para los dispositivos anteriormente mencionados.

## Materiales y métodos

Para poder analizar los algoritmos de consenso, es necesario plantear un entorno de prueba para protocolos de consenso. Un protocolo de consenso es la implementación, en forma de código, que hace una aplicación Blockchain a partir de un algoritmo de consenso determinado. Por tanto, se necesita un escenario común donde ejecutar los diversos protocolos y obtener métricas comparables entre ellos. Se ha optado por una solución basada en la aplicación Hyperledger Besu (Hyperledger, Hyperledger Besu, 2022), la cual implementa de forma nativa varios protocolos de consenso ligero. De todos ellos, los protocolos que interesan a efectos de este trabajo son (Samuel, 2021):

- 1) Clique. Se trata de la implementación del algoritmo de consenso Proof of Authority (PoA) desarrollado inicialmente para la red Go Ethereum y adaptada posteriormente para Besu. Se trata de una red que alcanza el consenso entre los nodos rápidamente, y que funciona de forma óptima incluso con un único nodo. Por el contrario, es más propensa a bifurcaciones de la cadena de bloques.

- 2) IBFT. Es una implementación primitiva del algoritmo de consenso Byzantine Fault Tolerant (BFT). Aunque no es un protocolo de consenso ideado para ser utilizado en entornos de producción, sí es viable su uso en redes privadas. Se trata de una red que mantiene la cadena más estable que clique, y tiene un mayor rendimiento que esta; aunque requiere de un consenso de dos tercios de los nodos, mientras que clique necesita únicamente la mitad más uno de los nodos participantes.
- 3) QBFT. Es una implementación segura del IBFT. Mantiene las mismas propiedades del IBFT, ampliadas con algunas medidas de seguridad, que hacen de este protocolo óptimo para entornos de producción.

## Resultados y discusión

Se han desarrollado tres redes Blockchain, una para cada protocolo de consenso descrito en el apartado anterior. Cada red está compuesta por cuatro nodos implementados sobre un mismo equipo. Una vez creados los nodos e inicializada la red, sobre cada red Blockchain se realizó una prueba de rendimiento utilizando Hyperledger Caliper (Hyperledger, Hyperledger Caliper, 2022). Para ello, se desarrolló un contrato inteligente, o Smart Contract, que ha sido implementado dentro de cada red Blockchain de prueba, y ejecutado tres tests, los tres sobre un total de mil transacciones, a razón de 25, 50 y 1000 transacciones por segundo respectivamente.

Como prueba preliminar, se ha comprobado que el protocolo que ha demostrado tener un mejor rendimiento en las pruebas realizadas ha sido el IBFT. A partir de aquí, se han localizado parámetros del código fuente susceptibles de ser modificados para mejorar la implementación sobre dispositivos de bajas prestaciones.

En la Tabla 1 se puede ver una comparación entre la implementación del IBFT común, y la implementación del IBFT duplicando el tiempo máximo que tiene el protocolo para crear nuevo bloque, parámetro que se ha modificado compilando el código fuente. Esta modificación consigue que todas las transacciones se ejecuten con éxito para bajas tasas de transacciones por segundo, objetivo que no se realizaba con la implementación por defecto del IBFT. Esto hace que, por tanto, el rendimiento aumente, puesto que se mide con respecto a las

transferencias exitosas. Por último, se obtiene una latencia de la red igual o ligeramente mayor con la nueva implementación planteada, aunque sigue siendo asumible por la red, permitiendo mejorar el resto de las métricas de la red Blockchain.

**Tabla 1.** Resultados del algoritmo IBFT nativo (arriba) y modificado (abajo).

IBFT nativo	Éxito	Fallo	Transacciones por segundo (TPS)	Latencia media (s)	Rendimiento (TPS)
Test 1	705	295	25.0	0.57	11.1
Test 2	65	935	50.1	0.80	14.2
Test 3	7	993	854.7	0.78	19.4
IBFT modificado	Éxito	Fallo	Transacciones por segundo (TPS)	Latencia media (s)	Rendimiento (TPS)
Test 1	1000	0	25.0	0.62	24.9
Test 2	1000	0	50.1	0.61	48.6
Test 3	64	936	686.3	0.82	19.3

**Fuente:** Elaboración propia.

## Conclusiones

Se ha realizado una aproximación hacia distintos protocolos de consenso, orientados a ser utilizados en redes Blockchain implementadas en dispositivos de bajas prestaciones. A partir de estos, se ha encontrado una plataforma común sobre la que implementarlos y compararlos en términos de rendimiento. Una vez se ha determinado el protocolo de consenso que mejor responde a los objetivos planteados, se ha modificado y compilado el código fuente, modificando parámetros de este para mejorar la implementación por defecto del protocolo. De esta forma, se obtienen unas mejores métricas para la red, que permite obtener

un mayor rendimiento con la misma configuración de red, obteniendo así una red Blockchain de mejor desempeño en dispositivos de pequeñas prestaciones.

## **Referencias bibliográficas**

Hyperledger. (21 de 10 de 2022). *Hyperledger Besu*. Obtenido de Hyperledger Besu: <https://besu.hyperledger.org>

Hyperledger. (24 de 10 de 2022). *Hyperledger Caliper*. Obtenido de Hyperledger Caliper: <https://hyperledger.github.io/caliper>

Le, T.-V. L.-V., & Le, C.-L. H.-V. (July de 2021). A Systematic Literature Review of Blockchain Technology: Security Properties, Applications and Challenges. *Journal of Internet Technology*, 22, 789–801. doi:10.53106/160792642021072204007

Samuel, C. N.-O. (2021). Choice of ethereum clients for private blockchain: Assessment from proof of authority perspective. *IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency*. IEEE.

# DETECCIÓN DE CÁNCER DE COLON MEDIANTE IMÁGENES HISTOPATOLÓGICAS

**Álvaro Gago-Fabero<sup>1</sup>, Elena Escobar-Linero<sup>1</sup> y Manuel Domínguez-Morales<sup>1,2,\*</sup>**

<sup>1</sup> *Arquitectura y Tecnología de Computadores (ATC), TEP-108: Robótica y Tecnología de Computadores (RTC), E.T.S. Ingeniería Informática – Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, Seville, 41012, España.*

<sup>2</sup> *Instituto de Investigación de Ingeniería Informática (I3US), Avda. Reina Mercedes s/n, Universidad de Sevilla, Sevilla, 41012, España.*

E-mail de correspondencia: [mjdominguez@us.es](mailto:mjdominguez@us.es)

## Resumen

El cáncer colorrectal es el tercer tipo de cáncer con más incidencia del mundo, con unas cifras aproximadas de 1.931.590 casos en 2020, lo que supone un 10% del total de cánceres diagnosticados. Dentro de los tipos de cánceres que pueden encontrarse en el colon, los adenocarcinomas suponen entorno a un 96% del total. En este trabajo se hace uso de un dataset público que contiene imágenes histopatológicas de colon, distinguiendo entre tejido sano y adenocarcinoma. Con estas imágenes se diseña, implementa y evalúa un clasificador basado en redes neuronales convolucionales para ayuda al diagnóstico. Utilizando una arquitectura liviana con 4 capas convolucionales se obtiene una precisión del 99.4%, mejorando los trabajos previos.

## Introducción

Según un estudio de 2020 del GLOBOCAN (Global Cancer Observatory) el cáncer colorectal es el tercer tipo de cáncer con más incidencia del mundo, solo superado por el de mama (11,7%) y el de pulmón (11,4%). Se pueden encontrar varios tipos, como los carcinoides, estromales gastrointestinales, linfomas, sarcomas o adenocarcinomas. Estos últimos suponen en torno al 96% de los casos, siendo un tipo de cáncer que comienza en las células que forman las glándulas que produce el moco para lubricar el interior del colon y el recto.

Para detectar un adenocarcinoma, es necesario realizar una biopsia, y estas muestras se analizan posteriormente en el laboratorio por un patólogo que indicará si en las células de la muestra existe un adenocarcinoma o no. Esta detección, requiere de un patólogo especialista con años de experiencia. Según *Fromer (2005)*, la frecuencia informada de errores anatómicos patológicos oscila entre el 1% y el 43%, siendo para la oncología entre un 1% y un 5%, ya que se tratan de casos muy delicados. Esto se acrecienta por la falta de patólogos a nivel nacional, lo cual provoca un menor tiempo de atención y análisis de cada caso particular.

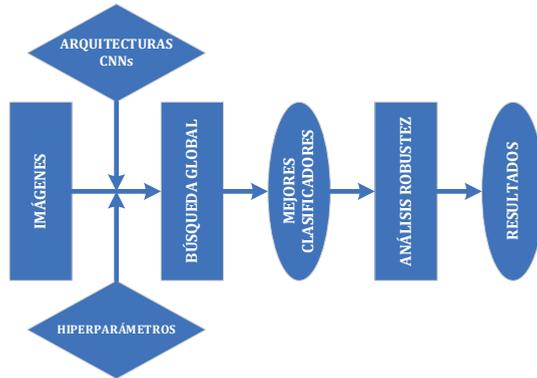
En este punto, juega un papel importante la tecnología a la hora de permitir implementar sistemas de ayuda al diagnóstico utilizando herramientas de Inteligencia Artificial para ayudar al cribado masivo y, de esa forma, reducir la carga de trabajo del profesional (además de proporcionarle una segunda opinión). Esto puede observarse en otros trabajos, tanto en los que hacen uso de imágenes médicas (*Civit-Masot, 2021; 2022*) como en los que utilizan información fisiológica para detectar estados anómalos (*Escobar-Linero, 2022a; 2022b; Muñoz-Saavedra, 2020*).

En este trabajo se implementa y evalúa un sistema de ayuda al diagnóstico para adenocarcinoma colorectal utilizando imágenes de biopsias mediante Redes Neuronales Convolucionales.

# Materiales y métodos

Haciendo uso del dataset público proporcionado por XX, se elabora un sistema de procesamiento basado en 4 pasos: elección del mejor optimizador, búsqueda global (grid search), pruebas de robustez (cross-validation) y evaluación final. Esto puede observarse en la Figura 1.

Figura 1. Cadena de procesamiento.



Cada uno de los pasos se describe a continuación:

- Selección de optimizador: se prueban diversos optimizadores para la red convolucional (Adam, SGD, RMSProp, Adamax, Nadam, Ftrl).
- Búsqueda global: se evaluaron 4 arquitecturas de red diferentes, 3 tamaños de imágenes, 3 tamaños de kernel, 3 valores de batch size, 4 de learning rate y 4 de dropout (un total de 1728 combinaciones).
- Prueba de robustez: se divide el dataset en 10 subconjuntos (folds), y se realizan 10 entrenamientos diferentes con 10 subsets seleccionando en cada caso 8 folds para entrenamiento y 2 para test (siguiendo lo indicado en la Figura 2).

Figura 2. Selección de folds para Cross-Validation.

	SUBSET 1	SUBSET 2	SUBSET 3	SUBSET 4	SUBSET 5	SUBSET 6	SUBSET 7	SUBSET 8	SUBSET 9	SUBSET 10
FOLD 1	SI	NO	NO							
FOLD 2	SI	NO	NO	SI						
FOLD 3	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI
FOLD 4	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI
FOLD 5	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI
FOLD 6	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI
FOLD 7	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI
FOLD 8	SI	NO	NO	SI						
FOLD 9	NO	NO	SI							
FOLD 10	NO	SI	NO							

- Evaluación final: se utilizan las métricas clásicas (accuracy, specificity, sensitivity, precision) además de otras más complejas como  $F1_{score}$ , matriz de confusión o curva ROC.

## Resultados y discusión

Los resultados del mejor modelo son de un accuracy de 99.93% utilizando un optimizador Adamax, batch size de 10, learning rate de 0.0001, tamaño de imágenes 60x60, kernel de 2x2, dropout de 0.15 y arquitectura de 4 convoluciones. La convergencia del entrenamiento se puede observar en la Figura 3 y los resultados en la Figura 4.

Figura 3. Convergencia del entrenamiento.

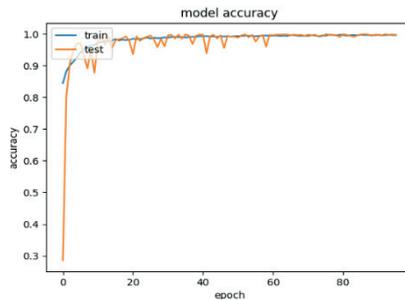
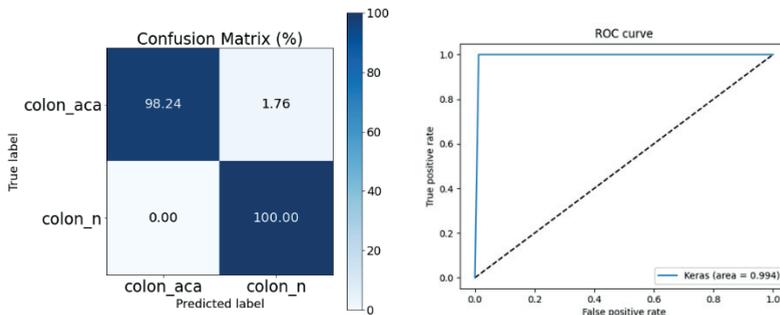


Figura 4. Matriz de confusión y curva ROC del modelo elegido.



La clase benigna se clasifica al 100%, mientras que adenocarcinoma tiene un porcentaje del 98.24%, fallando un 1.76% de las muestras. Los resultados de aplicar las diversas métricas arrojan un 100% para precisión, 99% para sensitivity y 99% para  $F1_{score}$ , además del 99.4% de AUC.

## Conclusiones

Este estudio demuestra la viabilidad de diseñar un sistema de ayuda al diagnóstico utilizando imágenes histopatológicas y herramientas de Deep Learning, obteniendo unos resultados más que aceptables.

Además, si se compara este trabajo con otros previos, como *Lizuka (2020)*, *Masud (2021)* o *Yildirim (2022)*, se observa una mejora significativa en la mayoría de los casos. Únicamente, para el trabajo de *Yildirim (2022)*, se observa un empeoramiento en la clasificación, pero es importante incidir en que dicho trabajo hace uso de una red neuronal 11 veces más compleja que la desarrollada en este trabajo, lo cual permite afirmar que este trabajo mejora significativamente en la relación precisión-coste computacional.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias al grupo de investigación TEP-108: Robótica y Tecnología de Computadores de la Universidad de Sevilla.

## Referencias bibliográficas

Fromer, M. J. (2005). Study: Pathology errors can have serious effect on cancer diagnosis & treatment. *Oncology Times*, 27(22), 25-26.

Civit-Masot, J. et al. (2021). A study on the use of Edge TPUs for eye fundus image segmentation. *Engineering Applications of A. I.*, 104, 104384.

Civit-Masot, J. et al. (2022). Non-small cell lung cancer diagnosis aid with histopathological images using Explainable Deep Learning techniques. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 226, 107108.

Escobar-Linero, E. et al. (2022a). Worker's physical fatigue classification using neural networks. *Expert Systems with Applications*, 198, 116784.

Escobar-Linero, E. et al. (2022b). On the feature extraction process in machine learning. An experimental study about guided versus non-guided process in falling detection systems. *Engineering Applications of A.I.*, 114, 105170.

Muñoz-Saavedra, L. et al. (2020). Affective state assistant for helping users with cognition disabilities using neural networks. *Electronics*, 9(11), 1843.

Iizuka, O. (2020). Deep learning models for histopathological classification of gastric and colonic epithelial tumours. *Scientific reports*, 10(1), 1-11.

Masud, M. (2021). A machine learning approach to diagnosing lung and colon cancer using a deep learning-based classification framework. *Sensors*, 21(3), 748.

Yildirim, M. (2022). Classification with respect to colon adenocarcinoma and colon benign tissue of colon histopathological images with a new CNN model: MA\_ColonNET. *Int. J. of Imaging Systems and Technology*, 32(1), 155-162.

# DISEÑO DE BLOQUES BÁSICOS BASADOS EN REDES NEURONALES PULSANTES EN SPINNAKER

Alvaro Ayuso-Martinez<sup>1</sup>, Daniel Casanueva-Morato<sup>1</sup>, Pablo Sanchez-Cuevas<sup>1</sup>, Jose Manuel Marron-Esquivel<sup>1</sup>, Lourdes Duran-Lopez<sup>1</sup>, Juan Pedro Dominguez-Morales<sup>1</sup>, Angel Jimenez-Fernandez<sup>1</sup> y Gabriel Jimenez-Moreno<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Afiliación 1, Dpto. de Arquitectura y Tecnología de Computadores, Universidad de Sevilla, Sevilla

E-mail de correspondencia: aayuso@us.es

## Resumen

La ingeniería neuromórfica, uno de los campos científicos más interesantes y que actualmente se encuentra en auge, se enfoca en diseñar e implementar hardware y software con el propósito de imitar los principios básicos de los sistemas nerviosos biológicos. Actualmente, en este campo existen muchos grupos de investigación que desarrollan aplicaciones prácticas basadas en el conocimiento neurocientífico. Este trabajo proporciona a los investigadores un nuevo conjunto de bloques básicos basados en redes neuronales pulsantes (SNN) que emulan el comportamiento de diferentes puertas lógicas. Dichos bloques podrían ser muy útiles en muchas aplicaciones pulsantes, al igual que las puertas lógicas forman la base de los circuitos digitales. Los diseños y modelos propuestos han sido implementados en la plataforma hardware SpiNNaker, en la que también se han realizado diferentes experimentos con el fin de validar el comportamiento de cada bloque, y cuyos resultados son discutidos en este documento. La funcionalidad tanto de las puertas lógicas tradicionales como de los bloques

propuestos es estudiada, y, finalmente, se discute la viabilidad del enfoque presentado.

## **Introducción**

La ingeniería neuromórfica, definida por Carver Mead en 1990 [1], es un campo de la ciencia que se encarga del estudio, diseño e implementación de hardware y software con el objetivo de imitar los principios fundamentales de los sistemas nerviosos biológicos. Para ello, los ingenieros neuromórficos hacen uso del conocimiento de la neurociencia acerca de los mecanismos existentes en la biología.

Sin embargo, aunque estos conocimientos son suficientes como para conocer, por ejemplo, las distintas funciones del cerebro humano, no en todas las regiones que lo conforman se conocen los mecanismos biológicos que generan estos comportamientos específicos. Es por ello que, en muchos casos, la implementación de aplicaciones inspiradas en estos comportamientos no es posible o resulta especialmente compleja.

Haciendo una analogía con los circuitos digitales, en este trabajo se ha propuesto la implementación de bloques elementales basados en redes neuronales pulsantes que realicen operaciones booleanas básicas, tal y como hacen las puertas lógicas en los circuitos digitales, para su posterior uso en la construcción de bloques pulsantes con funcionalidades mucho más complejas.

Los bloques implementados han sido probados y publicados en un repositorio en GitHub [2] para su libre utilización, especialmente para facilitar las tareas de investigación de otros ingenieros neuromórficos.

## **Materiales y métodos**

Durante la realización de este trabajo se ha hecho uso de la tercera generación de redes neuronales artificiales, las redes neuronales pulsantes (SNNs), así como la plataforma neuromórfica SpiNNaker y el paquete software PyNN para su implementación.

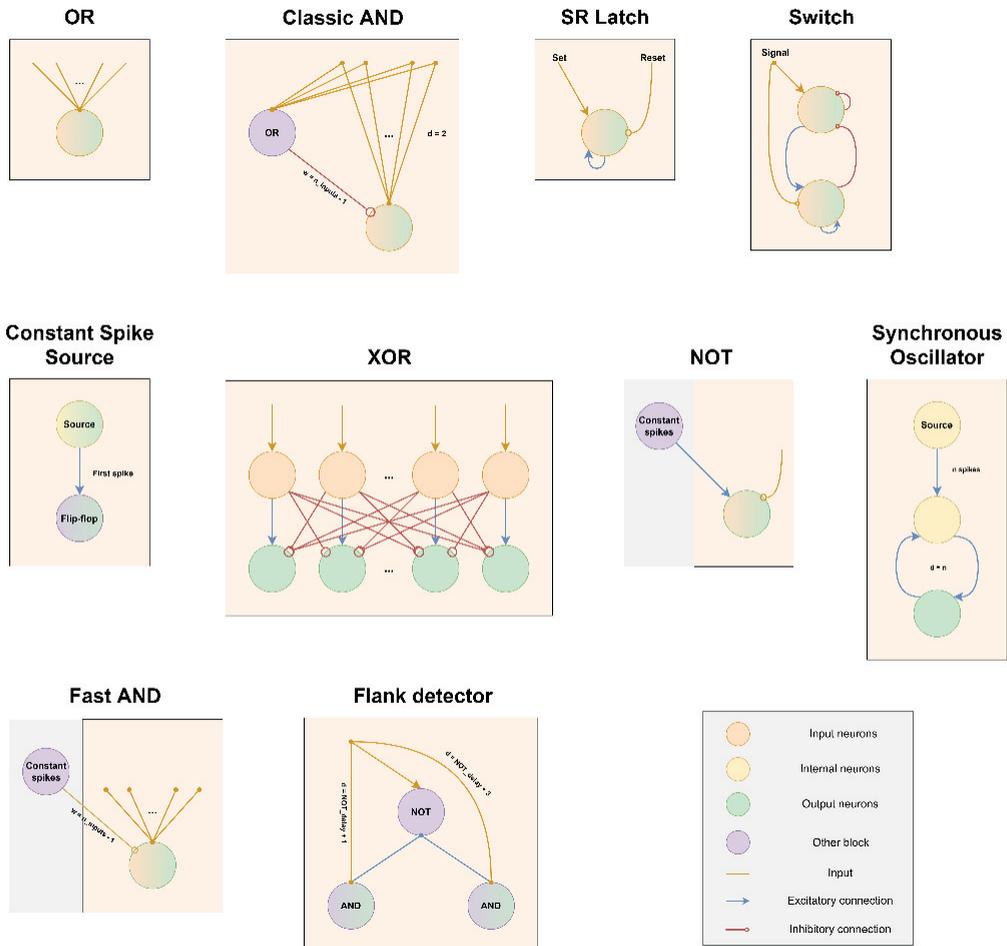
## Desarrollo

Para la correcta implementación de bloques pulsantes de operación booleana, existen algunos aspectos que deben ser considerados. En primer lugar, los pulsos de la red neuronal pulsante deben ser interpretados como 1s lógicos. Además, estos pulsos deben llegar de forma sincronizada para que la “operación booleana” se realice correctamente.

Finalmente, hace falta ajustar los parámetros utilizados para la implementación de las neuronas de los bloques propuestos, de tal forma que ante un estímulo de entrada se produzca uno de salida. Así, los parámetros utilizados finalmente son los siguientes:  $c_m = 0.1 \text{ nF}$ ,  $\tau_m = 0.1 \text{ ms}$ ,  $\tau_{\text{refrac}} = 1.0 \text{ ms}$ ,  $\tau_{\text{syn}_E} = 0.1 \text{ ms}$ ,  $\tau_{\text{syn}_I} = 0.1 \text{ ms}$ ,  $v_{\text{rest}} = -65.0 \text{ mV}$ ,  $v_{\text{reset}} = -65.0 \text{ mV}$ ,  $v_{\text{thresh}} = -64.91 \text{ mV}$ , donde  $c_m$  es la capacidad de membrana,  $\tau_m$  es la constante temporal del circuito RC,  $\tau_{\text{refrac}}$  es el periodo refractario,  $\tau_{\text{syn}_E}$  y  $\tau_{\text{syn}_I}$  son las constantes de tiempo de caída de la corriente de entrada excitatoria e inhibitoria, y  $v_{\text{rest}}$ ,  $v_{\text{reset}}$  y  $v_{\text{thresh}}$  son los potenciales de membrana de reposo, reset y umbral, respectivamente.

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, la siguiente figura resume los diseños utilizados para la implementación de los bloques pulsantes propuestos en este trabajo.

Figura 1. Diseño de los bloques propuestos.



Fuente: Elaboración propia.

## Resultados y discusión

Para comprobar que los bloques implementados funcionaban correctamente se realizaron una serie de experimentos para cada uno de ellos, donde, principalmente, variaban los pulsos de entrada enviados a cada uno de dichos bloques. Posteriormente, haciendo uso de una traza de los pulsos disparados en cada una de las neuronas del bloque, se podía comprobar cómo cada uno de ellos funcionaba tal y como estaba previsto, lo que demuestra la validez del trabajo realizado.

De esta forma, los bloques propuestos pueden formar la base de futuros bloques más complejos, entre los cuáles pueden encontrarse los registros, o incluso las memorias. De esta forma, al igual que ocurre con los circuitos digitales, se podrían implementar una infinidad de bloques pulsantes de funcionalidad compleja. Concretamente, la implementación de bloques de memoria sería especialmente útil para gran cantidad de aplicaciones, y supondría un importante paso en la dirección del computador pulsante, cuya implementación sería el culmen de esta línea de trabajo, al conseguir un computador que explote todas las ventajas de las redes neuronales pulsantes frente a los circuitos digitales tradicionales.

No obstante, hay otros aspectos que deben ser estudiados en futuros trabajos. Los más importantes surgen de las siguientes preguntas: ¿qué pasaría si los pulsos de la red neuronal pulsante no llegaran de forma sincronizada? ¿qué similitud existe entre los bloques implementados y los mecanismos existentes en el sistema nervioso biológico?

## **Conclusiones**

El trabajo presentado supone una solución para la implementación de bloques pulsantes con funcionalidades específicas, haciendo uso de bloques pulsantes básicos de operación booleana. Todos los bloques han sido optimizados en cuanto a la cantidad de recursos utilizados: neuronas y sinapsis, permitiendo su uso de forma masiva en la construcción de bloques mucho más complejos. Este enfoque de trabajo queda validado al obtener los resultados esperados en todos los experimentos realizados, si bien hay algunas cuestiones que deben ser estudiadas. En primer lugar, sería interesante estudiar los efectos producidos en los diseños propuestos al existir diferencias en los tiempos de llegada de los pulsos a las distintas neuronas de la red neuronal pulsante. Otra cuestión de interés sería estudiar las similitudes entre los bloques implementados y los mecanismos biológicos existentes en el sistema nervioso.

## **Agradecimientos**

Esta investigación fue parcialmente financiada por el proyecto MINDROB (PID2019-105556GBC33/AEI/10.13039/501100011033). El trabajo de Daniel Casanueva-Morato ha sido financiado por la beca de “Formación de Profesor Universitario” del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

## **Referencias bibliográficas**

[1] Carver Mead, “Neuromorphic electronic systems,” *Proceedings of the IEEE*, vol. 78, no. 10, pp. 1629–1636, 1990.

[2] <https://github.com/alvayus/spyblocks>

# MODELOS NEURONALES PULSANTES DE MEMORIA BIOINSPIRADOS EN LA REGIÓN CA3 DEL HIPOCAMPO

**Daniel Casanueva Morato<sup>1</sup>, Álvaro Ayuso Martínez<sup>1</sup>, José Manuel Marrón Esquivel<sup>1</sup>, Lourdes Durán López<sup>1</sup>, Pablo Sánchez Cuevas<sup>1</sup>, Juan Pedro Domínguez Morales<sup>1</sup>, Gabriel Jiménez Moreno<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Arquitectura y Tecnología de Computadores, Universidad de Sevilla, Sevilla*

E-mail de correspondencia: dcasanueva@us.es

## **Resumen**

El cerebro humano es la máquina más potente y eficiente que existe, superando las capacidades de los ordenadores modernos. En la actualidad, líneas de investigación pertenecientes a la ingeniería neuromórfica intentan desarrollar hardware que imite el funcionamiento del cerebro para adquirir estas capacidades superiores. Una de las áreas actualmente en desarrollo es el diseño de memorias bioinspiradas, dónde el hipocampo juega un papel importante. Esta región del cerebro actúa como una memoria a corto plazo con la capacidad de almacenar y recordar asociaciones de información, gracias a la arquitectura de red colateral recurrente que constituye CA3, principal subregión del hipocampo. En este trabajo se desarrollan con éxito dos modelos computacionales de memorias bioinspiradas en el hipocampo completamente funcionales para el almacenamiento y recuerdo de patrones complejos implementadas con tecnología de redes neuronales pulsantes en la plataforma hardware SpiNNaker. Se han desarrollado diferentes experimentos sobre cada modelo con el fin de probar sus capacidades

de aprendizaje/recuerdo y una comparación exhaustiva entre la funcionalidad y plausibilidad biológica de ambos modelos, mostrando sus puntos fuertes y débiles. Los dos modelos, que están disponibles públicamente para los investigadores, podrían allanar el camino para futuras implementaciones y aplicaciones basadas en pulsos.

## **Introducción**

La ingeniería neuromórfica es aquel campo que se centra en el desarrollo de sistemas computacionales que tratan de imitar los principios biológicos del sistema nervioso. Su principal fuente de inspiración es el cerebro y la forma en qué resuelve eficientemente problemas complejos. De entre todas sus regiones, una de las más interesantes es el hipocampo [1].

El hipocampo o sistema hipocampal funciona principalmente como una memoria a corto plazo, almacenando información de forma rápida y no estructurada procedente de los diferentes flujos sensoriales de la corteza cerebral. Está compuesto por: DG encargado de dispersar el contenido de la información y CA que se divide en CA3, donde se encuentra la estructura de red colateral recurrente capaz de almacenar la información, y CA1 donde se realiza la operación inversa a la de DG para recuperar el formato original de la información [1].

La falta de modelos computacionales de memorias bioinspiradas en el hipocampo completamente funcionales y capaces de trabajar con patrones complejos [1, 2, 3], es la principal motivación de este trabajo.

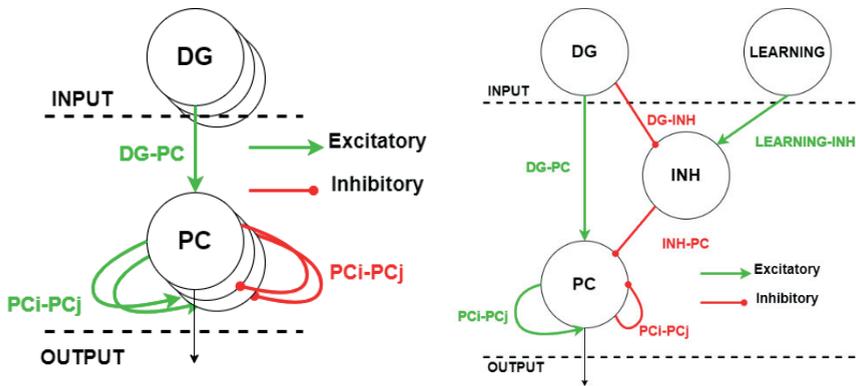
## **Materiales y métodos**

Para la implementación de los modelos de memoria bioinspirados, se utilizó la tecnología de Redes Neuronales Pulsantes (SNN) y la Plasticidad Dependiente del Tiempo de los Spikes (STDP) como mecanismo de aprendizaje. Modelos que no solo fueron simulados en software, sino también implementados y emulados en la plataforma hardware SpiNNaker.

## Modelo con actividad oscilatoria

Este modelo está formado por una población de entrada, DG, que se conecta excitatoriamente a la población de CA3 formada por neuronas piramidales (PC) como se puede ver en la Figura 1. Esta última población presenta sinapsis excitatorias e inhibitorias consigo mismo. Es en estas sinapsis excitatorias es donde se aplica el mecanismo de aprendizaje STDP y, por tanto, las responsables del aprendizaje y almacenamiento de los patrones en la red. El resto de sinapsis son estáticas.

**Figura 1.** Esquema de los modelos de memoria con actividad oscilatoria (izquierda) y con periodos regulados de actividad (derecha)



Fuente: elaboración propia.

## Modelo con periodos regulados de actividad

Se trata de una extensión del modelo anterior, al cual se le añade un mecanismo inhibitorio para regular y controlar de forma precisa las oscilaciones de la población CA3 durante la fase de recuerdo. Se incluye una población de interneuronas que inhiben a la población CA3 y presenta una entrada excitatoria que le indica en que fase de funcionamiento se encuentra. Este mecanismo trata de imitar a las interneuronas inhibitorias del modelo biológico.

## **Resultados y discusión**

Ambas redes presentan un funcionamiento basado en 2 fases. Una fase de entrenamiento en la cual se introduce el patrón que se quiere aprender y una fase de recuerdo en la que, a partir de un fragmento cualesquiera del patrón (pista), la red es capaz de recordar la parte restante del mismo.

### **Experimentación**

Para comprobar las capacidades de aprendizaje y recuerdo de estos modelos, se ha elaborado una serie de experimentos que se dividen en dos conjuntos en función del tipo de patrones usados. El primer conjunto de experimentos se centra en patrones ortogonales, es decir, aquellos que son completamente diferentes entre sí y no tienen nada en común. Por otra parte, el segundo conjunto de experimentos se da con patrones no ortogonales, es decir, aquellos que presentan algunas partes en común.

Ambos modelos se probaron con varios conjuntos de 2 a 4 patrones tanto ortogonales como no ortogonales. El primer modelo funcionaba correctamente para el primer conjunto de experimentos, pero su comportamiento oscilatorio le impide recordar correctamente patrones no ortogonales. Por otra parte, el segundo modelo funcionaba correctamente para ambos conjuntos de experimentos, aunque requería una configuración de la red más compleja.

### **Discusión y comparación de modelos**

Analizando los resultados de la experimentación, se procede a la comparación de ambos modelos.

A nivel de funcionalidad y rendimiento, el primer modelo es más bioinspirado por su comportamiento oscilante dentro de la red atractora de CA3, sin embargo, esto le impide funcionar correctamente con patrones no ortogonales. El segundo modelo, sin embargo, gracias a la adición del mecanismo inhibitorio, es capaz de controlar y regular estas oscilaciones, permitiéndole funcionar correctamente con ambos tipos de patrones. Este mecanismo hace al modelo más eficiente energéticamente, estable y fiable, pero, al mismo tiempo, presenta una mayor latencia en la fase de aprendizaje y requiere de una configuración más compleja.

Por último, a nivel de recursos y arquitectura, el segundo modelo es una extensión del primero, por tanto, consume más recursos que el primero. Sin embargo, incrementa linealmente en función del tamaño de la memoria respecto al primero modelo.

## Conclusiones

En este trabajo se han propuesto, implementado y testeado dos modelos de memoria bioinspirados en el hipocampo capaces de aprender y recordar patrones complejos con ciertas limitaciones. Modelos que no han sido solo propuestos y desarrollados en software, sino también implementados y emulados en la plataforma hardware SpiNNaker. Además, se han demostrado las fortalezas y debilidades de ambos modelos, abriendo futuras líneas de investigación para estudiar posibles mejoras.

Finalmente, el código fuente de los modelos propuestos está disponible públicamente, junto con todos los detalles necesarios sobre las arquitecturas SNN empleadas.

## Agradecimientos

Esta investigación fue parcialmente financiada por el proyecto MINDROB (PID2019-105556GB-C33/AEI/10.13039/501100011033). El trabajo de Daniel Casanueva-Morato ha sido financiado por la beca de "Formación de Profesor Universitario" del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

## Referencias bibliográficas

- [1] Rolls, E. T. (2021). *Brain computations: what and how*. Oxford University Press, USA.
- [2] Oess, T., Krichmar, J. L., & Röhrbein, F. (2017). A computational model for spatial navigation based on reference frames in the hippocampus, retrosplenial cortex, and posterior parietal cortex. *Frontiers in neurorobotics*, 11, 4.
- [3] Tan, C. H., Tang, H., Tan, K. C., & Yuan, M. (2013, November). A hippocampus CA3 spiking neural network model for storage and retrieval of sequential memory. In *2013 IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems (CIS)* (pp. 134-139). IEEE.

# ENFOQUE ESPECTRAL EN CAMPO PARA EL ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO DE LAS ACEITUNAS MANZANILLA Y GORDAL.

**Samuel Domínguez Cid\*, Julio Barbancho Concejero, Diego Francisco Larios, Javier Antonio Guerra Coronado, Francisco Javier Molina Cantero, Carlos León de Mora**

*Departamento de Tecnología Electrónica, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, Sevilla*

E-mail de correspondencia: [sdcid@us.es](mailto:sdcid@us.es)

## **Resumen**

Las aceitunas son un activo de valor para los países en la cuenca mediterránea y tienen un gran impacto económico en las industrias de estos países. Debido a su importancia, hay regulaciones como la Indicación Geográfica Protegida (IGP) o la Denominación de Origen Protegida (DOP), que protegen las variedades y garantizan su calidad. En este sentido, este trabajo busca mejorar los métodos tradicionales mediante la aplicación de un nuevo enfoque tecnológico. La identificación de los estadios de las aceitunas usando métodos automáticos en campo se aborda en este trabajo. Para ello, se utilizan métodos basados en inteligencia artificial e imágenes hiperespectrales. Estas imágenes fueron adquiridas en campo durante la temporada de la aceituna 2021. Mediante un software de etiquetado, se ha generado un dataset obteniendo las firmas hiperespectrales de las aceitunas. Este dataset se normaliza y se extraen una serie de descriptores para la aplicación de los algoritmos. Concretamente se aplica un Mapa Autoorganizado o Self-Organizing Map (SOM) con el cual se ha obtenido un f1-score

medio del 73,73% en la identificación del estado de crecimiento de la aceituna. Por lo tanto, en esta investigación de prueba de concepto se ha obtenido un modelo el cual puede calificar las aceitunas en tres etapas, tempranas, media y tardía.

## **Introducción**

Los productos procesados de las aceitunas son un activo de alto valor en los mercados internacionales. Si nos fijamos en los países contribuyen mayormente en esta producción, se observan que están localizados en la cuenca mediterránea (Council, 2022a, 2022b). Además, el aceite de oliva y las aceitunas de mesa tienen DOP e IGP (Concepción, García, Medina, & Brenes, 2018). Estas categorías dotan de reconocimiento de calidad, diferenciabilidad y pertenencia a un específico lugar geográfico de producción. Durante el crecimiento y madurez de las aceitunas estas pasan por diferentes fases fenológicas identificables (SANZ-CORTES et al., 2002). En el caso de las aceitunas de mesa, estas deben ser recogidas antes de la fase de madurez. Este trabajo se centra en el reconocimiento de la transición que experimenta la aceituna durante sus fases fenológicas utilizando métodos basados en inteligencia artificial.

## **Materiales y métodos**

Los materiales utilizados para el desarrollo de este trabajo es la utilización de una cámara hiperespectral para la adquisición de datos. Esta cámara es el modelo Specim IQ del fabricante finlandés Specim. En la toma de datos, una referencia de blanco se ha utilizado para la normalización de las condiciones de iluminación. Un panel de 20x20 cm de PTEE se utiliza como referencia debido a la estabilidad de reflectancia de este material a lo largo de las longitudes de onda de trabajo.

Se ha utilizado un software desarrollado por el departamento para el etiquetado de imágenes similar a "labelme" (wkentaro, 2022). Por último, para el procesamiento de los datos, se ha utilizado MATLAB y la toolbox de procesamiento de

imágenes y de visión artificial (“MATLAB version 9.10.0.1851785 (R2021a),” 2020).

La metodología utilizada para este trabajo se basa en la adquisición de imágenes de forma no invasiva en campo durante la temporada de la aceituna, desde mayo hasta principios de septiembre. En cada imagen la referencia se coloca en la escena. Una vez tomadas las imágenes se etiquetan identificando aquellas zonas que tienen aceitunas. Extrayendo las firmas de estas regiones se ha generado el dataset de trabajo. Con el dataset formado se procede a utilizar Matlab para el procesamiento de los datos. En primer lugar, las firmas de las aceitunas se normalizan por cada píxel, ya que dependiendo de la luminosidad de esta pueden no tener un mismo marco comparativo. Mediante la aplicación de una distribución estándar se obtienen las firmas normalizadas entre un valor medio y una desviación típica.

Debido a la gran cantidad de datos que tienen el dataset, 204 valores de reflectancia por cada píxel, se busca alguna técnica para la reducción de datos sin pérdida significativa de información. Debido a que se busca evaluar la evolución temporal de las firmas, el dataset de entrenamiento se ha ordenado con la reflectancia respecto al tiempo. De esta manera, se han identificado una serie de bandas con grandes cambios que se tomarán como descriptores de las firmas.

## **Resultados y discusión**

El modelo resultante del estudio es un SOM de 5x5 neuronas en topología de malla. Con este modelo se tienen ciertas neuronas ganadoras para las firmas pertenecientes a los primeros días de temporada y otras diferentes para los últimos días de temporada. Se ha realizado una metodología para la identificación de los clústeres. Para ello, se han identificado las neuronas activadas por cada uno de los días evaluados. Se han identificado los primeros días muestreados en mayo como principio de temporada y como últimos días de temporada los días muestreados a finales de septiembre, cuando el agricultor comenzó a recoger las aceitunas.

Con esta identificación de clústeres se puede establecer tres etapas en la identificación de las aceitunas. Una etapa temprana, media y tardía de las aceitunas. Este planteamiento es verificado mediante los datos de test. Con la utilización de una matriz de confusión se han obtenido métricas cuantitativas que evalúan el clasificador creado. En la figura 1 se tiene la matriz de confusión obtenida bajo este procedimiento. Donde se representan las etapas del 1 a 3, siendo la primera la etapa temprana, la clase dos la etapa media y la tres la tardía.

**Figura 1.** Matriz de confusión del SOM con los datos de validación.

True Class \ Predicted Class	1	2	3
1	207	0	0
2	53	115	39
3	3	62	142

**Fuente:** elaboración propia.

## Conclusiones

Mediante la adquisición de imágenes hiperespectrales y su posterior procesado, se ha creado un dataset de imágenes hiperespectrales. Este dataset se ha procesado reduciendo su dimensionalidad y se ha entrenado un algoritmo de inteligencia artificial no supervisado para la clasificación de las firmas espectrales de las aceitunas. Los resultados obtenidos de este trabajo muestran como el modelo entrenado tiene un 73,73% de F1-score medio en la identificación de las aceitunas en cada una de las tres etapas.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido apoyado por el proyecto HYPATIA (PYC20 RE 090 US) Y DAPHNE (P20\_01078). Además, Samuel Domínguez-Cid recibe financiación y

es apoyado por el VI Plan Propio de Investigación de la Universidad de Sevilla (VI PPIT-US). Este trabajo ha sido apoyado por Hermanos Donaire Ibáñez Agrícola, SC y el consejo regulador de la IGP Manzanilla y Gordal de Sevilla.

## Referencias bibliográficas

Concepción, R., García, P., Medina, E., & Brenes, M. (2018). The PDO and PGI Table Olives of Spain. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121(3), 1800136. doi:10.1002/ejlt.201800136

Council, I. O. (2022a). IOC-Table-Olive-Dashboard. Retrieved from <https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2021/12/IOC-Table-Olive-Dashboard.html#production-2>

Council, I. O. (2022b). IOC-Olive-Oil-Dashboard. Retrieved from <https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2021/12/IOC-Olive-Oil-Dashboard-1.html#production-2>

MATLAB version 9.10.0.1851785 (R2021a). (2020). Natick, Massachusetts: The Mathworks, Inc.

SANZ-CORTES, F., MARTINEZ-CALVO, J., BADENES, M. L., BLEIHOLDER, H., HACK, H., LLACER, G., & MEIER, U. (2002). Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea*). *Annals of Applied Biology*, 140(2), 151–157. doi:10.1111/j.1744-7348.2002.tb00167.x

wkentaro, K. W. (2022). GitHub - wkentaro/labelme: Image Polygonal Annotation with Python (polygon, rectangle, circle, line, point and image-level flag annotation). Retrieved from <https://github.com/wkentaro/labelme>

# PROBABILISTIC FORECASTING APPLIED TO MICROGRIDS: CREATION OF SCENARIOS AND SELECTION OF MODELS

Antonio Parejo<sup>1</sup>, Sebastián García<sup>1</sup>, Enrique Personal<sup>1</sup>, Juan Ignacio Guerrero<sup>1</sup>, Alejandro Carrasco<sup>1</sup>, Carlos León <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Tecnología Electrónica, Universidad de Sevilla, Sevilla*

E-mail de correspondencia: aparejo@us.es

## Resumen

Las redes de distribución eléctrica están experimentando una fuerte evolución gracias a las recientes mejoras técnicas, especialmente con el desarrollo de las microrredes (*microgrids*) como solución para aumentar la fiabilidad del suministro eléctrico. En esta situación, es especialmente importante realizar una adecuada gestión de los recursos, lo que ha favorecido el desarrollo de una gran variedad de métodos de optimización para ser aplicados sobre las microrredes. Entre ellos, los métodos estocásticos (y probabilísticos) pueden considerar incertidumbres con probabilidades asociadas o diferentes escenarios posibles. Uno de los problemas de estos métodos estocásticos es la dificultad para evaluar el rendimiento de los resultados obtenidos, lo que puede llevar a una inadecuada selección de los cuantiles, intervalos y escenarios que posteriormente se utilizarán para realizar la optimización de la gestión. En este trabajo se propone un procedimiento para evaluar y seleccionar modelos probabilísticos de entre aquellos disponibles. El método propuesto se ha aplicado sobre un conjunto de datos

reales de trece centros de transformación de una red de distribución situada en la localidad de Manzanilla, España.

**Palabras clave:** smart grid; red de distribución; predicción; sistema de gestión de energía

## Introducción

En la actualidad, el sistema eléctrico está sufriendo profundos cambios en su composición y estructura. La presencia de fuentes de generación renovables está aumentando enormemente, especialmente con los objetivos de descarbonización que muchos países del mundo (y, en particular, de la Unión Europea) se han propuesto cumplir. Al mismo tiempo, los avances tecnológicos aplicados al sistema eléctrico en su totalidad están permitiendo una mejor monitorización de este, logrando extraer numerosos datos e información sobre su estado. Esto a su vez ha permitido dotar a los operadores de las redes eléctricas de una mayor capacidad de gestión y control.

Sacar partido a estos avances a su vez exige optimizar el uso de los recursos energéticos disponibles. A este respecto, uno de los avances que se están aplicando actualmente para mitigar este problema es el uso de microrredes (*microgrids*). Una microgrid es una red eléctrica que cuenta con una cierta capacidad de trabajar desconectada de la red principal de suministro durante un cierto tiempo; esto es posible gracias a que cuenta con sus propios elementos de almacenamiento y/o generación, lo que le permite trabajar de manera aislada.

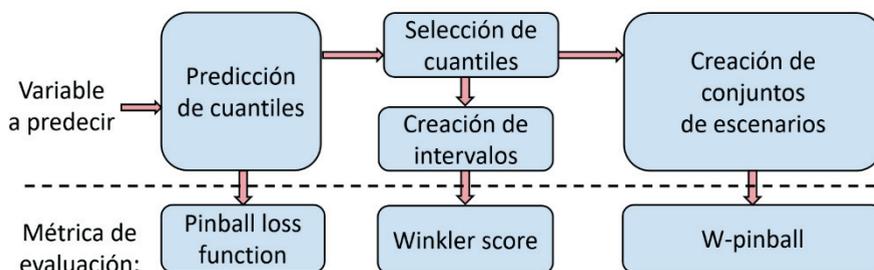
Aunque estas microgrids dotan al sistema eléctrico de una mayor resiliencia, también necesitan algoritmos de gestión adecuados para optimizar el uso de sus recursos, así como de sistemas de predicción para realizar estimaciones del comportamiento futuro de los elementos del sistema (Parejo, 2021). Ambas partes están interrelacionadas, ya que cada tipo de método de optimización requerirá como información de entrada un determinado tipo de predicción (por ejemplo, determinística, cuantiles, intervalos, o escenarios) de aquellas variables desconocidas que sea necesario estimar.

Teniendo esto en cuenta, el presente trabajo se centra en proponer la estructura de un sistema de predicción que permite incluir diversos tipos de modelo, así como realizar su evaluación para escoger cuál de ellos usar según el tipo de modelo que se necesite.

## Materiales y métodos

Para lograr la integración de distintos tipos de modelo dentro del sistema, se ha diseñado un procedimiento de creación y evaluación de dichos modelos. Tal y como puede verse en la **Figura 1**, se comienza con la predicción de un conjunto de cuantiles para una determinada variable que se necesite, a partir de los cuales se seleccionará un subconjunto de estos para crear intervalos (con su probabilidad asociada) y/o conjuntos de escenarios (teniendo cada uno de ellos su probabilidad asociada).

**Figura 1.** Procedimiento de creación y evaluación de modelos.



Fuente: elaboración propia.

Cada uno de los métodos se evaluará con su correspondiente métrica, como se ve en la figura. Ahora bien, como ya se mencionó, el procedimiento siempre empieza con modelos de predicción de cuantiles. Considerando esto, para aplicar este procedimiento se debe establecer en qué momento del procedimiento se escogerá el modelo a usar.

La primera opción es escoger el modelo que provea el mejor conjunto de cuantiles, y usar dicho modelo para obtener los intervalos y escenarios que sean necesarios (no siendo estos últimos ya evaluados, puesto que sólo se creará uno de cada tipo). La segunda opción sería usar todos los modelos de cuantiles

disponibles para crear varios intervalos y escenarios similares, y luego evaluar de entre cada conjunto de esos modelos cuáles usar (según su métrica aplicable). Llamaremos a la primera opción “primer enfoque” y a la segunda “segundo enfoque”.

Esta decisión se ha tomado en base a los resultados experimentales obtenidos. El caso experimental aquí propuesto consiste en la predicción del consumo horario (con un día de antelación) de 13 centros de transformación de la red de distribución de la población de Manzanilla (Huelva).

## Resultados y discusión

En el caso de estudio propuesto se han realizado un total de 6 intervalos de predicción y 98 conjuntos de escenarios distintos para cada uno de los 13 centros de transformación existentes. Estos se han realizado usando modelos de aprendizaje automático (*machine learning*).

Para todos esos casos, se ha aplicado el primer enfoque (evaluar únicamente el modelo de cuantiles para escoger cuál usar) y el segundo enfoque (evaluar cada tipo de modelo con su propia métrica antes de escogerlos) para poder compararlos.

Como resultado, se ha observado que el segundo enfoque obtiene mejores resultados que el primero. En la obtención de intervalos de predicción, ha sido mejor en el 80,8% de los casos, mientras que sólo en el 19,2% de los casos empeoró. Para la obtención de escenarios, en el 40% de los casos mejoró los resultados, en el 39,7% los resultados fueron los mismos para ambos enfoques, y sólo en el 20,3% de los casos empeoró.

Por tanto, el segundo enfoque ha resultado claramente superior para el diseño del procedimiento de predicción propuesto.

## Conclusiones

La aplicación de métodos de optimización y predicción resulta vital para la gestión del sistema eléctrico y las microrredes, existiendo una gran variedad de tipologías en dichos métodos. Las dos categorías principales son los métodos

determinísticos y los estocásticos, pudiendo incluirse dentro de la segunda diversos tipos de predicciones como, por ejemplo, cuantiles, intervalos, y conjuntos de escenarios.

Dado que crear y escoger qué modelo de predicción usar no es una tarea trivial (debido a la gran variedad de tipos de modelos) se ha diseñado un procedimiento para realizar esta creación, evaluación y selección.

De acuerdo con los resultados, el segundo enfoque propuesto (usando métricas específicas para seleccionar cada tipo de modelo) permite obtener mejores predicciones que con el primer enfoque.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen a compañía Medina Garvey por su apoyo en la realización de este estudio. Este trabajo está financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España mediante el proyecto “Bigdata Analytics e Instrumentación Cyberfísica para Soporte de Operaciones de Distribución en la Smart Grid” (referencia RTI2018-094917-B-I00). Antonio Parejo agradece además al Ministerio de Educación y Formación Profesional de España por su soporte económico mediante el contrato predoctoral FPU que le fue concedido (referencia FPU16/03522).

## **Referencias bibliográficas**

Parejo, A., Bracco, S., Personal, E., Larios, D.F., Delfino, F., y León, C. (2021). Short-Term Power Forecasting Framework for Microgrids Using Combined Baseline and Regression Models. *Applied Sciences*. 11(14). 6420.

# IMPLEMENTACIÓN HARDWARE DE UN ALGORITMO LIGERO DE CIFRADO CON AUTENTICACIÓN

**C. Fernández García<sup>1</sup>, V. Zúñiga González <sup>1</sup>, A. Casado-Galán<sup>1</sup>, E. Tena-Sánchez<sup>1</sup>, F.E. Potestad-Ordóñez<sup>1</sup>, C.J Jiménez Fernández<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Microelectrónica de Sevilla/Universidad de Sevilla (IMSE-CNM-CSIC/US); carlos, virginia, casado, erica, potestad, cjesus@imse-cnm.csic.es

E-mail de correspondencia: carlos@imse-cnm.csic.es

## Resumen

Los algoritmos de cifrado empleados hasta la fecha han sido diseñados para su uso en sistemas de propósito general con una alta potencia de computación. Los algoritmos de cifrado simétrico, que son los que menos recursos necesitan sólo están pensados para conseguir confidencialidad en la transmisión de la información. Sin embargo, la continua evolución de las aplicaciones, la aparición de dispositivos IoT (Internet of Things) con pocos recursos y la necesidad de añadir autenticación a las transacciones de datos ha creado la necesidad del desarrollo de nuevos algoritmos de cifrado. Por ello, el *National Institute of Standards and Technology (NIST)* de los Estados Unidos ha lanzado un proyecto encaminado a seleccionar nuevos algoritmos de cifrado con autenticación o AE por sus siglas en inglés *Authenticated Encryption*, cuya implementación tanto en hardware como en software sea más liviana (*lightweight*). En este trabajo se exponen los principios básicos de los algoritmos de cifrado con autenticación y las diferencias de estos frente a los algoritmos de cifrado convencionales usados hasta

ahora, finalmente se compara el consumo de recursos del cifrador TinyJambu, el cual se trata de uno de los finalistas del proceso de estandarización, con el estándar de cifrado simétrico más empleado hasta la fecha, el Advanced Encryption Standard (AES).

## **Introducción**

A lo largo de los años, la información sensible transmitida entre dispositivos electrónicos ha ido aumentando de forma exponencial, sobre todo desde el auge del IoT. Esta información debe ser protegida para evitar que terceras partes puedan tener acceso a ella con diferentes fines. Para ello, se han ido desarrollando algoritmos de cifrado que permiten mantener segura dicha información. Estos algoritmos normalmente han sido diseñados para ser implementados en equipos de propósito general, donde el consumo de recursos no suponía una restricción. Sin embargo, debido al desarrollo de aplicaciones cuyas restricciones de recursos son muy elevadas, la necesidad de desarrollar nuevos algoritmos de cifrado livianos que proporcionen un nivel de seguridad acorde, se ha convertido en un objetivo principal. Además de este objetivo principal, se ha encontrado la necesidad de desarrollar algoritmos que permitan autenticar las comunicaciones realizadas. Es aquí donde entran en juego los algoritmos de cifrado lightweight con autenticación.

En esta publicación se presenta una comparativa entre los algoritmos de cifrado convencionales y los algoritmos de cifrado con autenticación mostrando los beneficios que pueden aportar los segundos. Finalmente se hace una comparación de los recursos utilizados entre el estándar de cifrado AES, el cual es el más usado hasta la fecha, y uno de los finalistas del proceso de estandarización lanzado en 2019 por el NIST, el cual se trata de un cifrador lightweight con autenticación, el TinyJambu.

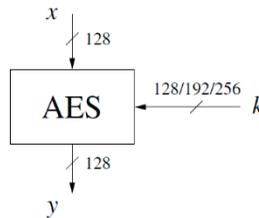
# Algoritmos de cifrado

## Algoritmos de Cifrado sin autenticación

Los algoritmos de cifrado convencionales empleados hasta la época garantizaban únicamente que la información transmitida fuera secreta para todo el mundo excepto para las partes autorizadas de la comunicación, los cuales son conocedores tanto del algoritmo de cifrado como de la clave.

En la Figura 1 se observa una representación esquemática del estándar de cifrado por bloques más empleado, el cual, partiendo de un texto a cifrar (texto plano -  $X$ ) y una clave ( $k$ ), es capaz de generar una salida de texto cifrado ( $y$ ).

**Figura 1.** Esquema del cifrador AES



**Fuente:** Understanding Cryptography a Textbook for Students and Practicioners

El principal inconveniente de estos algoritmos es que no aportan ningún mecanismo que permita autenticar si la información recibida ha sido enviada por una de las partes autorizadas o si por el contrario ha sido interceptada y manipulada por una tercera parte con fines malintencionados.

Debido a esto, se comenzaron a utilizar códigos de autenticación de mensajes (*MAC*, por sus siglas en inglés) los cuales son enviados junto con el texto cifrado y permiten al receptor comprobar la autenticidad de la transmisión.

## Algoritmos de Cifrado con Autenticación

Uno de los principales inconvenientes de generar estos códigos de autenticación es que estos no eran contemplados en el algoritmo de cifrado y por lo tanto era necesario emplear bloques y recursos adicionales para su generación.

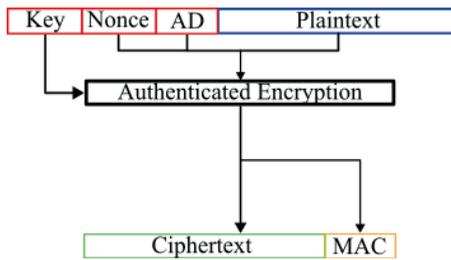
Para poder generar los códigos de autenticación se encuentra la necesidad de implementar bloques que permitan añadir dicha funcionalidad a los algoritmos

de cifrado convencionales. Esto supone un problema debido al coste en cuanto a la necesidad de recursos adicionales.

Para suplir esta carencia de los algoritmos, se ha optado por el diseño de algoritmos de cifrado con autenticación, los cuales ya tiene en cuenta la generación de los códigos de autenticación. De esta forma se evita la necesidad de usar bloques adicionales para autenticar la transmisión y se reduce el riesgo de que se produzcan manipulaciones de la información transmitida por un canal potencialmente inseguro. Para esto último, se emplean dos bloques adicionales como entrada del algoritmo. Esto puede observarse en la representación esquemática de la Figura 2, donde:

- **Nonce:** Es un número generado de manera pseudoaleatoria cada vez que se inicia una nueva sesión de transmisión. Permite proteger frente a la reproducción de mensajes entre diferentes sesiones de transmisión.
- **Dato Asociado:** Dato que se envía sin cifrar y que contiene información acerca del contexto de la transmisión. Protege frente a la reproducción de transmisiones dentro de una misma sesión de transmisión.

Figura 2. Esquema de un algoritmo de AE



Fuente: elaboración propia

### Comparativa del consumo de recursos

En la Tabla 1 se muestran el consumo de recursos sobre una FPGA (*Field Programmable Gate Array*) Artix-7 100T del estándar de 2001 de cifrado por bloques AES, que no proporciona autenticación y el cifrador TinyJambu, el cual se trata de un algoritmo de cifrado lightweight con autenticación en proceso activo de estandarización.

**Tabla 1.** Comparativa de recursos utilizados por AES y TinyJambu.

Métrica	AES	TinyJambu
Luts	3175	329
Slice Registers	535	322
Slices	876	123

**Fuente:** elaboración propia

## Conclusiones

En este trabajo se ha descrito la creciente necesidad de desarrollo de nuevos algoritmos que suplan las carencias de los utilizados hasta el momento, añadiendo autenticación. Se ha presentado la comparativa de forma general entre los algoritmos clásicos de cifrado y los nuevos algoritmos con autenticación y en particular entre los algoritmos AES y TinyJambu. Se ha mostrado la comparativa de consumo de recursos de ambos cifradores cuando son implementados en una FPGA y se ha podido ver que el consumo de recursos del cifrador TinyJambu es mucho más adecuado para aplicaciones donde hay fuertes restricciones, añadiendo el valor de que es capaz de autenticar la información.

## Agradecimientos

Gracias a los proyectos PID2020-116664RB-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033, Proyecto US-1380823 y SPIRS Project with Grant Agreement No. 952622 European Union's Horizon 2020.

## Referencias bibliográficas

McKay K.A., Bassham L., Turan M.S., & Mouha N. (2017). Report on Lightweight Cryptography. *NISTIR 8114*.

Hongjun W. & Huang T. (2021). TinyJambu: A Family of Lightweight Authenticated Encryption Algorithms.

**NIST.** (2001). Advanced Encryption Standard (AES). FIPS127.

**Paar C., & Pelzl J.** (2010). *Understanding Cryptography a Textbook for Students and Practicioners*. Berlin, Heidelberg: Springer.

# ADQUISICIÓN DE DATOS PARA MONITORIZAR LA CONDICIÓN EN VEHÍCULOS TÁCTICOS. DESARROLLO DE COMPUTADOR EMBARCADO

**Francisco José Ochando<sup>1</sup>, Juan Ignacio Guerrero<sup>2</sup>, Carlos Leon<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> doctorando ISI, Departamento de Tecnología Electrónica, Universidad de Sevilla, Sevilla

<sup>2</sup> profesor Titular, Departamento de Tecnología Electrónica, Universidad de Sevilla, Sevilla

<sup>3</sup> profesor Catedrático, Departamento de Tecnología Electrónica, Universidad de Sevilla, Sevilla

E-mail de correspondencia: fochter@us.es

## Resumen

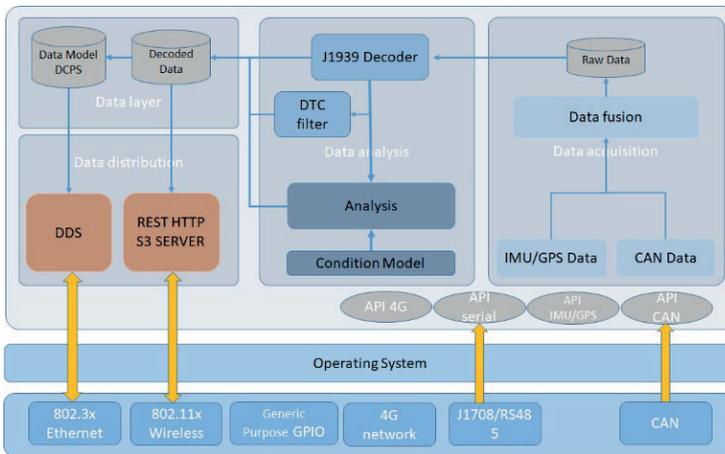
La Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) en un acuerdo de estandarización propuso el diseño de sistemas vehiculares con arquitectura abierta e interoperable, en él que se incluye un Sistema de Monitorización de Salud y Uso para los sistemas a bordo. El presente trabajo describe el desarrollo de un computador embarcado para registrar, traducir, almacenar y analizar datos, destinado a supervisar la salud y estado de los vehículos tácticos militares. El sistema incluye un módulo que recibe y fusiona los datos de distintas fuentes de sensores, los analiza y almacena localmente para su posterior descarga y análisis. Otro módulo realiza una traducción y analiza las tramas de diagnóstico para la gestión de flotas. En el futuro, este módulo se completará con modelos de análisis de condición basado en herramientas de Inteligencia Artificial. Un tercer módulo utiliza herramientas de comunicación web para compartir ficheros y mensajes de publicación-subscripción. El desarrollo permitirá mejorar la eficiencia de conducción, entregar información para mejorar las decisiones tácticas y conocer el estado y uso del vehículo. Se han identificado variables de estado y uso del vehículo, así como limitar los datos enviados a los datos de diagnóstico. Se ha probado con hardware comercial y software abierto para una rápida

implantación y es un referente actual para la instalación en vehículos tácticos de un fabricante español.

## Introducción

En el desarrollo de operaciones se desea una respuesta logística y mantenimiento rápido para alcanzar la máxima operatividad. Este objetivo sólo es posible cambiando el tradicional enfoque de mantenimiento preventivo/correctivo por un enfoque más actual basado en la condición y la predicción de averías. El mantenimiento preventivo se apoya en el tiempo de uso y la pérdida teórica de rendimiento del sistema. El mantenimiento preventivo propone intervalos de tiempo teóricos previos a la degradación del rendimiento, pero en muchos casos este enfoque puede ser poco rentable y eficiente. Algunos vehículos con poco rodaje o con una conducción eficiente, se someten a sobre mantenimiento mucho antes de que se produzca el riesgo de fallo, mientras que otros vehículos en condiciones más duras, pueden verse afectados por fallos prematuros no previstos. Monitorizando la condición y promoviendo el mantenimiento predictivo permitiría lograr un mejor rendimiento logístico y mayor operatividad. En este capítulo, mostramos el diseño de un computador embarcado como prueba de concepto de un sistema de registro y computación de datos de sensores del vehículo, para un futuro mantenimiento de condición y mantenimiento predictivo.

Figura 1. Arquitectura del computador embarcado.



Fuente: elaboración propia.

## Materiales y métodos

El computador de tipo mono placa con procesador de instrucciones reducida (RISC) [2] BCM2835 tiene cuatro núcleos y 64 bits de RAM DDR2. Dispone de interfaz de red de Controlador de área (CAN) 'PICAN2' y un interfaz de entrada/salida de propósito general (GPIO) que permite añadir diferentes sensores periféricos como unidades de medida inercial (IMU), de temperatura, de navegación (GPS/GNSS), redes 3G/4G/LTE, etc. El Sistema operativo es un Debian personalizado sobre una tarjeta SD de 64 Gbit.

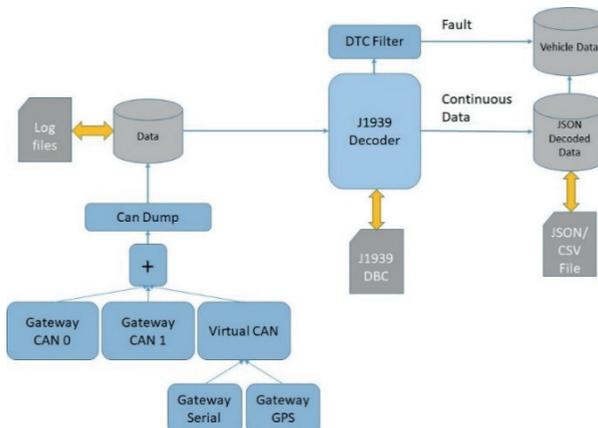
### Módulo de adquisición de datos

Los datos de los sensores se capturan de las unidades electrónicas (ECU) a través de la red CAN. Los datos de diferentes fuentes se fusionan en una red CAN virtual, aislando la red CAN física, con puertas de enlace para las distintas interfaces. De las herramientas CAN disponibles, se utiliza un módulo que configura las tramas a traducir y almacenar.

### Módulo de traducción y análisis

Un módulo traduce y almacena los datos en archivos JavaScript Object Notation (JSON). El traductor puede detectar las tramas de fallos o códigos de diagnóstico (DTC) según el estándar SAE J1939, con bibliotecas 'Cantool'. Se pueden filtrar y traducir los datos de diagnóstico de los datos de operación transmitidos. La marca de tiempo de la trama permite etiquetar e identificar las condiciones ambientales de uso. Se está estudiando la implementación de un futuro módulo inteligente para modelos de previsión de averías.

Figura 2. Proceso de adquisición y tratamiento de datos



Fuente: elaboración propia.

## Módulo de comunicaciones

Incluye un servicio web para ficheros de datos masivo y se prevé la integración con herramientas de distribución de datos (DDS) publicación-subscripción. Los datos tendrán un doble uso, el análisis y la interpretación humana a través de un interfaz hombre-máquina y el intercambio de datos con el modelo de datos del vehículo para los sistemas de misión.

## Resultados y discusión

Los datos de la tabla 1 reflejan el tráfico generado por la red CAN del vehículo, determinando los costes en términos de recursos necesarios. SBR indica la tasa de bytes de almacenamiento, TRR indica la tasa de bit de transmisión y GTR indica el intervalo de transmisión de tramas en segundos.

Tabla 1. Recursos por grupo de datos y sistema.

Page (hex)	Group (code)	System frame	Frames	GTR (s)	SBR (KB)	TRR (kbps)
0000	TSC1	Engine	31734	0.047	10212	1.92
F000	ERC1	Brakes	15189	0.1	4800	0.96
F005	ETC1	Transmission	15119	0.1	4800	0.96
FEF7	ETC2	Transmission	151186	0.01	48000	9.6
F003	EEC2	Engine	30377	0.05	9600	1.92
F004	EEC1	Engine	151886	0.01	48000	9.6
FEEE	ET1	Engine	1519	1.0	480	0.096
<b>FECA</b>	<b>DM1</b>	<b>Diagnostic</b>	<b>1519</b>	<b>1.0</b>	<b>480</b>	<b>0.096</b>
FEF2	LFE	Engine	15189	0.1	4800	0.96

Fuente: elaboración propia.



## Conclusiones

Se ha determinado la naturaleza de los datos y las unidades de control electrónico de los subsistemas para la definición de los módulos de análisis y filtrando los datos no estándar. La traducción de los datos se ha configurado fácilmente y se han podido visualizar con herramientas gráficas de un módulo de utilidades CAN. Una vez cuantificado el coste de recursos, se concluye que los únicos datos a enviar a través de las comunicaciones tácticas, deberían ser los identificados como pronóstico y diagnóstico. Para lograr este enfoque predictivo de mantenimiento por condición, es prioritario ejecutar un análisis previo en el propio computador embarcado mediante modelos de análisis de futuro desarrollo. Esta propuesta ha sido aceptada para su instalación en vehículos tácticos de rueda en desarrollado de una factoría española. Esto permitirá el despliegue futuro del sistema logístico predictivo en el Ejército de Tierra. El siguiente paso será integrar el equipo con los sistemas tácticos mediante DDS y desarrollar un marco de análisis sencillo de desplegar, con módulos entrenados de análisis de condición para los subsistemas identificados.

## Agradecimientos

A las Unidades de Mantenimiento de Vehículos Rueda del ET por el apoyo a la instalación de los dispositivos de las pruebas.

## Referencias bibliográficas

**J. Endrenyi et al.** (2001). The present status of maintenance strategies and the impact of maintenance on reliability. *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 16, no. 4, pp. 638-646, doi: <https://doi.org/10.1109/59.962408>.

**S. Porotsky y Z. Bluvband** (2012). Remaining useful life estimation for systems with non-trend ability behavior. *IEEE Conference on Prognostics and Health Management*, 2012, pp. 1-6, doi: <https://doi.org/10.1109/ICPHM.2012.6299544>

# ESTIMULACIÓN Y PERCEPCIÓN TÁCTIL PARA NIÑOS CON AUTISMO: DESARROLLO DEL MÉTODO AUSENS PARA LA INTERACCIÓN HÁPTICA

**Raquel Cañete<sup>1</sup>, M. Estela Peralta<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup> Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería del Diseño, Universidad de Sevilla, Sevilla*

*<sup>2</sup> Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería del Diseño, Universidad de Sevilla, Sevilla*

E-mail de correspondencia: rcanete@us.es

## **Resumen**

El sentido del tacto es esencial en el desarrollo infantil, siendo clave en las relaciones sociales, la comunicación, las habilidades de cooperación, la empatía y la comprensión del entorno. Por lo tanto, la interacción y diseño hápticos deben jugar un papel fundamental en el desarrollo de productos. Esto es aún más importante para los niños con autismo, los cuales perciben los estímulos táctiles de manera diferente y sufren un desorden sensorial que afecta su rendimiento diario. Sus dificultades con la motricidad fina y gruesa, la coordinación e integración visuomotora, la propiocepción y la precisión en el agarre deben considerarse para diseñar productos seguros y cómodos. A pesar de ello, la mayoría de los estudios se centran en la modalidad visual, lo que resulta en una falta de trabajos centrados en el diseño táctil y su relación con el autismo. Este trabajo tiene como objetivo explorar cuáles son las cualidades táctiles óptimas de diseño para niños con autismo. Se desarrolla una extensión del método 'AuSENS', un método centrado en el usuario para desarrollar soluciones hápticas adaptadas

al autismo. Así, se establecen los mejores parámetros y principios táctiles para crear una herramienta de diseño sensorial táctil, que ayude a los diseñadores en la toma de decisiones con respecto a las propiedades hápticas de los productos para estos niños. Finalmente, el método se valida con dos casos de estudio: (1) un juguete multifuncional y (2) un robot social.

## **Introducción**

Durante los primeros meses de vida, los niños dependen del tacto para la percepción de objetos, por lo que cuentan con una capacidad de manipulación activa funcional antes que con una visión coordinada (Streri and Spelke 1988). El tacto es un factor esencial en el desarrollo durante los primeros años de vida, siendo clave en las relaciones personales a través del contacto humano. A partir de la teoría “Attachment Theory” de John Bowlby (Bowlby 1990), se explora la importancia de las relaciones humanas entre niños y cuidadores durante los primeros años de vida. Además, es clave en las relaciones sociales, la sensación de seguridad, las habilidades de comunicación y la comprensión del entorno y los que nos rodean (Burns et al. 2021). Así, es un canal de información social, que juega un papel esencial en la cooperación, la dominancia y los vínculos emocionales. Los diseñadores deben considerar la manera óptima de combinar interacciones hápticas con elementos e interacciones visuales y auditivos.

Esto es aún más relevante para personas con trastorno del espectro autista o TEA. Los niños con TEA experimentan los estímulos sensoriales de manera diferente a los niños con desarrollo típico, presentando mayoritariamente hiper e hiposensibilidad (Burns et al. 2021). Esto afecta a su funcionamiento y rendimiento en el día a día, causando problemas de sueño, disgusto al tener que realizar actividades como lavarse o vestirse, evitar contacto humano o buscar estimulación a través de actividades como la autolesión (Little et al. 2015). Esto provoca que el niño se involucre en un comportamiento repetitivo de autolesión, así como en el autoaislamiento y el aumento del estrés durante las interacciones sociales (Marco et al. 2011).

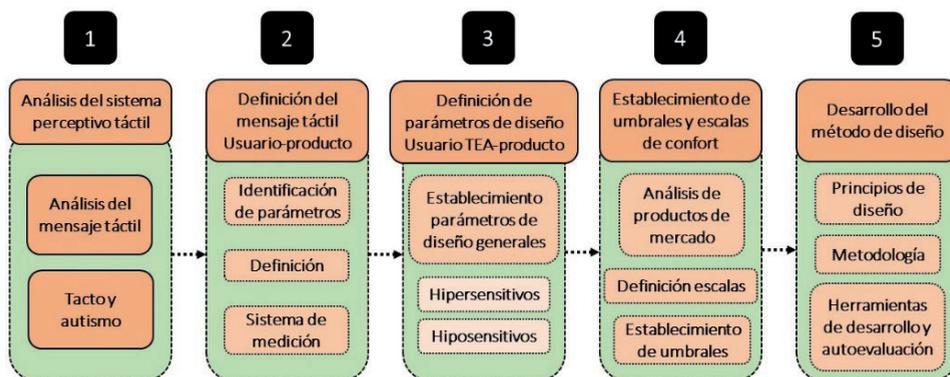
Así, será esencial tener en cuenta las características del usuario para crear productos seguros, cómodos y adecuados para estas personas. Estas características

deberán ser traducidas en parámetros y guías de diseño que faciliten la toma de decisiones en el proceso de diseño y desarrollo de productos para personas con TEA. Aunque el tacto es uno de los sentidos más afectados en los niños con autismo, la mayoría de los estudios se centran en habilidades visuales y auditivas (Marco et al. 2011). Este trabajo tiene el objetivo de desarrollar una herramienta de diseño háptico de productos destinados a personas con TEA.

## Materiales y métodos

El trabajo presentado se desarrolla en 5 etapas principales. Estos pasos se ilustran en la Figura 1:

Figura 1. Método de trabajo



**Etapa 1. Análisis del sistema de percepción táctil:** esta investigación se dividió en dos etapas: (a) análisis de mensaje táctil y (b) estudio de características táctiles para autismo.

**Etapa 2. Definición del mensaje táctil en la interacción usuario – producto:** identificación, definición y establecimiento de los sistemas de medición de los componentes del mensaje táctil.

**Etapa 3. Definición de parámetros de diseño para el mensaje táctil en la interacción usuario TEA-producto:** se desarrollan parámetros de diseño generales, hipersensitivos e hiposensitivos para productos correctamente adaptados a las características y preferencias táctiles de los niños con TEA.

**Etapa 4. Establecimiento de umbrales sensoriales y escalas de confort:** se establecen escalas y umbrales de confort para hiper e hiposensibilidad para cada componente táctil partiendo de un análisis de mercado.

**Etapa 5. Desarrollo del método de diseño:** esta etapa propone un marco de trabajo, integrado por: i) principios de diseño, ii) metodología y iii) herramientas de desarrollo y autoevaluación.

## Resultados y discusión

Este trabajo desarrolla una **herramienta integrada en el método de diseño “Au-SENSE”** como apoyo a los diseñadores en la toma de decisiones acerca del diseño háptico de productos para TEA. Esta herramienta se divide en tres módulos:

**Módulo 1 de desarrollo:** presenta los tipos de percepción táctil, así como los componentes el mensaje que las componen. Para cada componente se incluye la definición, la descripción visual y el sistema de medición.

**Módulo 2 de diseño:** presenta los tipos de percepción táctil, así como los componentes el mensaje que las componen. Para cada componente se establecen parámetros y guías de diseño para hiper e hiposensibilidad. Se incluyen escalas y umbrales de confort.

**Módulo 3 de evaluación:** presenta un cuestionario con 40 preguntas relacionadas con el diseño del producto e indica la educación del diseño háptico para hiper e hiposensibilidad.

## Conclusiones

El tacto juega un papel fundamental en el desarrollo durante la infancia y en habilidades emocionales, de comunicación y motoras. Esto es aún más importante para los niños y niñas con autismo, los cuales perciben los estímulos sensoriales de manera diferente, sufriendo de numerosas consecuencias. Por ello es importante diseñar productos que se adapten a sus necesidades y preferencias. Este trabajo (i) explora las características táctiles de niños con autismo, (ii) presenta parámetros y guías de diseño háptico para el desarrollo de productos

dirigidos a estos niños y (iii) desarrolla una herramienta para un método de diseño como apoyo a los diseñadores en la toma de decisiones acerca del diseño háptico para TEA.

## Referencias bibliográficas

Bowlby, John. 1990. *A Secure Base: Parent-Child Attachment and Healthy Human Development*. Basic Books.

Burns, Rachael Bevill, Hasti Seifi, Hyosang Lee, and Katherine J. Kuchenbecker. 2021. "Getting in Touch with Children with Autism: Specialist Guidelines for a Touch-Perceiving Robot." *Paladyn* 12(1):115–35. doi: 10.1515/PJBR-2021-0010/ASSET/GRAPHIC/J\_PJBR-2021-0010\_FIG\_007.JPG.

Little, Lauren M., Karla Ausderau, John Sideris, and Grace T. Baranek. 2015. "Activity Participation and Sensory Features Among Children with Autism Spectrum Disorders." *Journal of Autism and Developmental Disorders* 45(9):2981–90. doi: 10.1007/s10803-015-2460-3.

Marco, Elysa J., Leighton B. N. Hinkley, Susanna S. Hill, and Srikantan S. Nagarajan. 2011. "Sensory Processing in Autism: A Review of Neurophysiologic Findings." *Pediatric Research* 2011 69:8 69(8):48–54. doi: 10.1203/pdr.0b013e3182130c54.

Streri, Arlette, and Elizabeth S. Spelke. 1988. "Haptic Perception of Objects in Infancy." *Cognitive Psychology* 20(1):1–23. doi: 10.1016/0010-0285(88)90022-9.

# ESTIMATION OF THE CARBON FOOTPRINT IN AEROSPACE SECTOR. MODEL FOR THE QUANTIFICATION OF EMISSIONS FOR METAL PARTS IN INDUSTRY 4.0.

**Lucía Recio Rubio<sup>1</sup>, Fernando Mas<sup>2</sup>, Amanda Martín-Mariscal<sup>3</sup> y Estela Peralta Álvarez<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Universidad de Sevilla; lrecio@us.es*

<sup>2</sup>*Universidad de Sevilla; fmas@us.es*

<sup>3</sup>*Universidad de Sevilla; ammariscal@us.es*

<sup>4</sup>*Universidad de Sevilla; mperalta1@us.es*

E-mail de correspondencia: lrecio@us.es

## **Resumen**

La creciente preocupación de la industria aeroespacial en términos de economía circular se ha centrado en la reducción del impacto medioambiental generado, principalmente en la minimización de la huella de carbono. Por este motivo, en estudios anteriores se propuso un marco conceptual dentro de un entorno de gestión del ciclo de vida del producto (PLM) orientado a la reducción de las emisiones de carbono. Se presentó el uso de un gemelo digital de una planta de fabricación aeroespacial existente, combinando el uso de un modelo digital, un modelo físico, un modelo de CO<sub>2</sub>, un módulo de ACV y análisis de datos que trabajan juntos para cuantificar la huella de carbono. Se introdujo la medición combinada de las actividades de fabricación, soporte y gestión para estimar, a través de una base de datos de ACV, la huella de carbono generada por cada pieza fabricada. En esta contribución se presenta la primera fase de este modelo,

calculando las emisiones generadas durante el proceso de fabricación de una pieza concreta a través de la base de datos Simapro, de forma que se pueda comprobar la viabilidad de la estimación de la huella de carbono. Esta medición cubriría sólo una de las tres fases del modelo propuesto, la medición de las tareas de soporte y gestión aún requiere una sensorización de la planta industrial, que será objeto de futuros estudios.

## Introducción

En trabajos previos se propone un marco conceptual cuyo objetivo es el de estimar la huella de carbono producida durante el ciclo de vida completo de fabricación de cada una de las piezas de la empresa aeroespacial M&M Group. De este modo, junto con la pieza fabricada se pueda aportar un estudio de la huella de CO<sub>2</sub> generada durante la manufactura. Asimismo, se pretende que esta primera estimación y el uso del modelo facilite el control y la monitorización del consumo de carbono durante toda la cadena productiva. Sirviendo como punto de partida para llevar a cabo procesos de mejora continua y reducción del impacto ambiental (Recio et al. 2022).

El modelo conceptual propuesto contempla el uso de un gemelo digital de las instalaciones de la empresa. Combina el uso de un modelo físico, un modelo digital y un modelo de CO<sub>2</sub>, así como una base de datos de ACV. Dichos modelos trabajan conjuntamente para estimar, controlar y optimizar el consumo y emisiones de carbono.

- Modelo físico: se obtiene a partir de los datos reales almacenados de la planta industrial real, en tiempo real e históricos.
- Modelo digital: se obtiene a través del Gemelo Digital Industrial, en el que se reproduzcan todos los puestos de trabajo y tareas de la empresa (Liu et al. 2021; Bao et al. 2019; Ullah, 2019).
- Modelo de CO<sub>2</sub>: se obtiene a través de una taxonomía de todos aquellos procesos relacionados con la fabricación de las piezas, diferenciando entre: procesos de fabricación (1), tareas de soporte (2) y tareas administrativas (3) (Zhao et al. 2015).

## **Caso de estudio. Proceso de fabricación**

Una vez presentado el marco conceptual propuesto, y realizada la taxonomía para identificar todos los procesos ligados a la fabricación de las piezas, se decidió avanzar realizando un caso de estudio real. En primer lugar, se ha seleccionado una pieza de estudio que cubriese el mayor número posible de los procesos de fabricación realizados por M&M Group. Esta pieza, denominada en adelante como pilot\_1, se ha modificado levemente sin afectar a los datos debido a la confidencialidad de la empresa. Se han estudiado las características de dicha pieza, que corresponde a un perfil de aluminio 7075, y se identifica su ruta de fabricación, caracterizada por los diferentes procesos que sufre desde su entrada como materia prima, hasta su salida al cliente. Siendo la ruta de fabricación la siguiente: Recanteado + Recocido + Estirado + Conformado manual 1 + Temple + Conformado manual 2 + Maduración + Anodizado + Imprimación + Pintura. Una vez seleccionada la pieza y estudiados los procesos de fabricación, se selecciona la base de datos de ACV — base de datos Simapro — y se selecciona la metodología de estudio — puntos medios y puntos finales. Posteriormente se define la unidad funcional — una pieza metálica pilot\_1 — y se definen los límites del sistema.

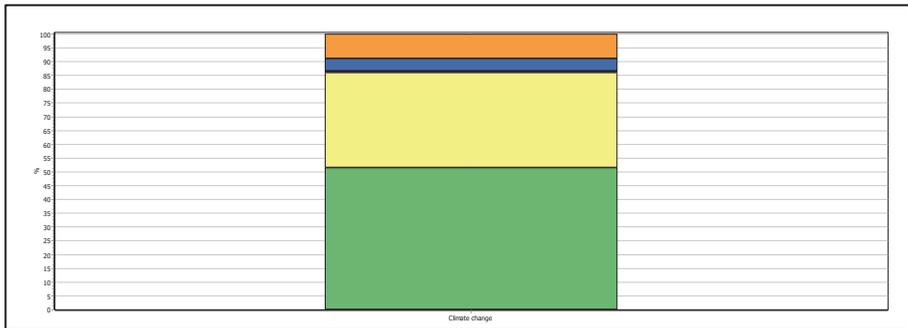
Para situar dichos límites, se ha opta por estudiar únicamente los procesos de fabricación directa — desde materia prima hasta la pieza terminada — dejando fuera de los límites tanto las tareas de soporte como las tareas administrativas, ya que actualmente aún no se dispone de los medios de sensorización necesarios para la captación de los datos. Toda esta información se almacena, cuantifica y gestiona en la base de datos Simapro, cubriendo tanto los diagramas de flujo como el inventario durante el ciclo de vida de la pieza pilot\_1, siguiendo los pasos de un estudio de ACV (Martínez-Rocamora et al. 2016).

## **Resultados**

Tras el procesamiento de los datos, se obtienen las gráficas para los resultados tanto de los 18 puntos medios contemplados en la base de datos Simapro, como de los 3 puntos finales: daño a la salud humana, daño al ecosistema y daño a los recursos (no representados en este artículo por limitaciones de espacio).

Además, se aísla el resultado del *midpoint* 'Cambio climático', que es realmente el que nos da la información relacionada con la huella de carbono. Se obtienen los resultados de los impactos en kg de CO<sub>2</sub> equivalente, lo que nos permite obtener la medición inicial de los impactos generados por los procesos de fabricación del a pieza pilot\_1.

**Figura 1.** Midpoint cambio climático.



**Fuente:** Elaboración propia.

Como se puede observar, los procesos relacionados con el conformado del perfil, tanto manual como estirado —representados en el color verde— son los que mayor impacto generan sobre el cambio climático, seguidos de los relacionados con el recantado del material —representados en amarillo. Esto nos indica que las primeras acciones de optimización sostenible deberán ir dirigidas a rediseñar estos procesos de fabricación, de forma que generen una menor cantidad de emisiones. Además, se puede observar que, comparativamente, las tareas de tratamientos superficiales y pinturas —representadas en azul y naranja— no representan una huella de carbono elevada durante la fabricación de la pieza pilot\_1.

## Discusión y conclusiones

Cabría mencionar como conclusiones de este estudio que no es más que un punto de partida en el camino de la estimación precisa de la huella de carbono generada. Así mismo, es necesario resaltar la necesidad de una tecnología más avanzada en el camino de las *Smart Factories*, que permita la captación de los datos necesarios para cubrir la medición de las tareas de soporte y de las tareas

administrativas para que puedan ser tratadas en la base de datos de ACV. Al igual que es necesaria la implantación de un gemelo digital en la compañía que permita realizar los procesos de optimización ambiental una vez se haya realizado la medición inicial de la fabricación. Con este primer análisis, se ha demostrado que estamos en disposición de identificar los procesos de fabricación cuyo impacto es más relevante en la huella de carbono generada, de forma que puedan tomarse medidas de acción sostenible sobre estos en primer lugar como inicio de un plan de reducción de las emisiones.

## Referencias bibliográficas

Recio Rubio, L., Mas Mórte, F., Martín-Mariscal, A., & Peralta-Álvarez, M. E. (2022). Carbon footprint management in the aerospace industry: circular economy and PLM environment in industry 4.0 contexts. *Sinergías en la investigación en STEM*.

Liu, M., Fang, S., Dong, H., & Xu, C. (2021). Review of digital twin about concepts, technologies, and industrial applications. *Journal of Manufacturing Systems*, 58, 346-361.

Bao, J., Guo, D., Li, J., & Zhang, J. (2019). The modelling and operations for the digital twin in the context of manufacturing. *Enterprise Information Systems*, 13(4), 534-556.

Ullah, A. S. (2019). Modeling and simulation of complex manufacturing phenomena using sensor signals from the perspective of Industry 4.0. *Advanced Engineering Informatics*, 39, 1-13.

Zhao, W. B., Jeong, J. W., Noh, S. D., & Yee, J. T. (2015). Energy simulation framework integrated with green manufacturing-enabled PLM information model. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 2(3), 217-224.

Martínez-Rocamora, A., Solís-Guzmán, J., & Marrero, M. (2016). LCA databases focused on construction materials: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 565-573.

ISO, International Standard Organization. Environmental management-Lifecycle assessment—requirements and guidelines (ISO 14040:2006)

# ESTUDIO DE PROPIEDADES DE PIEZAS A PARTIR DE POLVO MAGNÉTICO DE HIERRO FABRICADAS POR SINTERIZACIÓN POR RESISTENCIA ELÉCTRICA EN MEDIA FRECUENCIA

**Raquel Astacio López<sup>1</sup>, Rosa María Aranda Louvier<sup>2</sup>, Petr Uban<sup>1</sup>, Fátima Ternero Fernández<sup>1</sup> y Juan Manuel Montes Martos<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, Sevilla*

*<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Ciencia de los Materiales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Campus El Carmen, Universidad de Huelva, Huelva*

E-mail de correspondencia: rastacio@us.es

## **Resumen**

En este trabajo se ha estudiado la técnica de sinterización por resistencia eléctrica en media frecuencia (SRE-MF) de piezas blandas magnéticas de Fe. Esta técnica aplica simultáneamente presión y calor del efecto Joule de una corriente eléctrica de baja tensión e intensidad elevada. Se han determinado la distribución de porosidad, la microdureza, la resistividad eléctrica y la coercitividad de los compactos finales. Estos compactos han sido comparados con compactos consolidados por el proceso pulvimetalúrgico convencional (PM) consistente en prensado en frío y sinterización en un horno de vacío. Los compactos obtenidos fueron de 12 mm de diámetro y 3.5 g usando una presión de 100 MPa, intensidades de corriente de 6, 8 y 10 kA y tiempos de calentamiento de 400, 700 y 1000 ms. La

porosidad y microdureza alcanzaron las tendencias esperadas siendo la porosidad menor y la microdureza mayor para las condiciones más energéticas. La resistividad eléctrica tuvo una tendencia razonable para las condiciones de sinterización. Los valores de coercitividad que se alcanzaron coincidían entre compactos con igual porosidad.

## **Introducción**

La sinterización por resistencia eléctrica en media frecuencia (SRE-MF) es una técnica pulvimetalúrgica que ofrece una serie de ventajas a las piezas magnéticas, como una alta precisión dimensional en la forma final, el acabado superficial, la velocidad del proceso, la ausencia de atmósferas protectoras o la baja presión aplicada. La tecnología de media frecuencia permite el uso de corriente continua y reduce el tamaño y el peso del compacto manteniendo las propiedades requeridas para su uso (Montes, 2018 y Astacio, 2021).

El principal objetivo de este trabajo es estudiar si con el proceso SRE-MF se pueden conseguir productos con propiedades electromagnéticas aceptables, además de sus propias ventajas de rapidez y ahorro energético. Por lo tanto, la distribución de porosidad y las curvas de histéresis de los compactos de Fe SRE-MF se determinaron y compararon con un compacto preparado por la ruta PM convencional.

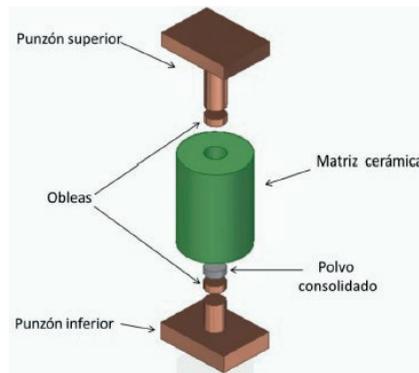
## **Materiales y métodos**

El material de partida es un hierro comercialmente puro, Fe WPL200 (QMP, Mönchengladbach, Alemania).

Un equipo de soldadura por resistencia ha sido adaptado para producir una intensidad de corriente rectificadas y controlada electrónicamente con un transformador trifásico de 1000 Hz y 100 kVA. La fuerza máxima producida es de 15 kN. La presión aplicada ha sido de 100 MPa para todas las condiciones ensayadas, siendo las experiencias llevadas a cabo con intensidades de corriente de 6, 8 y 10 kA y tiempos de calentamiento de 400, 700 y 1000 ms. La masa de polvo introducida en la matriz fue de 3.5 g obteniéndose compactos cilíndricos de 12

mm de diámetro. Las condiciones de la ruta PM convencional fueron 500 MPa, horno de vacío y un sinterizado a 1175 °C durante 30 min.

Figura 1. Esquema de montaje de SRE-MF.

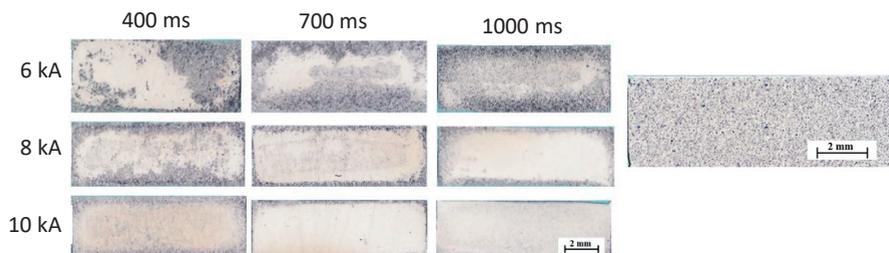


Fuente: Elaboración propia.

## Resultados y discusión

La porosidad final de los compactos SRE-MF se muestra en la Figura 1. Se ha representado una sección transversal de estos compactos y de un compacto sinterizado convencional. La porosidad del compacto sinterizado por la ruta convencional (PM) es uniforme de alrededor del 15 %. La SRE-MF produce mayores densificaciones sin necesidad de atmósferas reductoras, sin embargo, la porosidad es heterogénea, consecuencia de la distribución no uniforme de la temperatura en el compacto, que resulta mayor en el centro.

Figura 2. Distribución de porosidad de los compactos SRE-MF y convencional (PM).

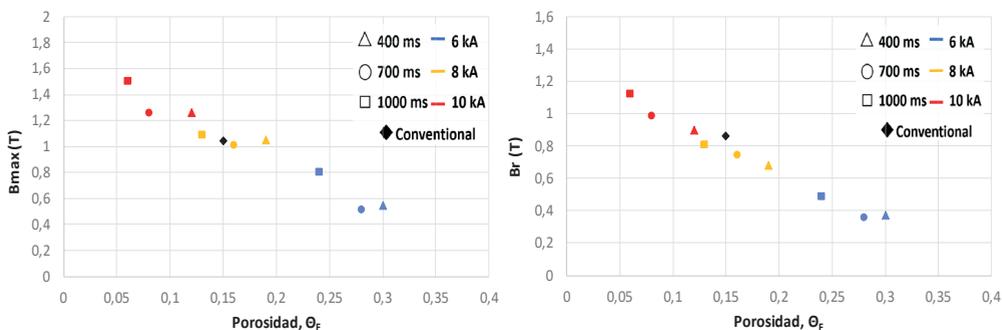


Fuente: Elaboración propia.

Esta porosidad heterogénea es consecuencia de que tanto las obleas como los electrodos y las paredes de la matriz actúan como disipadores de calor, y cuanto más baja es la temperatura alcanzada, mayor es la porosidad.

Como es sabido, la porosidad afecta negativamente a las propiedades magnéticas del material. Se han comparado los valores de saturación y remanente del campo magnético aplicado,  $B_{\max}$  y  $B_r$ , respectivamente. Estos valores se han representado en la Figura 2.

**Figura 3.**  $B_{\max}$  y  $B_r$  en función de la porosidad final de los compactos SRE-MF y PM.

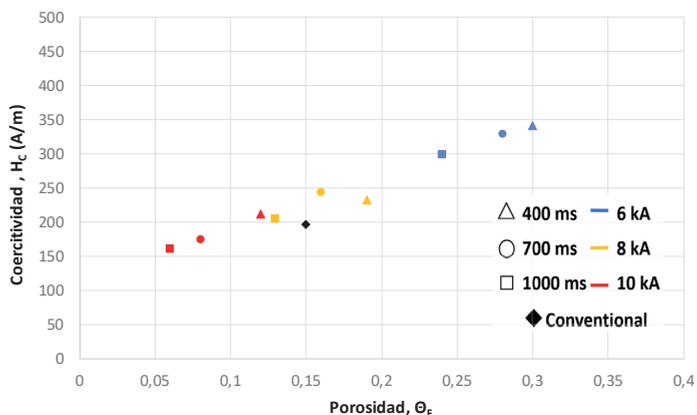


Fuente: Elaboración propia.

Los valores de  $B_{\max}$  y  $B_r$  presentan una disminución a medida que aumenta el nivel de porosidad, de forma prácticamente lineal. En los materiales magnéticos blandos y sus aplicaciones en transformadores se requieren valores altos de ambas magnitudes. Los valores obtenidos para las mejores condiciones de sinterización de  $B_{\max}$  y  $B_r$  son de 1.5 T y 1.12 T respectivamente, que resultan bastante favorables teniendo en cuenta el valor de porosidad que presentan.

Finalmente, se ha medido el campo coercitivo  $H_C$ , y la Figura 3 muestra los valores de la coercitividad en función de la porosidad de los compactos.

**Figura 4.** TEM del polvo molido durante 70 h.



Fuente: Elaboración propia.

La influencia de la porosidad en la  $H_c$  hace que sus valores aumenten con la porosidad. Los valores obtenidos para las mejores condiciones de sinterización son de 161 A/m, inferior al obtenido por PM (198 A/m). Esta variación de los valores también es debida a la forma y tamaño de los poros, el tamaño de grano, las tensiones residuales o la presencia de inclusiones, que también afectan a las propiedades de estos materiales.

## Conclusiones

La influencia de la porosidad es la esperada en las propiedades magnéticas, llegando a obtener en los compactos valores de  $B_{max}$ ,  $B_r$  y  $H_c$  aceptables para las aplicaciones a los que están destinados. Por tanto, la técnica de SRE-MF puede ser una alternativa para obtener buenas propiedades magnéticas, resultando un proceso rápido y de bajo consumo energético.

## Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el Proyecto de investigación DPI2015-69550-C2-1-P del Ministerio de Economía y Competitividad (España) y Feder (UE).

## Referencias bibliográficas

Montes J.M., Cuevas F.G., Ternero F., Astacio R., Caballero E.S and Cintas J. (2018). Medium-Frequency Electrical Resistance Sintering of Oxidized C.P. Iron powder. *Metals*. 8. 426. doi:10.3390/met8060426

Astacio R., Ternero F., Cintas J. Cuevas F.G. and Montes J.M. (2021). Medium-Frequency Electrical Resistance Sintering of Soft Magnetic Powder Metallurgy Iron Parts. *Metals*. 11. 994. doi:10.3390/met11060994

# MÉTODO NOVEDOSO DE LA FABRICACIÓN DE COMPUESTOS INTERMETÁLICOS A PARTIR DEL POLVO AMORFO DE LA ALEACIÓN AL-NI-TI PREPARADA MEDIANTE MOLIENDA MECÁNICA DE ALTA ENERGÍA

**Petr Urban<sup>1</sup>, Fátima Ternero Fernández<sup>2</sup>, Rosa María Aranda Louvier<sup>3</sup>, Raquel Astacio López<sup>2</sup> y Jesús Cintas Físico<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, Sevilla*

*<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, Sevilla*

*<sup>3</sup> Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Ciencia de los Materiales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Campus El Carmen, Universidad de Huelva, Huelva*

E-mail de correspondencia: purban@us.es

## **Resumen**

Los compuestos intermetálicos formados en las aleaciones metálicas suelen mejorar considerablemente su comportamiento mecánico. Un método novedoso de la fabricación de piezas metálicas con alto contenido de compuestos intermetálicos es el tratamiento térmico de polvos metálicos previamente amorfizados mediante molienda mecánica de alta energía. Se utilizó molienda con 500 rpm durante 70 h. El polvo de aluminio, níquel y titanio se mezcló con 1.5% en peso de cera y se mantenía a 20° C durante todo el tiempo de la molienda. La relación entre el peso de las bolas y el peso del polvo era 50:1. Para la caracterización de

los polvos amorfizados y de los compuestos intermetálicos se empleó microscopio electrónico de barrido (SEM), difractómetro de rayos X (XRD) y microscopio electrónico de transmisión (TEM). La caracterización desveló, que los polvos cristalinos de la aleación Al-Ni-Ti es posible amorfizar mediante molienda mecánica de alta energía durante 70 h. Con el siguiente tratamiento térmico se consigue la desvitrificación de la aleación formándose los compuestos intermetálicos de AlTi, AlTi<sub>3</sub>, Al<sub>3</sub>Ti y NiTi<sub>2</sub>.

## Introducción

Las aleaciones cristalinas de Ti-Al-Ni tienen baja densidad, pero no muy buenas propiedades mecánicas que se pueden mejorar transformando la fase cristalina de los elementos puros y sus soluciones sólidas en fase amorfa, fase nanocristalina y/o compuestos intermetálicos (Urban, 2019). Un proceso de fabricación idóneo para conseguir estas transformaciones es la molienda mecánica. En este trabajo, se prepara, mediante la molienda mecánica, la aleación Ti<sub>50</sub>Al<sub>30</sub>Ni<sub>20</sub> y se observa, para diferentes tiempos de la molienda, la evolución de las fases presentes.

## Materiales y métodos

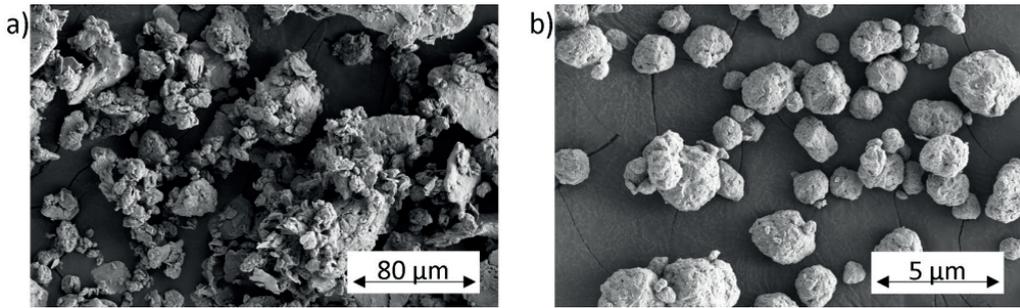
El material de partida para preparar Ti<sub>50</sub>Al<sub>30</sub>Ni<sub>20</sub> ha sido el polvo cristalino de aluminio ECKA AS61, titanio Se-Jong 4 y níquel T210. Las condiciones de la molienda han sido la velocidad del rotor 500 rpm, 72 g de Ti<sub>50</sub>Al<sub>30</sub>Ni<sub>20</sub>, 1.5% en peso de cera, tiempo de molienda hasta 70 h y refrigeración a 20°C.

## Resultados y discusión

En la etapa inicial de la molienda (hasta 1 h), las partículas de polvo de Ti, Al y Ni se aplanan debido a las colisiones entre bolas, y el tamaño de las partículas aumenta (Figura 1a). Se debe al predominio de la soldadura sobre la fragmentación de las partículas durante la primera etapa de molienda. Después de 1 h, las partículas tienen formas irregulares y alcanzan tamaño medio de 87 μm.

Después de 5 h, las partículas tienen una forma redonda irregular y alcanzan un tamaño de partícula bastante pequeño de aproximadamente  $15\ \mu\text{m}$ . Entre 50 y 70 h (Figura 1b), las partículas tienen una forma casi esférica con un tamaño medio de aproximadamente  $3\ \mu\text{m}$ .

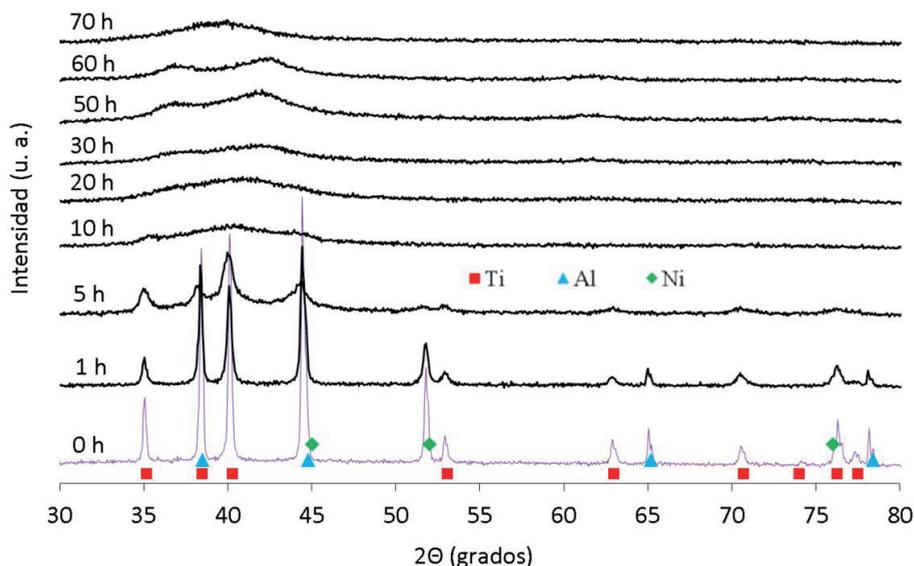
Figura 1. SEM del polvo molido durante (a) 1 y (b) 70 h.



Fuente: Elaboración propia.

El análisis XRD (Figura 2) se ha utilizado para determinar si los polvos molidos presentan alguna fase cristalina, nanocristalina o amorfa. Se observa, que durante las primeras 10 h de molienda, a medida que aumenta el tiempo, la intensidad de los picos de difracción de Ti, Al y Ni disminuye. Al mismo tiempo, el ancho de los picos aumenta considerablemente. Después de 20 h de molienda, se confirma la presencia de una fase amorfa/nanocristalina formada por difusión atómica entre Ti, Al y Ni. Con el aumento del tiempo de molienda a 50 h, aparecen dos picos muy difusos y de baja intensidad ( $2\theta = 37^\circ$  y  $42^\circ$ ). Esto indica que la fase amorfa/nanocristalina comienza a transformarse en una nueva fase cristalina. Después de 70 h de molienda, solo aparece un pico amplio característico de la fase amorfa con el máximo alrededor de  $2\theta = 39^\circ$ .

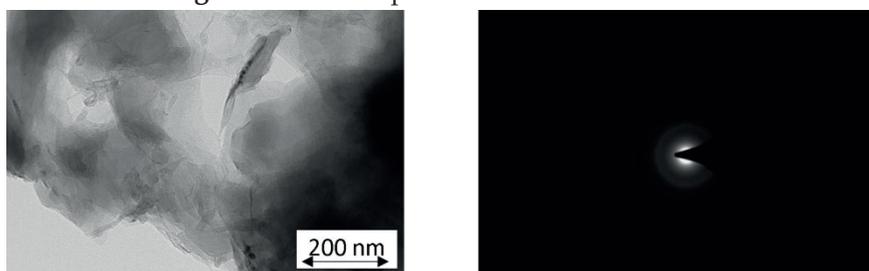
Figura 2. XRD del polvo molido durante diferentes tiempos.



Fuente: Elaboración propia.

Para confirmar la presencia de la fase amorfa, nanocristalina o cristalina se ha utilizado la microscopía electrónica de transmisión (TEM). En la Figura 3 se encuentra la micrografía y el patrón de difracción del polvo molido durante 70 h demostrando, que en el patrón de difracción no se encuentran ni puntos de las estructuras cristalinas, ni anillos de las fases nanocrystalinas. Solo se observan unas franjas de luz difusa, indicando la presencia de fase amorfa.

Figura 3. TEM del polvo molido durante 70 h.

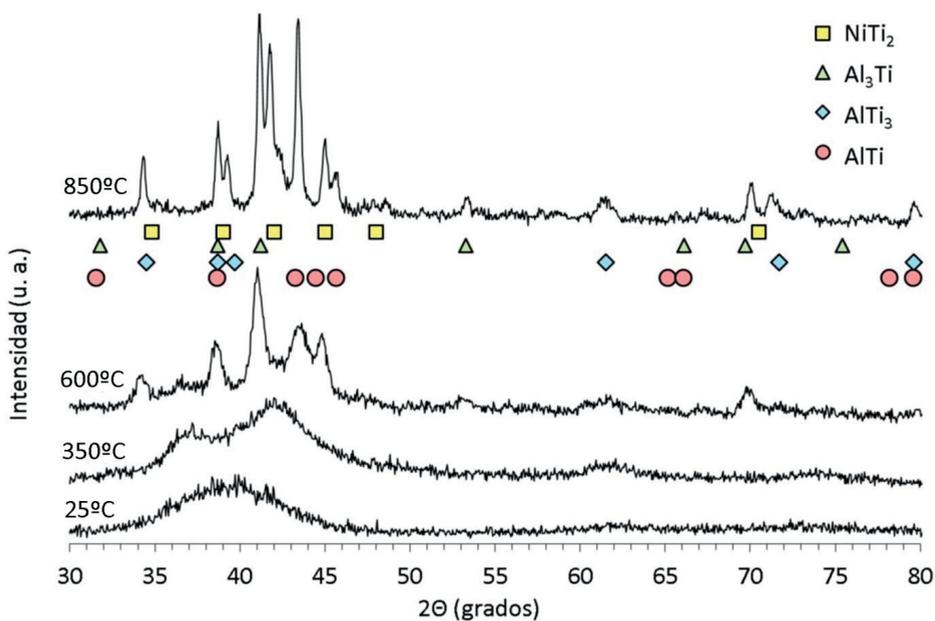


Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la figura 4, se pueden observar difractogramas de la aleación molido durante 70 h y calentada a diferentes temperaturas. A 25°C la muestra es totalmente amorfa. Calentándola hasta 350°C empiezan a formarse dos picos

anchos con poca intensidad, los cuales, a mayor temperatura (600°C), empiezan a definir picos concretos de fases cristalinas. Para poder identificar todas las fases cristalinas presentes en la muestra se ha calentado la aleación hasta 850°C, donde se pueden observar picos de compuestos intermetálicos cristalinos de  $\text{Al}_3\text{Ti}$ ,  $\text{AlTi}$ ,  $\text{AlTi}_3$  y  $\text{NiTi}_2$ .

Figura 4. XRD del polvo molido durante 70 h y calentado a diferentes temperaturas.



Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

Mediante la molienda mecánica de alta energía se ha conseguido amorfizar la aleación  $\text{Ti}_{50}\text{Al}_{30}\text{Ni}_{20}$  después de 70 h. Las partículas amorfas tienen tamaño menor que  $5\ \mu\text{m}$  y su forma es esférica. Esta fase amorfa se transforma, después del calentamiento, en compuestos intermetálicos cristalinos  $\text{Al}_3\text{Ti}$ ,  $\text{AlTi}$ ,  $\text{AlTi}_3$  y  $\text{NiTi}_2$ .

## **Agradecimientos**

Proyecto de investigación DPI2015-69550-C2-1-P del Ministerio de Economía y Competitividad (España) y Feder (UE).

## **Referencias bibliográficas**

Urban, P., Ternero, F., Caballero, E., Nandyala, S., Montes, J.M. and Cuevas, F.G. (2019). Amorphous Al-Ti Powders Prepared by Mechanical Alloying and Consolidated by Electrical Resistance Sintering. *Metals*. 9. 1140-1154. <http://dx.doi.org/10.3390/met9111140>

# MEJORA DEL DISEÑO DE INSTALACIONES MEP MEDIANTE LA DETECCIÓN, ANÁLISIS Y SOLUCIÓN DE INCIDENCIAS EN ENTORNO VIRTUAL BIM

**Juan Francisco Fernández Rodríguez<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería del Diseño, Universidad de Sevilla*

E-mail de correspondencia: [jfernandez52@us.es](mailto:jfernandez52@us.es)

## **Resumen**

Las instalaciones MEP (Mechanical, Electrical, Plumbing) tienen una incidencia importante en el desarrollo de un proyecto de edificación, por lo que resulta necesario concebir su diseño en paralelo al resto del proyecto arquitectónico. Un diseño de instalaciones basado en esquemas de trazado ocasiona frecuentemente problemas de coordinación que tendrán que resolverse en el transcurso de la obra, lo que genera aumento de plazos y costes. El objetivo de este estudio es determinar en qué medida puede optimizarse el diseño de instalaciones en fase de proyecto al desarrollar modelos virtuales BIM (Building Information Modeling) que simulen el proceso constructivo. Para ello, analizaremos experiencias de edificación desarrolladas en el marco de un BIM Execution Plan o la coordinación de un BIM Manager. Los resultados de este análisis permitirán concluir cómo la visualización tridimensional de las distintas redes, en coordinación con el resto del modelo arquitectónico, permitirá: anticipar conflictos entre disciplinas; asegurar la adecuada previsión de espacios para el paso de instalaciones y equipos; facilitar el diseño integral y colaborativo entre distintos agentes; mantener actualizada la documentación gráfica; y

evitar problemas de ejecución y costes adicionales, facilitando la gestión y administración de la obra y la eficacia de las instalaciones diseñadas.

## **Introducción**

Las instalaciones MEP (Mechanical, Electrical, Plumbing) que, de manera general, forman parte de un proyecto de edificación tienen una incidencia importante en el proceso de diseño. La adecuada concepción de instalaciones como climatización y ventilación; electricidad y telecomunicaciones; fontanería y saneamiento, resulta clave para garantizar el funcionamiento eficaz del edificio y sus condiciones de habitabilidad y confort.

Dentro de un proyecto ejecutivo convencional, estas redes suelen aparecer representadas como esquemas de trazado que, generalmente, sirven para definir con precisión el diseño y funcionamiento de los elementos y equipos que las componen. Este nivel de definición resulta adecuado cuando el proyecto de edificación no presenta excesiva dificultad, caso de un proyecto residencial con instalaciones a escala doméstica. Sin embargo, cuando el edificio objeto de estudio, y sobre todo sus instalaciones, presentan mayor grado de complejidad, este sistema de representación y diseño puede ocasionar indefiniciones que conduzcan a la aparición de incidencias: interferencias o cruces entre instalaciones; falta de previsión de espacios para paso de instalaciones; o en general, descoordinación entre disciplinas que no se prevén en fase de proyecto y que se trasladan a obra, lo que supone un aumento de costes y retrasos en los plazos de ejecución.

Por ello, resulta necesario acudir a sistemas alternativos de diseño de instalaciones MEP asociados al proceso de edificación. En esa línea, nos centraremos en la metodología BIM (Building Information Modeling), un sistema de diseño digital basado en el modelado de elementos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones que facilita la construcción de modelos virtuales de representación y visualización 3D mediante los que coordinar las distintas disciplinas y fases del proceso: diseño y elaboración de proyecto, medición, planificación de obra o explotación. Así, se produce una mejora en la gestión del proyecto, ya que se anticipa la solución de conflictos a la fase de proyecto, evitando su aparición en fase de construcción.

## **Materiales y métodos**

En el contexto antes descrito, el objetivo de este estudio es determinar en qué medida puede optimizarse el diseño de instalaciones MEP en fase de proyecto al desarrollar modelos virtuales BIM (Building Information Modeling) que simulen el proceso constructivo. Para ello, nos centraremos en el análisis de dos casos de estudio de éxito en el uso de tecnología BIM: el proyecto BIM para la Ciudad de la Justicia de Córdoba, de promoción pública; el proyecto BIM del edificio Torre Isla Chamartín en Madrid, de promoción privada.

Ambos casos responden a edificaciones no residenciales de una cierta complejidad en los que se plantea optimizar el proceso de diseño y de ejecución de las obras desarrollando un proyecto BIM de modelado virtual. Además, ambos se desarrollan bajo la gestión de un BIM Manager y la puesta en marcha, como metodología de trabajo, de un Plan de Ejecución BIM asociado a tres fases: pre-diseño (proyecto básico); diseño (proyecto de ejecución); construcción (dirección de obra).

Así, para cada una de estas fases, se establecen los roles de los distintos agentes participantes: BIM Manager; equipo BIM; equipo de diseño (arquitecto/director de obra); promotor; empresa constructora, y se establece el flujo de trabajo entre ellos para coordinar el trabajo de desarrollo del modelo BIM.

Tabla 1. Datos generales de casos de estudio.

INFORMACIÓN GENERAL PROYECTOS	
Ciudad de la Justicia de Córdoba (CJC)	Torre Isla Chamartín (TIC)
Plantas: 2 sótanos + 5 sobre rasante	Plantas: 2 sótanos + 18 sobre rasante
Superficie construida: 50,894 m <sup>2</sup>	Superficie construida: 24,134 m <sup>2</sup>
Uso: Órganos judiciales de Córdoba	Uso: Oficinas
Promotor: Junta de Andalucía	Promotor: Merlin Properties
Constructora: Isolux-Corsán / Copcisa	Constructora: Ferrovial
Arquitectos: Mechano arquitectos	Arquitectos: Miguel Oriol Icaza
Dirección técnica: Ayesa	Dirección técnica: EA3 Técnicos Ados.
Proyecto BIM: TotalBIM Consulting	Proyecto BIM: TotalBIM Consulting

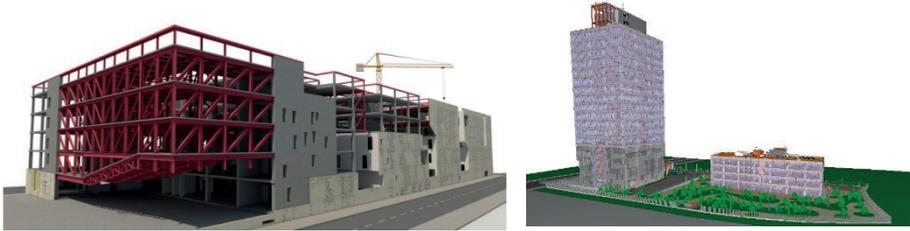
Fuente: elaboración propia.

De esta forma, el equipo BIM parte del proyecto elaborado por el equipo de diseño para formalizar un modelo BIM inicial que el BIM Manager analiza para detectar incidencias, utilizando la herramienta informática Solibri Model Checker. Desde este, se elabora un informe que detalla las incidencias detectadas, y se asigna al responsable de la toma de decisión para solucionarla (normalmente el equipo de diseño, promotor o constructora). A partir de la respuesta dada, el equipo BIM revisa el modelo para introducir los cambios necesarios y obtener un modelo virtual totalmente coordinado y libre de incidencias.

## Resultados y discusión

Del trabajo llevado a cabo en los casos de estudio señalados podemos extraer los siguientes resultados:

**Ilustración 1.** Vista del modelo BIM de casos de estudio (CJC / TIC).



**Fuente:** TotalBIM Consulting.

### **Construcción inicial de un modelo BIM y análisis de conflictos de diseño MEP**

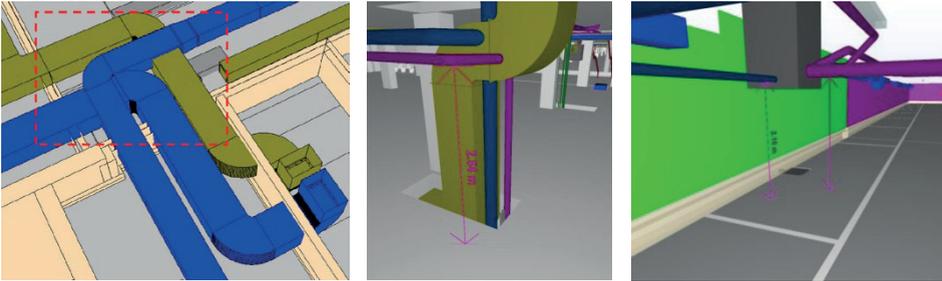
A partir del modelo BIM inicial elaborado según los planos MEP del proyecto, el BIM Manager realiza un análisis de incidencias a través de dos vías: inspección visual del modelo mediante recorrido virtual; el uso de reglas en Solibri que detecten el cumplimiento de determinadas condiciones (colisión entre elementos, cumplimiento de alturas mínimas, de paso etc.) Así, se detectan fundamentalmente cinco tipos de incidencias:

- **Colisión entre elementos de la misma instalación:** este tipo de interferencias suele producirse por falta de información en la documentación planimétrica aportada, o por descoordinación en la altura de ubicación de los distintos elementos de la instalación.
- **Colisión entre elementos de distintas instalaciones:** dado que en el diseño MEP inicial no se realiza un trabajo de coordinación entre instalaciones, se detectan interferencias entre estas por indefinición de la altura de sus componentes, así como por falta de espacio para el paso de varias instalaciones en paralelo.
- **Colisión de instalaciones con elementos arquitectónicos y estructurales:** la falta de coordinación de instalaciones MEP con estas otras disciplinas causa problemas para el paso adecuado de las instalaciones a través de elementos constructivos.
- **Problemas de habitabilidad causados por errores de diseño MEP:** La indefinición de altura de elementos MEP, fundamentalmente, pero también la imprecisión dimensional de estas redes hace que aparezcan problemas de falta de altura o anchuras de paso en distintas estancias del edificio que

comprometen su habitabilidad y el correcto funcionamiento para el uso que tienen asignado.

- **Problemas de modelado BIM:** se detectan errores de modelado que no son fallo del proyecto y que no requieren toma de decisión.

**Ilustración 2.** Vista de incidencias detectadas en el modelo BIM.



**Fuente:** TotalBIM Consulting.

### **Comunicación de incidencias y traslado de soluciones al modelo BIM**

Identificadas las distintas incidencias que se producen en el edificio, el BIM Manager elabora un informe que las recoge, indicando el agente responsable de dar respuesta para su corrección. El proceso de comunicación y respuesta se desarrolla en el entorno del programa Solibri Model Checker, antes mencionado, que asocia el modelo BIM con las incidencias y permite establecer comunicaciones entre los distintos agentes intervinientes.

Una vez aportadas las soluciones, normalmente por parte del equipo de diseño, el equipo BIM da traslado de estas al modelo virtual, volviendo a chequearse cada una de las incidencias para darlas por cerradas, en caso de estar resueltas, o volver a reasignarlas para revisión en caso de no haberse solucionado.

### **Obtención de documentación coordinada del modelo BIM**

Una vez resueltas las incidencias, el modelo BIM se da por cerrado y se pasa a obtener del mismo la documentación necesaria para la correcta ejecución de las obras, en este caso, mediciones y planimetría. Será importante que estos nuevos planos recojan toda la información aportada por el modelo, fundamentalmente incorporando además de información bidimensional la cota altimétrica a la que tendrá que discurrir cada una de las instalaciones para atender a las soluciones

coordinadas definidas en el modelo. En ese sentido, se considera fundamental que el modelo BIM elaborado se convierta en material de trabajo utilizar en el proceso de desarrollo de las obras, como instrumento de consulta y apoyo para la visualización tridimensional de las soluciones acordadas.

## **Conclusiones**

A partir del análisis de casos de éxito en el desarrollo de modelos virtuales BIM para la coordinación de instalaciones MEP en proyectos de edificación complejos, podemos concluir: que esta metodología de trabajo permite anticipar conflictos entre las distintas disciplinas (estructura, arquitectura e instalaciones), asegurando el diseño eficaz MEP, así como la adecuada previsión de espacios para el paso de instalaciones y equipos en un proceso de diseño integral y colaborativo entre distintos agentes. Al mismo tiempo, el modelo obtenido facilita que la documentación gráfica utilizada en obra se mantenga actualizada, y que incorpore información adicional, generalmente altimétrica. De esta forma se evitan problemas en fase de ejecución de las obras, que al haberse previsto no ocasionarán retraso de plazos, con su consecuente coste adicional, lo que facilita la gestión y administración de la obra.

Es cierto que, en los dos casos analizados, resulta difícil cuantificar el ahorro producido con la introducción de esta metodología, ya que el inicio del proceso de diseño BIM se pospuso hasta fases muy próximas al inicio de la ejecución de las obras, lo que supuso que estas iniciaran antes de que el trabajo de coordinación hubiera finalizado. Sería necesario, para que este tipo de procesos resulten realmente eficaces, que los tiempos de fases de diseño y redacción de proyectos se dilataran, de forma hubiera tiempo, antes del inicio de las obras, para checar toda la documentación y desarrollar un Plan de Ejecución BIM que garantizase la adecuada coordinación del proyecto.

## Agradecimientos

El presente estudio se ha realizado gracias a la financiación de las empresas promotoras de ambos proyectos, la participación de los agentes involucrados en su desarrollo, y el trabajo de TotalBIM Consulting como equipo modelador BIM.

## Referencias bibliográficas

de las Marinas, V. P. (2018). La experiencia BIM de la Ciudad de la Justicia de Córdoba. *Revista de Obras Públicas: Organo profesional de los ingenieros de caminos, canales y puertos*, (3597), 46-53.

Gea Andrés, M. A. (2015). Open BIM: Los archivos IFC en la gestión de la obra de la Ciudad de la Justicia de Córdoba (España). *Spanish Journal of Building Information Modeling*, (15), 20-34.

Gea Andrés, M. A. (2015). Un caso de éxito: Ciudad de la Justicia de Córdoba (España). *Spanish Journal of Building Information Modeling*, (15), 18-28.

González Pérez, C. (2015). Building Information Modeling: Metodología, aplicaciones y ventajas. Casos prácticos en gestión de proyectos. Proyecto Final de Máster en Edificación, Universidad de Valencia.

Martínez Torres, A. M. (2015). *BIM y las repercusiones en la calidad de los procesos constructivos: análisis sobre la influencia de esta metodología en las etapas del proceso constructivo*. Universitat Politècnica de Catalunya.

Yacolca Vilcapoma, D. R. (2019). Implementación de la tecnología Building Information Modeling (BIM) 4d en la ejecución de proyectos de edificación. Trabajo fin de estudios en Ingeniería Civil. Universidad de Los Andes.

# ESTUDIO NUMÉRICO DEL SOPORTE DE LOS CILINDROS HIDRÁULICOS DE LA COSECHADORA DE SAL CUBANA MODERNIZADA

**Héctor Calzadilla Dubras<sup>1</sup>, Javier Castellanos Pazos<sup>1</sup>, Roberto Andrés Estrada Cingualbres<sup>2</sup>, José Martínez Grave de Peralta<sup>3</sup>, Rafael Valera Llanes<sup>1</sup>, Rafael Garcells Mastrapa<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Centro de Desarrollo de la Maquinaria Agrícola, CEDEMA, Holguín*

<sup>2</sup> *Centro Estudios CAD/CAM, Universidad de Holguín, Holguín*

<sup>3</sup> *Departamento de Mecánica Aplicada, Facultad de Ingeniería, Universidad de Holguín, Holguín*

E-mail de correspondencia: hcal70@gmail.com

## **Resumen**

En el presente trabajo se presentan los resultados del análisis numérico realizado al soporte lateral de los cilindros hidráulicos rediseñado para la Cosechadora de Sal modernizada (modelo CSM19). Se realizó el rediseño de los soportes laterales de los cilindros hidráulicos a partir del diseño original de la cosechadora autopropulsada criolla cubana (modelo CSM3), empleando el principio de modularidad, para su intercambiabilidad y tecnologicidad de fabricación. Se determinaron analíticamente las cargas a que está sometido el soporte debido a la reacción de la fuerza ejercida en condiciones de explotación por el cilindro hidráulico. Se confeccionó el modelo geométrico del conjunto, se introdujeron las condiciones de contorno y se realizó el análisis resistivo del mismo empleando el Método de los Elementos Finitos. Se observa con el nuevo rediseño del subconjunto con barras perforadas de gran espesor

de diámetro 114.3x16, que las tensiones de Von Mises se mantienen por debajo del límite elástico del material por lo que el mismo resiste las solicitaciones a que está sometido. Con esta variante, se disminuye el peso del subconjunto en 55.47 kg respecto a la variante con ejes macizos y por equipo en 110.94 kg, ya que son 2 subconjuntos

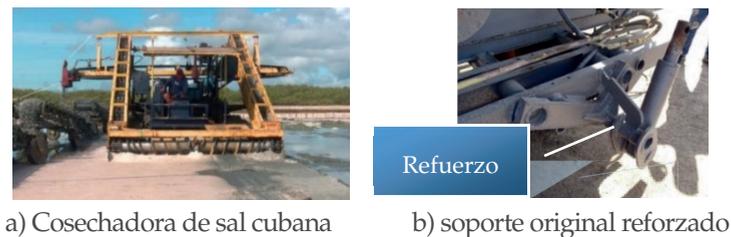
Palabras claves: cosechadora de sal; diseño; elementos finitos.

## Introducción

En Cuba son utilizadas máquinas recolectoras de sal autopropulsadas, su funcionamiento está basado en el corte y desmenuzamiento del prisma de sal realizado por una cuchilla delantera, que entrega la sal a unos transportadores laterales que a su vez la transfieren a un transportador transversal final que la hace llegar al transporte que mueve la sal recolectada hasta el centro de limpieza y beneficio (Fig. 1a). El alto peso de los transportadores laterales que conjuntamente con la materia prima a transportar produjeron deformaciones plásticas en los soportes laterales de los cilindros hidráulicos provocando la necesidad de colocarles refuerzos (Fig. 1b).

El Método de los Elementos Finitos (MEF) es ampliamente usado en la actualidad en diferentes aplicaciones del análisis estructural con el fin de determinar entre otros parámetros, el estado tensional de los elementos que conforman las mismas, sin importar su grado de complejidad y teniendo en cuenta inclusive, los concentradores de tensiones que puedan existir en esta.

Figura 1. Máquina recolectora objeto de estudio.



Fuente: elaboración propia.

Varios son los trabajos publicados donde se aplica este método al análisis de estructuras de diferentes tipos de vehículos, así en [1 y 2] se determina el comportamiento estático y modal del chasis de un ómnibus modernizado y reducen el peso de un chasis de un tractor teniendo en cuenta el estado tensional del mismo; en [3] los autores realizan el análisis dinámico de un chasis de un ómnibus debido a las cargas en diferentes tipos de vías analizándose además el fenómeno de la resonancia. En [4] se utilizan los coeficientes dinámicos obtenidos a partir de la evaluación extensométrica a un modelo de cosechadora y se determinan las causas de la deformación plástica acaecida en el tubo inferior de la estructura portante del órgano cortacogollo de la misma, perfeccionando sus componentes.

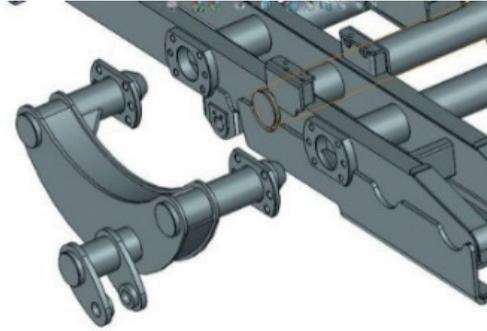
El análisis dinámico de las grietas surgidas en el conjunto soporte - captador de alta frecuencia en el Metro de Caracas [5], es otro ejemplo de las potencialidades del empleo del MEF en la ingeniería.

## **Materiales y métodos**

El rediseño de los soportes laterales de los cilindros hidráulicos se lleva a cabo a partir del diseño realizado para la cosechadora autopropulsada criolla, empleando el principio de modularidad, donde además de garantizar su resistencia y rigidez se prevé su intercambiabilidad y tecnologicidad de fabricación.

A partir de las deformaciones plásticas ocurridas en dicho soporte original, se propone una solución mejor sustituyendo las barras de sección circular maciza por tubos del mismo material para que, garantizando la resistencia y rigidez de estos, el uso de material fuera menor. El subconjunto soporte del cilindro se inserta en los tubos travesaños delanteros primero y tercero del bastidor (Ver Figura 2). Se logra que el bastidor sea transportado en un contenedor de carga, así como la transportación por carretera de la máquina.

Figura 2. Montaje de variante del soporte del cilindro con centrador y brida.

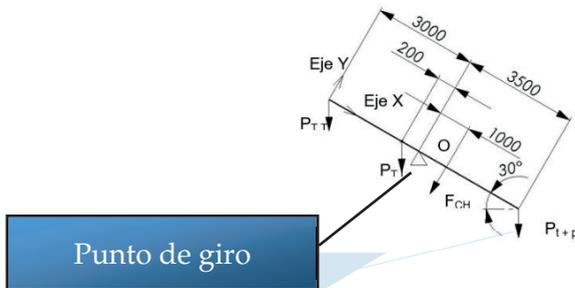


Fuente: elaboración propia.

### Cálculo de la fuerza del cilindro hidráulico

El cálculo de la fuerza necesaria de los cilindros hidráulicos del sistema de levante y nivelación de la cuchilla con estabilizadores, se realiza sobre la base de las condiciones establecidas en el proyecto original. Una vez definido integralmente el diseño de la cosechadora de sal se recalculará, ajustándose a las nuevas condiciones. Se prevé, además, calcular la fuerza de empuje necesaria para el corte de la capa de sal. En el cálculo inicial se consideran los pesos y dimensiones de los diferentes conjuntos. En la Fig. 3, se muestra el diagrama de cuerpo libre donde se representan las fuerzas que actúan y su posicionamiento.

Figura 3. Diagrama de cuerpo libre del transportador de sal lateral.



Fuente: elaboración propia.

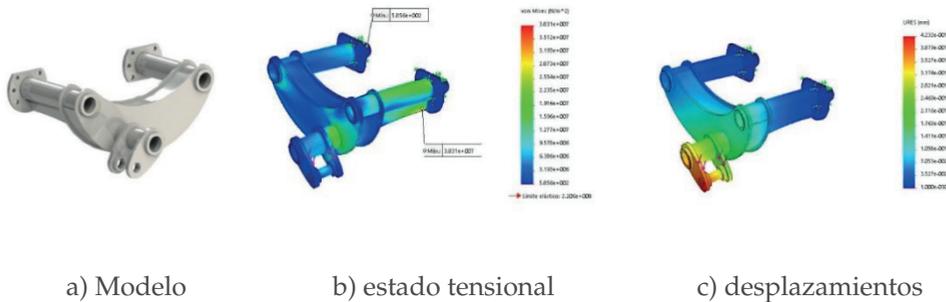
donde: Pt + p -mitad del peso de la plataforma y los brazos, PT L -peso del transportador lateral, PT T-mitad del peso del transportador transversal, FC H - es la carga en el cilindro hidráulico

Con el empleo del paquete de diseño 3D y el análisis por elementos finitos se procede a confeccionar el modelo geométrico del soporte, se colocan las condiciones de borde, ejecutando un análisis estático lineal con el solver correspondiente.

## Resultados y discusión

De los resultados del análisis por MEF se observa que con el nuevo rediseño del subconjunto con barras perforadas de gran espesor de diámetro 114.3x16, las tensiones de Von Mises se mantienen muy por debajo del límite elástico del material por lo que resiste ampliamente las sollicitudes. Con esta variante, se disminuye el peso del subconjunto en 55.47 kg respecto a utilizar una variante con ejes macizos y por equipo en 110.94 kg, ya que son 2 subconjuntos (Ver Figura 4)

**Figura 4.** Resultados del análisis por MEF del nuevo modelo.



Fuente: elaboración propia.

## Referencias bibliográficas

**Chagoyén, M.C., Álvarez, P.C., Brito, F.Y., Moya, R.J., Chagoyén, M.E.L.** (2013) Comportamiento estático y modal del chasis de un ómnibus modernizado, *Ingeniería Mecánica*, 16, 161-170.

**Ingole, N.K., Bhope, D.V.** (2011) Stress analysis of tractor trailer chassis for self weight reduction, *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, 3, 7228-7225.

**Kumar, N.H., Prasad, N.A., Verma, D.** (2011) Finite Element Analysis of Impact on Chassis & Frame of a Mini Baja Vehicle, *International Journal of Emerging trends in Engineering and Development*, 3, 27-33.

**Estrada, C.R.A., Ricardo, A.C., Pérez, P.R.** (2013) Análisis dinámico del mecanismo paralelogramo del cortacogollo desfibrador para la cosechadora cañera cubana CCA- 5000, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21, 5-11.

**González B. A., Estrada, C.R.A.** (2015) Análisis dinámico del conjunto soporte - captador de alta frecuencia de un tren subterráneo, *Revista Ingeniería Mecánica*, 24, (1).

# FABRICACIÓN DE CÁTODOS PARA BATERÍAS DE IONES DE LITIO MEDIANTE NUEVAS RUTAS SINTÉTICAS

**Francisco J. García García<sup>1</sup>, Cristina Arévalo<sup>1</sup>, Eva M. Pérez-Soriano<sup>1</sup>, Isabel Montealegre<sup>1</sup>, Ana M. Beltrán<sup>1</sup> y Juan G. Lozano<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, Sevilla.*

E-mail de correspondencia: [jlsuarez@us.es](mailto:jlsuarez@us.es)

## **Resumen**

A lo largo de las últimas décadas, el almacenamiento de energía se ha convertido en una línea de investigación prioritaria. En este sentido, las baterías de iones de litio son el principal tipo de batería recargable usada comercialmente, debido a la densidad de energía que almacenan y al gran número de ciclos de carga que soportan. Como desventajas, presentan problemas de seguridad y no cumplen los requisitos necesarios para almacenamiento a gran escala. En este trabajo se presenta la síntesis y caracterización de un material considerado como un candidato para reemplazar a los cátodos actuales, ya que puede solventar muchas de sus limitaciones. Además, se propone una nueva ruta sintética viable, eficiente, y capaz de ser usada a escala industrial.

## Introducción

El almacenamiento de energía eficiente y barato se ha convertido en una de las prioridades de la sociedad moderna. En este contexto, las baterías de iones de litio han supuesto una revolución tecnológica, debido a la alta densidad de energía que pueden almacenar y al alto número de ciclos de carga y descarga que soportan. A pesar de ello, el desarrollo de cátodos que puedan almacenar energía en sistemas a gran escala, como centrales de almacenamiento asociadas a plantas de energía renovables o el uso en automóviles eléctricos, sigue siendo un reto (Ramström, 2019). Además, los cátodos tradicionales usan cobalto, metal tóxico que presenta problemas de seguridad, caro y muy geolocalizado. Es por ello que el desarrollo de cátodos más seguros, capaces de almacenar más energía y más baratos es tan importante como el desarrollo de nuevas rutas sintéticas eficientes, rápidas, escalables a nivel industrial y respetuosas con el medio ambiente.

En este trabajo se presenta la síntesis y caracterización de  $\text{Li}_{1.2}\text{Mn}_{0.5}\text{Ni}_{0.5}\text{O}_2$ , uno de los materiales más prometedores para su implementación como cátodos de baterías de iones de litio. Además, se presenta una nueva ruta sintética modificada con alto potencial escalable, y se compara con los métodos más tradicionales de síntesis.

## Materiales y métodos

Las partículas de  $\text{LiMn}_{0.5}\text{Ni}_{0.5}\text{O}_2$  se sintetizaron mediante dos rutas. En primer lugar, se usó la técnica convencional de molienda en seco partiendo de cantidades estequiométricas de los óxidos correspondientes, seguida de calentamiento a 800 °C durante 20 h. En segundo lugar, las muestras se sintetizaron usando una modificación de la ruta verde (García-García et al., 2020). Ésta parte de mezcla estequiométrica de acetatos de los metales correspondientes, y se basa en el uso de un tensioactivo como surfactante: una molécula polar en un extremo (hidrófilo) y en el otro apolar (hidrófobo), de tal forma que los iones metálicos (hidrófilos) sean capaces de disolverse en una disolución lipófila como la vaselina. Bajo concentraciones adecuadas de surfactante, se forman micelas. Una disposición de tales micelas en la vaselina forma la base de una emulsión. Ésta se somete

a un tratamiento térmico para eliminar excesos de agua y carbono, calentando a 800°C durante 20 h hasta lograr la estructura final buscada.

Las partículas fabricadas se caracterizaron mediante difracción de rayos X (XRD), microscopía electrónica de barrido (SEM), y microscopía electrónica de transmisión con barrido (STEM) con espectroscopía de dispersión de energía de rayos X (EDS).

## **Resultados y discusión**

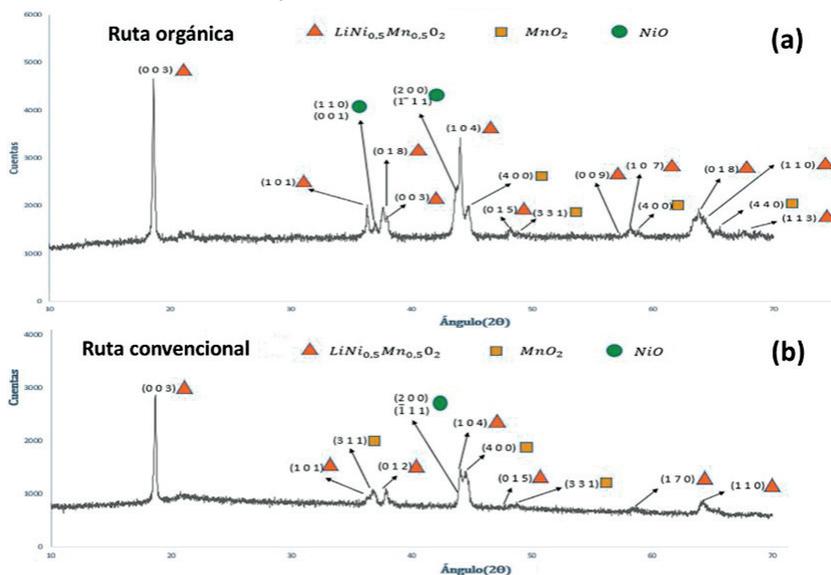
### **XRD**

Los espectros de XRD de las muestras sintetizadas usando la ruta verde modificada (Figura 1a) y la ruta convencional (Figura 1b) muestran picos correspondientes a la estructura buscada (las reflexiones indexadas se indican con triángulos). Sin embargo, también se observa que no todos los precursores han reaccionado, ya que también se identifican picos correspondientes a NiO y MnO<sub>2</sub>. La anchura de los picos y las alturas relativas también parecen indicar que la calidad cristalina de las partículas fabricadas mediante la ruta verde es sensiblemente superior a las fabricadas mediante ruta convencional.

### **SEM:**

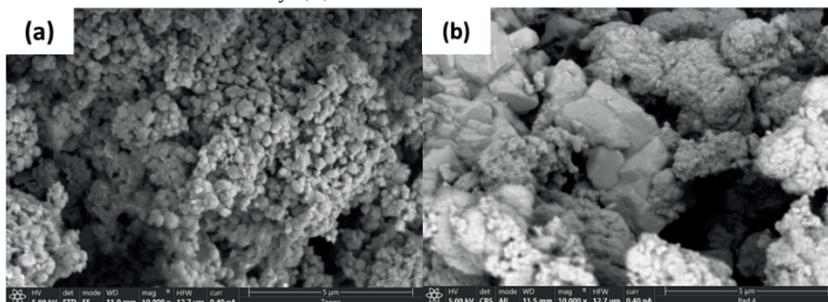
Del análisis de las micrografías de SEM se encuentra que la muestra sintetizada por ruta orgánica (Figura 2a) presenta una estructura mucho homogénea formada por partículas pequeñas de tamaño nanométrico y similares entre sí. En cambio, en la muestra sintetizada por molienda se encuentra una morfología más irregular y bloques con apariencia amorfa (Figura 2b), lo que concuerda con los resultados de XRD.

Figura 1. Espectros de XRD de las muestras fabricadas por (a) ruta orgánica y (b) ruta convencional.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Micrografías de SEM de las muestras fabricadas por (a) ruta orgánica y (b) ruta convencional.



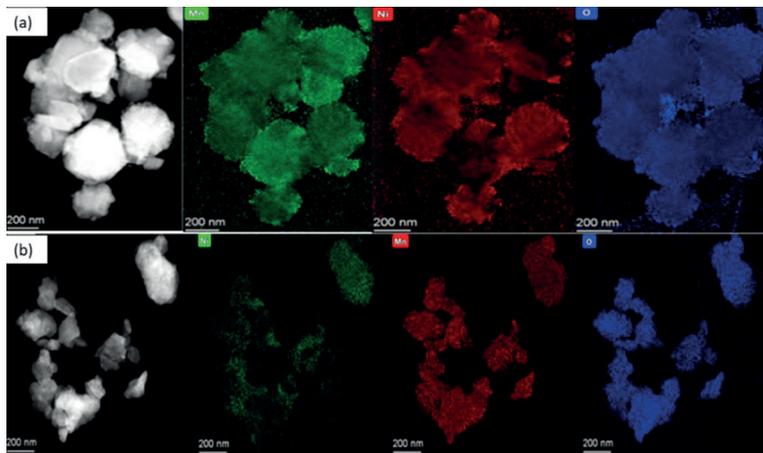
Fuente: Elaboración propia.

### STEM/EDS:

El estudio por STEM de partículas individuales a mayor resolución espacial apunta a que las sintetizadas por ruta orgánica (Figura 3a, izq.) presentan facetas bien definidas y con una buena calidad cristalina. En cambio, en la realizada por ruta convencional, las partículas aparecen más aglomeradas con geometrías más

irregulares y con facetas no tan bien definidas. Esto puede ser debido a la presencia de restos de precursores, y por tanto, a una síntesis menos eficiente. Los mapas de EDS correspondientes corroboran esta hipótesis, ya que muestran que en el primer caso la composición es homogénea en todas las partículas, mientras que en el segundo existen varias partículas compuestas de óxidos de Ni o Mn sin reaccionar.

**Figura 3.** Micrografías de STEM (izq.) y mapas composicionales por EDS (dcha.) de las muestras fabricadas por (a) ruta orgánica y (b) ruta convencional.



Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

Se han conseguido sintetizar partículas del compuesto  $\text{LiMn}_{0.5}\text{Ni}_{0.5}\text{O}_2$  que servirán para fabricar cátodos más seguros, económicos y carentes de cobalto. Esta nueva ruta verde que se ha desarrollado es más eficiente, dejando una menor cantidad de precursores sin reaccionar y dando lugar a partículas con facetas más marcadas y de mejor calidad cristalina. Esta nueva alternativa además ayudará al escalado del proceso a nivel industrial.

## Referencias bibliográficas

García- García, F.J., Klee, R., Lavela, P., Bomio, M.R.D. y Tirado, J.L. (2020). Influence of Cosurfactant on the Synthesis of Surface-Modified  $\text{Na}_{2/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{2/3}\text{O}_2$  as a Cathode for Sodium-Ion Batteries. *ChemElectroChem*, 7(16), 3528-3534. doi: <https://doi.org/10.1002/celec.202000797>

Ramström, O. (2019). LITHIUM-ION BATTERIES, Background on the Nobel Prize Chemistry 2019. Kungliga Vetenskapsakademien (The Royal Swedish Academy of Sciences)

# EMPLEO DEL SNAP PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN EL TERRENO CON DATOS DE SENTINEL-1

**Raúl José García Expósito<sup>1</sup>, Luis Enrique García Marrero<sup>1</sup>, Robin Cabeza Ruiz<sup>1</sup>, Luis Enrique Acosta González<sup>1</sup>, Julio Ernesto de la Rosa<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Centro de estudios CAD/CAM, Facultad de Ingeniería, Universidad de Holguín, Cuba. lgarciam@uho.edu.cu, rjexposito@uho.edu.cu, robbinc91@uho.edu.cu, acosta@uho.edu.cu, delarosa94@uho.edu.cu*

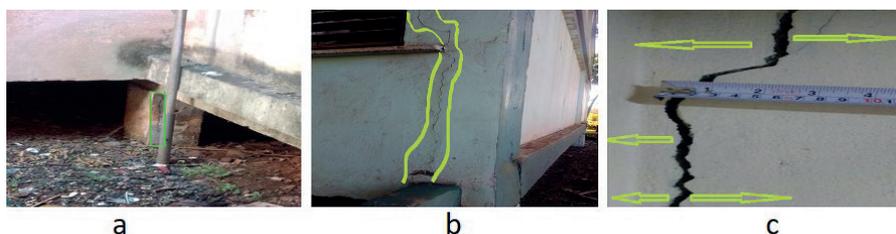
## **Resumen**

En las últimas décadas, la interferometría de radar de apertura sintética (INSAR) ha demostrado ser una técnica rentable para medir deformaciones con precisión en el orden de un centímetro. Con la llegada de los dos satélites SENTINEL-1, los datos de radar de apertura sintética (SAR) con alta resolución temporal y espacial están disponibles libremente y esto proporciona un marco prometedor para facilitar las investigaciones detalladas de las inestabilidades de la superficie. El trabajo presenta un procedimiento para la estimación de los desplazamientos en el terreno utilizando imágenes satelitales provenientes de los satélites SENTINEL-1 y empleando el software SNAP para su procesamiento. Es tomado como caso de estudio el municipio Moa de la provincia de Holguín, donde se obtienen los valores de los desplazamientos empleando el procedimiento descrito. Se describen las principales limitaciones del procedimiento y se propone el uso posterior del software MINTPY como una posible solución.

## Introducción

La explotación de emplazamientos mineros en el municipio de Moa, Holguín, ha levantado el interés por el cálculo y estimación de la subsidencia en el terreno. Debido a esta subsidencia, en algunos lugares cercanos a la costa, se han observado roturas en determinadas zonas clave de la zona (ver figura 1). La estimación de la subsidencia mediante métodos avanzados puede facilitar el análisis de los terrenos donde se prevea construir nuevas estructuras. Actualmente existen varios métodos computacionales para el cálculo de tal fenómeno, entre ellos se encuentran los topográficos (Sanz, 2016), geodésicos (de Luna, Garnés, Cabral, & dos Santos, 2017), y fotogramétricos (Dawei, Lizhuang, Demin, Baohuli, & Lianglin, 2020).

**Figura 1.** Roturas en sitios clave del Hospital General Guillermo Luis de Moa: grieta vertical en uno de los pilares (a), grieta vertical sobre una viga del primer al quinto piso (b), y grieta de un muro interior (c).



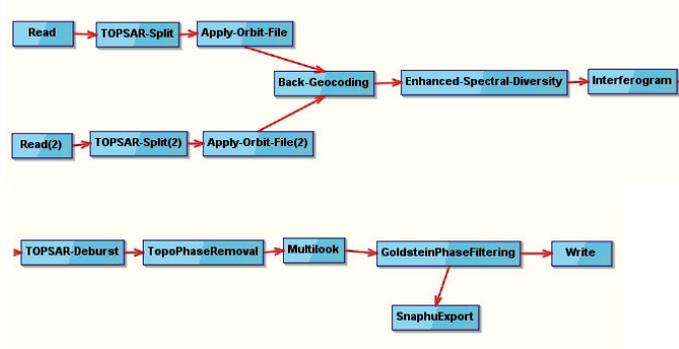
**Fuente:** Autores.

## Materiales y métodos

Para el estudio se utilizaron dos imágenes de SENTINEL-1 adquiridas en 01/09/2021 y 25/09/2021.

El flujo de trabajo utilizado puede ser observado en la figura 2 mediante la herramienta de grafos disponible en el SNAP. Las operaciones utilizadas para la obtención de los desplazamientos fueron TOPSAR-Split, Apply-Orbit-File, Back-Geocoding, Enhanced-Spectral-Diversity, Interferogram, TOPSAR-Deburst, TopoPhaseRemoval, Multilook, GoldsteinPhaseFiltering, y SnapuExport.

Figura 2. Gráfico utilizado para el cálculo de la subsidencia.

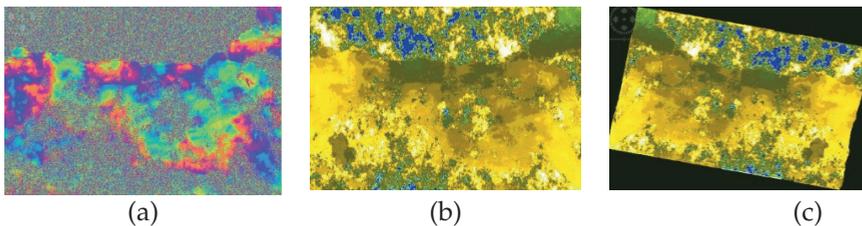


Fuente: Autores.

## Resultados y discusión

En la figura 3 se muestran los resultados obtenidos al aplicar el flujo de trabajo descrito anteriormente. El interferograma diferencial obtenido es mostrado en la figura 3(a). El siguiente paso es importar los resultados del procesamiento de SNAPHU y construir el producto interferométrico que contiene la banda de fase sin envolver y los metadatos del producto interferométrico de origen. En este momento, ya es posible convertir la fase interferométrica a un mapa de desplazamiento que se muestra en la figura 3(b). Debido a las variaciones topográficas de una escena y la inclinación del sensor del satélite, las distancias pueden distorsionarse en las imágenes SAR. Por esto es necesario realizar correcciones del terreno para compensar estas distorsiones, para que la representación geométrica de la imagen sea lo más cercana posible al mundo real. El resultado de los desplazamientos corregidos es mostrado en la figura 3(c).

Figura 3. (a) Interferograma diferencia. (b) Mapa de desplazamiento.  
(c) Correcciones del terreno)



Fuente: Autores.

**Figura 4.** Resultados obtenidos utilizando el procedimiento descrito con el software SNAP.

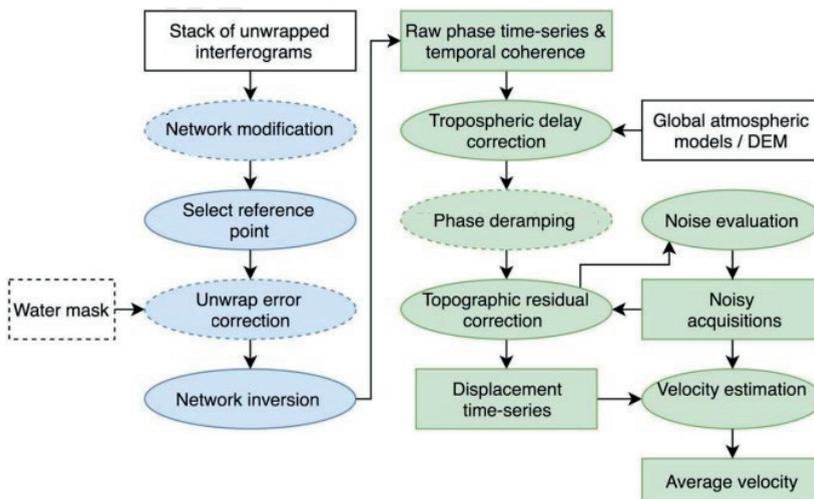


**Fuente:** Autores.

### Limitaciones del procedimiento y solución propuesta

Como extensión del procedimiento, y para obtener resultados visualmente más confiables y cómodos de manejar, se propone el uso de la librería MintPy (Yunjun, Fattahi, & Amelung, 2019) (la figura 5 muestra el proceso completo a realizar con la librería). MintPy es un paquete de código abierto creado para el procesamiento de imágenes InSAR, y es desarrollado por la Univesidad de Miami en conjunto con el Instituto de Tecnología de California.

**Figura 5.** Pasos para el procesamiento con la librería MintPy.



**Fuente:** Autores.

## Conclusiones

Con la herramienta SNAP es posible calcular de manera rápida y precisa los cambios en la superficie del terreno. Los resultados obtenidos pueden ser utilizados para el análisis de nuevas zonas de construcción, además de la predicción de sitios donde puede ocurrir mayor subsidencia. La combinación de las herramientas SNAP y MintPy resulta en una poderosa herramienta para el manejo de dichos elementos en cualquier tipo de superficies.

## Referencias bibliográficas

Dawei, Z., Lizhuang, Q., Demin, Z., Baohuli, Z., & Lianglin, G. (2020). Unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry technology for dynamic mining subsidence monitoring and parameter inversion: A case study in China. *IEEE Access*, *8*, 16372-16386.

de Luna, R., Garnés, S., Cabral, J., & dos Santos, S. (2017). Groundwater overexploitation and soil subsidence monitoring on Recife plain (Brazil). *Natural Hazards*, *86*(3).

Yunjun, Z., Fattahi, H., & Amelung, F. (2019). Small baseline InSAR time series analysis: Unwrapping error correction and noise reduction. *Computers & Geosciences*, *133*, 104331.

# METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE CONEXIÓN A RED EN CUBIERTAS UTILIZANDO PAQUETES CAD

**Dailin Berenguer Fuentes<sup>1</sup>, Rolando Esteban Simeón Monet<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Empresa Eléctrica Holguín, Holguín, Cuba [dailinbf@gmail.com](mailto:dailinbf@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidad de Holguín, Centro de Estudios CAD/CAM, Holguín, Cuba [rsimeoncu@gmail.com](mailto:rsimeoncu@gmail.com)

E-mail de correspondencia: [dailinbf@gmail.com](mailto:dailinbf@gmail.com)

## **Resumen**

El desarrollo de proyectos de sistemas fotovoltaicos lleva muchos requerimientos que tienen que ser tomados en cuenta, con vista a ser rentable la instalación, la explotación y el mantenimiento, y minimizar el período de recuperación de la inversión inicial. Este trabajo tiene como objetivo el de desarrollar una metodología para el diseño de sistemas fotovoltaicos en cubiertas con conexión a red que permita contribuir al aumento de la penetración de las energías renovables en el sector eléctrico. Para ello se enfoca en la implementación de sistemas fotovoltaicos en cubiertas, su forma de cálculo, su planeación, instalación y explotación, todo esto mediante la vinculación de softwares especializados de cálculo y selección de sistemas fotovoltaicos, y paquetes CAD para la obtención de la documentación técnica final. La metodología desarrollada se demuestra mediante la elaboración de cuatro casos de estudios donde se diseña la máxima potencia fotovoltaica técnica y económicamente factibles para la cubierta del edificio de la Empresa Eléctrica Holguín (EEH), en el primer caso, y en los otros 3 casos serían el edificio

Administrativo, edificio del Laboratorio de Informática y edificio del Parque tecnológico de la Sede Oscar Lucero Moya de la Universidad de Holguín; garantizando la generación de energía renovable capaz de cubrir la demanda en horario laboral (8:00 AM – 5:00 PM) del consumo eléctrico mensual.

## **Introducción**

Las energías renovables han surgido como alternativas viables a energías fósiles agotables y como una forma de reducir las emisiones de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub> y el NO<sub>x</sub> [1]. Entre estas, la energía fotovoltaica (FV) ha ganado cada vez más espacio e inversión, especialmente por su versatilidad de instalación (por ejemplo, plantas eléctricas y techos).[2].

Cuba, debido al desarrollo habitacional centrado por el estado, tiene un elevado número de edificaciones con amplias cubiertas, aptas para ser utilizadas como fuente energética, no obstante, casi la totalidad de los campos solares en Cuba han sido instalados en grandes áreas de tierras cultivables, aunque hay una política de mirar el desarrollo de instalaciones de estas fuentes de energía a las cubiertas, la forma de determinar la capacidad y necesidades en cada proyecto no está al alcance de todos los factores que pudieran beneficiarse.

La intención de cambiar las matrices energéticas en empresas e instalaciones estatales, choca con el desconocimiento y la elevada complejidad para determinar y distribuir de forma óptima las capacidades posibles a instalar en la cubierta de una o varias edificaciones, siguiendo los patrones lógicos y físicos, y además, teniendo en cuenta todos los elementos requeridos para el control y explotación de la instalación creada.

De ahí el objetivo de desarrollar una metodología para el diseño de sistemas fotovoltaicos de conexión a red en cubiertas, mediante la vinculación de paquetes CAD con sistemas especializados de proyectos fotovoltaicos, que permita contribuir al aumento de la penetración de las fuentes renovables de energía en el sector eléctrico.

## Materiales y métodos

### Metodología propuesta.

**PASO 1. Geolocalización:** Se utiliza el software Google Earth, permite obtener las coordenadas de las áreas de trabajo para la importación de los datos meteorológicos y determinar la posible desviación acimutal que pueda tener el edificio, que influye en el arreglo de paneles solares fotovoltaicos para obtener la mayor eficiencia posible.

**PASO 2. Área de trabajo:** Para determinar el área se hace uso del software AutoCAD (AutoDesk®) donde se hacen los planos previos del arreglo fotovoltaico a instalar, con las separaciones necesarias.

### PASO 3. Diseño del Sistema Fotovoltaico

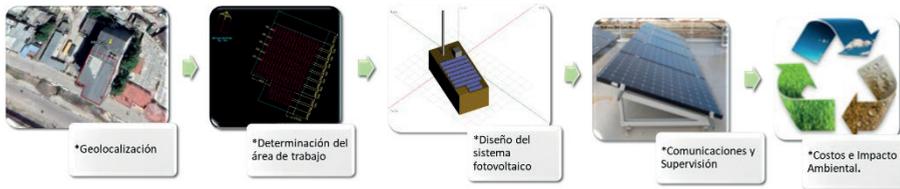
1. **Determinación de demanda y consumo de energía por meses:** Brinda la demanda a cubrir con el sistema fotovoltaico a diseñar. Generalmente en cubierta es difícil cubrir completamente por limitación de espacio, si se satisface una parte de la demanda puede aportar beneficios económicos a la institución.
2. **Caracterización del recurso solar en el emplazamiento.** Aporta la Radiación y la Irradiación Solar (directa, difusa, global y el albedo) (kWh/m<sup>2</sup>), datos de METEONORM.
3. **Orientación:** hacia el SUR en el hemisferio norte con un ángulo de inclinación de los paneles acorde con la latitud en Cuba 15°.
4. **Equipamiento:** Sujetos a la disponibilidad en el mercado

**Módulo fotovoltaico. Características y requerimientos técnicos.** En Cuba se utiliza tecnología de Silicio Monocristalino PERC con marco de aleación de aluminio anodizado.

**Inversor. Características y requerimientos técnicos.** inversores modulares.

**Dimensionamiento del sistema fotovoltaico** Para el diseño y dimensionamiento del proyecto se utiliza el software PVSyst. <https://www.pvsyst.com/>.

Figura 1 Esquema Metodológico



Fuente: (elaboración propia).

## Resultados y discusión

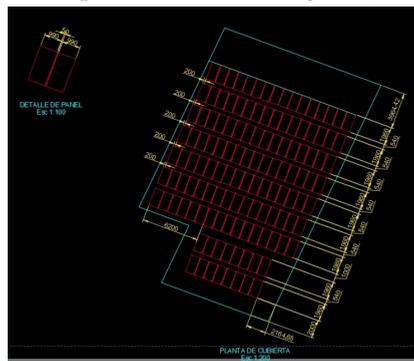
### Caso de Estudio. Empresa Eléctrica Holguín

#### PASO 1. Geolocalización (20.88°N de latitud y -76.26°O de longitud).

Figura 2: Imagen satelital mostrando la geolocalización del emplazamiento



Figura 3. Empresa Eléctrica Holguín (AutoCAD)



**PASO 2. Área de trabajo:** Azotea totalmente horizontal de área 758.6 m<sup>2</sup> utilizable el 62% equivalente a 475.1 m<sup>2</sup>.

### PASO 3. Diseño del Sistema Fotovoltaico

**Determinación de la demanda y el consumo de energía por meses.** Según la demanda contratada en kW por la EE Holguín y el consumo en kWh.

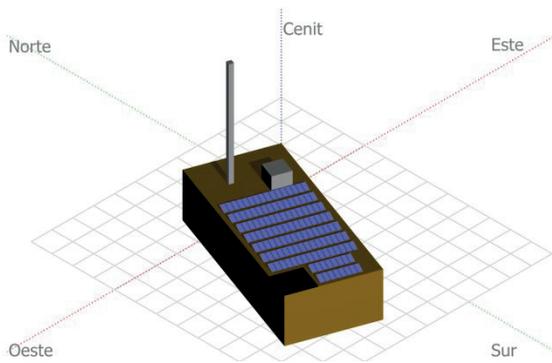
**Caracterización del recurso solar en el emplazamiento.** Los valores de irradiación de METEONORM 7.3 en el software PVSyst, dan 1625.6 kWh/m<sup>2</sup> de Irradiación Global Horizontal y 846.3 kWh/m<sup>2</sup> de Irradiación difusa.

**Orientación:** paneles a 15° con una orientación sur del arreglo fotovoltaico.

**Módulo fotovoltaico. Características y requerimientos técnicos.** módulos DSM-380MP fabricación cubana y 380 Wp de potencia máxima entregada. **Inversor. Características y requerimientos técnicos.** Inversor SUN2000-17/20KTL Huawei para utilizarlo a 20 kW de potencia entregada. <http://www.europe-solarshop.com/inverters/huawei-sun2000-20-ktl.html>

**Dimensionamiento del sistema fotovoltaico:** Con el software PVSyst 7.1, se planea utilizar 2 inversores de 20 kWca, 128 paneles de 380Wp, para una potencia FV nominal de 49 kWp, 16 módulos en serie y 8 strings en paralelo.

Figura 4. Parámetro de sombreados cercanos. Representación en 3D del diseño.



**Ahorro: Energía primaria para el país** Producción eléctrica fotovoltaica: 65.5 MWh/año. Ahorro anual quema de combustibles: 18.3 ton/año. **Emisiones gaseosas a la atmósfera** Producción eléctrica fotovoltaica: 65.5 MWh/año. Ahorro emisiones de CO<sub>2</sub>: 55.6 ton/año

## **Conclusiones**

Se obtuvieron gran cantidad de planos, tablas y el diseño de detalle de cada caso de estudio, la combinación de los diferentes softwares permite obtener de cada uno las características necesarias para un proyecto de detalle sustentado en datos fiables.

## **Referencias bibliográficas**

Rodríguez, F.; Galarza, A.; Vasquez, J. C.; Guerrero, J. M. (2022). Using deep learning and meteorological parameters to forecast the photovoltaic generators intra-hour output power interval for smart grid control. *Energy*, volume 239, 122116. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122116>

Ramos, L.; Colnago, M.; Casaca, W. (2022). Data-driven analysis and machine learning for energy prediction in distributed photovoltaic generation plants: A case study in Queensland, Australia. *Energy Reports*, volume 8, 745–751. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.11.123>

# SIMULACIÓN NUMÉRICA COMO HERRAMIENTA PARA PREDECIR DEFECTOS EN PROBETAS EXPERIMENTALES DE ALEACIONES DE HIERRO GRIS

Lisandra Pupo-Salazar<sup>1\*</sup>, Alberto Arias-Ambruster<sup>2</sup>, Rigoberto Pastor Sánchez-Figueroa<sup>2</sup>, Enrique Ernesto Zayas-Figueras<sup>3</sup>, Ana María Estrada-Quesada<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Universidad de Holguín, Centro de Estudios CAD/CAM, Holguín, Cuba*

<sup>2</sup> *Universidad de Holguín, Departamento de Ingeniería Mecánica, Holguín, Cuba*

<sup>3</sup> *Escuela Técnica de Ingeniería Industrial de Barcelona, Departamento de Ingeniería Mecánica, Barcelona, España*

\*Correspondence e-mail: lisandraps@gmail.com

## Resumen

En la actualidad el principal problema de las industrias cubanas dedicadas a la fundición es la baja calidad en la obtención de las piezas fundidas. La calidad de las piezas depende de muchos factores y estos pueden influir negativamente en la calidad de las piezas que se desea obtener para garantizar las propiedades mecánicas consideradas y para cumplir con su destino de servicio. Debido al elevado costo de la fabricación de las piezas fundidas, es necesario la utilización de herramientas computacionales que permitan a los ingenieros, asegurar a priori, la calidad de las mismas. En este trabajo se muestran los resultados de la aplicación del método de los elementos finitos para el análisis de las probetas experimentales de aleaciones de hierro gris. Se describen los comportamientos

en las etapas de llenado del molde y la solidificación del material. Los resultados indican que, con las condiciones iniciales de cálculo realizadas, se obtienen parámetros adecuados de comportamiento, pero que pueden ser mejorados en sucesivas evaluaciones.

## **Introducción**

Uno de los métodos más extendidos en la producción de piezas metálicas es la fundición. Las piezas obtenidas por colada resultan en general menos costosas que por otros métodos como la forja, estampado o soldadura, además de obtener buenas características mecánicas. Entre los múltiples problemas que se producen para la obtención de piezas de fundición sanas, encontramos la optimización del sistema de llenado del molde. Este sistema es el conjunto de conducciones realizadas en el molde con el fin de llevar el metal líquido hasta el interior del molde. Este paso es muy importante, ya que un llenado deficiente del molde puede provocar múltiples defectos en las piezas, de forma que éstas sean desechadas.

## **Materiales y métodos**

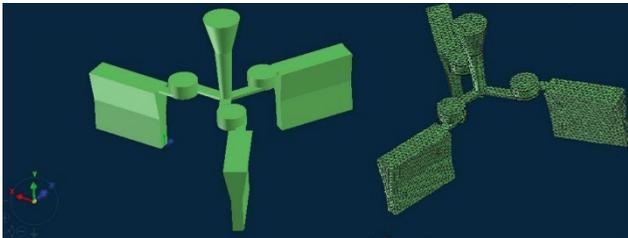
El desafío que enfrenta el modelado del llenado, es el desarrollo de un algoritmo de solución que pueda resolver las ecuaciones de momento y de continuidad simultáneamente. Aunque hay una diversidad de vías para hacerlo, en el campo de la modelación de la solidificación los métodos dominantes han sido reiterativos. Los métodos más populares son: SMAC, SOLA y SIMPLE. Aunque cada método fue diseñado para ser una mejora en su predecesor, en la práctica cada método tiene un elemento que lo distingue. El reto que enfrenta el modelado de flujo de metal durante la solidificación ha sido simular la disminución de la velocidad durante la interfase sólido/líquido. La técnica más fácil ha sido "apagar" la velocidad en el sólido. Una segunda técnica ha sido agregar un término fuente a la ecuación de momento que modera la velocidad del fluido en la región blanda. La tercera técnica ha sido modificar la viscosidad basada en la fracción sólida.

## Definición de la geometría de la pieza

El primer paso en el proceso de modelación es la definición de la geometría de la pieza a fundir. Los programas informáticos de simulación contemporáneos brindan la capacidad de importar la geometría de la pieza a fundir de un fichero con extensión STL, IGS, STEP de un sistema CAD. Es importante durante el proceso de modelación, incluir todos los elementos que puedan tener una influencia significativa en el llenado de la cavidad del molde y la posterior solidificación de la pieza (Figura 1).

Después de la definición de la geometría del sistema de fundición, esta geometría debe dividirse en un número discreto de elementos de volumen segmentados para los cálculos posteriores. Esto se realiza a través de algoritmos de mallados específicos (Figura 1). El punto más crítico a tener en cuenta es la influencia del tamaño de la malla en el cálculo. La precisión de los resultados aumenta con un tamaño de malla pequeño. Por otro lado, el tiempo de cálculo aumenta a medida que la malla se vuelve más fina (Arduino, 2014).

**Figura 1.** Modelo importado del CAD (a) y modelo del mallado en el software de fundición (b) En este caso PROCAST 2019.



Fuente: Autores.

## Definición de los parámetros tecnológicos y simulación

En este paso deben definirse las propiedades termo físicas de los materiales involucrados en el sistema de colada y deben especificarse las condiciones iniciales (por ejemplo, las temperaturas iniciales). También se necesitan condiciones límite para las incógnitas, como la velocidad o la presión del metal líquido que se vierte en la fundición o el coeficiente de transferencia de calor entre los diversos materiales en el sistema de fundición.

En este paso, las ecuaciones que rigen el proceso de llenado y solidificación de la fundición se resuelven en la malla computacional, utilizando el material

definido y los parámetros del proceso. Con este fin, el dominio a analizar, dividido en un número muy alto de volúmenes, y las condiciones fijadas por las ecuaciones diferenciales integrales que controlan el problema se imponen a través de solucionadores específicos con referencia a un número finito de puntos relacionados con dicha subdivisión.

### **Evaluación de los resultados**

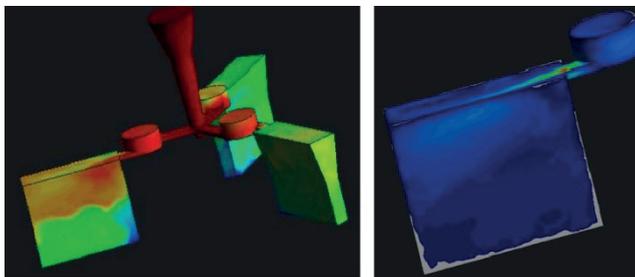
Los resultados de una simulación de llenado y solidificación de moldes son los valores de la variable dependiente (temperatura, presiones, velocidades) en la malla computacional. La evaluación de los resultados se logra visualizando estos valores en tres dimensiones y combinando los valores de las variables dependientes de manera físicamente significativa.

### **Resultados y discusión**

A continuación, se analizan algunos de los resultados obtenidos en el proceso de simulación por elementos finitos de las probetas de aleaciones de hierro. En la Figura 2 se observa la evolución de la temperatura del metal fundido a medida que ocupa el molde.

Evaluación de la temperatura en el llenado del molde b) Evaluación de la Erosión del molde.

**Figura 2.** Comportamiento de las variables de la temperatura en el llenado del molde y su erosión.



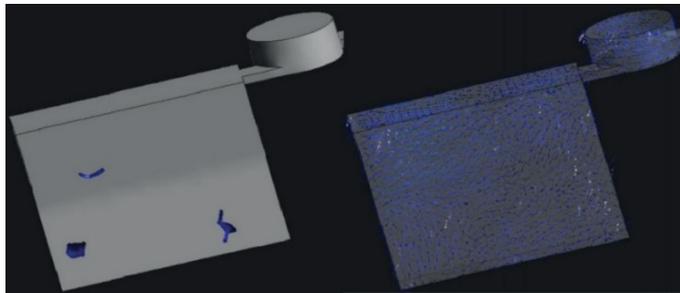
**Fuente:** Autores.

En dos de las probetas se muestra un comportamiento adecuado, en una de ellas, se aprecia un remanente de temperatura mayor, que deberá ser evaluado en otras iteraciones. Por otra parte, se muestra la erosión del molde, que es una

herramienta que mide el nivel de erosión del molde teniendo en cuenta las velocidades excesivas dentro del llenado, pudiendo marcar manualmente la velocidad a partir de la cual se considera velocidad crítica.

En la Figura 3 se muestran las posibles zonas de aire atrapado según la geometría de la pieza, observándose un buen comportamiento; y se muestra vectorialmente las velocidades alcanzadas en cada punto en función del tiempo de llenado, herramienta muy útil para distinguir los puntos críticos del molde.

**Figura 3.** Simulación numérica realizada con una velocidad inicial de 30 m/s con respecto al eje z.



**Fuente:** Autores.

## Conclusiones

Se describieron los comportamientos en las etapas de llenado del molde y la solidificación de las probetas de aleaciones de hierro. Los resultados indican que, con las condiciones iniciales de cálculo realizadas se obtienen parámetros adecuados de comportamiento, pero que pueden ser mejorados en sucesivas evaluaciones. El uso de herramientas de simulación numérica para la fundición, permitió simular diferentes condiciones. Estas herramientas brindan la oportunidad de modificar una gran variedad de parámetros con poco esfuerzo.

## Referencias bibliográficas

Arduino, F. (2014). Computer Simulation and Analysis of Investment Casting of Thin Patterns. (Master of Science in Mechanical Engineering), University of Illinois, Chicago, USA.

# COMPACTOS POROSOS DE NÍQUEL OBTENIDOS POR CONSOLIDACIÓN POR DESCARGA ELÉCTRICA

**Fátima Ternero Fernández<sup>1\*</sup>, Petr Urban<sup>1</sup>, Raquel Astacio López<sup>1</sup>, Rosa María Aranda Louvier<sup>2</sup>, Juan Manuel Montes Martos<sup>1</sup>**

*1 Grupo de Ingeniería de Materiales Avanzados (IMA). Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, Sevilla, España*

*2 Grupo de Ingeniería de Materiales Avanzados (IMA). Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Ciencia de Materiales. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Huelva, Huelva, España*

E-mail de correspondencia: fternero@us.es

## **Resumen**

Mediante la técnica de consolidación por descarga eléctrica (CDE) se ha estudiado la consolidación de polvo de níquel comercialmente puro (c.p.). Esta técnica de consolidación tiene como ventaja su extraordinaria velocidad de sinterizado, del orden del milisegundo, lo que la hace especialmente atractiva cuando se persigue preservar la nanoestructura inherente del polvo de partida o conseguir compactos con alta porosidad final (que es el caso abordado en este trabajo). Los compactos consolidados mediante CDE fueron caracterizados mediante medidas de porosidad y microdureza, y analizados microestructuralmente mediante microscopía óptica.

## Introducción

La Consolidación por Descarga Eléctrica (CDE) es una técnica pulvimetalúrgica que consiste en la consolidación de una masa o compacto de polvo conductor mediante el paso de una corriente eléctrica de media-alta tensión de gran potencia. La principal diferencia entre esta técnica y otras que también utilizan la corriente eléctrica (Montes, 2007 y Okazaki, 1994) es el uso de una tensión media que permite una mejor ruptura de las capas de óxido que cubren las partículas de polvo, facilitando así el paso de la corriente. Además, a diferencia de otras técnicas de consolidación eléctrica, en esta, la fuente de potencia eléctrica es un banco de condensadores. La principal ventaja de esta técnica es un tiempo de consolidación extraordinariamente corto (alrededor de milisegundos), que hace innecesario el uso del vacío o de atmósferas protectoras, además de preservar la estructura inherente del material y permitir la posibilidad de obtener compactos de alta porosidad.

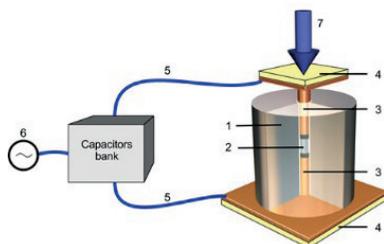
En este trabajo se describen los experimentos de CDE realizados con un polvo de níquel, comercialmente puro, utilizando como fuente de energía el banco de condensadores de un equipo de soldadura de pernos. Se analizan y discuten las propiedades (mecánicas y microestructurales) de los compactos obtenidos.

## Materiales y métodos

### Descripción del equipo EDC

La Fig.1 muestra un esquema de los componentes básicos del equipo experimental para llevar a cabo la CDE.

**Figura 1.** Esquema de los componentes básicos del equipo CDE: (1) matriz térmica y eléctricamente aislante de sialón, (2) polvo, (3) electrodos (superior e inferior), (4) aislante eléctrico (superior e inferior), (5) cables de conexión al banco de condensadores, (6) fuente de alimentación externa (red eléctrica, 220 V), (7) prensa neumática.



Algunos experimentos previos aconsejaron fijar las condiciones eléctricas de trabajo en las más extremas que permite el equipo: 200 V y 132 mF.

## **Materiales**

Para este trabajo se seleccionó un polvo de níquel comercialmente puro, suministrado por la empresa Valve INCO con el nombre de Ni Type 255. Se midió una baja densidad aparente de solo  $0.6 \text{ g/cm}^3$  (un 6.7 % de la densidad absoluta,  $8.91 \text{ g/cm}^3$ ), y una densidad de golpeo de  $1.25 \text{ g/cm}^3$ . Este último valor da como resultado una porosidad de golpeo de 0.86. El polvo de níquel de tipo 255 tiene una estructura formada por finos filamentos tridimensionales, con un tamaño medio entre 3 y  $5 \mu\text{m}$ .

## **Procedimiento experimental**

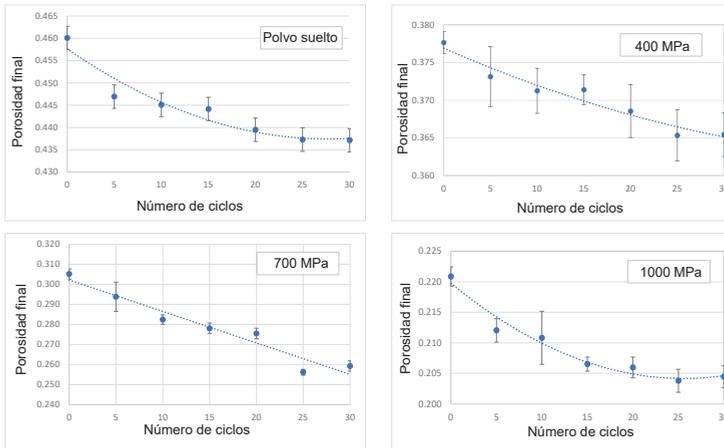
Los experimentos de CDE se realizaron tanto directamente sobre polvos sueltos, como sobre compactos en verde prensados en frío en una matriz de 8 mm de diámetro. Para esta precompactación en frío se seleccionaron las presiones de 400, 700 y 1000 MPa, previo estudio de su curva de compresibilidad. El polvo suelto y los compactos en verde se sometieron a varios ciclos de descarga eléctrica (5, 10, 15, 20, 25 y 30 ciclos) con una presión de trabajo constante de 200 MPa, mantenida entre ciclo y ciclo. A los compactos obtenidos se les midió su porosidad final (mediante medida de masa y tamaño) y su microdureza Vickers en varios puntos de una sección diametral de los compactos (microdurómetro Struers Duramin-A300).

## **Resultados y discusión**

### **Porosidad final**

La Fig. 2 muestra las porosidades finales de los compactos obtenidos en los experimentos de CDE partiendo de polvos sueltos y de precompactos. Como se esperaba, la porosidad final de los compactos consolidados eléctricamente disminuye a medida que aumenta el número de ciclos. Esto confirma la mejora en la densificación del compacto con el incremento de energía eléctrica cedida (aunque el efecto no es muy significativo).

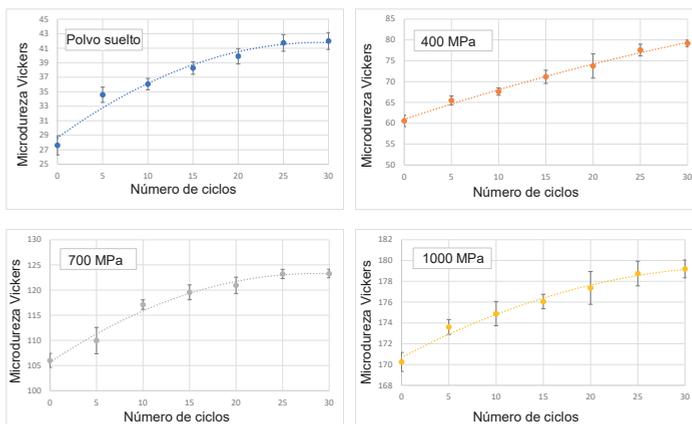
**Figura 2.** Comparación de la porosidad final de los compactos obtenidos en los experimentos de CDE partiendo de polvos sueltos y de precompactos, en función del número de ciclos. Las líneas de tendencia añadidas son polinomios de segundo grado.



### Microdureza Vickers

La Fig. 3 muestra los valores medios de microdureza Vickers medidos sobre los compactos consolidados por CDE a partir de polvos sueltos y de precompactos. Como cabía esperar, la microdureza de los compactos CDE disminuye a medida que aumenta el número de ciclos. Los resultados muestran que cuanto mayor es la porosidad, menor es la dureza, como cabría esperar.

**Figura 3.** Comparación de la microdureza Vickers de los compactos obtenidos en los experimentos de CDE partiendo de polvos sueltos y de precompactos, en función del número de ciclos. Las líneas de tendencia añadidas son polinomios de segundo orden.



## Conclusiones

Se ha consolidado un polvo de níquel comercialmente puro haciendo pasar a través de ellos una corriente eléctrica procedente de un banco de condensadores (técnica de CDE), consiguiendo compactos con alta porosidad, pero bien consolidados. Los compactos finales obtenidos a partir de precompactos alcanzan una menor porosidad y mayor microdureza que la que consiguen los compactos consolidados eléctricamente a partir de polvo suelto.

## Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad (España) y el Feder (UE) a través del proyecto de investigación DPI2015-69550-C2-1-P.

## Referencias bibliográficas

Montes J.M., Cuevas F.G., and Cintas J. (2007). Electrical resistivity of metal powder aggregates. *Metallurgical and Materials Transactions B: Process Metallurgy and Materials Processing Science*, 38 (6). 957-964. doi:10.1007/s11663-007-9097-3.

Okazaki K. (1994). Electro-discharge consolidation of particulate materials. *Reviews in Particulate Materials*, 2. 215-269.

# INFLUENCE OF THE LOW-FREQUENCY VIBRATION IN THE ULTIMATE TENSILE STRENGTH OF “IN MOLD” NODULAR CASTING IRON

**Rigoberto Pastor Sánchez-Figueroa<sup>1</sup>, Asdrúbal Braulio García-Domínguez<sup>2</sup>, Roberto Pérez-Rodríguez<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Mechanical Engineering Department, University of Holguín, Holguín 80100, Cuba, rigo@uho.edu.cu*

<sup>2</sup> *CEEFREP Study Centre, University of Camaguey, Camaguey 74650, Cuba, asdrubal.garcia@reduc.edu.cu*

<sup>3</sup> *CAD/CAM Study Centre, University of Holguín, Holguín 80100, Cuba, roberto.perez@uho.edu.cu*

E-mail de correspondencia: *rigo@uho.edu.cu*

## **Abstract**

The purpose of the present research is to demonstrate how the application of low frequency vibrations influences the ultimate tensile strength in nodular iron foundries by the "In Mold" method. The results obtained show the applicability of the research, improving in this way the mechanical properties of the material and decreasing the amount of nodulisant mass alloy to be used.

## **Introduction**

The control of the micro structure, results from the casting process is considered one of the main challenges faced by the foundry industry. The claiming is to produce defect free metallic components that demonstrate optimal mechanical

properties with the lowest cost and shortest lead-time. The micro structures obtained, usually show favorable mechanical properties of strength and ductility with low susceptibility to micro porosity and cracks (Abu-Dheir, Khraisheh, Saito, & Male, 2005).

The use of mechanical vibrations as a technique for the improvement of the surface quality of foundries, has been broadly considered by different authors (Smirnov, Pilyushenko, Momot, & Amitan, 2002; Ten, 2009; Vorozhtsov, Kudryashova, Promakhov, Dammer, & Vorozhtsov, 2016).

The purpose of the present research is to demonstrate how the application of low frequency vibrations influences the ultimate tensile strength in nodular iron foundries by the "In Mold" method.

## **Material and methods**

In the present research, a modification of foundry type "In mold" is used, where the mass of the nodulisant mass alloy (ferrosilicon) is introduced in the casserole before reaching the mold (as is customary in the traditional nodular process). Therefore, the liquid alloy already contains the inoculant, thus avoiding the need to carry out its dilution inside the reaction chamber and to foresee the presence of impurities in the resulting casting.

According to the research hypothesis, the levels of the nodulisant mass alloy were established to demonstrate the possibility of increasing its modifying performance, for which different frequencies of vibration were applied during the pouring and solidification process in the mold. The experimental process was carried out at the Holguín Mechanical Company (Cuba) at a laboratory scale.

Table 1 shows the levels of the independent variables considered. Two replications were made with each set of data for the request of information, so in total there were 36 experimental trials. Pilot runs were carried out to check all the experimental conditions and measurement equipment.

**Table 1.** Independent variables considered in the experimental tests.

Variables	Parameters	Units	Low level	Medium level	High level
T	Discharge temperature	°C	1425	-	1450
F	Vibration frequency	Hz	65	70	75
M	Nodulisant alloy mass	g	190	171	152

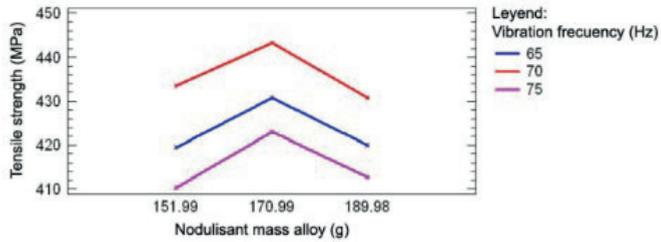
**Source:** Authors

## Results and discussion

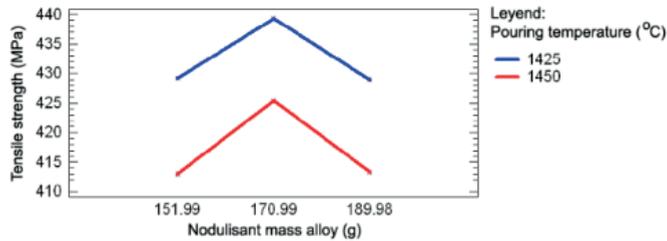
The interaction graph in Figure 1a shows the evolution of the ultimate tensile strength, the nodulisant mass alloy and the frequency of vibration. It can be seen that for the nodulisant mass alloy of 152 g, (pouring temperature of 1425 °C), the ultimate tensile strength increases from the vibration frequency of 65 Hz (396 MPa), until obtaining the best value with a vibration frequency of 70 Hz (472 MPa).

This behavior occurs due to the interaction between the variable vibration frequency and the alloy of the nodulizing mass, an adequate nucleation rate is presented. This interaction constitutes an accelerator of the cooling process, which avoids the de-modifying effect of Mg and exerts a positive effect on the speed and homogeneity of dissolution of the nodulisant mass alloy.

**Figure 1.** Influence of nodulisant mass, the pouring temperature and the frequency of vibration in ultimate tensile strength.



**(a)**



**(b)**

Source: Authors

The interaction graph (Figure 1b) shows the behavior of the ultimate tensile strength versus the mass of the nodulisant and the pouring temperature. It is observed how for the pouring temperatures of 1425 °C and 1450 °C, there is an increase in the ultimate tensile strength with a nodulisant mass of 152 g to 171 g. The best value is obtained in the case of using a pouring temperature of 1425 °C and a vibration frequency of 70 Hz. The statistical analysis carried out shows that the pouring temperature and the nodulisant mass with a lower p value at 0.05, they present significant differences.

## Conclusions

The research prove how the application of low frequency vibrations influences the performance of the ultimate tensile strenght, in nodular iron foundries by the "In Mold" method. The results obtained show the industrial applicability of the research, improving in this way the mechanical properties of the material and decreasing the amount of nodulisant mass alloy to be used.

## Bibliographic references

Abu-Dheir, N., Khraisheh, M., Saito, K., & Male, A. (2005). Silicon morphology modification in the eutectic Al-Si 395 alloy using mechanical mold vibration. *Material Science Engineering A*, 1-2, 109-117.

Smirnov, A. N., Pilyushenko, V. L., Momot, S. V., & Amitan, V. N. (2002). Hardening of external effect exposed metal melt (In Russian). *Liteinoe Proizbodstvo*, 53, 91-106.

Ten, E. B. (2009). Influence of low-frequency vibration on the structure and properties of cast iron. *Steel in Translation*, 39, 556-558.

Vorozhtsov, S., Kudryashova, O., Promakhov, V., Dammer, V., & Vorozhtsov, A. (2016). Theoretical and experimental investigations of the process of vibration treatment of liquid metals containing nanoparticles. *JOM*, 68, 3094-3100.

# FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ ALUMINIO REFORZADOS CON NANOPLAQUETAS DE GRAFENO

**Cristina Arévalo<sup>1,\*</sup>, Juan G. Lozano<sup>1</sup>, Isabel Montealegre-Meléndez<sup>1</sup>, Eva M. Pérez-Soriano<sup>1</sup>, Sheila K. Lascano<sup>2</sup> y Rosalía Poyato<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Escuela Politécnica Superior, Dpto de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, Universidad de Sevilla, Sevilla*

<sup>2</sup> *Dpto de Ingeniería Mecánica, Universidad Técnica Federico Santa María, Santiago de Chile*

<sup>3</sup> *Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla, ICMS, CSIC-Universidad de Sevilla, Sevilla*

E-mail de correspondencia: carevalo@us.es

## **Resumen**

La optimización y aplicación de materiales funcionales en muchos sectores es crucial, existe una continua búsqueda de mejora. Un ejemplo es la unión de propuestas ya existentes con soluciones novedosas que permitan avanzar y desarrollar nuevas propiedades de dichos materiales. Esto ha dado lugar al avance científico de materiales compuestos que permiten aunar bondades de aquellos que los forman. Este estudio versa sobre la fabricación de materiales compuestos de matriz metálica de aluminio con refuerzo de grafeno, el cual ha sido empleado en forma de nanoplaquetas (GNPs). Se ha fabricado mediante pulvimetalurgia (PM) convencional con molienda de la mezcla de polvos de Al-GNP con distintas proporciones de grafeno (0,3%, 0,5% y 1% en volumen de grafeno), con su posterior prensado y sinterizado. Se han realizado ensayos para medir sus

propiedades físicas y se ha analizado la microestructura mediante microscopía óptica (OM) y electrónica de barrido (SEM). Se busca mejorar las propiedades mecánicas del metal debido a la acción del refuerzo, con el fin de poder aplicarlo de forma más amplia y efectiva a diferentes sectores industriales.

## **Introducción**

El aluminio es un metal muy común en la naturaleza. Atendiendo a su uso en sectores industriales, es el más empleado después de los ferrosos. Es ligero, dúctil y con una resistencia baja, la cual puede mejorarse mediante aleación con otros metales o como matriz de materiales compuestos. El grafeno es un material bidimensional, con un espesor de sólo una capa de átomos de carbono que posee estructura atómica hexagonal. Entre sus excelentes propiedades, destaca su elevada resistencia mecánica. Este trabajo se centra en la fabricación de materiales compuestos de matriz metálica de Al y refuerzo de grafeno en forma de nanoplaquetas. Hay relativamente poca investigación que avale sus propiedades y todavía no ha sido procesado y ensayado de forma masiva (Pérez-Bustamante et al, 2014; Yue et al, 2017). Estudios previos han revelado ventajas significativas en propiedades tanto mecánicas, como térmicas y eléctricas, totalmente aplicables a las demandas actuales de los materiales ingenieriles (Gao et al, 2016; Li et al, 2018).

## **Materiales y métodos**

El polvo de aluminio empleado (Ecka Granules, Austria), tiene un tamaño medio de partícula de 79,43 $\mu\text{m}$  y una densidad de 2,70g/cm<sup>3</sup>. El grafeno (GNPs, Angstrom Materials, EEUU) viene en nanoplaquetas de más de 100 capas de grafeno con un espesor de capa aproximado de entre 50-100nm y un diámetro planar inferior a 5 $\mu\text{m}$ ; la densidad es de 2,2g/cm<sup>3</sup>. Para la correcta dispersión y mezcla del polvo (Al y GNPs), se utiliza una sonda de ultrasonidos KT-600. Para facilitar la dispersión de los GNPs en el polvo de aluminio se usa etanol. A la disolución etanol-GNPs se aplica una serie de 3 ciclos de 5min de ultrasonidos. Posteriormente, se añade el polvo de Al y se procede con un último ciclo con los mismos parámetros

para asegurar una buena dispersión. Se realiza una molienda planetaria a 350rpm durante 30min. Las bolas, de acero inoxidable, tienen un peso de 3,50g y junto al polvo forman una relación de peso bola-polvo de 10:1. Se han fabricado cuatro probetas mediante pulvimetalurgia convencional (PM); aluminio puro de referencia y Al-GNPs con 0,3%, 0,5% y 1% (v) de GNPs. Las probetas se han prensado uniaxialmente a 850MPa y sinterizado posteriormente a 650°C durante 60min. Presentan unas dimensiones finales de 12cm de diámetro por 10cm de altura.

## Resultados y discusión

En este apartado se muestran los resultados más destacados de la medición de las propiedades físicas (densidad y dureza) y caracterización microestructural de los materiales compuestos de Al-GNPs fabricados en este estudio.

### Propiedades físicas

A continuación, se muestra en la tabla 1 las medidas de densidad realizadas por el método de Arquímedes, así como la dureza obtenida mediante ensayo Vickers con una carga aplicada de 0,5kg.

**Tabla 1.** Medidas de densidad y dureza de las probetas de Al-GNP fabricadas.

Propiedad	Al-GNP 0,3%(v)	Al-GNP 0,5%(v)	Al-GNP 1%(v)
Densidad [g/cm <sup>3</sup> ]	2,609	2,622	2,646
Dureza [HV0,5]	32	37	33

Fuente: elaboración propia.

### Caracterización microestructural

Las muestras fueron caracterizadas microestructuralmente mediante OM y SEM. Para cada uno de los compuestos procesados, la Figura 1 muestra un collage con micrografías a diversos aumentos con detalles de la microestructura.

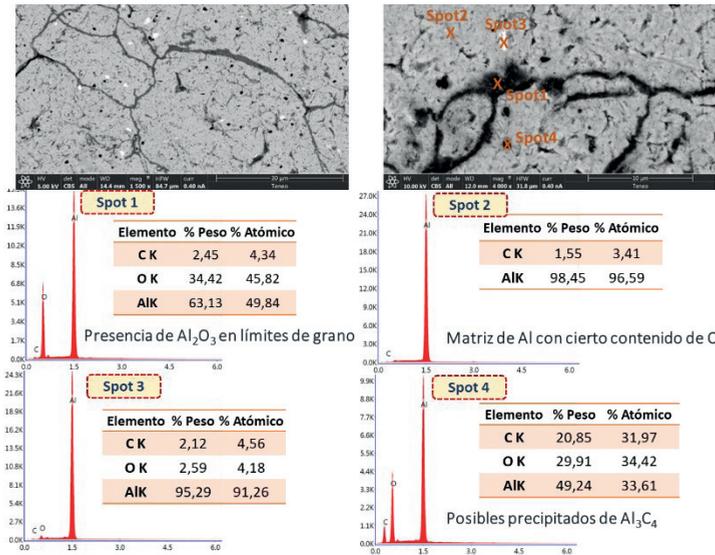
**Figura 1.** Imágenes de MO de los Al-GNP sinterizados por PM convencional.



Fuente: elaboración propia.

A continuación, las Figuras 2 y 3 muestran micrografías SEM de la probeta reforzada con 0,5%, así como resultados de energía dispersiva de rayos-X (EDS) en distintas zonas (spots) para comprobar la composición de segundas fases y demás componentes.

**Figura 2.** Imágenes de BSE-SEM de Al-0,5%GNP así como espectros de EDS y resultados de análisis composicional de varias zonas de interés.



Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

Mediante PM convencional sinterizado en horno en vacío se ha podido llevar a cabo con éxito el conformado de materiales compuestos Al-GNPs. El refuerzo óptimo en términos de dureza se ha obtenido para el 0,5% en volumen. La densidad del material compuesto ha sido menor que la densidad del aluminio puro, lo que muestra una de las ventajas del uso de grafeno como refuerzo. Los GNPs forman aglomerados conforme aumenta la cantidad de grafeno en la muestra. Este aumento trae consigo el incremento de la cantidad de precipitados ( $Al_4C_3$ ) en la matriz. Estos aglomerados tienen influencia en las propiedades mecánicas de la probeta final. Se ha observado también una acumulación de óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ) en los límites de grano.

## Agradecimientos

Ayudas para el uso de los SGI del Plan Propio de la Univ. de Sevilla 2021. Se agradece al alumno Sixto Sánchez Moreno por su trabajo y dedicación.

## Referencias bibliográficas

- Gao, X., Yue, H., Guo, E., Zhang, H., Lin, X., Yao, L., Wang, B. (2016). Preparation and tensile properties of homogeneously dispersed graphene reinforced aluminum matrix composites. *Mater Des* 94, 54–60. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.01.034>
- Li, M., Gao, H., Liang, J., Gu, S., You, W., Shu, D., Wang, J., Sun, B. (2018) Microstructure evolution and properties of graphene nanoplatelets reinforced aluminum matrix composites. *Mater Charact* 140, 172–178. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2018.04.007>
- Pérez-Bustamante, R., Bolaños-Morales, D., Bonilla-Martínez, J., Estrada-Guel, I., Martínez-Sánchez, R. (2014). Microstructural and hardness behavior of Graphene nanoplatelets/aluminum composites synthesized by mechanical alloying. *J Alloys Compd* 615, S578–S582. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2014.01.225>
- Yue, H., Yao, L., Gao, X., Zhang, S., Guo, E., Zhang, H., Lin, X., Wang, B. (2017). Effect of ball-milling and graphene contents on the mechanical properties and fracture mechanisms of graphene nanosheets reinforced copper matrix composites. *J Alloys Compd* 691, 755–762. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2016.08.303>

# DESARROLLO DE DISPERSIONES LUBRICANTES SOSTENIBLES BASADAS EN NANOESTRUCTURAS DE ACETATO-FTALATO DE CELULOSA Y ACEITE DE RICINO.

**M.A. Martín-Alfonso, J.F. Rubio-Valle, J.E. Martín-Alfonso**

*Centro de Investigación en Tecnología de Productos y Procesos Químicos (Pro<sup>2</sup>Tecs). Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Ciencia de los Materiales. ETSI, Universidad de Huelva, Campus de "El Carmen", 21007 Huelva, España.*

E-mail de correspondencia: manuelantonio.martin@diq.uhu.es

## **Resumen**

La conciencia global de la sociedad actual sobre la contaminación y el cambio climático ha dado lugar a líneas de investigación centradas en el desarrollo de materiales más sostenibles. En el sector de los lubricantes se intentan sustituir los tradicionales aceites minerales y jabones metálicos por líquidos lubricantes y espesantes más sostenibles desde el punto de vista medioambiental. Los derivados de la celulosa y los aceites vegetales pueden proponerse como agentes espesantes y líquidos lubricantes sostenibles para el desarrollo dispersiones. En este trabajo se propone utilizar nanoestructuras de acetato-ftalato de celulosa (CAPH) obtenidas mediante electrohilado y aceite de ricino para formular dispersiones empleadas como alternativas biodegradables a las grasas lubricantes tradicionales. En concreto, se ha evaluado la influencia de la concentración de las disoluciones poliméricas en sus propiedades fisicoquímicas, y en la

morfología de las nanoestructuras obtenidas, así como la influencia de la concentración de espesante en las propiedades reológicas de las dispersiones.

## **Introducción**

Se estima que más de la mitad de los lubricantes líquidos (aceites) y semisólidos (grasas) acaban vertidos en el medio ambiente (Syahir et al., 2017). Dada la preocupación actual por el medio ambiente, se intentan desarrollar nuevos materiales más sostenibles: los llamados ecomateriales (Liu et al., 2020). En el campo de los lubricantes semisólidos también se está estudiando la obtención de lubricantes más amigables con el medio ambiente.

## **Materiales y métodos**

Para este trabajo se emplearon como materias primas acetato-ftalato de celulosa (CAPH), acetona, dimetilacetamida (DMA) y aceite de ricino. Se prepararon disoluciones con distintas concentraciones de CAPH en una mezcla de acetona y DMA 2:1 p/p. Las disoluciones preparadas se electrohilieron en una cámara Doxa Microfluidics StartUp (Doxa Microfluidics, España) para obtener las nanoestructuras. El procesado de las dispersiones de CAPH con aceite de ricino se hizo con un agitador RW 20 (Ika, Alemania). El proceso se llevó a cabo durante 15 minutos a una velocidad de 60 rpm.

## **Resultados y discusión**

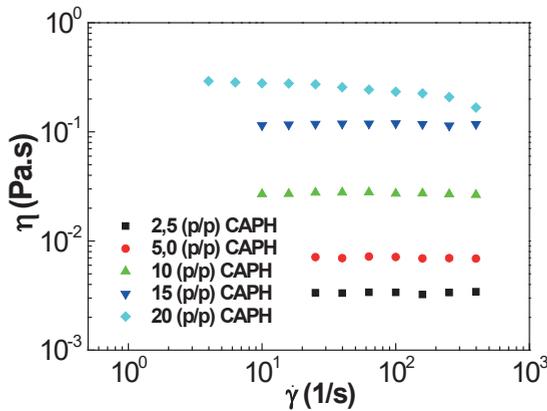
La **Tabla 1** muestra los valores de tensión superficial y conductividad de las disoluciones de CAPH preparadas. Se observa que la tensión superficial aumenta cuando aumenta la concentración de la disolución. En cuanto a la conductividad, ésta aumenta hasta llegar a un máximo, que se da en la disolución del 10%, y después disminuye.

**Tabla 1.** Tensión superficial y conductividad para las disoluciones de CAPH.

CAPH (% p/p)	Tensión superficial (mN/m)	Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )
2,5	24,1	19,0
5	24,9	31,1
10	28,3	37,2
15	35,9	36,6
20	41,6	30,8
25	54,1	31,5

Fuente: elaboración propia.

**Gráfico 1.** Viscosidad frente a velocidad de cizalla para las disoluciones de CAPH.



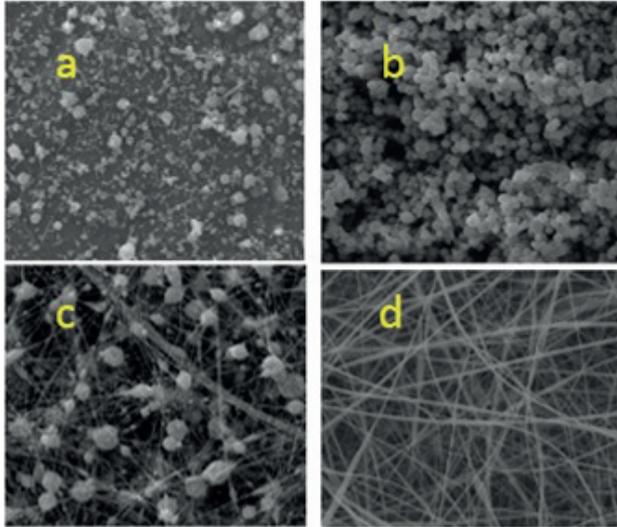
Fuente: elaboración propia.

En el **Gráfico 1** se muestra la evolución de la viscosidad para las disoluciones de CAPH electrohiladas. La viscosidad aumenta con la concentración en todo el rango de velocidades de cizalla estudiado.

La **Figura 1** presenta las micrografías de las nanoestructuras conseguidas mediante electrohilado. Para las concentraciones de 5% y 10% se tienen partículas;

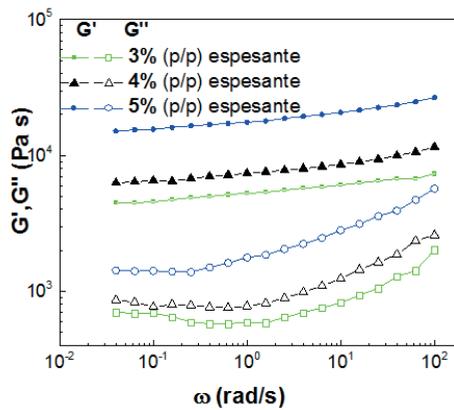
con la concentración del 15% se obtienen fibras con partículas (*beads*); y la nanoestructura del 20% de CAPH tiene únicamente fibras.

**Figura 1.** Micrografías de las nanoestructuras: a) 5% CAPH, b) 10% CAPH, c) 15% CAPH, d) 20% CAPH.



Fuente: elaboración propia.

**Gráfico 2.** Evolución de los módulos de almacenamiento y pérdidas en función de la frecuencia para las dispersiones elaboradas a partir de nanoestructuras con un 20% de CAPH.



Fuente: elaboración propia.

En el **Gráfico 2** se muestran los espectros mecánicos de las dispersiones elaboradas. Como puede observarse, los módulos de almacenamiento ( $G'$ ) son siempre mayores que los módulos de pérdidas ( $G''$ ). Los valores de  $G'$  y de  $G''$  aumentan con la concentración de espesante en las dispersiones.

## Conclusiones

Las disoluciones de CAPH presentan propiedades fisicoquímicas apropiadas para electrohilado. La concentración de CAPH es un factor clave en las propiedades morfológicas de las nanoestructuras: para bajas concentraciones se obtienen partículas y a medida que se aumenta la concentración aparecen fibras. Las mezclas del aceite de ricino con las nanoestructuras dan lugar a sistemas estructurados, con espectros mecánicos característicos de dispersiones tipo gel.

## Agradecimientos

Los autores desean hacer constar su agradecimiento al Fondo Europeo de Desarrollo Regional, la Consejería de Transformación Económica, Industria, Conocimiento y Universidades, Junta de Andalucía y Estrategia de Política de Investigación y Transferencia-UHU (proyectos PY20\_00751 y UHU202029) por la financiación aportada.

## Referencias bibliográficas

Liu, J., Yuan, H., Tao, X., Liang, Y., Jae Yang, S., Huang, J., Yuan, T., Titirici, M., Zhang, Q. (2020). Recent progress on biomass-derived ecomaterials toward advanced rechargeable lithium batteries. *EcoMat* 2 (1), e12019.

Syahir, A., Zulkifli, N., Masjuki, H., Kalam, M.A., Alabdulkarem, A., Gulzar, M., Khuong, L.S., & Harith, M.H. (2017). A review on bio-based lubricants and their applications. *J. Cleaner Prod.*, 168, 997-1016.

# FABRICACIÓN ADITIVA DE INVAR 36: INFLUENCIA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN EN LAS PROPIEDADES FINALES

**Isabel Montealegre Meléndez<sup>1,\*</sup>, Enrique Ariza Galván<sup>2</sup>, Cristina Arévalo Mora<sup>1</sup>, Eva M<sup>a</sup> Pérez Soriano<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Departamento, Universidad, Ciudad Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, Sevilla, España*

<sup>2</sup> *RHP-Technology, Seibersdorf, Austria*

E-mail de correspondencia: imontealegre@us.es

## **Resumen**

El INVAR 36 conocido como FeNi36 es una aleación de hierro (64%) y níquel (36%). El nombre de INVAR proviene de la palabra invariable, en referencia a su casi inexistente alteración ante los cambios de temperatura. Por su bajo coeficiente de dilatación, este material se emplea para piezas de alta estabilidad dimensional. El INVAR 36 presenta como desventaja ser susceptible a la fluencia lenta. De ahí el interés en poder fabricar componentes mediante técnicas de fabricación aditiva (AM). La técnica de AM empleada en esta investigación es "Plasma Metal Deposition" (PMD), la cual permite construir piezas complejas mediante la deposición capa a capa de material, siendo la fuente de energía empleada plasma. En el presente trabajo se ha empleado INVAR 36 en formato filamento, con contenidos de Nb, Mn y Ti con objeto de evitar el agrietamiento en caliente. La motivación principal de este estudio es analizar la influencia de los parámetros de fabricación sobre las

propiedades finales de especímenes de INVAR 36 extraídos de una pared conformada mediante PMD. Se ha determinado la existencia de diferencias en las características finales de los especímenes extraído en función de la orientación que presentaban en la pared fabricada vía PMD.

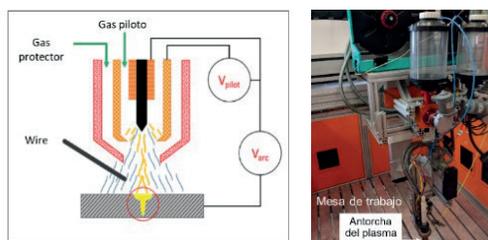
## **Introducción**

La aleación Fe-36wt.%Ni (INVAR) es bien conocido por su bajo coeficiente de expansión térmica (CTE) por debajo de su temperatura de Curie (230 °C) y excelentes propiedades mecánicas en ambiente criogénico. Es por ello por lo que ha sido ampliamente empleado como material de alta confiabilidad y precisión en componentes donde se requiere una alta estabilidad dimensional. Los componentes de Invar 36 se fabrican convencionalmente mediante mecanizado, lo que conlleva un alto coste. La fabricación aditiva “Plasma Metal Deposition” (PMD), permite fabricar geometrías complejas de forma libre directamente a partir de modelos de diseño asistido por ordenador (CAD). Se considera una tecnología de fabricación adecuada, especialmente para aquellos materiales metálicos que tienen dificultades con el mecanizado/herramienta. Sin embargo, según el conocimiento de los autores hasta la fecha, no se documentan estudios sobre PMD de Invar 36, aunque hay un par de informes sobre la deposición directa por láser (DLD) y fusión selectiva por láser (SLM) de Invar 36 en los que se pone en relieve la importancia de los parámetros de fabricación sobre las propiedades finales de las piezas fabricadas (Wegener, T. 2021; Yakout, M. 2019). Previo al presente trabajo de investigación, se llevó a cabo un estudio paramétrico que sirvió para fijar las condiciones de fabricación vía PMD (Ariza, E. 2022). Bajo parámetros determinados de voltaje empleado (20V) y distancia de la antorcha sobre la capa depositada (10 mm), se fabricó una pared de INVAR. El objetivo del estudio fue determinar la variabilidad de propiedades entre muestras extraídas de dicha pared a varias alturas.

## Materiales y métodos

El material de partida para la fabricación capa a capa de la pared de INVAR, fue filamento. La técnica de fabricación PMD es conocida por los autores del trabajo. Mediante el plasma generado, el material depositado se funde y capa a capa se conforma la pieza con la geometría final deseada. La diversidad de parámetros de fabricación que pueden influir en las propiedades finales de las piezas en el presente trabajo queda descartada, ya que se fijan los dos más destacados, como son el voltaje y la distancia de la antorcha con respecto al material depositado. En la Figura 1 se representa un esquema del proceso (izq.) y se muestra una imagen del dispositivo empleado (dcha.). En función de la cantidad de material depositado, las dimensiones de la pared final varían. En el caso del presente trabajo de investigación, la fotografía de la pared de INVAR producida puede observarse en la Figura 2.

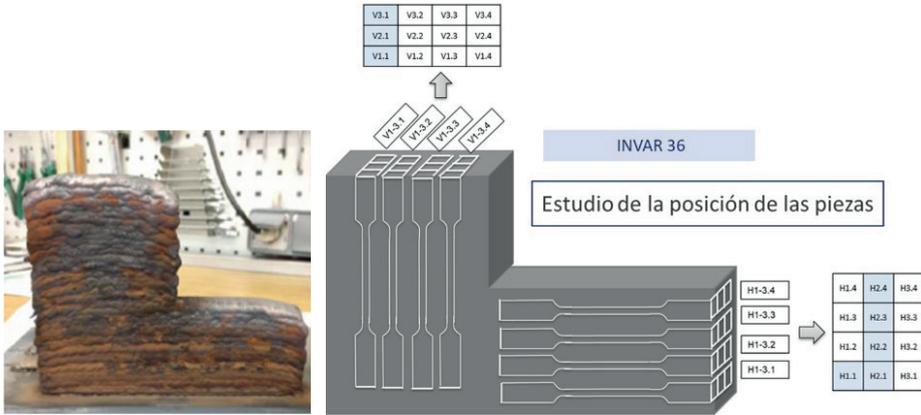
**Figura 1.** Esquema e imágenes del dispositivo de Plasma Metal Deposition.



**Fuente:** elaboración propia.

Para llevar a cabo un estudio minucioso de la influencia de la disposición de las muestras dentro de la pared fabricada, se realizó el dibujo mostrado en la Figura 2. Se puede apreciar cómo se valoraron muestras en la zona central, en sentido vertical y horizontal. Las muestras extraídas y caracterizadas fueron las siguientes: i) Probetas horizontales: H1.1, H2.1, H2.2, H2.3 y H2.4; ii) Probetas verticales: V1.1, V2.1 y V3.1. Se les midió la densidad mediante el método de Arquímedes; se realizaron ensayos de dureza Vickers y se estudió microestructuralmente mediante microscopía óptica, en un microscopio óptico Nikon Epiphot acoplado a una cámara Jenoptik Progres C3.

**Figura 2.** Imagen real de la pared de INVAR36 fabricada en RHP-Technology (izquierda) y disposición esquemática de las muestras estudiadas (derecha).



**Fuente:** elaboración propia.

## Resultados y discusión

La razón principal para la elección de las probetas fue su localización geométrica en la pieza. Así pues, el grupo de probetas horizontales forman una hilera que asciende en sentido vertical. Esto hizo posible observar si existían diferencias entre las capas inferiores y las superiores. En la Tabla 1 se pueden apreciar las propiedades teóricas del INVAR y los valores de densificación obtenidos. Se logró fabricar piezas con alta densificación, lo que indica que los parámetros fueron adecuados.

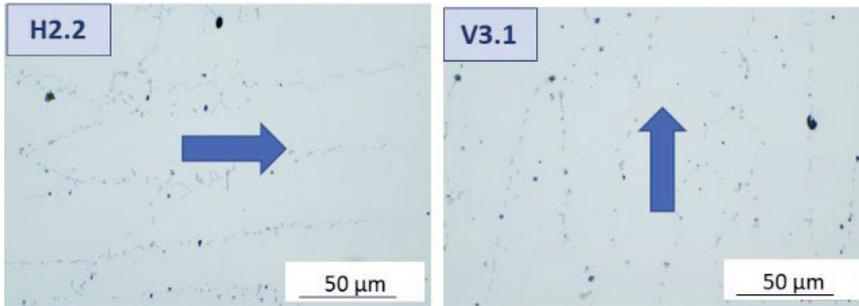
**Tabla 1.** Propiedades de la pared de INVAR.

D.Teo.	D. Arch.	Densificación	Dureza nominal	Dureza media
[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]	(%)	(HV10)	(HV10)
8.05	8.10	99.39	180	167±18

**Fuente:** elaboración propia.

Al estudiar los grupos de muestras por separado, la densidad de las muestras horizontales fue  $8.12 \text{ g/cm}^3$  y en las muestras verticales  $8.06 \text{ g/cm}^3$ . La Figura 3 confirma la baja presencia de porosidad, independientemente de la capa o dirección analizada.

Figura 3. Microestructuras de las muestras H2.2 y V3.1.



Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

Excluyendo las capas de los extremos, este estudio permite constatar que la acumulación y disipación de calor de las capas llegan a alcanzar una estabilidad, lo cual permite establecer las dos siguientes suposiciones: (1) antes de la deposición de cada capa, la disipación de calor incompleta que introduce la capa previa es idéntica; (2) después de la deposición de cada capa, las trayectorias de disipación de calor por conducción también son idénticas. Bajo estas dos suposiciones, se puede considerar que cada capa depositada se ve afectada por el mismo ciclo térmico, siendo las propiedades algo superiores en sentido horizontal.

## Agradecimientos

Ayudas para el uso de los Serv. Grales de Investig. del VII Plan Propio de la Univ. de Sevilla (2022/00000310).

## Referencias bibliográficas

Ariza-Galván, E., Montealegre-Meléndez, I., Pérez-Soriano, E.M., Neubauer, E., Kitzmantel, M., Arévalo, C. (2022). Influence of Processing Conditions on the Mechanical Properties of 17-4PH Specimens Produced by Additive Manufacturing. *Machines* 10(11), 976. <https://doi.org/10.3390/machines10110976>

Wegener, T., Brenne, F., Fischer, A., Möller, T., Hauck, C., Auernhammer, S., Niendorf, T. (2021) On the structural integrity of Fe-36Ni Invar alloy processed by selective laser melting. *Addit Manuf* 37, 101603. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2020.101603>

Yakout, M., Elbestaw, M.A., Veldhuis, S.C. (2019). Density and mechanical properties in selective laser melting of Invar 36 and stainless steel 316L. *J Mater Process Technol* 266, 397-420. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2018.11.006>

# CARACTERIZACIÓN DE ALEACIÓN Ti-6Al-4V TRAS INMERSIÓN EN ÁCIDO FLUORHÍDRICO

**Julio Ernesto de la Rosa Melian<sup>1</sup>, Sergio Roldán Gil <sup>1</sup>, Francisco J. García-García<sup>1</sup>, Yadir Torres-Hernández<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería y Ciencias de los Materiales y del Transporte, Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, España.*

E-mail de correspondencia: [juldemel@alum.us.es](mailto:juldemel@alum.us.es)

## **Resumen**

El titanio y sus aleaciones presentan excelentes propiedades de biocompatibilidad, resistencia mecánica y a la corrosión que los convierten en opciones viables para su empleo como biomateriales, principalmente en la fabricación de implantes ortopédicos y dentales. La evidencia en este sector demuestra que mediante técnicas de modificación superficial se pueden mejorar las prestaciones de estos materiales al optimar sus propiedades mecánicas, elevar la resistencia a la corrosión, incrementar la resistencia al desgaste y mantener buena estabilidad en un entorno biológico. El objetivo de este trabajo es obtener una topografía superficial que favorezca la osteointegración de la aleación de titanio Ti-6Al-4V, al estudiar la respuesta de este material bajo diferentes condiciones de ataque químico en ácido fluorhídrico con inhibidor inorgánico.

**Palabras claves:** modificación superficial, ataque químico, Ti-6Al-4V, inhibidor inorgánico.

## Introducción

Unos de los materiales más empleados en el mercado actual de implantes médicos son el titanio y sus aleaciones. Estos metales poseen una combinación de propiedades resistivas y de estabilidad e integración en un entorno fisiológico que justifican su elección tanto en la implantología dental como en la ortopédica (Chauhan, Koul, & Bhatnagar, 2019). En gran medida el desempeño exitoso de estos dispositivos depende de una adecuada integración con el tejido óseo circundante, en caso contrario el implante puede fallar a posteriori (Doll et al., 2018). Por otra parte, mediante técnicas de modificación superficial se obtienen características topográficas que mejoran la integración en la interfase implante-tejido óseo, siendo el ataque químico uno de los métodos que más se utilizan en dicho sector (Chauhan et al., 2019). En el presente trabajo es caracterizada la topografía superficial de la aleación Ti-6Al-4V bajo distintas condiciones de ataque químico en ácido fluorhídrico con inhibidor inorgánico.

## Materiales y métodos

Para el estudio se empleó una aleación comercial de Ti-6Al-4V obtenida por laminado en frío, a partir de la cual se fabricaron 12 muestras de aproximadamente 2,5 x 1,5 x 0,15 centímetros de largo, ancho y espesor respectivamente. Las muestras fueron concebidas con un agujero pasante en uno de sus extremos para facilitar la sujeción en el momento la inmersión en la solución de ataque.

**Figura 1.** Muestra de referencia (sin atacar).



**Fuente:** Elaboración propia.

La disolución para el ataque está compuesta por ácido fluorhídrico al 45 % con una concentración de 22 ml/L, un inhibidor inorgánico y agua destilada. Se preparan mezclas que difieren en la concentración del inhibidor a temperatura constante de 50 °C y se ensayan distintos tiempos de inmersión en la disolución para ver el efecto de estos parámetros en la topografía superficial (ver tabla 1).

**Tabla 1.** Condiciones para el ataque químico.

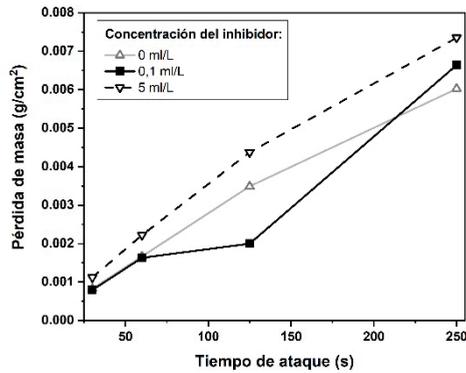
Parámetros del ataque	
Concentración del inhibidor (ml/L)	Tiempo de ataque (s)
(0; 0,1; 5)	(30; 60; 125; 250)

**Fuente:** Elaboración propia.

## Resultados y discusión

En gran medida el éxito de la osteointegración depende de que la tipología superficial del implante presente una textura rugosa, debido a que conforme aumenta la rugosidad también lo hace el área de contacto del implante con el tejido óseo circundante. Por medio del ataque químico en disolución ácida se logra modificar la textura de la aleación cumpliendo con este requisito, pero se deben controlar los parámetros de este proceso en aras de evitar una degradación excesiva que afecte las tolerancias dimensionales requeridas. Finalmente, al caracterizar el efecto de los tratamientos estudiados sobre las distintas topografías superficiales obtenidas se pueden identificar las condiciones más favorables para lograr la textura deseada. La figura 2 representa la pérdida de masa de las muestras ensayadas según las condiciones de ataque que se emplearon en el estudio. Estos resultados evidencian una relación directa entre la degradación del material y el aumento del tiempo de inmersión en la disolución. Sin embargo, el efecto de la concentración del inhibidor no mantiene una relación lineal con este parámetro, siendo más evidente su diferencia para un tiempo de ataque de 125 segundos.

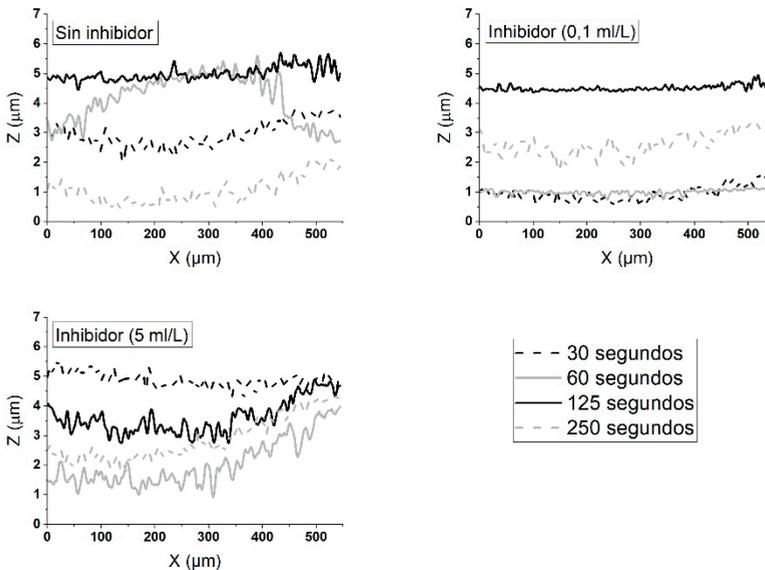
Figura 2. Pérdida de masa para las distintas condiciones del ensayo.



Fuente: Elaboración propia.

Los distintos tiempos de inmersión y disoluciones para el ataque químico generaron topografías superficiales diferentes en las muestras analizadas. A continuación, en la figura 3, se manifiesta este planteamiento con el perfil primario de rugosidad que se obtiene en caso.

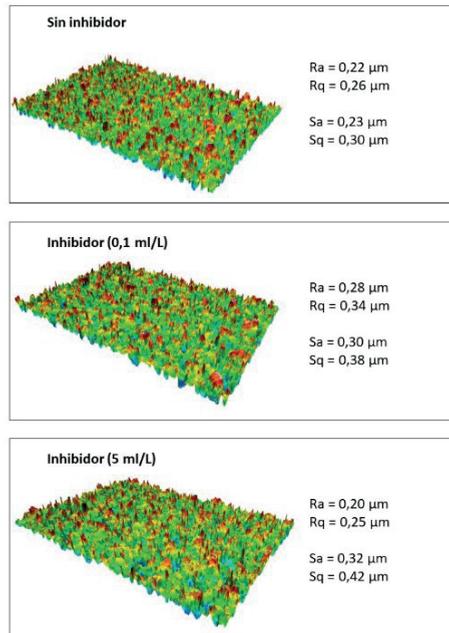
Figura 3. Perfil de rugosidad primario.



Fuente: Elaboración propia.

Por medio de microscopía confocal fueron generadas las imágenes topográficas y determinados los valores de rugosidad superficial  $R_a$ ,  $R_q$ ,  $S_a$  y  $S_q$ . En la figura 4 se muestran estos resultados para las distintas disoluciones y un tiempo de inmersión de 125 segundos con el que se obtiene las texturas más uniformes.

**Figura 4.** Topografía y valores de rugosidad superficial para el ataque de 125 segundos.



**Fuente:** Elaboración propia.

## Conclusiones

En el presente estudio se constata que por medio de ataque químico en ácido fluorhídrico y empleando en la disolución un inhibidor inorgánico, se obtienen topografías superficiales rugosas a una escala nanométrica que pueden favorecer la osteointegración de implantes fabricados con la aleación Ti-6Al-4V. Los resultados demuestran que las mejores condiciones de ataque corresponden a una concentración de 0,1 ml/L de inhibidor y una inmersión de 125 segundos teniendo en cuenta la pérdida de masa y la morfología superficial de las muestras.

## Referencias bibliográficas

Chauhan, P., Koul, V., & Bhatnagar, N. (2019). Effect of acid etching temperature on surface physiochemical properties and cytocompatibility of Ti6Al4V ELI alloy. *Materials Research Express*, 6(10), 105412. doi: 10.1088/2053-1591/ab3ac5.

Doll, P. W., Semperowitsch, C., Häfner, M., Ahrens, R., Spindler, B., & Guber, A. E. (2018). Fabrication of Micro Structured Dental Implant Abutments for Optimized Soft Tissue Integration. *Current Directions in Biomedical Engineering*, 4(1), 677-680. doi: 10.1515/cdbme-2018-0163.

# SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS BASADAS EN $\text{Eu}^{3+}:\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$ CON POSIBLES APLICACIONES EN BIOMEDICINA

Roxana Marisol Calderón Olvera<sup>1</sup>, Sara Ruiz Herrera<sup>1</sup>, Manuel Ocaña Jurado<sup>1</sup>,  
Nuria Ofelia Núñez Álvarez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (centro mixto CSIC-US), c/Américo Vespucio 49, 41092,  
Sevilla, España.

E-mail de correspondencia: nurianu@icmse.csic.es

## Resumen

En el presente trabajo se aborda, por primera vez, la síntesis de la fase  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  con tamaño nanométrico, en el que las partículas obtenidas presentaron forma esférica y cristalizaron con estructura tetragonal. Para ello, se utilizó un método de síntesis basado en reacciones de precipitación homogénea en medio poliol a temperatura moderada. El desarrollo de métodos de síntesis capaces de producir nanopartículas de esta fase constituye un tema de gran interés en la actualidad, debido a las potenciales aplicaciones que podría presentar este compuesto en el campo de la biomedicina. Además, durante el procedimiento de síntesis se consiguió incorporar ácido poli(acrílico) sobre la superficie de las nanopartículas, quedando éstas funcionalizadas con grupos carboxilato provenientes de dichas moléculas. Dichas partículas se pudieron dopar con  $\text{Eu}^{3+}$  durante el proceso de síntesis, sin cambios significativos en la morfología de las mismas para niveles de dopado  $\leq 20\%$  molar. Las partículas dopadas también

crystalizaron con estructura tetragonal y presentaron una alta intensidad de emisión de la luminiscencia. Las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  funcionalizadas con ácido poli(acrílico) y dopadas con un 15% molar de  $\text{Eu}^{3+}$  presentaron una alta estabilidad coloidal frente a la agregación tanto en agua Milli-Q como en tampón MES (simulador de pH fisiológico), lo cual junto con las características anteriormente presentadas hace a estas nanopartículas interesantes para su posible uso en aplicaciones biomédicas.

## Introducción

La tomografía computarizada de rayos X (CT, también conocida como TAC), es una de las técnicas de obtención de imágenes más usada en el campo del diagnóstico clínico para obtener imágenes de huesos y tejidos. Sin embargo, para mejorar la calidad de las imágenes biológicas mediante esta técnica y aumentar así la sensibilidad del ensayo, se requiere el uso de agentes de contraste (CAs). Estos CAs son sustancias constituidas por elementos con elevado número atómico (Z).

Los principales agentes de contraste empleados en clínica para tomografía computarizada de rayos X son compuestos basados en yodo (con  $Z=53$ ) y bario ( $Z=56$ )

[5]. En el caso de los compuestos de yodo, sus tiempos de circulación en el organismo son muy cortos por lo que se requiere usar dosis muy altas; y los compuestos de bario conllevan un cierto grado de toxicidad inherente del propio ion  $\text{Ba}^{2+}$ , que restringe el uso del sulfato de bario a la obtención de imágenes gastro-intestinales [5]. En este contexto, los CAs basados en nanopartículas (NPs) inorgánicas que contengan elementos de alto número atómico, tales como bismuto ( $Z=83$ ), cobran especial interés [6].

El uso de nanopartículas inorgánicas como CAs para CT adquiere, en este sentido, una importancia relevante, ya que, mediante el control de su tamaño es posible modificar los tiempos de circulación en el organismo y mediante una funcionalización adecuada dichas nanopartículas pueden ser dirigidas de forma específica a los tejidos u órganos de interés, disminuyendo así la dosis necesaria.

Cabe destacar también las técnicas de obtención de imágenes ópticas, especialmente luminiscentes, las cuales tienen un gran potencial en el campo de la biomedicina [7], ya que suministran información sobre patologías a nivel celular y subcelular [8], complementando así la obtenida mediante CT. Así, la obtención de imágenes mediante luminiscencia, tanto *in vivo* como *in vitro*, se ha convertido en una de las técnicas emergentes más interesantes para el diagnóstico clínico debido a que es una técnica no invasiva, barata, altamente sensible, con una rápida adquisición de la señal y cortos tiempos de análisis (del orden de segundos o minutos) [9, 10]. Por tanto, la imagen luminiscente, aunque presenta una serie de inconvenientes relacionados con su baja resolución espacial como consecuencia de la autofluorescencia intrínseca de los tejidos biológicos [11], se considera una técnica muy prometedora en este campo para su utilización en el diagnóstico clínico [12].

Para obtener bioimágenes luminiscentes es necesario utilizar sondas luminiscentes cuya excitación origina emisiones en distintas regiones del espectro electromagnético que se monitorizan para obtener las correspondientes imágenes. Durante las últimas décadas se ha venido desarrollando un nuevo tipo de sondas luminiscentes consistentes en nanopartículas inorgánicas dopadas con cationes de elementos lantánidos (Ln) [13], siendo el  $\text{Eu}^{3+}$  el catión más empleado debido a su emisión en el rojo, zona de longitud de onda donde la absorbancia y la autofluorescencia de los tejidos es mínima [14]. Las propiedades que presentan este tipo de nanomateriales que los hace ventajosos frente a otros materiales fluorescentes como los colorantes orgánicos y los denominados puntos cuánticos [15, 16] son su menor toxicidad y su mayor estabilidad térmica y química. Además, presentan importantes ventajas desde el punto de vista óptico, como son los altos tiempos de vida de la luminiscencia y la menor anchura de sus bandas de emisión debidas a transiciones electrónicas entre niveles de energía que implican orbitales f, los cuales están muy apantallados y poco afectados por el campo de cristal [17, 18]. Debido a estas dos últimas características, los compuestos basados en Ln son especialmente interesantes para aplicaciones en biotecnología ya que las interferencias de su luminiscencia con la autofluorescencia de los tejidos biológicos son mínimas, aumentando por tanto la sensibilidad de detección en los ensayos clínicos.

La búsqueda de nuevos sistemas luminiscentes nanoparticulados con propiedades luminiscentes mejoradas sigue siendo prioritaria en este campo. En este sentido, el empleo de distintos tipos de vanadatos, molibdatos y volframatos como matriz huésped han surgido como una alternativa interesante debido su capacidad de absorción de energía en el rango ultravioleta, la cual transfieren al catión Ln dopante resultando en un aumento significativo de la intensidad de la luminiscencia [19, 20]. Ello da como resultado sistemas más eficientes y por tanto más favorables para las posibles aplicaciones de estos materiales [21, 22].

Hay que mencionar, que, para el empleo de este tipo de materiales en aplicaciones biomédicas, las partículas deben cumplir una serie de requisitos como son: que sean uniformes (con forma y tamaño controlado) [23], de tamaño nanométrico [23], que no sean tóxicas y que presenten alta estabilidad coloidal en medio fisiológico [24]. Por último, un requisito indispensable para la mayor parte de las aplicaciones biomédicas es que las partículas estén funcionalizadas (recubiertas con alguna molécula orgánica) con grupos reactivos para su posterior bioconjugación con las biomoléculas de interés [25, 26].

En la bibliografía no existen estudios previos sobre nanopartículas basadas en  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  para aplicaciones biomédicas. Además, los estudios que se han publicado sobre la síntesis de partículas de este material, resultaron materiales no aptos para su uso en biomedicina [27-31]. De lo expuesto anteriormente, se deduce que el desarrollo de procedimientos de síntesis de nanopartículas (<100 nm) de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$ , dopadas con cationes luminiscentes, con forma y tamaño uniforme, estables en medio fisiológico y funcionalizadas con grupos orgánicos hidrofílicos a los que se puedan anclar moléculas orgánicas de interés biomédico es un tema de gran interés y actualidad en este campo.

Así pues, en el presente trabajo se aborda, por primera vez, la síntesis de la fase  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  y  $\text{Eu}:\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  con tamaño nanométrico y funcionalizadas con ácido poli(acrílico) con vistas a su posible uso en biomedicina dentro del campo del diagnóstico por imagen, como la bioimagen luminiscente y la tomografía computarizada de rayos X.

## Materiales y métodos

### Método de síntesis y reactivos.

Para la obtención de las nanopartículas objeto de este trabajo se utilizó un método de síntesis basado en reacciones de precipitación homogénea, en el cual se aportan de manera controlada tanto los cationes como los aniones, los cuales se liberan al medio de reacción por calentamiento de las disoluciones de compuestos que contienen estos iones. Es importante mencionar que las condiciones experimentales concretas que conducen a la formación de partículas uniformes no pueden predecirse teóricamente por lo que tienen que ser ajustadas siguiendo un procedimiento empírico basado en prueba y error [19].

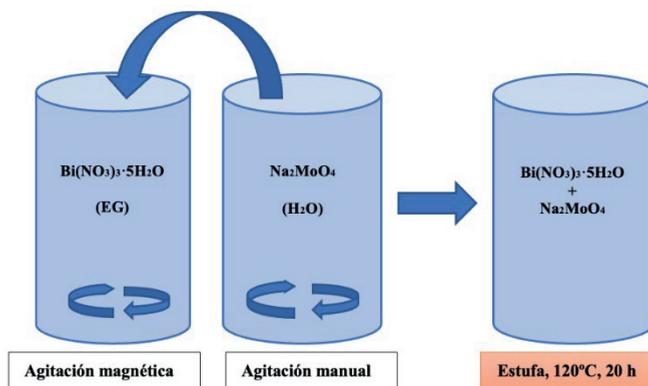
En estos procesos de precipitación homogénea la naturaleza del disolvente juega un papel esencial y por ello, en este trabajo hemos seleccionado como disolvente una mezcla de etilenglicol (EG, Sigma-Aldrich, 99%) y agua Milli-Q. La elección del EG como medio de reacción se debe a que puede actuar como agente complejante de los cationes o aniones presentes en la disolución favoreciendo su liberación controlada [32], y/o puede adsorberse sobre la superficie de las partículas precipitadas, limitando su crecimiento e influyendo sobre la morfología final [33].

Los reactivos empleados para llevar a cabo la síntesis de las nanopartículas fueron el molibdato de sodio ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ , Sigma-Aldrich,  $\geq 98\%$ ), el nitrato de bismuto (III) pentahidratado ( $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , Sigma-Aldrich, 99,9%) y el nitrato de europio (III) pentahidratado ( $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , Sigma-Aldrich, 99,9%). Además, para la funcionalización de las partículas se hizo uso del ácido poli(acrílico) (PAA, Sigma-Aldrich,  $M_w \sim 1800$ ) y para el análisis de la estabilidad coloidal de las partículas sintetizadas se empleó una disolución 50 mM a  $\text{pH}=6,5$  de ácido 4-morfolinoetanosulfónico monohidratado (MES, Sigma-Aldrich,  $\geq 99\%$ ) que actúa como simulador de pH fisiológico.

## Síntesis de las nanopartículas de $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$ .

Las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  fueron preparadas siguiendo el siguiente procedimiento. En primer lugar, en un vial (1), se depositó la cantidad requerida de  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , y se procedió a disolver en etilenglicol ( $2,5 \text{ cm}^3$ ) calentando el vial a  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  haciendo uso de la agitación magnética para su mejor disolución. En un vial (2) se depositó la cantidad requerida de  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ , y se procedió a disolver en agua Milli-Q ( $2,5 \text{ cm}^3$ ) empleando agitación manual, ya que este reactivo es soluble en agua. Por último, una vez todos los reactivos están completamente disueltos, se procede a mezclar ambas disoluciones añadiendo el anión sobre el catión. La mezcla final (volumen total=  $5 \text{ cm}^3$ ) se vierte en un tubo de ensayo cerrado herméticamente y se introduce en una estufa precalentada previamente a  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ . El tiempo de reacción empleado en todos los experimentos fue de 20 horas. En la Figura 1 se observa un esquema ilustrativo del procedimiento de síntesis empleado.

**Figura 1.** Esquema ilustrativo del procedimiento de síntesis empleado para la obtención de las nanopartículas.



Una vez terminada la reacción se deja enfriar el precipitado obtenido hasta temperatura ambiente y se lava 2 veces con etanol y 3 veces con agua Milli-Q mediante centrifugación. Finalmente, el precipitado obtenido se redispersa en agua Milli-Q. Para algunos análisis se deja secar parte del precipitado obtenido.

### **Síntesis de las nanopartículas de $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$ dopadas con $\text{Eu}^{3+}$ .**

Para obtener las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  dopadas con  $\text{Eu}^{3+}$  se procede de la misma manera que para el sistema sin dopar, pero incorporando la cantidad deseada de agente dopante a la disolución inicial de  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . En este caso, el  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  y el  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  se disuelven juntos en etilenglicol calentando el vial haciendo uso de la agitación magnética para su mejor disolución.

Los porcentajes de  $\text{Eu}^{3+}$  utilizados fueron 10, 15, 20 y 30% (relación molar  $\text{Eu}/\text{Eu}+\text{Bi}$ ), con el fin de investigar el nivel de dopado óptimo en esta matriz. En todos estos experimentos se mantuvo constante la concentración total de los cationes.

### **Funcionalización con ácido poli(acrílico).**

Con el fin de mejorar la dispersión de las partículas obtenidas y/o dotarlas de grupos funcionales en su superficie que sean capaces tanto de mantener o mejorar su dispersabilidad en diferentes medios como de proporcionar puntos de anclaje capaces de interactuar con otras especies de interés, se procedió a llevar a cabo un proceso de funcionalización de las mismas con ácido poliacrílico (PAA).

El PAA es un polímero sintético del ácido acrílico, de elevado peso molecular y que contiene grupos carboxilos en su estructura. Así, este compuesto puede adsorberse sobre la superficie de las partículas, evitando su agregación, ya sea por impedimento estérico o mediante la estabilización electrostática que resulta del exceso de carga negativa que aportan los grupos carboxilos; y por otro lado, estos grupos funcionales pueden servir de punto de anclaje para una posterior conjugación de las partículas con moléculas de interés biomédico, como anticuerpos, proteínas, etc. [34]. Para llevar a cabo el proceso de funcionalización, se añadió la cantidad deseada de PAA en la disolución de partida que contiene los aniones.

## Resultados y discusión

### Síntesis, funcionalización y caracterización de las nanopartículas de NaBi(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.

Con el fin de encontrar las condiciones experimentales óptimas que permitan obtener nanopartículas de la fase NaBi(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, se variaron sistemáticamente diferentes parámetros experimentales como: la relación EG/H<sub>2</sub>O, la relación molar MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/Bi<sup>3+</sup>, así como la concentración de los reactivos de partida. En todos los experimentos el tiempo de reacción se mantuvo constante en 20 horas. En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de estos ensayos.

[Bi(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O] M	[Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ] M	Relación molar MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /Bi <sup>3+</sup>	EG/H <sub>2</sub> O (v/v, cm <sup>3</sup> )	[PAA] mg/cm <sup>3</sup>	Tamaño TEM (nm±σ)
0,02	0,2	10	<b>5 / 0</b>	-	Agregadas
0,02	0,2	10	<b>2,5 / 2,5</b>	-	73 ± 19
0,02	0,2	10	<b>1 / 4</b>	-	140 ± 42
0,02	0,05	<b>2,5</b>	2,5 / 2,5	-	Heterogénea
<b>0,01</b>	<b>0,1</b>	10	2,5 / 2,5	-	180 ± 84
<b>0,04</b>	<b>0,4</b>	10	2,5 / 2,5	-	Agregadas
0,02	0,2	10	2,5 / 2,5	<b>4</b>	60 ± 19

σ: Desviación estándar

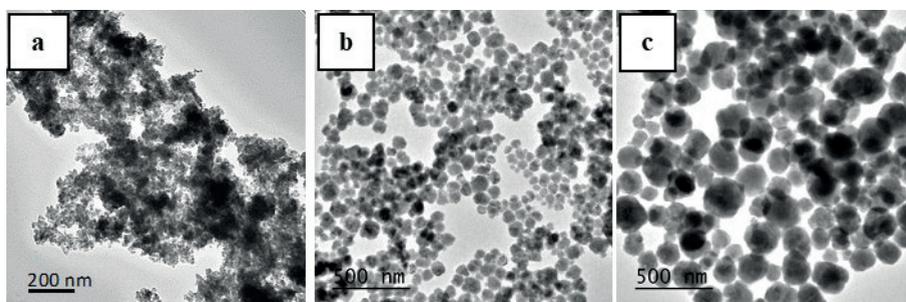
**Tabla 1.** Tamaño de las partículas precipitadas tras la modificación de los diferentes parámetros experimentales, calentando a 120 °C durante 20 horas.

En primer lugar, se analizó el efecto de la relación volumétrica EG/H<sub>2</sub>O sobre la morfología de los precipitados empleando una concentración de Bi (III) de 0,02 M y una concentración de Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> de 0,2 M. Así, en ausencia de H<sub>2</sub>O (EG puro), se obtuvieron partículas agregadas (tabla 1, Figura 2a). Sin embargo, cuando se utilizó una relación EG/H<sub>2</sub>O de 2,5/2,5 se obtuvieron nanopartículas esféricas con un tamaño medio de 73 nm (Figura 2b, tabla 1) y el aumento de la cantidad de agua de 2,5/2,5 a 1/4, dio lugar a partículas de mayor tamaño manteniendo la morfología esférica (Figura 2c, tabla 1).

Como se puede apreciar de estos resultados, la naturaleza del disolvente juega un papel importante sobre la morfología de las partículas precipitadas. Este efecto podría explicarse teniendo en cuenta la diferente viscosidad que presentan el etilenglicol (0,01733 Pa·s) y el agua (0,001 Pa·s), lo cual influye sobre la velocidad de los procesos de difusión que conducen a la formación de la fase sólida. La reducción de la viscosidad favorece la difusión de solutos, que provoca la aceleración del crecimiento de las partículas, lo cual explica el aumento del tamaño de partícula observado al aumentar la cantidad de agua [14].

Por el contrario, en el caso de la síntesis usando EG puro, la cinética de precipitación resulta mucho más lenta, probablemente debido a la mayor viscosidad del EG. Por tanto, se estableció que el valor óptimo de dicha magnitud era 2,5/2,5.

**Figura 2.** Imágenes TEM de las nanopartículas obtenidas por calentamiento a 120 °C durante 20 horas de disoluciones de  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$  (0,02 M) y  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  (0,2 M) utilizando: a) relación EG/ $\text{H}_2\text{O}$  (5/0); b) relación EG/ $\text{H}_2\text{O}$  (2,5/2,5); c) relación EG/ $\text{H}_2\text{O}$  (1/4).

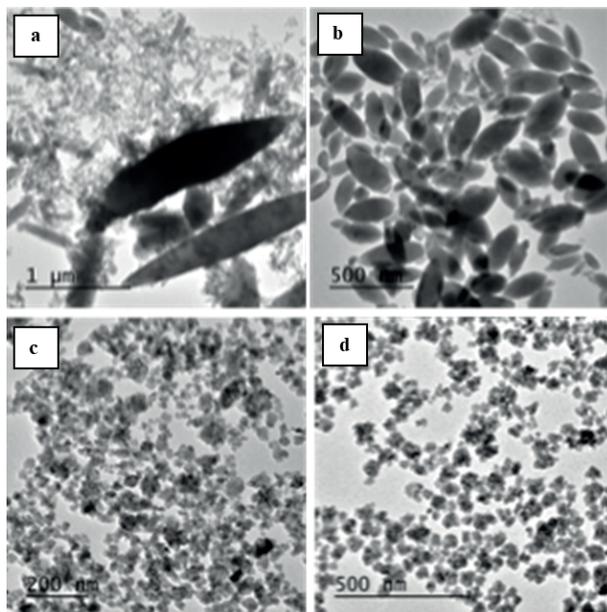


Una vez establecida la proporción EG/ $\text{H}_2\text{O}$  (2,5/2,5) del disolvente, se estudió también el efecto de la variación de la relación molar  $\text{MoO}_4^{2-}/\text{Bi}^{3+}$  y de la concentración inicial de los reactivos sobre el precipitado final. En concreto, tanto la disminución de la relación molar  $\text{MoO}_4^{2-}/\text{Bi}^{3+}$  de 10 a 2,5 (Figura 3a), como el aumento en la concentración inicial de reactivos al doble (Figura 3c), dio lugar a precipitados constituidos por partículas heterogéneas y agregadas. Sin embargo, al reducir a la mitad la concentración inicial de los reactivos (Figura 3b), se obtuvieron precipitados constituidos por partículas esféricas con un tamaño medio de 180 nm (Tabla 1). Estos resultados ponen

de manifiesto la influencia que tiene la concentración de reactivos sobre la cinética de precipitación.

Por último, la adición de PAA a la disolución de partida que dio lugar a las nanopartículas ilustradas en la Figura 2b, tuvo un efecto beneficioso sobre el tamaño de las partículas precipitadas. Así, al adicionar  $4 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-3}$  de PAA se obtuvieron partículas con forma redondeada, mucho más dispersas, y con un tamaño medio de 60 nm (Figura 3d, tabla 1). Un aumento en la cantidad de PAA ( $6 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) no tuvo un efecto apreciable sobre las características morfológicas (forma y tamaño) de las partículas. A la vista de estos resultados, podría sugerirse que las moléculas de PAA se adsorben sobre la superficie de las nanopartículas bloqueando su crecimiento, lo que explicaría su papel como agente controlador del tamaño [35].

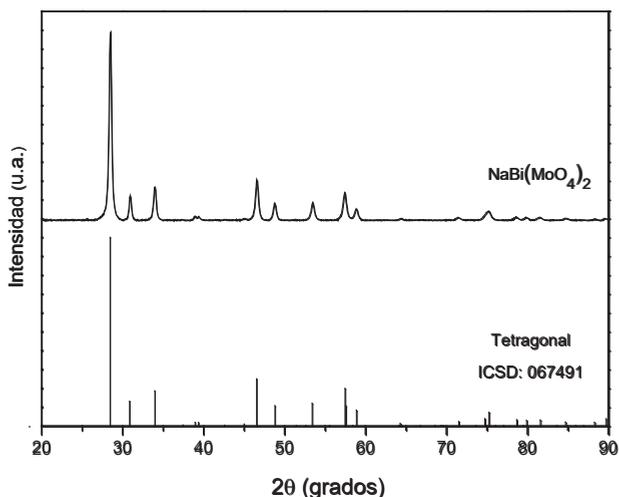
**Figura 3.** Imágenes TEM de las partículas obtenidas al calentar a  $120 \text{ }^\circ\text{C}$  durante 20 horas disoluciones con: relación molar  $\text{MoO}_4^{2-}/\text{Bi}^{3+}=2,5$  (a); utilizando  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$  (0,01 M),  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  (0,1 M) (b); al utilizar  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$  (0,04 M),  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  (0,4 M) (c); y al adicionar  $4 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-3}$  de PAA (d), en una mezcla de EG/ $\text{H}_2\text{O}$  (2,5/2,5).



Por tanto, las partículas con las características morfológicas más adecuadas para las aplicaciones perseguidas serían las que se muestran en la Figura 3d.

Mediante DRX se confirmó que estas partículas correspondían a la fase tetragonal de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  (Figura 4).

**Figura 4.** Diagrama de difracción de rayos X de las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  ilustradas en la Figura 3d. También se incluye el patrón de referencia correspondiente a la fase tetragonal del  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$ .

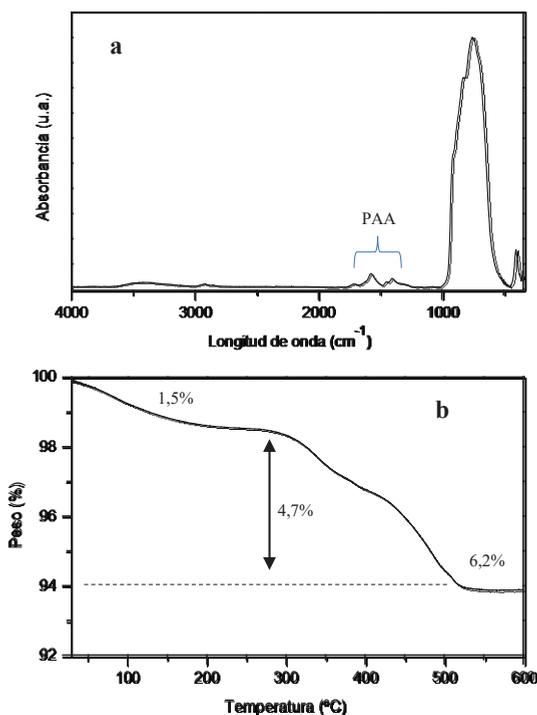


Para confirmar la presencia de moléculas de PAA adsorbidas sobre la superficie de las nanopartículas sintetizadas con este aditivo, se llevaron a cabo ensayos de caracterización mediante espectroscopía infrarroja. En la Figura 5a se muestra el espectro FTIR obtenido para las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  mostradas en la Figura 3d. En dicho espectro, se observan claramente bandas a  $< 1000 \text{ cm}^{-1}$  asociadas a las vibraciones del grupo molibdato [20] y una serie de bandas adicionales en el intervalo  $1705\text{-}1400 \text{ cm}^{-1}$  que se pueden atribuir a las vibraciones de las moléculas de PAA ancladas en la superficie de las nanopartículas [35]. También, en dicho espectro se detecta una banda ancha de poca intensidad a  $\sim 3440 \text{ cm}^{-1}$  atribuible a la vibración de tensión O-H de moléculas de agua adsorbida [36].

En el estudio termogravimétrico (Figura 5b) llevado a cabo para las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  funcionalizadas con PAA ( $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2\text{@PAA}$ ), se observó que en el intervalo de temperatura entre  $25\text{-}250 \text{ }^\circ\text{C}$ , las nanopartículas presentaron una pérdida de peso del 1,5% debida a la eliminación del agua

adsorbida. A temperaturas superiores (250-600°C) se observó una pérdida de peso adicional que puede asociarse a la descomposición de las moléculas del PAA. En consecuencia, se pudo estimar que la cantidad total de PAA adsorbido equivale aproximadamente a un 4,7% del peso total de la muestra.

**Figura 5.** Espectro infrarrojo (a) y curva TG (b) de las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2@PAA$  mostradas en la figura 3d.



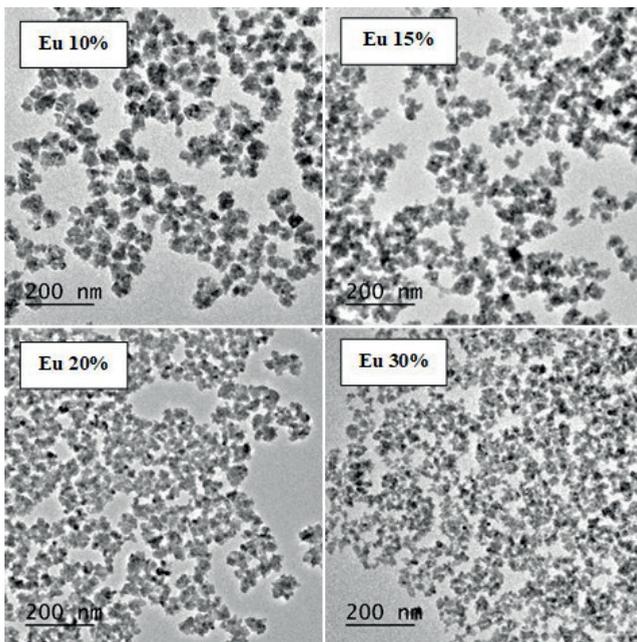
### Dopado con $\text{Eu}^{3+}$ de las nanopartículas de $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2@PAA$ obtenidas.

Para el dopado de las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2@PAA$  con  $\text{Eu}^{3+}$  se emplearon las condiciones experimentales que condujeron a la formación de las nanopartículas mostradas en la Figura 3d, variando únicamente las relaciones molares  $\text{Eu}/(\text{Eu}+\text{Bi})$  (10, 15, 20 y 30%), con objeto de investigar las propiedades ópticas resultantes en función de la cantidad de dopante. La concentración total de los cationes se mantuvo constante en 0,02 M.

En las imágenes TEM de la Figura 6 se puede observar que para cantidades nominales de  $\text{Eu}^{3+} \leq 20\%$  molar se obtienen partículas con la misma forma que las de la muestra sin dopar, si bien se detectó una ligera disminución en el tamaño de las mismas (tabla 2) al aumentar el nivel de dopado. Únicamente se observaron cambios significativos en la morfología de las partículas precipitadas al incorporar un 30% de Eu, las cuales presentaron un alto grado de agregación. Estos resultados nos indican que el máximo nivel de dopado que podemos emplear durante el proceso de síntesis es de un 20% nominal.

Estos cambios en el tamaño de partícula como consecuencia del proceso de dopado ya han sido observados para compuestos de tierras raras obtenidos mediante reacciones de precipitación y se ha atribuido a la modificación de la carga superficial de las partículas debido a la presencia de iones dopantes, lo cual afecta substancialmente a la difusión de los iones hacia la superficie y por consiguiente a la cinética de crecimiento [37]. No obstante, la correlación entre las características físico-químicas del catión dopante y la forma y el tamaño de partícula finales aún no ha podido ser claramente establecida [38].

**Figura 6.** Imágenes de TEM de las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2@PAA$  con diferentes relaciones molares  $\text{Eu}/(\text{Eu}+\text{Bi})$ .



**Tabla 2.** Tamaño medio por TEM y parámetros de red de las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  funcionalizadas con PAA y dopadas con diferente relación molar  $\text{Eu}/(\text{Eu}+\text{Bi})$ . Los valores entre paréntesis corresponden a la desviación estándar.

Relación molar $\text{Eu}/(\text{Eu}+\text{Bi})$ (% nominal)	Tamaño de partícula por TEM ( $\text{nm} \pm \sigma$ )	Parámetros de celda unidad		Volumen de la celda unidad ( $\text{Å}^3$ )
		a=b (Å)	c (Å)	
0	$60 \pm 19$	5,2861 (5)	11,586 (1)	323,754
10	$47 \pm 13$	5,2846 (6)	11,582 (2)	323,448
15	$44 \pm 11$	5,2828 (4)	11,576 (1)	323,064
20	$34 \pm 8$	5,2787 (6)	11,562 (2)	322,179

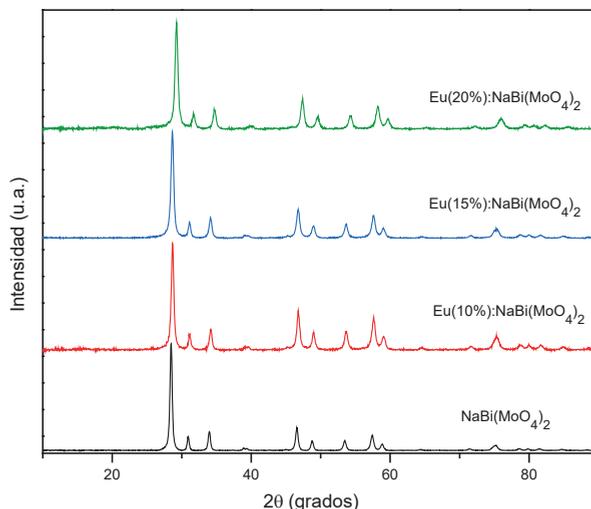
$\sigma$ : Desviación estándar

Mediante DRX, se observó que los sistemas dopados cristalizaron con la misma estructura tetragonal que el sistema puro (Figura 7) y que todos ellos estaban constituidos únicamente por  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$ , al no aparecer reflexiones adicionales en ninguno de los difractogramas.

La determinación de los parámetros de celdilla unidad de las muestras dopadas a partir de los diagramas de DRX nos permitió confirmar el éxito del procedimiento de dopado en las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2@PAA$ . Así, el ajuste de los parámetros de red mediante el método de Rietveld (tabla 2), mostró una disminución progresiva en el volumen de la celda unidad con el nivel de dopado, ya que el  $\text{Eu}^{3+}$  presenta un radio iónico en coordinación ocho menor ( $1,066 \text{ Å}$ ) que el  $\text{Bi}^{3+}$  ( $1,17 \text{ Å}$ ) [39] sugiriendo la formación de una disolución sólida del  $\text{Eu}^{3+}$  en la matriz de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$ .

Al igual que en el caso de los sistemas puros, el análisis mediante espectroscopía infrarroja de las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  dopadas con  $\text{Eu}^{3+}$  evidenció la presencia del PAA en la superficie de las mismas.

**Figura 7.** Diagramas de difracción de rayos X obtenidos para las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2@PAA$  dopadas con diferentes cantidades de  $\text{Eu}^{3+}$ .



### Estudio de las propiedades luminiscentes de las nanopartículas de $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2@PAA$ dopadas con $\text{Eu}^{3+}$ .

En la Figura 8a se muestra el espectro de excitación obtenido para las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  funcionalizadas con PAA dopadas con un 10% de  $\text{Eu}$ , medido para una longitud de onda de emisión de 614 nm que corresponde a la banda más intensa de emisión del  $\text{Eu}^{3+}$  [22]. Como puede observarse en dicha figura, aparece una banda ancha centrada a 280 nm asociada a un proceso de transferencia de carga del ion  $\text{O}^{2-}$  al ion  $\text{Mo}^{6+}$  constituyentes del grupo  $\text{MoO}_4^{2-}$  [21], lo que manifiesta que la energía absorbida por grupo  $\text{MoO}_4^{2-}$  puede ser transferida a los cationes  $\text{Eu}^{3+}$  [40]. Además, se ha reportado en la bibliografía que esta banda ancha también incluye procesos de transferencia de carga de  $\text{Eu}^{3+} \rightarrow \text{O}^{2-}$  y la transición s-p del  $\text{Bi}^{3+}$  [30].

Por otro lado, también se detectaron varias bandas en la región comprendida entre 370 y 470 nm debidas a las transiciones electrónicas entre los niveles 4f del catión  $\text{Eu}^{3+}$  [30], siendo las más intensas las que aparecen a 393 nm y 464 nm correspondientes a las transiciones desde el nivel fundamental  $^5F_0$  hasta el nivel

excitado  $^5L_6$  y  $^5D_2$ , respectivamente [30]. Hay que señalar que los espectros de excitación obtenidos para las otras muestras con distinto nivel de dopado fueron similares.

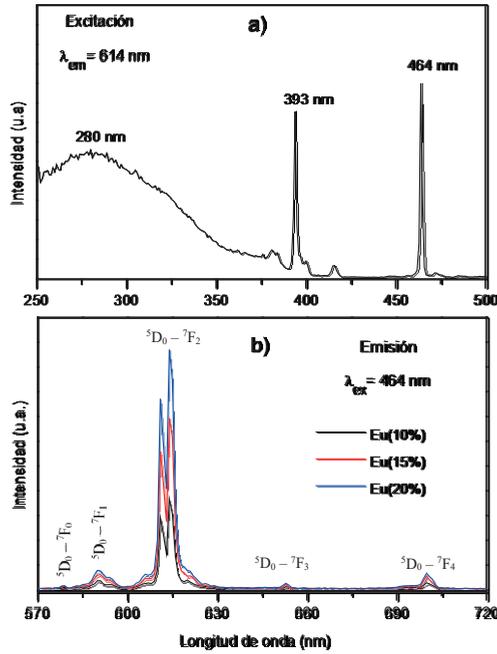
Dado que la banda a 464 nm es la más intensa de todas, esta vía de excitación sería la más conveniente desde el punto de vista práctico, ya que daría lugar a una mayor intensidad de emisión. Por ello, esta longitud de onda fue la utilizada para registrar los espectros de emisión de las muestras de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2@PAA$  dopadas con distinto contenido en  $\text{Eu}^{3+}$  y analizar el efecto del nivel de dopado sobre la luminiscencia.

Los espectros de emisión de las muestras dopadas con diferentes concentraciones de  $\text{Eu}^{3+}$  usando  $\lambda_{\text{ex}}=464$  nm se presentan en la Figura 8b. En estos espectros se observa el aumento progresivo de la intensidad de emisión a medida que se aumenta la cantidad de  $\text{Eu}^{3+}$  como consecuencia del aumento del número de centros emisores dentro de la matriz de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$ , siendo la muestra dopada con 20% de  $\text{Eu}^{3+}$  la que presenta la mayor intensidad de luminiscencia y por tanto, la más interesante desde el punto de vista de las aplicaciones de este material.

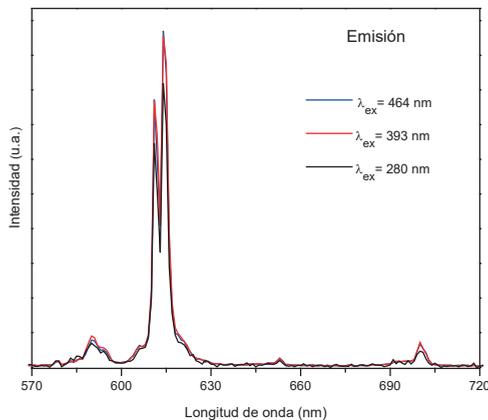
Hay que indicar también que las bandas que aparecen en el espectro de emisión son características de las transiciones electrónicas del  $\text{Eu}^{3+}$  del nivel  $^5D_0$  a los niveles  $^7F_J$  ( $J = 0-4$ ), siendo la más intensa la originada por la transición  $^5D_0-^7F_2$  (614 nm), que es la responsable del color rojo de la luminiscencia en estas muestras.

Por último, se registraron los espectros de emisión de la muestra  $\text{Eu}(20\%):\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2@PAA$  excitando tanto por la otra excitación directa del Eu (a  $\lambda=393\text{nm}$ ), como a través de la transferencia de energía  $\text{MoO}_4^{2-}-\text{Eu}^{3+}$  ( $\lambda=280\text{nm}$ ) (Figura 9). Como puede observarse en dicha figura la intensidad de las emisiones del  $\text{Eu}^{3+}$  son muy parecidas entre sí, indicando que cualquiera de las tres longitudes de onda puede ser válidas de utilizar en función de las aplicaciones de este material.

**Figura 8.** a) Espectro de excitación obtenido para la muestra  $\text{Eu}(10\%):\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2@\text{PAA}$  y b) espectros de emisión de las muestras de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2@\text{PAA}$  dopadas con diferentes cantidades de  $\text{Eu}^{3+}$ .



**Figura 9.** Espectros de emisión de la muestra  $\text{Eu}(20\%):\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2@\text{PAA}$  usando diferentes longitudes de onda de excitación.

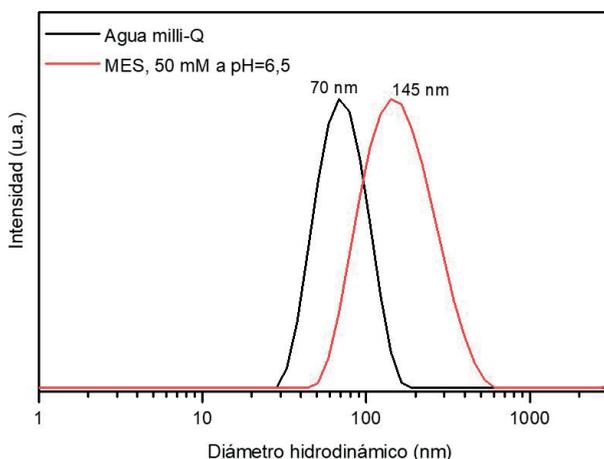


## Estudios de estabilidad coloidal.

Con el objetivo de estudiar la aplicabilidad de las nanopartículas obtenidas en el campo de la biomedicina, se estudió la estabilidad coloidal de la muestra de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2@PAA$  dopada con un 20% de  $\text{Eu}^{3+}$ , que, como se ha mostrado anteriormente, presentaron las propiedades ópticas óptimas. Para ello, se llevaron a cabo medidas de DLS tanto en agua Milli-Q como en un simulador de pH fisiológico (tampón MES 50 mM a  $\text{pH}=6,5$ ). Hay que señalar que este es uno de los medios tampón más usados para analizar la estabilidad coloidal de nanopartículas en condiciones similares a las fisiológicas [41].

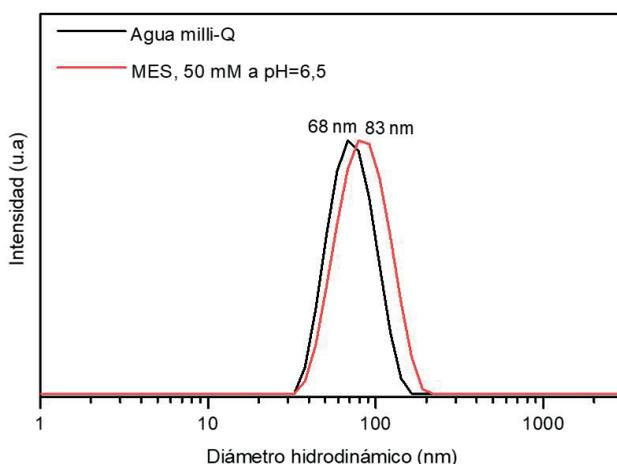
El análisis por DLS (Figura 10) reveló que el tamaño medio hidrodinámico de dichas nanopartículas suspendidas en agua Milli-Q fue próximo (70 nm) al obtenido a partir de las micrografías de TEM (34 nm, tabla 2) aunque ligeramente superior, probablemente debido a la incorporación del PAA a la superficie de las partículas y a su esfera de solvatación. Este resultado nos indica la ausencia de procesos de agregación significativo de partículas en este medio. Sin embargo, el diámetro hidrodinámico medio de estas nanopartículas suspendidas en una solución tampón de MES 50 mM a  $\text{pH}=6,5$  (Figura 10), fue más elevado (145 nm) reflejando la agregación que sufrieron estas nanopartículas en medio MES y por tanto, no serían adecuadas para las aplicaciones perseguidas. Por este motivo, se decidió entonces estudiar la estabilidad coloidal de las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2@PAA$  dopadas con un 15% de  $\text{Eu}^{3+}$ , que fueron las que presentaron la segunda emisión más alta.

**Figura 10.** Curvas de distribución de tamaño obtenidas mediante DLS para las nanopartículas de  $\text{Eu}(20\%):\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2@PAA$  suspendidas en agua Milli-Q y en una disolución de MES 50 mM a  $\text{pH}=6,5$ .



El estudio de estabilidad coloidal de las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2@PAA$  dopadas con un 15% de  $\text{Eu}^{3+}$  reveló, que tanto en medio acuoso como en medio MES los valores de diámetro hidrodinámico medio fueron muy próximos (68 nm y 83 nm, respectivamente) al tamaño medio de las nanopartículas obtenido a partir de las imágenes de TEM (44 nm, tabla 2), lo que indica la ausencia de procesos de agregación de partículas en ambos medios, cumpliendo así con el requisito de estabilidad coloidal requerido para su aplicación en biomedicina.

**Figura 11.** Curvas de distribución de tamaño obtenidas mediante DLS para las nanopartículas de  $\text{Eu}(15\%):\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2@PAA$  suspendidas en agua Milli-Q y en una disolución de MES mM a  $\text{pH}=6,5$ .



## Conclusiones

- 1- Se han sintetizado, por primera vez, nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  y  $\text{Eu}:\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  empleando un método de síntesis basado en reacciones de precipitación homogénea en medio EG/agua.
- 2- Se consiguió incorporar el ácido poli(acrílico) durante el proceso de síntesis permitiendo unificar en una sola etapa tanto la obtención de las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  como la funcionalización de las mismas con un grupo orgánico hidrofílico al que se puedan anclar gran variedad de moléculas orgánicas de interés biomédico.
- 3- El procedimiento de síntesis empleado permitió dopar con cationes  $\text{Eu}^{3+}$  las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  obtenidas.

4- Las nanopartículas obtenidas cristalizaron con estructura tetragonal y presentaron gran estabilidad coloidal frente a la agregación en medio acuoso.

5- Las medidas de luminiscencia revelaron que las nanopartículas de  $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  dopadas con Eu presentan la emisión roja característica del  $\text{Eu}^{3+}$  cuando se excita con luz ultravioleta, pudiéndose realizar dicha excitación tanto por absorción directa de energía por los cationes  $\text{Eu}^{3+}$  ( $\lambda_{\text{exc}}=393$  nm y 464 nm) como a través de una transferencia de energía del grupo molibdato ( $\lambda_{\text{exc}}=280$  nm).

6- Las nanopartículas de  $\text{Eu}(15\%):\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  funcionalizadas con PAA presentaron alta estabilidad coloidal en medio MES, siendo las más adecuadas para las aplicaciones perseguidas.

## Agradecimientos

Al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades por la financiación del Proyecto de Investigación (RTI2018-094426–B-I00).

R. M. Calderón-Olvera agradece el apoyo financiero del CONACYT (801024).

## Referencias bibliográficas

Torres, Y., Pavón, JJ, Nieto, I., & Rodríguez, JA (2011). Proceso de pulvimetalurgia convencional y caracterización de titanio poroso para aplicaciones biomédicas. *Transacciones metalúrgicas y de materiales B* , 42 (4), 891-900. <https://doi.org/10.1007/s11663-011-9521-6>

Norowski Jr, PA y Bumgardner, JD (2009). Estrategias de biomateriales y antibióticos para la periimplantitis: una revisión. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials* , 88 (2), 530-543.[https:// DOI: 10.1002/jbm.b.31152](https://doi.org/10.1002/jbm.b.31152)

Torres, Y., Rodríguez, JA, Arias, S., Echeverry, M., Robledo, S., Amigo, V., & Pavón, JJ (2012). Procesado, caracterización y ensayo biológico del titanio poroso obtenido mediante técnica space-holder. *Revista de ciencia de los materiales* , 47 (18), 6565-6576. [https://DOI 10.1007/s10853-012-6586-9](https://doi.org/10.1007/s10853-012-6586-9)

- Trueba, P., Navarro, C., Rodríguez-Ortiz, JA, Beltrán, AM, García-García, FJ, & Torres, Y. (2021). Fabricación y caracterización de implantes dentales porosos superficialmente modificados. *Tecnología de superficies y revestimientos*, 408, 126796. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.126796>
- Lee, N., Choi, S. H., Hyeon, T. (2013). Nano-Sized CT Contrast Agents. *Advanced Materials*, 25, 2641-2660.
- Gómez-González, E., Núñez, N. O., Caro, C., Garcia-Martín, M. L, Ocaña, M. (2023). Carboxylate functionalized NaDy(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> nanoparticles with tunable size and shape as high magnetic field MRI contrast agents. *Journal of Colloid and Interface Science*, 629, 310-321.
- Jaque, D., Richard, C., Viana, B., Soga, K., Liu X., García-Solé, J. (2016). Inorganic nanoparticles for optical bioimaging. *Advances in Optics and Photonics*, 8(1), 1-103.
- Zhang, L., Liu, R., Peng, H., Li, P., Xu, Z., Whittaker, A. K. (2016). Nanoparticle-based paramagnetic contrast agents for magnetic resonance imaging. *Nanoscale*, 8(20), 10491-10510.
- Weissleder, R., Pittet, M. J. (2008). Imaging in the era of molecular oncology. *Nature*, 452, 580-589.
- Yao, J., Yang, M., Duan, Y. (2014). Chemistry, biology, and medicine of fluorescent nanomaterials and related systems: New insights into biosensing, bioimaging, genomics, diagnostics, and therapy. *Chemical Reviews*, 114, 6130-6178.
- Prodi, L., Rampazzo, E., Rastrelli, F., Speghini, A., Zaccheroni, N. (2015). Imaging agents based on lanthanide doped nanoparticles. *Chemical Society Reviews*, 44, 4922-4952.
- Weissleder, R., Mahmood, U. (2001). Molecular Imaging. *Radiology*, 219, 316-333.
- Núñez, N. O., Gómez-González, E., Calderón-Olvera R. M., Becerro, A. I., Colón, G., Ocaña, M. (2021). NaY(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>-based nanoparticles: synthesis, luminescence and photocatalytic properties. *Dalton Transactions*, 50, 16539-16547.
- Laguna, M., Núñez, N. O., Becerro, A. I., Lozano, G., Moros, M., De la Fuente, J. M., Corral, A., Balcerzyk, M., Ocaña, M. (2019). Synthesis, functionalization and properties of uniform europium-doped sodium lanthanum tungstate and molybdate (NaLa(XO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, X = Mo,W) probes for luminescent and X-ray computed tomography bioimaging. *Journal of Colloid and Interface Science*, 554, 520-530.

- Liu, Y., Tu, D., Zhu, H., Li, R., Luo, W., Chen, X. (2010). A strategy to achieve efficient dual-mode luminescence of  $\text{Eu}^{3+}$  in lanthanides doped multifunctional  $\text{NaGdF}_4$  nanocrystals. *Advanced Materials*, 22, 3266-3271.
- Rodriguez-Liviano, S., Núñez, N. O., Rivera-Fernández, S., De la Fuente, J. M., Ocaña, M. (2013). Ionic liquid mediated synthesis and surface modification of multifunctional mesoporous  $\text{Eu}:\text{GdF}_3$  nanoparticles for biomedical applications. *Langmuir*, 29, 3411-3418.
- Naccache, R., Martín Rodríguez, E., Bogdan, N., Sanz-Rodríguez, F., Iglesias de la Cruz, M., Juarranz de la Fuente, A., Vetrone, F., Jaque, D., García Solé, J., Capobianco, J. A. (2012). High resolution fluorescence imaging of cancers using lanthanide ion-doped up-converting nanocrystals. *Cancers*, 4, 1067-1105.
- Liu, Y., Tu, D., Zhu, H., Maa E., Chen, X. (2013). Lanthanide-doped luminescent nano-bioprobes: from fundamentals to biodetection. *Nanoscale*, 5, 1369-1384.
- Escudero, A., Becerro, A. I., Carrillo-Carrión, C., Núñez, N. O., Zyuzin, M., Laguna, M., González-Mancebo, D., Ocaña, M., Parak, W. J. (2017). Rare earth based nanostructured materials: synthesis, functionalization, properties and bioimaging and biosensing applications. *Nanophotonics*, 6, 881-921.
- Laguna, M., Núñez, N. O., Rodríguez, V., Cantelar, E., Stepien, G., García, M. L., De La Fuente, J. M., Ocaña, M. (2016). Multifunctional  $\text{Eu}$ -doped  $\text{NaGd}(\text{MoO}_4)_2$  nanoparticles functionalized with poly(L-lysine) for optical and MRI imaging. *Dalton Transactions*, 45, 16354-16365.
- Liao, J., Zhou, D., You, H., Wen, H., Zhou, Q., Yang, B. (2013). Hydrothermal synthesis and photoluminescence of  $\text{NaGd}(\text{MoO}_4)_2:\text{Tb}^{3+}$  novel green phosphor. *Optik*, 124(12), 1362-1365.
- Gong, W., Fu, Z., Zhou, S., Du, S., Zhang, S., Dai, Z., Li, W. (2010). Template-free hydrothermal synthesis and luminescent properties of octahedral  $\text{NaGd}(\text{MoO}_4)_2:\text{Eu}^{3+}$  microcrystals. *Journal of the Electrochemical Society*, 157(10), J338-J341.
- Duan, X., Li, Y. (2013). Physicochemical characteristics of nanoparticles affect circulation, biodistribution, cellular internalization, and trafficking. *Small*, 9(9-10), 1521-1532.
- Gnach, A., Bednarkiewicz, A. (2012). Lanthanide-doped up-converting nanoparticles: Merits and challenges. *Nano Today*, 7, 532-563.

- Núñez, N. O., De La Fuente, J. M., Rivera, S., Ocaña, M. (2013). Surface modified Eu:GdVO<sub>4</sub> nanocrystals for optical and MRI imaging. *Dalton transactions*, 42, 10725-10734.
- Hou, Y., Qiao, R., Fang, F., Wang, X., Dong, C., Liu, K., Liu, C., Liu, Z., Lei, H., Wang, F., Gao, M. (2013). NaGdF<sub>4</sub> nanoparticle-based molecular probes for magnetic resonance imaging of intraperitoneal tumor xenografts *in vivo*. *ACS Nano*, 7(1), 330–338.
- Mazurak, Z., Blasse, G., Liebertz, J. (1987). The luminescence of the scheelite NaBi(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. *Journal of Solid State Chemistry*, 68(1), 181-184.
- Li, W., Zhang, W., Li, W., Gan, Y., Zhang, P. (2019). Synthesis and luminescence properties of Eu<sup>3+</sup> co-doped NaBi(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>:Dy<sup>3+</sup> phosphors for white light-emitting diodes. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 30, 658–666.
- Gan, Y., Liu, W., Zhang, W., Li, W., Huang, Y., Qiu, K. (2019). Effects of Gd<sup>3+</sup> codoping on the enhancement of the luminescent properties of a NaBi(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>:Eu<sup>3+</sup> red-emitting phosphors. *Journal of Alloys and Compounds*, 784, 1003-1010.
- Pushpendra, Kunchala, R. K., Achary, S. N., Tyagi, A. K., Naidu, B. S. (2019). Rapid, room temperature synthesis of Eu<sup>3+</sup> doped NaBi(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> nanomaterials: structural, optical, and photoluminescence properties. *Crystal Growth and Design*, 19(6), 3379–3388.
- Pushpendra, Kunchala, R. K., Kalia, R., Naidu, B. S. (2020). Excitation dependent visible and NIR photoluminescence properties of Er<sup>3+</sup>, Yb<sup>3+</sup> co-doped NaBi(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> nanomaterials. *RSC Advances*, 10, 14525-14530.
- Núñez, N. O., Ocaña, M. (2007). An ionic liquid based synthesis method for uniform luminescent lanthanide fluoride nanoparticles. *Nanotechnology*, 18, 455-606.
- Feldmann, C. (2003). Polyol-mediated synthesis of nanoscale functional materials. *Advanced Functional Materials*, 13(2), 101-107.
- Thanh, N. T. K., Green, L. A. W. (2010). Functionalisation of nanoparticles for biomedical applications. *Nano Today*, 5(3), 213–230.
- Núñez, N. O., García, M., García-Sevillano, J., Rivera-Fernández, S., De la Fuente, J. M., Ocaña, M. (2014). One-step synthesis and polyacrylic acid functionalization of multi-functional europium-doped NaGdF<sub>4</sub> nanoparticles with selected size for optical and MRI imaging. *European Journal of Inorganic Chemistry*, 35, 6075–6084.
- Chalmers, J. M., Griffiths, P. R. (2001). Handbook of Vibrational Spectroscopy. New York: John Wiley and Sons.

- Escudero, A., Moretti, E., Ocaña, M. (2014). Synthesis and luminescence of uniform europium-doped bismuth fluoride and bismuth oxyfluoride particles with different morphologies. *CrystEngComm*, 16, 3274–3283.
- Buonsanti, R., Milliron, D. J. (2013). Chemistry of doped colloidal nanocrystals. *Chemistry of Materials*, 25(8), 1305–1317.
- Shannon, R. D. (1976). Revised effective ionic radii and systematic studies of interatomic distances in halides and chalcogenides. *Acta Crystallographica*, A32, 751–767.
- Yang, M., You, H., Jia, Y., Qiao, H., Guo, N., Song, Y. (2011). Synthesis and luminescent properties of  $\text{NaLa}(\text{MoO}_4)_2\text{:Eu}^{3+}$  shuttle-like nanorods composed of nanoparticles. *CrystEngComm*, 13, 4046–4052.
- Kirakci, K., Kubát, P., Langmaier, J., Polívka, T., Fuciman, M., Fejfarová, K., Lang, K. (2013). A comparative study of the redox and excited state properties of  $(n\text{Bu}_4\text{N})_2[\text{Mo}_6\text{X}_{14}]$  and  $(n\text{Bu}_4\text{N})_2[\text{Mo}_6\text{X}_8(\text{CF}_3\text{COO})_6]$  ( $X = \text{Cl}, \text{Br}, \text{or I}$ ). *Dalton transactions*, 42, 7224–7232.

# INFLUENCIA DE LA POROSIDAD EN IMPLANTES DENTALES MONOCOMPONENTES SOBRE SU COMPORTAMIENTO BIOMECÁNICO

**Jennifer Rodríguez-Guerra<sup>1</sup>, Pedro González-Mederos<sup>1</sup>, Jesús E. González<sup>1\*</sup>, Ana M. Beltrán<sup>2</sup>, Amanda Robau-Porrúa<sup>3</sup> y Yadir Torres<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Departamento de Biomateriales Cerámicos y Metálicos, Centro de Biomateriales, Universidad de La Habana, La Habana 6323, Cuba; jennifer.rodriguez98@gmail.com (J.R.G); pedrogonzalezmederos@gmail.com (P.G.M); jgonzalezr1961@gmail.com (J.E.G).*

<sup>2</sup> *Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y el Transporte, Universidad de Sevilla, Sevilla, España; abeltran3@us.es (A.M.B); ytorres@us.es (Y.T).*

<sup>3</sup> *Departamento de Metalurgia, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción, Concepción, 4070386, Chile; arobau@udec.cl (A.R.P).*

E-mail de correspondencia: [jgonzalezr1961@gmail.com](mailto:jgonzalezr1961@gmail.com)

## **Resumen**

Los estímulos mecánicos generados por las fuerzas masticatorias son necesarios para evitar la atrofia del hueso peri-implantar. El objetivo de este trabajo es determinar la influencia de la porosidad de un implante dental sobre los niveles de esfuerzos y deformaciones generados en los huesos cortical y trabecular peri-implantares. Para llevar a cabo el estudio se utilizó un modelo de implante dental poroso de doble rosca, con variaciones en los niveles de porosidad. El comportamiento biomecánico de los modelos se evaluó mediante el Método de Elementos Finitos (FEM), en un segmento del maxilar con calidad ósea II, correspondiente al área del primer premolar.

## Introducción

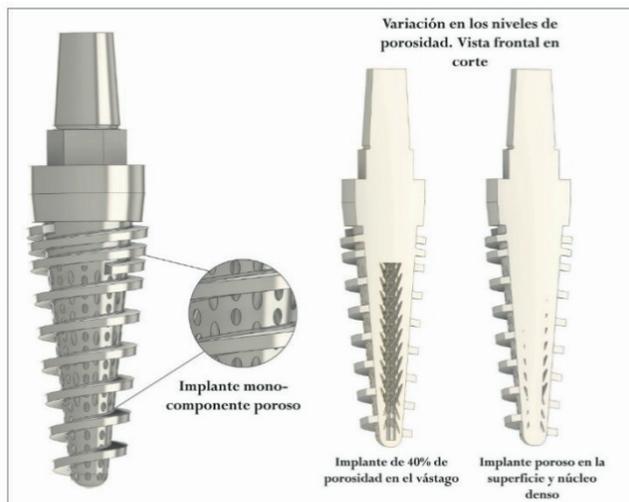
En el diseño del tratamiento con implantes dentales se deben incluir criterios biomecánicos para reducir las complicaciones relacionadas con el estrés, que condicionan la salud a largo plazo de la interfaz hueso-implante dental (Hingsammer et al., 2019). Las cargas aplicadas a un implante dental pueden inducir la deformación del implante y los tejidos circundantes. En este estudio se lleva a cabo la evaluación del comportamiento biomecánico de un implante dental poroso de doble rosca con variaciones en los niveles de porosidad, a partir de establecer una calidad ósea II en la zona del primer premolar del maxilar y aplicar cargas estáticas a la corona en la condición de carga retardada.

## Materiales y métodos

### Modelos y diseño experimental

Se utilizaron dos modelos de implantes dentales monocomponentes (Figura 1). Los implantes tienen una longitud total de 16,4 mm, con un vástago de longitud de 9,6 mm y diámetro máximo del cuello de 3,3 mm con  $-6^\circ$  de inclinación, en la cual se utilizaron diferentes niveles y distribución de porosidad reflejados en la Figura 1.

Figura 1. Modelos de implantes dentales.



Fuente: elaboración propia.

En el diseño experimental se realizaron dos simulaciones para evaluar la influencia de la porosidad de los implantes y la distribución de la misma sobre los niveles máximos de esfuerzos y deformaciones generados en los huesos cortical y trabecular.

### Análisis por el método de elementos finitos

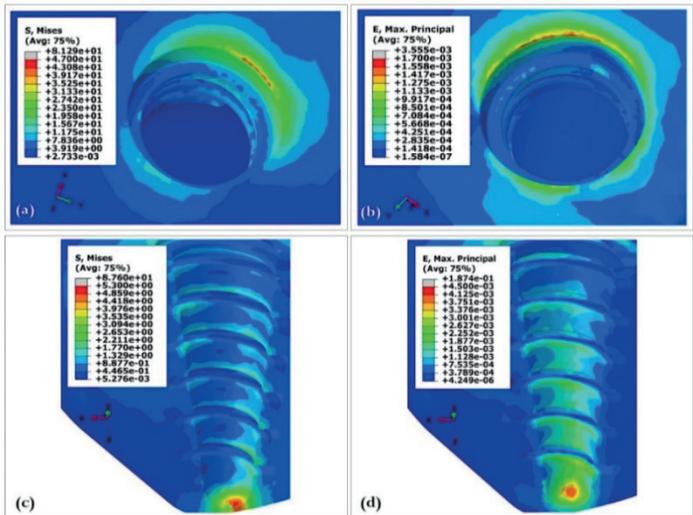
La obtención de las distribuciones y valores de esfuerzos y deformaciones de los huesos cortical y trabecular se realizó por el método de elementos finitos (MEF) mediante el software de simulación Abaqus/CAE (6.13 version, Simulia Corp.) En el mallado del sistema, el tipo de malla utilizada es tetraédrica C3D4. Para analizar el incremento de la precisión en los valores, se realizaron pruebas de convergencia, se obtuvo como resultado un error menor de 2 %.

Para evaluar el comportamiento biomecánico del modelo, el sistema fue sometido a cargas estáticas, las cuales se distribuyeron en la superficie de la corona. Se asignaron las condiciones de frontera asumiendo que el hueso queda empotrado, evitando su movimiento en cualquier dirección.

## Resultados y discusión

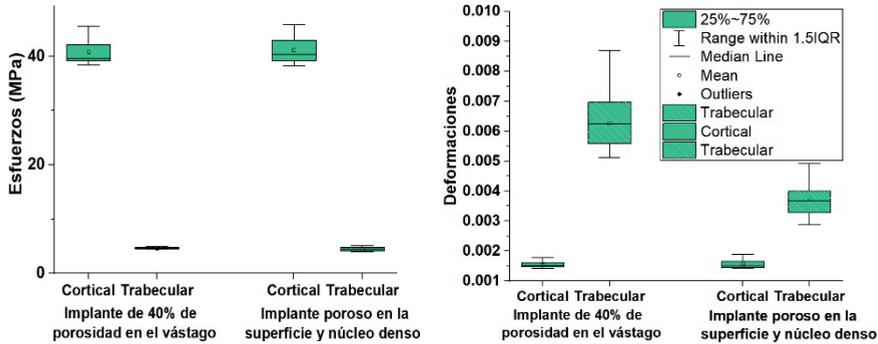
### Esfuerzos y deformaciones en el hueso cortical

**Figura 2.** Distribución de esfuerzos equivalentes de von Mises y distribución de deformaciones en el hueso cortical (a, b) y hueso trabecular (c, d) generados por el modelo de implante poroso en la superficie y núcleo denso.



Fuente: elaboración propia.

**Gráfico 1.** Valores máximos de esfuerzos equivalentes de von Mises y deformaciones equivalentes en los huesos cortical y trabecular generados por los modelos de implantes dentales: implante de 40% de porosidad en el vástago e implante poroso en la superficie y núcleo denso.



Fuente: elaboración propia.

La distribución de esfuerzos equivalentes de von Mises y la distribución de deformaciones en los huesos cortical y trabecular, se muestran en la figura 2 que corresponde a la simulación realizada con el implante poroso en la superficie y núcleo denso. Los esfuerzos y deformaciones se localizan en la zona peri-implantar, concentrados en la zona de contacto con el implante.

En el gráfico 1 se muestran los valores máximos de esfuerzos en los huesos cortical y trabecular generados por los modelos de implantes dentales: implante de 40 % de porosidad en el vástago e implante poroso en la superficie y núcleo denso. En ambas simulaciones, los máximos valores de esfuerzos en el hueso cortical sobrepasan el intervalo considerado como favorable para mantener la densidad ósea en el hueso cortical (12 – 27 MPa). En el hueso trabecular los valores se encuentran dentro del intervalo favorable (4 – 8 MPa), no se observan diferencias estadísticamente significativas en ambas simulaciones. Los valores de deformaciones en el hueso cortical, en ambas simulaciones, no sobrepasan el intervalo reportado como adecuado para mantener la densidad ósea (0.003). Sin embargo, en el hueso trabecular, los valores máximos generados por el implante de 40 % de porosidad, sobrepasan los límites recomendados, por lo que pueden provocar pérdida ósea acelerada en esos puntos. Por su parte, con el implante de superficie porosa y núcleo denso, se observa una disminución de los valores

de deformaciones en el hueso trabecular debido a que presenta mayor área densa respecto al implante completamente poroso.

## **Conclusiones**

A partir del método de elementos finitos, se simuló el comportamiento biomecánico de dos implantes dentales porosos con diferentes niveles de porosidad. De forma general, se obtuvieron menores valores de deformaciones en la simulación con el implante de superficie porosa y núcleo denso en comparación con la simulación del implante completamente poroso. Por lo que se determinó que los niveles de porosidad y la distribución de esta en implantes dentales, influye sobre las deformaciones generadas en el hueso trabecular peri-implantar.

## **Agradecimientos**

Este trabajo fue apoyado por el proyecto “Dispositivos biomédicos personalizados para restauración ósea y ortopédica mediante impresión 3D” (PN385LH007-036) del programa Nacional de Ciencia y Tecnología de Cuba: Biotecnología, Industria Farmacéutica y Tecnologías Médicas. Además, este trabajo fue apoyado por la Junta de Andalucía, España (PAIDI P20-00671).

## **Referencias bibliográficas**

Hingsammer, L., Pommer, B., Hunger, S., Stehrer, R., Watzek, G., & Insua, A. (2019). Influence of implant length and associated parameters upon biomechanical forces in finite element analyses: a systematic review. *Implant dentistry*, 28(3), 296-305. doi: 10.1097/ID.0000000000000879

# INFLUENCIA DE LA CALIDAD ÓSEA EN LA ZONA DEL PRIMER MOLAR SOBRE EL COMPORTAMIENTO BIOMECÁNICO DE UN IMPLANTE DENTAL

**Pedro González-Mederos<sup>1</sup>, Jennifer Rodríguez-Guerra<sup>1</sup>, Jesús E. González<sup>1\*</sup>, Ana M. Beltrán<sup>2</sup> y Yadir Torres<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Biomateriales Cerámicos y Metálicos, Centro de Biomateriales, Universidad de La Habana, La Habana 6323, Cuba; pedrogonzalezmederos@gmail.com (P.G.M); jennifer.rodri-guez98@gmail.com (J.R.G); jgonzalezr1961@gmail.com (J.E.G).

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y el Transporte, Universidad de Sevilla, Sevilla, España; abeltran3@us.es (A.M.B); ytorres@us.es (Y.T).

E-mail de correspondencia: jgonzalezr1961@gmail.com

## **Resumen**

Es conocido que las tensiones y/o deformaciones excesivas pueden causar atrofia del hueso peri-implantar, fenómeno que se acentúa en la zona de los molares. Esta investigación evalúa la influencia de un implante dental denso sobre las tensiones y deformaciones que se producen en los maxilares superiores de calidades óseas II y IV. El implante dental utilizado en el estudio está diseñado para obtener una distribución adecuada de esfuerzos y deformaciones a lo largo de los huesos cortical y trabecular peri-implantares. Con la ayuda del software Abaqus/CAE, utilizando el Método de Elementos Finitos, se simuló el comportamiento biomecánico de los sistemas formados por el implante dental, una corona de cerámica y los huesos cortical y trabecular. Se determinaron los esfuerzos y deformaciones en la zona del primer molar del maxilar superior, bajo cargas estáticas, en la condición de carga retardada.

## **Introducción**

La pérdida de piezas dentales debido a enfermedades o traumatismos, provoca una disminución de la cantidad y calidad ósea en los maxilares afectados. El éxito clínico del tratamiento con implantes dentales depende de factores biomecánicos y biológicos (de Ulloa et al., 2022). Uno de los factores más importantes a valorar para lograr un tratamiento satisfactorio con implantes dentales osteointegrados, lo constituye su comportamiento biomecánico.

## **Materiales y métodos**

### **Obtención de los modelos y diseño experimental**

En el sistema corona –implante dental utilizado en las simulaciones, se eligió un implante dental monocomponente denso con una altura de 16,4 mm, diámetro del cuello de 3,8 mm y perfil de rosca rectangular.

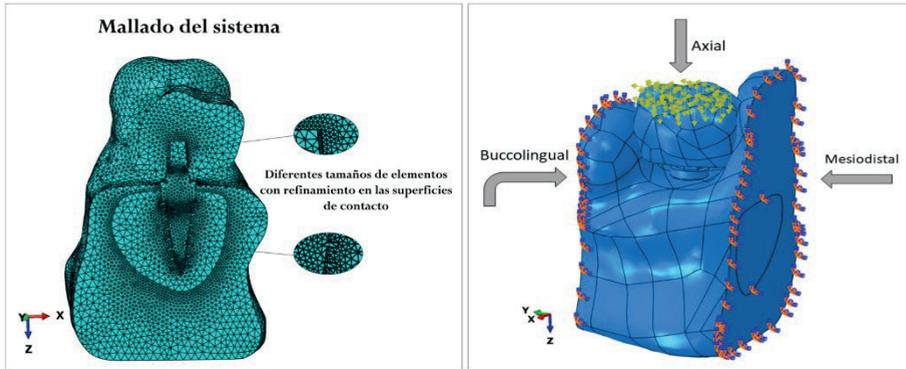
Se realizó un diseño experimental formado por dos simulaciones que permiten evaluar la influencia de dos calidades óseas en el maxilar con el anclaje de un implante denso, sobre los niveles de esfuerzos y deformaciones generados en los huesos cortical y trabecular.

### **Análisis por el método de elementos finitos**

Los valores de esfuerzos y deformaciones de los huesos cortical y trabecular se obtuvieron por el método de elementos finitos (MEF) mediante el software de simulación Abaqus/CAE (6.13 version, Simulia Corp.)

Se realizó un mallado global (Figura 1) para todos los elementos del sistema de 0,7 mm y un mallado local de 0,2 mm con refinamiento en las superficies de contacto. El tipo de malla utilizada es tetraédrica, ya que los valores de densidad y geometría son complejos. Para garantizar la precisión de los valores de esfuerzos y deformaciones obtenidos, se realizaron pruebas de convergencia manteniendo las condiciones de carga y frontera. Se realizó un mallado tetraédrico con un refinamiento de 0,16 mm para las superficies de contacto y 0,6 mm en la malla global. Se obtuvo como resultado un error menor de 2 %.

**Figura 1.** Mallado del sistema y Restricciones de frontera y distribución y dirección de las cargas



**Fuente:** elaboración propia.

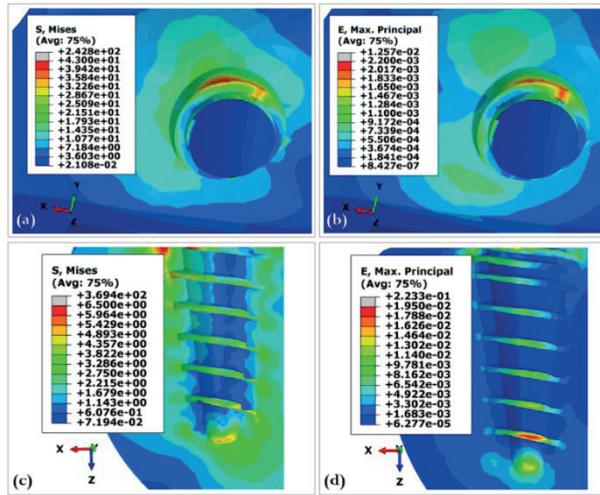
Se aplicaron las cargas oclusales en 3 direcciones simultáneamente: en la dirección axial, buco-lingual y mesio-distal con valores de 147 N, 21,58 N y 29,48 N, respectivamente. Se creó un set de 30 nodos donde se distribuyeron las cargas en la superficie de la corona del molar. Se asignaron las condiciones de frontera asumiendo que el hueso queda empotrado, evitando su movimiento en cualquier dirección.

## Resultados y discusión

### Esfuerzos y deformaciones en el hueso cortical

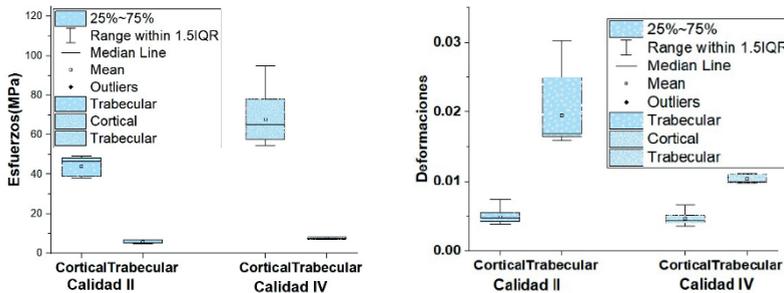
La distribución de esfuerzos equivalentes de von Mises y la distribución de deformaciones de los huesos cortical y trabecular de calidad II, se muestran en la figura 2. Sus distribuciones se localizan en la zona peri-implantar, específicamente en los bordes agudos del agujero donde se ubica el implante.

**Figura 2.** Distribución de esfuerzos equivalentes de von Mises y distribución de deformaciones en el hueso cortical (a, b) y hueso trabecular (c, d) de calidad II.



Fuente: elaboración propia.

**Gráfico 1.** Valores máximos de esfuerzos equivalentes de von Mises y deformaciones en los huesos cortical y trabecular para las calidades II y IV.



Fuente: elaboración propia.

Los niveles de esfuerzos sobrepasan el intervalo considerado como favorable para mantener la densidad ósea en el hueso cortical (12 – 27 MPa) y el hueso trabecular se encuentra dentro del intervalo favorable (4– 8 MPa), en la zona de carga del molar, por lo que no debe ocurrir reabsorción ósea en estas zonas. El valor de las deformaciones en el hueso cortical se encuentra dentro de los límites recomendado para mantener la densidad ósea en el maxilar (3000  $\mu\epsilon$ ), sin

embargo, en el hueso trabecular son significativamente superiores, por lo que debe ocurrir pérdida acelerada de las dimensiones óseas del maxilar.

En el gráfico 1 se muestran los valores máximos de esfuerzos en los huesos trabecular y cortical correspondientes a las calidades óseas II y IV, se observa una disminución en los esfuerzos en el hueso cortical calidad II con respecto al calidad IV, este comportamiento es esperado pues el hueso calidad II posee mayor densidad ósea, por lo que disipa mayor cantidad de esfuerzos que el hueso calidad IV. Sin embargo, en el hueso trabecular no se aprecian cambios significativos en ambas calidades óseas. Las deformaciones poseen valores muy elevados, observándose mayor incremento en el hueso trabecular calidad II. No se aprecian cambios significativos al comparar ambas calidades óseas.

## Conclusiones

Se determinó que la calidad ósea influye significativamente en los esfuerzos en el hueso cortical peri-implantar, observándose menores valores de esfuerzos al simular el comportamiento del sistema en el hueso con calidad II en comparación a los obtenidos en el hueso con calidad IV. Por otra parte, en el caso de las deformaciones, el análisis estadístico resultó en mayores valores en el hueso trabecular de calidad II respecto a los obtenidos en calidad IV.

## Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el proyecto “Dispositivos biomédicos personalizados para restauración ósea y ortopédica mediante impresión 3D” (PN385LH007-036) del programa Nacional de Ciencia y Tecnología de Cuba: Biotecnología, Industria Farmacéutica y Tecnologías Médicas. Además, este trabajo fue apoyado por la Junta de Andalucía, España (PAIDI P20-00671).

## Referencias bibliográficas

de Ulloa, J. L., González, J. E., Beltrán, A. M., Avés, E. P., Rodríguez-Guerra, J., & Torres, Y. (2022). Biomechanical behavior of customized scaffolds: A three-dimensional finite element analysis. *Materials & Design*, 223, 111173. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2022.111173>

# MÉTODO INTERACTIVO-PROFESIONAL: UNA VÍA PARA LA FORMACIÓN LABORAL DE LOS ESTUDIANTES EN LA ESCUELA POLITÉCNICA CONTEMPORÁNEA

**Orlando Martínez Cuba<sup>1</sup>, Prudencio Alberto Leyva Figueredo<sup>2</sup>, Laura Leticia Mendoza Tauler<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Estudios para la Formación Laboral. Universidad de Holguín, Cuba.

<sup>2</sup> Centro de Estudios para la Formación Laboral. Universidad de Holguín, Cuba.

<sup>3</sup> Centro de Estudios en Ciencias de la Educación. Universidad de Holguín, Cuba.

E-mail de correspondencia: [omartinezcuba0@gmail.com](mailto:omartinezcuba0@gmail.com)

## **Resumen**

La Escuela Politécnica contemporánea requiere el empleo de vías de carácter didáctico que contribuyan al desarrollo de la formación laboral de los estudiantes. Por esta razón, es objetivo de esta investigación proponer el método interactivo-profesional para viabilizar el trabajo en este sentido. Cuenta con tres procedimientos que permiten integrar los métodos de trabajo tecnológico con los métodos de enseñanza-aprendizaje, lo que posibilita organizar y dinamizar la formación laboral de los estudiantes en su interacción con los objetos y sujetos implicados, propiciando la aprehensión individual de los contenidos laborales que necesitan para dar solución a los problemas que se presentan en el contexto socio-laboral.

## **Introducción**

Las características y condiciones cambiantes de los contextos laborales actuales condicionan la necesidad de introducir cambios en las escuelas politécnicas que garanticen aprovechar las potencialidades educativas del proceso de formación integral de los estudiantes, con énfasis en la formación laboral. Por tanto es necesario proponer vías desde el punto de vista didáctico que permitan desarrollar con mayor calidad el proceso pedagógico profesional de las diferentes asignaturas, de modo que se contribuya al desarrollo de cualidades laborales de la personalidad que les permitan a los futuros trabajadores resolver los problemas profesionales.

Es por ello que se determina como problema general en la Escuela Politécnica contemporánea: las insuficiencias en las vías que desde lo didáctico se emplean para la formación laboral, limitan el desarrollo de cualidades laborales de la personalidad en los estudiantes. Por lo que se traza como objetivo: proponer la utilización de un método para el desarrollo de la formación laboral de los estudiantes en la Escuela Politécnica contemporánea, que permita integrar los métodos de trabajo tecnológico con los métodos de enseñanza-aprendizaje.

## **Materiales y métodos**

Como métodos del nivel teórico se emplearon el análisis-síntesis para realizar las críticas necesarias a la literatura especializada sobre formación laboral. El Inductivo-deductivo permitió elaborar conclusiones precisas sobre la forma en que se desarrolla la formación laboral de los estudiantes. Del nivel empírico las entrevistas y encuestas permitieron explorar el conocimiento que poseen docentes y directivos sobre la formación laboral. La revisión documental permitió un análisis crítico del proceso de formación laboral de los estudiantes y de las estrategias de trabajo que se llevan a cabo para su mejora. La observación científica permitió recoger información sobre la situación de los estudiantes durante el desarrollo de las diferentes actividades de carácter laboral.

## Resultados y discusión

### **Algunos fundamentos que sustentan la formación laboral de los estudiantes en la Escuela Politécnica contemporánea**

Para el desarrollo del presente trabajo se asume la formación laboral como “[...] proceso y resultado que se concreta en el desarrollo de cualidades laborales de la personalidad a partir de la integración del sistema de influencias educativas que ejercen las instituciones sociales sobre el sujeto, que le permiten aplicar los contenidos laborales, adaptarse al contexto socio-laboral y transformarlo para satisfacer las necesidades sociales”. (Martínez, 2014: p.4)

En este sentido, cabe destacar la necesidad de utilizar métodos que permitan cumplimentar la esencia de este concepto, a partir de procedimientos que viabilicen desde lo didáctico un adecuado desarrollo de cualidades laborales en los estudiantes que les permitan manifestar comportamientos adecuados y productivos durante su actuación laboral en la solución de los problemas profesionales.

La categoría método ha sido suficientemente abordada por prestigiosos autores, por ejemplo, Cifuentes Gil (2002), expone que “[...] los métodos se refieren al concepto de estrategias, procedimientos y técnicas que guían la acción con una finalidad determinada, no son la actividad en sí misma, sino la manera de llevar a cabo; suponen un camino a seguir para alcanzar un fin”. (Apud. Barreto, 2003: 14)

A pesar de la aplicación consecuente de diferentes métodos en la Escuela Politécnica, se evidencia que es deficiente en la formación laboral un método que imprima a la enseñanza y el aprendizaje su naturaleza cambiante, activa y contradictoria, que contribuya al desarrollo de cualidades laborales de la personalidad. Es por ello que se ha considerado importante proponer el empleo del método interactivo-profesional para contribuir al desarrollo de la formación laboral de los estudiantes en la Escuela Politécnica contemporánea.

### **El método interactivo-profesional para la formación laboral de los estudiantes de la Escuela Politécnica contemporánea**

El método interactivo-profesional “[...] permite que los técnicos medios y obreros calificados interactúen de manera sistemática con la realidad concreta del contexto socio-laboral donde se forman y desarrollan desde la integración de los

métodos de trabajo tecnológico, los métodos propios del proceso laboral y los métodos de enseñanza-aprendizaje, lo que permite organizar y dinamizar la formación laboral de los estudiantes, en su interacción activa no sólo con los objetos, sino con los otros sujetos implicados".(Martínez, 2011: 67).

Para su desarrollo se proponen los siguientes procedimientos:

**Procedimiento de caracterización tecnológica.** Su desarrollo implica que los estudiantes:

- Identifiquen y analicen los problemas profesionales que se presentan.
- Participen en la búsqueda de soluciones a los problemas profesionales y establezcan los requisitos para su solución.
- Utilicen la tecnología como medio de investigación y herramienta de trabajo para resolver los problemas profesionales.
- Presenten el producto final como resultado de la solución a los problemas profesionales.
- Evalúen su propio proceso y el del resto de los que participan.

**Procedimiento socio-laboral contextualizado a las profesiones y los oficios.** Su desarrollo implica que los estudiantes:

- Identifiquen y se sensibilicen con los problemas profesionales que se presentan en el contexto socio-laboral.
- Participen en la aprehensión de los conocimientos, habilidades y valores para la solución de los problemas profesionales.
- Exploren alternativas y tomen decisiones para la solución de los problemas profesionales en función de las necesidades del contexto.
- Empleen a un nivel creativo los conocimientos, habilidades y valores necesarios para resolver los problemas profesionales.
- Manifiesten comportamientos sistemáticos adecuados y productivos.

**Procedimiento de integración profesional contextualizado a la actividad práctica.** Su desarrollo implica que los estudiantes:

- Entren en contacto con los problemas profesionales reales y contribuyan con su solución a la transformación del entorno económico, social y cultural.

- Gestionen y obtengan las informaciones necesarias para enriquecer su preparación teórica y práctica.
- Confronten e integren sus conocimientos, apliquen habilidades y valoren las actitudes que deberán guiar su actuación profesional.
- Manifiesten cultura científica, técnica y tecnológica.
- Desarrollen desempeños profesionales sustentados en los conocimientos, habilidades, valores y cualidades laborales.

## **Conclusiones**

El sistema de procedimientos del método interactivo-profesional se concreta en acciones a desarrollar y contribuye a la contextualización de los contenidos laborales de las diferentes asignaturas y a la integración de los métodos de trabajo tecnológico con los métodos de enseñanza-aprendizaje, en la formación laboral de los estudiantes de la Escuela Politécnica contemporánea.

## **Agradecimientos**

A todos los integrantes del equipo de trabajo de las Jornadas EPS.

## **Referencias bibliográficas**

Barreto Acosta, C. et al. (2003). Metodologías y métodos de trabajo social. Universidad de La Salle, Facultad de Trabajo Social, Bogotá, D.C. 2003.

Martínez, O. (2014). "Algunas consideraciones sobre formación laboral". (Presentación electrónica en soporte digital). Centro de Estudios para la Formación Laboral. Universidad de Holguín, Cuba.

Martínez, O. (2011). La formación laboral del técnico medio en Construcción Civil a través del Proceso Pedagógico Profesional de la asignatura Fundamentos del Diseño Estructural. (Tesis doctoral). Universidad de Ciencias Pedagógicas "José de la Luz y Caballero", Holguín.

# EVALUACIÓN A TRACCIÓN DE UNA UNIÓN SOLDADA A TOPE DE ACERO AISI 1015 Y ALAMBRE ER71-T

**Pavel-Michel Almaguer-Zaldivar<sup>1</sup>, Patricia del Carmen Zambrano-Robledo<sup>2</sup>, José Cabral-Miramontes<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Departamento Mecánica Aplicada, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba*

<sup>3</sup> *Centro de Investigación e innovación en Ingeniería Aeronáutica, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México*

E-mail de correspondencia: pavel@uho.edu.cu, pavelmichel@gmail.com

## **Resumen**

Las uniones soldadas son componentes que a menudo definen la integridad de toda una estructura. Por esa razón es muy importante conocer sus propiedades mecánicas. En este trabajo se presentan los resultados del ensayo a tracción realizado a una unión soldada a tope de acero AISI 1015 y alambre ER71-T. El proceso utilizado para fabricar las probetas fue soldadura por arco con núcleo fundente. Los ensayos a tracción se realizaron acorde con la norma ASTM E 8-04, en una máquina universal MTS-810. En el cabezal móvil se aplicó un desplazamiento a una velocidad de 0,1 mm/s. Las probetas tenían configuración de hueso de perro. Se determinaron propiedades como el límite elástico y de rotura, las eficiencias de la unión, el coeficiente de resistencia y el de endurecimiento y el módulo tangente.

## Introducción

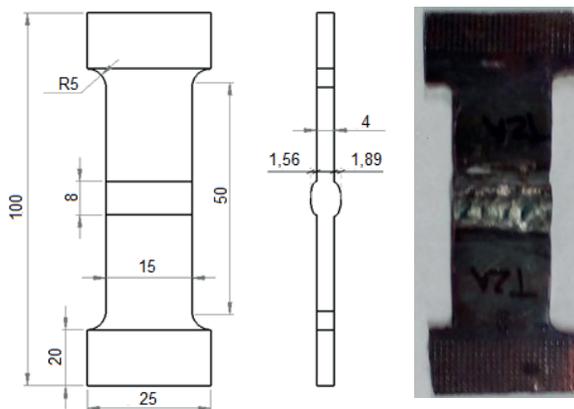
Con el conocimiento de las propiedades mecánicas de los materiales es posible decidir sobre las condiciones en que puede trabajar una máquina, una estructura o partes de estas. La integridad de las uniones que conforman una estructura puede definir la resistencia de esta. Dentro de estas uniones, las soldadas tienen un papel importante. En este trabajo se presenta la caracterización mecánica a tracción de una unión soldada a tope fabricada mediante el proceso de soldadura por arco con núcleo fundente (FCAW).

## Materiales y métodos

El material base utilizado para fabricar las uniones soldadas para los ensayos a tracción fue acero AISI 1015. Se tenía en chapas de 500 mm x 50 mm x 4 mm. Las probetas se soldaron mediante el proceso FCAW. Como material de aporte se seleccionó el alambre ER71-T.

La unión se realizó a tope sin preparación de bordes, con cordones a ambos lados. Las formas y dimensiones de estas probetas fueron definidas acorde con la norma NC 04-72 ( Oficina Nacional de Normalización, 1972). Para estos ensayos se utilizaron probetas soldadas con forma de hueso de perro (Figura 1).

**Figura 1.** Forma y dimensiones de la probeta para los ensayos a tracción.



**Fuente:** (elaboración propia).

Los parámetros del proceso de soldadura se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1.** Parámetros del proceso de soldadura FCAW.

Parámetro	Unidad de medida	Valor
Intensidad de corriente	A	145
Tensión	V	14,3
Número de cordones	-	2
Velocidad de soldadura	mm/s	1
Gas de protección	-	CO <sub>2</sub>
Máquina Miller Modelo CP-302		

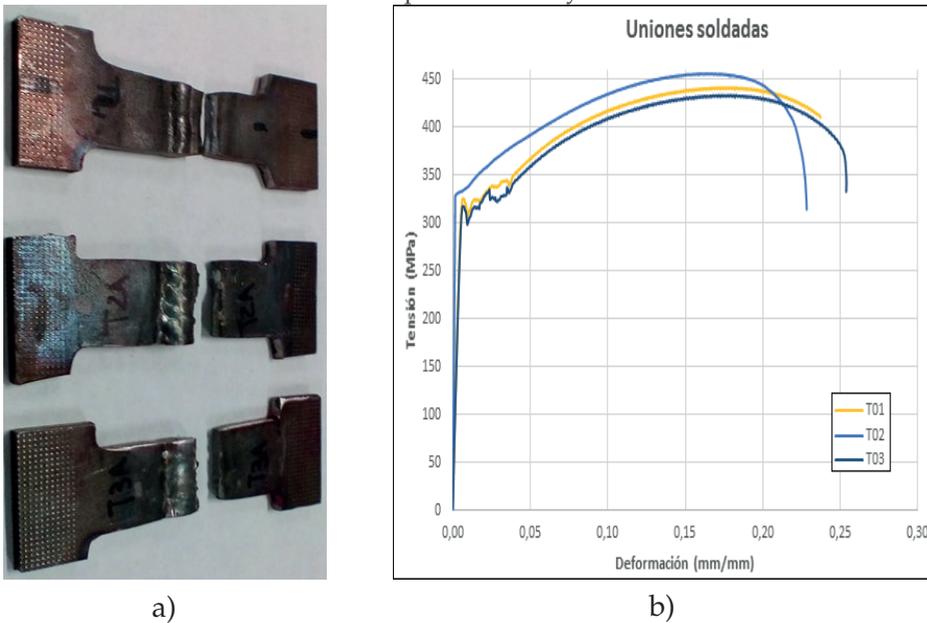
**Fuente:** elaboración propia.

Los ensayos a tracción se realizaron acorde con la norma ASTM E 8-04 (ASTM International, 2004), en una máquina universal MTS-810 de fabricación estadounidense. Esta máquina se encuentra en el Laboratorio de Pruebas Mecánicas y Ensayos No Destructivos del Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica (CIIA), de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. La capacidad de carga de la máquina es de 250 kN. El agarre en forma de cuñas por accionamiento hidráulico asegura la sujeción de las probetas. El software de control de la máquina es el MTS FlexTest 40. La probeta se inmovilizó en el cabezal fijo de la máquina, mientras que en el cabezal móvil se aplicó un desplazamiento a una velocidad de 0,1 mm/s. Se estudiaron tres probetas soldadas.

## Resultados y discusión

En la figura 2 a se encuentran las probetas soldadas rotas después de ser traccionadas. Se ve como la rotura de las tres ocurrió en el material base y no en la zona fundida. Esto muestra que se cumple el objetivo de que la unión soldada no falle en el material de aporte, y sí en el material base.

Figura 2. a) Probetas rotas después de ser traccionadas. b) Curvas tensión-deformación de las probetas ensayadas.



Fuente: (elaboración propia).

En la figura 2 b se muestran los gráficos de tensión – deformación obtenidos de los ensayos realizados a las probetas de las uniones soldadas. Se denotan como T01, T02 y T03.

La tabla 2 muestra las diferentes propiedades determinadas con el ensayo a tracción (Límite elástico  $\sigma_y$  y la tensión de rotura  $\sigma_r$ ). Se plantean parámetros de eficiencia, la que se define como la razón entre la propiedad de la unión soldada y la del material base. De esta manera las eficiencias a fluencia  $\eta_y$  y a rotura  $\eta_r$  se determinan de las ecuaciones (1) y (2), respectivamente. Los subíndices WJ y BM se refieren a la unión soldada y al material base, en ese orden.

La columna "Plasticidad" se refiere a los parámetros "Coeficiente de resistencia"  $K$  y "Exponente de endurecimiento por deformación"  $n$  para ajustar la relación entre la tensión y la deformación en la zona plástica a través de una ecuación del tipo Hollomon (3).

**Tabla 2.** Propiedades de las uniones soldadas determinadas en el ensayo a tracción.

Probeta	$\sigma_y$ (MPa)	$\sigma_u$ (MPa)	Eficiencia		Plasticidad		Módulo tangente $E_t$ (MPa)
			$\eta_y$	$\eta_r$	$K$	$n$	
T01	325,76	441,67	0,968	1,024	602,29	0,163	503,94
T02	324,62	456,06	0,965	1,058	583,17	0,129	597,44
T03	317,76	433,67	0,944	1,006	588,99	0,162	463,62
Promedio	322,71	443,80	0,959	1,029	591,48	0,151	521,67

**Fuente:** elaboración propia.

**Fórmula 1.** Eficiencia a fluencia de la unión soldada.

$$\eta_y = \frac{\sigma_{yWJ}}{\sigma_{yBM}}$$

**Fuente:** Almaguer et al., 2019.

**Fórmula 2.** Eficiencia a rotura de la unión soldada.

$$\eta_r = \frac{\sigma_{rWJ}}{\sigma_{rBM}}$$

**Fuente:** Almaguer et al., 2019.

**Fórmula 3.** Ecuación tipo Hollomon

$$\sigma = K \varepsilon^n$$

**Fuente:** Almaguer et al., 2019.

## Conclusiones

Se caracterizó a tracción la unión soldada de acero AISI 1015 y alambre ER71-T. Los resultados alcanzados demuestran que se alcanzan parámetros de resistencia a la tracción satisfactorios. La rotura de las tres probetas soldadas ocurrió en el material base y no en la zona fundida, por lo que se cumple el objetivo de que la unión soldada no falle en el material de aporte, y sí en el material base.

## Referencias bibliográficas

Almaguer-Zaldivar, P. M., Estrada-Cingualbres, R., Pérez-Rodríguez, R., y Molina-Gutiérrez, A. (2019) Experimental and numerical evaluation of resilience and toughness in AISI 1015 steel welded plates. *Revista Facultad de Ingeniería*. Enero-Marzo(90), 62-75. doi: 10.17533/udea.redin.n90a09

ASTM International. (2004). *Norma ASTM E 8 – 04. Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*. Filadelfia. EEUU: American Society for Testing and Materials.

Oficina Nacional de Normalización. Cuba. (1972). NC 04-72. *Probeta para ensayos de tracción transversal en uniones soldadas a tope*. La Habana. Cuba: Oficina Nacional de Normalización.

# REDES BAYESIANAS PARA EL APOYO A LA TOMA DE DECISIONES EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

**Raúl Torres-Sainz<sup>1</sup>, Carlos Alberto Trinchet-Varela<sup>2</sup>, Lidia María Pérez-Vallejo<sup>1</sup>, Roberto Johan Sierra Pérez<sup>1</sup>:**

<sup>1</sup> *Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba*

<sup>3</sup> *Centro de Estudios CAD/CAM, Universidad de Holguín, Cuba*

Email de correspondencia: rtorresspro@gmail.com

## **Resumen**

La evaluación del impacto operacional de las fallas en los elementos de máquina desempeña un papel fundamental para la toma de decisiones del mantenimiento (Mtto). Se ha identificado en el Parque Eólico de Gibara (PEG), Cuba; que muchas de las fallas en los aerogeneradores se pueden mitigar con la planificación de eficaces estrategias de Mantenimiento (EMtto). La investigación tiene como objetivo proponer un método basado en redes bayesianas (RB) y el criterio a nivel de máquinas para seleccionar en el PEG la EMtto más eficaz, favorecer la toma de decisiones, disminuir la ocurrencia de fallos y el costo.

## **Introducción**

La energía eólica ha tenido un fuerte desarrollo debido al agotamiento de los combustibles fósiles y el deterioro ambiental. Para garantizar la correcta gestión del mantenimiento y la toma de decisiones del activo, es necesario

conocer su costo y eficiencia, en cada componente y elemento. Cualquier retraso en la puesta en marcha debido a una planificación inadecuada, así como una parada por fallos imprevistos implica pérdidas de generación. Si se dispone de datos de operación y mantenimiento (O&M) mediante el SCADA, el empleo de técnicas de la inteligencia artificial puede ofrecer buenas predicciones del comportamiento.

De todas las herramientas y técnicas del aprendizaje de máquinas, la RB parece ser el marco más prometedor para actualizar la formación en caso de cualquier cambio. Esto puede ser útil en situaciones en las que hay información limitada sobre un sistema complejo en una etapa temprana, pero se dispone de más información en etapas posteriores de desarrollo y los responsables de la toma de decisiones tendrán que actualizar sus estimaciones (Adedipe, T., M. Shafiee, and E. Zio, 2020). La tecnología de RB desarrollada puede describir bien las incertidumbres aleatorias y las correlaciones de las variables, y llevar a cabo un razonamiento de incertidumbre.

## **Materiales y métodos**

Para definir el modelo conceptual se considera que la distribución de probabilidad previa se determina a partir de la información colectada en los registros y documentación de O&M, el consenso de los especialistas y expertos, así como del SCADA, se emplea el modelo de patrones establecidos por (Arbella, Y; Trinchet, C.A., 2021) durante el monitoreo discreto basado en la condición en el PEG. Según (Adedipe, T., M. Shafie, and E. Zio, 2020) la precisión del modelo depende de la calidad de los datos de entrada y de los términos de actualización, de la característica de los datos recién adquiridos. Bajo estas premisas se diseña un sistema de gestión de la información y mantenimiento para el PEG (Batista, L, 2020) el cual asegura la calidad y precisión de los datos de O&M.

## **Resultados y discusión**

Para definir la estructura adecuada y las relaciones de la RB según considera (Medina, G y C. Simon, B. 2012) que el objetivo principal es calcular las

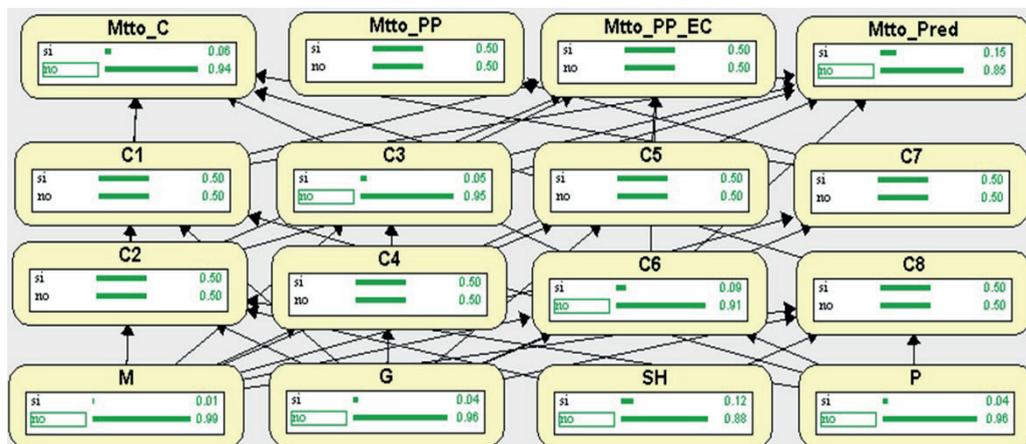
probabilidades de distribución en un conjunto de variables Se asocia una probabilidad a cada estado del nodo. Esta probabilidad está definida, a priori para un nodo raíz y calculado por inferencia para los demás. de acuerdo con la observación de algunas variables y el conocimiento previo de las otras. Partiendo de los fundamentos de la Selección de EMtto por el criterio a nivel de máquina se establecen los indicadores que integran el modelo: alto costo de la máquina, alto costo por pérdidas de producción, no existencia de duplicado, posibilidades de diagnosticar con la instrumentación, posibilidad de efectuar mediciones de control de parámetros globales.

Fueron diseccionados 25 modelos de RB, de ellos se examinan tres. En (Lazakis, I. and M.A. and Kougioumtzoglou, 2019) se evalúan los riesgos del ciclo de vida del parque eólico utilizando el análisis de modo de falla y sus efectos, análisis de criticidad y RB. Resulta novedosa la integración de criterios relacionados con la seguridad del personal, el impacto ambiental, la integridad de los activos y la operación. También establecen un modelo de RB para definir las posibles causas de falla de los cables de un aerogenerador. Por su parte en (Pan, H.N., et al., 2014) se fortalece el proceso de obtención de los datos primarios de la RB mediante un enfoque que introduce una evaluación probabilística de fiabilidad, que combina métodos de confiabilidad como árbol de fallas, red bayesiana y Cadenas de Markov y el método de Monte Carlo para el análisis del sistema eléctrico de un aerogenerador.

(Li, H., C. Guedes, and H.Z. Huang. 2020) analizan la confiabilidad de la estructura de soporte de una turbina eólica marina flotante, se implementa mediante un modelo de RB jerárquica que consta de capas de propagación y comportamiento de falla. Se adopta una RB a partir de un modelo inicial desarrollado mediante el árbol de fallos (AF) para simular la fiabilidad de un aerogenerador offshore, su probabilidad de falla, tasa y el tiempo medio.

Partiendo de estos fundamentos y resultados se establece la estructura de RB para el apoyo a la toma de decisiones en la gestión del Mantenimiento (figura 1).

**Figura 1.** Estructura de RB para el apoyo a la toma de decisiones en la gestión del Mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia.

El método propuesto fue aplicado a tres aerogeneradores, considerando los datos de O&M disponibles, la tecnología vigente por el fabricante (Enterprise Standard of Goldwind Science & Technology CO Golwing, 2008) y las posibilidades existentes en el PEG para establecer la monitorización basada en la condición, en el contexto de clima tropical. Se determina que en componentes fundamentales como la caja multiplicadora, radiador y generador se pueden introducir estrategias predictivas, mientras que en los cojinetes, ejes de baja y alta velocidad, estrategias preventivas por estado de condición.

Los resultados de la aplicación del método permiten a los decisores disponer de una información oportuna mediante indicadores, patrones de comportamiento y tendencias de las variables monitorizadas consideradas críticas. Ello favorece la selección de las estrategias más adecuadas en cada componente y elemento.

## Conclusiones

Se desarrolló un modelo conceptual de RB que permite seleccionar en condiciones de clima tropical estrategias de mantenimiento eficientes para componentes del aerogenerador, basado en el criterio a nivel de máquina. El modelo con sus criterios e indicadores permite calcular la probabilidad de fallo de los elementos

críticos, así como evaluar los costos de las diferentes alternativas en condiciones de datos ambiguos e incertidumbre.

## Referencias bibliográficas

Adedipe, T., M. Shafiee, and E. Zio. 2020. Bayesian Network Modelling for the Wind Energy Industry: An Overview. *Reliability Engineering and System Safety*, 2020. 202.

Arbella, Y; Trinchet, C.A. (2021). Monitoreo de condición en las turbinas de viento del Parque Eólico Gibara II aplicando métodos de la Industria 4.0. *Revista de Investigación latinoamericana en competitividad organizacional*. <http://doi.org/10.51896/rilco>.

Ashrafi, M. and S. Anzabi Zadeh. 2017. Lifecycle risk assessment of a technological system using dynamic Bayesian networks. *Quality and Reliability Engineering International*, 2017. 33(8): p. 2497-2520.

Bai, C. G. (2005). Bayesian network based software reliability prediction with an operational profile. *Journal of Systems and Software*, 77(2), 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2004.11.034>[4] Kingma.

Batista, L. 2020. Sistema de Gestión del Mantenimiento del Parque Eólico Gibara II. Tesis de Maestría en Mantenimiento y Reacondicionamiento de Máquinas.

Enterprise Standard of Goldwind Science & Technology CO., L. Goldwind 750kW series Wind Turbine Electric Drawings, 2008 [Project: E0402501]. Goldwind Science & Technology CO., LTD. Issued. <http://doi.org/Q/JF50/750YY.2>.

Medina, G. and C. Simon. 2012. Overview on Bayesian networks applications for dependability, risk analysis and maintenance areas.

Lazakis, I. and M.A. Kougioumtzoglou. 2019. Assessing offshore wind turbine reliability and availability. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 2019. 233(1): p. 267-282.

Li, H., C. Guedes Soares, and H.Z. Huang. 2020. Reliability analysis of a floating offshore wind turbine using Bayesian Networks. *Ocean Engineering*, 2020. 217.

Pan, H.N., et al. 2014. Bayesian Networks in Electric Reliability Assessment of Doubly-Fed Wind Turbine Generator. *Applied Mechanics and Materials*, 2014. 494-495: p. 1791-1794.

# ANÁLISIS DE SISTEMA DE BOMBEO CON FRE PARA FINCAS GANADERAS

**Rolando Enrique Simeón Pérez<sup>1</sup>, René Misael Arias Hidalgo<sup>2</sup>, Rolando Esteban Simeón Monet<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *FORMATUR, GRANMA, José A. Saco, Bayamo, Cuba, simeonperezre@gmail.com*

<sup>2</sup> *Universidad de Granma, Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ciencias Técnicas, Bayamo, Granma, Cuba, rene92arias@gmail.com*

<sup>3</sup> *Universidad de Holguín, Centro de Estudios CAD/CAM, Holguín, Cuba rsimeoncu@gmail.com*

E-mail de correspondencia: simeonperezre@gmail.com

## **Resumen**

El uso de sistemas de extracción de agua en zonas aisladas con ayuda de molinos de viento ha sido un tema de investigación estudiado desde muchas diversas aristas y desde hace más de 100 años. En este trabajo se realiza la propuesta de diseño de una bomba tipo émbolo para la extracción de agua en pozos, con auxilio de un sistema eólico tipo Savonius, la particularidad es que se brindan soluciones para la amplia gama de materiales que se disponen tanto en diámetro como en la profundidad de la fuente de abasto de agua. Vinculando los elementos teóricos tanto de los sistemas eólicos, como de las bombas de émbolo, con simulaciones realizadas por el método de Elementos Finitos se espera lograr la variante de diseño más adecuada para las condiciones y materiales locales de cada vaquería o centro de cría de animales.

## Introducción

Se denomina FRE son formas de energías alternativas son las que se encuentran directamente en la naturaleza, en este caso se encuentran la energía hidroeléctrica, la eólica, la solar la biomasa y la energía geotérmica (Echeverri 2012). Estas tienen diversos usos, tal es el caso de la generación de energía eléctrica, bombeo de agua o fuente de potencia para accionar otros mecanismos.

Los molinos del tipo Savonius tienen facilidad de arranque a bajas velocidades del viento e independiente de la dirección, además su construcción es relativamente fácil. La comparación entre un rotor Darrieus y otro tipo Savonius realizada por Wekesa, Saoko et al. (2020) revela la relación entre el régimen del campo de flujo en la potencia, obteniendo menor  $C_p$  para el rotor Savonius, en cada una de las velocidades de vientos analizadas. Diversos estudios se han desarrollado y se siguen desarrollando con análisis por CFD para determinar las mejores condiciones de diseño.

Se reconoce que la eficiencia aerodinámica de las turbinas eólica Savonius es muy baja (Vega et al., 2020) por esta razón se han realizado estudios experimentales, teóricos y numéricos dirigidos a crear un nuevo diseño, de los cuales se demuestra que el rendimiento de estos rotores está en función del número de palas, el número de etapas, el diámetro total de la turbina ( $D$ ), la altura total de la turbina ( $h$ ), el solapamiento de pala ( $s$ ), lo que permite calcular el Área de Barrido ( $A$ ) y entre otras muchas la Potencia Eólica disponible ( $P_d$ ).

Teniendo en cuenta que los sistemas de bombeo de émbolo son ampliamente utilizados en los campos y lugares donde hay pozos, uso fundamentalmente manual, el aprovechamiento de estos dos elementos para la atención al ganado no es común, al menos en los campos cubanos, de ahí surge el objetivo de ésta investigación que forma parte de un proyecto extensionista de las FRE, en función de la producción de alimentos.

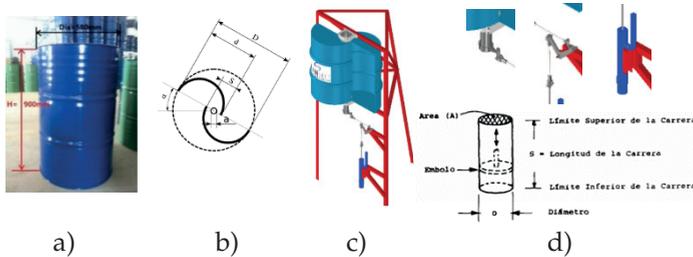
## Materiales y métodos

El rotor de un molino Savonius es el componente que interactúa con el viento para llevar a cabo el proceso de conversión de energía. Para la construcción del rotor se utilizó un barril de 200 L (Fig. 1a), cortados longitudinalmente y

dispuestos de acuerdo a la fig.1b. El ensamble del rotor, la estructura de soporte y la bomba se muestra en la figura 1c.

La geometría de los álabes, para el caso de estudio, no se sometió a modificaciones, por lo que coincide con la sección circular del tanque. Por su parte las Bombas de Émbolo dependen del volumen del cilindro (V) el número de carreras (N) y la longitud de la carrera (S). Para el cálculo se tomó como referencia una velocidad del viento de 4 m/s, viento y un diámetro de pistón  $D = 50$  mm, así como una carrera  $S = 120$  mm y 6,7 m de profundidad de succión.

**Figura 1.** Dimensiones de barriles de 200 L, disposición de las aspas y ensamble del molino.



**Fuente:** Autores.

Los rotores Savonius funcionan por arrastre, experimentando fuerzas en dirección del movimiento relativo del fluido respecto a las aspas. Estas fuerzas dependen del coeficiente de arrastre  $C_d$ . La acción del viento origina distintas fuerzas en las partes cóncava y convexa de los álabes, lo que produce un par de fuerzas que hace que el rotor gire. Por esta razón, este tipo de rotor se denomina de arrastre diferencial. El coeficiente de arrastre es aproximadamente 1 para la parte cóncava, y oscila entre 0,12 y 0,25 para convexa. La potencia ejercida por el viento sobre el rotor es la diferencia de ambas fuerzas por la velocidad lineal ( $u$ ) de las aspas (Ecuación 1).

$$P_{max} = \frac{1}{2} 0,071 [\rho A \cdot V^3] \quad (1)$$

El caudal de descarga de la bomba se determinó teniendo en cuenta las dimensiones de la bomba de émbolo. La potencia necesaria para trasegar este caudal se obtuvo mediante la ecuación 2, siendo  $e$  la eficiencia de la bomba.

$$P = \frac{Q \cdot H}{e} \quad (2)$$

Para validar el diseño se realizó un análisis mediante un software CFD comercial. Se asumió como condición de entrada una velocidad del viento de 4 m/s, la presión la atmosférica (101325 Pa) y una región de rotación dentro de la que se situaron las aspas cuya superficie se declaró como una pared real.

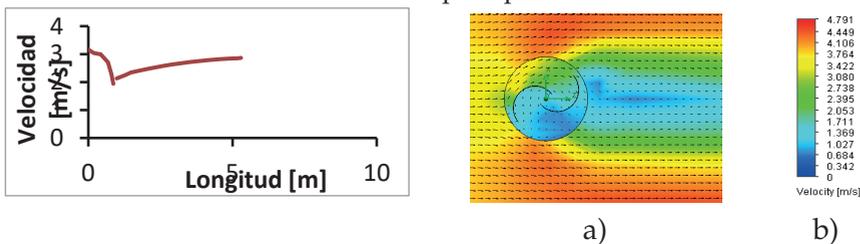
## Resultados y discusión

El diseño de molino propuesto para zonas aisladas, con rotor tipo Savonius y una altura de 10 m, cuenta con una disponibilidad de energía cinética de 6.24 kJ. Para una potencia nominal del viento de 24,95 W el aerogenerador es capaz de generar 4,99 W, cumpliendo con la Ley de Betz es imposible absorber toda la energía del viento. La frecuencia de rotación es de 61,12 RPM, la que teniendo en cuenta el mecanismo de accionamiento de la bomba puede garantizar un caudal de 14,37 l/min.

La validación de los resultados muestra la reducción de la velocidad del viento a través de su paso por el rotor, esto se debe a la extracción de energía cinética del viento (Fig. 2 a). La trayectoria del flujo muestra como la configuración de este modelo de rotor aprovecha la recirculación interna (Fig. 2 b).

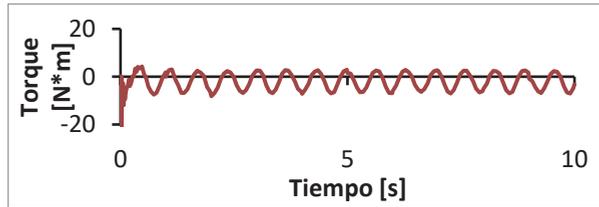
Como el rotor cuenta con un solo módulo el área frente al viento varía producto a su propia rotación, por lo que se aprecian fluctuaciones en el torque (Fig. 3), estas no comprometen el funcionamiento de la aerobomba.

**Figura 2.** Comportamiento de la velocidad y la presión del aire a través del paso por el rotor.



**Fuente:** Autores.

Figura 3. Comportamiento del torque y la presión en las aspas.



Fuente: Autores.

## Conclusiones

Se analizaron los componentes del sistema general de bombeo, determinando la relación entre las características del pistón y el aprovechamiento del aire por el molino tipo Savonius. Se realizaron los análisis cinemáticos del mecanismo para evitar la interferencia y lograr el desplazamiento deseado para garantizar el caudal requerido. Se validó el funcionamiento del rotor mediante métodos numéricos lo que permitió determinar la el comportamiento del fluido y el torque.

## Referencias bibliográficas

Echeverri, S. H. (2012). Diseño y construcción de un modelo de rotor eólico de eje vertical tipo savonius para la obtención de energía mecánica, Universidad Eafit Escuela De Ingeniería.

Wekesa, D. W., C. O. Saoke and J. N. Kamau (2020). "An experimental investigation into performance characteristics of H-shaped and Savonius-type VAWT rotors." *Scientific African* 10(2020): 1-11.

# INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE NUEVOS MATERIALES TEXTILES MEDIANTE TÉCNICAS SOSTENIBLES

**Chiarastella Valeria Verrilli Bonilla<sup>1</sup>, Paloma Trueba Muñoz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Estudiante en Ingeniería Mecánica e Ingeniería en Diseño Industrial, Escuela Politécnica Superior, Sevilla*

<sup>2</sup> *Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, Escuela Politécnica Superior, Sevilla*

E-mail de correspondencia: [chiverbon@alum.us.es](mailto:chiverbon@alum.us.es)

## **Resumen**

Los textiles forman parte de la historia de la humanidad desde sus orígenes, ya en la prehistoria tenemos las primeras prendas de vestir muy rudimentarias pero claves para la supervivencia, la producción de tejidos se complejiza creando maquinaria como el telar de Jacquard, cuyo funcionamiento es la base para la invención de la computación moderna.

El sistema de producción los materiales implicados en la industria textil en la actualidad son bastante ineficiente en términos ambientales, menos del 1% de la producción es cerrada y más del 70% de los productos acaban en vertederos tras su uso (Ellen MacArthur Foundation, 2017); De esta forma la industria textil se convierte en el segundo sector más contaminante solo después de la industria alimentaria, con datos tan preocupantes como la contaminación del 20% del agua potable (Al-Tohamy et al., 2022).

Gran parte de estos impactos ambientales son fruto de la deslocalización industrial, el sudeste asiático genera más del 50% de productos textiles a nivel global (Xiro Atlantic Denim, 2015), donde las políticas sobre sostenibilidad ambiental y las éticas de trabajo no están reguladas.

Todo lo expuesto evidencia que la industria textil se encuentra en un punto de inflexión para crear un sistema de producción viable ambientalmente, con ello el objetivo de este proyecto será conocer estos nuevos sistemas, contactar con empresas que ya los implementan y caracterizar esos tejidos para conocer sus posibles aplicaciones.

## **Introducción**

En la actualidad el sector textil se enfrenta a una nueva etapa forzosamente para poder ser viable medioambientalmente, y será mediante técnicas de ecodiseño y economía circular que surgirán soluciones más sostenibles reduciendo su impacto (Riechmann, 2014).

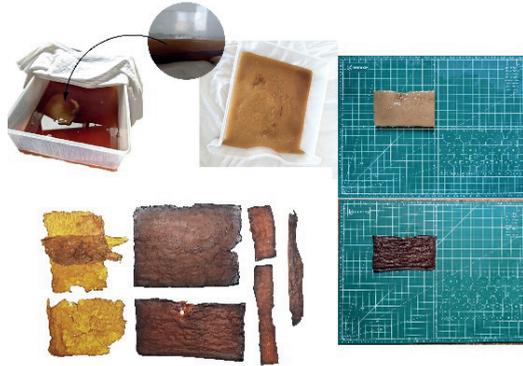
La caracterización y conocimiento de las propiedades de estas fibras y tejidos nos permitirá predecir el comportamiento de los productos textiles elaborados a partir de estos materiales, en el caso de las probetas experimentales nos permitirá determinar la viabilidad de un producto futuro elaborado a partir de dicho material.

## **Materiales y métodos**

Los materiales seleccionados para el ensayo son probetas de tejidos elaborados con técnicas y materias primas sostenibles:

- Tejido plano de abacá cedido por Bananatex.
- Cuero de cactus cedido por Desserto (tejido compuesto).
- Cuero de Kombucha de elaboración propia.

Imagen 1. Proceso de fabricación del tejido de Kombucha.



Fuente: Elaboración propia

Se realizará un ensayo de tracción para cada una de las muestras, el objetivo es realizar una caracterización mecánica sencilla teniendo en cuenta la elasticidad y resistencia de los materiales.

Además se ha desarrollado una ficha técnica para el resto de las muestras de materiales textiles estudiados que se podrán consultar en desde el *Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte de la EPS*.

Imagen 2. Muestrario resultado de la.



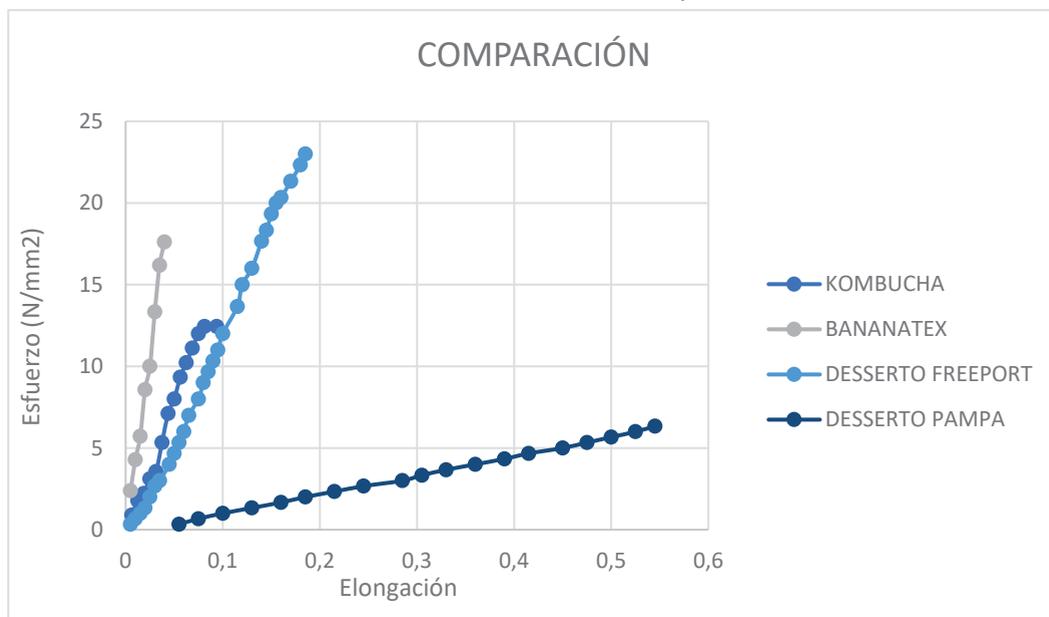
Fuente: Elaboración propia

## Resultados y discusión

Se han realizado siete ensayos de tracción para cuatro materiales diferentes, aquellos materiales que soportaban diferentes cargas según la dirección de aplicación se han ensayado en dos direcciones, mostrando a continuación solo los valores más altos de cada muestra.

## Muestras ensayadas

Gráfico 1. Gráfico de esfuerzo/deformación comparativo de todos los materiales ensayados.



Fuente: (elaboración propia).

Tabla 1. Datos obtenidos de los ensayos de tracción.

Resultados del ensayo de tracción		
Material	Esfuerzo Máx. ( $N/m^2$ )	Fuerza Max (N)
Desserto Black Pampa	6,33	95
Cuero de Kombucha	12,44	140
Bananatex uncoated Black	17,62	185
Desserto White Freeport	23	345

Fuente: elaboración propia.

Al condensar todos los materiales en la misma gráfica podemos apreciar mejor sus diferencias.

Viendo claramente que el cuero con tejido por trama es el que soporta menos esfuerzo pero también es el más elástico (Desserto Pampa), el que soporta mayor esfuerzo es el cuero con tejido de calada (Desserto Freeport) y el que sufre menor deformación el tejido plano de Bananatex (Uncoated Black).

Estos materiales son solo un ejemplo del abanico de tejidos funcionales aplicables a la industria, no solo de la indumentaria sino también del sector industrial, ahora mismo los tejidos de Desserto se están implementando en el sector de la automoción y los deportes.

## Conclusiones

Para cerrar el proyecto con desde una perspectiva optimista la emergencia climática actual y las problemáticas en los sistemas de producción han servido de impulso para que pequeñas empresas desarrollen materiales viables en todos los sentidos mediante técnicas sostenibles que se adhieren al sistema actual hasta modificarlo y acercarse a la idea de *Ecosistema Industrial*.

A nivel universitario desde la US los campos de investigación que se abren tras este proyecto son muy amplios pero los podemos resumir en la caracterización más tejidos para conocer sus aplicaciones e incluso en la propia creación de nuevos materiales.

## Referencias bibliográficas

Al-Tohamy, R., Ali, S. S., Li, F., Okasha, K. M., Mahmoud, Y. A. G., Elsamahy, T., ... Sun, J. (2022). A critical review on the treatment of dye-containing wastewater: Ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches for environmental safety. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113160>

Ellen MacArthur Foundation. (2017). *A NEW TEXTILES ECONOMY: REDESIGNING FASHION'S FUTURE*. Retrieved 19 August 2022 from <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>

Riechmann, J. (2014). ¿Cómo cambiar hacia sociedades sostenibles? Reflexiones sobre biomímesis y autolimitación. *Cultura Verde. Ecología, Cultura y Comunicación*, 22–41.

Xiro Atlantic Denim. (2015). Deslocalización: una realidad indigna.

# UN ESTUDIO DE CASO SOBRE EL ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA DE UN REFRIGERADOR DOMÉSTICO EN NEIVA-COLOMBIA.

**Karel Arencibia Ávila**<sup>1</sup>, **Francisco Fernández Periche**<sup>2</sup>, **Roberto Rodríguez Pérez**<sup>3</sup>, **Karel Daniel Arencibia Heredia**<sup>4</sup>, **Martha Lucía Solano**<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidad Antonio Nariño; karencibia84@uan.edu.co

<sup>2</sup> Universidad Antonio Nariño; francisco.periche@uan.edu.co

<sup>3</sup> Universidad de Holguín; roberto.perez@uho.edu.cu

<sup>4</sup> Universidad de Holguín; karelah.uho.edu.cu

<sup>5</sup> Universidad Antonio Nariño; martha.lucia@uan.edu.co

## Resumen

El consumo energético de los refrigeradores domésticos en Colombia representa el 24 % del consumo total del sector residencial. El presente trabajo tiene como objetivo determinar el consumo energético de un refrigerador doméstico en condiciones reales de funcionamiento en Neiva-Huila. La experimentación se llevó a cabo in situ en un hogar colombiano. La medición de los parámetros eléctricos y ambientales se realizó con una interface desarrollada en Arduino UNO, siendo validadas con un analizador de redes marca Fluke 1730. Los resultados evidencian que el consumo energético en condiciones operativas reales, se incrementa como promedio en 1,95 kWh/día comparado con el valor declarado en la etiqueta energética.

## Introducción

En Colombia el mayor consumo eléctrico doméstico se localiza en los crecientes estratos 1, 2 y 3, y es a su vez, donde se concentra más del 80 % de la población colombiana. (Cabello et al.,2022).

Según la revisión de fuentes oficiales publicadas por instituciones del gobierno y la literatura científica, el consumo final de la energía de la refrigeración en el sector residencial en los últimos años, se encuentra entre el 24 y el 48 %. (UPME, 2018)

De acuerdo con la Encuesta de Calidad de Vida, 2019, el 80,7% de hogares cuentan con refrigeradores. En el área urbana la tenencia alcanza el 86,4% y en área rural el 62,2%. Del total de hogares con nevera, el (55,3%) tienen una de tamaño mediano, mientras que casi la tercera parte (34,1%) indicaron que la nevera era de tamaño pequeño. La edad promedio nacional oscila entre 6 y 8 años. (DANE, 2021)

Geppert y Stamminger, 2013, revelaron en un estudio experimental que la temperatura ambiente es responsable de la mayor parte del consumo de energía de un refrigerador doméstico. Otro estudio experimental del comportamiento de compresores domésticos utilizados en los refrigeradores domésticos en condiciones reales de funcionamiento mostró una pérdida de capacidad frigorífica por encima del 15 % sin subenfriamiento. (Arencibia y Tricio 2014).

Al revisar la literatura internacional se puede apreciar que son aún limitados los estudios del comportamiento de los refrigeradores domésticos en climas tropicales, y que se hacen necesarios métodos de pruebas más eficaces.

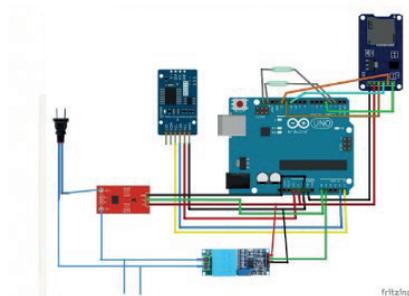
Teniendo en cuenta que el 63 % de la geografía colombiana predomina el clima tropical, y que más del 20 % del consumo residencial se concentra en los refrigeradores domésticos, urge desarrollar investigaciones en este campo con el objetivo de determinar los valores de consumo energético real de estos equipos.

## Materiales y métodos

El refrigerador de estudio se encuentra ubicado exactamente donde originalmente los coloca el dueño en su hogar. El sistema de adquisición de datos está dispuesto y soportado con tecnología Arduino, como se muestra en la Fig. 1, con la instrumentación adecuada en las ubicaciones deseadas. El sistema de

adquisición de datos digitales incluye, la temperatura ambiente y humedad relativa en la zona de condensación del refrigerador con cámara termográfica y termo-higrómetro. La determinación de los parámetros eléctricos como tensión eléctrica, intensidad de corriente, factor de potencia se realiza con el analizador de redes marca Fluke 1730. Las mediciones de las temperatura ambiente y humedad relativa se toman en los horarios siguientes: en el horario de la mañana entre 8:30 y 9:30 AM, en el horario del mediodía entre 12:00 M y 1:00 PM y en la noche entre las 8:30 y 9:30 PM.

**Figura 1.** Esquema del montaje del Arduino.



**Fuente:** Elaboración propia.

## Resultados y discusión

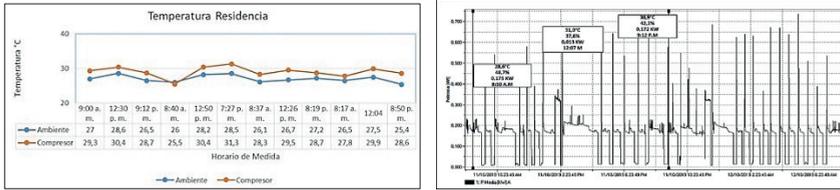
La medición de la temperatura ambiente y la humedad relativa promedio fue de 35°C y 52% respectivamente. Normalmente los valores de consumo energía de los refrigeradores domésticos son medidos para valores de entre 25 y 32 °C de temperatura ambiente.

El valor de la intensidad de corriente declarado por el fabricante es de 1,2A, sin embargo, el registrado en la condición real de funcionamiento fue de 1,87A.

La potencia activa y reactiva se comportó por encima de los valores normalmente definidos, incidiendo directamente en el incremento del consumo energético.

En el siguiente gráfico se muestra el comportamiento de la temperatura y consumo de energía de refrigerador caso de estudio.

**Gráfico 1.** Comportamientos de la Temperatura en una semana y Consumo Energético en un día.



**Fuente:** Elaboración propia.

## Conclusiones

Los resultados evidencian que el consumo energético en condiciones operativas reales, se incrementa como promedio en 1,95 kWh/día comparado con el valor declarado en la etiqueta energética.

EL refrigerador doméstico estudiado cuenta con tecnología inverter, no obstante, su potencia eléctrica consumida se encuentra por encima de la declarada en la etiqueta energética, debido probablemente a la influencia de las condiciones de operación reales en la que se desempeña.

## Agradecimientos

A la Universidad Antonio Nariño y al Tecnoparque SENA por su apoyo en la entrega de recursos y diseño electrónico para el desarrollo del sistema indicado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Juan José Cabello Eras (2022). The inequality of electricity consumption in Colombia. Projections and implications. Energy, Vol. 249, 123711. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123711>

UPME. (2018). Primer balance de Energía Útil para Colombia y Cuantificación de las Pérdidas energéticas. Bogotá y Karlsruhe, [https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Balance\\_energia\\_util/BEU-Residencial.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Balance_energia_util/BEU-Residencial.pdf).

DANE. (2021). Encuesta Nacional de Calidad de Vida- Bogotá, <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv-2021>.

Jasmin Gepper (2013). Analysis of effecting factors on domestic refrigerators' energy consumption in use. *Energy Conversion and Management*, Vol 76, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.08.027>

Arencibia, Karel, y Verónica Tricio. 2014. «Evaluación experimental de compresores herméticos en condiciones de clima tropical: eficiencia y capacidad frigorífica». *Información tecnológica* 25 (2): 103-10. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000200012>

# DESARROLLO DE ANDAMIOS DE LIGNINA/PCL MEDIANTE ELECTROHILADO CON POTENCIAL APLICACIÓN EN INGENIERÍA TISULAR

**Arath A. Rodríguez-Aguayo<sup>1\*</sup>, J. F. Rubio-Valle<sup>2</sup>, G. M. Estrada-Villegas<sup>3</sup>, J.E. Martin-Alfonso<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Tecnológico de Monterrey; Escuela de Ingeniería y Ciencias, Monterrey 64849, México*

<sup>2</sup> *Pro<sup>2</sup>TecS – Centro de investigación en Tecnología de Productos y Procesos. Departamento de Ingeniería Química y Ciencia de Materiales. Universidad de Huelva. ETSI. Campus de “El Carmen”. Huelva 21071, España*

<sup>3</sup> *CONACYT- CIQA- Centro de Investigación en Química Aplicada, Apodaca 66628, México.*

\*E-mail de Correspondencia: arath.9@hotmail.com

## Resumen

En este trabajo se desarrollaron andamios de Lignina/Policaprolactona mediante electrohilado, los cuales tienen una potencial aplicación en el campo de la regeneración de tejidos. Se obtuvieron diversas nanoestructuras a partir de disoluciones que contenían un 10, 20, 30 y 40 % en peso de lignina Kraft (AKL) y policaprolactona (PCL) en distintos radios de 100:0 hasta llegar a un 95:5 en una mezcla de N,N-dimetilformamida/cloroformo. Las disoluciones se caracterizaron fisicoquímicamente a partir de medidas de viscosidad, tensión superficial y conductividad eléctrica. Por otro lado, los andamios se caracterizaron morfológicamente mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). Los

resultados demostraron que el uso de diferentes concentraciones y de diferentes radios de AKL y PCL producen diferencias significativas en las propiedades morfológicas, por lo que varios de los andamios sintetizados poseen propiedades arquitectónicas favorables para el uso en el campo de la regeneración de tejido.

Palabras clave: Ingeniería tisular, Electrohilado, Andamio, Lignina, PCL.

## **Introducción**

La ingeniería tisular es una ciencia multidisciplinaria que tiene como objetivo principal regenerar funcionalmente tejido dañado o perdido por enfermedades o traumatismos, usando distintas técnicas como la adición de células y factores de crecimiento en andamios biosintetizados, los cuales funcionan como soporte y promueven un ambiente adecuado para la proliferación celular y así lograr regenerar nuevos tejidos u órganos (Jun et al., 2018). El desarrollo de andamios sintetizados con propiedades importantes como fuerza mecánica adecuada, biocompatibilidad, biodegradabilidad y propiedades arquitectónicas biomiméticas, han sido un desafío donde el trabajo conjunto de especialistas en sectores como biotecnología, nanotecnología, biomedicina, bioquímica, e ingeniería de materiales ha tomado enorme interés y desarrollo en las últimas dos décadas, logrando importantes innovaciones que apuntan un futuro prometedor en la Ingeniería de Tejidos (Khademhosseini & Langer, 2016).

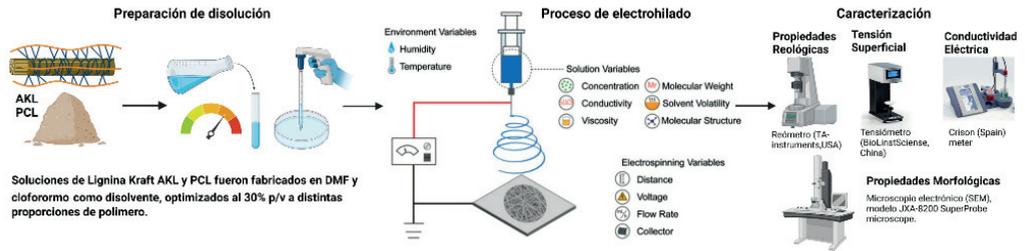
Las fibras poliméricas sintetizadas mediante electrohilado han demostrado tener ventajas en la eficiencia y efectividad en distintas áreas biomédicas incluyendo la regeneración de tejido, con esta técnica es posible obtener fibras con diámetros que van de las sub-micras a los nanómetros, en este rango el comportamiento del material tiene características únicas, como lo es una alta relación del área superficial conforme al volumen, flexibilidad, alta porosidad e interconectividad, además de rendimientos mecánicos superiores a escala no nanométrica, y por su naturaleza biopolimérica el impacto ambiental en el proceso de manufactura es menor (Deeraj et.al, 2021). El equipo de electrohilado o “electrospinning” compuesto principalmente por una bomba de flujo conectado a un capilar y a una fuente de poder eléctrica, además de un plato colector, consiste

básicamente en un estiramiento coaxial de una solución viscoelástica, la cual mediante un voltaje elevado (10-40KV) crea una diferencia de potencial entre el colector y la punta del capilar, al alcanzar el voltaje crítico, el equilibrio de fuerzas repulsivas se rompe por las fuerzas electroestáticas venciendo la tensión superficial de la gota desplegada del capilar, y así la disolución es expulsada mediante el llamado “cono de Taylor” hacia el plato colector, el solvente es evaporado debido al ambiente controlado del equipo, y el producto final es una película delgada con arquitectura mimética a la matriz extracelular (ECM) (Long et al., 2018). El objetivo del proyecto fue desarrollar membranas nanoestructuradas de Lignina Kraft (AKL), dopadas en pequeñas cantidades con Policaprolactona (PCL), para mejorar su estabilidad durante el electrohilado. La Lignina es un biopolímero natural renovable que tiene propiedades antioxidantes, biocompatibles y biodegradables, con una naturaleza amorfa y grupos funcionales (OH-) lo cual puede garantizar una mejor función con PCL el cual es un poliéster sintético semicristalino y biodegradable con propiedades mecánicas capaces de soportar una amplia variedad de líneas celulares (Salami et al., 2017). Las propiedades de las disoluciones de AKL/PCL fueron evaluados mediante ensayos de viscosidad, conductividad eléctrica y tensión superficial, además la caracterización morfológica y funcional de las nanoestructuras fueron obtenidas para comprobar el potencial uso de la nanofibra en el campo biomédico de la regeneración tisular.

## **Materiales y métodos**

La metodología consistió en la preparación de disoluciones biopoliméricas híbridas a 10, 20, 30 y 40 % en peso de Lignina Kraft (AKL) y Policaprolactona (PCL) en distintos radios de 100:0 hasta 95:5 en una mezcla de N,N-dimetilformamida/cloroformo, posteriormente las disoluciones se sometieron a ensayos de viscosidad, conductividad eléctrica y tensión superficial, y las nanofibras electrohiladas se caracterizaron morfológicamente. El resumen metodológico es presentado en la figura 1.

**Figura 1.** Metodología de fabricación y caracterización de nanoestructuras AKL/PCL.



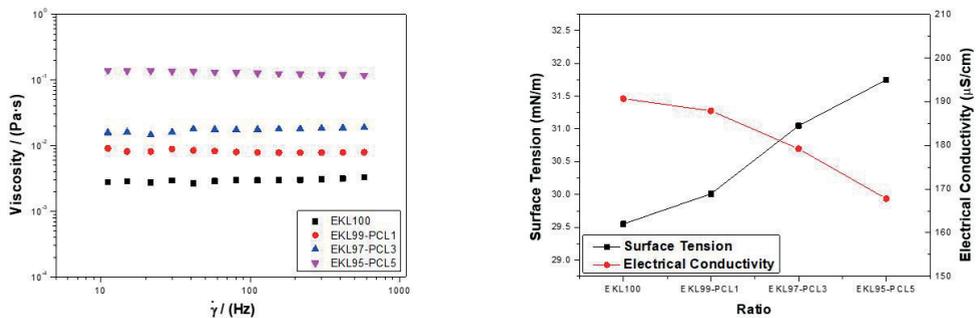
## Resultados y discusión

Entre las disoluciones sintetizadas, las de 30% en relación peso volumen mostraron mejor comportamiento fisicoquímico, y en una proporción 95% AKL y 5% PCL mostraron propiedades deseables. Los resultados de diferentes estudios se plasmaron a continuación.

### Evaluación de las disoluciones biopoliméricas

Según los resultados del análisis reológico, todas las muestras presentaron un comportamiento Newtoniano, teniendo una viscosidad significativamente mayor que en otras proporciones en la disolución de AKL95:PCL5. (Figura 2).

**Figura 2.** (Izq.) Curva de flujos de viscosidad en distintos radios AKL/PCL. (Der.) Tensión superficial y Conductividad eléctrica vs diferentes radios de AKL/PCL.



Por otro lado, los estudios de tensión superficial y conductividad eléctrica mostraron comportamientos opuestos entre sí ante las proporciones de radio, en la figura 2 se aprecia como al aumentar la proporción de PCL la tensión superficial aumentó y al mismo tiempo la conductividad eléctrica disminuyó, estos

resultados demuestran la buena biocompatibilidad y complementariedad presente en los biopolímeros, mejorando las propiedades mecánicas mediante la diferencia de pesos moleculares y mostrando buena estabilidad en el proceso, gracias a las propiedades complementarias de Lignina/PCL (Liu et al., 2022). Posteriormente en un análisis estadístico se comprobó como los radios usados son significativamente diferentes en cada parámetro evaluado, los resultados numéricos se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Viscosidad de Cizalla, Tensión superficial y Conductividad eléctrica para disoluciones AKL:PCL en DMF/Cloroformo.

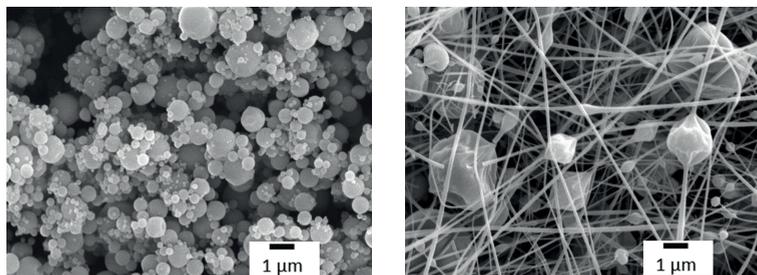
Sistema	Viscosidad $\eta$ (mPa.s)	Tensión Superficial (mN/m)	Conductividad eléctrica (mS/cm)
AKL100	2.79 <sup>a</sup>	29.55 <sup>A</sup>	190.7 <sup>aA</sup>
AKL99-PCL1	8.85 <sup>b</sup>	30.01 <sup>B</sup>	187.9 <sup>aA</sup>
AKL97-PCL3	14.54 <sup>c</sup>	31.05 <sup>C</sup>	179.2 <sup>bB</sup>
AKL95-PCL5	109.71 <sup>e</sup>	31.75 <sup>D</sup>	167.8 <sup>cC</sup>

**Nota:** Valores con diferentes símbolos son diferentes significativamente ( $p < 0.05$ ).

### Morfología de las Nanofibras

Los resultados obtenidos por el microscopio electrónico de barrido mostraron claramente el objetivo del proyecto, en la figura 3, por la izquierda se aprecia como la fibra en realidad fueron partículas no hiladas entre si compuestas de 100% Lignina y por la derecha se presenta la muestra optimizada AKL 95 – PCL 5, destacando la aportación mecánica mediante la interconexión y porosidad característica que busca mimetizar una matriz extracelular. La biocompatibilidad de esta nanofibra híbrida se ha discutido recientemente en la literatura teniendo resultados favorables en distintas líneas celulares (Salami et al., 2017; Wang et al., 2018).

**Figura 3.** Micrografía SEM para nanofibras electrohiladas (Izq.) AKL 100. (Der.) AKL 95-PCL 5.



## Conclusiones

En el presente trabajo se fabricaron disoluciones biopoliméricas híbridas con propiedades adecuadas para la elaboración de andamios mediante electrohilado, interpretados los resultados, se concluyó lo siguiente:

1. Todas las disoluciones AKL:PCL analizadas demostraron un comportamiento Newtoniano en el rango aplicado, con viscosidad dependiente al contenido de PCL.
2. La conductividad eléctrica disminuyó con la relación AKL/PCL y la tensión superficial aumentó en relación AKL/PCL, comportamiento esperado por las propiedades y proporción de los biopolímeros.
3. La microestructura de las membranas electrohiladas dependió enormemente en la proporción del material biopolimérico.
4. Los andamios fabricados demostraron tener propiedades favorables y con gran potencial para aplicaciones en la ingeniería de Tejidos.

## Agradecimientos

Se expresa enorme agradecimiento al grupo de investigación Pro<sup>2</sup>TecS y al Dr. Rubio-Valle por su colaboración con el centro de investigación en química aplicada CIQA, el cual proporciono el laboratorio y equipo de electrohilado, además se agradece al Instituto de Transferencia y Tecnología de Nuevo León por el

programa “Verano de investigación en el PIIT” el cual permitió mi participación en el proyecto, se agradece a Biorender.com por los recursos gráficos.

## Referencias bibliográficas

Deeraj, B., Jayan, J. S., Saritha, A., & Joseph, K. (2021). Electrospun biopolymer-based hybrid composites. *Hybrid Natural Fiber Composites*, 225-252. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819900-8.00007-6>

Jun, I., Han, H.-S., Edwards, J. R., & Jeon, H. (2018). *Molecular Sciences Electrospun Fibrous Scaffolds for Tissue Engineering: Viewpoints on Architecture and Fabrication*. <https://doi.org/10.3390/ijms19030745>

Khademhosseini, A., & Langer, R. (2016). A decade of progress in tissue engineering. *Nature Protocols*, 11(10), 1775–1781. <https://doi.org/10.1038/nprot.2016.123>

Liu, Y., Wang, X., Wu, Q., Pei, W., Teo, M. J., Chen, Z. S., & Huang, C. (2022). Application of lignin and lignin-based composites in different tissue engineering fields. *International Journal of Biological Macromolecules*, 222, 994–1006. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2022.09.267>

Long, Y. Z., Yan, X., Wang, X. X., Zhang, J., & Yu, M. (2018). Electrospinning. In *Electrospinning: Nanofabrication and Applications* (pp. 21–52). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-51270-1.00002-9>

Salami, M. A., Kaveian, F., Rafienia, M., Saber-Samandari, S., Khandan, A., & Naeimi, M. (2017). Electrospun Polycaprolactone/lignin-based Nanocomposite as a Novel Tissue Scaffold for Biomedical Applications. *Journal of Medical Signals and Sensors*, 7(4), 228–238. [https://doi.org/10.4103/jmss.JMSS\\_11\\_17](https://doi.org/10.4103/jmss.JMSS_11_17)

Wang, J., Tian, L., Luo, B., Ramakrishna, S., Kai, D., Loh, X. J., Yang, I. H., Deen, G. R., & Mo, X. (2018). Engineering PCL/lignin nanofibers as an antioxidant scaffold for the growth of neuron and Schwann cell. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 169, 356–365. <https://doi.org/10.1016/J.COLSURFB.2018.05.021>

# OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VEHÍCULOS POLIMÉRICOS CARGADOS CON NANOPARTÍCULAS DE MAGNETITA PARA TRATAMIENTO DEL CÁNCER.

Tanibet Alba O'Reilly<sup>1</sup>, Yan Carlos Diaz Rodriguez<sup>1</sup>, Amira Paez Rodriguez<sup>1</sup>, Ananayla Vizcaíno Acosta<sup>1</sup>, Ahmed Valdés Martínez<sup>1</sup>, Ronald Laviña Arbelay<sup>1</sup>, Yorexis González Alfaro<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Estudios Avanzados de Cuba (CEA), CITMA, La Lisa, 17100 La Habana, Cuba.

E-mail de correspondencia: yorexis.gonzalez@gmail.com

## Resumen

El uso de nano-vehículos poliméricos naturales, compuestos principalmente por quitosano, ha aumentado debido a su biocompatibilidad, biodegradabilidad y baja toxicidad. La posible integración de estos con nanopartículas de óxido de hierro brinda una gran oportunidad para la obtención de sistemas combinados de liberación controlada de drogas e hipertermia magnética. En este estudio se prepararon mediante sistemas de fabricación asistidos por ultrasonido, nano-cápsulas de quitosano cargadas con nanopartículas de óxido de hierro ancladas con ácido cítrico para lograr su dispersión en medio acuoso para aplicaciones futuras en fluidos biológicos. Se determinó la composición, distribución de tamaño y morfología de los nano-vehículos por diferentes técnicas de microscopía, espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier y difracción de rayos X. Se obtuvieron nano-cápsulas esféricas con diámetros en el rango de los 200 nm que encapsulan nanopartículas de óxido de hierro, combinación de tamaño ideal para aplicaciones biomédicas.

## **Introducción**

En los últimos años el desarrollo de plataformas de nanovehículos para la administración de fármacos con capacidad multifuncional, como el diagnóstico, la terapia combinada (hipertermia y quimioterapia simultáneas), la administración dirigida de fármacos y la liberación controlada por estímulos, son considerados los enfoques más atractivos en el tratamiento de enfermedades (Mohammad Khaledian et al., 2020). En este marco el uso de nanovehículos poliméricos naturales como el quitosano (Sharafaldin et al., 2019) ha aumentado debido a su biocompatibilidad, biodegradabilidad, baja toxicidad y su aprobación por la FDA (del inglés, Food and Drug Administration) para uso en humanos (Salmanian et al., 2021). La hipertermia magnética es un atractivo enfoque terapéutico médico, que se basa en el calentamiento inductivo de nanopartículas superparamagnéticas de óxido de hierro (SPION, del inglés superparamagnetic iron oxide nanoparticle) bajo la aplicación de un campo magnético variable externo (Kumar et al., 2011). Se han descrito disímiles sistemas para la liberación controlada y otros para la combinación de ambos tipos de terapia utilizando quitosano (Salmanian et al., 2021). En este estudio se prepararon nano-cápsulas de quitosano cargadas con nanopartículas de óxido de hierro mediante sistemas de fabricación asistido por ultrasonido.

## **Materiales y métodos**

### **Síntesis de nanopartículas de óxido de hierro (NPM) por método de coprecipitación.**

Se utilizó el método descrito por Zheng y colaboradores (Zheng et al., 2005) del que se han modificado algunas de las condiciones experimentales para su preparación. Se utilizaron como precursores del hierro las siguientes sales  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (Sigma-Aldrich, Alemania) y ácido cítrico para lograr nanopartículas dispersas en agua.

### **Encapsulación de las nanopartículas de óxido de hierro con quitosano (Q).**

Dispersar nanopartículas de óxido de hierro en solución de Tween 80 (Merk, Alemania) y ayuda de la punta de ultrasonido. Gotear en una solución de quitosano (Bajo peso molecular) (Sigma-Aldrich, Alemania) en ácido acético (Merk,

Alemania) al 1% y aplicar tratamiento ultrasónico con una amplitud del 80% durante 20 minutos con una punta de ultrasonido de la marca TOPSONICS, modelo UP400.

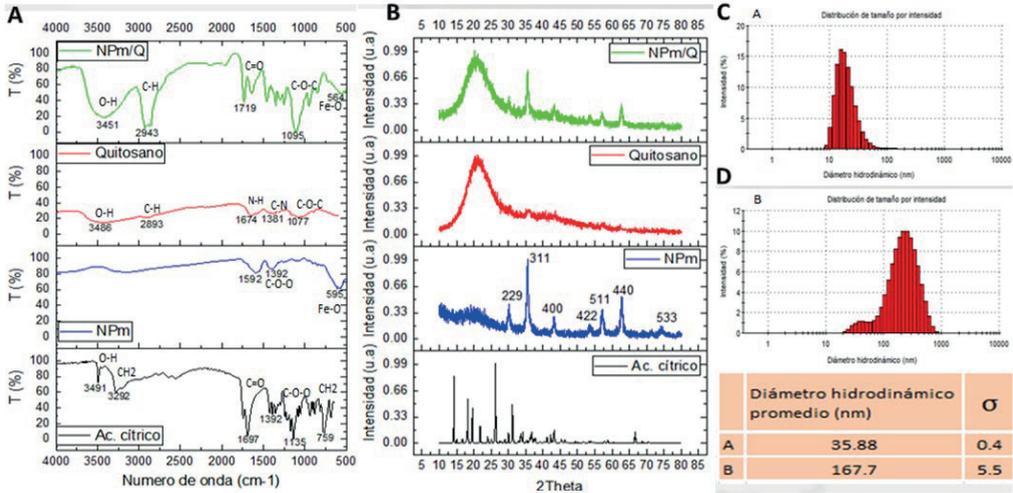
### **Caracterización de nanopartículas.**

Los espectros de absorción en el infrarrojo se han obtenido en un equipo de la marca SHIMADZU, modelo IR Prestige 21 que opera mediante la técnica de transformada de Fourier. Los espectros se han obtenido mediante reflexión total atenuada y se han registrado en todos los casos entre 4000 y 500  $\text{cm}^{-1}$ . Los difractogramas de rayos X se han obtenido en un equipo de la marca SHIMADZU, modelo XRD-7000. Se ha empleado la radiación  $K\alpha$  del cobre (longitud de onda = 1,5406 Å) siendo la tensión y corriente de la fuente de 30 kV y 30 mA, respectivamente. El tamaño (diámetro hidrodinámico) y distribución del tamaño de las partículas se determinó utilizando la técnica de dispersión dinámica de la luz utilizando un medidor de tamaño de partículas de la marca Malvern, modelo Zetasizer Nano ZS. Se utilizó un microscopio electrónico de barrido (SEM) de la marca Tescan Vega, modelo Mira 3 a 25 kV para medir el tamaño, forma y distribución de las partículas, además se utilizó un detector de electrones transmitidos (ESTEM) y Microscopía de fuerza atómica.

## **Resultados y discusión**

La síntesis de las nanopartículas de óxido de hierro, utilizando como precursores sales de hierro y ácido cítrico, dio como resultado nanopartículas de magnetita dispersas en agua. Esto se pudo comprobar mediante difracción de rayos X al comprobar que sus picos de difracción se corresponden con los índices de Miller correspondientes a magnetita con estructura cristalina de espínela inversa (Ficha ICSD # 029129) (Ilustración 1A). Además se pudo comprobar el anclaje del hierro con el oxígeno del grupo carboxilo del ácido cítrico mediante FTIR (Ilustración 1B). Luego de la encapsulación con quitosano de las NPM no se puede identificar los picos de la magnetita por DRX debido a que el espectro amorfo del quitosano apantalla el resto de las señales, sin embargo por FTIR se puede apreciar la presencia de la banda característica de las nanopartículas y otros grupos funcionales del quitosano.

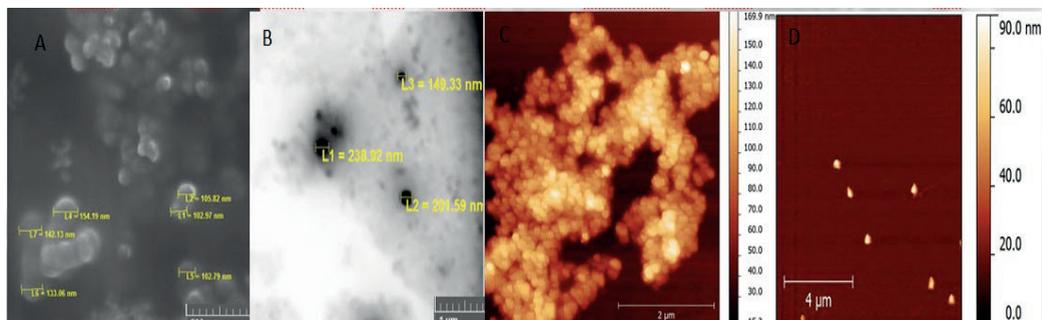
**Ilustración 1.** A) Diafractogramas de las NPM del quitosano y de las nano-cápsulas de NPM/Q. B) Espectros FTIR de las NPM, del quitosano y de las NPM/Q. C) Distribución de tamaño de partículas para NPM. D) Distribución de tamaño de partículas para NPM/Q.



**Fuente:** (elaboración propia).

Se determinó la distribución de tamaño de las partículas por dispersión dinámica de la luz y se obtuvo un diámetro hidrodinámico promedio para NPM de 35.88 nm con una desviación estándar de 0.40 nm y un índice de polidispersidad de 0.36. Para las nanocápsulas se obtuvo un diámetro hidrodinámico promedio de 167.7 nm con una desviación estándar de 5.5 nm y un índice de polidispersidad de 0.34 (Ilustración 1 C y D). Mediante varias técnicas microscópicas se observaron nano-cápsulas esféricas con un tamaño promedio de 124.43 nm cargadas con nanopartículas de magnetita con un tamaño promedio de 53 nm obtenido mediante AFM.

**Ilustración 2.** A) Imágen de SEM de NPm/Q, B) Imágen de ESTEM NPm/Q, C) Imágen de AFM, modo Tapping NPm/Q, D) Imágen de AFM, modo No Contacto NPm.



Fuente: (elaboración propia).

## Conclusiones

Las nanopartículas de óxido de hierro, constituidas principalmente por magnetita, se sintetizan mediante un procedimiento de coprecipitación y se encapsulan con éxito en quitosano con fabricación asistida por ultrasonido. Se obtuvo una dispersión estable de nanocompuestos magnéticos en medio acuoso. El nanocompuesto se caracterizó por una amplia gama de técnicas, que comprueban la incorporación efectiva de las NPm en nanocápsulas de quitosano, con una distribución amplia de tamaño menor de 200nm principalmente. Esto último y la biocompatibilidad de los compuestos utilizados hace a NPm/Q un excelente candidato para aplicaciones biomédicas como sistemas de administración de fármacos y de terapias contra el cáncer combinadas con hipertermia magnética.

## Agradecimientos

Proyecto PN211LH008-001 del Programa Nacional de Nanociencia y Nanotecnología y al proyecto 18-53-34007 de la Fundación Rusa de Investigación Básica.

## Referencias bibliográficas

Kumar, C. S. and F. Mohammad (2011). "Magnetic nanomaterials for hyperthermia-based therapy and controlled drug delivery." *Advanced drug delivery reviews* 63(9): 789-808.

Mohammad Khaledian, Mohammad Sadegh, Nourbakhsh, Reza Saber, Hadi Hashemzadeh and M. H. Darvishi (2020). "Preparation and evaluation of Doxorubicin loaded PLA-PEG-FA copolymer containing superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPIONs) for cancer treatment: combination therapy with hyperthermia and chemotherapy." *International Journal of Nanomedicine* 15: 6167-6182.

Salmanian, G., S. Hassanzadeh-Tabrizi and N. Koupaei (2021). "Magnetic chitosan nanocomposites for simultaneous hyperthermia and drug delivery applications: A review." *International Journal of Biological Macromolecules*.

Sharafaldin, A.-M., J. H. Ameer, J. H. Suhad and K. K. Nada (2019). "Preparation and Characterization of Folated Chitosan/Magnetic Nanocarrier for 5-Fluorouracil Drug Delivery and Studying its Effect in Bladder Cancer Therapy." *Journal of Global Pharma Technology* 11(07): 628-637

Zheng, W., F. Gao and H. Gu (2005). "Magnetic polymer nanospheres with high and uniform magnetite content." *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 288: 403-410.

# OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CÁPSULAS DE POLI- $\epsilon$ -CAPROLACTONA COMO VEHÍCULO MULTIFUNCIONAL PARA EL TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS.

**Sheyla Bermúdez Pérez<sup>1</sup>, Yan Carlos Díaz Rodríguez<sup>1</sup>, M.A. Vantsyan<sup>2</sup>, T.V. Bukreva<sup>2,3</sup>, Yorexis González Alfaro<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup> *Centro de Estudios Avanzados de Cuba (CEA), CITMA, La Lisa, 17100 La Habana, Cuba.*

<sup>2</sup> *National Research Center "Kurchatov Institute", 123182, Russia, Moscow, 1, Akademika Kurchatova pl.*

<sup>3</sup> *A.V.Shubnikov Institute of Crystallography FSRC «Crystallography and Photonics» RAS, 119333, Russia, Moscow, Leninsky pr., 59*

E-mail de correspondencia: yorexis.gonzalez@gmail.com

## Resumen

Varios procedimientos han sido utilizados para liberar fármacos dentro del cerebro mediante vías de acceso directas y procedimientos invasivos; sin embargo, hoy día se investiga en los métodos de encapsulación como una alternativa menos invasiva, utilizando sistemas poliméricos para llevar a cabo de forma controlada el proceso de liberación de principios activos en un tiempo y zona determinada. Es por esta razón, que se diseñó un vehículo para la liberación controlada de fármacos direccionalizado hacia el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas, donde se encapsuló el marcador fluorescente 4',6-diamidino-2-fenilindol (DAPI) utilizando el polímero Poli- $\epsilon$ -caprolactona (PCL) a través del método de doble emulsión.

La caracterización de las cápsulas por analizador de partículas SALD 7101, mostró una distribución homogénea del tamaño de las cápsulas con dimensiones promedio de 240 nm, aproximadamente. Los resultados obtenidos por Microscopía Electrónica de Barrido y por Microscopía de Fuerza Atómica; mostraron cápsulas de diferentes tamaños con forma esférica. Mediante la Espectroscopia Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR) se apreciaron las señales correspondientes a los grupos funcionales característicos del polímero PCL. Las cápsulas obtenidas se analizaron por Microscopía de Barrido Láser Confocal donde se comprobó la internalización del fluoróforo en la cápsula polimérica. Se realizó un análisis de degradación del polímero que conforman las cápsulas, mediante la variación del pH del medio durante 30 días.

**Keywords:** Vehículo; fluoróforo; encapsulación.

## Introducción

Uno de los principales padecimientos que han alcanzado relevancia a nivel mundial son aquellos que afectan al Sistema Nervioso Central (SNC), con la presencia de glioblastomas y otros trastornos cerebrales; sin embargo, el acceso a la zona dañada se dificulta cada vez más debido a la presencia de diversas barreras que presenta el SNC que lo protegen del ambiente; así como la respuesta inmunológica adversa que han manifestado determinados pacientes sometidos a intervenciones quirúrgicas. Es por esta razón que se hace necesario el suministro de fármacos al cerebro mediante un vehículo con un tamaño inferior a los receptores que presentan dichas barreras (menor de 300 nm), con el objetivo de ser internalizados y transportados con facilidad hacia la región afectada. Diferentes estudios han demostrado que la encapsulación polimérica de agentes activos que faciliten su paso hacia el cerebro, es una vía favorable y menos invasiva que a través de intervenciones quirúrgicas, logrando actuar como un sistema de liberación controlada en el sitio requerido, evitando de esta forma una respuesta inmunológica no deseada.

En esta investigación se diseñó un vehículo, con el objetivo de ser utilizado para la liberación controlada de fármacos en el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas. Para ello, se describe el proceso de obtención de las cápsulas poliméricas de Poli- $\epsilon$ -caprolactona (PCL) empleando el marcador fluorescente 4',6-diamidino-2-fenilindol (DAPI) como agente encapsulado.

## **Materiales y métodos**

### **Materiales**

Poli- $\epsilon$ -caprolactona (80 000 PM) (Shapelock); 4',6-diamidino-2-fenilindol, DAPI (Merck); Agua Ultrapura; Diclorometano (DCM) (Sigma-Aldrich); Polivinilalcohol (PVA) (BDH Chemicals); Span 20 (Riedel-de-Haën<sup>TM</sup>); Ácido clorhídrico (HCl) (1M).

### **Obtención de las cápsulas poliméricas.**

Para llevar a cabo la síntesis de las cápsulas poliméricas se prepararon previamente las soluciones correspondientes a la Fase Orgánica y la Fase Acuosa. Para la preparación de la Fase Orgánica se disolvieron 50 mg de PCL en 25 ml de DCM mediante agitación magnética durante 1 hora (Solución A). Además, se disolvieron 15 mg del marcador DAPI en 0.5 ml de Span 20 hasta alcanzar completa disolución, luego se añadió la solución obtenida a la Solución A y se disolvió por agitación mecánica durante una hora. Para la preparación de la Fase Acuosa se procedió a disolver 100 mg de PVA en 50 ml de agua ultrapura, mediante agitación a 500 rpm hasta lograr completa disolución. Posteriormente, se añadió la Fase Orgánica sobre la Fase Acuosa bajo agitación de 10 000-15 000 rpm en el Ultraturax durante 30 minutos. Se dejó reposar un tiempo hasta precipitación completa y luego, se realizó la purificación y secado de las cápsulas.

### **Caracterización de las cápsulas poliméricas obtenidas**

La morfología de las cápsulas poliméricas fueron analizadas en el por Microscopio Electrónico de Barrido, en un microscopio TESCAN MIRA TC a 5 kV. Se utilizó un Microscopio de Fuerza Atómica Espectra NT-MDT, en modo Tapping, para determinar el tamaño y la morfología de las cápsulas. Se empleó un analizador de partículas SALD 7101 perteneciente a Shimadzu, para la medición del tamaño de partícula. Se reconstituyeron 10 mg de partículas en 1mL agua ultrapura ayudada por un sonicador Hielsher UP400S, (400 W y 24 KHz-70% de frecuencia). Las cápsulas se visualizaron en el Microscopio de Barrido Láser Confocal Olympus FV1000 IX81. Se realizó un análisis estructural y se determinaron grupos funcionales mediante Espectroscopia Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR) en un espectrómetro Shimadzu, en la región infrarroja de 600-

4000  $\text{cm}^{-1}$ . pH metro. Error  $\leq 0,02$  unidades de pH a  $25^\circ\text{C}$ . Mettler Toledo. España.

### **Influencia de la variación del pH del medio en la morfología de las cápsulas de PCL**

Para observar los cambios morfológicos de las cápsulas poliméricas en diferentes pH de disolución, se empleó el Microscopio Electrónico de Barrido, TESCAN MIRA TC a 5 kV. Las cápsulas se dispersaron en solución acuosa durante 30 días, con un valor inicial de  $\text{pH}= 6,50$ . Para realizar el ensayo, se adicionó una alícuota de 0,2 ml de HCl a la solución con las cápsulas poliméricas y se midió el pH. Este procedimiento se repitió transcurridos 5, 10 y 30 días después de la primera medición. Finalmente, las cápsulas fueron recubiertas con una capa delgada de 15nm de espesor de oro (Au) y analizadas mediante la técnica de Microscopía Electrónica de Barrido.

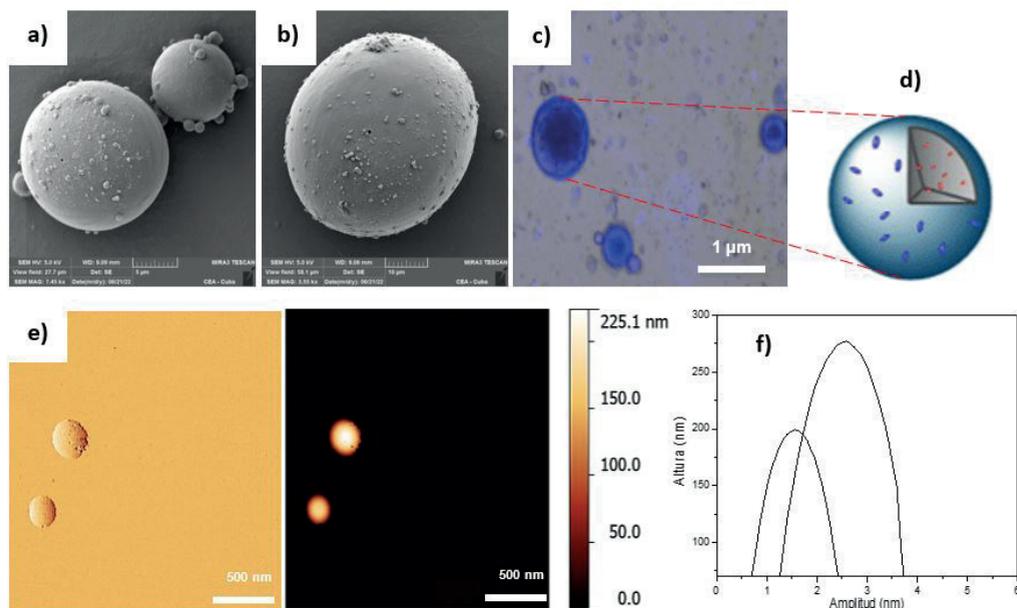
## **Resultados y discusión**

El producto de la síntesis fue analizado por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM); donde se observaron cápsulas con una morfología esférica homogénea y un diámetro promedio de 250 nm, aproximadamente; determinado por las condiciones en que se llevó a cabo el método de síntesis utilizado. En la Figura 1 a) y b) se muestran las imágenes obtenidas por SEM de las cápsulas poliméricas.

El análisis realizado con el Microscopio de Barrido Láser Confocal evidenció que el fluoróforo empleado como medio de marcaje, se encuentra encapsulado en la esfera polimérica (Figura 1 c). Esta imagen corrobora que el método de encapsulación utilizado es correcto para la aplicación planteada como objetivo principal de esta investigación; obteniéndose un vehículo con propiedades idóneas para encapsular principios activos como se muestra en el diagrama de la Figura 1 d).

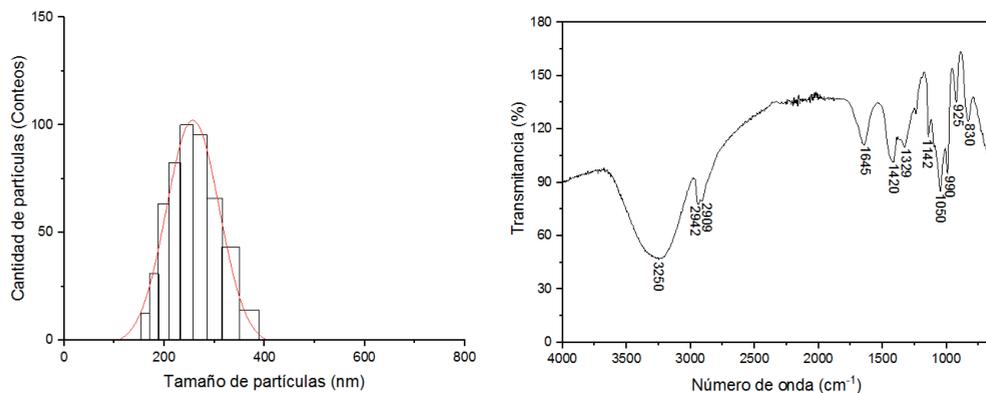
Mediante la Microscopía de Fuerza Atómica (AFM), se observaron cápsulas con una morfología esférica, homogénea, con cierta rugosidad superficial y con altura o tamaño aproximado de 200 y 275 nm. En la Figura 1 e) se muestra las imágenes obtenidas por AFM de las cápsulas poliméricas y en la Figura 1 f) se muestra un gráfico con la distribución de la altura o tamaño promedio de las cápsulas poliméricas.

**Figura 1.** Imágenes de las cápsulas poliméricas: a) y b) Tamaño y morfología obtenida por SEM (Escala: 5 y 10  $\mu\text{m}$ ; respectivamente), c) Imagen de Microscopía Confocal con el fluoróforo DAPI encapsulado, d) Diagrama de las cápsulas, e) Tamaño y morfología obtenida por AFM (Escala: 500 nm) y f) Distribución de la altura o tamaño de las cápsulas determinado por AFM.



Fuente: (elaboración propia).

**Figura 2.** a) Distribución del tamaño de partículas y b) Espectro infrarrojo de las cápsulas de PCL obtenidas.

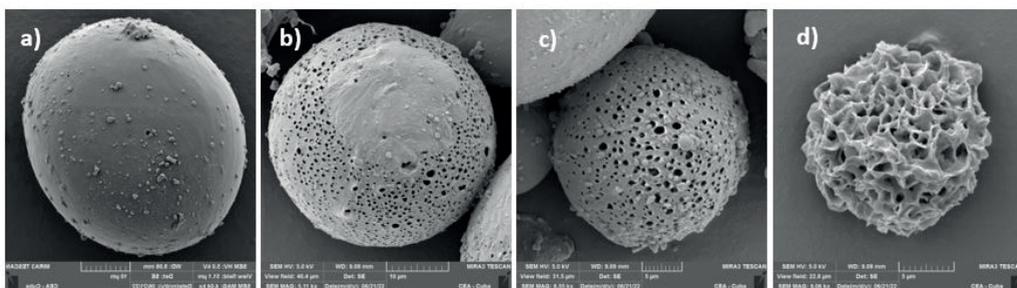


Fuente: (elaboración propia).

En la Figura 2 a) se muestra la distribución del tamaño de partículas por cantidad de partículas presentes en un volumen de la muestra analizada. Se aprecia una distribución del tamaño de las cápsulas con dimensiones promedio de 240 nm, aproximadamente; sin embargo también se observan poblaciones de partículas de menor tamaño alrededor de 150 nm y otras poblaciones cercanas a los 350 nm; estas últimas pudiendo estar asociadas a la aglomeración de las cápsulas.

Al analizar los resultados obtenidos por Espectroscopia Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR) (Figura 2 b), donde se representa el espectro infrarrojo de las cápsulas poliméricas, se aprecian las señales características de la PCL junto con las señales del PVA como agente estabilizante ( $\nu_{OH}$ , 3250  $\text{cm}^{-1}$ ;  $\nu_{CH}$ , 2942  $\text{cm}^{-1}$ ;  $\nu_{C=O}$ , 1645  $\text{cm}^{-1}$ ;  $\nu_{C-H}$ , 1420;  $\delta_{OH}$ , 1329  $\text{cm}^{-1}$ ;  $\nu_{C-O}$ , 1050 y 990  $\text{cm}^{-1}$ ); sin la presencia de impurezas del resto de los componentes de la formulación.

**Figura 3.** Imágenes de las cápsulas poliméricas: a) Imagen de la cápsula polimérica obtenida de la síntesis (pH= 6,50), b) Imagen a los 5 días (pH= 6,00), c) Imagen a los 10 días (pH= 5,80) y d) Imagen a los 30 días (pH= 2,50).



Fuente: (elaboración propia).

En la Figura 3 se encuentran representadas las imágenes obtenidas por Microscopía Electrónica de Barrido correspondiente a la morfología de las cápsulas poliméricas obtenidas, de acuerdo a la variación del pH del medio. La Figura 3 a) representa una de las cápsulas obtenidas de la síntesis inicialmente, pH= 6,50. Al transcurrir 5 días (pH= 6,00), se observó una degradación parcial de la cápsula, con la formación de pequeños orificios (Figura 3 b); lo que puede estar indicando la liberación del fluoróforo. A los 10 días, también se observó

un comportamiento similar. Finalmente, a los 30 días hubo una variación considerable del pH del medio (pH= 3,50) lo que influyó directamente en las cápsulas de PCL, evidenciándose una degradación casi completa de las cápsulas (Figura 3 d), lo que pudiera estar asociado a la liberación parcial o total del fluoróforo encapsulado.

## **Conclusiones**

La encapsulación polimérica del marcador fluorescente con PLC se realizó por el método de doble emulsión donde se obtuvieron cápsulas con forma esférica y dimensiones promedio de 240 nm, aproximadamente. Se apreciaron las bandas correspondientes a los grupos funcionales característicos del polímero PLC y también señales del PVA como agente estabilizante. Se logró comprobar la internalización del fluoróforo DAPI en las cápsulas poliméricas de PCL mediante Microscopía de Barrido Láser Confocal. Se observó la degradación de las cápsulas poliméricas en dependencia de la variación del pH del medio mediante la Microscopía Electrónica de Barrido.

## **Agradecimientos**

Proyecto PN211LH008-001 del Programa Nacional de Nanociencia y Nanotecnología y al proyecto 18-53-34007 de la Fundación Rusa de Investigación Básica.

## **Referencias bibliográficas**

Duwa R, Emami F, Lee S, Jeong J-Heon, Yook S. (2019). Polymeric and Lipid-based Drug Delivery Systems for Treatment of Glioblastoma Multiforme. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. JIEC4636 (1226-086X) 13-26. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2019.06.050>

M. Diyanat, H. Saeidian, S. Baziar, Z. Mirjafary. (2019) Preparation and characterization of polycaprolactone nanocapsules containing pretilachlor as an herbicide nanocarrier. *Environmental Science and Pollution Research*. 26 (21579–21588).

M. Kashkooli, M. Soltani and M. Souri. (2020) Controlled anticancer drug release through advanced nano-drug delivery systems: Static and dynamic targeting strategies, *Journal of Controlled Release*. S0168-3659(20)30452-1

R. Grillo, N. Z. Dos Santos, C. R. Maruyama, A. H. Rosa, R. Lima, L. F. Fraceto. (2012). Poly ( $\epsilon$ -caprolactone) nanocapsules as carrier systems for herbicides: Physico-chemical characterization and genotoxicity evaluation. *Journal of Hazardous Materials* 231– 232. 1– 9.

# LA FORMACIÓN LABORAL DEL INSTRUCTOR DE ARTE DESDE LA ENSEÑANZA DE LAS DANZAS HAITIANAS COMO PATRIMONIO CULTURAL INMATERIAL

**Yosvanys González Murillo.1<sup>1</sup>, Orlando Martínez Cuba 2<sup>2</sup>, Alberto Prudencio Leyva Figueredo 3<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup> Ministerio de Cultura, Sistema de Casas de Cultura Báguanos, Holguín, Cuba*

*<sup>2</sup>Ministerio de Educación Superior, Centro de Estudios para la Formación Laboral, Universidad de Holguín, Holguín*

*<sup>3</sup>Ministerio de Educación Superior, Centro de Estudios para la Formación Laboral, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba*

E-mail de correspondencia: ygm80@nauta.cu

## **Resumen**

La formación laboral del instructor de arte desde la enseñanza de las danzas haitianas como parte del Patrimonio Cultural Inmaterial (PCI) local, contribuye a la preservación de la cultura popular tradicional en comunidades de portadores del municipio Báguanos. Se establece como objetivo en esta investigación realizar un abordaje teórico teniendo en cuenta criterios de autores que incursionan en el tema, lo que permite revelar potencialidades de las danzas haitianas para la formación laboral a partir del desarrollo de cualidades laborales en los instructores de arte del sistema de casas de cultura.

## **Introducción**

El triunfo revolucionario de 1959 en Cuba, propicia el desarrollo cultural del pueblo, enaltece la identidad cultural y transforma los valores necesarios para enriquecer la historia del país. Es por ello que con la democratización cultural que desarrolla la revolución como parte de sus políticas públicas, se generan ofertas y productos para satisfacer las necesidades culturales de los cubanos.

Lo que se expone con anterioridad se materializa mediante la formación de públicos, la atención al movimiento de artistas aficionados y la salvaguardia de los valores socioculturales de prácticas, manifestaciones y expresiones culturales que implican el PCI que atesora cada contexto comunitario.

Para lograr materializar estos propósitos, la política cultural de la Revolución Cubana demanda el accionar de las instituciones culturales, en especial, de las casas de cultura y de instructores de arte que además de aptitudes artísticas y herramientas pedagógicas; posean cualidades laborales de la personalidad para el desarrollo de la formación laboral en función de la responsabilidad social de contribuir a preservar el PCI, a partir del aprovechamiento de las potencialidades educativas que ofrecen las danzas haitianas como parte esencial del PCI local en el municipio Báguanos.

Por tanto, el objetivo del artículo se centra en favorecer el uso de las potencialidades educativas que ofrecen las danzas haitianas para contribuir a la formación laboral de los instructores de arte del sistema de casas de cultura Báguanos, en función de la preservación el PCI local.

## **Materiales y métodos**

Se utilizan métodos teóricos como el histórico-lógico, análisis-síntesis e inductivo-deductivo, para precisar evolución histórica y realizar el análisis crítico. De carácter empírico la revisión documental, observación científica y las entrevistas, posibilitaron caracterizar el estado y desarrollo de la formación laboral de los instructores de arte del sistema de casas de cultura Báguanos.

## Resultados y discusión

Varios son los investigadores que aportan valiosas experiencias sobre la formación laboral, en Cuba se destacan las teorías que desarrollan Moreno (1987), Gómez (1994), Cerezal (1995), Baró (1996), Neto (1997), Martínez (1997), Domínguez (1998), Fong (1998), Chávez (1999), Furió (1999), Cerezal et al. (2000), Fiallo (2000), Rodríguez (2001), Gómez (2002), Leyva y Mendoza (2003–2021), Ávila (2003), Testa y Pérez (2003), Alonso (2007-2021), Thompson (2009), Salgado (2009), Martínez Cuba (2011-2021), Infante (2011-2021), Dorrego (2012-2021), Batista (2014), López (2018), Viamonte (2019) entre otros.

Los investigadores profundizan en el estudio de la pertinencia del desarrollo de la formación laboral a partir de las particularidades y características de esta actividad en cada una de las enseñanzas, de forma que interactúe de manera positiva en el comportamiento intelectual del alumno y en su estado de ánimo.

En Holguín se destacan varias investigaciones que se refieren al tema, entre ellas, las que se desarrollan por el colectivo de autores del Centro de Estudios para la Formación Laboral (CENFOLAB), adscrito a la Universidad de Holguín.

Al referirse a la formación laboral, Martínez (2011) plantea que el “sujeto atraviesa por algunos momentos que llevan implícito preparar al hombre para la vida” (p.18). Lo expuesto por este autor, muestra la necesidad social de lograr la formación laboral de los instructores de arte del sistema de casas de cultura Báguanos.

El análisis epistemológico de la ciencia que se construye hasta el momento en esta esfera del conocimiento, permite certificar que existen fundamentos que respaldan la formación laboral de instructores de arte de casas de cultura, a partir del aprovechamiento de las potencialidades educativas que ofrece la enseñanza de las danzas haitianas para el desarrollo de cualidades laborales de la personalidad en dichos sujetos, en función de contribuir a la preservación del PCI en diferentes contextos socioculturales e institucionales.

De acuerdo a Cardona (2007):

(...) la formación laboral es la síntesis de los procesos formativos, en ella se materializa todo el saber que el hombre ha acumulado: sus valores y métodos, el

conocimiento científico y el tecnológico. La formación laboral es una educación que prepara al individuo para cambiar su entorno, transformándose a sí mismo. (p. 65)

Los autores que se citan, la afrontan sólo como proceso, en el que se reconoce la utilidad de los conocimientos que se aprenden y la cultura tecnológica para la actividad laboral. De igual modo, expresan las oportunidades que ofrecen, tanto las clases como la experiencia cotidiana para favorecer los valores que regulan los modos de actuación en la actividad transformadora. Sin embargo, no tienen en cuenta el desarrollo de cualidades laborales de la personalidad que como resultado, orienta el desempeño laboral de los sujetos a lo largo de la vida.

Leyva y Mendoza (2011), definen la formación laboral como: “(...) proceso y resultado del desarrollo de las cualidades laborales de la personalidad que orienta al sujeto a prestar un servicio o a obtener un producto de utilidad y necesidad social en su transformación a lo largo de la vida” (p.25).

En relación con lo que se plantea, se considera que la formación laboral de instructores de arte del sistema de casas de cultura en Báguanos, debe aprovechar las potencialidades educativas que ofrece la enseñanza de las danzas haitianas para favorecer el perfeccionamiento de destrezas, habilidades, aptitudes y herramientas necesarias para lograr desempeños laborales adecuados, a partir del desarrollo de cualidades laborales de la personalidad que contribuyan a la preservación del PCI local.

## **Conclusiones**

Los fundamentos que sostienen la formación laboral de instructores de arte del sistema de casas de cultura Báguanos, permiten confirmar las potencialidades educativas que ofrece la enseñanza de las danzas haitianas para contribuir al desarrollo de cualidades laborales de la personalidad como esencia de la formación laboral para que el instructor de arte de casas de cultura contribuya a la preservación del PCI local.

## **Agradecimientos**

A los profesores instructores de arte del sistema municipal de casas de cultura Báguanos por la colaboración en el proceso investigativo.

## **Referencias bibliográficas**

Cardona, G. (2007). *Concepción Pedagógica del Proceso de Formación Laboral para los estudiantes de Tecnología en Comercio Internacional de ESUMER. Medellín-Colombia*. [Tesis doctoral, Universidad de Pinar del Río “Hermanos Sainz Montes de Oca”]. <http://rc.upr.edu.cu/bitstream/DICT/369/1/2012.4.9.u1.s1.t.pdf>

Leyva, A. y Mendoza, L. L. (2011). *Apuntes y reflexiones para el trabajo pedagógico del maestro: aproximación a los fundamentos teóricos de la formación laboral* [manuscrito presentado para publicación]. Centro de Estudios para la Formación Laboral. Universidad de Ciencias Pedagógicas “José de la Luz y Caballero”, Holguín.

Martínez, O. (2011). *La formación laboral del técnico medio en Construcción Civil a través del Proceso Pedagógico Profesional de la asignatura Fundamentos del Diseño Estructural*. (Tesis doctoral). Universidad de Ciencias Pedagógicas “José de la Luz y Caballero”, Holguín.

# MANTENIMIENTO CON ENFOQUE SOSTENIBLE EN LA INDUSTRIA DE TRANSFORMACIÓN DEL PLÁSTICO

**Márian Pérez Pérez<sup>1</sup>, Angel Tomás Pérez Rodríguez<sup>2</sup>, Estrella María de la Paz Martínez<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Holguín, Cuba.*

<sup>2</sup> *Departamento de Química, Universidad de Holguín, Cuba.*

<sup>3</sup> *Departamento de Educación de Postgrado, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba.*

E-mail de correspondencia: [marianpp26@gmail.com](mailto:marianpp26@gmail.com)

## **Resumen**

La industria de transformación del plástico ha alcanzado un desarrollo tecnológico significativo, sin embargo, impacta negativamente en el medioambiente pues consume grandes cantidades de energía eléctrica y los desechos generados no son biodegradables, lo que influye en la sostenibilidad. Al respecto, la gestión del mantenimiento contribuye a disminuir los costos, a evitar accidentes laborales y minimizar los impactos ambientales asociados al funcionamiento de los equipos y al consumo de energía. La presente investigación tiene como objetivo promover la sostenibilidad en las empresas de transformación del plástico mediante la construcción de un marco conceptual para la gestión del mantenimiento con enfoque sostenible. Los principales resultados se resumen en la concepción del modelo conceptual lográndose que dicho proceso sea económico, social, ambiental y técnicamente sostenible. Dicho marco puede facilitar una comprensión generalizada del mantenimiento enfocado a la sostenibilidad y

proporcionar una guía útil para respaldar su implementación en las empresas de transformación del plástico a través del diagnóstico, la planeación y organización, la ejecución y la evaluación y mejora.

## **Introducción**

El proceso de mantenimiento resulta imprescindible para el correcto funcionamiento de cualquier organización. Los fallos funcionales pueden tener distintas categorías de consecuencias por lo que una adecuada gestión del mantenimiento debe proyectarse a la mejora de la seguridad, a disminuir el impacto negativo al medioambiente a la vez que es económicamente viable (Pérez Pérez, et al., 2021).

La creciente complejidad de los procesos industriales, la búsqueda constante de mayores ganancias y las limitaciones en la producción, exigen la implementación de una política de mantenimiento proactiva y sostenible. En este sentido, el mantenimiento ha evolucionado desde la función reactiva, pasando por la preventiva, la esbelta, la ecológica, hasta el enfoque moderno en el que se considera un proceso que debe gestionarse desde una perspectiva sostenible (Jasiulewicz-Kaczmarek y Drożyner, 2011; Sénéchal y Trentesaux, 2020; Karuppiah, et al., 2021).

Una de las industrias que más está afectando al medioambiente y por tanto a la sostenibilidad, es la del plástico. El principal problema ambiental de este material es que no es biodegradable, por lo que tarda décadas en reincorporarse a la naturaleza (Pérez Pérez, et al., 2019). De aquí la importancia del mantenimiento con enfoque de sostenibilidad, que permite reducir los desechos generados en estas empresas propiciando, además, un ahorro considerable de energía. Esta investigación tiene como objetivo promover la sostenibilidad en las empresas de transformación del plástico mediante la construcción de un marco conceptual para la gestión del mantenimiento con enfoque sostenible.

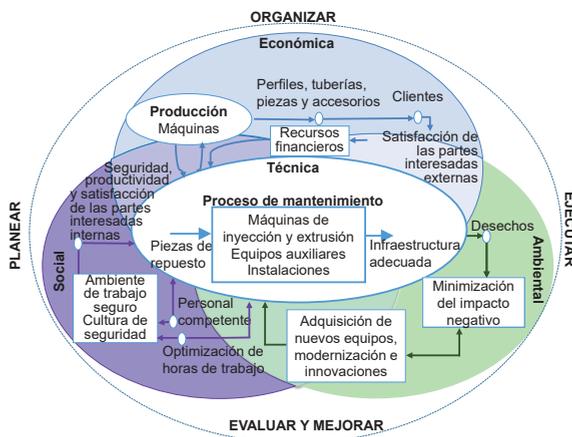


basados en las dimensiones de la sostenibilidad (económica, social, ambiental y técnica) que permiten mantener los activos a lo largo de su ciclo de vida, garantizando mejoras en la seguridad, el ambiente de trabajo, la condición de los equipos e instalaciones y la calidad de los productos contribuyendo, además, a la eficiencia evidenciado en la disminución de los costos, de los desperdicios, de los flujos, del uso de los recursos y de la energía, así como de los impactos negativos al ambiente, con lo que se logra la satisfacción de las partes interesadas”.

### Modelo conceptual para la gestión del mantenimiento con enfoque sostenible

A partir del estudio realizado, se diseñó el modelo conceptual para la gestión del proceso de mantenimiento con enfoque sostenible (GMeS) en las empresas de transformación del plástico (figura 2). En su concepción gráfica está representado, en el centro, el mantenimiento coincidiendo con la dimensión técnica. El diseño se realizó en base al modelo Triple Bottom Line (TBL), considerando las dimensiones económica, social, ambiental y técnica.

Figura 2. Modelo conceptual para la GMeS en las ETP.



Fuente: elaboración propia.

La GMeS inicia con el diagnóstico, lo que posibilita determinar el estado actual y las acciones estratégicas de mejora. Continúa con la planificación y organización que contribuye a la implementación de la estrategia en busca de la sostenibilidad de este proceso. Luego se ejecutan las actividades de mantenimiento con

enfoque sostenible, se evalúa y mejora a través de la eliminación de las desviaciones y las acciones de mejoras.

## Conclusiones

A partir del análisis de contenido, se propuso la definición de mantenimiento con enfoque sostenible. Se diseñó el modelo conceptual sustentado en los enfoques estratégico, integrado y sistémico de la sostenibilidad, el cual se centra en la gestión del proceso de mantenimiento que emerge como resultado de la integración de sus cuatro dimensiones (económica, social, ambiental y técnica) para la mejora continua de este proceso. La GMeS sigue un ciclo que inicia con la preparación inicial, el diagnóstico, la planeación y organización, la ejecución y la evaluación y mejora.

## Referencias bibliográficas

- Jasiulewicz-Kaczmarek, M., y Drożyner, P. (2013). Social Dimension of Sustainable Development – Safety and Ergonomics in Maintenance Activities. *Universal Access in Human-Computer Interaction. Design Methods, Tools, and Interaction Techniques for inclusion*. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-39188-0\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-642-39188-0_19)
- Karuppiah, K., Sankaranarayanan, B., y Ali, S. M. (2021). On sustainable predictive maintenance: Exploration of key barriers using an integrated approach. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1537–1553. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.03.023>
- Pérez Pérez, M., Rojas Batista, D. A., de la Paz Martínez, E. M., y Pérez Rodríguez, Á. T. (2019). Procedimiento para la planificación y organización del mantenimiento en fábricas de transformación de plásticos. *9na Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín*. ISBN: 978-959-7237-34-1. <https://eventos.uho.edu.cu/index.php/ccm/ccm9/paper/view/2704/1302>
- Pérez Pérez, M., Pérez Rodríguez, Á. T., y de la Paz Martínez, E. M. (2021a). Contribución del mantenimiento con enfoque sostenible al control de la calidad

en la industria del plástico. *Tecnología Química*, 41(1), 232-251.  
<http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v41n1/2224-6185-rtq-41-01-232.pdf>

Sénéchal, O. y Trentesaux, D. (2019). A framework to help decision makers to be environmentally aware during the maintenance of cyber physical systems. *Environmental Impact Assessment Review*, 77, 11-22.  
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.02.007>

# A METHOD TO ESTABLISH SEAGRASS ECOSYSTEM BOUNDARIES IN GUARDALAVACA BEACH, HOLGUÍN CUBA

Alexei Rueda Rueda<sup>1</sup>, Silvia Dotres Zúñiga<sup>2</sup>, Libys Martha Zúñiga Igarza<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales, Holguín, Cuba*

<sup>2</sup> *Departamento de construcciones, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba*

<sup>3</sup> *Departamento de construcciones, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba*

Correspondence e-mail: [aliosharueda74@gmail.com](mailto:aliosharueda74@gmail.com)

## Abstract

A method to establish seagrass ecosystem boundaries in the face of their removal threat is determined. Escarpment height between sandy bottom and seagrasses bottom is used for this purpose as circumstantially useful data. Protected area of seagrasses is increased due to the displacement of this delimited boundary towards mainland taking, into account the escarpment height. This boundary is that which lies offshore at the minimum depth of the seagrass protection area measured from low tide, which is equivalent to maximum depth of bathing zone measured from low tide minus the escarpment height.

## Introduction

In Guardalavaca beach, eastern Cuba, seagrasses are being removed in order to create a comfortable bathing zone. This causes the disappearance of important ecosystem services provided by them (Green and Short, 2003). Therefore, the

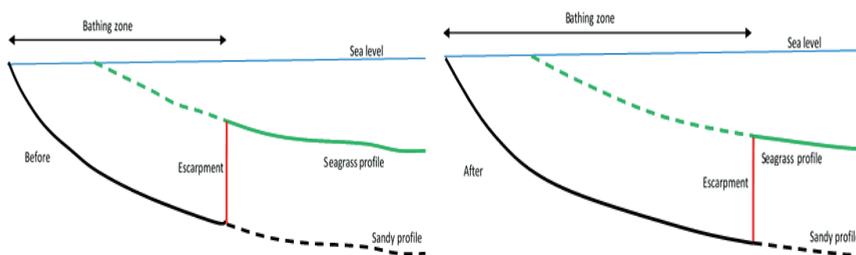
need to determine a method that establishes physical-geographical boundaries between seagrasses area and bathing zone, and defines the removal by restricting human activities, is evident (Watson *et al.*, 2014). It has been observed that physical boundary between seagrasses and sandy bottom is a vertical escarpment of tens of centimeters in Guardalavaca beach. The physical parameters of these escarpments could be exploited for benefit of seagrasses by increasing their protected area.

The main objective of this article is to determine a method to establish seagrasses ecosystem boundaries in the face of the threat of removal in Guardalavaca beach. For this purpose, the seagrass escarpment height will be used as a circumstantially useful data for delimitation of these ecosystems.

## Materials and methods

The zoning and characterization of seagrass removal, was done through the literature; this information was completed with field observations and support of Tides 2.35.0 application. The escarpment height was measured at maximum depth of the bathing zone ( $130 \pm 30\text{cm}$  above sandy bottom) with respect to the mean low tide in the winter season. Sampling was random with a density of 5m. The arithmetic mean and coefficient of variation of the escarpment height were determined. The chi-squared distribution was used for measure the goodness of fit.

**Figure 1.** Real and virtual profiles (continuous and dashed lines, respectively), before and after removal.



Source: Authors

When seagrasses are removed, the bathing zone increases and the seagrasses area decreases. In this process, the real sandy profile expands seaward along the line of virtual sandy profile, while the real seagrass profile retreats seaward and becomes a virtual profile. The removal of the grasses also causes the escarpment to move seaward (Fig. 1).

The seagrass bottom can uplift through a process called elevation. However, the elevation has an upper limit that cannot be exceeded due to the hydrodynamism (Boudouresque *et al.*, 2012).

From the elevation process, a zoning of submerged beach is established: (1) zone without seagrasses, closest to the coast; (2) seagrass no-elevation zone, where the upper limit prevents elevation and; (3) zone with seagrass elevation, where the seagrass bottom is free to uplift because it is below the upper limit (fig. 2).

The sandy profile is represented by the universal beach profile equation:

$$y = Ax^{2/3} \quad (1) \text{ (Dean, 1977)}$$

which will be established as the equation of sandy profile (1) (fig. 2), where the variable (y) is the depth at a distance (x) from the coastline and A is a geometric parameter. Starting from the previous equation (1), the following seagrass profile equation is proposed (fig. 2):

$$y = Ax^{2/3} - D(x) \quad (2)$$

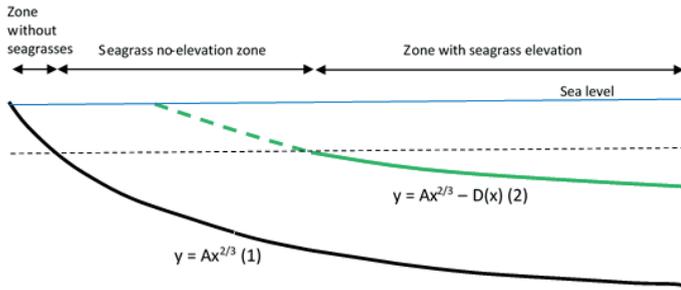
This equation (2) is the upward translation of the sandy profile. Subtracting the equation (2) from the equation (1) gives the following equation:

$$y_A = D(x) \quad (3)$$

This is the escarpment height ( $y_A$ ) equation (3) valid for the zone with seagrass elevation [ $x > x_1$ ]. According to this equation, for small distances close to  $x_1$

$$\lim_{x \rightarrow x_1} D(x) = \text{Constant}$$

**Figure 2.** Profile equations (1) sandy, (2) seagrass; and upper limit of seagrass.



**Source:** Authors

Therefore, there is a possibility that the escarpment height is constant for this zone.

In the equation (1),  $(x)$  is replaced by the bathing zone width determined on the sandy profile ( $x_A$ ) and the same is done in equation (2), but by the bathing zone width determined on the seagrass profile ( $x_P$ ), considering that  $(y)$  is the maximum depth of the bathing zone and that it is constant,  $A$  is constant and  $D(x)$  is also considered constant. Considering the above conditions, if the respective bathing zone widths ( $x_A$ ) and ( $x_P$ ) are cleared, and then compared, the bathing zone determined on the sandy profile is less than the bathing zone determined on the seagrasses profile ( $x_A < x_P$ ). Therefore, the protected seagrass area in the case of equation (1), where the maximum depth of the bathing zone is measured over the sandy profile, is larger. The equation, which represents the gain in seagrass protection, would be:

$$G = ((y + D(x))/A)^{3/2} - (y/A)^{3/2} \quad (4)$$

## Results and discussion

The coefficient of variation determined was small at 0.27, which means that the escarpment height for the area with seagrass elevation is considered a constant, that is,  $D(x) = C$ . The belonging of the sample to a normal distribution is confirmed by the chi-squared distribution ( $\chi^2 = 1.58$ ).

If  $D(x)$  is replaced by  $C$  in the equation (4), then it follows that the gain in seagrass protection is directly proportional to the escarpment height ( $G \propto C$ ). Therefore,

to define the boundary of the protected seagrass ecosystem zone is that which is in the sea at minimum depth of the seagrass protection zone measured from low tide, which is equivalent to the maximum depth of the bathing zone measured from low tide subtracting the escarpment height.

## **Conclusions**

On a sandy beach, delimiting the bathing area with seagrasses to protect them against the removal, taking into account the escarpment height between the sandy bottom and the seagrass bottom, increases its protected area due to the displacement of this boundary towards the mainland. This is because the seagrass profile is displaced upwards in relation to the sandy profile by a constant magnitude corresponding to the escarpment height.

## **Bibliographic references**

- Boudouresque, C. F., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Di Viacco, G., Meinesz, A...Tunesi L. (2012). Protection and conservation of *Posidonia oceanica* meadows. Marseille: RAMOGE, RAC/SPA and GIS Posidonie publisher.
- Dean, R. G. (1977). Equilibrium Beach Profiles: U.S. Atlantic and Gulf Coasts. Ocean Engineering Report No. 12. Newark (DE): Department of Civil Engineering, University of Delaware.
- Green, E. P., Short, F. T. (2003). World Atlas of Seagrasses. Berkeley: University of California Press.
- Watson, J. E. M., Dudley, N., Segan, D. B., Hockings, M. (2014). The performance and potential of protected areas. *Nature*, 515, 67–73.

# DISTRIBUCIÓN DEL PATOSISTEMA FITOPLASMAS-SOYA EN CUBA

**Robert Manuel Leyva Martínez<sup>1</sup>, Madelaine Quiñones Pantoja<sup>2</sup>, Karel Acosta Pérez<sup>3</sup>, Berta Piñol<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Unidad de Extensión, Investigación y Capacitación Agropecuaria de Holguín. (UEICA-H) Cuba. rleyva1981@gmail.com*

<sup>2</sup> *Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Cuba. madelaineqp69@gmail.com*

<sup>3</sup> *Universidad de las Tunas (ULT). Cuba. karel0978@gmail.com*

E-mail de correspondencia: rleyva1981@gmail.com

## Resumen

Los fitoplasmas causan enfermedades en cultivos de soya, en diversos países productores del grano. Conocer su presencia y distribución en una región determinada permite el diseño de programas de manejo de plagas efectivos a nivel local. Se recolectaron muestras foliares de plantas de soya de las cinco provincias orientales de Cuba, se detectó e identificó la presencia de grupos de fitoplasmas mediante nPCR/RFLP y secuenciación de un fragmento del 1250 pb perteneciente a la región 16Sr ANDr, y se determinó su distribución por provincia. Se identificaron por primera vez en Cuba los grupos de fitoplasmas, 16SrIII y 16SrIX y los subgrupos 16SrI-Y, 16SrI-W y 16SrIII-Z, infectando cultivos de soya. El grupo 16SrIII se distribuyó en todas las provincias, el grupo 16SrI en Holguín y Las Tunas y el grupo 16SrIX en Holguín, Las Tunas, Granma y Santiago de Cuba. Este resultado permitirá establecer acciones de manejo específicas en cada

territorio, encaminadas a evitar la presencia del patógeno y al manejo de sus insectos vectores.

## Introducción

La soya (*Glycine max* (L), Merrill) es la oleaginosa que más se produce en el mundo (Hartman y col., 2016). Es afectada por una amplia gama de fitopatógenos, entre ellos 'Ca. Fitoplasmas' (Lee y col., 1998; Mollov y col., 2014; Pereira y Bedendo, 2017; Zamharir y Aldaghi, 2018).

En Cuba, constituye una necesidad la producción de soya para alimento animal. Las investigaciones dirigidas al conocimiento de los problemas fitopatológicos que afectan al cultivo son pocas. En 2015 se informa la presencia fitoplasmas del grupo 16SrI infectando soya, por lo que, la aparición de nuevos síntomas similares a los inducidos por estas entidades motivó el estudio sobre la presencia y distribución de los fitoplasmas que infectan soya en la región oriental de Cuba.

## Materiales y Métodos

Detección molecular de fitoplasmas: se procedió a la extracción de ácidos nucleicos totales (ADNt) por el método CTAB 3 % (Doyle y Doyle, 1990) de muestras de plantas de soya prospectadas en las cinco provincias orientales. Se detectaron mediante nPCR con el empleo de los cebadores universales R16mF2 (5'-CATGCAAG TCGAACGGA-3') y R16mR1 (5'-CATGCAAGTGAACGGA-3') en la primera amplificación y en la reacción anidada R16F2n (5'-GAA-CGGCGGTGTGTACAAACCC-3')/R16R2 (5'-TGACGGCGGTGTGTCAC-CCG-3') (Gundersen y Lee, 1996).

Los productos de la nPCR se sometieron a electroforesis en gel de agarosa al 0.8% y se visualizaron las bandas en un transluminador Syngene InGenius L (Syngene, EE.UU). Se consideraron positivos los fragmentos amplificados a una talla de 1250 pb, coincidiendo con el control positivo.

## Identificación de fitoplasmas, mediante nPCR/RFLP y secuenciación de un fragmento del 1250 pb perteneciente a la región 16Sr ANDr

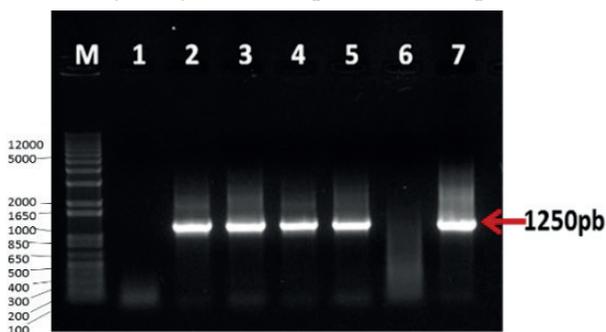
Productos de la nPCR, positivos a fitoplasmas, se sometieron a digestiones con enzimas de restricción (BstUI, HpaII y HhaI). Los productos de restricción se separaron mediante electroforesis en gel de agarosa al 3%, y se visualizaron las bandas en un transluminador Syngene InGenius L (Syngene, EE. UU). Los perfiles de RFLP obtenidos, se compararon con los patrones representativos de los grupos y subgrupos informados previamente (Lee y col., 1998).

Para confirmar la identidad molecular de los grupos de fitoplasmas se clonaron los fragmentos de 1250 pb obtenidos por nPCR y se enviaron a secuenciar. Las secuencias parciales del gen 16S ADNr se compararon con las disponibles en la base de datos del GenBank mediante la herramienta *Blastn*, disponible en el sitio [www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov).

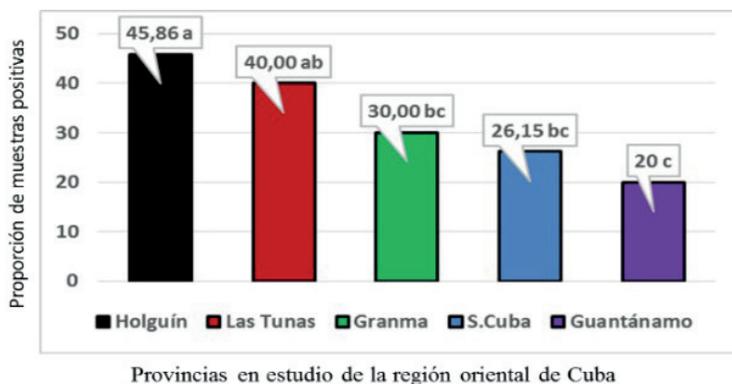
## Resultados y discusión

Se detectó la presencia de fitoplasmas en el 39,45% del total de muestras prospectadas al amplificar un fragmento de 1250 pb, correspondiente a la región 16S ADNr, lo cual coincide con los resultados obtenidos para el control positivo utilizado en el ensayo (Fig. 1) y se confirmó su incidencia en todas las provincias del oriente cubano (Fig. 2).

**Figura 1.** Resultados del análisis electroforético en un gel de agarosa al 0,8 % que muestra la detección de fitoplasmas mediante nPCR, en muestras de plantas de soya, procedentes de la región oriental de Cuba. M: Marcador de peso molecular (1 Kb DNA plus ladder); carril 1: control negativo; carriles: 2, 3, 4, 5, 6 muestras de plantas de soya (Incasoy-27) y 7 control positivo a fitoplasma.



**Figura 2.** Proporción de muestras de plantas de soya, positivas a fitoplasmas, analizadas por nPCR en cada provincia de la región oriental de Cuba ( $p < 0,05$ ).



### Identificación molecular de fitoplasmas, mediante nPCR/RFLP

Los patrones de RFLP obtenidos indicaron la presencia de los grupos de fitoplasmas 16SrI, 16SrIII y 16SrIX, al ser comparados con los patrones de restricción previamente informados por Lee y col. (1998). (Datos no mostrados). Los perfiles sugieren que existe una gran diversidad de grupos de fitoplasmas, situación que puede favorecer la aparición de nuevas variantes debido a un posible intercambio de información genética entre los aislados presentes al infectar un mismo hospedante.

### Confirmación de la identidad de grupos de fitoplasmas identificados

Todos los aislados de fitoplasmas identificados, mostraron porcentajes de similitud de nucleótidos, superior al 97,5 %, con cepas publicadas en GeneBank; teniendo en cuenta los criterios para la clasificación taxonómica de los fitoplasmas, se puede afirmar que el cultivo de la soya, en la región oriental de Cuba, se encuentra afectado por los grupos de fitoplasmas 16SrI, 16SrIII y 16SrIX.

### Distribución de los grupos de fitoplasmas por provincia

El grupo 16SrI de fitoplasmas se distribuyó en las provincias Holguín y Las Tunas. El grupo 16SrIII en todas las provincias y el grupo 16SrIX se distribuyó en las provincias Holguín, Las Tunas, Granma y Santiago de Cuba (Fig. 3).

**Figura 3.** Distribución de los grupos de fitoplasmas, por provincias en la región oriental de Cuba.



## Conclusiones

Se detectó e identificó la presencia de fitoplasmas asociados al cultivo de la soya en todas las provincias orientales. El patosistema fitoplasma-soya está caracterizado por su distribución en todas las provincias en estudio, y por la amplia diversidad de fitoplasmas asociados al cultivo.

## Referencias bibliográficas

- Doyle, J. J. y Doyle J. L. (1990). Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*.12: 13-15.
- Gundersen, D. y Lee I. M. (1996). Ultrasensitive detection of phytoplasmas by nested PCR assay using two universal primer pairs. *Phytopathology Mediterranean*. 35:144-51.
- Hartman, G., Pawlowski, M., Herman, T., Eastburn, D. (2016). Organically grown soybean production in the USA: Constraints and management of pathogens and insect pests. *Agronomy*. 6: 1-18.
- Lee, I. M., Gundersen-Rindal D. E., Davis R. E., Bartoszyk I. M. (1998). Revised classification scheme of phytoplasma based on RFLP analysis of 16S rRNA and ribosomal protein gene sequences. *Int. J. Syst. Bacteriology*. 48: 1153-1169.

Lee, M. E., Lee I. M., Lukaesko L. A., Heimann M. F., Oplinger E. S., Grau C. R. (1998). R16SrVI (clover proliferation group) and R16SrI (Aster yellow group) phytoplasmas are associated with soybean in Wisconsin. *Phytopatology*, Saint Paul. 88: S116.

Mollov, D., Chilvers M. I., Jacobs J. L. (2014). First report of aster yellows phytoplasma in soybean in Michigan. *Plant Disease*. 98: 1578.

Pereira, C. B.T y Bedendo I. P. (2017). A 'Candidatus phytoplasma asteris' (16SrI group) phytoplasma associated with delayed maturity in soybean plants in Brazil. *Australasian Plant Pathology Society Inc.* 12 (1): 50.

Zamharir, G. M. y Aldaghi M. (2018). First report of a 'Candidatus Phytoplasma trifolii'-related strain associated with soybean bud proliferation and seed pod abortion in Iran. *New Disease Reports*. 37: 15.

# THE SOCIAL RELEVANCE OF SCIENCE- TECHNOLOGY-SOCIETY IN THE POSTGRADUATE TRAINING OF THE HEALTH PROFESSIONAL IN HOLGUÍN

**Andria Torres Guerra<sup>1\*</sup>, Elianis Ocaña Samada<sup>2</sup>, Edilio Reynaldo Gabriel Aguilera<sup>3</sup>, Carmen Ramos Pupo<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> *Holguín University of Medical Sciences, Holguín, Cuba*

<sup>2</sup> *Provincial Directorate of Health. Provincial Council of Scientific Societies of Holguín, Cuba*

<sup>3</sup> *Holguín University of Medical Sciences, Holguín, Cuba*

<sup>4</sup> *Holguín University of Medical Sciences, Holguín, Cuba*

\*Correspondence e-mail: andriatorresguerra@gmail.com

## **Abstract**

Science, technology and society studies in Cuba acquire a public relevance of the first magnitude in a complex social context in the orientation of its development and technological sovereignty, issues that go beyond the academic sphere to become the focus of attention and interest of society as a whole. The objective is to establish the social relevance of Science-Technology-Society in the continuous postgraduate training of professionals at the University of Medical Sciences in Holguín, which influences new ways of acting in the training and care processes. The documentary analysis, the survey and the cross-impact matrix provided the information to assess the need for continuous training from this perspective. The proposed actions contributed to the development of the scientific-

technological and humanistic culture in the field of health from the continuous preparation of the professional; to generate collaboration in the solution of social problems and the socialization of research results from publications in journals of impact.

## **Introduction**

Universities as institutions emerge as functional responses to different social needs, and together with research centers play a key role in the generation of wealth based on innovation as a learning process, introducing new knowledge or combining existing knowledge to generate new competences, increasing interest in the determinants, characteristics and consequences of innovation processes and endogenous technological change by stimulating local or national creativity.

Health, like any human process, is an essentially social process, in which the degree of intervention of conscious activity by the various social actors in the process of collective and individual health changes. Therefore, in the case of the health sector, given the complexity of the object, the variety of levels of organization, the social need for its services, the growing number of technological means for carrying out diagnoses and treatments, require an integrated and transdisciplinary vision in order to provide solutions to the multiple problems that arise in social practice.

A preliminary diagnosis was carried out and contrasted with the analysis of information on science, technology and innovation at the University of Medical Sciences, which revealed a deficient management of information for scientific and technological research and the socialization of its results, which influences the low rates of publications in impact journals, with few proposals for projects and research to be presented for awards, to mention only the most significant.

If we add to this the inter-institutional mobility of human capital and the consequent flows of knowledge, the interaction of multiple actors, the intangible factors and effects (learning, informal links, knowledge transfer) and specific scientific and technological trajectories, among others. Thus, to enhance a more engaged vision of the complexity of scientific and technological practice; to

develop the "thinking capacity" in professionals about the decisive role and the enormous impacts of knowledge, science, technology and innovation in today's society, and certainly in the future.

The aim of the study is to establish the social relevance of Science-Technology-Society in the postgraduate training of professionals at the University of Medical Sciences in Holguín, which will influence new ways of acting in the training and care processes.

## **Materials and methods**

Documentary analysis, the survey and the cross-impact matrix were used as a method that provided information to assess the need for STS training in professionals of the University Of Medical Sciences Of Holguín. The interviews with key informants, as well as the review of research works on Social Problems of Science and Technology (PSCT) from 2018 to December 2021, showed the prevalence of the interpretation of science from specialization, the absence or poor integrative analysis of the impact of Science and Technology on society with the implications that this generates to achieve institutional technological leadership.

## **Results and discussion**

In the contemporary conception of science and technology, the essentially human dimension has been significant, an aspect that is present in any scientific or technical event: in the elaboration of a new theory, in the scientific polemic between alternative theories, in the design and manufacture of organizational technologies, etc.

In a society such as Cuba's, this problem is approached from the social dimension of science because research is carried out through projects, centers or human groups whose purpose is not only to theoretically construct a vision of the problem, but also to provide an alternative response that can transform this social problem by implementing the solution to these problems in an integrated manner.

The way to favor this new and committed vision of human health is related to the very understanding of health sciences and technologies and their commitment to the social fabric. To this end, it is necessary to develop a social conscience that evaluates and assumes risks and benefits, to manage the social control of these processes together with a technological culture in the professionals of the sector that allows them to be responsible actors in the process of decision-making and action, with postgraduate studies being the programmers with this specific responsibility.

Institutional management is presented as a regulatory mechanism that facilitates decision-making in compliance with national scientific policy through the institution's strategic planning aimed at updating and implementing postgraduate programmers for the different medical specialties, simultaneously with postgraduate courses and STS workshops for changes in teaching and research categories and minimum doctoral degrees, the training courses and training with science and technology managers, as well as specialized conferences of scientific information managers, which raise the awareness of applicants to the social problems of science in the search for solutions that can be introduced into social practice and contribute from their socialization to the generalization of the results achieved in response to territorial needs, modelled according to priorities and resources.

Another way are the scientific events, the transfer or generalization workshop, whose objective is to promote the exchange of generalizable experiences between issuers and receivers of technologies applicable to social practice. All these actions allow the development of the institution's technological leadership expressed in the improvement of the quality of life of the population and in the university's substantive processes.

## **Conclusions**

The proposed actions contribute to the development of the scientific-technological and humanistic culture in the field of health, from the preparation of teachers by refocusing their own disciplines, specialties and sub-specialties; reinterpreting the object of their profession, by appropriating knowledge, skills and the

values that should preside over medical activity. It also generates collaboration in the solution of social problems and stimulates the socialization of research results through the appropriate publication of the results.

The opinions and evaluations expressed in surveys and exchanges with the participants showed that the actions favors the continuous improvement of research and teaching activities.

## **Bibliographic references**

Morales Suárez, IR. (2019) Science and innovation as a strategic component for the fulfilment of health programmes. *Journal of Scientific Information for Health Management. INFODIR*; (31):1-11. Retrieved from: <http://revinfodir.sld.cu/index.php/infodir/article/view/694>

Torres Guerra A. (2019). The role of the current Cuban university and its influence on social development. *Rev. CCM*, 23 (2): 1-4. Retrieved at: <http://www.revcoemed.sld.cu/index.php/coemed/article/view/3272/1419>

Torres Guerra A, Esteva Paredes J, Gabriel Aguilera ER, Stuart Bruce MV, Carcassés Sánchez TL (2020) Science-Technology-Society education for postgraduate training at the University of Medical Sciences Holguín. *Rev. CCM*, 24 (2):4-25. Retrieved from: <http://revcoemed.sld.cu/index.php/coemed/article/view/3511>

# CARACTERIZACIÓN DE LAS PACIENTES CON ALTERACIONES COLPOSCÓPICAS ATENDIDAS EN CONSULTA PATOLOGÍA BENIGNA DE CUELLO UTERINO

Juan Pablo Martínez Nocado<sup>1</sup>, Dailin Frigman Sotelo<sup>1</sup>, Mayelin Silva Rivero<sup>2</sup>, Yodalis Barberán Durán<sup>1</sup>, Surina Sera Velázquez<sup>3</sup>, Carlos Alberto Trinchet Varela<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Hospital General Universitario V. I. Lenin, Holguín, Holguín 80100, Cuba*

<sup>2</sup> *Hospital Fermín Valdés Domínguez, Holguín, Cuba*

<sup>3</sup> *Centro Oftalmológico de Holguín, Cuba*

<sup>4</sup> *Centro de Estudios CAD/CAM, Universidad de Holguín, Cuba*

## Resumen

Las consultas de patología benigna de cérvix permiten pesquisar a pacientes asintomáticas. El objetivo de este estudio es caracterizar las pacientes con alteraciones colposcópicas atendidas en esta consulta del Hospital Fermín Valdés Domínguez, Holguín, febrero-diciembre/2019. Se realizó un estudio de cohorte cuyo universo estuvo constituido por 554 pacientes asintomáticas a las que se les realizó interrogatorio, examen físico y colposcópico, la muestra fueron 180 pacientes portadoras de lesiones, las variables estudiadas fueron: edad, menarquia, inicio del coito, número de parejas sexuales, hábitos tóxicos, resultados colposcópicos e histológicos y procedimiento diagnóstico. Las consultas de

patología benigna de cuello uterino, son instrumentos útiles para la atención de mujeres asintomáticas.

## **Introducción**

La consulta de patología benigna de cérvix permite diagnosticar lesiones en pacientes asintomáticas, en el Hospital F. V. Domínguez esta consulta inicio en 2018 con pesquisa a mujeres de las provincias de Holguín y Granma. Las lesiones precursoras de cáncer cervicouterino diagnosticadas precozmente permiten un tratamiento y seguimiento oportunos logrando su remisión y/o curación.

La prueba citológica, sigue siendo la de primera elección para el tamizaje de lesiones pre malignas, por ser un método de detección simple, de bajo costo y la única que se ha utilizado en grupos poblacionales grandes, sin embargo los resultados anormales obtenidos por la citología deben ser confirmados por medios diagnósticos más específicos como son la colposcopia y la biopsia para brindar resultados seguros y proseguir un tratamiento adecuado.

## **Materiales y métodos**

Se realizó un estudio de cohorte en pacientes atendidas en la consulta de Patología Benigna del Hospital Fermín Valdés Domínguez de Holguín, desde febrero a diciembre del 2019. El universo estuvo constituido por 554 pacientes atendidas en el periodo de estudio, a las que se les realizó interrogatorio, examen físico y colposcópico, la muestra fueron 180 pacientes portadoras de lesiones en el cuello uterino. Las variables estudiadas fueron: edad, menarquia, inicio del coito, número de parejas sexuales, hábitos tóxicos, resultados colposcópicos e histológicos y procedimiento diagnóstico.

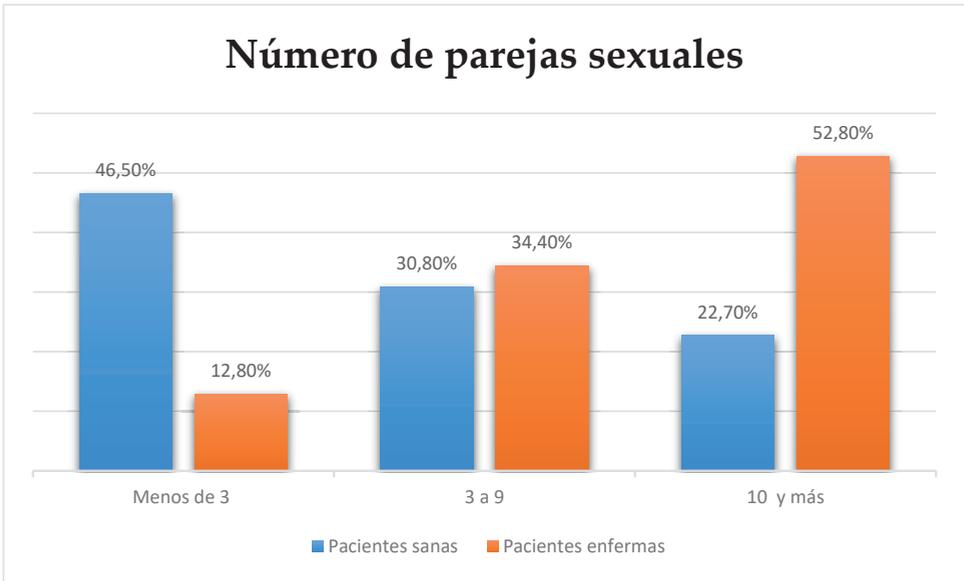
Por su relevancia y acercamiento al tema de investigación fueron diseccionados los trabajos de (Osorio Palma, R. et al., 2019) quienes examinan los factores de riesgo en las lesiones intraepiteliales del cuello uterino, (Zamora, R. et al., 2019) que establecen la relación entre Citología, Biopsia y Colposcopia en Cáncer Cérvico Uterino. Por otra parte (Campuzano, JE y Llaguno, HA, 2021) desarrollan un seguimiento y abordaje terapéutico de lesiones intraepiteliales de cuello uterino de mujeres en

edad fértil, atendidas en el hospital IESS Ceibos en el 2019 en Guallaquil, así como (Ramírez, DC y Cajas GMC, 2021) que se enfocan en el virus del papiloma humano y lesiones intraepiteliales escamosas de cuello uterino durante un estudio de una población ecuatoriana. Finalmente (Vergara, YF., 2022) que se ocupa de la efectividad de la crioterapia y el cono leep en el tratamiento de lesiones intraepiteliales cervicales en el hospital regional de Ucallpa.

### Resultados y discusión

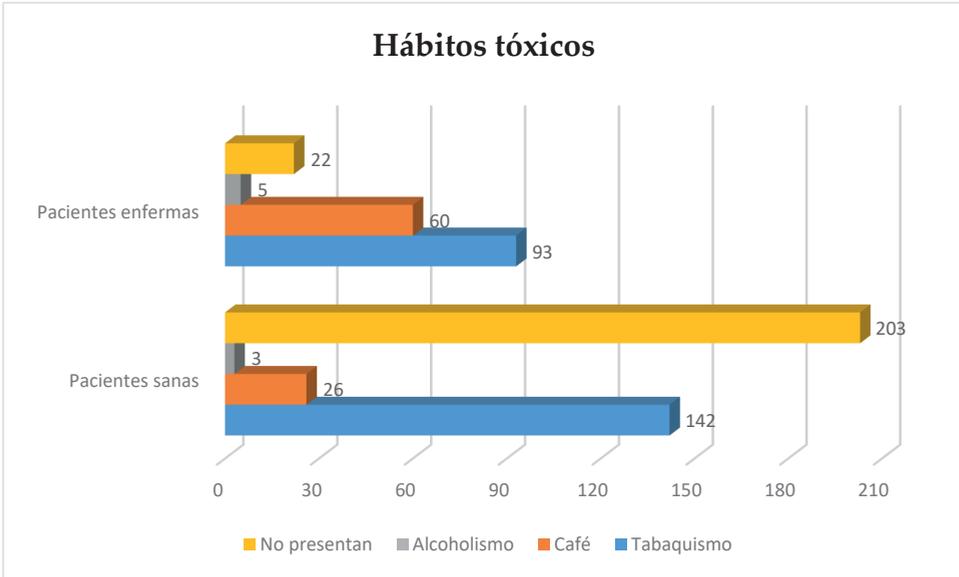
La muestra fueron 180 pacientes que presentaban lesiones de cérvix (32,5%). El promedio de edades fue de 50-59 años con un total de 33,9%, seguido del de 40-49 años en el 30%, en cuanto a la edad de la menarquía predominaron de 14-16 años (33,9%). El hábito de fumar estuvo presente en el 51,7%. Las primeras relaciones sexuales fueron precoces ente 12-15 años (48,9%), la mayoría refirió haber tenido 10 o más parejas sexuales (52,8%). En los resultados colposcópicos predominó el bajo grado en el 66, 22%, en cuanto a los histológicos el NIC I (52,22%) seguido del NIC II (24,45%), la ectopia estuvo presente en el 11,12%. El procedimiento diagnóstico más utilizado fue la biopsia con ASA en el 57,23%, seguido de la biopsia por ponche en el 27,77%.

Figura 1. Número de parejas sexuales.



Fuente: Autores.

**Figura 2. Hábitos tóxicos.**



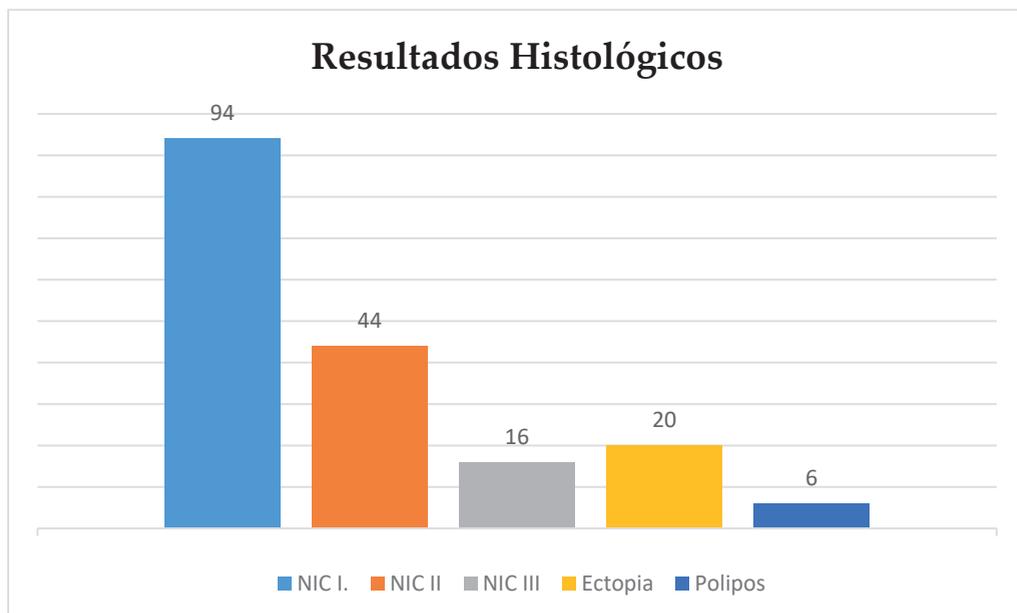
**Fuente:** Autores.

**Figura 3. Resultados colposcópicos.**



**Fuente:** Autores.

Figura 4. Resultados histológicos.



Fuente: Autores.

Presentaron lesiones de cérvix (32,5%), predominó el grupo de edades de 40- 59 años (64%), la menarquia de 14-16 años (33,9%), las primeras relaciones sexuales precoces entre 12-15 años (48,9%), el número de 10 y más parejas sexuales (52,8%). El hábito de fumar en (51,7%). El resultado colposcópico fue de bajo grado (62,22%), e histológico el NIC I (52,22 %), seguido del NIC II (24,45%). El procedimiento diagnóstico más utilizado fue la biopsia con ASA (57,23%).

## Conclusiones

Los factores de riesgo identificados fueron: el inicio precoz de las relaciones sexuales, la promiscuidad y el hábito de fumar. Las principales lesiones fueron el NIC I, II. Las consultas de patología benigna de cuello uterino son útiles para el pesquisaje de mujeres asintomáticas.

## Referencias bibliográficas

Campuzano Floril JE, Llaguno Mora HA (2021) Seguimiento y abordaje terapéutico de lesiones intraepiteliales de cuello uterino de mujeres en edad fértil, atendidas en el hospital IESS Ceibos en el 2019-Universidad Católica de Guayaquil 2021-201.159.223-180. url [http://repositorio .ucsg. edu. Ec / handle/3317/16766](http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/16766)

Osorio Palma, Romero Flores AD, Torres Mesa, A I. (2019) Factores de riesgo en las lesiones intraepiteliales del cuello uterino. Revista Finlay 9 (4), 291-305, 2019. <http://scielo.sld.cu>

Ramírez MCR, de Valero DC, Cajas GMC (2021) Virus del papiloma humano y lesiones intraepiteliales escamosas de cuello uterino. Estudio de una población ecuatoriana. Investigación clínica 62 (Supl 3), 81, 2021. [http:// Investigación 2021-researchgate.net](http://Investigación2021-researchgate.net)

Zamora Julca, R.E., Baseta-Medina, J, Palomino Herencia, A. (2019) Relación entre Citología, Biopsia y Colposcopia en Cáncer Cérvico Uterino. Rev méd panacea 2019;8(1): 31-45. Rev méd panacea. 2019; 8 (1):31-45. doi: <https://doi.org/10.35563/rmp.v8i1.13>

Vergara Velarde, YF, (2022). Efectividad de la crioterapia y el cono leep en el tratamiento de lesiones intraepiteliales cervicales en el hospital regional de Ucullpa 2018-2019. [http:// repositorio. Unu.edu.pe](http://repositorio.Unu.edu.pe)

# CARACTERIZACIÓN DE LAS LESIONES INTRAEPITELIALES DE CUELLO UTERINO EN PACIENTES DEL MUNICIPIO HOLGUÍN, CUBA

**Juan Pablo Martínez Nocedo <sup>1</sup>, Leydi Jordan Silva <sup>1</sup>, Gretel Leyva Tamayo <sup>1</sup>, Surina Sera Velázquez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Hospital General Universitario V.I. Lenin, Holguín 80100, Cuba, [juanphlg@infomed.sld.cu](mailto:juanphlg@infomed.sld.cu)

<sup>2</sup>. Centro Oftalmológico de Holguín, Holguín 80100, Cuba, [ssera1962@gmail.com](mailto:ssera1962@gmail.com)

E-mail de correspondencia: [juanphlg@infomed.sld.cu](mailto:juanphlg@infomed.sld.cu)

## **Resumen**

Las lesiones intraepiteliales cervicales son la consecuencia de una enfermedad de transmisión sexual no controlada, son prevenibles en el 100 % de los casos y curables si se tratan en estadios iniciales. El objetivo del presente trabajo es la caracterización de las lesiones intraepiteliales cervicales en pacientes del municipio de Holguín. Se realizó un estudio retrospectivo descriptivo observacional en 234 pacientes del municipio Holguín, desde enero de 2020 a enero de 2021. Como resultados se determinó que los factores de riesgos que más influyeron fueron las relaciones sexuales precoces, y el mayor número de parejas sexuales. Se demostró la óptima relación citocolpohistológica para las lesiones cervicales de NIC III y CIS. La conización fue el tratamiento más aplicado con mejores resultados.

## **Introducción**

Las lesiones intraepiteliales (LIE) o displasias cervicales, son consideradas como lesiones precursoras del cáncer de cuello uterino, constituyen un eslabón anterior al desarrollo potencial de un cáncer invasor, de ahí, la importancia que tiene la pesquisa para descubrirlas y tratarlas, se quiere disminuir la incidencia del cáncer cervical y sus consecuencias para la expectativa de vida de la mujer.

La mayoría de las muertes por cáncer cérvico uterino (80 %) se producen en América Latina y el Caribe, donde este tipo de cáncer es el segundo más importante en mujeres de todas las edades, tanto en frecuencia de casos nuevos como de muertes. Entre los principales factores de riesgo encontramos: la vida sexual promiscua, los múltiples compañeros sexuales, el tabaco, el inicio de relaciones sexuales a edad temprana, las secreciones vaginales patológicas a repetición, motivo por el cual esta enfermedad año a año cobra más víctimas mortales.

## **Materiales y métodos**

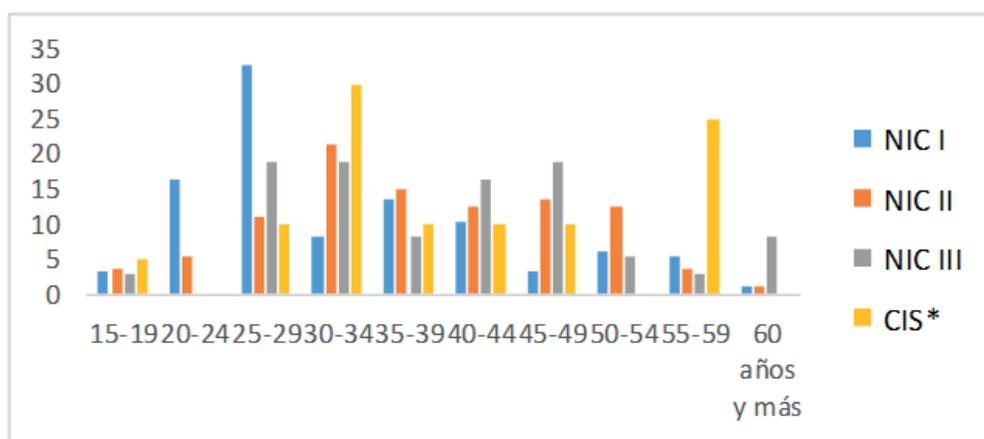
Se realizó un estudio retrospectivo descriptivo observacional en 234 pacientes del municipio Holguín, con lesiones intraepiteliales cervicales, en el periodo comprendido de enero 2020 – enero 2021, con el objetivo de caracterizar las LIE presentes en estos casos en las pacientes con resultados positivos de la citología vaginal. Las variables estudiadas fueron: edad biológica, edad de inicio de las relaciones sexuales, paridad, número de parejas sexuales en los últimos años, factores de riesgo como hábito de fumar, uso de anticonceptivos, infecciones de transmisión sexual. Se evaluó la relación citocolpohistológica y el tratamiento. Por abordar la temática y la relevancia de sus investigaciones fueron examinadas los trabajos de (Sánchez Rincones ME, 2021) que tratan la prevalencia de lesiones premalignas y malignas en mujeres en Bucaramanga, Colombia, (Pérez Solorzano M, 2020) el comportamiento clínico y epidemiológico de las neoplasias en Nicaragua y (Zapana Gómez CA. 2021) el nivel de concordancia citológica, colposcópica e histológica de lesiones escamosas intraepiteliales cervicales, en Tacna, Perú. De igual manera fueron disecionadas los estudios en Cuba de

(Hierrezuelo Rojas N, Carbó Cisneros Y, 2021) y Mayorga-Bautista CD et al., 2021).

## Resultados y discusión

En la Figura 1 observamos predominio del grupo de edades de 25-29 años en el NIC I (32,9 %), el de 30-34 años en el NIC II (21,3 %), NIC III (18.9 %) y en el Carcinoma In Situ (30 %).

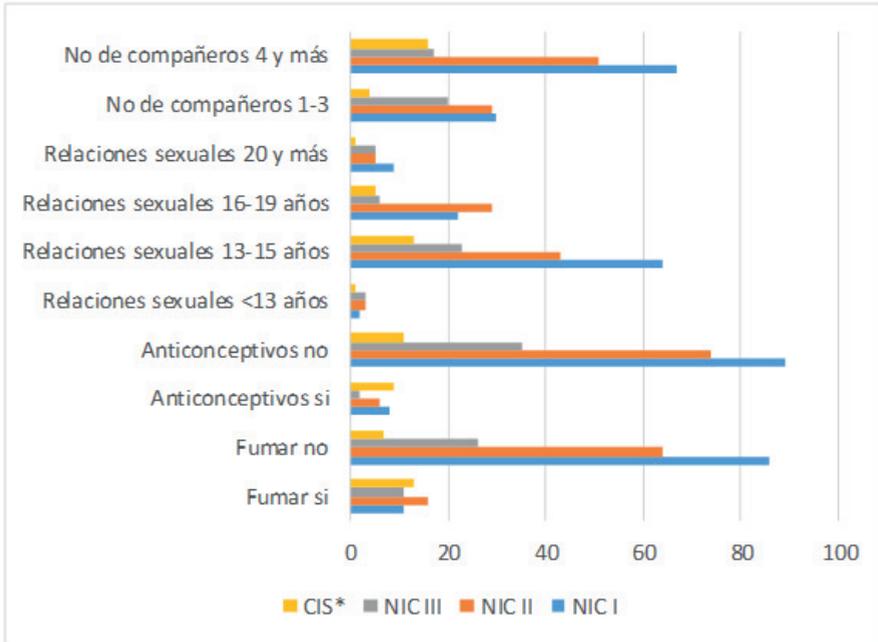
**Figura 1.** Distribución de pacientes por grupo de edades.



**Fuente:** autores.

En cuanto a los factores de riesgo (Figura 2), la edad de las primeras relaciones sexuales predominó en las cuatro categorías el grupo entre 13-15 años (58.2 %), la mayoría refirió como número de parejas sexuales 4 y más (64,53 %), el hábito de fumar presente en el CIS (65 %) y el uso de anticonceptivos no fue significativo (10,68%). Teniendo en cuenta la paridad las nulíparas predominaron en los NIC I (37,11 %), y en alto grado predominaron las múltiparas (58,54 %).

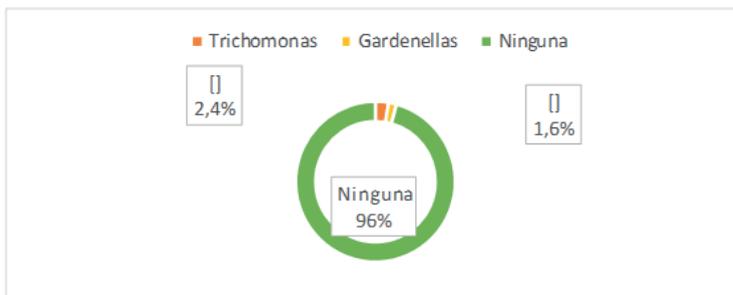
**Figura 2.** Factores de riesgos para las lesiones intraepiteliales.



**Fuente:** autores.

Las enfermedades de transmisión sexual (Figura 3) con bajo índice (4 %), antecedentes de trichomonas (2,4 %) y gardenellas solo (1,6 %), esto es subjetivo porque las pacientes en muchas ocasiones omiten haber padecido alguna infección.

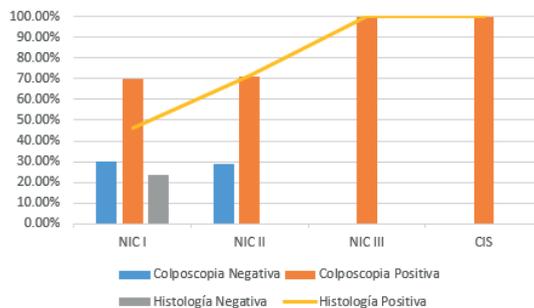
**Figura 3.** Infecciones de transmisión sexual.



**Fuente:** autores.

Al comparar la relación citocolpohistológica (Figura 4) del diagnóstico inicial de las pacientes en estudio observamos que de 97 pacientes con NIC I a la citología fueron positivas 63 (64.9 %) y a la colposcopia 68(70.1%), las cuales fueron biopsiadas obteniendo una positividad en 45 pacientes (46.3 %). En cuanto a la NIC II 64 de las pacientes (80%) fueron positivas a la citología y un (71.3%). Las pacientes con neoplasia intraepitelial cervical III y el carcinoma in situ fueron en el 100% positivas a la citología, colposcopia e histología, demostrando una excelente correlación citocolpohistológica. La conización por ASA fue el tratamiento más aplicado con mejores resultados en el 73%, la histerectomía total abdominal se realizó en el 14,9% y el tratamiento destructivo local solo en el 9,3%.

**Figura 4.** Relación citocolpohistológica.



**Fuente:** autores.

## Conclusiones

Los factores de riesgo que más influyeron en la aparición de LIE fueron: las relaciones sexuales precoces, el hábito de fumar y el mayor número de parejas sexuales. Se demostró óptima relación citocolpohistológica en el NIC III y en el Carcinoma In Situ.

## Referencias bibliográficas

Hierrezuelo Rojas N, Carbó Cisneros Y (2021). Factores de riesgo asociados a la neoplasia intraepitelial cervical en el Policlínico Ramón López Peña. Revista Cubana de Obstetricia y Ginecología. 2021; 47(2): 783.

Mayorga-Bautista CD et al. (2021). Prevalencia de lesiones intraepiteliales de

alto grado en mujeres de 15-25 años con el reporte de citología de infección por el virus del papiloma humano. *Ginecol Obstet Mex.* 2021; 89 (12): 949-955.

Sánchez Rincones ME (2021). Prevalencia de lesiones premalignas y malignas del cuello uterino en mujeres entre 18 a 30 años en el instituto de salud de Bucaramanga, Colombia, 2018-2020. [Tesis]. Universidad Autónoma de Bucaramanga Junio, 2021.

Pérez Solorzano M del S (2020). Comportamiento clínico y epidemiológico de las neoplasias intraepiteliales de cérvix de alto grado en mujeres mayores de 20 años manejadas en la consulta externa del Hospital Alemán Nicaragüense durante el periodo de enero 2017 a diciembre 2020. [Tesis]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua. Facultad de Ciencias Médicas. Managua, Nicaragua, 2020.

Zapana Gómez CA. (2021). Nivel de concordancia citológica, colposcópica e histológica de lesiones escamosas intraepiteliales cervicales, en el preventorio del hospital Hipólito Unanue de Tacna, en el período 2018 - 2020 [Tesis] Tacna – Perú 2021.

# LA FORMACIÓN LABORAL DEL MÉDICO RESIDENTE EN IMAGENOLOGÍA. ESTADO DEL ARTE

**Yamila Cruz Cruz<sup>1</sup>, Laura Leticia Mendoza Tauler<sup>2</sup>, Prudencio Alberto Leyva Figueredo<sup>3</sup>, Carlos Alberto Trinchet Varela<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Hospital Clínico Quirúrgico "Lucia Iñiguez" Holguín, Cuba

<sup>2</sup> Centro de Estudios en Ciencias de la Educación, Universidad de Holguín, Cuba

<sup>3</sup> Centro de Estudios para la Formación Laboral, Universidad de Holguín, Cuba

<sup>4</sup> Centro de Estudios CAD/CAM, Universidad de Holguín, Cuba

E-mail de correspondencia: cruzcruzyamila@gmail.com

## **Resumen**

La formación laboral del médico residente en imagenología tiene sus particularidades, considerando los elevados y variados conocimientos que debe adquirir para ser capaz de interpretar las imágenes de todos los sistemas del organismo en pacientes de diversas edades. Es objetivo de la investigación establecer el estado del arte respecto a la formación del residente. Se examinan las publicaciones más relevantes, definiendo las variables, modelos y métodos utilizados.

## **Introducción**

El residente es tan responsable de su formación como la entidad especializada que lo acoge. Internacionalmente no existe uniformidad en su preparación. Se ha identificado en ellos con frecuencia ansiedad, agotamiento físico y psicológico. Existen disimiles enfoques y modelos que caracterizan su plan de

preparación. Es necesario definir las prioridades para disponer de los fundamentos que permitan elaborar un modelo conceptual para su formación.

## **Materiales y métodos**

Se realizó una búsqueda de literatura en las bases de datos Science Direct, Medline a través de Pubmed y Google académico. Se emplearon como palabras claves: desempeño, residencia médica y competencias. Se incluyeron investigaciones originales que evaluaron estas relaciones publicadas en idioma inglés, español y portugués. La última búsqueda se realizó el 21 de agosto de 2022. Se establecieron las relaciones existentes entre las investigaciones, las variables asumidas y los métodos empleados (tabla 1). Fueron seleccionadas para su disección 18 investigaciones, relevantes.

## **Resultados y discusión**

(Cebriá A L, et al., 2014) investiga el estrés laboral asociado a la residencia de anestesiología como un grupo susceptible de desarrollar el Síndrome Burnout (SB). Se evidencia que el SB es una realidad en los residentes, la importancia del descanso sistemático que puede proteger la integridad psicofísica de los residentes. Por su parte (Burbano et al., 2019) también estudia el SB en residentes mediante el empleo de biomarcadores. Se identifican las condiciones laborales adversas como desencadenantes de estrés crónico, razón por la cual los residentes son considerados población vulnerable. (Sánchez, Domingo A, et al., 2020) analizan la situación en la que se encuentran los profesionales en formación, ante el estado de emergencia sanitaria por coronavirus.

(Carrillo, R, et al., 2014) investigan el *Bullying* durante el pre y posgrado de la formación médica. Durante estos años los residentes despliegan su identidad profesional en valores como la ética y el humanismo. Es necesario implementar procesos que lo identifiquen y políticas contra la intimidación, por su impacto deletéreo en su formación y desenvolvimiento social.

(García de Diego, J.M; et al., 2010) investigan la satisfacción del alumnado con su formación residencial. Esta percepción de los aspectos que ha

considerado positivos y negativos, según la importancia que le otorga a cada elemento, está influida por sus expectativas y deseos previos. Dentro de los aspectos mejores valorados se encuentran la responsabilidad progresiva, formación investigadora, capacidad del tutor, así como la satisfacción general por su formación. Por debajo del 50 % de aprobación se ubican la facilidad de participar en cursos y congresos y las posibilidades equitativas para todos los residentes.

(Guardiola, JA, et al., 2022) examinan la formación y labor asistencial del residente de pediatría. Para la obtención de estos datos se ha empleado un formulario a modo de respuesta múltiple y una opción de respuesta abierta para recoger opiniones e incidencias. El 54,5 % de los residentes encuestados considera que en su centro formativo no se cumple correctamente el Protocolo de Supervisión del Residente. El principal motivo referenciado es la sobrecarga asistencial.

(Ocampo-Zegarra JC, et al.2013) consideran que el psiquiatra en formación debe cumplir estándares que le permitan desarrollar con éxito su labor profesional. Determinan en su investigación que solo el 11 % ha realizado trabajos de investigación diferentes a su tesis y sólo dos han publicado. Las actividades académicas más frecuentes fueron los casos clínicos y exposiciones. Las atenciones en consulta externa tendieron a incrementarse a lo largo de los tres años. Sólo el 37,8 % consideró estar satisfecho o muy satisfecho con la formación impartida por la universidad y sólo el 40,8 % con la función de su tutor. La mayor satisfacción se observó en relación a la sede, el nivel académico de los docentes y la formación en emergencia y hospitalización. En la Tabla 1 se describen las regularidades.

**Tabla 1.** Principales regularidades identificadas en las investigaciones.

<b>Autor/año</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Variables</b>	<b>Métodos y modelos</b>
Cebriá A. L., et al., 2014	Prevalencia del SB y factores determinantes, residentes de Anestesiología	Descanso semanal, carga horaria, guardias mensuales (GM), condiciones de trabajo	Encuesta, Maslach Burnout Inventory, cuestionario sociodemográfico y laborales
Alves de Lima, A. E., 2005	Desempeño del residente	Habilidades y destrezas clínicas, capacitación de los docentes	Observación
Zurroza-Estrada, A. D. et al., 2009	Relación entre la personalidad y el nivel de estrés en residentes	Rasgos de la personalidad, estrés	Instrumentos de evaluación psicológica, cuestionario (factores de personalidad, perfil de estrés de Nowack)
García de Diego, José M <sup>a</sup> , et al., 2010	Satisfacción y expectativas del residente con su formación	Expectativas y deseos previos, nivel de satisfacción	Cuestionario, Teoría de las Discrepancias Múltiples
Artajo, J.C, Zabalza, M.D, Alcántara Laguna et al, 2021	Percepción de variables definidas en residentes de Endocrinología y Nutrición	Conocimientos adquiridos, futuro laboral, consecuencias asistenciales y formativas	Encuesta anónima a nivel nacional

**Fuente:** Autores

Las variables más examinadas son: las habilidades, destrezas clínicas, capacitación de los docentes y supervisión del residente; así como las expectativas, deseos previos, nivel de satisfacción, carga docente y asistencial, y frecuencia de actividades académicas. Predomina el empleo de la observación durante la práctica asistencial, además de las entrevistas, encuestas de manera directa o en plataformas informáticas contrastadas con juicio de expertos.

## **Conclusión**

Se enfatiza en la necesidad de desarrollar estrategias de entrenamiento y evaluación, unido a la capacitación de los docentes, para mejorar la calidad de su observación y apreciación. Se evidencia la necesidad de adoptar cambios desde la formación hasta la planificación, para que se adapten a las exigencias actuales. Se establecieron las variables y criterios que permiten desarrollar un modelo conceptual propio del residente.

## **Referencias bibliográficas**

- Alves de Lima, A. E. Observación directa del desempeño del residente: una práctica en desuso. *Revista Argentina de Cardiología*, vol. 73, núm. 1, enero-febrero, 2005, pp. 39-43. Sociedad Argentina de Cardiología. Buenos Aires, Argentina.
- Burbano-Obando J, Sánchez JP, Mera-Mamian A. Biomarcadores de estrés laboral en residentes. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad del Cauca*. 2019; 21 (2) 24- 31.
- Carrillo, R. et al. Bullying durante el pre y posgrado de la formación médica *Rev Invest Med Sur Mex*, 2014; 21 (4): 172-176.
- Cebriá A L, et al. Síndrome de Burnout en residentes de anestesiología. *An Facultad Med (Univ Repúb Urug)*. 2014;1(2):23-30
- García de Diego, J. M; et al. (2010). Preferencias y expectativas de los médicos residentes en Andalucía. Working paper series. Instituto de Estudios Social Avanzados (IESA-CSIC). Córdoba, España.
- Guardiola, J.A et al. Specialized health training in Pediatrics and its Specific

Areas; a perspective from the medical intern doctor. *RevEspEduMed* 2022, 2: 47-58; doi: 10.6018/edumed.509771.

Sarmiento, A. Calidad de vida en médicos en formación de posgrado. *Persona y Bioética*. 2015;19(2):290-302

Ocampo-Zegarra JC, et al. A survey of Psychiatry residents about the quality of their training as specialists. *Rev Neuropsiquiatr* 76 (2), 2013.

Sánchez, Domingo A, et al. (2020) Analysis of the work activity of health professionals in training in the Region of Murcia in the face of the COVID-19 pandemic. *Rev Esp Edu Med* 2020;1:11-23.

# PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA SALARIAL

**Lidia-María Pérez-Vallejo<sup>1</sup>, Julio Hurtado-Betancourt<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Dirección de Calidad, Planificación y Control, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba

<sup>3</sup> Universidad de Holguín, Holguín, Cuba

E-mail de correspondencia: lidia@uho.edu.cu

## **Resumen**

Con la finalidad de construir una nueva escala salarial y la política que la sustenta basado en el Decreto 53/2021 “Organización del sistema salarial en el sistema empresarial estatal cubano” se diseñó un procedimiento general que cuenta con cuatro fases, 13 etapas y tres procedimientos específicos. Este proporciona herramientas específicas para la valoración de los cargos que integran la plantilla y con ello la reestructuración de los descriptores de cargos y profesiogramas que coadyuva a alinear los equipos de trabajo con las metas y visión de la organización. La organización del sistema salarial debe considerar la estructura organizativa y de dirección, el diseño y evaluación de los puestos de trabajo y garantizar los principios de equidad, diferenciación, proporcionalidad y dinámica.

## **Introducción**

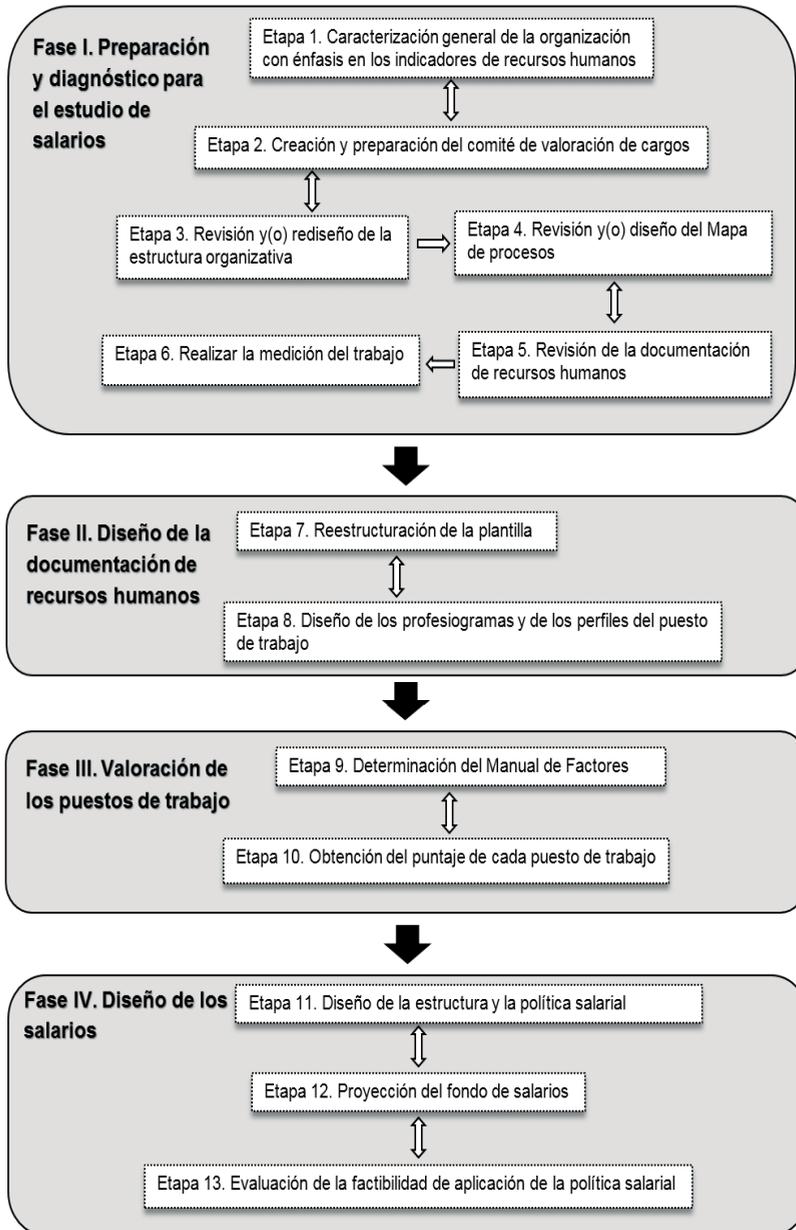
El procedimiento general propuesto permite la aplicación del Decreto 53/2021 del Consejo de Ministros de la República de Cuba (Consejo de Ministros, 2021). Este decreto tiene como objetivo flexibilizar el mecanismo para establecer la

organización del sistema salarial de los trabajadores del sistema empresarial estatal cubano, de forma descentralizada. El procedimiento también proporciona herramientas específicas para la valoración de los cargos que integran la plantilla y con ello la reestructuración de los descriptores de cargos y profesiogramas que coadyuva a alinear los equipos de trabajo con las metas y visión de la organización. Otros materiales jurídicos importantes para desarrollar este trabajo son la Ley No. 116. Código de Trabajo (Asamblea Nacional del Poder Popular, 2014) y la Resolución 73/2021 (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 2021).

## **Materiales y métodos**

El procedimiento elaborado consta de cuatro fases. En la figura 1 se muestra el procedimiento general propuesto. La fase inicial del procedimiento es la preparación y diagnóstico para el estudio de salarios donde se crean las condiciones de partida para el estudio de salarios. Además se realiza la caracterización general basado en la revisión de la documentación oficial de la organización objeto de estudio y se analiza el comportamiento de los principales indicadores de recursos humanos para determinar si está en condiciones de asumir la nueva estructura salarial. Igualmente, se revisa la estructura organizativa y el mapa de procesos de la organización que permita el ajuste a los nuevos niveles jerárquicos y la descripción de cada cargo.

**Figura 1.** Procedimiento general para la organización del sistema salarial en el sistema empresarial estatal cubano.

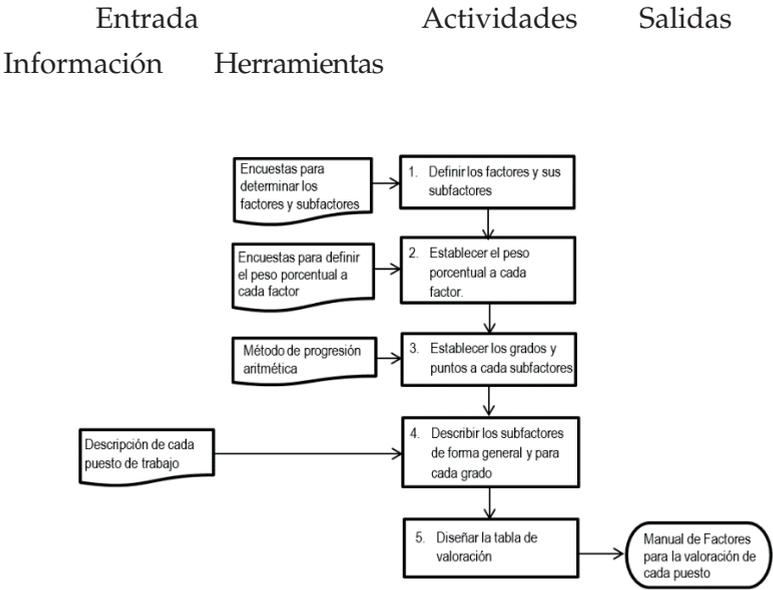


Fuente: (elaboración propia).

Se examina la documentación de recursos humanos y se realiza la medición del trabajo. La segunda fase es el diseño de la documentación de recursos humanos que permitirá la reestructuración de la plantilla y el diseño de los profesiogramas y descripción de cada puesto de trabajo.

En la fase III Valoración de los puestos de trabajo (Marín Osorio, 2016, Cárdenas et al., 2020) se realiza el manual de factores, el cual por su complejidad contará con un procedimiento específico y posteriormente se obtiene la puntuación de cada puesto de trabajo. Se describe el grupo de subfactores de forma general y para cada grado que lo conforman para por último diseñar la tabla de valoración como muestra el procedimiento específico de la figura 2. En esta etapa es muy importante el trabajo en equipo y el consenso entre los miembros de un comité de valoración.

**Figura 2.** Procedimiento específico para la construcción del Manual de Factores para la valoración de puestos de trabajo.



Fuente: (elaboración propia).

Por último, en la etapa IV se diseña la política salarial, se realiza la proyección del fondo de salario que sustenta dicha política y se evalúa la factibilidad de aplicación de dicha política desde lo económico y se verifica que cumple con los principios establecidos en la legislación vigente.

## Resultados y discusión

Para verificar que se cumplen los requerimientos que establece el marco legal cubano para el establecimiento de escalas salariales se determina primeramente si cumple con los principios de equidad, diferenciación, proporcionalidad y dinámica, lo que se observa que se cumple pues son el sustento de la política salarial propuesta. Luego se pasó a analizar si el fondo de salario planificado cubre la estructura salarial. En el estudio realizado se pudo observar que los indicadores de recursos humanos tienen un comportamiento positivo y el aporte por el rendimiento de la inversión estatal crece por lo que el fondo de salario a presupuestar es capaz de cubrir los incrementos derivados de las modificaciones en los rangos salariales como resultado de las mejoras en las competencias de los trabajadores y los cambios en la valoración de puestos que conllevan a modificaciones de salarios producto de ajuste en los profesiogramas o creación de nuevos cargos para responder a las nuevas metas de la organización. Valorada la factibilidad jurídica y económica de la estructura y política salarial se aprobó la política salarial y se aplicó aplicar la escala salarial derivada de la aplicación del procedimiento propuesto.

## Conclusiones

El procedimiento general propuesto y los tres procedimientos específicos permiten valorar los cargos que integran la plantilla, reestructurar los descriptores de cargos y profesiogramas. Se diseñó una nueva escala salarial y la política que la sustenta. Con la aplicación de los resultados se logra una mayor motivación en el trabajo.

## Referencias bibliográficas

Asamblea Nacional del Poder Popular. (2014). *Ley No. 116/2013. Código de trabajo* (Gaceta Oficial No. 29).

Cárdenas Acosta, E. T., Pérez Caraballo, O. L., González Pérez, A., Marrero Delgado, F. (2020). Manual de trabajo para diseñar los perfiles de cargos por

competencias laborales en las Universidades. *Revista digital de Ciencia, Tecnología e Innovación*. 7(2). 207-219. ISSN 1390-9150

Consejo de Ministros. (2021). *Decreto 53/2021 "De la organización del sistema salarial en el Sistema Empresarial Estatal Cubano"* (Gaceta Oficial No. 80).

Marín Osorio, C. J. (2016). *Estudio de tiempos mediante la técnica muestreo del trabajo en la sección de armado de ofertas del área de empaque y producto de la planta Postobón Dosquebradas*. (Tesis de Pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia.

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (2021). *Resolución 73/2021* (Gaceta Oficial No. 80).

# LISTA DE ESPERA PARA CIRUGÍA DE CATARATA. MODELOS CONCEPTUALES

**Surina Sera Velázquez<sup>1</sup>, Fidel Ricardo Suárez<sup>1</sup>, Carlos Alberto Trinchet Varela<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Centro Oftalmológico de Holguín, Holguín, Cuba*

<sup>2</sup> *Centro de Estudios CAD/CAM, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba*

Correspondencia e-mail: ssera1962@gmail.com

## **Resumen**

La elaboración de la lista de espera para la cirugía electiva de catarata es un problema que afrontan los sistemas sanitarios en el mundo. El objetivo de la investigación es analizar el estado del arte respecto a las listas de espera quirúrgicas, con énfasis en las de Oftalmología. Además del criterio de la agudeza visual se identifican otras variables; considerando las preferencias según pacientes, familiares y oftalmólogos.

## **Introducción**

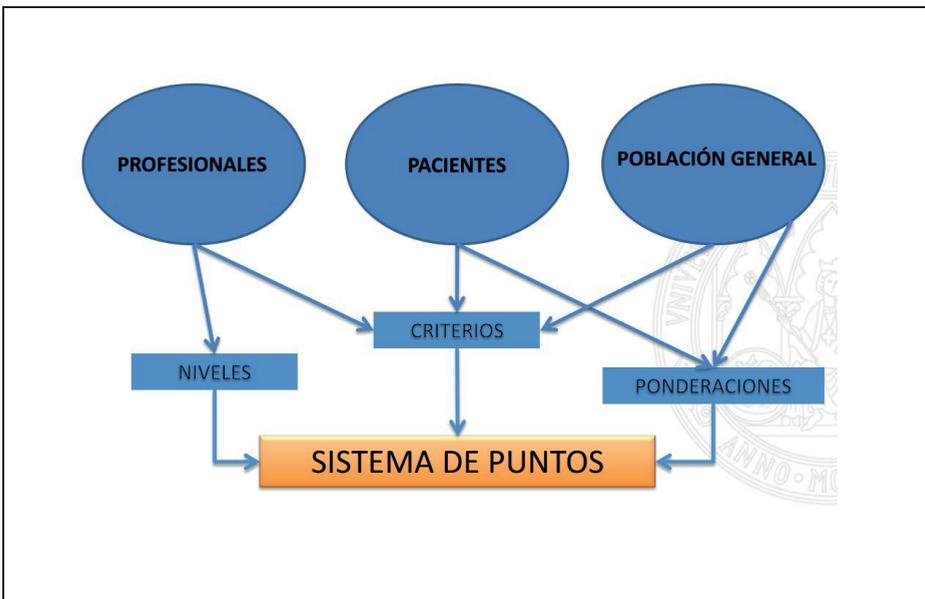
Al desarrollar las prioridades en la lista de espera para la cirugía electiva de catarata usualmente las expectativas son diversas. No siempre se consideran por los decisores el valor, percepción y preferencias del paciente para determinados resultados o procesos asistenciales. Se necesita conocer los criterios que permitan definir las prioridades y disponer de los fundamentos para elaborar un modelo conceptual propio.

## Materiales y métodos

Se realiza un análisis bibliométrico en bases de datos de Google Académico y Dimension, para examinar las principales investigaciones, valorando los modelos, criterios empleados y principales resultados. Se incluyeron investigaciones originales, que abordan esta temática, publicadas en idioma inglés, español y portugués. La última búsqueda se realizó el 30 de agosto de 2022. Se establecieron las relaciones existentes entre las investigaciones, las variables asumidas y los métodos empleados.

(Sánchez, 2009) considera que las listas de espera sanitaria constituyen un problema cuando superan lo considerado aceptable, no se trata del tamaño de la lista, sino el tiempo de espera. La principal preocupación surge por el lado de la equidad: atender antes a quien más lo merece. En su examen considera el origen de las preferencias implicando a médicos, especialistas, otros profesionales sanitarios; así como a pacientes, familiares y población general. Finalmente presenta un proyecto de diseño de un sistema de puntos para un servicio de cirugía general (figura 1).

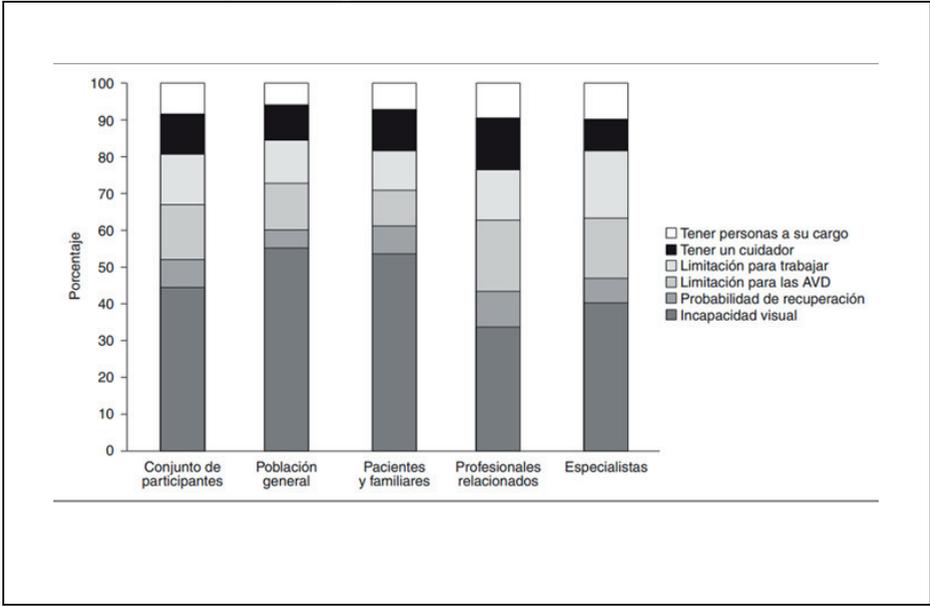
**Figura 1.** Modelo para el servicio de cirugía general.



**Fuente:** (Sánchez, 2009)

Sobre el tema (Sampietro, 2006) se propone en su investigación estimar y comparar las preferencias de los ciudadanos sobre la priorización de pacientes en lista de espera para cirugía de cataratas. Los criterios seleccionados y su importancia relativa fueron: incapacidad visual (45%), limitación de las actividades (15%), limitación para trabajar (14%), tener alguna persona que le cuide (11%), ser cuidador (8%) y probabilidad de recuperación (7%). Existieron diferencias entre grupos en la puntuación de los criterios (figura 2).

**Figura 2.** Importancia relativa de los criterios.



**Fuente:** (Sampietro, 2006).

La probabilidad de recuperación fue uno de los menos valorados por todos los grupos. La ordenación final de éstos en la lista de espera podía variar hasta 27 posiciones al aplicar las preferencias obtenidas de un grupo o de otro.

Por su parte (San Miguel, et al., 2008) analizan cuáles deben ser los criterios clínicos y sociales para fundamentar las prioridades. La información obtenida se procesa por métodos de inferencia bayesiana. Los pesos relativos de los atributos revelan que los problemas de salud del paciente, el coste de la intervención y el tiempo de espera son los más importantes. Por su relevancia también se

analizaron los modelos de (Guine Mendoza, 2022), (Inza F et al., 2008) y (Sandoval Vilches C, Leyton Pavez C, 2022)

## Resultados y discusión

El análisis desarrollado indica que la priorización de pacientes de acuerdo solamente al tiempo de espera no tendría en cuenta los aspectos evaluados como importantes por la población. Existen variedad de modelos. Se destacan como criterios predominantes los problemas de salud, el coste, el tiempo de espera para priorizar a los pacientes. La gravedad de la enfermedad se presenta como el atributo considerado de mayor importancia.

Se consideró relevantes las dimensiones clínicas y sociales, aunque se **identificaron casos especiales no incluidos en los criterios y modelos. La existencia de diferencias sobre cómo deberían priorizarse los pacientes en espera recomienda tener en cuenta las preferencias de todas las partes afectadas.**

Después de realizar el examen de las diferentes fuentes y modelos se considera la posibilidad de desarrollar un modelo conceptual propio que considere las siguientes dimensiones y criterios de selección para la cirugía de catarata: incapacidad visual, la limitación de las actividades de la vida cotidiana y para trabajar, así como las características socio demográficas. Entre los criterios clínicos: la afectación (bilateral, ojo único), agudeza visual, la probabilidad de recuperación, comorbilidad. Finalmente, la dimensión asociada con la calidad de vida que incluye diversas variables.

## Conclusiones

Además del criterio de la agudeza visual se identifican otras variables; considerando las preferencias según pacientes, familiares y oftalmólogos, clasificadas en sus dimensiones socio demográficas, criterios clínicos y calidad de vida de los pacientes. Se evidencia que el orden de la lista puede variar de acuerdo a las distinciones de las partes involucradas. Existen los fundamentos para desarrollar un modelo conceptual más abarcador de los criterios y preferencias.

## Referencias bibliográficas

Guine Mendoza, S. (2022) Unidades de Corta Estancia: estrategia para mejorar la gestión, optimizar recursos y disminuir costos en los Servicios de Salud. Revista Centroamericana de Administración Pública. (82), 45-63. <https://ojs.icap.ac.cr>

Martínez Suarez JE, NL Pupo Ávila, IE Fernández Díaz. (2022) Acciones para optimizar el uso de la lista de espera quirúrgica en el Hospital "Hermanos Ameijeiras" (2020-2021) Infodir 2022 no.37 La Habana ene.-abr.2022 Epub 04-Abr-2022. Versión On- line ISSN 1996-3521. <http://scielo.sld.cu>

Sandoval Vilches C, Leyton Pavez C. (2022) Capacidad resolutive de las unidades de Atención Primaria en Oftalmología. Revista Cubana de Oftalmol vol.34 no.4 Ciudad de La Habana oct-dic.2021 Epub 15-Ene-2022. Versión On- line ISSN 1561-3070. <http://scielo.sld.cu>

Sampietro-Colom, Laura et al. (2006) Priorización de pacientes en lista de espera para cirugía de cataratas: diferencias en las preferencias entre ciudadanos. Gac Sanit. 2006; 20 (5):342-51. <http://scielo.isciii.es>

Sánchez Martínez, Fernando Ignacio. (2009) Proyecto para el diseño de un sistema de priorización en las listas de espera. Documento investigación ESYEC 10/2010. 2ª Jornadas Regional de Economía de la Salud. Universidad de Murcia, España, 2009. [http:// sms.carm.es](http://sms.carm.es)

San Miguel Inza F et al. (2008) Instrumentos económicos para la priorización de pacientes en lista de espera: la aplicación de modelos de elección discreta. Gac Sanit. 2008; 22(2):90-7. Universidad Pública de Navarra. España.

<http://www.sciencedirect.com>

# CARACTERIZACIÓN DE LA EXTENSIÓN UNIVERSITARIA Y EL DESARROLLO LOCAL DE LAS PARROQUIAS RURALES DE PORTOVIEJO – ECUADOR

**Eleticia Isabel Pinargote Macías<sup>1</sup>, Claribel Silvia González Calzadilla<sup>2</sup>, Ana Alejandra Bolívar Chávez<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Departamento de Pedagogía, Universidad Técnica de Manabí -Portoviejo, Ecuador, eleticia.pinargote@utm.edu.ec*

<sup>2</sup> *Departamento de Pedagogía, Universidad Técnica de Manabí -Portoviejo, Ecuador, claribel.gonzalez@utm.edu.ec*

<sup>3</sup> *Departamento de Pedagogía, Universidad Técnica de Manabí -Portoviejo, Ecuador, ana.bolivar@utm.edu.ec*

E-mail de correspondencia: [eleticia.pinargote@utm.edu.ec](mailto:eleticia.pinargote@utm.edu.ec)

## **Resumen**

La Universidad Técnica de Manabí (UTM), ha demostrado resultados significativos en su nexos Sociedad- Universidad mediante la vinculación con la participación de los estudiantes en zonas urbanas y rurales; estas últimas apartadas de la urbe viven situaciones de vulnerabilidad por la desatención de gobiernos, objeto de estudio de la investigación. La finalidad de este estudio estuvo dirigido a caracterizar la extensión universitaria, su relación en la gestión del conocimiento y la optimización de los recursos para el desarrollo local. Se aplicó una metodología de índole descriptivo con enfoque mixto mediante el uso de técnicas cuali-cuantitativas. Las encuestas fueron dirigidas a docentes y estudiantes,

las entrevistas a los coordinadores de vinculación y a los directivos de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD's). Los resultados constatan que el vínculo UTM -territorio rural es débil y la gestión del conocimiento desde la vinculación universitaria es insuficiente. De 519 proyectos desarrollados en 2017 – 2019, el 8,9% han sido destinados a las parroquias rurales de Portoviejo. Se concluye que las parroquias rurales son escenarios potenciales de producción agropecuaria y el turismo, constituyen también espacios idóneos para la concreción de los objetivos del desarrollo sostenible y la misión de la Universidad.

## **Introducción**

La sociedad globalizada caracterizada por marcados avances científicos y tecnológicos, exige a la universidad estar a la vanguardia de los cambios de todo orden que en ella se suscitan. Sin lugar a dudas, son las instituciones de educación superior las llamadas a dar solución a los problemas e impulsar la transformación social; ideal que se logra concretar a través de la triada docencia, investigación y extensión conocidas como las funciones sustantivas de la universidad.

Fue objeto de investigación las parroquias rurales de Portoviejo; sectores que por encontrarse alejados de la ciudad debido a la poca o nula preocupación de las autoridades competentes y otros sectores poseen muchas carencias. Potenciar un diagnóstico para conocer sus debilidades y fortalezas, así como potenciar su productividad, son fuente de una riqueza natural y un capital humano valioso. Huerto, (2012) enfatiza “La universidad merece, pues, una reflexión particular ante la significación estratégica de su nuevo papel en la formación de recursos humanos, la generación y difusión de nuevos conocimientos y el intercambio cultural en la sociedad” (p.532).

Es, en este contexto donde la extensión universitaria cobra sentido, y le da a la universidad la capacidad de extenderse fuera de los linderos de su campus para afianzar los nexos con la sociedad; “La vinculación con la comunidad se convierte, a partir de su práctica, en el elemento integrador y dinamizador que facilita el flujo cultural continuo entre la universidad y la sociedad que las enriquece mutuamente” (López, Cedeño, Lescay & Mestre, 2016, p.63).

La Constitución del Ecuador 2008 precisa que, para cumplir con la obligatoriedad de los servicios a la comunidad, a través de la vinculación o pasantías se propenderá beneficiar a sectores rurales y marginados de la población... (art 88). En este objetivo se centra el estudio, caracterizar la extensión universitaria y su relación en la gestión del conocimiento, la optimización de los recursos para el desarrollo local.

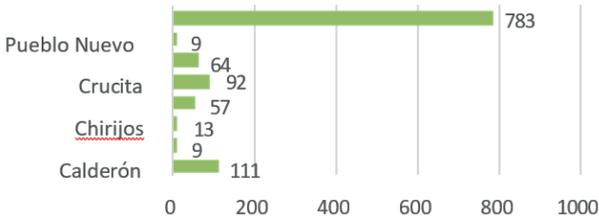
## Materiales y métodos

La metodología es descriptiva y permitió señalar objetivamente las características del contexto de las parroquias rurales de Portoviejo. Las técnicas permitieron la recogida de información y análisis de carácter cuantitativo y cualitativo. Lo cuantitativo, a través de encuestas aplicadas a los estudiantes y docentes de las unidades académicas involucrados en los procesos de vinculación. Los datos cualitativos de las entrevistas a los presidentes de los GAD's parroquiales. Se realizó un estudio hermenéutico de los catálogos de proyectos de vinculación de los años 2017, 2018 y 2019.

## Resultados y discusión

Se expone la intervención de la universidad a través de la extensión universitaria en las parroquias rurales de Portoviejo, así como se describen las condiciones reales de estos sectores vulnerables (Gráfico 1).

**Gráfico No. 1.** Participación de estudiantes en las parroquias rurales de Portoviejo a través de la vinculación.

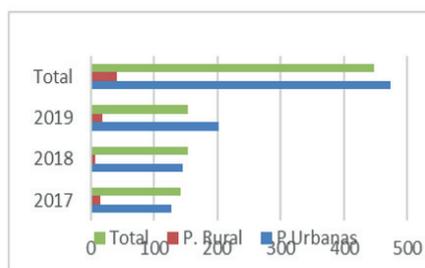


**Fuente:** Autores, Encuesta a estudiantes de la UTM que realizaron la vinculación desde 2017 a 2019.

Se visualiza que la intervención de los estudiantes desde la extensión universitaria ha sido poco notoria, el sector más beneficiado fue la parroquia Calderón en la que intervinieron 111 estudiantes que representa 9,38%, la parroquia Riochico 64 estudiantes, corresponde 5,40%, la Crucita tuvo la presencia 92 estudiantes, equivale al 7,77%. y la parroquia Alhajuela participaron 57 estudiantes representa 4.81%. Las parroquias Chirijos, San Plácido y Pueblo Nuevo tuvieron una representación por debajo 1%.

**Gráfico 2.** Proyectos desarrollado. Parroquias rurales de Portoviejo desde la vinculación.

<u>Años</u>	<u>P. Urbanas</u>	<u>P. Rurales</u>	<u>Total</u>
<b>2017</b>	127	17	144
<b>2018</b>	145	8	153
<b>2019</b>	203	19	222
<b>Total</b>	475	44	519



**Fuente:** Elaboración propia, Catálogo de proyectos de vinculación realizados entre los años 2017 a 2019.

Como observa en la tabla de 519 proyectos desarrollados entre 2017 a 2019 solo 44 han sido gestionados en las parroquias rurales, representando 8,9%. coincide que la aproximación de los estudiantes y la ejecución de actividades demostrada en el estudio ha sido deficiente.

Por otra parte, criterios de los presidentes de los GAD's parroquiales sobre el vínculo universidad – parroquias rurales, estos expresaron que el vínculo entre la universidad y las parroquias ha sido escaso, se han propiciado reuniones con ciertas parroquias de forma aislada; consideran fundamental la participación de la universidad desde la vinculación, con el desarrollo de proyectos para potenciar las bondades que tienen las parroquias.

## Conclusiones

Se evidencia la diferencia de los proyectos ejecutados de vinculación entre el sector urbano y cantones aledaños y los pocos en las parroquias rurales. Es débil aún las relaciones de diálogo, que integre los planes de desarrollo en un modelo de gestión y su vínculo con la universidad como elemento clave en la transformación social. Es palpable que las parroquias rurales son escenarios aptos para el desarrollo de proyectos de vinculación.

## Agradecimientos

Profunda gratitud a las personas que aportaron con información relevante en el proceso investigativo.

## Referencias bibliográficas

Castro, M. j., Almuiña, J. L. & Borroto, O. E., (2018) Extensión universitaria y desarrollo local: Una perspectiva en construcción, No.24, 16 -23

Huerto, M. E (2012). La extensión universitaria desde una perspectiva estratégica en la gestión integral de la universidad médica contemporánea, 26(4): 531-540. doi: <https://doi.org/10.3354/cr023149>

Ley Orgánica. Registro Oficial, Suplemento 298. de 12 de octubre de 2010, de Educación Superior.

López R., Cedeño G., Lescay D.& Mestre U.(2016), El proceso de vinculación con la sociedad en la formación de profesionales, No. 2

Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - Senplades 2017. Quito – Ecuador. Resolución N. <sup>a</sup> CNP- 003-2017. [www.planificacion.gob.ec](http://www.planificacion.gob.ec)

# MEJORAS AL MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE LUBRICANTES Y GRASAS

**Guillermo Arnaldo Moreno Rivera<sup>1</sup>, Carlos Alberto Trinchet Varela<sup>1</sup>, Alejandro García Ricardo<sup>1</sup>, Roberto Pérez Rodríguez<sup>1</sup>, Julio Ernesto de la Rosa Melian<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Centro de Estudios CAD/CAM, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba*

*<sup>2</sup>Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, España*

E-mail de correspondencia: roberto.perez.cu@gmail.com.cu

## **Resumen**

El objetivo de la investigación es desarrollar mejoras al proceso de mantenimiento en una planta productora de lubricantes y grasas. Aplicando herramientas y métodos del mantenimiento, se establecen nuevas medidas preventivas que pueden contribuir al incremento de la disponibilidad y eficiencia; así como alargar la vida de la maquinaria en la planta.

## **Introducción**

En la planta se identifican como principales afectaciones a la disponibilidad, la falta de aseguramientos en partes, piezas, medios de mantenimiento y diagnóstico: así como el escaso empleo por parte del personal técnico, de métodos predictivos. Se mantiene como principal estrategia de mantenimiento la correctiva con sus conocidas limitaciones y consecuencias. Es necesario disminuir el número de interrupciones que hoy se presentan. La tarea investigativa se enfoca

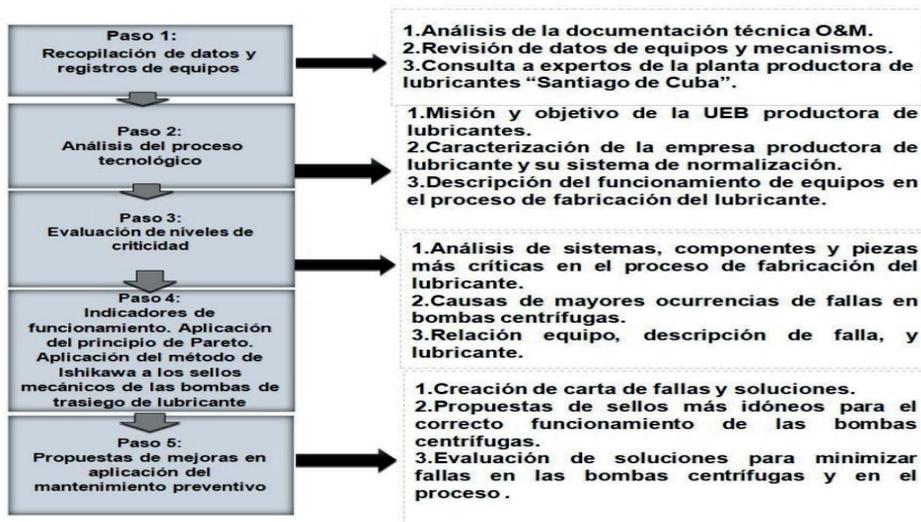
en ¿Cómo favorecer el proceso de mantenimiento en la planta productora de lubricantes y grasas?

## Materiales y métodos

A partir de la documentación técnica y registros de O&M (Operación y Mantenimiento) se aplican técnicas de análisis de la fiabilidad como los Indicadores de Clase Mundial, Principio de Pareto y Diagrama de Ishikawa. Existen otros métodos, pero las limitaciones se encuentran en los datos e instrumentos necesarios para aplicarlos. Primeramente nos enfocamos en el lubricante, sus características, funciones y el proceso de elaboración, con énfasis en su manipulación, los equipos y sistemas que intervienen.

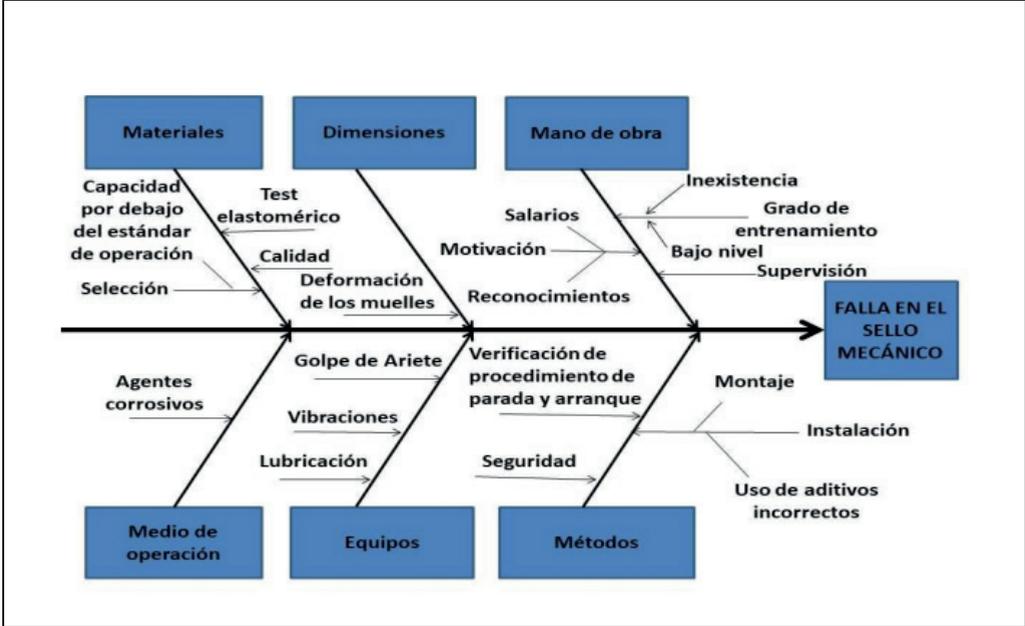
El procedimiento para el diagnóstico y mejora del mantenimiento (figura 1), transita desde el diagnóstico de la planta, su proceso, del activo, las normas y el mantenimiento vigente. Cada técnica y método utilizado aportan una visión diferente que al integrarse permiten determinar los subsistemas y agregados críticos, sus causas y medidas para mitigarlos. En definitiva propician evaluar la fiabilidad, mantenibilidad, mejorando la disponibilidad.

**Figura 1.** Procedimiento para el diagnóstico y mejora del mantenimiento en la planta productora de lubricantes



Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.** Empleo del Diagrama de Ishiyawa para determinar las causas principales de fallos de los sellos mecánicos.



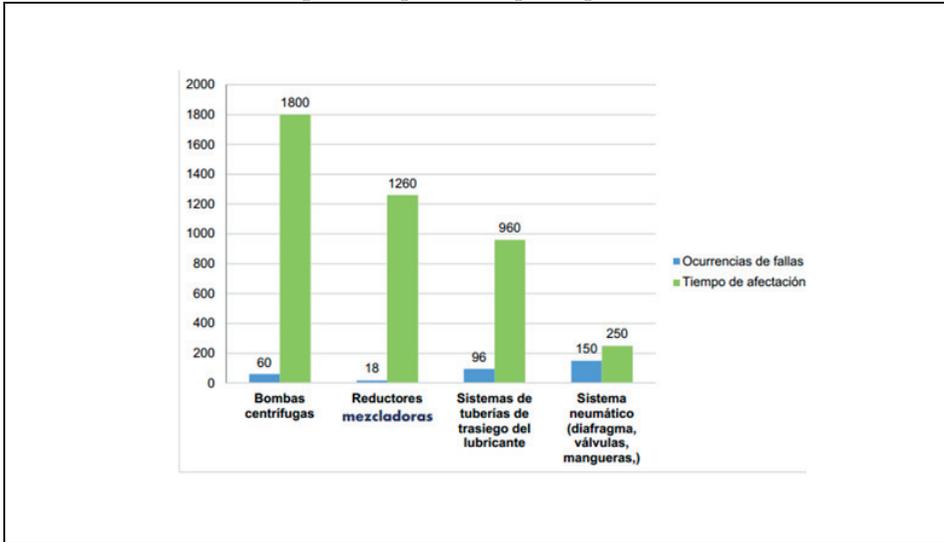
Fuente: Elaboración propia

El método causa – efecto y el diagrama de Ishikawa (figura 2), se utilizan para visualizar en los activos críticos sus causas de fallas, principales y secundarias; siempre en el contexto de cómo funciona y se mantiene el activo.

**Resultados y discusión**

Los sistemas críticos son el neumático, las bombas centrífugas, reductores, mezcladoras y tuberías de trasiego (figura 3). Se establecen las causas de los desperfectos. Posteriormente se incorpora el análisis de las normas cubanas y las tareas técnicas de mantenimiento vigentes, para fundamentar las nuevas medidas.

**Figura 3.** Relación entre las frecuencia de fallas y tiempo de afectación en horas, por componentes principales.



Fuente: Elaboración propia

Con toda esta información sobre la política de mantenimiento, el activo, la falla; así como el nivel de preparación del personal y los medios tecnológicos disponibles, se pueden modificar procedimientos e introducir tareas técnicas preventivas.

Se definen como las principales causas de fallas en las bombas centrífugas: erosión, corrosión, fatiga, sobrecarga desbalanceo, desalineación, resonancia y cavitación, fundamentalmente en los rodamientos y sellos.

El proceso de selección de sellos para las bombas es fundamentado mediante la recomendación de un sello en específico. Además se enfatiza en la preparación del personal respecto al conocimiento y empleo de las características necesarias para elegir el adecuado, según la tabla de materiales recomendados para sellos mecánicos.

La carta de fallos y soluciones, aporta información de importancia para la toma de decisión respecto al restablecimiento del activo, para evaluar las tareas dirigidas a la solución oportuna de averías. Para los subsistemas y componentes

críticos, define el modo de manifestación de la falla y los métodos de solución (restablecimiento).

Finalmente el procedimiento permite que de manera sistemática a partir de la información de O&M se puedan aplicar las técnicas y métodos ya mostrados, para actualizar los índices y las medidas. Se realizan recomendaciones de mejoras al proceso productivo de la planta, en la O&M de las bombas centrífugas, para reducir los problemas asociados con la contaminación de los lubricantes y equipos de despacho, así como durante las actividades de almacenamiento y aplicación.

## **Conclusiones**

El empleo adecuado de métodos y técnicas de evaluación de la calidad y análisis de la fiabilidad permitió: identificar los sistemas críticos, así como elaborar propuestas de mejoras, la carta de fallos, soluciones y de sellos para la reparación. Se propicia la implementación del sistema de mantenimiento preventivo, favorece la planificación de las necesidades de piezas y materiales críticos.

## **Referencias bibliográficas**

Alarcón, J. y Terradillos, J. (2009). Gestión global de la lubricación. Mantenimiento. Barcelona, Puntex Publicaciones.

Muncharaz, A. O. (2010). Planteamiento para la optimización del mantenimiento preventivo en una instalación industrial. Universidad Politécnica de Valencia España.

Zhao, J.; Gao, C.; Tang, T. A. (2022). Review of Sustainable Maintenance Strategies for Single Component and Multicomponent Equipment. Sustainability 2022, 14, 2992. doi.org/10.3390/su14052992.

# THE HUMANISTIC APPROACH IN THE CURRICULAR TRAINING OF THE PROFESSIONAL FOR EDUCATIONAL INCLUSION

**Yohannia Ochoa Ardite<sup>1\*</sup>, Gisell Fernández Martínez<sup>2</sup>, Andria Torres Guerra<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Director of the Directorate of Cadres, University of Holguín, Cuba*

<sup>2</sup> *Holguín University of Medical Sciences, Holguín, Cuba*

<sup>3</sup> *Holguín University of Medical Sciences, Holguín, Cuba*

\*Correspondence e-mail: [yohanniaochoa@gmail.com](mailto:yohanniaochoa@gmail.com)

## **Abstract**

The aim of this article is to describe a pedagogical strategy that contributes to the curricular training of Higher Education teachers, as this is an area in which professionals require preparation in order to achieve efficiency in the processes derived from the attention to different pedagogical diagnoses and to the diversity present today in classrooms or class groups. The relevance was evaluated with the use of different scientific methods, which offer evidence in favour of the application of this proposal in Special Education professionals. As a final result, the social effect is recognised as it contributes to solving problems aimed at raising the quality of the educational teaching process from the preparation of the teacher. All of this allows scientific, pedagogical and management actions to be graded, with a view to achieving quality education with a humanistic approach.

## Introduction

All schoolchildren have the right to be educated in a normalised context that ensures their future integration and participation in society. The theoretical conceptions of Vigotsky's approach, which are assumed as the foundation of the Cuban educational system, conceive of a social being whose development is conditioned by the assimilation of the material and spiritual culture created by previous generations, through activity and communication.

With the extension of compulsory schooling, especially in countries with comprehensive models, attention to diversity has become the greatest difficulty in education, the key to its quality. Responding appropriately to the particular needs of pupils requires a range of measures to be put in place in schools. However, the most preventive and normalizing response to pupil diversity involves, first and foremost, organizing classroom practice in such a way that teachers can adapt to the different rates of development that occur in each group.

For the great majority of European countries and in our Latin American area, attention to Diversity is part of an Educational Reform that demands to raise the quality of Education, in a world where neo-liberal globalization and the worsening of inequality are characteristic, aiming to achieve the right to Education, the right to Equal Opportunities and the right to participate in society, the right to Education in Cuba guarantees this and more, since Education in our country is a right for all.

Integration and educational inclusion are not opposing processes; well-oriented educational practices in integrated schools can favor educational practices in inclusive schools, understanding that "quality education with equity means inclusive schools", that is, schools which, through the excellence of the educational attention they offer, make it possible for all children in a community to find what is necessary for their full development.

However, educational practice sometimes shows shortcomings in this regard, as children with different diagnoses are segregated and their learning is marked by the fact that teachers do not have the necessary tools to guide their development according to their potential rather than their defects or disabilities. All school children have the right to be educated in a normalized context that

ensures their future integration and participation in society. This right appears in the Declaration of Human Rights and in the Convention on the Rights of the Child. In Cuba, this right is not only a possibility, but a reality.

The specificity of this aspect in the pedagogical attention received by schoolchildren can be analyzed on two levels: on the one hand, there are the schoolchildren themselves, who are difficult to count on when it comes to planning corrective measures, and on the other, the teacher and his or her curricular training.

On the other hand, the diagnosis carried out shows the following regularities: Primary and Special Education teachers do not always have a pedagogical tool that allows them to determine the ideal moment of transition to the primary level in order to avoid deficiencies in the process and to achieve its dynamic and temporary nature.

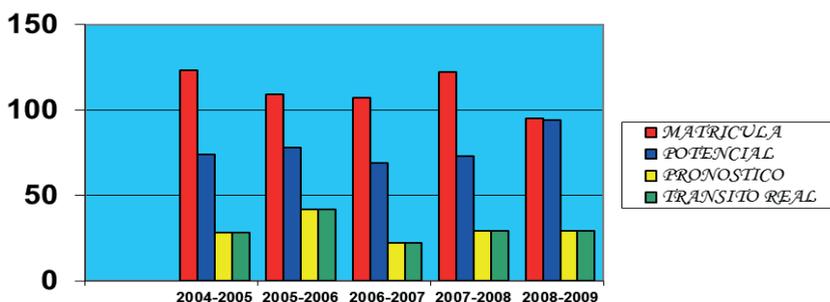
The authors assume that it is possible to guarantee the quality of the process starting from early diagnosis, pedagogical attention to the pupil and timely insertion into primary school. It is not, therefore, a question of looking for strategies to cater for diversity, diversity is the norm; it is a question of looking for strategies that favour the learning of all pupils, since any learning situation must and must be understood as an instructive and essentially educational space that favours integral development. This experience presents a Pedagogical Strategy for its implementation in educational practice from the curricular training of Special Education teachers.

The studies reveal the need to offer ways of evaluating and controlling the quality of the integration of pupils, from the special schools themselves, which would constitute an instrument for measuring the quality of work in this area for teachers and managers, as part of the attention to pupils with temporary special educational needs. Therefore, the aim of this research is to propose tools for the preparation of Primary and Special Education teachers in the area of integration and educational inclusion.

## Materials and methods

Qualitative research methodology is used, together with study of sources that deal with this problem in Special Education in different contexts, including care centers for schoolchildren with transitional educational needs over a period of five years. Empirical methods such as interviews, surveys and expert judgments are used to deepen the analysis of the object of research. Data triangulation is used in the interpretation of the results. The graph reflects the results of the quality of the transit process derived from the training of teachers from the modeling and design of the preparation strategy for professionals (Figure 1).

**Figure 1.** Results of the quality of the transit process derived from the training of teachers.



Source: Authors

## Results and discussion

In the social component, it is perceptible how the Model and Strategy lead to the integration of social factors, generate changes in people's state of consciousness and make them reflect on the role that corresponds to each interacting factor, raise awareness in the development of more comprehensive educational actions.

In the pedagogical field, it provides teachers with resources and orients their work towards areas to be prioritised in the treatment of schoolchildren.

It is evident that the proposal works in the context of application, which points to the possibility of its contextualisation in similar scenarios.

In the school context, differences are evident in the conception of the school environment for the solution of some of the schoolchildren's learning needs,

greater systematisation in the implementation of educational actions for the quality of transit.

In the preparation of teachers, there is greater integration between the agents responsible for the process.

## **Conclusions**

Cuba is one of the countries that promotes the educational inclusion of schoolchildren and to this end prioritises the preparation of teachers to deal with diversity. From this perspective, a Pedagogical Strategy is provided which reveals strategic directions for the preparation of teachers. Its characteristics include flexibility, transferability and variability. It is projected on the basis of training and methodological actions for teachers and managers of General and Special Education.

## **Bibliographic references**

Gayle, A. (2005). An approach to the theoretical-methodological conception of the transit process in the speciality of Psychical Developmental Delay. Paper presented at Event de Pedagogy 2005, Ministry of Education, Havana, Cuba.

Grijalba Bolaños, Jean George and Estévez Pich, María Antonia. School inclusión, a challenge for the training of graduates in education. *University and Society Journal*. vol.12 no.1 Cienfuegos Jan.-Feb. 2020 Epub 02-Feb-2020

Ochoa, Y. (2010). The quality of the transition to General Education of schoolchildren with Psychical Developmental Delay. [Doctoral thesis, University of Holguín]. <https://repositorio.uho.edu.cu/xmlui/handle/uho/2669>

# METODOLOGÍA PARA LA DIRECCIÓN DEL ENFOQUE PROFESIONAL EN LA LICENCIATURA EN EDUCACIÓN PRIMARIA

**Francisca Arranz Aranda<sup>1</sup>, Wanda Lázara Domínguez Rodríguez<sup>2</sup>, María Vilma Mejías Acosta<sup>3</sup>, Yander Martínez Gandol<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> *Universidad de Holguín, Holguín, Cuba*

<sup>2</sup> *Universidad de Holguín, Holguín, Cuba*

<sup>3</sup> *Universidad de Holguín, Holguín, Cuba*

<sup>4</sup> *Universidad de Holguín, Holguín, Cuba*

E-mail de correspondencia: [arranzfranciscagmail.com](mailto:arranzfranciscagmail.com)

## **Resumen**

Los estudios teóricos sobre el enfoque profesional, realizados en la carrera Licenciatura en Educación Primaria de la Universidad de Holguín se sustentan en los resultados de investigaciones obtenidas por dos proyectos de investigación, desarrollados en el Departamento, en varios años de trabajo (2013-2022). Los resultados alcanzados se evidencian en artículos, informes, monografías, folletos, un libro y una página web. En este sentido, la contextualización de estos, de manera integrada en el accionar profesor-estudiantes se concretan en una metodología de trabajo para la dirección por parte de los docentes y en la apropiación por parte de los estudiantes del enfoque profesional. Por lo que la investigación que se presenta está dirigida a ofrecer una metodología para la dirección del enfoque profesional en la carrera Licenciatura en Educación Primaria y valorar su impacto. La pertinencia y viabilidad se constatan a través de métodos y

técnicas de investigación científica: como teóricos: análisis-síntesis, inducción-deducción, histórico lógico y modelación; como empíricos: la observación, entrevistas, encuestas, análisis del producto de la actividad y talleres de reflexión, los que evidencian transformaciones en 50 docentes para la dirección y en 151 estudiantes, en los modos de actuación y en la reafirmación de su identidad profesional.

## **Introducción**

El enfoque profesional en la Licenciatura en Educación Primaria requiere de la preparación del claustro universitario para el desarrollo de capacidades pedagógicas en los docentes desde los diferentes procesos sustantivos. Entre los investigadores nacionales que han incursionado en estudios sobre el enfoque profesional desde el contexto pedagógico, se destacan: González (1998) y Cárdenas (2003). Como investigadores de las universidades cubanas: Arranz et al. (2017), Lao y Tamayo (2020). Se han realizado estudios además, dirigidos a la orientación profesional pedagógica, orientación educativa y la motivación profesional por González, F. (1983), Domínguez, et al. (1987), González, D. (1995), González, V. (1999), Del Pino (2011), Fernández (2019), Calviño (2020). En el contexto internacional: Valdés (2010), Sánchez (2018), Espín (2020), Zevallos et al. (2020), Quiroga (2020), entre otros. A pesar de que la mayoría de estos investigadores han realizado aportes desde el punto de vista teórico y metodológico sobre este tema, aún en la práctica educativa prevalecen limitaciones que afectan este proceso. En consecuencia, los Proyectos: “El enfoque profesional en la formación inicial en la Licenciatura en Educación Primaria desde la perspectiva curricular” y “Concepción Teórico-Metodológica para el enfoque profesional del Licenciado en Educación Primaria”, posibilitan solucionar esta problemática a partir de resultados concretos. Por lo que la finalidad de este artículo es ofrecer una metodología para la dirección del enfoque profesional en la carrera Licenciatura en Educación Primaria y valorar su impacto.

## **Materiales y métodos**

Los métodos empleados fueron: como teóricos: análisis-síntesis, inducción-deducción, histórico lógico y modelación; como empíricos: la observación, entrevistas, encuestas, análisis del producto de la actividad y talleres de reflexión. Las entrevistas y encuestas fueron a docentes y estudiantes, una entrevista grupal a investigadores y docentes, la observación de clases de diferentes asignaturas y la revisión de documentos del departamento, carrera, disciplinas y grupos. La muestra fue de 50 docentes con el propósito de identificar los logros y las insuficiencias que existen en el proceso de formación profesional de los estudiantes de la carrera, a partir de la salida curricular del contenido de la profesión, y su influencia en el logro de los objetivos de cada año, así como de 151 estudiantes para evaluar la apropiación del enfoque profesional.

## **Resultados y discusión**

La metodología para la dirección del enfoque profesional en la Licenciatura en Educación Primaria propuesta se estructura en los momentos: de diagnóstico, de desarrollo y de evaluación, las que parten de un objetivo general e incluyen objetivos específicos y acciones. Cuentan además con orientaciones metodológicas generales para su aplicación y con los indicadores para su evaluación.

### **I. Momento de Diagnóstico**

Objetivo: Diagnosticar el proceso de dirección del enfoque profesional en la carrera, los factores asociados a su desarrollo, las acciones de mejoramiento y orientaciones metodológicas.

### **II. Momento de Desarrollo**

Objetivo: Dirigir el proceso de dirección del enfoque profesional en la carrera.

### **III Momento de Evaluación**

Objetivo: Evaluar a los docentes en la dirección del enfoque profesional y a los estudiantes en su apropiación.

Entre los principales resultados de impacto: Se enriquece el currículo de la carrera Licenciatura en Educación Primaria en relación con el desarrollo de

habilidades profesionales e investigativas que favorecen el enfoque profesional desde lo docente educativo, al incorporar como parte de la introducción de resultados; cinco programas del currículo propio y cuatro de cursos optativos/electivos. Contribuye a un mejor proceso de formación y orientación profesional de los estudiantes de la carrera, al favorecer las intenciones profesionales y reafirmar la motivación por la carrera desde: lo docente-educativo, didáctico-metodológico, investigativo y extensionista. Contribuye al mejoramiento del desempeño profesional y social de los estudiantes en función de las habilidades profesionales. Se incrementa la producción científica vinculada con los resultados parciales del proyecto y del libro elaborado, por la vía de la formación inicial y/o permanente, donde el 100 % de los investigadores participan en la socialización de sus resultados en eventos.

En las memorias de los eventos nacionales e internacionales se publican 23 artículos, 43 en revistas de impacto y 8 artículos en libros, lo que evidencia la visibilidad de los resultados en diferentes ámbitos. También se elabora un programa de un ciclo de conferencias sobre el objeto investigado, para la introducción y generalización del libro en los FUM y CUM y escuela pedagógica, el que posibilita la preparación de 151 docentes del territorio holguinero. Se logra alcanzar el 82 % de resultados parciales de registros en CENDA: 1 informe científico, 1 monografía, 3 artículos y 3 tesis doctorales desde su introducción y generalización, Premio Provincial ACC (2020) y del Rector (2015), así como resultados de Excelencia en el Fórum Nacional de estudiantes de Ciencias Pedagógicas, noviembre de 2014, 2016 y 2018 con 6 estudiantes premiados de la Carrera Educación Primaria, en cada año, desde la introducción y generalización de los resultados.

## **Conclusiones**

Los resultados de los proyectos de investigación del Departamento, propician la integración de su accionar en una metodología pertinente de trabajo para la dirección del enfoque profesional en la carrera Licenciatura en Educación Primaria, en tres momentos esenciales: de diagnóstico, de desarrollo y de evaluación.

Se alcanzan resultados de impacto en la Carrera de Educación Primaria en la dirección y apropiación del enfoque profesional, a partir de las transformaciones

alcanzadas en 50 docentes y en 151 estudiantes en la sede central de la Universidad; en 48 docentes y 205 estudiantes en Filiales y Centros Universitarios Municipales y en 25 docentes y 318 estudiantes en otras universidades del país. También se logra la socialización de 26 ponencias en eventos internacionales y la publicación de 43 artículos en revistas de alto impacto.

## **Agradecimientos**

Se agradece la colaboración de estudiantes y profesores de las Filiales y Centros Universitarios Municipales, a Expertos de las diferentes Universidades del país, a Conciencia Ediciones y a la Editora del libro: Xiomara Garzón.

## **Referencias bibliográficas**

Arranz, F., et al. (2021) Enfoque Profesional en la formación inicial en la Licenciatura en Educación Primaria desde la perspectiva curricular. Libro impreso y digital. Universidad de Holguín: En Conciencia Ediciones. ISBN: 978-959-7263-06-7.

Cruz, E. (2020). La Formación Inicial del Profesional de la Educación Primaria en el Multígrado, desde la Disciplina Principal Integradora. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas, Universidad de Holguín.

Lao, L., Fuentes, A. & Tamayo, R.M. (2020). El tratamiento al enfoque profesional en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Educación Superior. En Revista Luz, volumen 19, Número 2, Edición 83. abril-junio, 122-131, ISSN 1814-151X, <https://luz.uho.edu.cu>

# PRODUCTOS ESPECIALIZADOS EN AUTISMO. ANÁLISIS DE TENDENCIAS PARA UN MERCADO INCLUSIVO

**M. Estela Peralta<sup>1\*</sup>, Paloma Trueba<sup>2</sup>, Amanda Martín-Mariscal<sup>1</sup>, Carlos Her-  
vás-Gómez<sup>3</sup>, M. Dolores Díaz-Noguera<sup>3</sup>, M. Dolores Borrás<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> *Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería del Diseño, Universidad de Sevilla*

<sup>2</sup> *Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte*

<sup>3</sup> *Facultad de Ciencias de la Educación, Departamento de Didáctica y Organización Educativa*

<sup>4</sup> *Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería Eléctrica*

E-mail de correspondencia: mperalta1@us.es

## **Resumen**

La tecnología de asistencia tiene un papel importante en el bienestar de los niños con necesidades especiales. Incluye cualquier dispositivo que ayude a realizar actividades de forma independiente. La comunidad científica ha demostrado la importancia de utilizar estos dispositivos tecnológicos en las terapias. Los productos (como juguetes, objetos antiestrés, protectores sensoriales o textiles) a menudo son "facilitadores" para mejorar la interacción entre un niño y su compañero de actividad (maestros, psicólogos, terapeutas o familiares). Estos deben cumplir con un diseño inclusivo como requisito que integre la accesibilidad física, cognitiva y sensorial. Este trabajo tiene como objetivo realizar un estudio de mercado sobre productos especializados en necesidades especiales para el autismo. Los resultados muestran la relación entre oferta-demanda (disponibilidad de productos según el

tipo de discapacidad y grado) y asequibilidad (precio). Pocas empresas tienen productos adaptados para niños con discapacidad en sus catálogos. Un número muy pequeño de empresas incluye líneas de "productos inclusivos". Concretamente la discapacidad motora corresponde al 20% de las líneas, la discapacidad visual al 27%, la discapacidad auditiva al 69%, y solo un 5% corresponde a dispositivos universalmente adaptados a diferentes necesidades especiales. Un hecho relevante es que el equilibrio entre oferta y demanda se reduce con el aumento de la edad del usuario. Se concluye que la transformación del mercado hacia una estrategia de inclusión es necesaria.

**Palabras clave:** Trastorno del espectro autista; necesidades especiales; infancia; diseño universal; Diseño inclusivo

## Introducción

El TEA presenta un conjunto de restricciones sociales (comunicación verbal y no verbal, reciprocidad social y emocional), sensibilidad sensorial, disfunciones mentales y diversos comportamientos (como agresividad, autolesión, intereses restringidos, hiperactividad o pasividad) (Lord, 2022). Estos deben cumplir con un diseño inclusivo como requisito, integrando accesibilidad física (características adaptadas de movilidad), accesibilidad cognitiva (funciones adaptadas de procesamiento, comprensión, aprendizaje y toma de decisiones en la tarea) y accesibilidad sensorial (propiedades para la correcta percepción de los factores ambientales y de contexto). Este trabajo tiene como objetivo de realizar una *investigación de mercado* sobre productos especializados en las necesidades para el autismo. Los resultados muestran la relación entre oferta y demanda (disponibilidad de productos según el tipo de discapacidad y grado) y la asequibilidad (precio).

## Materiales y métodos

El estudio fue realizado con una segmentación de variables geográficas relacionadas con el fabricante y/o el distribuidor (a nivel nacional e internacional); y variables demográficas (edad entre 1 y 12 años) y psicográficas (necesidades especiales e interacción) del grupo de usuarios objetivo (niños con necesidades

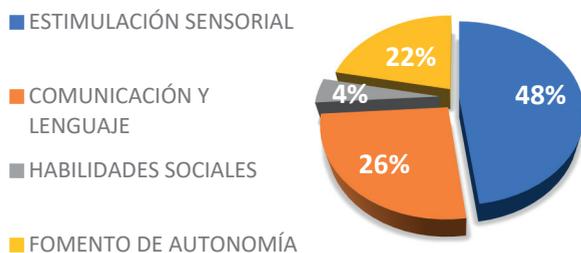
especiales). Se analizaron un total de 1500 productos, los cuales fueron clasificados según funcionalidad, contexto de uso y tipo de estimulación sensorial.

## **Resultados y discusión**

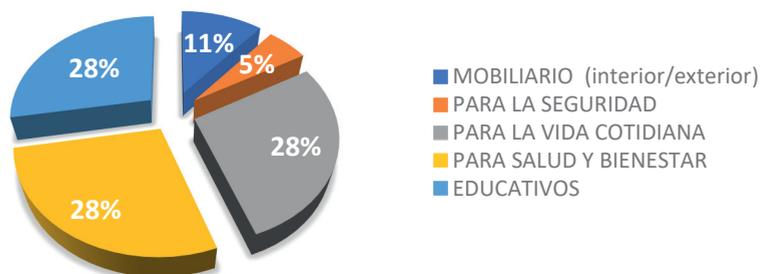
Las figuras 1 y 2 representan la situación actual de la oferta de productos especializados en las necesidades del autismo. Del estudio de mercado se pueden identificar los siguientes aspectos:

- Pocas empresas fabricantes tienen productos adaptados para niños y niñas con TEA en sus catálogos.
- Un número muy reducido de empresas incluye líneas de 'producto inclusivo'.
- En las carteras de producto de empresas fabricantes con líneas específicas de diseño inclusivo, la discapacidad motora tiene una representación del 20%, la visual el 27%, la auditiva el 48 % y sólo un 5% corresponde a dispositivos universalmente adaptados a las diferentes discapacidades.
- En el caso de las líneas de media y alta tecnología, en general las empresas establecen una estrategia de segmentación global (adaptación a toda la población, sin diferenciación de líneas especializadas para TEA u otro trastorno o discapacidad). Para alcanzar la máxima capacidad de mercado, excluyen adaptaciones para necesidades especiales.
- Existen un número mayor de empresas distribuidoras, cuyo objetivo es analizar, seleccionar, clasificar y distribuir productos especializados.
- La disponibilidad de este tipo de productos disminuye a medida que aumenta la edad.

**Figura 1.** Análisis de la oferta de productos según el alcance de línea



**Figura 2.** Análisis de la oferta de productos según el contexto de uso



El desequilibrio entre la oferta y la demanda es debido a la heterogeneidad de necesidades (signos, síntomas y habilidades a trabajar), principal dificultad a la que se enfrentan las empresas fabricantes. Esta situación provoca que la segmentación para este público objetivo resulte altamente fragmentada, lo que dificulta la identificación de los productos a desarrollar y la viabilidad técnico-económica de las soluciones.

## Conclusiones

Se requiere la transformación del mercado hacia la inclusividad. Los retos futuros deben encaminarse a un mercado centrado en las necesidades. Para ello, las líneas de trabajo deben incluir:

- Identificación, clasificación y definición de necesidades orientadas al desarrollo de productos; los fabricantes requieren segmentar el mercado y conocer soluciones concretas a desarrollar.
- La definición de una segmentación adecuada según necesidades solo será posible con la colaboración de los interesados. Para ello, será necesario crear líneas de trabajo entre el sector público, empresarial y social; así mismo, la activación de la participación de diferentes representantes sociales promueve las actividades de investigación y desarrollo en todos los sectores.
- Creación de mecanismos de compra colaborativa para potenciar la adquisición de productos especializados y mejorar la asequibilidad por parte de los grupos sociales más desfavorecidos económicamente.
- El mercado debe fomentar el lanzamiento de productos que incorporen simultáneamente las tres dimensiones: accesibilidad física (características adaptadas de movilidad), accesibilidad cognitiva (funciones adaptadas de procesamiento, comprensión, aprendizaje y toma de decisiones en la tarea) y accesibilidad sensorial (propiedades para la correcta percepción de los factores ambientales y de contexto).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Lord, C, Brugha, T. Charman, T and et al, "Autism spectrum disorder," Nature Reviews Disease Primers, vol. 6, no. 5, 2020, doi: <https://doi.org/10.1038/s41572-019-0138-4>.

Bhatt, B., Qureshi, I., & Sutter, C. (2022). How do intermediaries build inclusive markets? The role of the social context. *Journal of Management Studies*.

Hasanov, F., & Cherif, R. (2021). Competition, Innovation, and Inclusive Growth.

# LAS PAUSAS ACTIVAS. UNA PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO EN PROFESIONES SEDENTARIAS DESDE EL ENFOQUE DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

**Alberto Ávila-Martín<sup>1</sup>, Francisco Zamora-Polo<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup> Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, Sevilla (España)*

*<sup>2</sup> Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería del Diseño, Universidad de Sevilla, Sevilla (España)*

E-mail de correspondencia: [albertoavilamartin@gmail.com](mailto:albertoavilamartin@gmail.com)

## **Resumen**

El estilo de vida sedentario favorece a la aparición de una amplia gama de patologías como pueden ser enfermedades cardiovasculares, trastornos musculoesqueléticos, etc. El comportamiento sedentario se considera un riesgo para la salud que debe ser abordado desde la Prevención de Riesgos Laborales. Solo un volumen de actividad física moderada o vigorosa puede proporcionar cierta protección. El objetivo general del trabajo es mejorar las condiciones de trabajo, incorporando pausas activas durante la jornada laboral. Usando como objetivos específicos: mostrar los beneficios potenciales de la realización de ejercicios durante pequeños descansos al realizar trabajos repetitivos o estáticos, indicar una batería de ejercicios que puedan realizar los trabajadores en su jornada laboral durante los micro descansos. Para ello, se elaboró una encuesta con la finalidad de obtener información detallada acerca del trabajador/a en profesiones

sedentarias, y se diseñó un programa de ejercicios que pudiese romper con los comportamientos estáticos. Se plantean diferentes alternativas modificando los ciclos de trabajo y el número de pausas activas. Las investigaciones analizadas invitan a los empleadores a incorporar pausas activas en la jornada laboral de profesiones con perfil sedentario, suponiendo un beneficio tanto para la salud del trabajador/a como para los intereses de los empleadores/as.

## **Introducción**

La industrialización y las innovaciones de carácter tecnológico están provocando una evolución hacia un modo de vida más sedentario. La sedestación prolongada es un riesgo para la salud ocupacional en el ámbito laboral, debiendo ser abordada desde el ámbito de la Prevención de Riesgos Laborales.

El comportamiento sedentario está caracterizado por un bajo consumo energético provocado por la combinación de posiciones sentada o acostada (Callaghan et al. 2015). El estilo de vida sedentario es el causante de un gran número de enfermedades entre las que podemos destacar: los trastornos musculoesqueléticos (TME), las enfermedades cardiovasculares (ECV), el sobrepeso o la obesidad, la diabetes, el cáncer, síndromes metabólicos, etc.

Datos recientes vinculan períodos sedentarios, por encima de las 8 ó 9 horas, asociados en muchos de los casos a la actividad laboral (Kar y Hedge 2021).

La Organización Mundial de la Salud (2022) ha establecido una serie de recomendaciones sugiriendo la sustitución de actividades sedentarias por otras actividades físicas de cualquier intensidad. En este sentido, recomienda para las personas entre los 18 y los 64 años una actividad aeróbica moderada entre 150 y 300 minutos a la semana (Organización Mundial de la Salud 2020).

El objetivo general del trabajo será mejorar las condiciones de trabajo en profesiones sedentarias incorporando pausas activas en la jornada laboral. Para la consecución del objetivo general se han abordado distintos objetivos secundarios: 1) Elaborar y distribuir un cuestionario para obtener información de los futuros beneficiarios del programa, 2) Mostrar los beneficios potenciales del desarrollo de pausas activas en la jornada laboral y 3) Diseñar una

batería de ejercicios que puedan ser desarrollados por los trabajadores de forma autónoma dentro de su jornada laboral.

## **Materiales y métodos**

Para el análisis de la situación de partida de los trabajadores, se ha desarrollado una encuesta tomando como base la propuesta por el Ministerio de Hacienda de Protocolos de Vigilancia de la Salud (PME) (Ministerio de Hacienda, 2019).

En la encuesta desarrollada, la primera parte está dedicada a los datos personales que pueden influir en la salud laboral (de dentro y fuera del entorno laboral). Posteriormente, se pregunta acerca de la manipulación de cargas físicas, el desarrollo de movimientos repetitivos, un apartado dedicado a las pantallas de visualización de datos, acciones realizadas en la jornada laboral ajenas a la actividad profesional y por último una sección dedicada a la sintomatología.

La principal novedad de la encuesta desarrollada radica en la determinación de actividades no profesionales durante el tiempo de la jornada laboral. Con este apartado se pretenden detectar posibles tiempos improductivos de los trabajadores que podrían ser modificados por el programa de pausas activas que se pretende llevar a cabo.

La información obtenida por la encuesta resulta fundamental para la empresa ya que permite adecuar el programa de ejercicios a las características de sus futuros beneficiarios a la par que puede comprobar la viabilidad del plan.

La encuesta fue suministrada a 10 personas de ambos sexos que actualmente desarrollan su actividad profesional como administrativos y auxiliares administrativos.

## **Resultados y discusión**

### **Resultados de las encuestas**

Se describirán los aspectos más relevantes de las encuestas dada la limitación del espacio del trabajo. La totalidad de los trabajadores analizados acuden a su

puesto de trabajo utilizando vehículos a motor, incluso aquellos cuya residencia se encuentra a menos de un kilómetro de su puesto de trabajo.

Los trabajadores manifiestan que cuentan con la posibilidad de realizar descansos en sus puestos de trabajo, y la totalidad utilizan el intervalo de 20 minutos para desayunar. El 30% de los encuestados manifiestan que pasa entre 5 y 5,5h sentados, y el 70% manifiesta que el período de tiempo que pasan sentados es superior a las 5,5h.

El 100% de los trabajadores manifiestan que no cuentan con ciclos de descanso al margen del tiempo para el desayuno. Entre los resultados referidos al trabajo con pantallas de visualización de datos, el 30% manifiesta sufrir parpadeo de los caracteres y el 20% reflejos en el monitor.

En lo referente a los síntomas sufridos, la mayor parte están asociados con la visión. De esta forma el 70% sufre picores en los ojos, el 20% ve peor tras la jornada de trabajo, el 100% manifiesta sufrir visión turbia, el 40% sufre migrañas y el 20% presenta deslumbramientos y estrellitas. El 70% manifiesta dolores en la columna baja y el 20% sufre de dolores en los tobillos y pies.

Un apartado importante de la encuesta que se ha llevado a cabo, son los resultados referentes a las preguntas acerca de las acciones llevadas a cabo en la jornada laboral que no están directamente relacionadas con la misma. De esta forma, el 70% de los encuestados manifiesta hablar muy a menudo, por teléfono mientras que el 30% manifiesta realizarlo a veces. El tiempo dedicado a esta actividad es de dos a cinco minutos en el 30% de las ocasiones y más de cinco minutos para el 20%. El 80% de los encuestados manifiesta utilizar aplicaciones de mensajería instantánea muy a menudo y el 20% lo realiza a veces. Por otro lado, el 80% de los encuestados manifiestan que fuman con mucha frecuencia. Estos últimos resultados manifiestan que existe un período de tiempo que podría ser usado para el desarrollo de las pausas activas.

### **Propuesta de secuencia de pausas activas desarrollada**

Debemos señalar que no existe una propuesta universal de sea válida para todos los trabajadores y todas las empresas. Para optimizar la propuesta aquí desarrollada sería necesario que se pudiera adecuar a las características de los futuros usuarios.

Se han barajado 4 opciones. La primera propuesta (opción A) supone llevar a cabo 10 pausas activas cada 30 minutos manteniendo el tiempo de desayuno cifrado en 20 minutos. La segunda opción (opción B) plantea realizar 8 pausas activas de 5 minutos reduciendo el tiempo del desayuno a 10 minutos. La tercera opción (opción C) plantea realizar 4 pausas activas de 5 minutos a lo largo de la jornada laboral manteniendo los 20 minutos para desayunar. En la última (opción D) se plantea llevar a cabo 4 pausas activas de 5 minutos a lo largo de la jornada disminuyendo en 10 minutos el tiempo del desayuno.

Todas las propuestas comienzan por dedicar una de las pausas activas al calentamiento, el fortalecimiento de 6 (opciones A y B) y 2 (opciones C y D) grupos musculares y la realización de ejercicios de estiramiento. Se ha optado por el trabajo de fuerza-resistencia porque el desarrollo de ejercicio aeróbico podría aumentar la sudoración siendo inoportuno para el entorno de trabajo.

Todas las opciones son igualmente válidas, si bien es cierto que en las opciones A y B permiten ejercitar todos los grupos musculares a la par que suponen un mayor tiempo de ejercicio permitiendo alcanzar todas las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud. Se recomienda llevar a cabo un equilibrio entre los grupos musculares contrapuestos. Por ejemplo, no se debe desarrollar más la musculatura del abdomen que la de la espalda, porque se podría producir un desajuste muscular traducándose en una lesión. La mayor parte de las lesiones se llevan a cabo por desequilibrios musculares.

Para cada uno de los ejercicios se ha desarrollado una ficha de descripción de la actividad. Los materiales utilizados son muy limitados: bandas elásticas y un par de trapos para facilitar los deslizamientos de los pies. Se considera que el programa de entrenamiento debería estar realizado y evaluado por un profesional cualificado.

Sería importante contar con un plan de gamificación para intentar fidelizar a los trabajadores. Hoy en día, existen numerosas aplicaciones (Garmin, Strava, etc.) que permiten crear grupos de entrenamiento y con ello motivar a los usuarios a desarrollar los ejercicios de actividad física propuesta. Del mismo modo, estas pausas activas podrían combinarse con actividades fuera del horario laboral relacionadas con la actividad física (salidas al campo, carreras, rutas en bicicleta),

eventos en los cuales se podría sensibilizar acerca de la importancia del ejercicio físico en la prevención de la salud.

Este trabajo está alineado con otros previamente desarrollados de promoción de las pausas activas en el entorno laboral (Mainsbridge et al. 2020)

## **Conclusiones**

La sedestación prolongada constituye en riesgo para la salud, en particular enfermedades cardiovasculares y trastornos musculo esqueléticos. En ocasiones esta sedestación está propiciada por el entorno laboral.

Se han propuesto la realización de 8 pausas activas de 5 minutos de duración cada 45 minutos de trabajo.

La encuesta piloto mostró que actualmente una parte de la actividad profesional se dedica a realización de actividades que no tienen un carácter laboral tales como llamadas telefónicas personales, hablar mediante aplicaciones de mensajería instantánea, navegar por internet sin fines profesionales, etc. Las personas podrían reducir el tiempo dedicado a estas actividades con el objetivo de mejorar su bienestar físico.

Las investigaciones previas han mostrado que la realización de este tipo de programas puede provocar un aumento en la calidad de vida de los trabajadores, en su mejora de la forma física a la par que reducen el absentismo laboral y mejoran el rendimiento de los trabajadores.

Somos conscientes de que los empresarios pudieran ser reacios a este tipo de iniciativas por lo que podría enmarcarse en la negociación colectiva, como una mejora de las condiciones laborales que fidelizara a los trabajadores.

Entre las limitaciones del estudio se pueden encontrar el reducido número de encuestas llevadas a cabo para el trabajo y la poca variedad de perfiles profesionales sedentarios que se han analizado (administrativos y auxiliares administrativos).

Como líneas de trabajo futuras se encuentra el desarrollo de un mayor número de encuestas, ampliar la variedad de perfiles profesionales analizados incluyendo otras profesiones sedentarias tales como profesores, profesionales de

estudios. Del mismo modo, se podrían analizar los resultados de la solución obtenida una vez llevada a cabo la intervención.

## Consideraciones éticas

Este trabajo constituye un extracto del Trabajo Fin de Máster elaborado para optar al título de Máster Universitario en Seguridad Integral en la Industria y Prevención de Riesgos Laborales por el primer autor (Alberto Ávila-Martín) bajo la supervisión del segundo autor (Francisco Zamora-Polo).

## Referencias bibliográficas

Callaghan, Jack P., Diana de Carvalho, Kaitlin Gallagher, Thomas Karakolis, y Erika Nelson-Wong. 2015. «Is Standing the Solution to Sedentary Office Work?» *Ergonomics in Design: The Quarterly of Human Factors Applications* 23(3):20-24. doi: 10.1177/1064804615585412.

Kar, Gourab, y Alan Hedge. 2021. «Effect of Workstation Configuration on Musculoskeletal Discomfort, Productivity, Postural Risks, and Perceived Fatigue in a Sit-Stand-Walk Intervention for Computer-Based Work». *Applied Ergonomics* 90:103211. doi: 10.1016/j.apergo.2020.103211.

Mainsbridge, Casey Peter, Dean Cooley, Sarah Dawkins, Kristy de Salas, Jiajin Tong, Matthew Wade Schmidt, y Scott J. Pedersen. 2020. «Taking a Stand for Office-Based Workers' Mental Health: The Return of the Microbreak». *Frontiers in Public Health* 8. doi: 10.3389/fpubh.2020.00215.

Ministerio de Hacienda. 2019. *Protocolo de Vigilancia de La Salud PME*.

Organización Mundial de la Salud. 2020. «Actividad Física». Recuperado 19 de octubre de 2022 (<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>).

# ANÁLISIS DE LA SUBSIDENCIA EN CARRETERAS MEDIANTE LA TECNOLOGÍA INSAR

**Rosa Yireine Caneda Navarro<sup>1</sup>, Luis Enrique Acosta González<sup>2</sup>, Julio Ernesto de la Rosa Melian<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Empresa Constructora de obras de Ingeniería No.17, Holguín, Cuba, yiri.caneda@gmail.com*

<sup>2</sup> *Centro de Estudios CAD/CAM, Universidad de Holguín, Holguín, luis.acosta.glez@gmail.com*

<sup>3</sup> *Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, jdelarosa1@us.es*

E-mail de correspondencia: yiri.caneda@gmail.com

## Resumen

El objetivo del artículo es mostrar las aplicaciones de la tecnología InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar, por sus siglas en inglés) enfocadas al análisis de la subsidencia en carreteras. InSAR consiste en el uso de imágenes RADAR de alta resolución para detectar cambios y desplazamientos en la superficie en Geodesia y Teledetección. Puede medir cambios en escalas de centímetros de deformación en intervalos de días y años. Sus aplicaciones se extienden a la sismología, vulcanología, hidrología, ciencias forestales, deslizamientos de tierra y la subsidencia. En la búsqueda de su aprovechamiento se introduce su estudio en la infraestructura vial, marcando un nuevo reto que promete grandes cambios en la ingeniería. Se examinan investigaciones desarrolladas en este tema, sus principales modelos y criterios empleados durante la gestión y monitoreo de las carreteras para identificar de manera oportuna las deformaciones estructurales, deslizamientos, subsidencias y cambios topográficos que la afectan.

## Introducción

Uno de los problemas que más afectan el funcionamiento de las carreteras es la subsidencia. Ha sido de gran impacto la utilización desde finales del siglo pasado la tecnología InSAR, la cual se ha convertido en un método complementario de monitorización. Siendo una de sus mayores ventajas medir en detalle la evolución de la subsidencia del suelo en periodos de varios años, proporcionando una historia de los cambios topográficos de la zona estudiada.

## Materiales y métodos

Se realizó una búsqueda y estudio para detectar la subsidencia en carreteras a partir de métodos tradicionales y la aplicación de otros métodos como la teledetección, fotogrametría, la aplicación de Sistema de Información Geográfica (GIS) y la monitorización mediante la tecnología InSAR.

## Resultados y discusión

En los últimos años se fortalece y amplía el radio de acción de la tecnología InSAR para posibilitar la detección de cambios en los suelos, como resultado se realizan innumerables investigaciones que demuestran su utilidad en diferentes zonas de estudio. Esta tecnología llega a través de la Agencia Espacial Europea (ESA), la puerta de Europa al espacio. Su función principal es garantizar que la inversión en el espacio siga aportando beneficios a los ciudadanos de Europa y del resto del Orbe. Dirige varias misiones satelitales, la mayoría de ellas con bases de datos disponibles, libres o con licencias, desde el inicio de su puesta en marcha hasta el final de cada misión.

Las grandes ventajas de InSAR se exponen en el estudio de subsidencia realizado en el año 2020 en la Carretera de México en el tramo Mazatlán-Durango. El objetivo fue demostrar que InSAR se puede aplicar a obras lineales. Se obtuvieron los elementos de la infraestructura que se pueden estudiar y las plataformas que brindan información para aplicar la metodología. El resultado final de la investigación es a favor de la utilización de InSAR en: *la Caracterización de áreas aledañas de derrumbes y taludes inestables, Monitoreo de estructuras lineales, Análisis*

*de la estabilidad de estructuras y Verificación de daños causados por construcción.* (Guzmán Acevedo et al., 2022)

En Barranquilla, Colombia (Ojeda Arzuza, A. D., 2021) validó la potencialidad de InSAR mediante el uso de imágenes Sentinel 1B en el periodo de 2017 hasta 2021 obteniendo desplazamientos del terreno promedio en diferentes épocas del año.

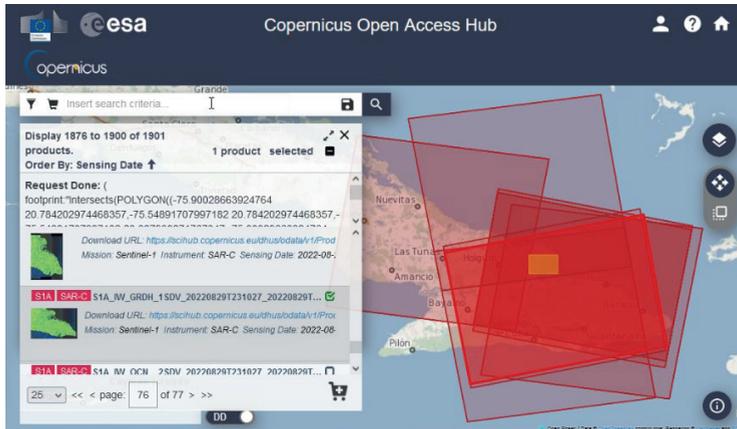
China, el país líder en la aplicación de la tecnología InSAR, comparte innumerables investigaciones y sus resultados, ejemplo, la utilización de imágenes del radar Sentinel-1A en el periodo de 2017 hasta el 2020 correspondientes al Aeropuerto Internacional Zhongchuan. Expresando en este caso que la deformación del suelo del Aeropuerto está relacionada con factores humanos como la red de carreteras y la expansión interna del Aeropuerto y concluyeron que el monitoreo mediante esta tecnología favorece la planificación del uso del suelo, la prevención y el control de los desastres (CHEN, Y., ZHANG, L., HE, Y., WANG, W., & YANG, W., 2022).

En una obra de gran importancia como la red del metro de Kunming con alrededor de 164 km de longitud, perteneciente a China trabajaron con 69 imágenes SAR Sentinel-1A, en el periodo desde el 20 de julio de 2018 hasta el 18 de noviembre de 2020 y las procesaron con la tecnología SBAS-InSAR para obtener la información de hundimiento de la superficie. Los resultados mostraron que en el periodo analizado la tasa de subsidencia es de -123,98 hasta 31,52mm/a. Las áreas clave de hundimiento se distribuyen principalmente a lo largo de las líneas de metro. Este trabajo demuestra que la tecnología SBAS-InSAR basada en las imágenes SAR de Sentinel-1A tiene un gran potencial en la monitorización del hundimiento de la superficie del terreno (Xiao, B., Zhao, J., Li, D., Xi, W., Zhou, D., Gao, S., & Zhao, Z., 2021).

Los sitios web European Space Agency Portal (ESA), Alaska SAR Facility y la base de datos de la ESA "Copernicus Open Access Hub" permiten la descarga libre de imágenes SAR del satélite Sentinel-1, los que han estado proporcionando imágenes de la Tierra desde 1992. El usuario puede acceder, descargar y procesar las imágenes de una zona de estudio y obtener el análisis de la subsidencia a través del interferograma.

Una zona de estudio puede registrar cientos de imágenes en periodos de varios años como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 1.** Imágenes de un caso de Estudio desde 2014 hasta 2022



Fuente: [https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-1](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1)

Las investigaciones estudiadas validan la utilización de la tecnología InSAR como un método efectivo para la evaluación de la subsidencia en extensas zonas de estudio incluyendo las carreteras y los objetos que forman parte de esta.

## Conclusiones

La Tecnología InSAR puede ser aplicada a diferentes estructuras e infraestructuras durante el ciclo de vida de estas. Las imágenes se pueden obtener mediante patentes o de forma libre al igual que los softwares.

## Agradecimientos

A todos los profesores de la Maestría CAD/CAM de la Universidad de Holguín.

## Referencias bibliográficas

Guzman Acevedo, G. M., Quintana Rodriguez, J. A., Gasca Zamora, H. M., Carrion Viramontes, F. J., Martinez Trujano, L. A., Hernandez Figueroa, J. A., ... & Anaya Diaz, M. (2020). Analisis del Potencial de Tecnología Satelital InSAR para el monitoreo de la Infraestructura Carretera. Publicación Técnica, (593)

Ojeda Arzuza, A. D. (2021). Potencial de la Interferometría de Radar de Apertura Sintética (InSAR) para el análisis del desplazamiento del terreno: caso de estudio Barranquilla, Colombia.

Chen, Y., Zhang, L., HE, Y., Wang, W., & Yang, W. (2022). Ground Deformation Monitoring and Analysis of Zhongchuan International Airport Based on The Time Series InSAR of Sentinel-1A With Ascending and Descending Orbits. *Journal of Engineering Geology*, 30(3), 803-816.

Xiao, B., Zhao, J., Li, D., Xi, W., Zhou, D., Gao, S., & Zhao, Z. (2021, November). The Subsidence Detection and Analysis Along Kunming Subway Network Based on SBAS-InSAR. In *2021 28th International Conference on Geoinformatics* (pp. 1-8). IEEE.

Tao, W., Dai, L., Zhang, Z., Tang, B., & Yu, L. (2022). Stability Analysis Model of Expressway Passing through Goaf Based on SBAS-InSAR Technology. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022.

<http://www.asf.alaska.edu/sentinel/>

[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-1](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1)

# ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN PARA EL DISEÑO AMBIENTAL Y LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS SOSTENIBLES

**Alberto Picardo<sup>1\*</sup>, Manuel Galván<sup>1</sup>, Víctor Soltero<sup>1</sup> and Estela Peralta<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería del Diseño, Universidad de Sevilla*

E-mail de correspondencia: [apicardo1@us.es](mailto:apicardo1@us.es)

## **Resumen**

La gestión del ciclo de vida de las redes de transporte es uno de los principales retos de la movilidad sostenible. Las carreteras causan un daño directo importante en el ecosistema (como fragmentación y alteración del hábitat, modificación de los patrones de flujo hídrico, ruido y luz artificial, contaminación o efectos sobre la vida silvestre); asimismo, contribuyen al cambio climático, al consumo de combustible y energía, o a los efectos sobre la salud humana. En este contexto, este trabajo analiza la ecoeficiencia de una de las tipologías más habituales de carretera, incluyendo en el modelo el ciclo de vida del sistema de iluminación. El objetivo es conocer la contribución relativa del sistema de iluminación en el impacto ambiental y económico total de la carretera. El modelo incluye el análisis de cuatro diferentes escenarios de sistemas de iluminación: S1, lámparas de vapor de sodio de alta presión (VSAP) alimentadas desde la red; S2, lámparas halógenas alimentadas desde la red; S3, lámparas LED alimentadas desde la red; S4, lámparas LED alimentadas desde sistemas autónomos de producción de energía eléctrica fotovoltaicos. Se tuvieron en cuenta las etapas del

ciclo de vida de extracción de material, construcción, uso, mantenimiento y fin de vida de la carretera. Los resultados muestran que los escenarios S3 y S1 son los más ecoeficientes con un 79 % y 71 % menos de impacto, respectivamente, comparados con el escenario S2, el menos favorable.

## **Introducción**

El control ambiental en el sector de la ingeniería civil es un área prioritaria en la estrategia de Horizonte 2030 al ser uno de los principales focos de impacto a nivel mundial. Solo en 2018 fue responsable del consumo del 36% de energía total del planeta y del 39% de las emisiones de dióxido de carbono (un tercio de los gases de efecto invernadero que se emiten globalmente), siendo el 11% debido a la fabricación de materiales y productos de construcción como acero, cemento y vidrio (IEA, 2019). Cada año, hace uso de tres billones de toneladas de materias primas, provocando el 25% de la huella de carbono mundial derivada del uso de hormigón y el 25% de la tala mundial de árboles por la extracción de madera. Concretamente, las carreteras causan un daño directo importante en el ecosistema (como fragmentación y alteración del hábitat, modificación de los patrones de flujo hídrico, ruido y luz artificial, contaminación o efectos sobre la vida silvestre) (Du & Karoumi, 2012) (Mason et al., 2011); asimismo contribuyen al cambio climático, al consumo de combustible y energía (Cantisani et al., 2018), o a los efectos sobre la salud humana.

Este estudio analiza el impacto ambiental y económico de una de las tipologías más habituales de carretera. Se lleva a cabo un análisis comparativo del ciclo de vida con el objetivo de evaluar la contribución relativa del impacto del sistema de iluminación.

## **Materiales y métodos**

En este trabajo se implementó la metodología estándar de Análisis de Ciclo de Vida incluyendo las etapas definidas en la normativa ISO 14040 (ISO, 2006). Se integraron las dimensiones de análisis ambiental (Life Cycle Assessment - LCA) y coste (Life Cycle Costing - LCC) para obtener un indicador de ecoeficiencia del

ciclo de vida la carretera. Asimismo, se seleccionaron categorías de punto medio y final para el análisis e interpretación de impacto.

El sistema analizado es una carretera pavimentada de características habituales formada de una única calzada con dos carriles de circulación de vehículos por sentido, arcenes y zona peatonal (10 metros de ancho total).

En el modelo se incluyeron cuatro escenarios con diferentes sistemas de iluminación que usan desde las tecnologías actuales hasta las más recientes para alumbrado público:

- S1, lámparas de vapor de sodio de alta presión (VSAP) alimentadas desde la red;
- S2, lámparas halógenas alimentadas desde la red;
- S3, lámparas LED alimentadas desde la red;
- S4, lámparas LED alimentadas desde sistemas autónomos de producción de energía eléctrica fotovoltaicos.

Los límites del sistema incluyen las etapas del ciclo de vida de extracción de materias primas, construcción, uso, mantenimiento y fin de vida de la vía. Se tuvieron en cuenta todos los elementos del sistema de iluminación: lámparas, luminarias, balastos (en su caso), columnas, circuitos, conexiones y suministro de energía).

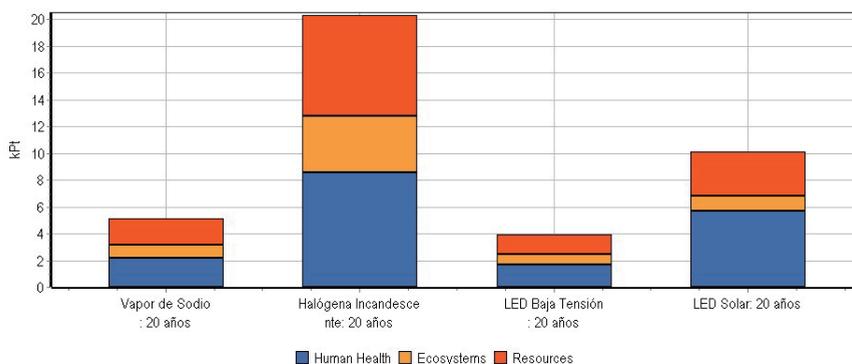
## **Resultados y discusión**

Los resultados se sintetizan en las tablas 1 y 2; muestran que los escenarios S3 y S1 son los más ecoeficientes en relación con el escenario S2, menos favorable (con un 79% y 71% menos de impacto, respectivamente). Las soluciones con el menor impacto ambiental son las más viables económicamente.

**Tabla 1.** Resultados de puntos medios comparativos.

Categoría de impacto	Unidad	S1	S2	S3	S4
Climate change Human Health	DALY	7,1E-02	3,0E-01	5,3E-02	7,1E-02
Ozone depletion	DALY	2,0E-05	7,7E-05	1,5E-05	6,2E-04
Human toxicity	DALY	1,6E-02	3,6E-02	1,4E-02	4,8E-02
Photochemical oxidant formation	DALY	6,1E-06	2,5E-05	4,6E-06	1,5E-05
Particulate matter formation	DALY	2,4E-02	9,3E-02	1,8E-02	1,7E-01
Ionising radiation	DALY	4,0E-04	1,7E-03	2,9E-04	9,6E-05
Climate change Ecosystems	species.yr	4,0E-04	1,7E-03	3,0E-04	4,0E-04
Terrestrial acidification	species.yr	1,7E-06	6,7E-06	1,3E-06	1,6E-05
Freshwater eutrophication	species.yr	6,7E-07	2,0E-06	6,0E-07	2,0E-06
Terrestrial ecotoxicity	species.yr	6,1E-07	1,9E-06	5,0E-07	2,5E-06
Freshwater ecotoxicity	species.yr	1,8E-06	7,4E-06	1,4E-06	2,0E-06
Marine ecotoxicity	species.yr	3,4E-07	1,3E-06	2,6E-07	3,9E-07
Agricultural land occupation	species.yr	2,4E-05	9,7E-05	1,8E-05	3,0E-05
Urban land occupation	species.yr	6,4E-06	2,4E-05	5,0E-06	1,2E-05
Natural land transformation	species.yr	1,2E-05	5,2E-05	9,2E-06	1,6E-05
Metal depletion	\$	4,5E+02	7,1E+02	4,1E+02	3,1E+03
Fossil depletion	\$	2,6E+03	1,1E+04	1,9E+03	2,0E+03

**Figura 1.** Resultados comparativos de impacto, puntuación única



Comparando 1 p 'Vapor de Sodio: 20 años', 1 p 'Halógena Incandescente: 20 años', 1 p 'LED Baja Tensión: 20 años' y 1 p 'LED Solar: 20 años'; Método: Re

**Tabla 2.** Resultados comparativos del ciclo de vida económico.

	Inversión inicial	Consumo energético	Manten. preventivo	Manten. correctivo	Total cost	NPV
S1	1258,7	16946,6	4837,6	121,5	23164,3	14191,3
S2	1782,6	74515,3	18086,7	72,3	94456,9	56844,2
S3	2752,7	12177,1	4599,5	532,2	20053,5	12825,9
S4	10801,3	0,0	3872,0	521,0	20903,1	16430,4

## Conclusiones

La naturaleza multidisciplinar de las etapas y procesos unitarios que componen el ciclo de vida de una carretera, el extenso inventario de materias primas y productos procedentes de variedad de fabricantes y proveedores, la escasez de métodos y herramientas específicas que faciliten su aplicación y la inversión de tiempo y recursos económicos necesarios (debidos a los softwares y bases de datos de largo alcance), hace que un Análisis de Ciclo de Vida sea un desafío importante en la actualidad aplicado a carreteras. Asimismo, la calidad de los estudios de ACV se ve comprometida por el reducido número de bases de datos especializadas, la temporalidad, el origen geográfico (regional/local) y la exactitud de los datos del inventario, influyendo en la precisión y validez de los estudios.

## Referencias bibliográficas

- Cantisani, G., Di Mascio, P., & Moretti, L. (2018). Comparative Life Cycle Assessment of Lighting Systems and Road Pavements in an Italian Twin-Tube Road Tunnel. *Sustainability*, 10(11), 4165. <https://doi.org/10.3390/su10114165>
- Du, G., & Karoumi, R. (2012). Environmental comparison of a railway bridge with alternative designs. *Fib Symposium 2012: Concrete Structures for Sustainable Community - Proceedings*.

IEA. (2019). *Global Status Report for Buildings and Construction 2019. Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector*. Technology Report.

ISO. (2006). ISO 14040. *Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework*. <https://doi.org/10.1136/bmj.332.7550.1107>

Mason, L., Prior, T., Mudd, G., & Giurco, D. (2011). Availability, addiction and alternatives: Three criteria for assessing the impact of peak minerals on society. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.12.006>

# MÉTODO AHP-FUZZY PARA SELECCIONAR LA MEJOR COMBINACIÓN DE VARIANTES DE DISEÑO DE LOS INDICADORES DE FIABILIDAD DEL ARADO ASS7

Ángel Eugenio Infante Haynes<sup>1</sup>, Orlando Belette Fuentes<sup>2\*</sup>

<sup>2</sup> *Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Holguín, Cuba*

\*Correspondence e-mail: orlandobelette@gmail.com

## Resumen

El conjunto cachimba con portadiscos que se producen en la UEB Fábrica de equipos e implementos agrícolas "26 de julio" perteneciente a la Empresa mecánica "Héroes del 26 de julio" de la Provincia de Holguín, presentan fallos durante la explotación de los arados de discos del tipo ASS-7. El problema que se presenta consiste en cómo eliminar los fallos en el conjunto cachimba con portadisco del arado de discos semisuspendido ASS-7, mediante un estudio de fiabilidad para seleccionar la mejor combinación de variantes de este arado. Se evaluaron los indicadores de fiabilidad mediante el método Análisis Jerárquico de Proceso (AHP) y AHP-Fuzzy. La investigación realizada permitió elaborar y aplicar una metodología, donde se evaluó por parte de los decisores, la mejor variante de diseño del arado ASS-7, que permitió eliminar los fallos en el conjunto cachimba con portadiscos del arado de discos semisuspendido ASS-7 y se demostró que, aunque existe coincidencia en la ponderación encontrada de los criterios, no hay coincidencia en la elección: para el AHP, la mejor alternativa es la C2-S2 y para el método Fuzzy, es la C1-S2.

## Introducción

El conjunto cachimba con portadiscos que se producen en la UEB Fábrica de equipos e implementos agrícolas "26 de julio" perteneciente a la Empresa mecánica "Héroes del 26 de julio" de la Provincia de Holguín, presentan fallos durante la explotación de los arados de discos del tipo ASS-7. Se necesita eliminar los fallos en el conjunto cachimba con portadiscos del arado de discos semisuspendido ASS-7, mediante un estudio de fiabilidad, donde se seleccionen la mejor combinación de variantes de este arado. Se deben evaluar indicadores de fiabilidad mediante el método Análisis Jerárquico de Proceso (AHP) y AHP-Fuzzy.

El mal funcionamiento de los órganos de trabajo, producto al desgaste en los elementos que forman el conjunto cachimba con portadiscos y sus rodamientos, trae aparejado vibraciones, desajustes, roturas; es decir, mal funcionamiento del principal órgano de trabajo, que puede llegar a provocar deformaciones y roturas de algunos de los elementos que componen el arado, imposibilitando el trabajo en la preparación de los suelos.

Dentro de los autores que han incursionado en los modelos AHP- Fuzzy están Saaty (2015) y Abdel et al. (2018) con una metodología AHP extendida difusa en la industria marítima en Turquía, Ateekh et al. (2019) Lutfu & Fiden (2017), en la empresa intensiva de mano de obra.

Por otro lado Ho et al. (2010) en la evaluación de sostenibilidad en las edificaciones residenciales en Irán han utilizado el AHP-difuso, Yajure & Guzmán (2017) realizó un análisis comparativo de los AHP y AHP difusos en la selección tecnología para la producción eléctrica y Zavaskas & Turski (2010), realizaron un estudio para el análisis de criticidad de piezas de repuesto y un método de decisión multicriterio aplicando el método ARAS, por lo que no se tiene evidencia de la existencia en la literatura de la aplicación del método AHP - Fuzzy extendido a la selección de variantes de diseños del conjunto cachimba con portadiscos en los arados de discos semisuspendido ASS-7, por lo que es algo novedosos su aplicación.

## **Materiales y métodos**

A continuación, se muestra la propuesta metodológica para resolver el caso estudio.

**Paso 1. Modelación de la estructura jerárquica.**

**Paso 2. Establecimiento de las prioridades entre los criterios.**

**Paso 3. Cálculos de los índices ponderados.**

Permite evaluar las alternativas de acuerdo a cada criterio y se encuentra una ponderación de cada alternativa.

**Paso 4 Ranking**

Luego de todo lo anterior, los pesos de los criterios se plotean contra los pesos de cada alternativa, y es entonces la que mayor peso obtenga será la elegida, por lo que será la mejor alternativa, a proponer a los que toman las decisiones.

**Paso 5 Análisis de sensibilidad**

Este paso, no por ser el último es el menos importante, ya que aquí, se les darán valores a los criterios, en avance para ver qué sucede con la alternativa elegida, y es que la disminución o el aumento, mueven los resultados, es por eso que es importante tener en cuenta este análisis, y tener en cuenta los criterios que mueven los resultados, para observarlo o en otros casos, incidir sobre él para cambiar la soluciones a nuestro problema.

**Pasos a seguir para la aplicación del método Fuzzy extendido**

**Paso 1.** Calcular el valor del análisis extendido con respecto al  $i$ -ésimo objeto.

**Paso 2.** El grado de posibilidad definido.

**Paso 3.** Calcular el grado de posibilidad para un número difuso convexo, y que sea mayor que  $k$  número difuso convexo  $S_1(1,2, \dots k)$ .

**Paso 4.** Normalizar los pesos de los vectores.

## Resultados y discusión

En la tabla 1 se muestra los criterios, alternativas, indicadores explotativo de cada una de las variantes en estudios.

**Tabla 1.** Criterio y alternativas de las variantes en estudio.

Criterio/alternativa	$C_1;S_1$	$C_1;S_2$	$C_2;S_1$	$C_2;S_2$	$C_3;S_3$
Disponibilidad	13112	15161	9518	8653	13390
Mantenibilidad	7118,3	8306,7	5621,54	5550,54	572,92
Costo de producción	970,4	910,05	858,94	798,59	843,70
Tiempo fabricación	15,06	12,123	10,782	7,845	8,369
Precio venta	1913,7	1913,7	1740,92	1740,92	5015,17

Fuente: elaboración propia.

Para caracterizar al grupo de expertos seleccionado por el número de Miller quien expresó cuando el número de elementos para los que se efectúan las comparaciones relativas supera  $(7\pm 2)$ , el modelo AHP recurre a las medidas absolutas (ratings) es por ello que se escogen 7 expertos los cuales se caracterizaron en la investigación, así como la encuesta que se les realizó para determinar su consenso en cuanto a los criterios evaluados.

## Conclusiones

La investigación realizada permitió elaborar y aplicar una metodología, donde se evaluó por parte de los autores, la mejor variante de diseño del arado ASS-7, que permitió eliminar los fallos en el conjunto cachimba con portadisco del arado de discos semisuspendido ASS-7. El estudio de fiabilidad y la modelación matemática multicriterio, permitieron seleccionar la mejor variante de diseño del conjunto cachimba con portadisco de los arados ASS-7 con Inteligencia artificial: Método AHP-FUZZY, donde se demostró que, aunque existe coincidencia en la ponderación encontrada de los criterios, no hay coincidencia en la elección: para el AHP, la mejor alternativa es la C2-S2 y para el método Fuzzy, es la C1-S2. El modelo conceptual propuesto permitió identificar las variables

fundamentales que influyen en el desempeño del conjunto cachimba con portadisco de los arados de discos.

## Referencias bibliográficas

Saaty, T. L. (2015). About a hundred years of creativity in decision making. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 7(1). Doi: <https://doi.org/10.13033/ijahp.v7i1.321>

Abdel, B.M., Gamal, A., Chakraborty, R.K., & Ryan R. (2018). A New Hybrid Multi-Criteria Decision-Making Approach for Location Selection of Sustainable Offshore Wind Energy Stations: A Case Study. *Journal of Cleaner Production*, 51(1). Doi: <https://www.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124462>

Ateekh, U.R., Mustufa, H.A., Umer, U., & Yusuf, S.U. (2019). Multi-Criteria Decision-Making Approach for Selecting Wind Energy Power Plant Location. *Sustainability*, 11, 6112. Doi: <https://www.doi.org/10.3390/su11216112>

Lutfu, S., & Figen, B. (2017). Multi-criteria decision making for 1.5 MW wind turbine selection. Elsevier. *Procedia Computer Science*, 111, 413-419. Doi: <https://www.doi.org/10.1016/j.procs.2017.06.042>

Ho, W., Xu, X., & Dey, P.K. (2010). Multi-Criteria Decision-Making Approaches for Supplier Evaluation and Selection: A Literature Review. *European Journal of Operational Research*, 202, 16-24. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.05.009>

Yajure, C.A., & Guzmán, Y.A. (2017). Estudio comparativo de técnicas de toma de decisiones multicriterio para la jerarquización de tecnologías de energías renovables a utilizar en la producción de electricidad. *Scientia et Technica*, 22(3), 273-280. ISSN 0122-1701. Doi: <https://doi.org/10.22517/23447214.11591>

Zavadskas, E.K., & Turskis, T. (2010). A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision making. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(2), 159–172. Doi: <http://doi.org/10.3846/tede.2010.10>

# DESIGN OF A SOLAR DESALINATION SYSTEM THROUGH THE VARIATION OF TERMINAL TEMPERATURE DIFFERENCES USING THE NSGA-II ALGORITHM

Geosvanis Boligán-Rojas<sup>1</sup>, Ricardo Lorenzo Ávila-Rondón<sup>2</sup>, Carlos Alberto Trinchet-Varela<sup>1</sup>, Roberto Pérez-Rodríguez<sup>1</sup>, Ana C. Meléndez-Gurrola<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CAD/CAM Study Centre, University of Holguin, Holguin, Cuba

<sup>2</sup> School of Systems of Torreon, Autonomous University of Coahuila, Mexico

Correspondence e-mail: geosvanisbr@uho.edu.cu

## Abstract

This research proposes an improved design methodology for the solar desalination system, through the use of CAD/CAE systems and Artificial Intelligence. A multi-objective optimization is configured using evolutionary algorithms that provide a set of efficient and economical solutions. The algorithms facilitate the calculation of the optimal thermodynamic values and the corresponding geometric dimensions, which are linked to a CAD system for their graphical representation and to support a CAE analysis.

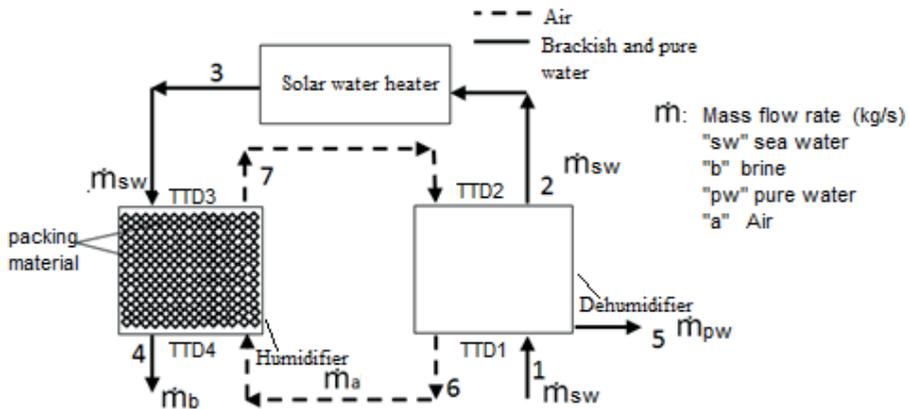
## Introduction

The solar desalination system with humidification dehumidification cycle (SDSHDH), are a viable option to supply drinking water to remote areas with little demand and close to the coast, where they are more feasible than

traditional systems. It is almost the only option in cases of water with high salinity because these systems work at low temperature.

As shown in figure 1, cold air enters the humidifier 6 where it is exposed to hot saline water 3, which increases the temperature and water content of the air. The moist air (at higher temperature) then enters the dehumidifier 7 where it loses heat to a feed stream of saline water at room temperature flowing through a coil. Water vapor condenses in the dehumidifier and exits the system as a stream of fresh liquid water 5. The more we preheat the saline water in the dehumidifier, the less heat we have to supply in the solar water heater (SWH) 1-2, question reflected with the gained-output-ratio (GOR) that is the ratio of the latent heat of evaporation of the water produced  $h_{fg}$  (kJ/kg) to the heat input to the cycle  $\dot{Q}_{in,swh}$  (kW). In figure 1, appears the terminal temperature difference (TTD), is the stream-to-stream temperature difference at either end of the humidifier and dehumidifier. The pinch point temperature difference (PTD), is the minimum local stream-to-stream temperature difference at any point within the heat exchanger and is lower than both the terminal temperature differences (Lienhard V, 2019).

Figure 1. General scheme of a SDSHDH and water heater.



Source: based on (Lienhard V, 2019).

Multi-objective evolutionary algorithms (MOE) have previously been used to operate research on SDSHDH (Mistry, Mitsos, & Lienhard V, 2011; Rafigh, Mirzaeian, Najafi, Rinaldi, & Marchesi, 2017) and other, which, however, do not

take advantage of the great possibilities of design methodologies using CAD/CAE techniques. The NSGA-II algorithm was developed by Kalyanmoy Deb and collaborators (Deb, 2002). Rafigh et al. and Mistry et al. work about on-design methods of SDSHDH iterating TTDs, which, however, reflect in their results small values of TTDs, which affects the fulfillment of the second law of thermodynamics, generated entropy has to be  $\geq 0$  (Lienhard V, 2019), actual TTDs are typically expected to be no less than 10K. The present work aims to obtain an improved method of multi-objective optimization by the NSGA-II algorithm for design of SDSHDH supported by CAD/CAE techniques, allowing generating real and cheap configurations of them with better energetic performance.

## Materials and methods

The calculation of the DSCHDH is carried out according to the parameters explained in table 1. It is proposed, based on the NSGA-II algorithm:  $\text{Min}(A\text{-HD})$ ,  $\text{Min}\left(\frac{\dot{m}_{sw}}{\dot{m}_{pw}}\right)$  and  $\text{Min}\left(\frac{1}{\text{GOR}}\right)$ , where A-HD is the sum of humidifier and dehumidifier area. Subject to range in table 1 and with the logical fulfillment of the first and second law of thermodynamics, the energy entry equal to de exit and entropy generation equal to or greater than zero respectively. In equation 3, W is the absolute humidity (kg water/kg air).

**Table 1.** Range of values.

Design parameters	Unit and description	Min.	Max.
$t_{w,\min} = t_1$	( $^{\circ}\text{C}$ )	23	30
$t_{w,\max} = t_3$	( $^{\circ}\text{C}$ )	40	70
$\dot{m}_{sw}$	(kg/s)	0.05	0.3
TTD# $\leq$ PTD	(K)	10	15
$\theta_6 - \theta_7$	(-) Relative humidity	0.7	1
$\varepsilon_e$	(-) Effectiveness, "e" for humidifier and dehumidifier	0.75	0.95

**Source:** Authors.

**Equation 1.**

$$\text{GOR} = \frac{\dot{m}_{\text{pw}} \cdot h_{\text{fg}}}{\dot{Q}_{\text{in,swh}}}$$

Source: (Narayan, Sharqawy, Lienhard V, & Zubair, 2010)

**Equation 2.**

$$\varepsilon_e = \text{Max} \left( \frac{\varepsilon_e \cdot \Delta \dot{H}_{\text{w,a,e}}}{(\Delta \dot{H}_{\text{Max,w,a,e}})} \right)$$

Source: (Narayan et al., 2010)

**Equation 3.**

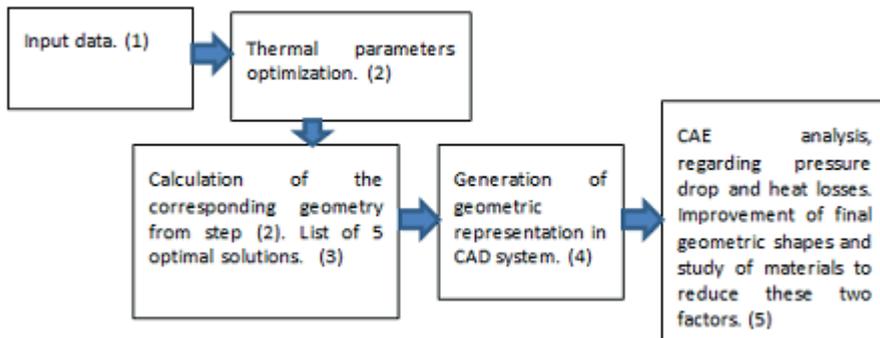
$$\dot{m}_{\text{pw}} = \dot{m}_{\text{pw}} \cdot (W_7 - W_6)$$

Source: (Narayan et al., 2010)

## Results and discussion

Figure 2 shows the proposed methodology, whose complement has already been exposed in materials and methods. The proposed ranges of the variables are based on the study using inductive logical historical methods, from which the proposed values can be reached, of which the related and already explained regarding TTD# is highlighted.

Figure 2. General scheme of the proposed methodology.



Source: Authors.

Another issue to consider when assessing the results obtained is around step (5) in Figure 2. Although this analysis can be done through equations introduced in the optimization itself, however, it is preferred to emphasize the thermodynamic analysis, ignoring these factors and their link with the dimensions of the system; then, using a CAD/CAE system, to deep into these parameters. Step (5) provides the automation of the geometric representation, and the analysis of pressure drops and heat losses can be combined with shape rectifications in the

system plane, as well as comparative analysis and results validation of the rest of the parameters.

## Conclusions

A design method was proposed, where the combination of multi-objective optimization (using the NSGA-II algorithm) is integrated with CAD/CAE systems. This design method allows the implementation of improvements to the solar desalination system with humidification dehumidification cycle.

## Bibliographic references

- Deb, K. (2002). A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II. *Ieee transactions on evolutionary computation*. doi:<https://doi.org/10.1109/4235.996017>
- Lienhard V, J. H. (2019). Humidification-Dehumidification Desalination. In *Desalination: Water from Water* (pp. 387-446): Scrivener Publishing.
- Mistry, K. H., Mitsos, A., & Lienhard V, J. H. (2011). Optimal operating conditions and configurations for humidification dehumidification desalination cycles. *International Journal of Thermal Sciences*, 50(5), 779-789. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2010.12.013>
- Narayan, G. P., Sharqawy, M. H., Lienhard V, J. H., & Zubair, S. M. (2010). Thermodynamic analysis of humidification dehumidification desalination cycles. *Desalination and Water Treatment*, 16((1-3)), 339-353. doi:<http://dx.doi.org/10.5004/dwt.2010.1078>
- Rafiq, M., Mirzaeian, M., Najafi, B., Rinaldi, F., & Marchesi, R. (2017). Multi-objective Optimization of a Solar Humidification Dehumidification Desalination Unit. In *35th UIT Heat Transfer Conference (UIT2017)* (Vol. 923, pp. 012038): Journal of Physics: Conference Series.

# MANAGEMENT OF THE FUNCTIONAL REQUIREMENTS IN THE CONCEPTUAL DESIGN OF PRODUCT DEVELOPMENT USING THE KANO METHOD

**Roberto Pérez-Rodríguez<sup>1\*</sup>, Alexis Alvarez-Cabrales<sup>2</sup>, María Estela Peralta-Álvarez<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Centro de Estudios CAD/CAM, Universidad de Holguín, Holguín 80100, Cuba*

<sup>2</sup> *Departamento de Ciencias Técnicas, Universidad de Granma, Granma 85100, Cuba*

<sup>3</sup> *Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería del Diseño, Universidad de Sevilla, 41012 Sevilla, Spain*

\*Correspondence e-mail: roberto.perez.cu@gmail.com

## **Abstract**

The relevance of functional requirements management in the product development process has been widely studied in different contexts. Notable progress has been made in the process of identifying customer requirements, however, there are unexplored issues regarding the management of these requirements. This work provides a framework that allows the management of functional requirements in the conceptual stage of Product Development Process, incorporated into a reference model to configure/reconfigure the Integrated Development of Product, Process and Manufacturing System, using the Kano method.

## Introduction

Understanding and fulfilling the requirements of each individual customer has been recognized as a pressing challenge for companies across industries. Separately from offering market-focused products, which correspond to an average satisfaction of customer requirements, companies are pursuing a strategy of offering customer-focused products with a large degree of individuality (Bordegoni, 2011; Jiao & Chen, 2006; Varl, Duhovnik, & Tavčar, 2022).

The requirements from different sources are often heterogeneous. To better exploit these requirements, Chen (2020) proposed a novel ontology-based requirement verification method to solve the problems; in other research, Wang (2019) integrates heterogeneous data sources into a holistic consideration in the proposed graph-based requirement acquisition framework (Wu, Zhao, Hu, Liu, & Lv, 2022).

A new innovative design methodology is proposed by (Ying, Xiang, Cong, & Zhu, 2022), combining Function-Behavior-Structure (FBS) and Kano model to guide Smart PSS (Product-Service System) development. User requirements and behaviors are predicted and analyzed by forecasting and collecting information from the perspective of information. As an illustrative case study, a self-service medicine vending system is described to explain the proposed approach. This research provides guidance for Smart PSS in the medical field.

(Yang, Tak, Kwon, & Chung, 2022) proposes a new research method based on KANO-TOPSIS for the successful development of AI-based intelligent new products by using car voice assistants as an example. Using the KANO model, select and evaluate functions that customers think are necessary for new products, and use the TOPSIS method to derive priorities by finding the importance of functions that customers need.

This work proposes a framework that allows the management of functional requirements in the conceptual stage of Product Development Process, incorporated into a reference model to configure/reconfigure the integrated development of product, process and manufacturing system using the Kano method.

## **Materials and Methods**

The Kano method, generally used by those who carry out QFD (Quality Function Deployment) studies, evaluates the relationship between the functionality of products and the satisfaction that this functionality provides to customers. The Kano method establishes for each customer requirement, the relationship between satisfaction and functionality, allowing them to be discriminated and classified (Alvarez, Pérez, Aguilera, & Riba, 2008).

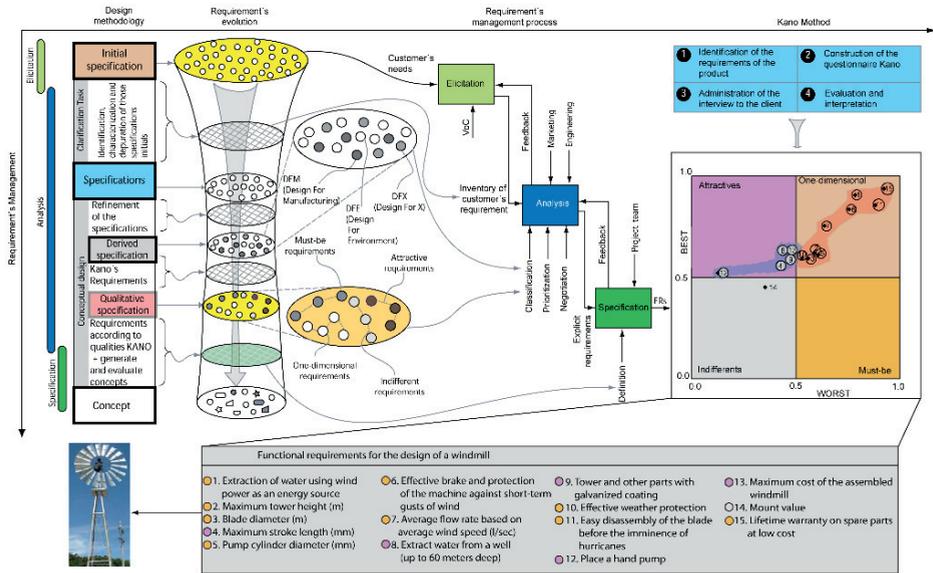
## **Results and Discussion**

The following figure (Figure 1) shows a synthesized framework that facilitates the management of functional requirements in the conceptual stage of product development, applied in the design of a windmill for isolated communities. This management is facilitated using the Kano method.

The model starts from structuring the initial specification of the product, called elicitation. Clarification of the task offers the argument for the definition of technical specifications. These are structured as established according to standards and trends. In this framework, the concept of qualitative specification is introduced as a form of specification stratification, which facilitates their classification into strata. For this, the Kano method is used as a way to operationalize the action.

Requirements management is implemented through the elicitation - analysis - specification cycle, which guarantees the logical sequence for a correct structuring of the specifications. The Kano method is used to establish a map of four quadrants, which classifies the requirements according to their qualities.

Figure 1. Framework for the management of the requirements in conceptual design.



Source: Authors.

The processing of the data collected in the Kano questionnaire begins with a detailed observation of the response map. The map is the basis for a qualitative evaluation of the requirements, which require complementary forms of analysis and design trade-offs between different requirements.

If in the analysis of the Kano graph we take into consideration the values of the average importance of the requirement, perceived by the user, when combined with the values of "Better than" and "Worse than", the values of C1 and C2 are obtained, which originates a reordering of the requirements in the Kano chart.

This rearrangement allows for a more complete analysis of the requirements to be considered for the conceptual design of the product (Figure 1). In this way, the articulation of the functional requirements by groups is obtained, from the different strata through which they are filtered.

## Conclusions

The Kano method applied in the management of the functional requirements in the conceptual design, allowed the stratification of the functional requirements by qualities, which facilitates the definition of the different conceptual combinations of solutions. This type of qualitative analysis of requirements favors decision-making in stages as early as conceptual design.

## Bibliographic references

Alvarez, A., Pérez, R., Aguilera, O., & Riba, C. (2008). Análisis conceptual del diseño de gradas a través del método Kano. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(4), 31-35. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93215942006>

Bordegoni, M. (2011). Product Virtualization: An Effective Method for the Evaluation of Concept Design of New Products. In M. Bordegoni & C. Rizzi (Eds.), *Innovation in Product Design From CAD to Virtual Prototyping*. London: Springer-Verlag.

Jiao, J., & Chen, C.-H. (2006). Customer Requirement Management in Product Development: A Review of Research Issues. *Concurrent Engineering*, 14(3), 173-185. doi:10.1177/1063293X06068357

Varl, M., Duhovnik, J., & Tavčar, J. (2022). Customized product development supported by integrated information. *Journal of Industrial Information Integration*, 25, 100248. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100248>

Wu, B., Zhao, W., Hu, H., Liu, Y., & Lv, J. (2022). Conceptual Design of Intelligent Manufacturing Equipment Based on a Multi-source Heterogeneous Requirement Mapping Method. *IFAC-PapersOnLine*, 55(2), 475-480. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.04.239>

Yang, S., Tak, J., Kwon, D., & Chung, D. (2022). KANO-TOPSIS Model for AI Based New Product Development: Focusing on the Case of Developing Voice Assistant System for Vehicles. *Journal of Intelligence and Information Systems*, 28(1), 287-310. doi:<https://doi.org/10.13088/JIIS.2022.28.1.287>

Ying, Y., Xiang, Z., Cong, J., & Zhu, L. (2022). Kano-FBS model: a data-driven innovative design approach for smart product-service system development. *Journal of Physics: Conference Series*, 2232(1), 012004. doi:10.1088/1742-6596/2232/1/012004

# CONTROL DIMENSIONAL EN TORRES DE TELECOMUNICACIÓN CON EL EMPLEO DEL ESCÁNER LÁSER TERRESTRE EN UN ENTORNO CAD/CAE

**Yasmany Rodríguez Pérez<sup>1</sup>, Luis Enrique Acosta González<sup>2</sup>, Yunior Hernández Rojas<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Geocuba Oriente Norte, Holguín, Cuba*

<sup>2</sup> *Centro de Estudios CAD/CAM, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba*

E-mail de correspondencia: [geodesia.yas@holguin.geocuba.cu](mailto:geodesia.yas@holguin.geocuba.cu)

## **Resumen**

En este trabajo se exponen los resultados del levantamiento tridimensional con el empleo del Escáner Láser Terrestre Leica P40 y el posterior procesamiento en los software CAD/CAE, especializados en la gestión de las nube de puntos obtenidas por el escáner láser, con el objetivo de realizar un control dimensional en torres de telecomunicación y a su vez poder identificar a tiempo posibles vulnerabilidades de dichas obras.

## **Introducción**

En la actualidad los controles dimensionales para ejecutar los peritajes en construcciones elevadas en forma de torres, se ejecuta por métodos topográficos con el empleo de Teodolitos, Taquímetros y Estaciones Totales. Si bien estos métodos tradicionales brindan una adecuada precisión, carecen de información de datos a la hora

de generar el resultado final, en comparación con los instrumentos especializados en la toma masiva de puntos.

## **Materiales y métodos**

El escáner láser terrestre Leica P40 es un avanzado instrumento de medición (Figura 1) que nos permite documentar geométrica y visualmente una realidad física con gran detalle, rapidez y precisión.

**Figura 1.** Escáner Láser Terrestre P40.



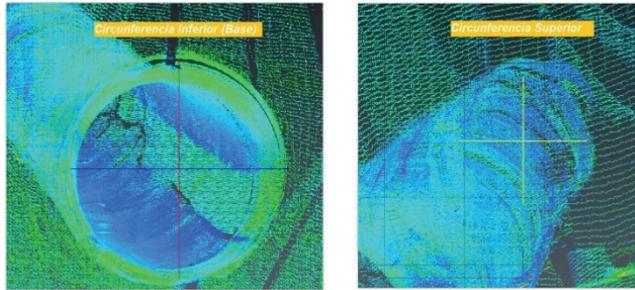
**Fuente:** elaboración propia.

Para realizar los trabajos de levantamiento con el escáner láser Leica P40, se utilizó una configuración del instrumento en función de las características de la escena (5), empleando para ello el campo de vista a bóveda completa, modo de alcance máximo de 270 m y una resolución de 6.3 mm @ 10 m. Se realizaron 4 puestas de instrumentos, distribuidas de forma tal que se rodeara la torre, no se recolectó imagen en ninguna puesta, ya que el objetivo de los trabajo era determinar las características geométricas de la obra. Se utilizó el método topográfico inversa para todos los estacionamientos, alcanzando un error total en el registro o unión de todas las nubes de puntos de 0.000 m.

## **Resultados y discusión**

Concluida la etapa de procesamiento en Cyclone, se procedió a importar la nube en formato .pts al software 3DReshaper, donde se trazaron dos líneas perpendiculares en la circunferencia inferior y en la superior, para definir como centro de las mismas el punto donde se cortan estas líneas (Figura 2).

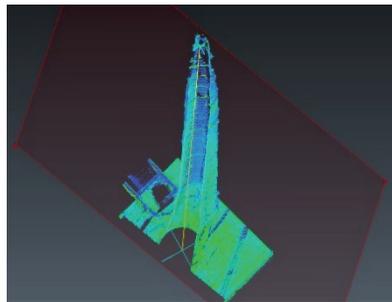
**Figura 2.** Imagen del centro de las circunferencias del cono medido.



Fuente: elaboración propia.

Posteriormente el eje vertical de la torre medida se estableció a partir de la unión del centro de la circunferencia inferior con el centro de la superior, este se puede ver en color amarillo en el plano de corte que se muestra en la (Figura 3).

**Figura 3.** Vista del eje vertical medido en un plano de corte.



Fuente: elaboración propia.

El análisis de las secciones transversales de la torre consistió en seccionar transversalmente la nube de puntos de la torre en tres posiciones diferentes, de forma tal que se cortara cada parte de la estructura. A partir de este proceso se conoció, que en los cortes o secciones realizados en las dos partes superiores de la torre, existen notables deformaciones de la nube de puntos, esto es propiciado por oscilaciones de estas partes, ver (Figura 4).

**Figura 4.** Etiquetas para la visualización de los desplazamientos verticales de la torre.



**Fuente:** elaboración propia.

En lo referente a los desplazamientos horizontales entre los dos ejes verticales, se determinaron las distancias horizontales desde el eje vertical del modelo ideal hasta el eje real medido en 5 distancias verticales diferentes de la torre, también se definieron las direcciones de estos desplazamientos, la diferencia con respecto al permisible establecido en el "Manual para la realización de los trabajos de mantenimientos y conservación de las torres de telecomunicaciones". En este se establece que la distancia horizontal entre los ejes verticales en dos niveles cualesquiera en toda la altura de la estructura no deberá ser mayor que 0,25 % de la distancia vertical entre los dos niveles. El permisible no se cumple en ninguna altura, aunque los valores a 5 m de (0,035 m) no son tan significativos como los obtenidos a partir de esta altura, alcanzándose el máximo valor (0,517 m) en la parte superior de la estructura (Tabla 1).

**Tabla 1.** Desplazamientos.

No	Distancia vertical (m)	Distancia Hz entre los dos ejes (m)	Permisible (m)	diferencias	Dirección del desplazamiento
1	5.0	0.035	0.013	0.023	este-oeste
2	10.0	0.139	0.025	0.114	este-oeste
3	15.0	0.237	0.038	0.200	este-oeste
4	20.0	0.420	0.050	0.370	este-oeste
5	23.5	0.517	0.059	0.458	este-oeste

**Fuente:** elaboración propia.

## Conclusiones

Se valida el empleo del Escáner Láser Terrestre Leica P40, para el control dimensional en este tipo de estructuras a partir de la nube de puntos obtenida, donde se realizaron controles en campo al producto terminado, con los métodos tradicionales establecidos, utilizando como instrumento una estación total Leica TS06Plus.

Se definió a partir de los análisis realizados en el software especializado (Cyclone y 3DReshaper) que la torre no se encuentra totalmente vertical, teniendo las mayores diferencias o inclinaciones a partir del primer empate, alcanzando el mayor desplazamiento (0.517 m) en la parte más elevada de la torre.

## Referencias bibliográficas

1Llanes, Marietta; Álvarez, Odalys; Lima, Raidel. (2019). Manual para la realización de los trabajos de mantenimientos y conservación de las torres de telecomunicaciones, Cujae, La Habana.

Leica ScanStation P50/P40/P30. Manual de Uso. V 6.0.1 Español. 2018.

Grupo Empresarial GEOCUBA: indicación No.32, del director general del Grupo Empresarial GEOCUBA para establecer los tipos y contenidos de los documentos de carácter técnico a elaborar en GEOCUBA y su implementación, La Habana.

Rodríguez Pérez (2020). MET 11-20: Metodología para la realización del levantamiento con el escáner laser Leica P40. GEOCUBA Oriente Norte, Holguín.

MET 82-11: Metodología para el procesamiento de la información obtenida con escáner laser en el software Cyclone, Empresa GEODESA, La Habana, 2019.

3DReshaper: "Manual de empleo. Versión Ingles, 2018.

# PLANIFICACIÓN DE PROCESOS EN TALLERES METAL MECÁNICOS

**Jenniffer Fonseca-Ramírez<sup>1</sup>, Alexis Alvarez-Cabrales<sup>1</sup>, Rolando Esteban Si-meón-Monet<sup>2</sup>, Ana María Quesada-Estrada<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Departamento de Ciencias Técnicas, Universidad de Granma, Granma, Cuba*

<sup>2</sup> *Centro de Estudios CAD/CAM, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba*

<sup>3</sup> *Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba*

E-mail de correspondencia: [jfonsecar92@gmail.com](mailto:jfonsecar92@gmail.com)

## **Resumen**

Las empresas manufactureras enfrentan cambios de mercado impredecibles, en ellas los sistemas de fabricación deben estar diseñados para responder rápidamente a los aumentos repentinos del mercado y los cambios imprevistos de productos. La planificación de procesos es un paso preparatorio antes de la fabricación, que determina la secuencia de operaciones o procesos necesarios para producir una pieza o un conjunto. Este paso es más importante en los talleres metal mecánicos, donde se fabrican productos únicos o el mismo producto se fabrica con poca frecuencia. En este artículo se muestra la utilización de herramientas y metodologías de ingeniería industrial para la simulación del proceso productivo, mediante el software ProModel; con el objetivo de hacer simulaciones comparativas del flujo de trabajo y establecer como la distribución en planta influye en la productividad del taller. Los resultados obtenidos permiten detectar puntos de mejora y plantear soluciones alternativas, aspecto esencial a ser utilizado en la etapa de la planificación de procesos.

## Introducción

Hay muchas maneras de mejorar la eficacia y el rendimiento de las líneas de producción, como minimizar el tiempo de transporte entre las ubicaciones, utilizando los almacenamientos intermedios, eliminando y reemplazando máquinas operadas manualmente y semiautomáticas, uso de tecnología grupal y muchos más métodos (Koren, Gu, y Guo, 2018; Phanden, Chhabra, Chaudhary, y Kaliramna, 2021). Las nuevas tecnologías aplicadas a la fabricación, así como también la nueva forma de producción, organización y realidad industrial de los procesos productivos, han modificado el diseño y gestión del funcionamiento de los sistemas de producción (Cristian Fernando y Diana Carolina, 2022).

El diseño de distribución de planta se ha convertido en una de las herramientas con mayor influencia en el ahorro principalmente de costos operativos. Las grandes empresas de servicios buscan distribuciones de planta más eficientes y así garantizar su posicionamiento en el mercado (Pierreval, 2018). A nivel mundial, un diseño de planta conocido como óptimo es una de las estrategias operativas capaces de reducir en gran medida costos y aumentar la productividad. Además, se denota un incremento en el flujo de trabajo en la ruta trazada de operación con sus actividades (Sharma y Singhal, 2016).

En Cuba, las máquinas cosechadoras de cereales se emplean fundamentalmente para la cosecha del arroz; estas máquinas durante su funcionamiento sufren el desgaste y rotura de sus principales componentes internos. Con el objetivo de sustituir la importación de estos componentes, se le encargo a la Empresa de Logística Agropecuaria “26 de Julio” Granma, el diseño y construcción de estos elementos (Figura 1). La existencia de limitaciones organizativas en estos talleres dificulta el proceso de fabricación.

**Figura 1.** Componente interno de máquinas cosechadoras fabricado en los talleres de la ELA “26 de Julio”.



Fuente: (elaboración propia).

## Materiales y métodos

La distribución en planta tiene un impacto importante y directo en la eficiencia de la producción y el nivel de productividad de los sistemas de manufactura; ProModel es un software para simulación que cuenta con herramientas de análisis y diseño que permiten conocer mejor el problema y alcanzar resultados más confiables respecto de las decisiones a tomar. El análisis y simulación del proceso de fabricación en los talleres de la ELA “26 de Julio” contribuirá al mejoramiento del proceso productivo; su representación se puede apreciar en la Figura 2.

El software ProModel se basa en la tecnología de simulación de eventos discretos que se utiliza para planificar, diseñar y mejorar la fabricación nueva o existente, la logística y otros sistemas operacionales; proporciona la oportunidad de probar nuevas ideas para el diseño o la mejora de procesos y sistemas antes de comprometer el tiempo y los recursos necesarios para construir o modificar el sistema real (Phanden et al., 2021).

Figura 2. Representación en ProModel del proceso de fabricación en los talleres de la ELA “26 de Julio”.



Fuente: (elaboración propia).

## Resultados y discusión

Para el análisis y simulación del proceso de fabricación en los talleres de la ELA “26 de Julio”, realizada con el software ProModel Versión 9.3, se tomó como referencia la estructuración del Diagrama de flujo del proceso de fabricación de un componente interno de las máquinas cosechadoras; dicho diagrama se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de fabricación del componente interno de las máquinas cosechadoras.



Fuente: (elaboración propia).

Los resultados obtenidos para el análisis de carga capacidad, a partir de la simulación realizada con el software ProModel, se pueden apreciar en la Figura 4, en ellos se evidencian que la operación de ensamble ocupa el mayor tiempo operacional, siendo de un 92.47% del tiempo total de fabricación. Los equipos de Cizalla, Cizalla Manual y Doblado Press Base, se encuentran inoperativos la mayor parte del proceso, siendo su inactividad de un 87% del tiempo total de fabricación.

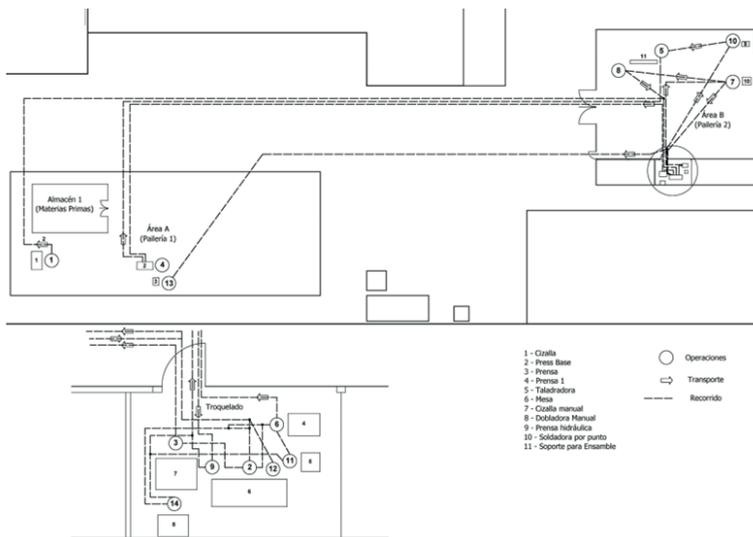
**Figura 4.** Análisis de carga capacidad con el software ProModel del proceso de fabricación del componente interno de las máquinas cosechadoras.



Fuente: (elaboración propia).

Se propone como posibles alternativas de solución implementar una nueva distribución en planta; dicha propuesta se muestra en la Figura 5. También se propone aumentar el número de trabajadores en el ensamblaje, para poder disminuir tiempo operacional.

**Figura 5.** Distribución en planta y recorrido de los talleres de la ELA "26 de Julio".



Fuente: (elaboración propia).

## Conclusiones

En la distribución en planta actual se viola el principio de integración debido a que los equipos que forman parte del proceso están muy distantes uno de otros en talleres distintos; se viola la circulación mínima debido a que los obreros tienen que desplazarse constantemente entre los dos talleres, evidenciándose un retroceso en el proceso. Se evidencia que la actual distribución en planta actual no es efectiva.

## Referencias bibliográficas

Cristian Fernando, P., & Diana Carolina, Q. (2022). Estado del arte sobre la aplicación de la industria 4.0 en los sistemas de planificación y control de operaciones. *Revista tecnológica ciencia y educación Edwards Deming*, 6(1), 92 - 116.

Koren, Y., Gu, X., & Guo, W. (2018). Reconfigurable manufacturing systems: Principles, design, and future trends. *Frontiers of Mechanical Engineering*(13), 121–136. doi:10.1007/s11465-018-0483-0

Phanden, R. K., Chhabra, J., Chaudhary, T., & Kaliramna, A. (2021, 2021/ /). *Improvements in Production Line Using ProModel© Simulation Software: A Case Study of Beer Beverage Company in India*. Paper presented at the Advances in Industrial and Production Engineering, Singapore.

Pierreval, H. (2018, 16-19 December 2018). *Integrated Simulation Optimization for Layout Problems*. Paper presented at the 2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Bangkok, Thailand.

Sharma, P., & Singhal, S. (2016). A review of objectives and solution approaches for facility layout problems. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 24(4), 469. doi:10.1504/IJISE.2016.080289

# HABILITADORES DIGITALES PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN EL CONTEXTO DE LA INDUSTRIA 5.0

Nieves Cuadrado<sup>1</sup>, Juan Ramón Lama<sup>1</sup>, Ana De Las Heras<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Área de proyecto de Ingeniería, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla

E-mail de correspondencia: ncuadrado@us

## Resumen

A pesar de que la prevención de riesgos laborales (PRL) es un aspecto crucial en el desarrollo de la actividad laboral, ya que implica la seguridad de los trabajadores, los continuos avances que se incorporan para optimizar la eficacia y eficiencia de los procesos industriales no siempre tienen una repercusión positiva en lo referente a la seguridad de los operarios.

Recientemente comienza a emerger un nuevo enfoque, la Industria 5.0 (I5.0), que trae de vuelta a los trabajadores a las plantas de producción, emparejará humanos y máquinas para utilizar aún más la capacidad intelectual y la creatividad humanas para aumentar la eficiencia de los procesos al combinar flujos de trabajo con sistemas inteligentes, además de usar mejor la tecnología para salvar el medioambiente y aumentar la sostenibilidad. (Nahavandi, S. ,2019).

La I5.0 pretende ser una evolución a partir de la Industria 4.0 (I4.0) (Rada 2018), en la I4.0 han surgido nuevas tecnologías que por un lado podrían estar generando nuevos riesgos, pero por otro, estas nuevas tecnologías se pueden utilizar

para mejorar el bienestar de los trabajadores e intentar reducir al máximo los accidentes o enfermedades laborales.

Por ello, es urgente conocer y estudiar todos estos nuevos habilitadores digitales e intentar aprovechar novedosas formas de trabajo para utilizarlos en la prevención de riesgos laborales y conseguir analizar e integrar al mismo tiempo, en cualquier sistema productivo, el uso de estos habilitadores digitales para conseguir una mayor producción y una mayor seguridad.

## **Introducción**

A pesar de que la prevención de riesgos laborales (PRL) es un aspecto crucial en el desarrollo de la actividad laboral, ya que implica la seguridad de los trabajadores, los continuos avances que se incorporan para optimizar la eficacia y eficiencia de los procesos industriales no siempre tienen una repercusión positiva en lo referente a la seguridad de los operarios, y en ciertos casos, puede incluso suponer nuevos desafíos a superar.

Históricamente, la producción ha recibido una mayor importancia que la seguridad, aunque más recientemente sí se ha tomado una mayor conciencia sobre la importancia de la salud y la seguridad en el trabajo (Arias Gallegos, 2012) pero parece que no es suficiente.

Ahora mismo, ya se empieza a encontrar referencia respecto a una nueva Revolución denominada Industria 5.0 (I 5.0) la cual *“no se basa en tecnologías, sino en valores recogidos bajo tres grandes enfoques: el Ser Humano, la Sostenibilidad y la Resiliencia. Este cambio de paradigma permite que la transformación tecnológica pueda diseñarse de acuerdo con las necesidades de la sociedad, no al revés”* (Agote Garrido, A., Martín-Gómez, A.M. y Lama-Ruiz, J.R., 2022) según esta definición, el principal objetivo de la Industria 5.0 son las personas, podríamos pensar entonces que se están teniendo en cuenta y por tanto no se van a producir o se van a reducir accidentes, enfermedades, stress, etc. Es pertinente plantear algunas cuestiones al respecto: ¿es así realmente?, ¿cuándo se habla de Industria 5.0 se está teniendo en cuenta la seguridad de los trabajadores?

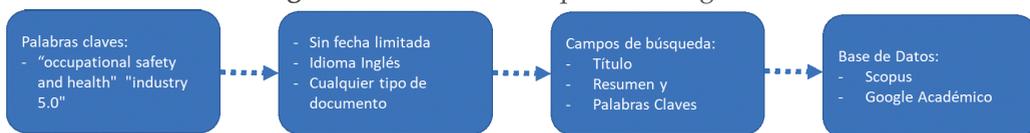
## Materiales y métodos

Con el fin de obtener una visión general de la producción científica sobre los aspectos relacionados con la prevención de riesgos laborales y la seguridad de los trabajadores en la Industria 5.0 se establecieron una serie de criterios para la búsqueda sistemática en dos fuentes de información que poseen un amplio reconocimiento y uso en el ámbito académico: "Google Académico" y "Scopus", siguiendo el proceso mostrado en la Figura 1.

Se accedió en agosto de 2022, tomándose como palabras claves de búsqueda "occupational safety and health" e "industry 5.0".

Del resultado de esta búsqueda se obtuvieron 107 documentos en Google Académico y un solo documento en Scopus, este documento único se encontraba también en Google Académico y aparecía en tercer lugar, en concreto se trata del artículo titulado: "Occupational Safety and Health 5.0 – A Model for Multi-level Strategic Deployment Aligned with the Sustainable Development Goals of Agenda 2030" (María Jesús Ávila-Gutierrez, Susana Suarez-Fernández de Miranda and Francisco Aguayo-González, 2022).

**Figura 1:** Proceso de búsqueda bibliográfica



**Fuente:** Elaboración propia

De un primer análisis se constata que muy pocos artículos realmente hablan de forma exhaustiva de la prevención de riesgos laborales en el contexto de la I5.0, ni de cómo asegurar que realmente estas nuevas tecnologías se gestionen teniendo en cuenta la seguridad de los trabajadores. Este análisis inicial lleva a creer necesario realizar una nueva búsqueda para investigar cómo se enfoca la prevención y la seguridad en el trabajo en la Industria 4.0. El procedimiento que se sigue es el mismo descrito en la Figura 1, con la diferencia que se cambian las palabras claves por Industria 4.0 en lugar de 5.0. En esta ocasión, el resultado de la búsqueda provee de 1810 artículos en Google Académico y 20 en Scopus. Por acortar el número de artículos, ya que el número era demasiado elevado

específicamente en Google Académico, se incluye una nueva restricción limitando el tipo de documentos en la búsqueda sólo a artículos de revisión, de tal forma que permita centrar más la investigación. Al incorporar este nuevo criterio los resultados fueron 221 artículos en Google Académico y uno en Scopus.

Se realiza un análisis cualitativo, con los resultados de las dos búsquedas anteriores, con el cual se crea una base de datos con un total de 125 artículos dividiéndolos en 7 grupos característicos, en función de la base principal de los artículos:

- Industria 4.0 (24)
- Industria 5.0 (38)
- Industria 4.0 y 5.0 (artículos donde aparecen relacionadas ambas revoluciones) (4)
- Nuevas tecnologías aplicadas a la seguridad (23)
- Legislación (6)
- Metodologías (15)
- Seguridad y Prevención (15)

## **Resultados y discusión**

Con la I 4.0 y en su evolución a I5.0 se pueden reducir los riesgos físicos, pero, sobre todo, la introducción de toda esta nueva tecnología aumentará los riesgos de tipo psicosocial (Vidales, C.G., 2019).

Se hace necesario conocer estas nuevas tecnologías (habilitadores digitales) para conocer tanto sus riesgos, como su posible potencial para utilizarlas en la prevención de riesgos laborales, en definitiva, en el bienestar de los trabajadores.

Son muchos estos nuevos habilitadores digitales o nuevas tecnologías, pudiendo destacar las siguientes ( Maddikunta, P. K. R., Pham, Q. V., Prabadevi, B., Deepa, N., Dev, K., Gadekallu, T. R., ... & Liyanage, M., 2022) (Oztemel, E., & Gursev, S., 2020) (Sun, S., Zheng, X., Gong, B., Garcia Paredes, J., & Ordieres-Meré, J., 2020):

- Big data, análisis de datos, Cloud computing, Internet de las cosas (IoT), Ciberseguridad
- Robótica, Robots colaborativos o cobots, Inteligencia Artificial (IA)
- Simulación y prototipado (Digital Twin), Realidad Virtual (VR), Realidad Aumentada (AR)
- Wearables
- Etc

De todas estas nuevas tecnologías ya se conocen muchos de los riesgos que llevan asociados, aunque es esperable que otros nuevos saldrán de posibles usos que se hagan de estas nuevas tecnologías, lo cuales ahora mismo ni siquiera se sea capaz de imaginar. De forma resumida podemos destacar los siguientes riesgos: (Montoro Osuna, E. M., Ávila Gutiérrez, M., & Aguayo González, F., 2019; Vidales, C. G., 2019; Rubio, J. M. L., 2017).

- Reacciones lentas ante situaciones peligrosas, asociadas a las tecnologías.
- Sometimiento al ritmo de trabajo marcado por la tecnología.
- Sedentarismo y posturas estáticas.
- Percepción demasiado “real” de una situación irreal.
- Tecnoestrés.
- Problemas cognitivos.
- Intromisión en la vida personal.
- Etc.

Pero al mismo tiempo, estas herramientas pueden eliminar o minimizar ciertos riesgos, mejorando las condiciones de trabajo (Puig, D. M., Alvarez, M. E. P., & González, F. A., 2018; Sun, S., Zheng, X., Gong, B., Garcia Paredes, J., & Ordieres-Meré, J., 2020):

- Uso de simuladores (realidad virtual, realidad aumentada, gemelo digital).
- Dispositivos móviles (eBeacons).
- Análisis de datos en tiempo real sobre qué ha pasado, qué podrá pasar y qué podremos hacer para que no ocurra.
- Supervisión de zonas peligrosas o de difícil acceso.
- Etc.

Esto hace que sea necesario el buscar formas de trabajo que aseguren que se tienen en cuenta todos estos riesgos, y que se tengan en cuenta los recursos humanos en la aplicación de estas nuevas tecnologías.

El nuevo paradigma de la Industria 5.0 parece que tiene todo lo necesario para poder conseguir esa reducción de accidentes laborales y mejorar el bienestar de los trabajadores, pero es necesario indagar respecto a cómo debe hacerse, cómo utilizar estas nuevas herramientas digitales para asegurar que se tengan en cuenta en la prevención y la seguridad de los trabajadores, al mismo tiempo que el interés general en ser más productivos.

Del análisis bibliográfico realizado se resaltan algunos enfoques y herramientas que ya existen o se están desarrollando en los que habrá que profundizar, algunas de ellas a destacar sería el "Value Sensitive Design" o Diseño sensible a valores (Agote, A., Martín A., Lama, J.R., 2022, Longo, F., Padovano, A., & Umbrello, S., 2020), "Total Interpretative Structural Modeling Technique" (TISM), (Kumar, R., Gupta, P., Singh, S., & Jain, D., 2021), "Technique to identify and characterize new and emerging risks" (TICHER) (Brocal, F., González, C., & Sebastián, M. A., 2018) y Ontología del stress humano (OSH), (Khoozani, E. N., & Hadzic, M., 2010)

Otro aspecto que será de gran importancia que habrá que analizar y tener en cuenta es si estos marcos de trabajo que habrá que implementar serán suficientes sin el apoyo de los legisladores, ahora mismo con las leyes actuales está realmente en manos de empresarios y trabajadores (Vidales, C.G. 2019).

Con esta nueva Industria 5.0 cuyo objetivo es que el trabajador sea el centro, los gobiernos están tomando conciencia de esta nueva situación surgida con la cuarta revolución industrial y la Unión Europea, en concreto, en su "Marco estratégico de la UE en materia de salud y seguridad en el trabajo 2021-2027", está marcando ya una serie de directrices necesarias a desarrollar en los próximos años, centrándose en tres objetivos transversales claves siendo uno de estos objetivos "el mejorar la prevención de los accidentes y las enfermedades en el lugar de trabajo"

## Conclusiones

La propuesta que se muestra en este trabajo permite conocer y estudiar todos estos nuevos habilitadores digitales y, con sus novedosas formas de trabajo, intentar utilizarlos orientados a la prevención de riesgos laborales. Conseguir al mismo tiempo una mayor producción y una mayor seguridad para los trabajadores en cualquier sistema productivo.

Existen una serie de enfoques actuales que podrían servir como base como posibles formas de trabajo a tener en cuenta en la Industria 5.0, uno de los que se está desarrollando es el “Value Sensitive Design” o Diseño Sensible a Valores.

También habrá que analizar y tener en cuenta si estos marcos de trabajo que habrá que implementar serán suficientes sin el apoyo de los legisladores, ahora mismo con las leyes actuales está realmente en manos de empresarios y trabajadores.

El reto existente es establecer un marco de trabajo que asegure que se tengan en cuenta los principios de la acción preventiva en todo el ciclo de vida de un proyecto: diseño, operación, mantenimiento y desmontaje en el entorno de la industria 5.0, el objetivo es evitar o minimizar al máximo cualquier tipo de accidente tanto físico como psicosocial, en el entorno de la Industria 5.0, poder limitar de manera anticipada cualquier tipo de riesgo y así poder evitar que se produzca cualquier tipo de daño y de cualquier nivel.

**Figura 2:** Puntos importantes en los marcos de trabajo para el desarrollo de la I 5.0 segura y sostenible



**Fuente:** Elaboración propia

## Agradecimientos

Me gustaría mostrar mi más sincero agradecimiento a mis dos tutores Dr. Juan Ramón Lama Ruiz y Dra. Ana María de las Heras García de Vinuesa por su apoyo, dedicación y paciencia en este casi año de trabajo, también a la Universidad de Sevilla, y más concretamente a la Escuela Politécnica Superior, dándome la oportunidad de participar en estas jornadas.

## Referencias bibliográficas

Agote Garrido, A., Martín-Gómez, A.M., y Lama-Ruiz, J.R. (2022). Oportunidades y valores de la industria 5.0 en la gestión de la prevención de riesgos laborales. En *Sinergías en la investigación en STEM* (pp. 203-212). Alcoy (Alicante): 3ciencias.

Arias Gallegos Walter Lizandro (2012) Revisión Histórica de la Salud Ocupacional y la Seguridad Industrial. *Revista Cubana de Salud y Trabajo* 2012;13(3):45-52

Brocal, F., González, C., & Sebastián, M. A. (2018). Technique to identify and characterize new and emerging risks: A new tool for application in manufacturing processes. *Safety science*, 109, 144-156.

European Commission EU Occupational Safety and Health (OSH). Strategic Framework 2014–2020—Employment, Social Affairs & Inclusion consultado el 9-08-2022, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0323&qid=1626089672913#PP1Contents>

Khoozani, E. N., & Hadzic, M. (2010). Designing the human stress ontology: A formal framework to capture and represent knowledge about human stress. *Australian Psychologist*, 45(4), 258-273.

Kumar, R., Gupta, P., Singh, S., & Jain, D. (2021). Human empowerment by industry 5.0 in digital era: analysis of enablers. In *Advances in Industrial and Production Engineering* (pp. 401-410). Springer, Singapore.

Longo, F., Padovano, A., & Umbrello, S. (2020). Value-oriented and ethical technology engineering in industry 5.0: A human-centric perspective for the design of the factory of the future. *Applied Sciences*, 10(12), 4182.

- Maddikunta, P. K. R., Pham, Q. V., Prabadevi, B., Deepa, N., Dev, K., Gadekallu, T. R., ... & Liyanage, M. (2022). Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. *Journal of Industrial Information Integration*, 26, 100257.
- Montoro Osuna, E. M., Ávila Gutiérrez, M., & Aguayo González, F. (2019). La digitalización de la prevención de riesgos laborales. Una aproximación para la PRL 4.0.
- Nahavandi, S. (2019). Industry 5.0—A human-centric solution. *Sustainability*, 11(16), 4371.
- Oztemel, E., & Gursev, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(1), 127-182.
- Puig, D. M., Alvarez, M. E. P., & González, F. A. (2018). Optimización de sistemas de prevención de riesgos laborales en entornos de trabajo conectados e inteligentes. Aplicación a la construcción 4.0. In IV jornada de investigación y postgrado (pp. 249-258). 3ciencias.
- Rada Michael (2018) Industry 5.0- Evolution, not Revolution, consultado el 13 de enero de 2022 <https://michael-rada.medium.com/industry-5-0-evolution-not-revolution-b4a7bdb3dfc1>
- Rubio, J. M. L. (2017) El factor humano en Industria 4.0. Una nueva lectura de los riesgos psicosociales.
- Sun, S., Zheng, X., Gong, B., Garcia Paredes, J., & Ordieres-Meré, J. (2020). Healthy operator 4.0: A human cyber-physical system architecture for smart workplaces. *Sensors*, 20(7), 2011.
- Vidales, C. G. (2019). Seguridad y salud de los trabajadores 4.0. *International Journal of Information Systems and Software Engineering for Big Companies*, 6(1), 123-131.

# INTEGRATION OF MACHINE LEARNING AND MULTI-OBJECTIVE ANALYSIS FOR THE DIAGNOSIS OF PRODUCTION IN MACHINE WORKSHOPS WITH DYNAMIC BEHAVIORS

**Hiovanis Castillo-Pantoja<sup>1\*</sup>, Lidia María Pérez-Vallejo<sup>2</sup>, Enrique Ernesto Zayas-Figueras<sup>3</sup> y Roberto Pérez-Rodríguez<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *University of Holguín, CAD/CAM Study Centre, Holguín, Cuba.*

<sup>2</sup> *University of Holguín, Industrial Engineering Faculty, Holguín, Cuba.*

<sup>3</sup> *Universitat Politècnica de Catalunya (BarcelonaTech), Mechanical Engineering Department, Barcelona, Spain*

E-mail de correspondencia: [sotosilva74@gmail.com](mailto:sotosilva74@gmail.com)

## **Abstract**

In modern production processes, information is increasingly transparent, detailed and instantaneous. Its use for manufacturing analysis and decision-making has been limited by the absence of new methods for analyzing production systems, especially in dynamic environments. In this work, a new diagnostic model based on the integration of machine learning with multi-objective analysis in machining workshops with dynamic behaviors is proposed. The management of the machining process, the grouping and the hierarchy of the most relevant data for the different manufacturing variants is used, which allows a better optimization of the production tasks. This avoids the variation of the productive flows and the delays in the achievement of the works.

## Introduction

From the digitization of data in the manufacturing industry, a great progress in integrating artificial intelligence is observed. Learning methods and optimization are complemented to the production processes, and by detecting the lack of resources, it induces the growing acceptance. The following work shows the integrated application of the machine learning method with multi-objective analysis in the diagnosis in machining shops with dynamic behaviors. The changes that occur in the machining parameters are taken as a characteristic that underlies this analysis. In order to improve these parameter changes that can affect the production lines, the process management is used from a better optimization of the production tasks to be undertaken, which avoids affecting the production flows and delays in the completion of the work.

## Materials and methods

The data of 54 tests for turning of AISI 316L steel is taken, giving the main machining parameters. The machine tool is "HAAS ST10 CNC" with a capacity of 356 x 406 mm, 11.2 kW of power and 6000 rpm. The cutting tool used is BIDE-ICS" RNGN 92120700E004 JX1 with ceramic aggregate. WEKA application to perform unsupervised machine learning with the KMeans algorithm. In the experiment with the turning operation of AISI 316L steel, the nomenclature: lubrication regime MQL(-1), dry(1), cutting speed with three values  $V_c$ ; m/min(200,300,400; 1,0,-1), feed rate  $f$ ; mm/rev (0.1, 0.15, 0.2 mm) are used as independent variables.

## Results and discussions

The data collection for the turning process was based on the research of (del Risco Alfonso, 2021). The results of the experiment used with factorial arrangement is showed on Table 1.

Table 1. Results of the experiment used with factorial arrangement.

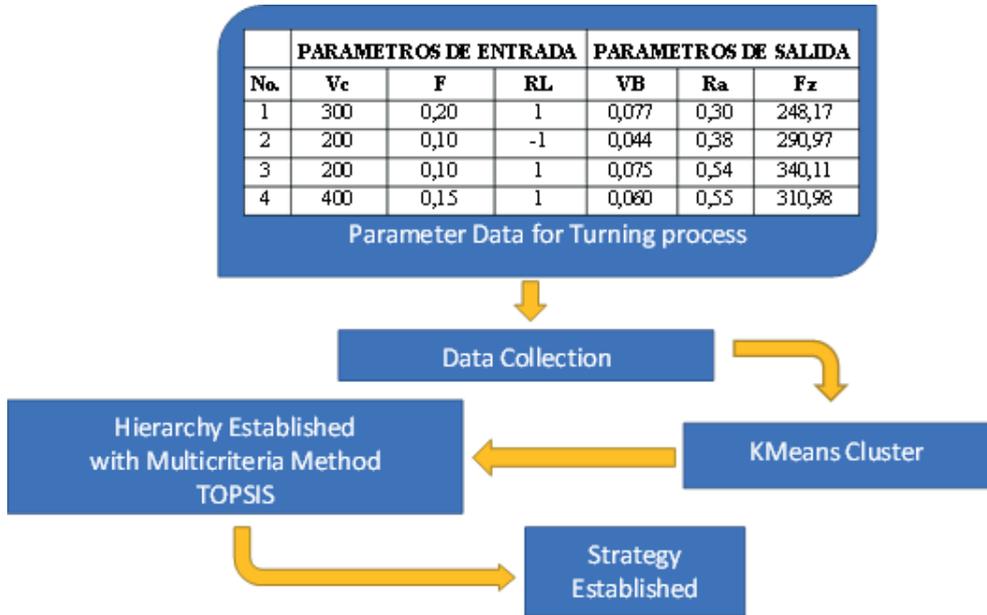
No.	PARAMETROS DE ENTRADA			PARAMETROS DE SALIDA			No.	PARAMETROS DE ENTRADA			PARAMETROS DE SALIDA		
	Vc	F	RL	VB	Ra	Ex		Vc	F	RL	VB	Ra	Ex
1	300	0,20	1	0,077	0,30	248,17	28	300	0,20	1	0,076	0,41	240,30
2	200	0,10	-1	0,044	0,38	290,97	29	200	0,20	1	0,096	0,33	220,81
3	200	0,10	1	0,075	0,54	340,11	30	400	0,15	-1	0,055	0,48	290,72
4	400	0,15	1	0,060	0,55	310,98	31	300	0,15	1	0,074	0,49	288,98
5	300	0,20	-1	0,054	0,30	229,22	32	400	0,20	1	0,063	0,57	289,99
6	400	0,20	1	0,062	0,53	290,87	33	200	0,15	1	0,091	0,40	285,01
7	400	0,10	1	0,050	0,67	383,81	34	400	0,15	1	0,061	0,58	319,90
8	200	0,15	1	0,080	0,38	280,70	35	200	0,15	-1	0,050	0,34	222,40
9	300	0,10	1	0,064	0,66	348,49	36	300	0,10	-1	0,049	0,42	290,26
10	200	0,20	1	0,097	0,30	224,27	37	300	0,20	-1	0,052	0,30	237,05
11	400	0,20	-1	0,046	0,47	242,89	38	200	0,10	1	0,078	0,52	345,55
12	300	0,10	-1	0,048	0,43	291,04	39	300	0,15	-1	0,041	0,44	260,38
13	300	0,15	-1	0,053	0,41	261,82	40	300	0,10	1	0,073	0,64	351,78
14	400	0,10	-1	0,041	0,52	330,37	41	300	0,10	-1	0,049	0,44	288,00
15	200	0,15	-1	0,049	0,33	215,91	42	400	0,10	1	0,061	0,66	379,04
16	400	0,15	-1	0,044	0,49	288,87	43	200	0,20	-1	0,064	0,26	205,63
17	200	0,20	-1	0,058	0,25	200,28	44	300	0,15	1	0,072	0,51	292,54
18	300	0,15	1	0,074	0,52	280,48	45	400	0,20	1	0,064	0,55	225,29
19	400	0,20	-1	0,048	0,48	229,63	46	300	0,20	1	0,076	0,37	244,65
20	200	0,10	1	0,087	0,50	344,89	47	400	0,20	-1	0,030	0,46	233,31
21	400	0,10	-1	0,037	0,51	344,18	48	400	0,15	-1	0,038	0,49	285,02
22	300	0,15	-1	0,051	0,42	263,77	49	200	0,20	1	0,088	0,31	223,08
23	300	0,20	-1	0,050	0,32	231,41	50	400	0,15	1	0,060	0,54	314,86
24	400	0,10	1	0,058	0,68	384,66	51	200	0,15	-1	0,068	0,33	218,83
25	300	0,10	1	0,070	0,68	346,43	52	200	0,15	1	0,082	0,42	284,35
26	200	0,10	-1	0,048	0,40	292,39	53	200	0,10	-1	0,071	0,37	296,17
27	200	0,20	-1	0,056	0,29	202,39	54	400	0,10	-1	0,041	0,53	332,12

Source: (del Risco Alfonso, 2021).

Subsequently, the strategy is established through four steps (Figure 1).

- Step 1. Data Collection.
- Step 2. Data Preparation.
- Step 3. Clustering.
- Step 4. Established hierarchy.

Figure 1. Strategy is established through four steps.



Source: Authors.

The cluster was established by applying the Weka application, the result is show in Table 2. Was determined two groupings with a relative frequency of clusters 1 and 2 of 67 % and 33 % respectively.

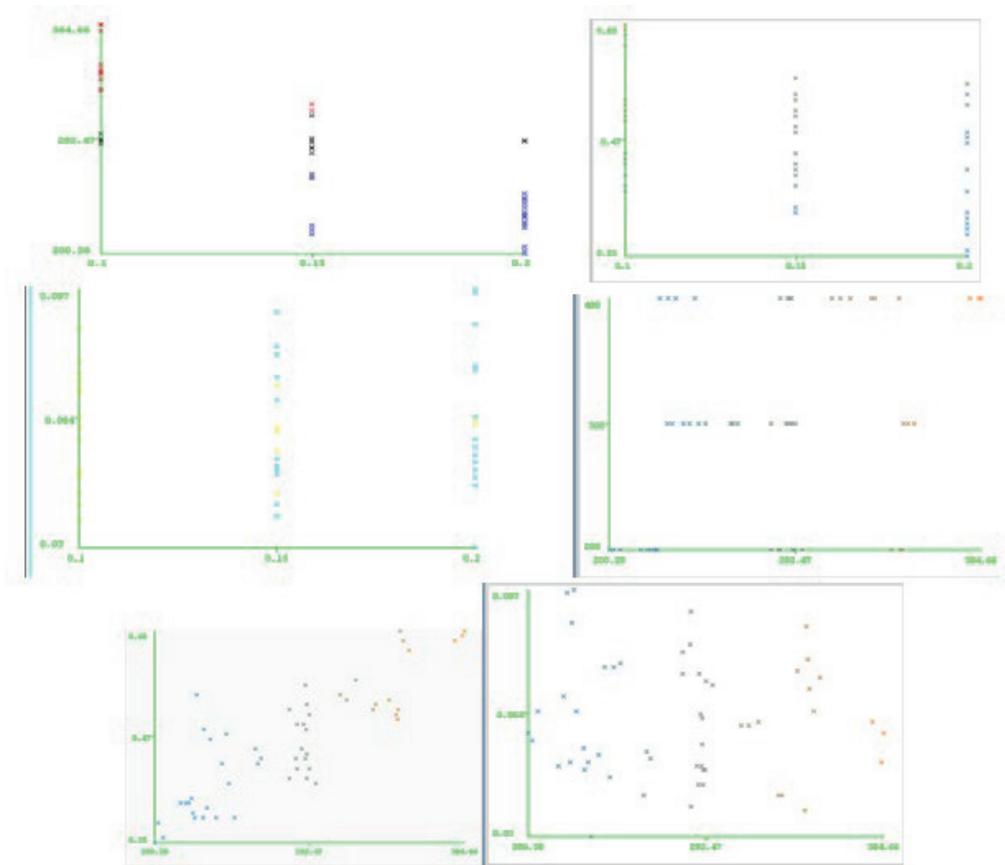
Table 2. Clustering results and parameter values for turning processes.

Clúster 1					
Vc	F	RL	VB	Ra	Fz
333.33	0.1333	0	0.0567	0.5147	304.18
Clúster 2					
Vc	F	RL	VB	Ra	Fz
233.33	0.1833	0	0.0702	0.33	234.13

Source: Authors.

Through the WEKA visualization screen, the relationship of the analyzed instances is determined, obtaining a better interpretation (Figure 2).

**Figure 2.** Chart of the relationship of instances obtained in WEKA.



**Source:** Authors.

When applying the TOPSIS multicriteria method, it was established that from the two clusters and from the normalized matrix, the weights of the variables  $V_B=0.410$ ,  $R_a=0.398$  and  $F_z=0.192$  are determined. The four steps of the TOPSIS method were calculated, and as a result it was obtained that the alternative of cluster No. 2, with the parameters of Table 2, is the best one that guarantees the quality in the finishing of the part at the lowest production cost.

**Table 3.** Results of the application of the TOPSIS multi-criteria method.

A+	0.00006	0.00032	0.09593
A-	0.00004	0.00028	0.09140

d+	d-
0.00262	0.00002
0.00262	0.05538

$\Sigma d+$	$\Sigma d-$
0.00262	0.00002
0.00262	0.05538

Cci	Rank
0.0088	2
0.9549	1

Source: Authors.

## Conclusions

The methodology presented achieved the proposed objective as a tool to improve the management of machining parameters in workshops. By using the combination of machine learning, specifically the unsupervised method in determining clusters of parts manufacturing data and then applying the TOPSIS multicriteria method, the best alternative of the clusters for the manufacture of parts, with the best cost and quality of production, is determined by hierarchical order. The research can be used with other ways of multicriteria analysis and establish a comparison of its effectiveness.

## Bibliographic references

- A. M. Horr, "Optimization of Manufacturing Processes Using ML-Assisted Hybrid Technique," *Manufacturing Letters*, vol. 31, pp. 24-27, 2022.
- R. del Risco Alfonso, "Estudio experimental y optimización del régimen de corte durante el torneado con herramientas BIDE MICS del acero AISI 316L con fines biomédicos", octubre de 2021, Universidad de Holguín, Cuba.
- R. Teti, P. Le Masson, M. Matsumoto, and A. M. M. S. Ullah, "Special Issue on Intelligent Computation in Design and Manufacturing," *International Journal of Automation Technology*, vol. 12, pp. 273-274, 2018.

# PROYECCIÓN DEL OLAJE EN LAS COSTAS CUBANAS A PARTIR DE UN ENSEMBLE MULTIMODELO DE CMIP5

**Axel Hidalgo Mayo<sup>1\*</sup>, Ida Mitrani Arenal<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Centro Meteorológico Provincial de Holguín, Instituto de Meteorología, Holguín, Cuba y Universidad de Holguín, Holguín, Cuba

<sup>2</sup> Centro de Física de la Atmósfera, Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba

\*E-mail de correspondencia: axel.hidalgom@gmail.com

## Resumen

El presente trabajo tiene como fin la proyección del oleaje en las costas cubanas para el mediano (2041-2070) y largo plazo (2071-2100) en base a un ensemble multimodelo de CMIP5 empleando los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. Se emplearon los datos de las estaciones costeras cubanas y de la boya 42056, el reanálisis atmosférico ERA5 y los modelos ACCESS 1.0, GFDL-ESM2M, HadGEM-ES, HadGEM-CC, MIROC5 y MPI-ESM-LR de CMIP5. Como métodos se utilizaron el downscaling estadístico, la corrección BIAS y la interpolación bilineal. Como resultados se obtuvo el cambio de la altura significativa de la ola ( $H_{sig}$ ) mediante el downscaling estadístico y el la corrección BIAS para el mediano y largo plazo respecto al período base 1976-2005. La regresión múltiple utilizada para estimar  $H_{sig}$  en función de la velocidad del viento y la presión a nivel del mar arrojó un coeficiente de determinación del 83%, una desviación estándar residual de 0.57 y un error cuadrático medio de 0.28 respectivamente. Se concluye que para el escenario RCP8.5, en el mediano y largo plazo, todas las costas

cubanas tendrían incrementos de Hsig por encima del 90 percentil del período base entre un 15-20%, excepto en el sur la región oriental de Cuba.

## **Introducción**

El estudio del clima futuro implica el análisis de la variabilidad climática y el uso de las proyecciones de los modelos climáticos globales (GCM, por sus siglas en inglés), los cuales tienen en cuenta los cambios en el sistema climático global ante distintos escenarios de concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera.

En el caso de Cuba, las investigaciones relacionadas con el cambio climático en zonas costeras se resumen en los trabajos de (Planos et. al, 2013; Planos y Gutiérrez, 2020), aunque la mismas han estado referidas fundamentalmente al ascenso del nivel medio del mar.

## **Materiales y métodos**

Se utilizaron los datos de las estaciones costeras cubanas: Cabo San Antonio, Cayo Coco, Cabo Cruz, Cabo Lucrecia y Punta de Maisí, así como la boya oceanográfica 42056 a partir de <https://dods.ndbc.noaa.gov/>. Además, se trabajó con los datos de la altura significativa de la ola del reanálisis ERA-5 disponibles en <http://cds.climate.copernicus.eu>.

Para las proyecciones de cambio climático se emplearon los escenarios de concentración de GEI intermedios (RCP4.5) y muy altos (RCP8.5) de los GCM provenientes del proyecto CMIP5 a través de <https://esgf-node.llnl.gov/search/cmip5/>, de las variables presión a nivel del mar (psl), sfcWind (viento cercano en superficie) del ensamble de los seis modelos climáticos globales: ACCESS 1.0, GFDL-ESM2M, HadGEM-ES, HadGEM-CC, MIROC5 y MPI-ESM-LR.

El ETCCDI (Grupo de Expertos sobre Índices y Detección de Cambio Climático, por sus siglas en inglés) desarrolló varios índices climáticos extremos para la detección y atribución del cambio climático en el clima marino futuro a partir de

Hsig, los cuales fueron aplicados por (Morim et al., 2021). De estos índices, en esta investigación se empleó el porcentaje de días donde Hsig. > 90 percentil del período base.

El procesamiento estadístico y la salida de los resultados se obtuvo mediante la combinación de los software Grads (COLA, 2018), CDO (Schulzweida, 2020) y RStudio (RStudio Team, 2020) todos sobre el sistema operativo Linux.

## **Resultados y discusión**

En la presente investigación la regresión multivariada para la estimación de Hsig en función de psl y sfcWind resultó significativa para el nivel de significación del 5%, arrojando un ECM=0.28, una desviación estándar residual de 0.57 m y un coeficiente de determinación del 83%. Para ello se correlacionó el modelo de regresión respecto a la boya 42056 durante el período septiembre-diciembre 2005 (117 días), excluyendo los valores atípicos extremos (rango intercuartílico supera tres veces al tercer cuartil), en este caso los superiores a 3.58 m, los cuales coinciden con los ocurridos al paso del Huracán Wilma entre el 20-24 de octubre), por ser el único período ininterrumpido con que cuenta la serie que incluye el período histórico de los GCM.

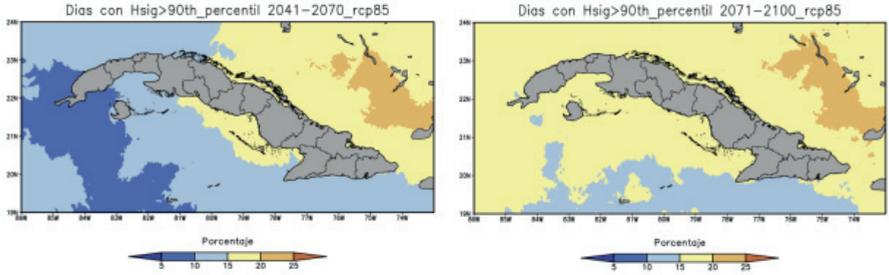
La validación realizada para el período 2011-2017 (81 meses) arrojó mejores valores para el escenario RCP4.5 que para el RCP8.5 con un coeficiente de correlación de Pearson, un ECM y una desviación estándar residual de 0.703, 0.056 y 0.039 por 0.660, 0.059 y 0.048 por ese orden.

### **Indicadores extremos de cambio climático en base a Hsig**

Los días con altura de la ola significativa por encima del 90 percentil respecto al período base no muestran diferencias marcadas para ambos escenarios climáticos durante el mediano plazo; sin embargo, para el largo plazo estas son más manifiestas, incluso con diferencias respecto al período 2041-2070 para todas las costas cubanas con excepción de la norte-oriental (Figura 1). Para el escenario RCP8.5 todas las costas cubanas tendrían incrementos en este indicador extremo 15-20 %, excepto el Sur de la región oriental de Cuba. Estos resultados parecen indicar que el clima marino cubano se estaría transitando a ser más extremo, ya

que los cambios medios de esta variable no son significativos, no obstante, los valores extremos sí.

**Figura 1.** Días por Hsig>90 percentil en el mediano plazo (izquierda) y en el largo plazo (derecha) para el escenario RCP8.5 respecto al período base 1976-2005.



Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

La altura significativa de la ola, no presentaría cambios estadísticamente significativos para el nivel de significación de 5 % para ninguno de los dos los escenarios climáticos ni para el mediano y largo plazo. Sin embargo, los días con altura de la ola significativa por encima del 90 percentil respecto al período base aunque no muestran diferencias marcadas para ambos escenarios climáticos durante el mediano plazo, en el largo plazo estas son significativas, incluso con diferencias respecto al período 2041-2070 para todas las costas cubanas con excepción de la norte-oriental.

## Agradecimientos

Se agradece al Programa de I+D "Meteorología y Desarrollo Sostenible" de la República de Cuba por haber financiado el proyecto "Proyección de las inundaciones costeras en el archipiélago cubano" en el marco del cual se realizó esta investigación.

## Referencias bibliográficas

COLA. (2018). Grid Analysis and Display System (Grads) (2.2.1) [Linux]. Virginia, United States: George Mason University.

Morim, J., Vitousek, S., Hemer, M., Reguero, B., Erikson, L., Casas-Prat, M., Wang, X. L., Semedo, A., Mori, N., Shimura, T., Mentaschi, L., & Timmermans, B. (2021). Global-scale changes to extreme ocean wave events due to anthropogenic warming. *Environmental Research Letters*, 16(7), 074056-0740565. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1013>

Planos, E. O., Rivero, R., & Guevara, V. (Eds.). (2013). *Impactos del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba*. La Habana, Cuba: Editorial AMA.

Planos, E., O., & Gutiérrez, T., L. (Eds.). (2020). *Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. La Habana, Cuba: AMA Sello Editorial.

RStudio Team. (2020). RStudio: Integrated Development for R. (3.6.3) [Linux]. Boston, United States: R Foundation for Statistical Computing.

Schulzweida, U. (2020). Climate Data Operator (1.9.9) [Linux]. Hamburg, Germany: Max Planck Institute of Meteorology.

# THE BRAINSTEM AND CEREBELLUM ATROPHY ESTIMATION IN SCA2 PATIENTS BASED ON CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS

**Robin Cabeza-Ruiz<sup>1,\*</sup>, Luis Velázquez-Pérez<sup>2,3</sup>, Alejandro Linares-Barranco<sup>4,5,6</sup>  
Roberto Pérez-Rodríguez<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> CAD/CAM Study Centre, University of Holguin, Holguin, Cuba

<sup>2</sup> Cuban Academy of Sciences, Havana, Cuba

<sup>3</sup> Centre for the Research and Rehabilitation of Hereditary Ataxias, Holguin, Cuba

<sup>4</sup> Robotics and Tech. of Computers Lab, University of Seville, Seville, Spain

<sup>5</sup> Escuela Politécnica Superior (EPS), University of Seville, Seville, Spain

<sup>6</sup> Smart Computer Systems Research and Engineering Lab (SCORE), Research Institute of Computer Engineering (I3US), University of Seville, Seville, Spain

\*Correspondence e-mail: robbinc91@uho.edu.cu

## **Abstract**

Spinocerebellar ataxia type 2 (SCA2) is a rare disease which causes progressive degeneration in the cerebellum and brainstem of patients. Magnetic resonance images (MRIs) have been widely used to describe and find atrophy levels at different stages of the disease. The estimation of such atrophy is generally made by segmenting the cerebellum and brainstem from the MRIs, which can be a tedious and time – consuming task. In recent years, convolutional neural networks (CNNs) have been successfully applied to medical image segmentation fields, being capable of correctly segment MRIs with a great speed. In this study, we measured the atrophy on SCA2 patients by comparing against healthy control

values. We used convnets to segment brainstem and cerebellum of patients, pre-symptomatic carriers, and healthy controls. Results show that CNNs can be an effective tool for increasing speed in neurological tests, allowing specialists to attend more patients in shorter time periods.

## **Introduction**

The brainstem and cerebellum play an essential role in critical tasks, like motor coordination and cognition. Diseases like spinocerebellar ataxias (SCAs) are known to cause an important damage in the cerebellum and brainstem, conducting patients to progressive loss in such functions, and, in some cases, to premature death (Klockgether, Mariotti, & Paulson, 2019). The damage caused by SCAs can be appreciated in a constant loss of tissue in such organs. Being capable of estimate that tissue loss, allows specialists to obtain some important characteristics from the patients, and from the disease itself.

Manual segmentation of magnetic resonance imaging (MRI) is a complex task, and can be a very long process. That makes toe studies impossible if the number of images is important. For that reason, computational tools are required for perform those processes in an automatic manner.

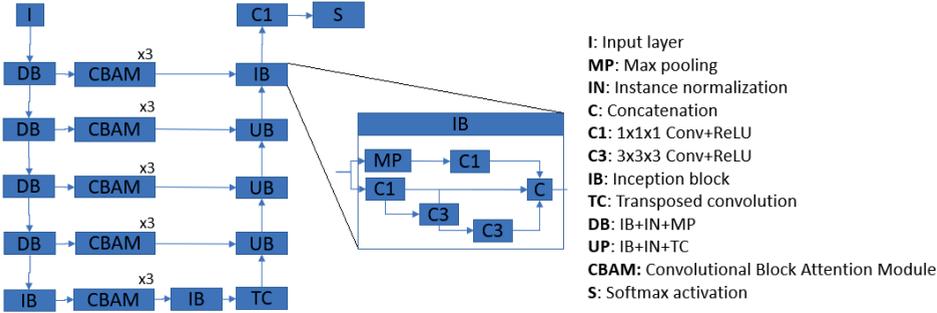
In this research we propose the use of convnet as an auxiliar tool for volumetric comparison on brainstem and cerebellum of SCA2 patients. Our model takes an MRI as input, and obtains separated labels for medulla oblongata, pons with superior cerebellar peduncle, midbrain and cerebellum. The proposed architecture uses inception and attention blocks, allowing the system to produce high-quality segmentations.

## **Materials and methods**

The proposed method is an improvement of the model proposed in(Cabeza-Ruiz, Velázquez-Pérez, Linares-Barranco, & Pérez-Rodríguez, 2022), but some attentions blocks have been added in the middle section of the main architecture. The data from every skip connection is treated by three consecutive Convolutional Block Attention Modules (CBAM) (Woo, Park, Lee, & Kweon, 2018).

Figure 1 shows the main architecture, and figure 2 shows the architecture of the CBAM.

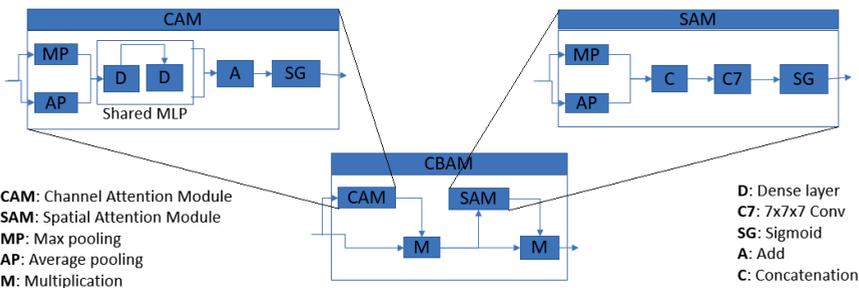
Figure 1. General architecture.



The used cohort consists of 36 T1-weighted brain MRIs, obtained from the Cuban Neurosciences Centre. The images correspond to 23 people (four controls, five presymptomatic carriers, and 14 patients with diagnosed SCA2).

As preprocessing, all images were passed through a bias field correction step (BFC), using N4 method. After BFC, a registration was made to MNI 152 space. Finally, a histogram equalization was made. All images were cropped to dimensions of (128×128×96). The selected crop area is the average position of the brainstem and cerebellum on the training subset. As a postprocessing step, only a largest connected components algorithm was applied.

Figure 2. Convolutional Block Attention Module.

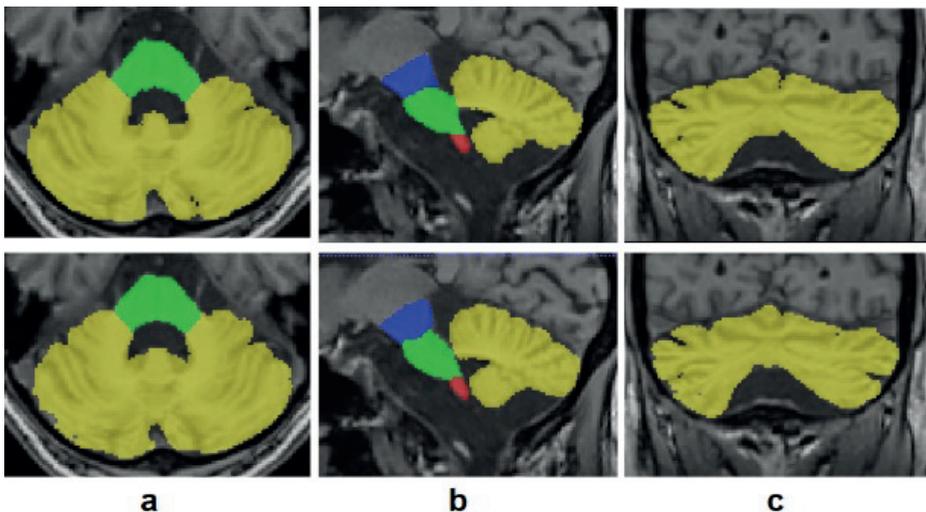


The model was trained with 20 MRIs, leaving five for validation and 11 for testing. With the resultant masks, volumetrics comparisons were performed between healthy controls, presymptomatic carriers, and SCA2 patients. Dice score was the measure used for evaluations.

## Results and discussion

Figure 3 shows an example of the output produced by our network compared against an original segmentation. It can be appreciated that both segmentations are very alike, with some minor differences in the borders.

**Figure 3.** Example of segmentation. Original masks (top) vs CNN segmentations (bottom). Axial (a), sagittal (b) and coronal (c) views. Labels are: medulla oblongata (red), pons (green), mid-brain (blue) and cerebellum (yellow)



Mean dice scores for medulla oblongata, pons, midbrain and cerebellum were 0.91, 0.93, 0.91 and 0.95, respectively. Table 1 shows the mean values of the calculated volumes.

**Table 1.** Comparing mean volumes obtained from the segmentations with volumes calculated from real segmentations. Volumes are expressed as a percentage of the total intracranial volume. H: healthy control, C: presymptomatic carrier, P: patient.

Label	Mean volume (real)			Mean volume (segmented)		
	H	C	P	H	C	P
----						
<b>Brainstem</b>	1.26	0.95	0.69	1.14	0.92	0.67
<b>Cerebellum</b>	5.87	5.48	4.99	5.78	5.48	5.08

Despite not all mean values are exactly the same, we consider that the outputs are consistent with each group. However, a bigger architecture should be tested, in order to fully measure the CNNs capabilities.

The sample segmentation image and the segmentation evaluations allow to state that convnets are capable of segmenting cerebellar fissures from T1-weighted MRIs. Such results can be used to perform volumetric comparisons between patients and healthy controls, allowing to approximate the atrophy level in the patients.

## Conclusions

We have proposed a CNN architecture for segmenting brainstem and cerebellum brain MRIs. The method produces good segmentations, allowing to perform volumetric analysis. Volumetric comparisons showed that MRI can be an important tool for estimating brainstem and atrophy in patients with SCA2.

## References

- Cabeza-Ruiz, R., Velázquez-Pérez, L., Linares-Barranco, A., & Pérez-Rodríguez, R. (2022). Convolutional Neural Networks for Segmenting Cerebellar Fissures from Magnetic Resonance Imaging. *Sensors*, 22(4), 1345. Retrieved from <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s22041345>
- Klockgether, T., Mariotti, C., & Paulson, H. L. (2019). Spinocerebellar ataxia.

*Nature Reviews Disease Primers*, 0123456789, 1–21. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/s41572-019-0074-3>

Woo, S., Park, J., Lee, J., & Kweon, I. S. (2018). CBAM: Convolutional Block Attention Module. In *Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV)* (pp. 3–19).

# ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA SOCIAL PARA PRODUCTOS INDUSTRIALES: ESTADO DEL ARTE Y LA TÉCNICA.

M<sup>a</sup> Carmen Mármol<sup>1</sup>, Amanda Martín<sup>1</sup>, M<sup>a</sup> Estela Peralta<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Ingeniería del Diseño, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla*

E-mail de correspondencia: marmarvid@alum.us.es

## Resumen

Los esfuerzos por lograr un desarrollo sostenible requieren de herramientas de análisis de impactos sociales cuantitativas y fiables en las que apoyar la toma de decisiones. Entre estas herramientas, la más conocida y exhaustiva es el Análisis de Ciclo de Vida Social (ACVS), sin embargo, no se encuentra estandarizada. Este estudio investiga el estado del arte y la técnica del ACVS, así como los marcos e indicadores propuestos, y su discusión en términos de su fiabilidad y aplicación en el ámbito del producto industrial. Para ello, se toma de referencia el marco de ACVS más usado, el propuesto en las guías de UNEP-SETAC en 2009 (UNEP & SETAC, 2009), ampliadas en 2020 (UNEP & SETAC, 2020). Los resultados muestran que, en general, los indicadores no cubren las actualizaciones del 2020, que existe disparidad entre los stakeholders y que los indicadores de impacto positivo son cualitativos o no se encuentran desarrollados. Además, entre los indicadores cuantitativos, son bastante comunes los indicadores genéricos, menos fiables que los primarios. Finalmente, se concluye que la metodología ACVS aún no está suficientemente desarrollada, planteándose la necesidad de una propuesta de marco de indicadores enfocado a los productos industriales

que incluyan las actualizaciones de las guías y considere los impedimentos resultados del estudio.

## **Introducción**

Los esfuerzos por lograr el desarrollo sostenible requieren herramientas de análisis de impacto social cuantitativas y confiables para apoyar la toma de decisiones. Entre estas herramientas, la más conocida y exhaustiva es el Análisis de Ciclo de Vida Social (SLCA), sin embargo, no se encuentra estandarizado. Es por ello que el objetivo de dicho proyecto trata de analizar el estado actual del ACVS, así como los marcos e indicadores propuestos en el campo de los productos industriales.

## **Materiales y métodos**

Se realiza una revisión bibliográfica a través de la base de datos “dimensions”, introduciendo las palabras clave “Social Life Cycle Assessment” y “Products”. Se obtienen 3039 artículos datados desde 1990 hasta noviembre del 2021, los cuales se usan de forma directa para un primer estudio bibliométrico (p. ej. “número de publicaciones por año”). A continuación, se realiza un tesoro de palabras clave y una revisión crítica de una muestra aleatoria a partir de la muestra anterior. Esta se registra en una tabla atendiendo a las variables de “importancia para el estudio”, descartando las menos relevantes, y “naturaleza del documento” (artículos teóricos, metodológicos, sobre indicadores sociales, sobre casos de estudio e informes y normativas). Concluyen 117 documentos. A partir de dicha muestra, y apoyado en una exploración web, se completa el estado de la técnica del ACVS. Finalmente, se realiza un estudio comparativo de distintos marcos de indicadores con el propuesto en las guías de UNEP-SETAC y se extrae una muestra de 172 indicadores a partir de 9 publicaciones representativas de la muestra anterior, los cuales son analizados en función de su naturaleza cuantitativa y relación con los productos industriales.

## Resultados y discusión

### Estado del arte del ACVS

Los resultados obtenidos del estudio bibliométrico nos dan una imagen del panorama general actual del ACVS, siendo principalmente los siguientes:

- El ACVS es un tema de actualidad, se muestra tanto en las citas por año de publicación como en las publicaciones por año, donde la tendencia es en aumento.
- El campo de investigación con más publicaciones es “ingeniería”, mientras que “productos industriales” se encuentra poco investigado.

### Estado de la técnica del ACVS

A partir de los documentos “recurso” recogidos en la muestra anterior, apoyado en una búsqueda en la red, se clasificaron los recursos en softwares, bases de datos y “documentos recurso”:

- Existen dos softwares principales de ACVS: OpenLCA y Simapro.
- Existen dos bases de datos que cumplen con las guías: Social Hotspots Data Base (SHDB) y Product Social Impact Life Cycle Assessment (PSILCA).
- El documento más referenciado en ACVS consiste en las Guías de ACVS de UNEP-SETAC (UNEP & SETAC, 2009), seguido de las “Fichas Metodológicas” publicadas como ampliación por la misma iniciativa. Estos documentos se complementan con Convenios de consenso universal sobre cuestiones sociales, normativas a nivel internacional, nacional y de sector y estándares sobre Responsabilidad Social de la Empresa.

### Análisis de los indicadores existentes

#### *Marcos de indicadores existentes*

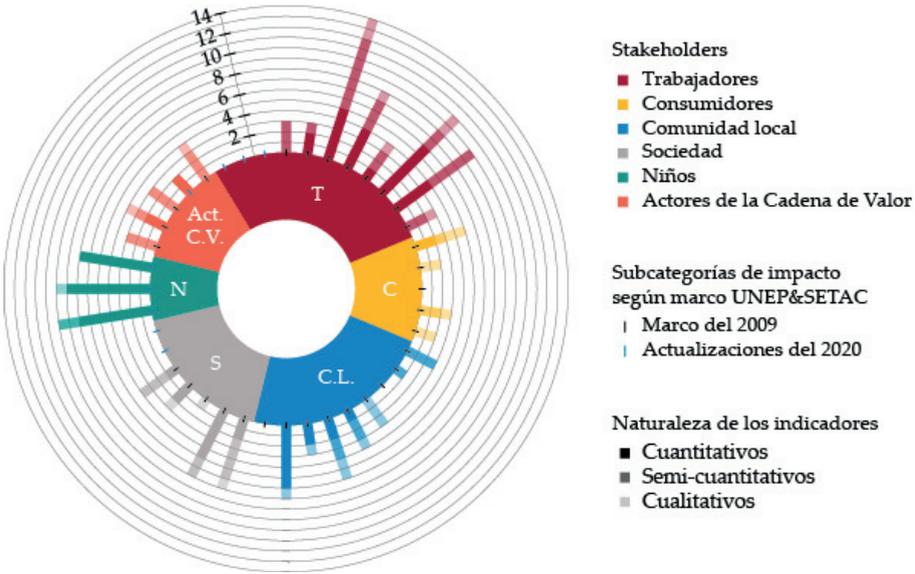
Se distinguen 5 marcos generales y varios específicos de caso: Marco UNEP-SETAC 2020, Marco de los ODS, Marco del Bienestar Social, Marco SeeBalance y Marco PSIA. Se comparan en una tabla en función del marco actualizado de las guías. Se concluye que hay mucha disparidad y que los marcos SeeBalance y PSIA cubren algunas actualizaciones.

*Discusión de los indicadores de la muestra*

Se extraen los indicadores de una muestra de 9 artículos representativos de la muestra anterior, 172 indicadores en total. Estos se clasifican dentro del marco actualizado de las guías, llegando a los siguientes resultados (Gráfico 1):

- La muestra de indicadores no abarca las categorías actualizadas
- “Consumidores” y “Actores de la cadena de valor” son los stakeholders menos considerados, suponiendo el 7% y 10% del total respectivamente.
- Alto porcentaje de indicadores cualitativos y semi-cuantitativos (52%)

**Gráfico 1.** Análisis de los indicadores de la muestra en función del marco de UNEP-SETAC, 2020.



Fuente: elaboración propia.

**Conclusiones**

Actualmente la metodología ACVS no puede considerarse desarrollada en su totalidad para su estandarización en el campo de los productos industriales. Para ello, se requiere de una propuesta de marco de indicadores cuantitativos sólidos que incluya el marco actualizado de las guías de UNEP-SETAC 2020, y considere los diferentes impedimentos en el desarrollo de indicadores

cuantitativos sólidos. Estos son el consenso sobre el papel de los indicadores de impacto positivos, la discusión sobre la inclusión o no de las subcategorías alternativas más usadas, la profundización en los stakeholders menos desarrollados y, especialmente, la formulación cuantitativa más realista y sólida en cada ámbito del marco, tomando como criterio su aplicación en cualquier contexto relativo al producto industrial.

## **Referencias bibliográficas**

UNEP, & SETAC. (2009). *Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products* (Vol. 15, Issue 2).

UNEP, & SETAC. (2020). *UNEP, 2020. Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organizations 2020.*

# OBTAINING OCULAR DEVICES WITH BIOCOMPATIBLE RESIN BY ADDITIVE MANUFACTURING

Yusleiby Dago-Rivera <sup>1</sup>, Irenes Rojas Rondón <sup>2</sup>, Alfredo Álvarez Rivero <sup>3</sup>, Carlos A. Armand <sup>1</sup>,  
Maikel Batista Peña<sup>2</sup>, Ana M. Beltrán <sup>4\*</sup>, Yadir Torres <sup>4</sup> and Jesús E. González <sup>5</sup>

1 Centro de Neurociencias de Cuba (CNEURO), Cuba, e-mail: yusleiby.dago@cneuro.edu.cu, armand@cneuro.edu.cu; teléfono: +53-52716750; 0000-0003-0906-0950 ORCID

2 Instituto de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer", Cuba, e-mail: irojas@infomed.sld.cu

3 Centro de Investigaciones Médicas Quirúrgicas (CIMEQ), Cuba. e-mail: ralvarez@infomed.sld.cu

4 Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y el Transporte, Universidad de Sevilla, Sevilla, España; Ana M. Beltrán: abeltran3@us.es; Yadir Torres: ytorres@us.es

5 Centro de Biomateriales de la Universidad de la Habana., Cuba, e-mail: jgonzalezr1961@gmail.com

\*Correspondence: abeltran3@us.es; teléfono: +34-954550131

## Abstract

Medical services in the world have advanced, among other factors, due to the use of new manufacturing technologies; among these, those of additive manufacturing stand out. Specifically, in the specialty of Ophthalmology, the need for its implementation in the area of Oculoplasty is accentuated. In the present work, technologies were developed and subsequently ocular devices were manufactured (conformers, iris, ocular implants, anophthalmic cavity measurer and lacrimal punctal plug). The design of the ocular devices was carried out using 3D computer design software. In its manufacture, the SLA additive

manufacturing technique, a FormLabs 3B printer and the Biomed Clear polymer were used. The technologies developed allowed the eye devices to be manufactured. The correspondence of its architecture and dimensions with the design parameters was demonstrated. In addition, the developed devices meet the technical requirements for clinical use. In this sense, the work presents experiences in the clinical application of conformers, ocular implants and the lacrimal punctal plug.

**Keywords:** ocular devices; biocompatible; additive manufacturing; oculoplasty; computer design

## **Introduction**

Sometimes it is difficult or slow to import products; there are limitations due to different objective and subjective factors.

The Oculoplasty service offers specialized services for children and adults with different conditions; studying their needs and seeing the possibilities of being able to achieve their manufacture; It is decided to use computer design software plus SLA technology for the development of several ocular devices: conformers, iris for prostheses, lacrimal punctum plug, anostalmic cavity measurer and a set of ocular implants; using the Biomed Clear polymer for its manufacture, which is compatible with the usual sterilization methods. With the development of this work, we want to achieve their availability in the public health system, reducing imports and mainly improving the life of the patient.

With the development of this work, we want to achieve their availability in the public health system; reducing imports and mainly improving the life of the patient.

## **Materials and methods**

Through 3D SLA and/or DLP technology, which is nothing more than printing a piece of resin using the stereolithography method or by a light deposit process

to obtain pieces with complex shapes and rough surfaces with the desired granulometry.

Material: BioMed Clear Biocompatible Resin; is a rigid material designed for use in biocompatible applications that require continuous contact with skin or mucous membranes. This USP class VI certified material is suitable for use in applications requiring wear resistance and a low level of water absorption over time.

Parts printed with BioMed Clear are compatible with common sterilization methods. The BioMed Clear is ISO 13485 certified and is included in a Device Master File of the US Food and Drug Administration (FDA).



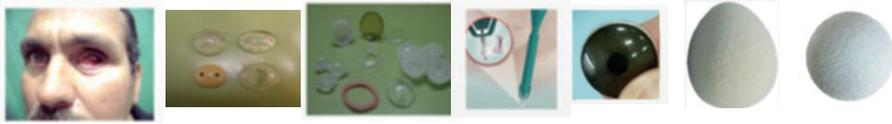
*Equipment used: Fromlabs 3B printer*

## Results

The technological processes of additive manufacturing were identified for the production of different ocular devices with different sizes and dimensions, using SLA technology with the Biomed Clear biocompatible polymer, complying with the requirements of the governing center for use in Human and practicing the rules and regulations that are established by the Quality Management System. It was discovered that the application of different 3D technologies has a positive influence on the manufacture of different devices, components that help provide solutions to certain problems; with the development of this form of production, the path of process optimization grows.

*Needs*

**Figure 1.** Customer needs.

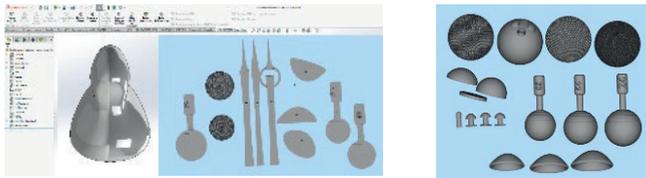


Source: (book images and already manufactured devices).

*Results*

*Computer Design (Solidword Design Software, Magics)*

**Figure 2.** Computer design.



Source: (PC images).

*Devices obtained by SLA technology with Biomed Clear polymer.*

**Figure 3.** Results obtained in SLA technology.



Punctal plug

Conformer

Implants and cavity gauges

Source: (Photos).

In general, all devices were manufactured using SLA technology; some partial and preliminary results in relation to the use of orbital implants, lacrimal punctum plug, capacity measurement and conformers made with Biomed Clear polymer and three-dimensional technology in anophthalmic cavities:

- ✓ They have been used, as planned, after routine evisceration procedures and secondary implants.
- ✓ The material has been well tolerated by the tissues (no complications or adverse events have been observed), providing surgeons with biocompatible materials for orbital reconstruction.
- ✓ Excellent anatomical, aesthetic and functional results have been achieved; as well as an adequate level of patient satisfaction with the use of these devices.
- ✓ The availability of these accessories seems to us to be of incalculable practical value. Although we are just beginning the study of their safety and efficacy, in principle they have been safe and well tolerated.

## Conclusions

It was possible to obtain the manufacture of ocular devices with the BioMed Clear polymer, using SLA technology and the devices obtained are characterized in that their architecture and dimensions correspond to the design.

## Thanks

Thanks to all the doctors, technicians, operators and teachers who in one way or another have contributed a bit to reach the result.

## Bibliography

**American Academy of ophthalmology**; Escrito por Kierstan Boyd, Revisado por James M Huffman, MD; Mar. 08, 2022; <https://www.aaopt.org/salud-ocular/tratamientos/taponas-lagrimales>

**Implantes Orbitarios**; <https://equipsa.es/productos/oftalmologia/orbita/implantes/>; <https://equipsa.es/productos/oftalmologia/orbita/>

**Álvarez Rivero, A. (2003)**. Red asistencial nacional de prótesis bucomaxilofacial. Cuba

**Colectivo de Autores. (2003) Guías prácticas de Estomatología. Cuba: Editorial Ciencias Médicas. Cuba**

W.J. Sames, F.A.List, S. Pannala, R.R.Dehoff, S.S.Babu, **The metallurgy and processing science of metal additive manufacturing.** Int Mater Rev, 61 (5) (2016)

A.A. Zadpoor

**Desing for additive bio-manufacturing: from patient-specific medical devices to rationally designed meta-biomaterials.** Int J Mol Sci, 18 (8) (2017), p.1607

A. Goyanes, M. Scarpa, M. Kamlow, S. Gaisford, A.W. Basit, M. Orlub, **Patient acceptability of 3D printed medicines.** Int J Pharm, 530 (1-2) (2017)

E.A. Guzzi, M.W. Tibbitt, **Additive manufacturing of precision biomaterials (2019), p.1901994.**

# ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO DE LA GESTIÓN EDITORIAL

**Mayly Torres Álvarez<sup>1</sup>, María Estela Peralta Álvarez<sup>1</sup>, Julio Ernesto de la Rosa Melian<sup>2</sup>, Milagros Caridad Pérez Pravia<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Escuela Politécnica Superior, Ingeniería del Diseño, Universidad de Sevilla, Sevilla*

*<sup>2</sup>Escuela Politécnica Superior, Ingeniería y Ciencia de los Materiales, Universidad de Sevilla, Sevilla*

*<sup>3</sup>Sede Oscar Lucero Moya, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Holguín, Holguín*

E-mail de correspondencia: maytoralv@alum.us.es

## **Resumen**

El presente trabajo constituye un estudio bibliométrico de la producción científica relacionada con la gestión editorial de las revistas académicas. Su objetivo es conocer el estado actual del proceso editorial a partir de la caracterización de los registros indizados en la base de dato Scopus. Para el análisis y visualización de los datos, se empleó Microsoft Excel y VOSviewer. Entre los indicadores bibliométricos analizados se encuentran la productividad por años, el análisis de palabras clave, la productividad por revistas, la colaboración por países y entre autores.

## **Introducción**

La transición hacia el mundo digital también ha alcanzado al proceso editorial de las revistas científicas. En la ciencia moderna, el conocimiento científico y los hallazgos de investigación más importantes son difundidos en forma de artículos en revistas académicas(Krapež, 2022). Según Guerra González (2016) la

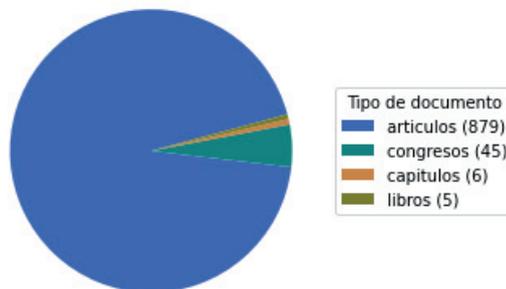
importancia de la revista científica es ampliamente reconocida tanto para la difusión de ideas y nuevos conocimientos como para la evaluación de la investigación producida por quienes publican en sus páginas. La automatización de los procesos editoriales tiene influencia tanto en la gestión administrativa de la revista, como en las actividades desarrolladas para asegurar la calidad del contenido de ésta. La digitalización se encarga de acelerar y transparentar el rol de todos los involucrados en la edición de los números de las revistas científicas, situación que implica acoplar las tareas de varios miembros del equipo a las nuevas necesidades del medio digital (Baiget, 2014). Los sistemas informáticos desarrollados con tales propósitos permiten a los autores, editores y revisores conocer el estado y la localización exacta de los artículos que se encuentran inmersos en el proceso editorial y mantener un historial de todo el proceso de edición de los artículos científicos que ingresan a la revista. Para contribuir al desarrollo de la gestión editorial se requiere profundizar en los conocimientos científicos generados en torno a esta temática, lo cual implica conocer el estado alcanzado en el tema reflejado en la literatura generada, proceso este que demanda el concurso de otras disciplinas científicas como lo es la Bibliometría. El análisis bibliométrico es un método documental que ha alcanzado un importante desarrollo durante las tres últimas décadas (González de Dios, Moya Benavent y Mateos Hernández, 1997). Sus objetivos fundamentales son, por una parte, el estudio del tamaño, crecimiento y distribución de los documentos científicos y, por otra, la indagación de la estructura y dinámica de los grupos que producen y consumen dichos documentos y la información que contienen (Terrada y Peris Bonet, 1982). El objetivo del presente trabajo es conocer el estado actual de la gestión editorial a partir de la caracterización de los registros bibliográficos de artículos científicos relativos a la temática, indizado en las bases de datos Scopus, utilizando diferentes indicadores bibliométricos.

## **Materiales y métodos**

Para contribuir al desarrollo de la gestión editorial de las revistas científicas, se profundizan en los conocimientos generados en torno a esta temática en la literatura especializada. Se utilizó como fuente de información primaria la base de datos de Scopus. El estudio no se enmarcó en un período de tiempo. La

estrategia de búsqueda se focalizó en analizar la inclusión en los títulos, resúmenes o palabras clave términos en inglés relacionados con el campo de la gestión editorial según la siguiente ecuación de búsqueda ("editorial management" OR "editorial process") AND (journal OR paper OR document OR manuscript). De las posibles combinaciones anteriores, se identificaron un total de 935 trabajos. La distribución entre tipo de documento corresponde en mayor por ciento a artículos de revistas, con un 94,01 %, le sigue artículos de Congresos y Conferencias con el 4,81 % de representatividad y con un 1,18 % se encuentran los libros y los trabajos publicados en forma de capítulos (Figura 1).

**Figura 1.** Distribución de las publicaciones según tipo de documentos



Para la compilación y procesamiento de los datos se utilizó el software Microsoft Excel y VOSviewer. A continuación, se definieron los indicadores que se utilizan en el estudio. Finalmente, se realizó el análisis de los resultados obtenidos.

### Resultados y discusión

La distribución por años de los artículos permitió evaluar las tendencias de las investigaciones (Figura 2a), se observó un incremento de las publicaciones, en las que se obtuvo la mayor productividad en el período 2014-2022, concentrándose el mayor por ciento de las publicaciones.



representa la relación de las palabras clave declaradas por los autores que aparecen en dos o más documentos. Resaltan entre las palabras con mayor co-ocurrencia: journals, editorial process, research y digital journals.

El comportamiento de la colaboración entre los autores más productivos se puede evaluar mediante la red de co-autoría obtenida con el software VOSviewer (Figura 3b). Se observa una dispersa red de colaboración entre los autores.

Se identificaron las revistas en las cuales se publicaron los resultados de las 935 investigaciones, relacionándose las 10 revistas más productivas (Tabla 1). Las principales resultaron ser Journal Of Ambient Intelligence And Humanized Computing con 235 artículos, Worldwide Hospitality and Tourism Themes con 21 trabajos, Revista Médica De Chile con 12 artículos y Archivos De Zootecnia con 10 publicaciones. Este número de revistas publican el mayor por ciento de las investigaciones.

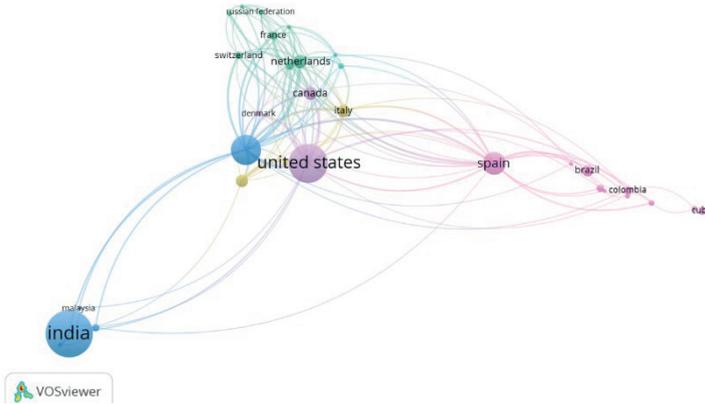
Revista	Cantidad de publicaciones
Journal Of Ambient Intelligence And Humanized Computing	235
Worldwide Hospitality And Tourism Themes	21
Revista Médica De Chile	12
Archivos De Zootecnia	10
Scientometrics	8
F1000research	6
Learned Publishing	6
Journal Of Cardiovascular Magnetic Resonance	5
Journal Of Clinical Epidemiology	5
Journal Of Informetrics	5

**Tabla 1.** Revistas más productivas sobre la gestión editorial

Se analizaron los países que han tenido mayor influencia en los trabajos de gestión editorial, se debe mencionar especialmente la India y Estados Unidos. España es en tercer lugar el país con mayor interés en escribir en relación con el

tema analizado, concentrándose en estos el mayor por ciento de las publicaciones y evidenciándose una colaboración entre los mismos (Figura 4).

**Figura 4.** Colaboración por países más productivos



## Conclusiones

Con el análisis bibliométrico realizado se pudo caracterizar el comportamiento de la producción científica relacionada con la gestión editorial, de acuerdo con las publicaciones identificadas en Scopus. Los resultados demuestran que el estudio de esta temática es un frente de investigación en la actualidad, dónde en el último quinquenio se ha publicado el mayor por ciento de la información. La mayor cantidad de artículos se concentran en un grupo pequeño de revistas encabezadas por Journal of Ambient Intelligence And Humanized Computing y Worldwide Hospitality And Tourism Themes. Se observó gran dispersión en la red de colaboracion autoral. Finalmente el análisis de co-ocurrencia de palabras claves muestra los principales ejes temáticos abordados por esta comunidad.

## Referencias bibliográficas

- Baiget, T. (2014). Las revistas científicas ante la digitalización y la globalización. *Revista española de drogodependencias*(1), 5-11, ISSN: 0213-7615,
- González de Dios, F. J., Moya Benavent, M. y Mateos Hernández, M.A. (1997). Indicadores bibliométricos: características y limitaciones en el análisis de la actividad científica. *Anales Españoles de Pediatría*, 47(3), 235-244, ISSN: 0302-4342,

Guerra González, J. T. (2016). Análisis de las revistas científicas digitales del Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica: cumplimiento de criterios institucionales y adopción de parámetros editoriales digitales. *Revista General de Información y Documentación*, ISSN: 1132-1873, DOI: <http://dx.doi.org/10.5209/RGID.54717>,

Krapež, K. (2022). Advancing Self-Evaluative and Self-Regulatory Mechanisms of Scholarly Journals: Editors' Perspectives on What Needs to Be Improved in the Editorial Process. *Publications*, 10(1), ISSN: 23046775, DOI: 10.3390/publications10010012, Recuperado de: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85127402374&doi=10.3390%2fpublications10010012&partnerID=40&md5=105c7cafde8828dd8f822cbd97d68457>

[https://mdpi-res.com/d\\_attachment/publications/publications-10-00012/article\\_deploy/publications-10-00012.pdf?version=1647522801](https://mdpi-res.com/d_attachment/publications/publications-10-00012/article_deploy/publications-10-00012.pdf?version=1647522801)

Terrada, M. L. y Peris Bonet, R. (1982). Bibliometría de la literatura pediátrica española (1974-1981). *AnEspPediatr*, 17(14), 105-114,

# CARACTERIZACIÓN DE LA O&M DE LOS AEROGENERADORES GOLDWIND EN CLIMA TROPICAL

**Yorley Arbella Feliciano<sup>1</sup>, Carlos Alberto Trinchet Varela<sup>1</sup>, Raúl Torres Sainz<sup>2</sup>,  
Roberto Pérez Rodríguez<sup>1\*</sup>, Ana María Quesada Estrada<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Centro de Estudios CAD/CAM, Universidad de Holguín, Cuba*

<sup>2</sup> *Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Holguín, Cuba*

\*Correspondence e-mail: roberto.perez.cu@gmail.com.cu

## **Resumen**

En el Parque Eólico de Gibara (PEG) construido con fines experimentales se manifiestan significativas interrupciones ocasionadas por la activación de alarmas, asociadas con elevadas temperaturas en el interior de la góndola que afectan la disponibilidad, provocan roturas y desgastes prematuros en sus componentes. El objetivo de esta investigación es caracterizar la operación y mantenimiento (O&M) del sistema de enfriamiento de los seis aerogeneradores GOLDWIND modelos S 50/750 instalados. Mediante el empleo de herramientas CAD/CAE/CFD, se demuestra que existen diferencias entre las condiciones de O&M diseñadas y las reales. Se define el comportamiento de las temperaturas en los principales focos de calor y la dinámica de los fluidos en el interior de la góndola.

# Introducción

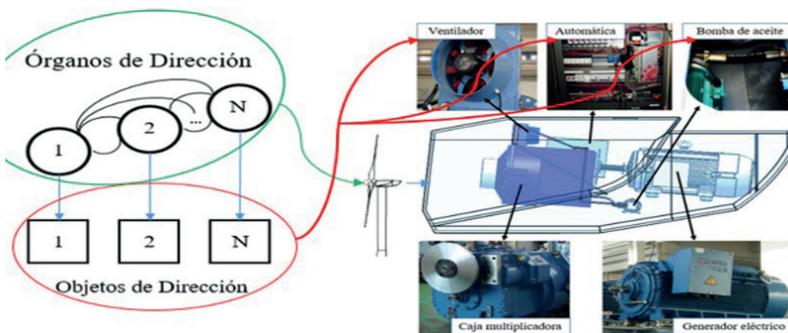
En la actualidad existe un gran desarrollo y crecimiento, tanto en el diseño como en la producción de aerogeneradores. Este perfeccionamiento del proceso hace que cada vez sea más económica su implementación. Se destacan en su desarrollo países como China, Estados Unidos, Alemania, España y la India.

Las inversiones futuras en Cuba para el desarrollo de la energía eólica muestran que la mayor concentración se planifica en la zona aledaña a la costa norte de Holguín, donde las condiciones medioambientales son favorables para la operación. No obstante, en el territorio de Gibara en condiciones de verano, la temperatura de bulbo seco promedio es de 32 °C, la humedad relativa de un 70 %, unido con los elevados niveles de salinidad forman una combinación compleja. Es licito cuestionarse si los trabajos de tropicalización realizados por el fabricante aseguran una operación estable en esas condiciones.

# Materiales y métodos

Se asume un sistema de dirección con estructura disperso conciliada (Figura 1). Se dispone de los informes técnicos y una muestra colectada mediante el Sistema de Control y Adquisición de Datos (SCADA), correspondiente a diez variables monitorizadas de los años 2017-2021. Se emplean herramientas CAD/CAE/CFD y modelos matemáticos, para modelar las condiciones de operación y mantenimiento diseñadas y las reales.

**Figura 1.** Sistema de dirección disperso conciliado para mantener el estado técnico del sistema de enfriamiento en los aerogeneradores.



Fuente: Elaboración propia

Las experiencias durante la explotación evidencian estados de alarma y paradas imprevistas para velocidades del viento superiores a los 11 m/s, los cuales propician una elevada generación. Estas paradas provocan una sobreexplotación de los agregados.

Por otra parte evaluar el funcionamiento del sistema de ventilación del aerogenerador es una tarea muy compleja, porque existen múltiples fuentes de calor, disímiles por su naturaleza física. Se emplean cuatro variantes de sistemas de enfriamiento y disipación. Ante la marcada correlación entre las temperaturas monitorizadas, así como las causas que lo originan se establecen las relaciones de dependencia.

Las modelaciones y simulaciones se desarrollaron según la siguiente lógica:

1. Diseño CAD de la geometría del aerogenerador como condición previa para el desarrollo de simulaciones numéricas.
2. Análisis del comportamiento de las cargas térmicas según condiciones operacionales y la geometría diseñada en el interior de la góndola, mediante HAP versión 4.51.
3. Desarrollar mediante SolidWorks y su complemento Flow Simulation las simulaciones numéricas de las condiciones operacionales en China y en Cuba (PEG), para el interior de la góndola y sus agregados.

Se consideró la dinámica de fluidos diseñada por el fabricante para el sistema de enfriamiento en operación, bajo las condiciones de explotación estudiadas y fueron simuladas las manifestaciones de los tres mecanismos de transferencia de calor durante el proceso de generación.

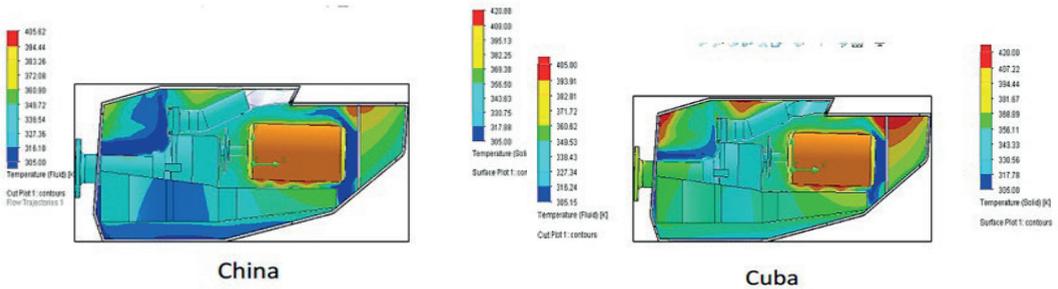
## **Resultados y discusión**

Se realizaron estudios en diversos escenarios del comportamiento de flujo de calor, velocidad del aire y temperatura (AENOR, 1999; Arbella, Y; Trinchet, C.A; et al, 2020; Arbella, Y; Trinchet, C.A; et al. , 2021). Se analizaron las trayectorias y los fluidos que intervienen en la ventilación, para enfriar los agregados y el aire en el interior de la góndola, además de la simulación simultánea de las

condiciones operacionales que se manifiestan en el interior y exterior del aerogenerador.

Se integró a la evaluación de las temperaturas por componentes críticos, el análisis del flujo de calor y los estudios CFD en condiciones operacionales (Figura 2). Se comprobó la correspondencia entre los resultados simulados y los monitoreados mediante el SCADA.

Figura 2. Simulación de cargas térmicas en el interior de la góndola de los aerogeneradores.



Fuente: Elaboración propia

De esta manera se demuestra que los sistemas de enfriamiento, mantenimiento y control tienen diferencias entre las condiciones diseñadas y las reales. Ello fundamenta la necesidad de evacuar en el menor tiempo posible, la mayor cantidad de calor, mediante la tropicalización de sistemas.

## Conclusiones

El empleo de las herramientas CAD/CAE/CFD y modelos matemáticos, permitieron caracterizar el comportamiento de las temperaturas en los principales focos de calor, así como la dinámica de los fluidos en el interior de la góndola. Se evidencia las diferencias entre las condiciones diseñadas por el fabricante y las existentes en el PEG. Es necesario tropicalizar los sistemas e introducir medidas técnicas preventivas adaptadas al contexto.

## Referencias bibliográficas

AENOR. IEC 61400-1 Wind turbine generator systems requirements - Part 1: Safety Edición 2, 1999

Arbella, Y; Trinchet, C.A; et al. (2020). Influences of the Temperature Variations in the Gondola of the Goldwind S50/750 Wind Turbines, installed in the Gibara II Wind Farm, in its Technical Availability. *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology*. <http://doi.org/10.18517>.

Arbella, Y; Trinchet, C.A; et al. (2020). Analysis of the thermal behavior in the Goldwind S50/750 Wind Turbines installed in the Wind Farm Gibara II using CAD-CAE Tools. *IJMPERD*, 10. <http://doi:10.24247/ijmperdapr202032>

Arbella, Y; Trinchet, C.A; Vargas Guativas, J. A; Lorente Leyva, L. L; Peluffo-Ordóñez D. H. (2021). Evaluation of Working Temperature in Wind Turbine Bearings by Simulation of Lubricant Level. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, Vol. 16, 99-104. <http://doi.org/10.18280/ijdne.160113>.

# DESARROLLO DE SENTIDOS EN NIÑOS DE TEMPRANA EDAD

**Juan Rodríguez-Salvador<sup>1</sup>, Francisco Luna-Perejón<sup>1</sup>, Lourdes Miró-Amarante<sup>1</sup>, Manuel Dominguez-Morales<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Grupo de Robótica y Tecnologías de Computadores, Departamento de Arquitectura y Tecnologías de Computadores, Universidad de Sevilla, Sevilla*

E-mail de correspondencia: fluna1@us.es

## **Resumen**

El objeto de este proyecto consiste en el desarrollo de un juguete interactivo para niños de entre 0 y 6 años con diversidad funcional. El propósito de este dispositivo es la de proporcionar una herramienta de apoyo para el desarrollo sensorial y cognitivo, así como un medio de monitorización y recolección de datos para el apoyo a un especialista en su tarea de evaluación del desarrollo de su paciente. El dispositivo se diseña como un juguete adaptado que haga atractivo su uso, que ayude al desarrollo directamente a través del propio juego e indirectamente por medio de la información recogida para el profesional que esté a cargo. El diseño elaborado establece diferentes formas de generar estímulos en el paciente de carácter visual y auditivo, de manera que permita comunicar los aciertos, fallos y guiar en el proceso de juego, de forma que cualquier niño independientemente de las características de su diversidad funcional pueda interactuar con el dispositivo. En este trabajo se presenta el diseño elaborado, así como un prototipo preliminar mediante el uso de un microcontrolador dotado de sensores resistivos, así como de diodos LED y zumbadores como elementos para la interacción.

## Introducción

En diciembre de 2021 había 60.000 niños con diversidad funcional en España, y solo uno de cada 3 tenía acceso a juguetes adaptados. El juego es una de las actividades que más pronto comienza a ejercerse y es considerada de vital importancia en el proceso de desarrollo cognitivo (Garaigordobil, 1990). Así pues, las limitaciones en los recursos que sirvan como instrumento para llevar a cabo esta actividad lúdica podrían restringir el proceso de desarrollo del infante (Caña, 2012).

Según un estudio llevado a cabo por el Instituto Tecnológico de Producto infantil y Ocio (AIJU), el 36% de las familias con hijos con diversidad funcional encuestadas recalcan que les resultaba difícil encontrar juguetes adaptados a las características de su hijo (AIJU, 2021). Además, tras un análisis en una muestra de 300 juguetes solo el 49% podían considerarse inclusivos, este porcentaje se reduce al 13% para el caso concreto de la diversidad funcional motora de miembro superior.

Históricamente los juguetes se han limitado al funcionamiento mecánico, lo cual, aunque lógico, supone una barrera para niños con ciertas diversidades funcionales, difícilmente encontraremos juguetes adaptados a niños con limitaciones en el miembro superior o con una deficiencia visual considerable (Hsieh, 2008). Es por ello por lo que en esta era de la digitalización en la que nos encontramos nos da la oportunidad de explotar las opciones que nos dan los avances tecnológicos, pudiendo así adaptar juguetes o juegos clásico a niños que en condiciones normales no podrían disfrutarlos debido a sus características.

Como ventaja adicional, la creación de juguetes electrónicos nos proporciona la posibilidad de ampliar su funcionalidad y dotarlos de la capacidad de recopilar información sobre cómo interactúa el niño con el dispositivo (Westeyn, 2012). Con ello, se facilita la monitorización y hacer un seguimiento del desarrollo cognitivo, convirtiendo el dispositivo en una herramienta de apoyo a tutores y profesionales de la salud (Dore, 2017). En este trabajo se propone el diseño y prototipo de un juguete electrónico para el desarrollo cognitivo y sensorial de niños de diversidad funcional. El juego se diseña pensando en un rango de edad de entre 0 y 6 años. Adicionalmente, se dota al dispositivo de una aplicación para configurar el dispositivo y la recopilación de información básica de uso.

El resto del capítulo se organiza como se indica a continuación: en la sección siguiente se describe el diseño propuesto para el dispositivo. Seguidamente, se

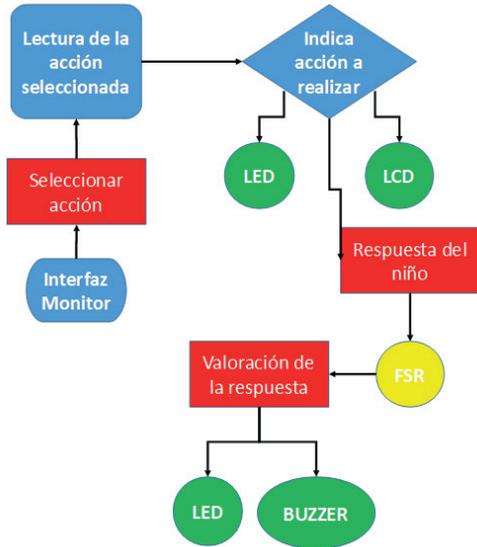
detallan los aspectos de implementación y funcionamiento. Finalmente, se exponen las conclusiones y líneas de desarrollo futuras.

## Materiales y métodos

### Componentes del sistema

El funcionamiento general del dispositivo se muestra en el diagrama de bloques de la Figura 2. En verde se ilustran las componentes que proporcionan información mediante estímulos, bien visual mediante LEDs o de carácter sonoro mediante zumbadores o buzzers. En amarillo se ilustra el tipo de sensor que sirve al niño para interactuar. Para que sea usable por niños que tienen limitaciones físicas, los sensores propuestos son FSR, que pueden ser gestionados para identificar con éstos pulsaciones realizadas con poca fuerza. Establecemos la acción del juego de forma que sea manipulada por un tutor o responsable del niño, mediante una interfaz que comunique al dispositivo el juego o ejercicio a realizar. El dispositivo recibe la petición y comienza el juego proporcionando estímulos visuales ante los que el niño actuará y recibirá una respuesta por el dispositivo de carácter sonoro o visual.

Figura 1. Diagrama de bloques con las componentes del sistema.



## Esquema de juego

El juego implementado consiste en iluminar un led de un color para posteriormente apagarlo mientras que en la pantalla LCD se indica al unísono el color que se ha iluminado, el niño deberá presionar el botón que en este caso son los sensores de presión que indique dicho color. Tanto el acierto como el error se indican mediante diferentes parpadeos de leds, de forma acústica mediante el buzzer y en la pantalla LCD, de esta forma indicamos al niño de diferentes formas si ha acertado o errado. Es desde la interfaz desde donde se selecciona el color que se desea que el niño pulse, además toma medida en tiempo real de la presión que se está ejerciendo en cada sensor, por tanto, podemos saber la decisión que el niño ha tomado.

## Resultados y discusión

### Implementación del dispositivo

Los elementos hardware que conforman el dispositivo son una placa Arduino Atmega328 y elementos asociados a la misma, los cuales son 4 sensores de presión FSR modelo 402 de 18.28 mm de diámetro a modo de pulsadores, un buzzer o zumbador y una pantalla LCD. El uso de FSR ha sido probado en varios proyectos con resultados efectivos (Luna-Perejón, 2020, 2021), y el rango de operación permite captar pulsaciones ejerciendo poca fuerza. En concreto, estos sensores responden con 0.1 Newton. También será necesario un monitor para observar los datos recopilados, pero lo consideraremos un elemento externo al dispositivo. En cuanto al software, se ha utilizado lenguaje Arduino para implementar el funcionamiento del dispositivo. Cada FSR es conectado a dispositivo con un divisor resistivo usando resistencias de 10K $\Omega$ .

El dispositivo queda programado para realizar una rutina de espera de interacción con el niño una vez se recibe la orden por la aplicación. El dispositivo enciende el LED solicitado por la aplicación, y queda a la espera de recibir una pulsación. Si el pulsador accionado es el correspondiente al LED iluminado, se responde con un parpadeo intermitente y un sonido de confirmación. En caso contrario, se emite un sonido diferente. Con esta interacción se interactúa y se encauza al niño en su desarrollo cognitivo, relacionando acción con respuesta.

## **Aplicación de registro**

El sistema se culmina con una aplicación de escritorio que permite el control del funcionamiento del juguete. La aplicación se ha desarrollado con C# y el framework .Net. Se dota a la aplicación de una interfaz gráfica que recoja la actividad, esto es, qué pulsadores ha accionado durante el juego, relacionado cada uno con el LED de color correspondiente. También se dota a la aplicación de botones para mandar la orden al dispositivo de iluminar el LED correspondiente y activar la rutina de espera de respuesta.

## **Conclusiones**

Los resultados son correctos y se cumple lo que se esperaba de este prototipo, el juego es funcional y desde la interfaz gráfica se muestran correctamente los datos recibidos del juguete y se controla el juego.

Dentro de los aspectos en los que se podría mejorar este prototipo encontramos: un aumento en la complejidad del juego implementado, mostrándose secuencias de colores que el infante debiera repetir, la opción de lanzar y controlar el juego desde el propio juguete sin necesidad de recurrir a la interfaz y, por último, añadir a la interfaz un recuento histórico de fallos y aciertos con un botón para restear este número de ser necesario.

Otras posibles mejoras del dispositivo incluyen la adaptación física del juguete para que pueda ser utilizado por niños sin implicar riesgos de lesiones tanto para ellos como para el mismo juguete, la introducción de más juegos diferentes y la recogida de datos exhaustiva para su posterior envío a un profesional. La implementación de más juegos permitiría la adaptación del juguete a las diferentes características del infante. El juego implementado en el prototipo puede resultar beneficioso para niños cuya diversidad funcional recae en el campo de lo cognitivo, ya que al presentarle tanto las preguntas como la información de si su respuesta es la correcta utilizando diferentes estímulos estos niños comienzan a reparar en ellos y asociarlos a diferentes acciones. No obstante, el dispositivo creado actual podría no ser adecuado para niños con características particulares, tales como carentes de miembros superiores, o con autismo. Por ello tras realizarse un estudio sobre una recopilación de diferentes juegos y evaluarlos frente

a las salvedades que caracterizan a diferentes tipos de diversidad funcional, se podría llegar a un dispositivo final que contase con una alta variedad de juegos que, en su conjunto, permitan disfrutar del juego a cualquier niño sin importar sus características. Proporcionando un manual o formación audiovisual adecuada, el juguete podría ser usado adecuadamente y disminuiría el problema que enfrentan los padres a la hora de encontrar juguetes para su hijo, ya que contarían con varios juegos implementados en un solo dispositivo.

Por último, se puede mejorar la obtención de datos y desarrollo de la interfaz gráfica. El dispositivo debería enviar los datos a un servidor para que se almacenasen y que el profesional encargado del infante pudiese acceder a ellos en cualquier momento. Adicionalmente, guardar esos datos en una memoria interna dentro del propio juguete podría evitar pérdidas de información ante una falla en la conexión. Los diferentes datos recogidos se decidirán bajo la supervisión de un profesional de la salud.

## **Agradecimientos**

Este trabajo se ha llevado con el apoyo en recursos del departamento de Arquitectura y Tecnologías de Computadores.

Especial agradecimiento a mi madre y mis compañeros Jesús Vías Torres y Ester Raigón Gómez por animarme a presentar el proyecto a las Jornadas de la EPS.

## **Referencias bibliográficas**

AIJU (2021, Junio). Pautas de diseño inclusivo para aplicar en fases tempranas de juguetes dentro del proyecto INCLUTOYS. <https://www.aiju.es/2021/06/22/diseño-inclusivo-para-fases-tempranas-de-juguetes/>

Caíña, E. P. (2012). Lo lúdico en el desarrollo cognitivo del niño. *Repertorio americano*, (22), 103-128.

Dore, R. A., Zosh, J. M., Hirsh-Pasek, K., & Golinkoff, R. M. (2017). Plugging into word learning: the role of electronic toys and digital media in language

development. In *Cognitive development in digital contexts* (pp. 75-91). Academic Press.

Garaigordobil Landazabal, M. T. (1990). *Juego y desarrollo infantil: la actividad lúdica como recurso psicopedagógico: una propuesta de reflexión y de acción*. Madrid: Seco Olea, 1990.

Hsieh, H. C. (2008). Effects of ordinary and adaptive toys on pre-school children with developmental disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 29(5), 459-466.

Luna-Perejón, F., Domínguez-Morales, M., Gutiérrez-Galán, D., & Civit-Balcells, A. (2020). Low-Power Embedded System for Gait Classification Using Neural Networks. *Journal of Low Power Electronics and Applications*, 10(2), 14.

Luna-Perejón, F., Montes-Sánchez, J. M., Durán-López, L., Vazquez-Baeza, A., Beasley-Bohórquez, I., & Sevillano-Ramos, J. L. (2021). IoT Device for Sitting Posture Classification Using Artificial Neural Networks. *Electronics*, 10(15), 1825.

Westeyn, T. L., Abowd, G. D., Starner, T. E., Johnson, J. M., Presti, P. W., & Weaver, K. A. (2012). Monitoring children's developmental progress using augmented toys and activity recognition. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(2), 169-191.

# HERRAMIENTA CAE PARA EVALUAR LA GESTIÓN DE LA SUBSIDENCIA DEL TERRENO MEDIANTE LA TÉCNICA INSAR

**Rasel Agüero Fernández<sup>1</sup>, Luis Enrique Acosta González<sup>2</sup>, Carlos Alberto Trinchet Varela<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Geocuba IC, Holguín, Cuba*

<sup>2</sup> *Centro de Estudio CAD/CAM, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba*

<sup>3</sup> *Centro de Estudio CAD/CAM, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba*

Correspondence e-mail: [raselaguerofernandez599@gmail.com](mailto:raselaguerofernandez599@gmail.com)

## **Resumen**

Actualmente en Cuba, el uso de técnicas de medición convencionales es un aspecto básico para el desarrollo de estudios que incluyen el monitoreo geodésico. Sin embargo, el uso de este equipo genera limitaciones en factores de gran importancia, entre los que se encuentran la duración del estudio en áreas de amplia cobertura espacial, gastos generales, actualización de resultados e independencia de las condiciones climáticas. La presente investigación soluciona estas deficiencias a través de herramientas de ingeniería asistida por computadora (CAE), se desarrolla un modelo conceptual para utilizar interferometría SAR, tecnología capaz de determinar los desplazamientos y hundimientos del terreno y de las construcciones empotradas. Se utiliza un Sistema de Información Geográfica (SIG) que ofrece las condiciones para un análisis multidisciplinario de los resultados obtenidos y surge como una plataforma para la toma de decisiones, con

base en los parámetros de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo de las construcciones y asentamientos.

## Introducción

En Cuba, los estudios para la determinación de deformaciones y desplazamientos del terreno, se centran en métodos clásicos de medición donde se encuentran instrumentos topográficos como niveles automáticos, digitales y estaciones totales. También se emplean, métodos de avanzada mediante las tecnologías Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) y escáner LiDAR. Estas herramientas poseen gran precisión y demanda por la comunidad científica, aunque presentan algunas limitaciones:

Las mediciones topográficas clásicas se reducen a la medida de distancias y de ángulos, sus instrumentos pueden tener desperfectos de construcción que afectan a las lecturas de mira. Las condiciones atmosféricas provocan el falseo de las medidas (Santamaría et al., 2005). La precisión de los GNSS disminuye si existe interferencia entre la señal satelital y el receptor, provocado por árboles, construcciones o señales electromagnéticas (Human, 2016, Hernández, et al., 2020). La autonomía de los VANT es limitada por su escasa capacidad de carga en sus fuentes de energía su empleo es regulado ya que puede dañar la intimidad y/o integridad de las personas (Alexandra, 2021). El volumen de información generado por el escáner LiDAR, demanda un sistema de cómputo de grandes recursos de almacenamiento y procesamiento (Correa, et al., 2013, Castañeda, 2018). Otras de las limitaciones son el alto costo de algunos dispositivos, el tiempo de captación de datos en grandes extensiones y los gastos logísticos de los especialistas. Además, carecen de actualizaciones oportunas.

Debido a la situación problemática existente, se hace necesario sustituir los métodos de mediciones tradicionales por otro más idóneo, como es el caso de la tecnología InSAR. Al estar los Radares de Apertura Sintética emplazados en satélites, posee un amplio alcance. La emisión electromagnética se encuentra en el orden de las microondas, genera mínimas afectaciones por condiciones atmosféricas. Las imágenes son libres de costos y públicas. Las aplicaciones profesionales *open source* respaldan el procesamiento interferométrico. Resulta vital el

desarrollo de una herramienta que compile y represente los resultados del procesamiento InSAR, los correlacione con otros estudios para recolectar evidencias de deslizamientos, ofrezca mecanismos de análisis del fenómeno estudiado y genere reportes útiles para la toma de decisiones.

## **Materiales y métodos**

Los métodos de investigación utilizados fueron el histórico-lógico para conocer los antecedentes y estado actual de la teoría, así como los principios básicos que conforman la tecnología InSAR. El análisis-síntesis permitió definir las etapas del flujo de trabajo básico del procesamiento interferométrico SAR, sus relaciones y los factores que inciden en la fase interferométrica.

Durante todo el proceso de investigación se aplicó la observación científica, se realizaron avistamientos y capturas fotográficas de forma sistemática en diversos puntos de la ciudad para conocer la realidad, a través de la percepción directa del fenómeno a investigar. El experimento se empleó en el procesamiento interferométrico de las imágenes SAR del polígono de estudio, mediante el uso de diferentes aplicaciones con el fin de comparar los resultados y determinar la existencia o no de desplazamientos del terreno.

Se recurrió a la consulta de especialistas para obtener valoraciones de los resultados obtenidos y su posterior análisis. Además, garantizó que la herramienta desarrollada cumpliera con los requisitos funcionales y no funcionales en base a las necesidades planteadas.

## **Resultados y discusión**

A continuación, se expone una síntesis de los principales resultados obtenidos durante el análisis de la literatura. La interferometría SAR es una técnica de Teledetección que consiste en el tratamiento conjunto de imágenes SAR conseguidas de un mismo terreno desde puntos de vistas distintos. Su empleo tiene un amplio espectro, aunque posee mayor demanda para aplicaciones topográficas, como la gestión y clasificación de usos del suelo, evaluación de riesgos,

inteligencia, planificación urbana, geología e hidrología (Carrasco et al., 1997, Fielding et al., 2019).

La presente investigación fue localizada en la zona de explotación minera del municipio Moa en la provincia de Holguín, Cuba y se basó en los servicios de Sentinel-1 de la Agencia Espacial Europea (ESA). El procedimiento a seguir para la realización del estudio es simplificado en la figura 1.

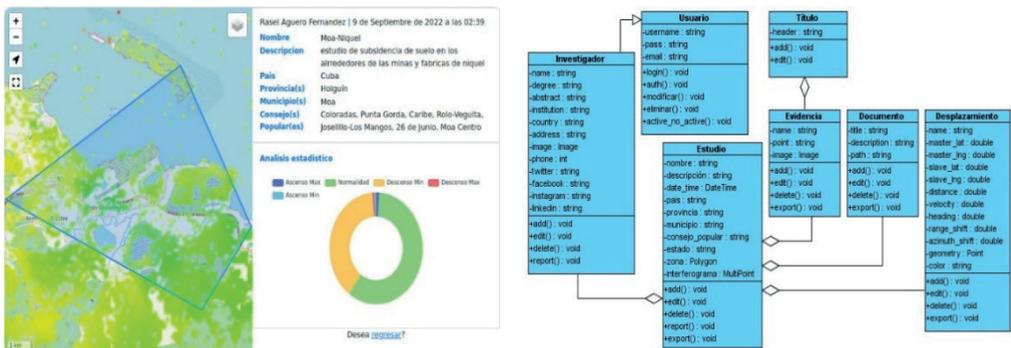
**Figura 1.** Flujo de trabajo para las mediciones de la superficie terrestre.



**Fuente:** TRE ALTAMIRA, 2022.

Fueron descargadas del portal de la ESA, alrededor de 30 imágenes con período desde el año 2014 hasta julio del 2021 y se les realizó el procesamiento InSAR con la aplicación profesional y libre de costo SNAP.

**Figura 2.** Interface de la aplicación.



**Fuente:** Autores.

En la figura 2 se puede apreciar el modelo relacional de la herramienta desarrollada y el resultado del procesamiento InSAR expuesto en una interfaz de usuario del sistema.

## Conclusiones

Los usuarios del sistema pudieron apreciar que la herramienta CAE desarrollada permite gestionar fácilmente los estudios de hundimiento del terreno donde se utiliza la tecnología InSAR. Muestra como fortalezas, la capacidad de almacenar todos los datos relacionados con el estudio. Es capaz de importar y exportar datos geográficos en diferentes formatos, así como vincular otros estudios con el objetivo de brindar información sólida que permita la toma de decisiones interdisciplinarias sobre el fenómeno estudiado. La aplicación implementada contribuye a la elaboración oportuna de lineamientos que reduzcan las condiciones de peligro, vulnerabilidad y riesgo de cualquier edificio o comunidad.

## Referencias bibliográficas

Carrasco, et al. (1997). Interferometría RADAR para la obtención de Modelos Digitales del Terreno. Posibilidades y limitaciones.

Santamaría Peña, J., Sanz Méndez, T. (2005). Manual de prácticas de topografía y cartografía.

Correa C., et al. (2013). Comparación de desempeño de una cámara de profundidad comercial y un LIDAR en explotaciones agrícolas.

Human N. Federico. (2016). Sistema Global de Navegación Satelital y Sensado de Temperatura para Vehículos.

Alexandra M. (29 de diciembre de 2021). Ventajas y Desventajas en la utilización de drones. Vika Technologies. Retrieved from <https://vicatechnologies.mx/2021/12/29/ventajas-y-desventajas-en-la-utilizacion-de-drones/>.

TRE ALTAMIRA. (28 de julio de 2022). Archived SAR imagery is processed to measure historical surface motion. Retrieved from <https://site.tre-altamira.com/insar-solutions/insar-historical-analysis/>.

# PERFORMANCE OF A HYBRID COMPUTATIONAL MODEL FOR MACHINING ENERGY CONSUMPTION

**Dagnier Antonio Curra Sosa<sup>1</sup>, Alejandro Linares Barranco<sup>1</sup>, Roberto Pérez Rodríguez<sup>2</sup>, Luis Wilfredo Hernández González<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup> Robotics and Technologies Computer Lab, University of Seville, Spain*

*<sup>2</sup> Study Center CAD/CAM, University of Holguín, Cuba*

E-mail de correspondence: dcurra@us.es

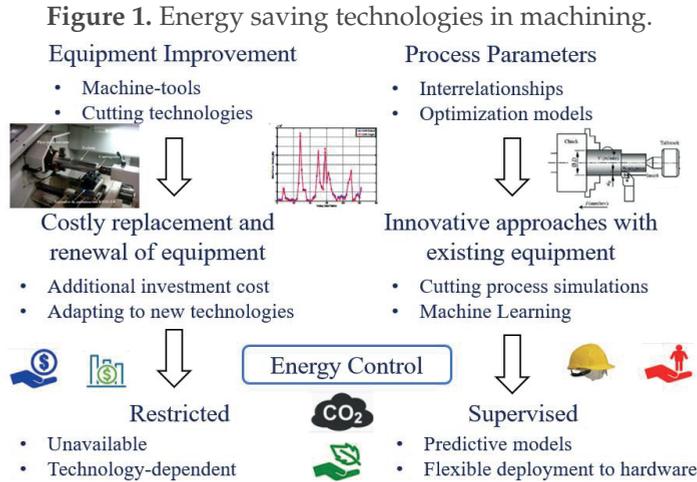
## **Abstract**

This paper presents the performance of a hybrid computational model for machining energy consumption on traditional and low performance computing systems. The study focuses on the evaluation of the simulations as a function of execution time and electrical power consumption of the model developed in MatLab and Simulink. The results demonstrate the feasibility of its deployment on resource-constrained hardware architectures.

## **Introduction**

Energy saving technologies in machining consider, in addition to the costly replacement of machine tools and the improvement of cutting technologies, the relationship between process parameters and energy consumption (Yang et al, 2016). This leads to the pursuit of energy efficiency with the available equipment,

whereby the optimal selection of machining parameters favors the development of predictive models as part of sustainable manufacturing (Figure 1).

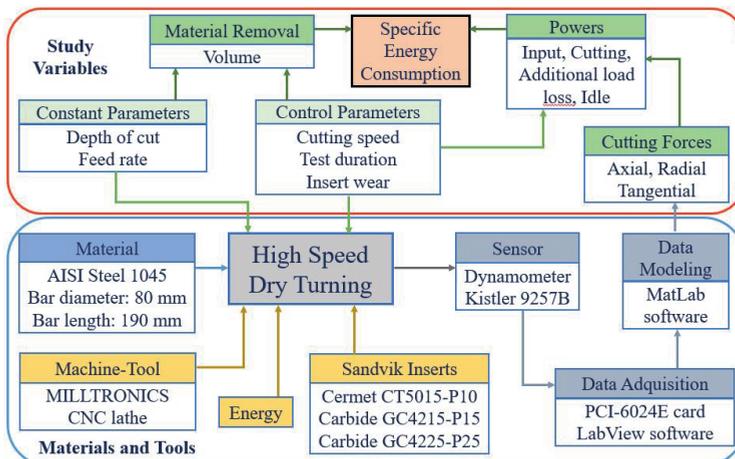


Source: Authors.

## Materials and methods

The model was developed from the processing of the records collected for a machining operation (Hernández, 2012). Figure 2 shows the equipment, instruments and materials used in addition to the process quantities studied. The hybrid model is obtained from computational and empirical models (Curra et al., 2021).

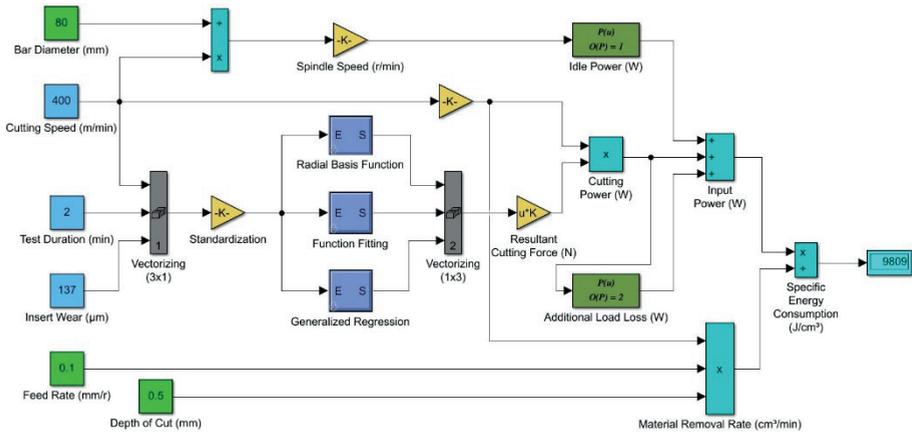
**Figure 2. Component elements of the study process.**



Source: Authors.

In the simulations of the hybrid model designed in MatLab's Simulink Toolbox (Figure 3) on multicore architectures, measurements of efficiency indexes were performed: execution time and electrical power consumption in various modes of operation, which included sequential and parallel processing in the hardware used.

Figure 3. Circuit model in Simulink.



Source: own elaboration in MatLab.

The hardware architectures consisted of a desktop computer with AMD Ryzen 5 5600X processor (CPU) and NVIDIA GeForce RTX 2060 add-in graphics card (GPU), plus a NUC with Intel Core i5 4250U processor with Intel HD 5000 integrated graphics. To measure the electrical power, an ECOPLUG II wattmeter code 47.0040.00.00 was used.

## Results and discussion

A total of 100 runs were performed, each with 100 simulations of the model shown above. For each efficiency index, additional metrics were considered to establish performance comparisons.

### Electric Power

The measurements were performed starting from the idle system, and after obtaining the values in each test mode, the difference between these values and the

consumption of the hardware without activity was calculated (Table 1). In all cases the parallel processing demands more resources and for the sequential mode, it is the NUC that has the best performance followed by the desktop computer CPU.

**Table 1.** Electric power consumption.

Operation Mode	Desktop Computer		NUC	
	Power (W)	Power Dif.	Power (W)	Power Dif.
Idle System	60-70	-	7-9	-
CPU Sequential	80-90	10-30	16-20	10-13
CPU Parallel	110-130	40-70	20-24	11-17
GPU Sequential	90-100	20-40	-	-
GPU Parallel	120-140	50-80	-	-

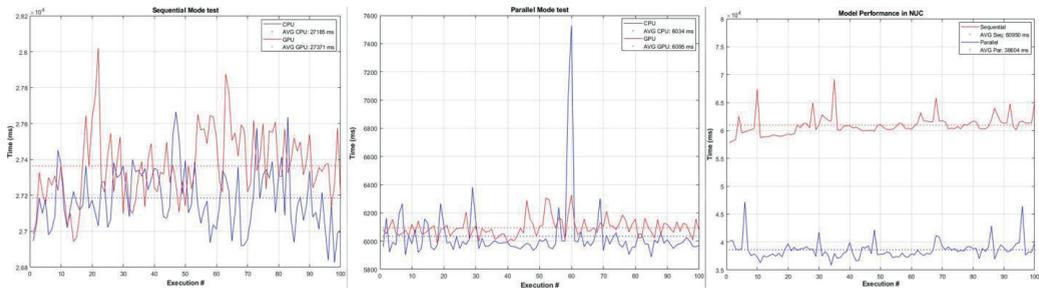
Source: Authors.

### Execution Time

In Figure 4 graphs, the average of the execution times of the 100 simulations for each of the runs was plotted, in addition to the overall average value of all runs in each of the above-mentioned modes.

When considering parallel mode execution of the simulations, both for CPU and GPU computation, the times decrease considerably. On the other hand, when comparing the performances between CPU and GPU computation in the same mode, either sequential or parallel, there is no significant difference, although as a generality the execution times for the CPU are somewhat better. This is largely due to the simplicity of the model in terms of the formulations that support it and the corresponding computational volume.

**Figure 4.** Execution time: a) Computer Sequential Mode, b) Computer Parallel Mode y c) NUC.



Source: own elaboration in MatLab.

## Conclusions

The simulations performed with different execution and calculation modes with multicore architectures, allowed us to identify from the performance shown with respect to the efficiency indexes analyzed that: the NUC is the hardware to consider for electricity savings, the desktop computer without graphics accelerator is the choice for large-scale data processing, and the model is viable for deployment in an embedded multicore system with no graphics acceleration requirements.

## Acknowledgments

To the support of the FPU scholarship of the Junta de Andalucía and the financing of national projects MINDROB (PID2019-105556GB-C33/AEI/10.13039/501100011033) and CHIST-ERA H2020 grant SMALL (PCI2019-111841-2/AEI/10.13039/501100011033). A los colegas del Centro de Estudios CAD/CAM de la Universidad de Holguín.

## **Bibliographic references**

Yang, Y., Li, X., Gao, L., & Shao, X. (2016). Modeling and impact factors analyzing of energy consumption in CNC face milling using GRASP gene expression programming. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 87(5), 1247-1263.

Hernández, L. W. (2012). Estudio experimental del desgaste del flanco y de las fuerzas de corte en el torneado en seco de alta velocidad del acero AISI 1045". PhD Thesis, Universidad de Holguín, Cuba.

Curra-Sosa, D. A., Pérez-Rodríguez, R., Hernández-González, L. W. & Zambrano-Robledo, P. C. (2022). ANN architectures to estimate the SEC in dry HSM of AISI 1045 using P10, P15 and P25 inserts. En: Beltrán, A. M., & Félix Ángel, M. Sinergias en la investigación en STEM. Alcoy (Alicante): 3ciencias.

# CARACTERIZACIÓN DEL FONDO DE OJO EN PACIENTES CON PRE-ECLAMPSIA GRAVE DEL HOSPITAL VLADIMIR I. LENIN

**Martha Lidia Hodelin Milord<sup>1</sup>, Martha Rodríguez Milord<sup>2</sup>, Surina Sera Velázquez<sup>1</sup>, Carlos Alberto Trinchet Varela<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Centro Oftalmológico de Holguín, Cuba

<sup>2</sup> Hospital General Vladimir Ilich Lenin, Holguín, Cuba

<sup>3</sup> Universidad de Holguín, Holguín, Cuba

E-mail de correspondencia: martha90h@nauta.cu

## **Resumen**

La Pre-Eclampsia es una afección inherente a la gestación, alumbramiento y puerperio, caracterizada por cifras de tensión arterial elevada y puede producir afectaciones en el sistema visual. Se realizó un estudio transversal con el objetivo de caracterizar las alteraciones del fondo de ojo en 89 pacientes con diagnóstico de Pre-Eclampsia grave de la provincia de Holguín, ingresadas en el Hospital provincial "Vladimir I. Lenin", en el período comprendido entre Enero 2019 a Enero 2021. A cada paciente se le realizó un interrogatorio y un examen oftalmológico completo. Se encontró que las alteraciones al FO fueron más frecuentes en el rango de edad de 25 a 30 años, la ausencia de alteración al FO prevalece seguida de las alteraciones leves y el signo de Finnerty estuvo presente en la mayor parte de las pacientes. Estas alteraciones guardaron relación con la presencia de síntomas visuales, además existió asociación significativa entre alteraciones en fondo de ojo y cifras de tensión arterial elevadas.

## Introducción

El embarazo trae consigo una serie de cambios fisiológicos en todo el organismo, el sentido y órganos de la visión no pueden encontrarse exceptuados de tales cambios. Muchos de estos son considerados fisiológicos, pero otros se consideran patológicos, los mismos que vemos en estados como la pre-eclampsia y en la eclampsia.<sup>2</sup> La preeclampsia es una enfermedad propia del embarazo, parto y puerperio, suele aparecer después de las veinte semanas de gestación o hasta las 12 semanas del puerperio.

Constituye un síndrome cuya etiología se desconoce, sin embargo, es un problema médico de gran relevancia debido a la morbilidad, mortalidad materna y perinatal a nivel mundial. Es una alteración sistémica múltiple caracterizada por hipertensión, proteinuria, y anomalías en la coagulación y/o en la función hepática.

Las complicaciones específicas del embarazo (preeclampsia y eclampsia) pueden causar alteraciones fundoscópicas asociadas o no a síntomas oculares y afectar todo el sistema visual. La evaluación apropiada es importante para preservar la salud y la visión de la madre, previniendo complicaciones en el feto.

## Materiales y métodos

Se realizó un estudio descriptivo transversal en el Hospital Docente General V.I Lenin en el período comprendido entre enero 2019 a enero 2021. El universo estuvo constituido por las 89 pacientes ingresadas con el diagnóstico de preeclampsia grave, de ellas 87 gestantes y 2 puérperas.

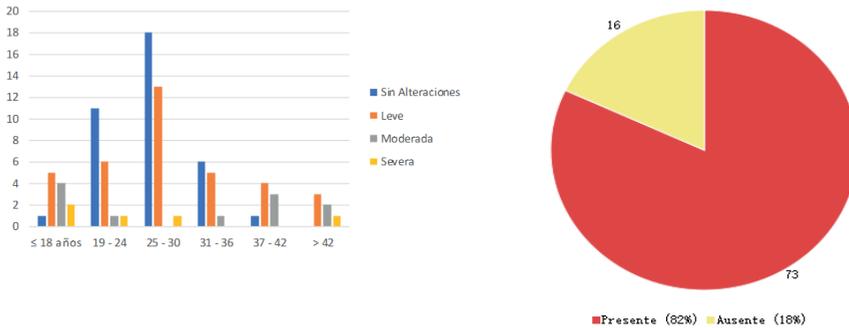
VARIABLES DEL ESTUDIO: Alteraciones al fondo de ojo, Edad, síntomas visuales, complicaciones de la preeclampsia grave, Signo de Finnerty, Conteo de plaquetas, proteinuria, Cifras de TA.

Se realiza examen oftalmológico completo, determinando la agudeza visual de las pacientes y el estudio del FO con pupila dilatada. Mediante una encuesta se recopilaron los síntomas y antecedentes personales, se excluyen del estudio pacientes con diagnóstico de hipertensión arterial crónica y/o retinopatía previo a la gestación, o con presencia de opacidades de medios (córnea, cristalino ó vítreo) que no permitieran la evaluación del fondo de ojo de forma adecuada.

## Resultados y discusión

En la figura 1a se puede apreciar las alteraciones al fondo de ojo (FO) según el rango de edad.

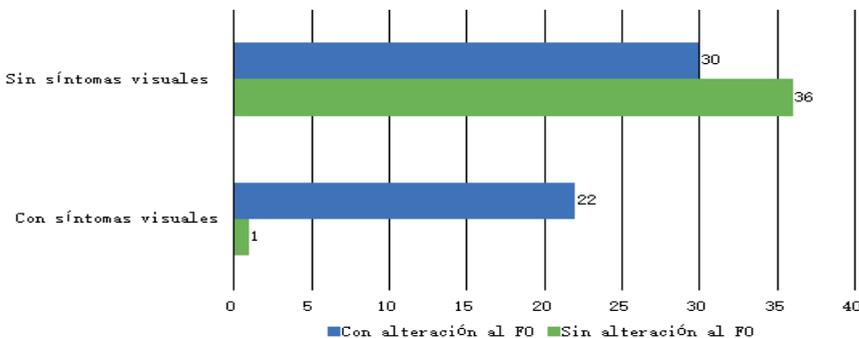
**Figura 1.** Pacientes con o sin alteración al FO según el rango de edad (izquierda) y Distribución de pacientes según existencia o no del Signo de Finnerty (derecha).



Fuente: Autores

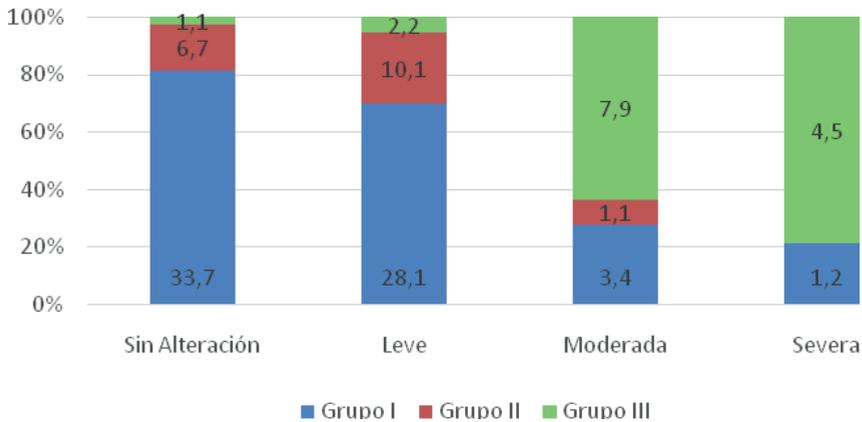
En la figura 2 se muestra la distribución de pacientes según existencia o no del Signo de Finnerty. En el caso de la figura 3, se muestra la presencia de síntomas visuales y alteraciones al FO. En la figura 4 se aprecia la relación entre cifras de TA y presencia de alteraciones al FO.

**Figura 2.** Presencia de síntomas visuales y alteraciones al Fondo de Ojo.



Fuente: Autores

**Figura 3.** Relación entre cifras de TA y presencia de alteraciones al FO.



**Fuente:** Autores

Las alteraciones al FO fueron más frecuentes en el rango de edad de 25 a 30 años (36 %), la ausencia de alteración al FO prevaleció seguida de las alteraciones leves: el estrechamiento arteriolar (69,2 %), seguida de los exudados algodonosos (9,6 %). El signo de Finnerty estuvo presente en el 82 %. El Test de Homogeneidad de Pearson ( $X^2=17.69388$ ) mostró que existe evidencia estadísticamente significativa para plantear asociación entre el comportamiento de la variable Alteraciones al FO y síntomas visuales en la muestra estudiada, con un 95 %, de certeza ( $P<0.05$ ) y por el método estadístico de regresión logística, se demostró que es 26.4 veces más frecuente tener alteraciones al FO para un paciente que presente síntomas visuales que para uno que no los tenga.

Se encontró gran asociación entre las cifras elevadas de TA en relación con alteraciones moderadas y severas al FO. Los recuentos bajos de plaquetas y la proteinuria de 24 horas positiva tuvieron asociación con diferentes grados de alteraciones al FO.

## Conclusiones

El signo de Finnerty estuvo presente en la mayor parte de las pacientes, en relación con la presencia de síntomas visuales. Se encontró asociación estadísticamente significativa entre la variable Alteraciones al FO y síntomas visuales, así como con las variables Tensión Arterial, Conteo de plaquetas y Proteinuria.

## Referencias bibliográficas

Guevara-Ríos, E., & Meza-Santibañez, L. (2019). Manejo de la preeclampsia / eclampsia en el Instituto Nacional Materno Perinatal. *Revista Peruana De Investigación Materno Perinatal*, 4(1), 38-45. <https://doi.org/10.33421/inmp.21542>

Cáceres Toledo, María, Cáceres Toledo, Odalis, & Cordiés Jackson, Lilian. (2000). Hipertensión arterial y retinopatía hipertensiva: Su comportamiento en un área de salud. *Revista Cubana de Medicina*, 39(4), 210-216. Recuperado e n 18 de octubre de 2020, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S003](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S003)

3.-Park, Y. J., Park, K. H., & Woo, S. J. (2017). Clinical Features of Pregnancy-associated Retinal and Choroidal Diseases Causing Acute Visual Disturbance. *Korean journal of ophthalmology: KJO*, 31(4), 320–327. <https://doi.org/10.3341/kjo.2016.0080>

Manzaneda. (2019). El valor del examen oftalmoscópico en la toxemia gravídica. *Rev Policlínica Caracas* 2019;21:9.

Col Woo, S. J. (2017). Clinical Features of Pregnancy associated Retinal and Choroidal Diseases Causing Acute Visual Disturbance. *Korean journal of ophthalmology: KJO*, 31 (4), 320–327. <https://doi.org/10.3341/kjo.2016.0080>

# POLÍTICAS PARA LA ACTIVIDAD DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN: DESAFÍOS EN HOLGUÍN

**Martha María Morejón Borjas<sup>1\*</sup>, María Eugenia Torres Santander<sup>1</sup>, Yordanka Maité Hernández Osorio<sup>1</sup>, Alejandro Torres Gómez de Cádiz Hernández<sup>1</sup>**

E-mail de correspondencia: marholguin2727@gmail.com

## **Resumen**

En el proceso de actualización de las políticas nacionales de Ciencia e Innovación Tecnológica en Cuba, se requiere de un proceso de caracterización e identificación de las principales variables a escala territorial que determinan la evolución de los diferentes indicadores de este proceso. En este trabajo se exponen los principales desafíos que afrontan los diferentes actores del Sistema de Ciencia e Innovación Tecnológica en la provincia de Holguín, para satisfacer las necesidades de desarrollo a escala territorial en función de los objetivos estratégicos del país.

## **Introducción**

La ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) constituyen elementos claves en el avance hacia la visión de la nación, incluida en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social (PNDES) hacia el 2030 (PCC, 2017a). De igual modo, son decisivas en el abordaje de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030 de carácter global (Díaz-Canel, Núñez, & Torres, 2020).

En tal sentido, la Constitución de la República de Cuba (ANPP, 2017), ratifica en su Artículo 21 que: “El Estado promueve el avance de la ciencia, la tecnología y la innovación como elementos imprescindibles para el desarrollo económico y social”. Similar interés se evidencia en los documentos aprobados en el VII Congreso del PCC, refrendados por el Parlamento Cubano en 2017; en la conceptualización del Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista; en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución (PCC, 2017b); y en el Eje Estratégico: potencial humano, ciencia, tecnología e innovación del PNDES.

## **Materiales y métodos**

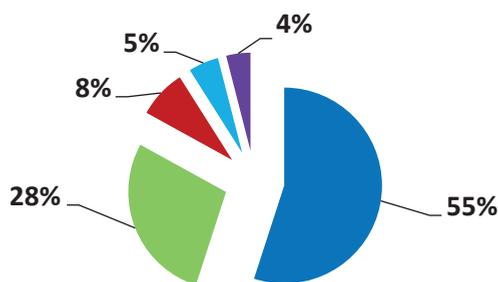
Para llevar a cabo esta investigación se tomaron en consideración las políticas trazadas por la dirección del país entre 2013-2019, en particular las vinculadas directamente a la gestión de la CTI, el marco legal que las sustenta y los resultados obtenidos en su implementación por parte de los diferentes actores sociales del Sistema Territorial de Ciencia, Tecnología e Innovación (STCTI) en la provincia de Holguín hasta la fecha.

A posteriori se realiza un análisis sobre el impacto de las que tienen que ver con el perfeccionamiento del sistema de Normalización, Metrología, Calidad y Acreditación y la Inocuidad de los Alimentos; las Autoridades Nacionales Reguladoras; el Perfeccionamiento del Sistema Ambiental; la Gestión Documental y Archivos y la que establece el perfeccionamiento del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.

## **Resultados y discusión**

De 2015 – 2019, el CIRAHA ha alcanzado Premio Nacional ACC todos los años y tiene el 53,8 % del total de reconocimientos alcanzados por la provincia, seguido por la Universidad de Holguín con el 38,7 %. Asimismo, se han obtenido siete premios y siete menciones en la convocatoria del Premio Nacional Anual para Estudiantes Investigadores y un premio y cinco menciones del Premio Nacional Anual para Jóvenes Investigadores.

Figura 1. Distribución de doctores por ciencia a la que tributa



Fuente: elaboración propia.

A escala provincial se han concedido 91 Premios Provinciales de la Academia de Ciencias de Cuba; 13 de Premios Provinciales a la Innovación Tecnológica; 43 Reconocimiento Provincial de Ciencia, Tecnología e Innovación y 23 Premios a la Creatividad e Innovación en Expociencia.

Dada la necesidad de crear nuevas formas organizativas que incentiven la aplicación de los resultados de la CTI, en aras de garantizar el desarrollo sostenible de los sectores productivos y de servicios del país y ante las limitaciones existentes para emplear el financiamiento en proyectos y la remuneración de participantes en las universidades y ECTI, se promulga el Decreto No. 363 de 2019 “De los Parques Científicos y Tecnológicos y de las Empresas de Ciencia y Tecnología que funcionan como interface entre las Universidades y Entidades de Ciencia, Tecnología e Innovación con las entidades productivas y de servicios” (GOC-40, 2018).

Se creó un grupo provincial para la elaboración de propuesta de creación del Parque Científico Tecnológico de Holguín y se designó a la Universidad de Holguín como coordinadora general, la cual ha firmado convenios con el sector empresarial y diferentes entidades con interés y potencialidades de aportar al Parque. Se trabaja en el rescate de una edificación no concluida, situada en áreas de la sede “Oscar Lucero Moya” de la Universidad, para ocupar la sede del mismo.

A la par, se desarrollan proyectos de I+D+i de alto impacto para el desarrollo socioeconómico y ambiental del territorio. En los años 2020-2021 se ha avanzado

en la documentación y se han desarrollado vínculos de trabajo entre Gobierno Provincial, Ministerio de Industrias, Universidad, CITMA y otras representaciones territoriales para determinar los patrocinadores de esta necesaria estructura dinamizadora de la innovación.

## Conclusiones

La implementación de las políticas de CTI se lleva a cabo satisfactoriamente, pero falta mucho por hacer en materia de gestión, capacitación y control. Se demanda un incremento del impacto económico y social desde la CTI, de buscar nuevas formas para preservar y desarrollar el potencial científico creado por la Revolución, y profundizar en los alcances de estas políticas.

## Referencias bibliográficas

ANPP. (2017). *Insuficiencias según diagnóstico de la Comisión Permanente para la Implementación y Desarrollo de los Lineamientos*. Asamblea Nacional del Poder Popular de Cuba

Díaz-Canel, M., Núñez, J., & Torres, C. (2020). Ciencia e innovación como pilar de la gestión de gobierno: un camino hacia los sistemas alimentarios locales. *Coodes*, 8(3). Retrieved from <http://coodes.upr.edu.cu/index.php/coodes/article/view/372>

GOC-40. (2018). *Decreto No. 341. De la Oficina Cubana de la Propiedad Industrial*. La Habana: Consejo de Ministros de la República de Cuba

PCC. (2017a). *Documentos del 7mo. Congreso del Partido aprobados por el III Pleno del Comité Central del PCC*. La Habana Retrieved from <http://www.granma.cu/file/pdf/gaceta/%C3BAltimo%20PDF2032.pdf>

PCC. (2017b). *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021*. La Habana

# CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT MÓVIL BASADO EN ARDUINO PARA MAPEO EN INTERIORES

**Angel Pérez Pérez<sup>1</sup>, Michel Sanz Pérez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Departamento de Inversiones, ETECSA-División Territorial Norte, La Habana, Cuba.*

<sup>2</sup> *Departamento de Instrumentación y Control Automático, Universidad de Oriente, Cuba.*

E-mail de correspondencia: [angelppgml@gmail.com](mailto:angelppgml@gmail.com)

## **Resumen**

El desarrollo de robots móviles desde un enfoque global responde a la necesidad de extender, físicamente, el campo de aplicación de la robótica. En este trabajo se presenta la construcción de un robot móvil diferencial basado en la plataforma electrónica de código abierto Arduino Mega 2560 para mapeo en interiores, con enfoque al proceso de enseñanza-aprendizaje en la carrera de Ingeniería Automática. Especial atención se prestó a los aspectos teóricos esenciales referidos al mapeo en entornos desconocidos. Se elaboró un software para la obtención de datos remotos y la representación del mapa en tiempo de ejecución, lo que permitió calibrar el robot y comprobar su funcionamiento a escala de laboratorio. Como resultados cabe destacar que el robot móvil cumple con los requisitos fundamentales de diseño para ser utilizado como medio de enseñanza en la Ingeniería Automática.

## Introducción

Un robot móvil se define como *un sistema electromecánico capaz de desplazarse de forma autónoma de un punto a otro en un determinado espacio de trabajo* (Silva-Ortiz, et al., 2012). El desarrollo de estos tiene como objetivo extender físicamente el campo de aplicación de la robótica. Lo más común para que un robot móvil pueda planificar una trayectoria y establecer acciones de navegación, es disponer de un mapa. En este contexto, *mapa es una abstracción con la que se representan únicamente aquellas características del entorno que se consideran útiles para la navegación o la localización del robot* (Blanes, 2000). A partir del mismo, se puede determinar un camino apropiado entre dos puntos deseados del entorno.

## Materiales y métodos

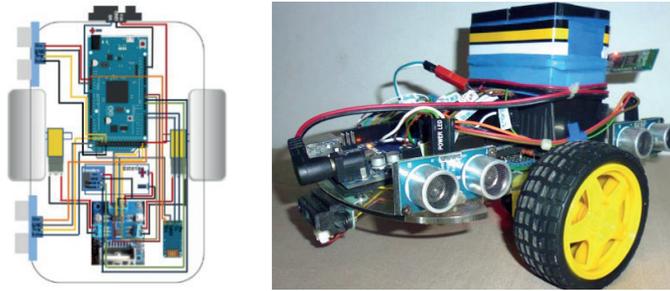
**Materiales:** Computadora, Intel(R) Pentium(R) P6100 a 2.00GHz, Ram: 4.00 GB, Tipo de sistema: 64 bits, Sistema Operativo: Windows 8.1 Pro, Wireless LAN 802.11n. Plataforma Robótica: Arduino Mega 2560. Fotointerruptor de barrera IS04\_sharp\_59. Sensor ultrasónico HC-SR04. Sensor Infrarrojo SHARP GP2D12. Módulo bluetooth HC-05. MatLab R2017a versión (9.2.0.538062), Simulink versión 8.9.

**Métodos:** Parametrización de modelos Box-Jenkins. Comunicación Robot-Computadora: protocolo RFCOMM (Radio Frequency Communication).

## Resultados y discusión

Se construyó un robot móvil de ruedas (RMR) con cinemática diferencial, integrado por dos ruedas motrices convencionales y una rueda de castor para dar estabilidad a la plataforma (figura 1 a, b). La dirección de estos está dada por la diferencia de velocidades de las ruedas laterales, resultando sencillo obtener un modelo cinemático y controlar el desplazamiento del mismo, en comparación con otros arreglos cinemáticos. Suelen ser los más difundidos para realizar tareas de navegación en entornos interiores.

**Figura 1. a)** Diagrama de sensores del RMR; **b)** Robot móvil de ruedas diferencial.



Fuente: elaboración propia.

### Odometría y Control Automático.

En robots con locomoción diferencial, es posible obtener la posición en intervalos de tiempo  $\Delta t$ , no necesariamente del mismo ancho de ventana, pero siempre asegurando que el más largo de los intervalos  $\Delta t$  tienda a cero, para lograr una buena aproximación, como se muestra en la fórmula 1.

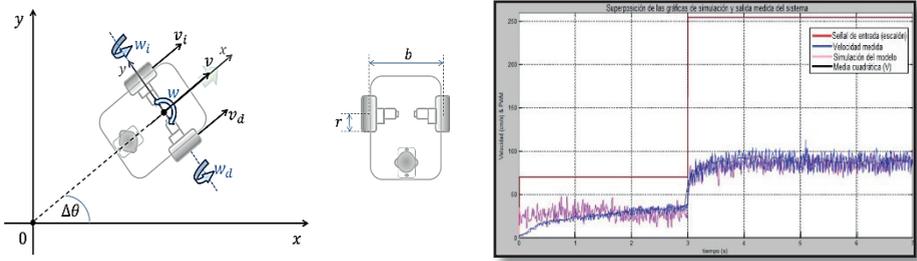
**Fórmula 1.** Ecuaciones, odometría diferencial.

$$\begin{aligned}x(t) &= x(t_0) + \int_{t_0}^{t_0+\Delta t} v(t) * \cos(\theta(t)) dt \\y(t) &= y(t_0) + \int_{t_0}^{t_0+\Delta t} v(t) * \text{sen}(\theta(t)) dt \\ \theta(t) &= \theta(t_0) + \int_{t_0}^{t_0+\Delta t} w(t) dt\end{aligned}$$

Fuente: Valencia, et al., 2009.

En pruebas de laboratorio se comprobó la odometría utilizando encoders incrementales de 40 ranuras y el método T de medición (Romero, et al., 2015). Se verificó que los controladores PID actuaran de forma simultánea sobre los motores de DC (corriente directa), sintetizados a partir de un modelo Box-Jenkins paramétrico obtenidos anticipadamente (figura 2 a, b).

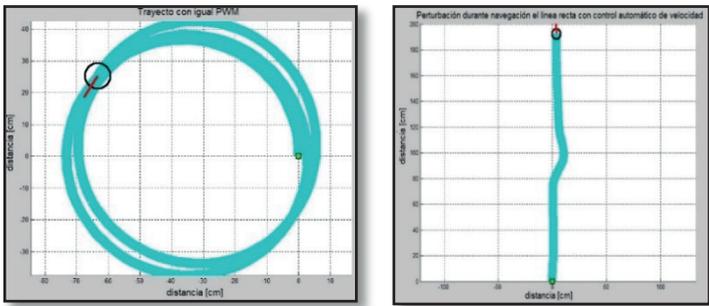
**Figura 2. a)** Velocidades lineales y angulares presentes en robot diferencial; **b)** Superposición del modelo del motor de DC derecho y los datos reales, en azul.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 3 (a, b) se muestra la aplicación de una fuerza transversal (perturbación) al movimiento programado para desplazarse en línea recta, contrarrestando la misma y logrando recuperar su trayectoria.

**Figura 3. a)** Trayectoria sin controladores, con igual PWM en ambos motores;  
**b)** Trayectoria con controladores PID simultáneos.



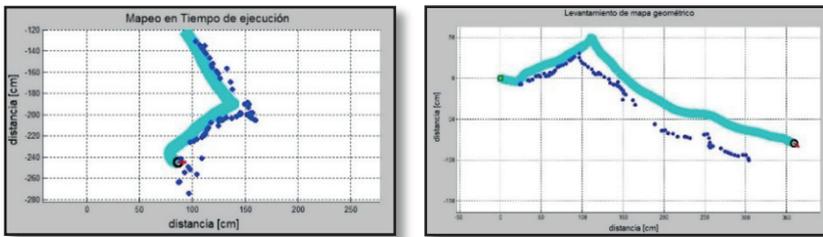
Fuente: elaboración propia.

### Obtención de mapas

La tarea, de forma básica, consistió en recorrer el entorno en busca de características primarias tales como paredes, filos o esquinas para obtener y almacenar un mapa geométrico. La obtención de los mapas se concibió en entornos estructurados y estáticos (Rios, et al., 2009) de interiores como oficinas y locales. En la figura 4 (a y b) se muestra el robot móvil bordeando una esquina y un filo, graficando los mismos mientras envía su posición global y orientación

simultáneamente. La tarea de representar los datos en la computadora se realizó en tiempo de ejecución.

**Figura 4.** a) Bordeo de una esquina de 90 grados; b) Bordeo de un filo y seguimiento de pared.



Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

Se construyó un robot móvil de ruedas (RMR) con cinemática diferencial basado en Arduino, que permite la adquisición de habilidades experimentales en estudiantes de automática. Se concibió como medio de enseñanza para la carrera de Ingeniería Automática de la Universidad de Oriente, Cuba, evidenciando e integrando habilidades de otras áreas del conocimiento como la Física, el Cálculo Infinitesimal, la Programación y la Electrónica. Se desarrollaron Prácticas de laboratorio para obtener diferentes modelos paramétricos de los motores, así como para la sintonización de controladores PI y PID a partir de los modelos obtenidos.

## Referencias bibliográficas

Silva-Ortigonza R., et al. (2012). Wheeled Mobile Robots: A Review. *Ieee Latin America Transactions*. Vol.10, (No.6).

Blanes, F. (2000). *Percepción y Representación del Entorno en Robótica Móvil*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

Valencia J. A., et al. (2009). Modelo cinemático de un robot móvil tipo diferencial y navegación a partir de la estimación odométrica. *Scientia et Technica Año XV*. (No.41). Pp. 191-196.

Romero A., et al. (2015). Realimentación de velocidad con encoders de baja resolución en Simulink. *Acta de las XXXVI Jornada de Automática*. Pp. 213-20.

Rios, L. H., et al. (2009). Diseño e implementación de un bloque de percepción sensorial con sensores infrarrojos, para el levantamiento de mapas de entorno en robótica móvil. *Scientia et Technica Año XV*. (No.42). Pp. 35-40.

# INDUSTRIA 5.0: ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LAS PRINCIPALES TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN. TECNOLOGÍAS HABILITADORAS Y APLICACIONES POTENCIALES

**Alejandro Agote<sup>1</sup>, Alejandro Manuel Martín<sup>1</sup> y Juan Ramón Lama<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería del Diseño. Área de Proyectos de Ingeniería. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Sevilla*

E-mail de correspondencia: aagote@us.es

## **Resumen**

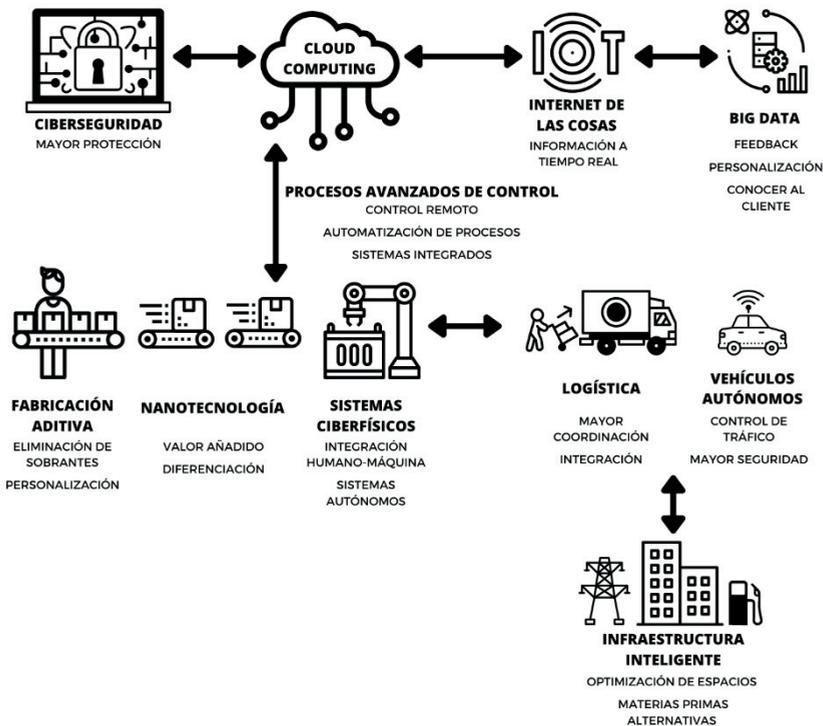
La Industria 5.0 supone un nuevo paradigma productivo que surge para dar importancia a principios de justicia social y sostenibilidad. Proporciona un enfoque diferente, buscando apoyar a la industria en su servicio a largo plazo a la humanidad, respetando los límites del planeta. Este nuevo concepto de industria está todavía en desarrollo, por lo que se presentan varios puntos de vista sobre cómo se define y qué alcance tiene. Esto sirve como motivación en este documento para identificar y analizar los diversos temas y tendencias de investigación que a Industria 5.0 se refieren. Para ello, en el presente trabajo, se ha llevado a cabo un análisis bibliométrico en búsqueda de los principales términos clave de la Industria 5.0. Scopus, de Elsevier, ha sido empleada como principal base de datos de búsqueda en el estudio desarrollado. Una vez obtenidos, se ha empleado el VOSviewer como programa de procesamiento de datos para construir y visualizar redes bibliométricas. Tras el estudio, se observan las tecnologías soporte, aplicaciones potenciales y posibles direcciones futuras que pueden formar parte de la Industria 5.0.

# Introducción

Con el paso del tiempo, los diferentes sistemas industriales han ido evolucionando gracias a la inclusión de las nuevas tecnologías en los procesos. La electricidad, la automatización o la robótica, han sido hitos que han marcado un antes y un después en la industria. Este crecimiento de los sistemas industriales, a partir de la tercera revolución industrial, se ha visto potenciado gracias al desarrollo de tecnologías de la comunicación e información cada vez más avanzadas (Shi et al., 2020).

Con la paulatina introducción de la Industria 4.0 (cuarta revolución industrial) se ha permitido revolucionar el sector de la fabricación gracias a la integración de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la Computación en la Nube (Cloud Computing) o la Inteligencia Artificial (AI). El objetivo de este modelo de industria es crear una red manufacturera inteligente mediante la integración de sistemas ciberfísicos interconectados, que dé prioridad a la automatización de procesos reduciendo la intervención de los humanos en la fabricación (Lasi et al., 2014).

Figura 1. Ecosistema bajo la Industria 4.0



Fuente: Elaboración propia

Esta nueva forma de entender la industria apenas empieza a aplicarse en los sistemas industriales del mundo y ya está trayendo consigo problemas en su interacción con los humanos. Por un lado, la inclusión de tecnologías cada vez más avanzadas está provocando en los trabajadores estrés, sobrecarga, así como otros nuevos riesgos asociados a la propia tecnología (Horváth & Szabó, 2019). Por otro lado, los posibles problemas de privacidad, confidencialidad y ciberseguridad que puedan conllevar estas tecnologías, están creando desconfianza y rechazo en los trabajadores en contacto con las mismas (Pacaux-Lemoine & Trentesaux, 2019).

Todo esto, junto con otros problemas de carácter ambiental y económico, han hecho que las principales comisiones del mundo cambien el paradigma actual de industria y propongan un nuevo modelo, la Industria 5.0 (Müller, 2020). En el presente trabajo se analiza la temprana literatura sobre la Industria 5.0 para definir cuáles son las principales tendencias de investigación dentro de este campo y mostrar lo que traerá consigo y cómo afectará a los diferentes ámbitos.

## **Metodología**

El análisis bibliográfico del nuevo concepto de Industria se ha realizado siguiendo una metodología de búsqueda basada en cuatro etapas; definición de palabras clave y base de datos, limpieza de los datos, análisis inicial de los datos y análisis en profundidad (Gómez-Luna et al., 2014; Zhao & Strotmann, 2015).

En la definición de la base de datos de búsqueda se ha seleccionado Scopus de Elsevier, con el objetivo de trabajar con la muestra más completa posible de producción científica. En cuanto a la definición de las ecuaciones de búsqueda, en primer lugar, se han definido los principales términos asociados al concepto de Industria 5.0 y a medida que se han ido descubriendo otros de interés, se han incluido en los criterios de búsqueda más avanzados. Además, no se han aplicado filtros ni por fecha ni por tipo de documento, por lo que se incluyen todas las referencias bibliográficas posibles de Scopus en relación con los términos analizados.

Para la limpieza y refinado de los datos obtenidos, se ha empleado el programa de posprocesado VOSviewer versión 1.6.18. Este se ha empleado principalmente por dos motivos. Por un lado, por permitir la limpieza de los datos obtenidos, aunando los términos que aparecen repetidos pero nombrados de diferentes formas. Y, por otro lado, por ser un programa que permite crear y visualizar redes

bibliométricas en las que se muestran la relación entre los principales términos asociados a la búsqueda realizada (van Eck & Waltman, 2007).

En cuanto al análisis de los datos obtenidos, un primer análisis inicial con búsqueda de los principales términos en el campo *all fields* permite observar los diferentes ámbitos que abarca el concepto de Industria 5.0, así como, la evolución temporal de este nuevo modelo y su impacto. Tras esto, un análisis en profundidad considerando los documentos que contienen los términos de búsqueda en los campos *Article title, abstract & keywords*, permite obtener las principales líneas de investigación que están causando interés, junto con los principales autores que las llevan a cabo.

## Resultados y discusión

### Industria 5.0

Los resultados obtenidos tras el análisis de la temprana literatura sobre la Industria 5.0 muestran cierta incertidumbre sobre lo que traerá y cómo llegará a influir en los diferentes ámbitos. Varios son ya los autores que presentan una primera definición sobre el nuevo paradigma industrial. A continuación, se proporcionan varias de estas definiciones:

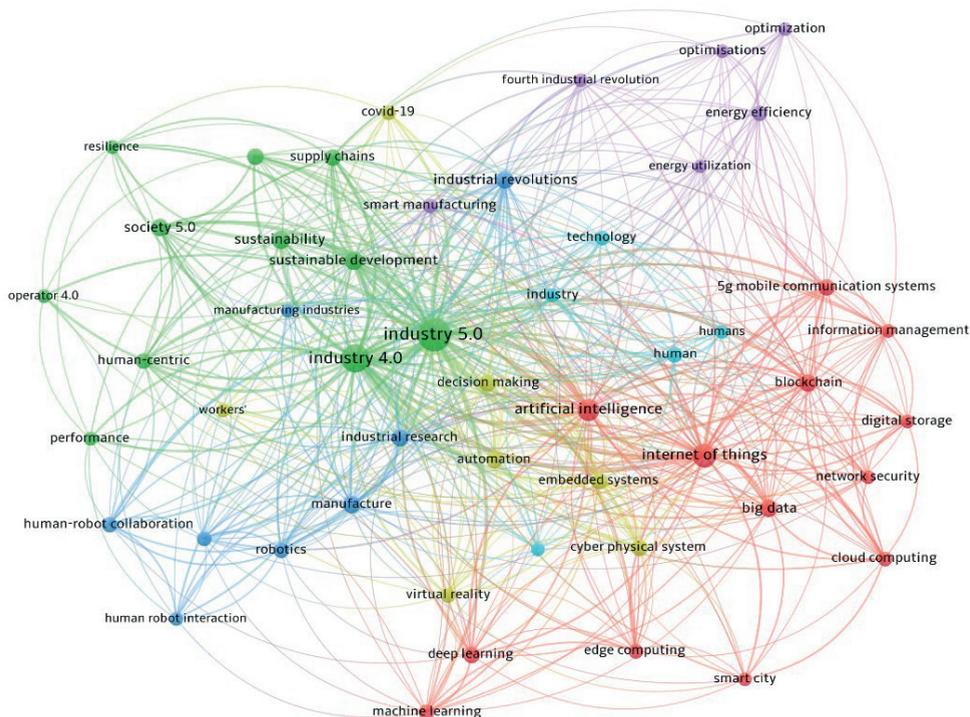
- Es la primera revolución industrial liderada por el ser humano, basada en los principios de las 6R (reconocer, reconsiderar, realizar, reducir, reutilizar y reciclar) (Mourtzis et al., 2022).
- Es un avance incremental de la Industria 4.0 con el objetivo de diseñar sistemas de automatización hiperconectados en favor de la producción (Leong et al., 2021).
- Es la era de la fábrica social inteligente donde se crean redes sociales empresariales en las que los cobots se comunican con los humanos (Koch et al., 2017).
- Es la nueva ola revolucionaria que integra los sistemas de producción cibernéticos con la inteligencia humana para crear fábricas sinérgicas (Longo et al., 2020).
- Es el modelo de industria que trae de vuelta la fuerza del trabajo humano a las fábricas, donde se emparejan los humanos y las máquinas para aumentar la eficiencia del proceso (Nahavandi, 2019).

- Es una solución de diseño centrada en el ser humano en la que se busca que humanos y máquinas trabajen de la mano. Empleando los robots para tareas repetitivas y los humanos para el pensamiento crítico (Friedman, 2019).

A pesar de las diferencias entre las definiciones que cada autor ofrece sobre este nuevo concepto de Industria, parece que el triple objetivo en el que va a buscar basarse esta nueva era es claro; colocar al trabajador como centro del proceso de producción, respetando los límites del planeta y asegurando la prosperidad de los sistemas industriales. Todo ello, sin buscar imponerse a la actual Industria 4.0, a la que todavía la mayoría del sistema industrial no ha llegado. Sino tomándolo como una versión mejorada de esta cuarta revolución industrial (Müller, 2020).

En la figura 2, se presenta la red de conceptos relacionados con la búsqueda del término Industria 5.0 en el campo *all fields* dentro de la base de datos de Scopus. Esta permite visualizar con mayor tamaño los conceptos que más se repiten en la búsqueda y más próximos los de mayor relación. Además, ofrece por colores los términos recogidos bajo las principales líneas de investigación que se están llevando a cabo.

Figura 2. Mapa de relación de conceptos de la Industria 5.0



Fuente: Elaboración propia mediante VOSviewer

Atendiendo a la figura 2, se pueden destacar 4 principales líneas de investigación entorno al concepto de Industria 5.0. Por un lado, en rojo, se recogen las principales tecnologías que dan soporte a la Industria 5.0, junto con términos que derivan de la Industria 4.0. En azul, se muestra cómo se investiga sobre la interacción humano-robot por la inclusión de los cobots en la industria. En verde, los nuevos conceptos y nuevas preocupaciones como la resiliencia o el desarrollo sostenible, que surgen con la transformación de la Industria 4.0 a la Industria 5.0. Y, en morado, las investigaciones sobre el empleo y aprovechamiento de la energía en los procesos industriales.

Se ha de destacar que aparece incluso el concepto de Covid-19. Esto hace ver que la situación sanitaria vivida con la pandemia ha servido como fuente de investigación para los autores en relación con el nuevo modelo de industria. La introducción de robots, la automatización de procesos y la transformación digital, han inspirado a los investigadores para presentar soluciones a favor del cuidado de la salud de los trabajadores (Javaid et al., 2020).

### **Tecnologías habilitadoras**

Las tecnologías habilitadoras de la Industria 5.0 parten de las avanzadas tecnologías de la comunicación e información desarrolladas en el contexto de la Industria 4.0, pero para hacer de este nuevo modelo, un modelo de producción avanzado, enfocado en la interacción humano-máquina. Tecnologías como IoT, Big Data, cobots o blockchain, buscan ser aplicadas de forma integrada con las habilidades físicas, cognitivas y sensitivas de los trabajadores de forma que ayuden a aumentar la producción, pero, sobre todo, de forma que garanticen los objetivos de carácter social, sostenible y resiliente establecidos con la Industria 5.0 (Coronado et al., 2022).

En la figura 3 se presentan recogidas 8 de las principales tecnologías que buscan servir como soporte del desarrollo de la Industria 5.0 en favor de la protección de los trabajadores, la conservación del planeta y el crecimiento del propio proceso productivo. Para cada una de ellas se presentan los principales beneficios que pueden ofrecer con su correcto desarrollo e implementación conforme a los objetivos establecidos (Majeed et al., 2021; Yang et al., 2020).

Figura 3. Tecnologías habilitadoras de la Industria 5.0



Fuente: Elaboración propia

### Aplicaciones potenciales

Al investigar sobre el potencial de aplicabilidad de las diferentes tecnologías avanzadas dentro del modelo de la Industria 5.0, se reconoce que estas ya están provocando cambios en los procesos de fabricación en su aplicación bajo el paradigma de la Industria 4.0. Los robots por ejemplo ya están permitiendo realizar tareas monótonas o físicamente exigentes. Sin embargo, la Industria 5.0, con sus objetivos, busca combinar las facilidades que ofrecen las avanzadas tecnologías con las habilidades humanas, de forma que estas se vean potenciadas de forma que se obtengan entorno de trabajo colaborativos, inteligentes e interconectados (Sachsenmeier, 2016).

Por un lado, algunos autores proponen que en la Industria 5.0, los robots colaborativos poseen como principal tarea analizar su interacción con el trabajador para determinar cuándo su colaboración humana necesita ayuda, más que analizar la tarea en sí (Nahavandi, 2019). Otros investigadores analizan cómo las tecnologías disruptivas, alineadas con la inteligencia e innovación de los trabajadores permiten satisfacer las demandas para entregar productos personalizados y adaptados a un ritmo mayor en la gestión de la cadena de suministro (Li, 2020).

Sin embargo, el potencial de aplicación de estas avanzadas tecnologías transcende más allá de las fábricas. Es por ello, por lo que junto con el concepto de Industria 5.0 emerge el de Sociedad 5.0, que viene para dar nombre a una nueva sociedad afín al desarrollo tecnológico centrado en el ser humano (Elim & Zhai, 2020). Ámbitos como la salud, gracias a la inclusión tecnológica en tareas de diagnóstico y monitoreo de pacientes, la ropa por la aplicación de herramientas de detección y alerta, o la educación por el empleo de tecnologías para la formación y la creación de nuevos puestos, se ven repercutidos y reforzados por el cambio que trae consigo la Industria 5.0.

Figura 4. Aplicaciones potenciales en la Sociedad 5.0



Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

La definición de una amplia base de datos de búsqueda, así como de unos parámetros adecuados, permite obtener un abanico de información completo con el que trabajar sobre el tema de interés. Además, el software VOSviewer permite crear mapas de coocurrencias que proporcionan una fuente de información visual valiosa con la que poder trabajar. La identificación de los términos que aparecen con mayor frecuencia en las investigaciones del concepto de Industria 5.0 permite determinar las principales tendencias de investigación en torno a este nuevo modelo.

Las avanzadas tecnologías habilitadoras que se desarrollan con la impulsión tecnológica de la Industria 4.0, se ponen en favor del trabajador para dar lugar a

fábricas simbióticas. Entornos industriales en los que se potencien las capacidades físicas, sensitivas y cognitivas de los operadores y donde se alcancen los objetivos de carácter social, sostenible y resiliente establecidos con la Industria 5.0.

El potencial de aplicación de la avanzada tecnología conforme a los objetivos que marca la nueva era de la Industria 5.0 no se limita al entorno industrial. La mayoría de los ámbitos que rodean al ser humano, como la economía, el medio ambiente o la sociedad, pueden ser fuente potencial de aplicación. El concepto de Sociedad 5.0 surge para dar nombre a una sociedad comprometida con alcanzar unos objetivos de desarrollo sostenible, con el uso de las avanzadas tecnologías de forma activa en la vida cotidiana.

## Referencias bibliográficas

- Coronado, E., Kiyokawa, T., Ricardez, G. A. G., Ramirez-Alpizar, I. G., Venture, G., & Yamanobe, N. (2022). Evaluating quality in human-robot interaction: A systematic search and classification of performance and human-centered factors, measures and metrics towards an industry 5.0. *Journal of Manufacturing Systems*, 63, 392–410. <https://doi.org/10.1016/J.JMSY.2022.04.007>
- Elim, H. I., & Zhai, G. (2020). Control system of multitasking interactions between society 5.0 and industry 5.0: A conceptual introduction & its applications. *Journal of Physics: Conference Series*, 1463. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1463/1/012035>
- Friedman, B. (2019). Value sensitive design: Shaping technology with moral imagination. Mit Press.
- Gómez-Luna, E., Fernando-Navas, D., Aponte-Mayor, G., & Betancourt-Buitrago, L. A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *DYNA (Colombia)*, 81(184), 158–163. <https://doi.org/10.15446/DYNA.V81N184.37066>
- Horváth, D., & Szabó, R. Z. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 119–132. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2019.05.021>

- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Ul Haq, M. I., Raina, A., & Suman, R. (2020). Industry 5.0: Potential applications in covid-19. *Journal of Industrial Integration and Management*, 5(4), 507–530. <https://doi.org/10.1142/S2424862220500220>
- Koch, P. J., van Amstel, M. K., Dębska, P., Thormann, M. A., Tetzlaff, A. J., Bøgh, S., & Chrysostomou, D. (2017). A Skill-based Robot Co-worker for Industrial Maintenance Tasks. *Procedia Manufacturing*, 11, 83–90. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2017.07.141>
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business and Information Systems Engineering*, 6(4), 239–242. <https://doi.org/10.1007/S12599-014-0334-4/FIGURES/1>
- Leong, Y. K., Tan, J. H., Chew, K. W., & Show, P. L. (2021). Significance of Industry 5.0. *The Prospect of Industry 5.0 in Biomanufacturing*, 95–114. <https://doi.org/10.1201/9781003080671-5-5>
- Li, L. (2020). Education supply chain in the era of Industry 4.0. *Systems Research and Behavioral Science*, 37(4), 579–592. <https://doi.org/10.1002/SRES.2702>
- Longo, F., Padovano, A., & Umbrello, S. (2020). Value-Oriented and Ethical Technology Engineering in Industry 5.0: A Human-Centric Perspective for the Design of the Factory of the Future. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app10124182>
- Majeed, A., Zhang, Y., Ren, S., Lv, J., Peng, T., Waqar, S., & Yin, E. (2021). A big data-driven framework for sustainable and smart additive manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 67, 102026. <https://doi.org/10.1016/J.RCIM.2020.102026>
- Mourtzis, D., Angelopoulos, J., & Panopoulos, N. (2022). A Literature Review of the Challenges and Opportunities of the Transition from Industry 4.0 to Society 5.0. *Energies* 2022, Vol. 15, Page 6276, 15(17), 6276. <https://doi.org/10.3390/EN15176276>
- Müller, J. (2020). Enabling Technologies for Industry 5.0: results of a workshop with Europe's technology leaders. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/082634>
- Nahavandi, S. (2019). Industry 5.0—A Human-Centric Solution. *Sustainability* 2019, Vol. 11, Page 4371, 11(16), 4371. <https://doi.org/10.3390/SU11164371>

- Pacaux-Lemoine, M. P., & Trentesaux, D. (2019). Ethical risks of human-machine symbiosis in industry 4.0: insights from the human-machine cooperation approach. *IFAC-PapersOnLine*, 52(19), 19–24. <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2019.12.077>
- Sachsenmeier, P. (2016). Industry 5.0—The Relevance and Implications of Bionics and Synthetic Biology. *Engineering*, 2(2), 225–229. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2016.02.015>
- Shi, Z., Xie, Y., Xue, W., Chen, Y., Fu, L., & Xu, X. (2020). Smart factory in Industry 4.0. *Systems Research and Behavioral Science*, 37(4), 607–617. <https://doi.org/10.1002/SRES.2704>
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2007). VOS: A new method for visualizing similarities between objects. *Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization*, 299–306. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-70981-7\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-540-70981-7_34)
- Yang, H., Alphones, A., Xiong, Z., Niyato, D., Zhao, J., & Wu, K. (2020). Artificial-Intelligence-Enabled Intelligent 6G Networks. *IEEE Network*, 34(6), 272–280. <https://doi.org/10.1109/MNET.011.2000195>
- Zhao, D., & Strotmann, A. (2015). Analysis and visualization of citation networks. *Synth*, 208.

# OPORTUNIDADES Y RETOS PARA LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO EN EL CONTEXTO DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

**Teresa Ramos Calderón<sup>1</sup>, Juan Ramón Lama Ruiz<sup>1</sup>, Antonio Córdoba Rol-  
dán<sup>1</sup>, M<sup>a</sup> Jesús Ávila Gutiérrez<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería del Diseño, Universidad de Sevilla, Sevilla*

E-mail de correspondencia: tramos@us.es

## **Resumen**

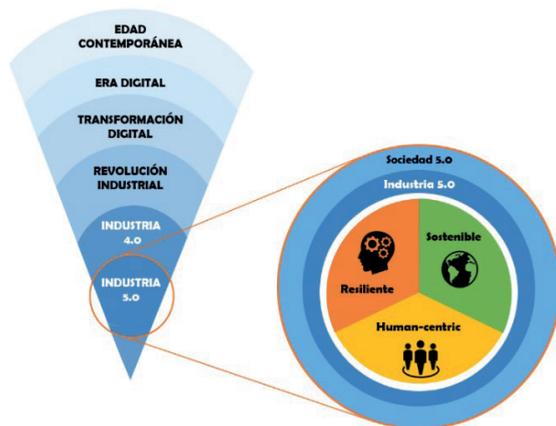
A lo largo del tiempo se han sucedido diferentes revoluciones industriales. En el contexto de la Transformación Digital (TD) llega la Industria 4.0 (I4.0) con avances tecnológicos que suponen importantes cambios y escenarios desconocidos hasta el momento, tanto en el mundo laboral como en la vida personal.

Recientemente aparecen referencias a la denominada Industria 5.0 (I5.0), y con ella numerosas incógnitas para comunidades científicas e industriales. Desde la perspectiva de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) y la Prevención de Riesgos Laborales (PRL), resulta esencial la valoración de nuevos escenarios y riesgos emergentes en ambientes de trabajo inteligentes y altamente tecnológicos. Este estudio presenta una revisión exhaustiva y profunda de la literatura contrastando autores y enfoques, con el objetivo de clarificar conceptos fundamentales, determinar las implicaciones de la TD en relación a la SST, así como realizar un análisis semántico a partir de las publicaciones de interés. Estos resultados servirán como referencia para futuras investigaciones sobre SST y PRL en el contexto de la TD.

## Introducción

Para abordar el contexto de la TD, y cuestiones específicas como la I4.0, la I5.0 y su impacto no solo a nivel social, es necesario partir de la comprensión de la contextualización y los antecedentes históricos que han sido determinantes. De forma muy sintetizada, se hace una propuesta de los principales niveles para la contextualización en la figura 1. En el nivel superior se encuentra la Edad Contemporánea, en la que se desarrolla la Era Digital o de la Información, periodo histórico que abarca desde el inicio de la Revolución Digital a finales del siglo XX hasta el presente. Este periodo se caracteriza por la transición en el uso de dispositivos electrónicos y mecánicos analógicos para dar paso a las tecnologías digitales, fenómeno también conocido como digitalización. Seguidamente se sitúa la TD, que como afirma Mercedes Delgado, es un concepto complejo y dinámico en la literatura científica. En esta línea, Tatiana Delgado aporta una Taxonomía que integra categorías jerarquizadas para lograr una definición holística de este concepto (Delgado, 2020). Además valora cuatro áreas clave en la TD, y concretamente en el marco de la I4.0: producción, productos y servicios, cadenas de suministros, y trabajo. Siendo esta última la menos abordada en profundidad, tal y como se aprecia en la literatura.

**Figura 1.** Niveles de la contextualización y detalle I5.0.



**Fuente:** elaboración propia.

Las innovaciones que se dan en el contexto de la TD suponen múltiples oportunidades para garantizar el bienestar laboral. A pesar de ello diversos autores cuestionan la integración de las tecnologías debido a los nuevos riesgos

que implican, especialmente referidos a la *human-machine interaction* (HMI) (Falegnami et al., 2021).

Por otro lado, se debe prestar atención al concepto de Revolución Industrial, que puede definirse como un proceso de cambio impulsado por nuevos avances tecnológicos que suponen fuertes cambios industriales, sociales, demográficos, económicos, culturales, ambientales, etc. Dichos cambios generan una realidad tan diferenciada de la situación de partida que se justifica el uso del término “revolución” (Blanco Silva et al., 2019). Tal y como afirma Eduard Aibar, las revoluciones industriales implican un momento singular de ruptura y establecen una frontera temporal clara y abrupta entre el pasado y el futuro (Aibar, 2019).

Recientemente aparecen estudios con referencias a la denominada I5.0 como nuevo paradigma en la sociedad contemporánea. Surgen numerosas incógnitas, generando una importante polémica entre expertos y autores sobre la idoneidad del término revolución para referirse al cambio de paradigma que implica la I5.0. También se discuten cuestiones como la vigencia de la I4.0 en la actualidad, las principales diferencias entre I4.0 e I5.0, las tecnologías propias de la I5.0, entre muchos otros interrogantes.

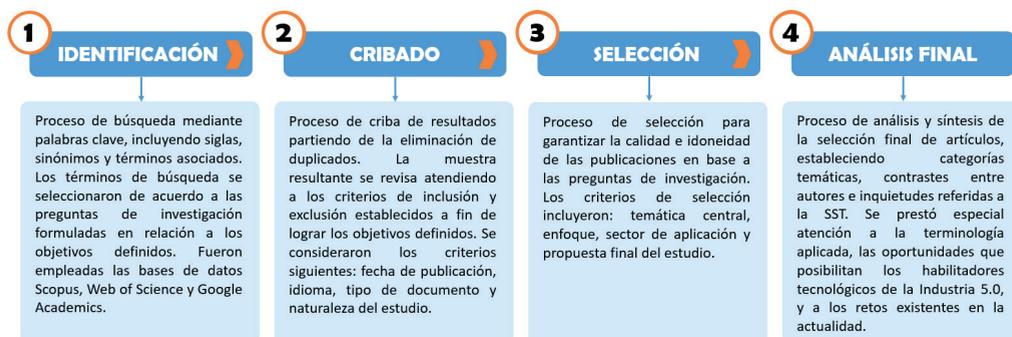
No obstante, resulta innegable que en el contexto de la TD el potencial disruptivo de las tecnologías exige respuesta por parte de las organizaciones y de la sociedad a nuevas necesidades (Danneels & Viaene, 2022). Dichas necesidades surgen derivadas del impacto directo que la TD, incluso la I5.0 con el enfoque *human-centricity* (figura 1), tiene sobre actores, formas y entornos de trabajo (Oh et al., 2022). Por ello resulta esencial la valoración de nuevos escenarios y riesgos emergentes en ambientes de trabajo en el contexto de la TD desde la perspectiva de la PRL y la SST (Ávila-Gutiérrez et al., 2022).

## **Metodología**

Para lograr los objetivos del estudio se llevó a cabo un análisis bibliográfico exhaustivo con una metodología de revisión inspirada en la declaración PRISMA. Se establecen cuatro fases en el proceso metodológico de revisión:

(1) Identificación; (2) Cribado; (3) Selección; y (4) Análisis final como se muestra en detalle en la Figura 2.

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso metodológico.

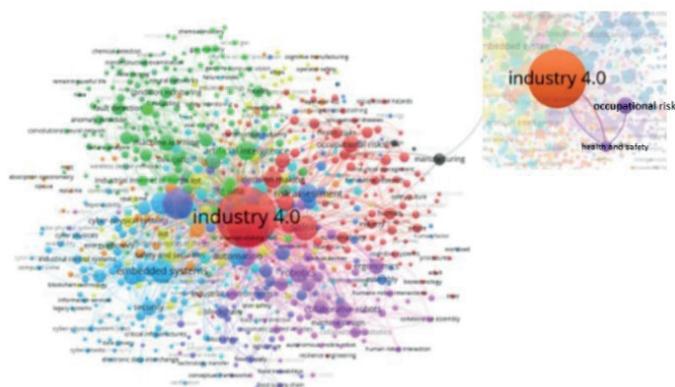


Fuente: elaboración propia.

## Resultados

Las publicaciones seleccionadas fueron clasificadas siguiendo diferentes criterios. En un primer nivel se diferenciaron dos grupos principales, de acuerdo a la referencia a la I4.0 o bien a la I5.0. Además, se establecieron categorías temáticas en función de la tecnología de aplicación, la contribución a la SST, el sector industrial analizado y los casos de aplicación.

Figura 3. Mapa de la red bibliométrica generada.



Fuente: elaboración propia.

En el proceso de análisis se identificó la terminología asociada, y se valoraron las relaciones de similitud entre *keywords* de la muestra final de publicaciones, como se observa en la figura 3.

## Conclusiones

Este estudio ha permitido constatar el interés creciente a nivel internacional en el contexto de la TD, y más concretamente en los paradigmas I4.0, I5.0. Se ha detectado una carencia en investigaciones centradas en el ámbito de la SST. Se han identificado múltiples oportunidades y retos para la SST derivadas de las nuevas tecnologías. Cabe decir que el estudio realizado ha sido muy extenso, de forma que en el presente artículo se sintetizan ideas principales, que se complementarán con futuras publicaciones en la misma línea temática, sirviendo como referencia para nuevas investigaciones.

## Referencias bibliográficas

Aibar, E. (2019). Revoluciones industriales: un concepto espurio. *Oikonomics*, (12), 1–8. doi: <https://doi.org/10.7238/o.n12.1909>

Ávila-Gutiérrez, M. J., Suarez-Fernandez de Miranda, S., & Aguayo-González, F. (2022). Occupational Safety and Health 5.0 - A Model for Multilevel Strategic Deployment Aligned with the Sustainable Development Goals of Agenda 2030. *Sustainability* 2022, 14(11): 6741, 1–18. doi: <https://doi.org/10.3390/SU14116741>

Blanco Silva, F., Castro Pérez, J. M., Gayoso Taboada, R. A., & Santana Alonso, W. (2019). *Las claves de la Cuarta Revolución Industrial* (Libros de Cabecera).

Danneels, L., & Viaene, S. (2022). Identifying Digital Transformation Paradoxes. *Business & Information Systems Engineering*, 64, 485–500. doi: <https://doi.org/10.1007/S12599-021-00735-7>

Delgado Fernández, M. (2022). Industria 4.0 y competencias en la Transformación Digital. *Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial*, 6(1). doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6478087>

Delgado, T. (2020). Taxonomía de transformación digital. *Revista Cubana de Transformación Digital*, 1(1), 4–23. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5545874>

Falegnami, A., Tronci, M., & Constantino, F. (2021). The occupational health and safety risks of ongoing digital transformation. A knowledge management software powered literature review. *Proceedings of the Francesco Turco Conference*. doi: <https://doi.org/10.2/JQUERY.MIN.JS>

Oh, K., Kho, H., Choi, Y., & Lee, S. (2022). Determinants for Successful Digital Transformation. *Sustainability*, 14(3), 1215. doi: <https://doi.org/10.3390/SU14031215>

# APLICACIÓN DE MODELOS DEEP LEARNING PARA EL DIAGNÓSTICO DE PATRONES DE GLEASON EN IMÁGENES HISTOLÓGICAS DE CÁNCER DE PRÓSTATA: UN ESTUDIO COMPARATIVO SOBRE LA VARIABILIDAD INTER-OBSERVADORA

**José Manuel Marrón-Esquivel<sup>1</sup>, Lourdes Durán-López<sup>1</sup>, Álvaro Ayuso-Martínez<sup>1</sup>, Daniel Casanuevas-Morato<sup>1</sup>, Pablo Sánchez-Cuevas<sup>1</sup>, Juan Pedro Domínguez-Morales<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores, Universidad de Sevilla, Sevilla*

E-mail de correspondencia: [jmarron@us.es](mailto:jmarron@us.es)

## **Resumen**

El cáncer de próstata es uno de los más agresivos hoy en día. Este se diagnostica a partir de imágenes histológicas obtenidas mediante el procedimiento llamado biopsia. Estos tejidos se clasifican según la escala de Gleason del 1 al 5, de los cuales a partir del 3 se considera tumor maligno. Se ha demostrado la existencia de una variabilidad inter-observadora entre los patólogos a la hora de asignar un valor en las imágenes histológicas de próstata, por lo que se considera interesante la aplicación de la inteligencia artificial al caso.

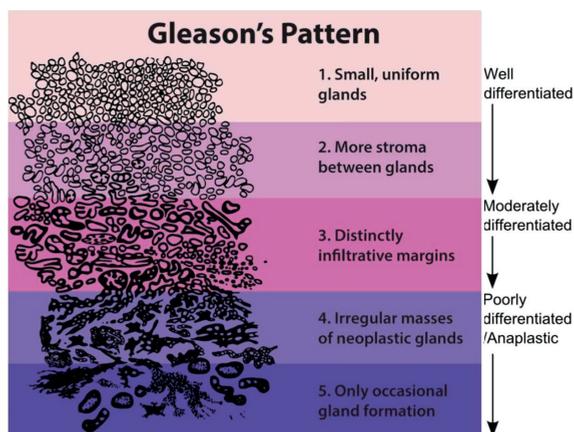
En el trabajo se utiliza un conjunto de imágenes de biopsias de próstata sobre las cuales un equipo de patólogos del hospital Clinic de Barcelona han anotado las zonas de tejidos cancerosas según la escala de Gleason, y se analiza la discrepancia del equipo a la hora de realizar las anotaciones. Por otro lado,

con su debido preprocesado, se utilizan las imágenes para entrenar diversos modelos neuronales con diversas arquitecturas de red con el objetivo de demostrar la utilidad de la aplicación de los modelos neuronales en este campo. Como resultado, se confirma la existencia de la variabilidad inter-observadora en los patólogos y se obtienen modelos que mejoran dicha discrepancia.

## Introducción

Según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), en 2020 se atribuyeron al cáncer casi 10 millones de defunciones, aproximadamente uno de cada seis pacientes que la registran [1]. Los tipos de cáncer más comunes son los de mama, pulmón, colon y recto y próstata [1]. El diagnóstico tardío es un factor negativo para la prognosis del paciente mientras que el diagnóstico temprano favorece enormemente la recuperación y la superación de la patología. El diagnóstico del cáncer conlleva diferentes pruebas con el objetivo de descartar la posibilidad de este diagnóstico. Sin embargo, la prueba definitiva es la biopsia. Esta prueba consiste en la extracción de una pequeña porción del tejido afectado y, mediante la observación por microscopio, el patólogo clasifica la imagen según la escala de Gleason. Esta escala se puede observar en la Figura 1. El rango de puntuación es del 1 al 5, siendo 5 el más agresivo. A partir del grado 3 se considera tumor maligno.

Figura 1. Diagrama de los Grados de Gleason del 1 al 5. Fuente [2].



Sin embargo, se ha demostrado mediante varios estudios la existencia de una discrepancia inter-observadora entre los propios patólogos que supera hasta el 30% [2][3][4]. Esta discrepancia hace interesante considerar la aplicación de la inteligencia artificial al caso.

## Materiales y métodos

Para llevar a cabo este trabajo, se han utilizado 81 imágenes histológicas de carcinomas de próstata las cuales han sido anotadas por cinco patólogos del hospital Clinic de Barcelona.

### Análisis del área de las anotaciones

Se han comparado las anotaciones de los patólogos realizadas sobre la misma imagen. En el caso que una anotación no tenga intersección con ninguna otra o estas intersecciones no sean superior al 15% significaría que no hay coincidencia entre los patólogos, por lo que dicha anotación se descartará para el cálculo de la discrepancia según la Fórmula 1.

Fórmula 1. Cálculo de la discrepancia de las áreas

$$D = \left(1 - \frac{A_{acum}}{A_1 + A_{acum} - A_{intersec}}\right) * 100$$

Fuente: Elaboración propia.

Donde  $A_{acum}$  es la suma de las áreas coincidentes,  $A_1$  es el área con la que las anotaciones previas coinciden y  $A_{intersec}$  es el área de intersección entre las anotaciones.

### Análisis de los grados de Gleason

Resulta interesante realizar un análisis sobre los grados determinados por cada patólogo en una misma zona, ya que se eliminaría el factor de subjetividad que encontramos en el caso de las áreas comentado anteriormente. Para realizar el análisis de los grados de Gleason, se ha aplicado el coeficiente de Kappa Score como métrica, la cual va de 0 a 1, siendo 0 una clasificación similar al azar y 1 una clasificación perfecta.

## Preprocesado de la imagen WSI

Las muestras de las biopsias se escanean con un escáner VENTANA iScan HT (Roche Diagnostics) a 40× de magnificación (0.25  $\mu\text{m}$  por pixel). Se obtienen un total de 81 imágenes de tejido completo (WSI). Estas imágenes contienen muchas resoluciones en su interior, por lo que su peso puede llegar a alcanzar hasta los 3gb. En consecuencia, no se pueden utilizar como entrada de los modelos neuronales. Para poder utilizarlas, se aplica un preprocesado a partir del cual se obtienen parches de 224x224 que permiten su aplicación. Obteniendo un total de 23389 parches.

## Resultados y discusión

A nivel de área, se obtiene una discrepancia final del 46%. Este valor es elevado en comparación al encontrado en el estado del arte. Esto se debe a que la métrica utilizada no es muy fiable, además de la subjetividad que tiene la anotación a mano alzada de los patólogos. Por otro lado, a nivel de grado de Gleason, el resultado es un  $k = 0.694$ , este valor si es más acorde al encontrado en otros artículos, además que permite la aplicación de la métrica Kappa Score, la cual es la comúnmente utilizada en este caso.

A partir de esta discrepancia analizada, se han diseñado los modelos Custom 1, 2 y 3 a partir de la técnica Grid Search, y se ha aplicado Transfer Learning a los modelos MobileNetV2, VGG16 y VGG19. Estos modelos se han entrenado un total de 10 veces para obtener su media y desviación estándar, las cuales se pueden observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Kappa Score de los modelos entrenados.

	MobileNetV2	VGG16	VGG19	Custom 1	Custom 2	Custom 3
Model 0	0.6469	0.6693	0.6776	0.733	0.6699	0.7673
Model 1	0.6983	0.6184	0.6755	0.7258	0.578	0.7128
Model 2	0.6217	0.6824	0.5885	0.6333	0.7122	0.743
Model 3	0.6528	0.6549	0.6551	0.7019	0.7451	0.6051
Model 4	0.6404	0.6497	0.6402	0.6472	0.6338	0.6528
Model 5	0.5858	0.6871	0.6839	0.6486	0.6019	0.6889
Model 6	0.6465	0.7165	0.6507	0.6405	0.7371	0.7065
Model 7	0.5611	0.6794	0.5883	0.7338	0.7285	0.7673
Model 8	0.6586	0.6638	0.6311	0.672	0.7161	0.7706
Model 9	0.6526	0.6615	0.6832	0.655	0.7573	0.6587
Avg	0,6365 $\pm$ 0.0368	0,6683 $\pm$ 0.0247	0,6474 $\pm$ 0.0342	0,6791 $\pm$ 0,0384	0,6880 $\pm$ 0.0602	0,7073 $\pm$ 0.0535

Los valores de la red Custom 3 superan en media la discrepancia de los patólogos, además de encontrar valores puntuales de  $k = 0.77$  que la superan con creces. Cabe destacar que los modelos más simples devuelven mejores resultados que los modelos más complejos como VGG16.

## Conclusiones

En el trabajo se ha estudiado la discrepancia entre un equipo de patólogos a la hora de asignar los grados de Gleason a las imágenes histológicas de cáncer de próstata. Además, se han entrenado modelos que han demostrado tener un desempeño competitivo frente a los patólogos.

En conclusión, queda en manifiesto que la inteligencia artificial puede aportar al campo de la histología. Se demuestra la existencia de una discrepancia incluso dentro de un propio equipo de patólogos. Por otro lado, los modelos diseñados podrían aportar una segunda opinión a los patólogos a la hora de trabajar, realizando más amena su labor y reduciendo su fatiga en su día a día, o incluso realizar un posible triaje, enfocando los recursos humanos del hospital a los casos más problemáticos y menos triviales.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto regional andaluz (junto a los fondos FEDER) DAFNE (US-1381619).

## Referencias bibliográficas

H. Sung, J. Ferlay, R. L. Siegel, M. Laversanne, I. Soerjomataram, A. Jemal, F. Bray, Global cancer statistics 2020: Globocan estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries, *CA: a cancer journal for clinicians* 71 (3) (2021) 209–249.

M. t. McLean, J. Srigley, D. Banerjee, P. Warde, Y. Hao, Interobserver variation in prostate cancer gleason scoring: are there implications for the design of clinical trials and treatment strategies?, *Clinical oncology* 9 (4) (1997) 222–225.

A. Esteva, B. Kuprel, R. A. Novoa, J. Ko, S. M. Swetter, H. M. Blau, S. Thrun, Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks, *nature* 542 (7639) (2017) 115–118.

M. Veta, J. P. Pluim, P. J. Van Diest, M. A. Viergever, Breast cancer histopathology image analysis: A review, *IEEE transactions on biomedical engineering* 61 (5) (2014) 1400–1411.

# BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN EN VALORES DE VARIABLES MONITORIZADAS

Elio Rafael Hidalgo Batista<sup>1</sup> y Pedro Luis Pérez Font<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD, profesor Facultad de Ingeniería Universidad de Holguín, Holguín, Cuba, eliorafael029@gmail.com; +5351895051 y +5358588979

<sup>2</sup> MSc, profesor Facultad de Ingeniería Universidad de Holguín, Holguín, Cuba, perezfontp@gmail.com; +59167478732

## Resumen

El presente artículo resume los resultados de investigaciones realizadas por los autores en la búsqueda de información en valores de variables registradas en sistemas de controles de los equipos estudiados y a través de sistemas de adquisición de datos (SCADAS) con el objetivo de encontrar información valiosa para el diagnóstico oportuno de equipos instalados en procesos productivos. El desconocimiento de esta información puede traer consigo paradas inoportunas afectando la producción y aumentando los costos de producción. Se usaron para la indagación dos funciones de la lógica difusa elaboradas para el caso de estudio motores de combustión interna y la estadística (coeficiente de correlación) en el caso de los aerogeneradores. Lográndose conocer en el caso motores de combustión interna que sólo tres variables de las ocho estudiadas sus valores se alteran al surgir un fallo siendo las mismas la temperatura del combustible, presión del combustible y presión del aire. En el caso aerogeneradores solamente la temperatura máxima del devanado del generador influye negativamente en el funcionamiento de estos equipos.

**Palabras claves:** búsqueda de información, fallo, diagnóstico.

## **Materiales y métodos**

Para desarrollar la investigación se emplearon métodos de investigación teóricos como son: análisis y síntesis e histórico – lógico para el estudio del objeto a través del tiempo y llegar a un análisis lógico.

Las técnicas empleadas en la recolección de los datos fueron: observación participante, documentos oficiales de la empresa: expedientes técnicos, registros de mantenimientos, documentos internos y documentos personales de revisiones bibliográficas precedentes.

## **Introducción**

Del Bosque (2019) afirma “En los últimos años, la globalización y con ella la irrupción de las nuevas tecnologías en nuestras vidas ha supuesto cambios muy relevantes a todos los niveles, desde la forma de relacionarse hasta la manera de comprar, vender, prestar servicios o desempeñar el trabajo diario. De esta forma, la sociedad y la economía que hace no muchos años eran completamente analógicas, poco a poco están pasando a ser cada vez más digitales” (p.5).

Este sistema de control es capaz de registrar segundo a segundo los valores reales de diferentes variables que surgen de los procesos que emanan durante el funcionamiento del equipo, las mismas pueden ser de temperatura, presión, vibraciones, voltajes entre otras. Estos datos registrados han pasado de ser escasos en el siglo pasado a ser abrumadores (big data) en el presente siglo.

En Maiuri (2017), se afirma lo anterior expuesto cuando el autor plantea que las variables disponibles como registros históricos son registros de periodicidad diezminutal o similar, pudiéndose encontrar valores medios, máximos, mínimos y desviación estándar, dependiendo de la variable que se trate, y de la versión de software instalada en el controlador de la turbina.

Un ejemplo de lo escrito por López et al. (2018) Es un sistema de adquisición de datos (SCADA en sus siglas en inglés) en un grupo electrógeno o en un aerogenerador puede mostrar a un operador en el monitor de la computadora más de 10 variables con sus valores y a la vez pueden surgir varias alarmas de variables que se encuentran fuera de parámetros esto en ocasiones ha

traído paradas de los equipos cuando ya el fallo ha surgido y consecuencias económicas a los procesos productivos.

Según Kop (2018) “los datos se pueden definir como un hecho/valor conocido que puede ser almacenado y que tiene algún significado implícito. De manera que un dato es un único hecho acerca de algo que tiene importancia según el contexto en el que se encuentre” (p. 57).

El surgimiento de la big data en equipos controlados ha provocado que los ingenieros y especialistas hayan producido herramientas y técnicas de análisis de datos que pueden ser utilizadas por los especialistas. Estas técnicas pueden ser aprendizaje automático, redes neuronales, aprendizaje de reglas de asociación, algoritmos genéticos, análisis de series temporales y la lógica difusa.

En Morrillas (2002), se plantea que el análisis de datos consiste en investigar un conjunto dado de datos, con el objeto de extraer conclusiones de la información recogida y evaluarla en forma adecuada.

Arriaza (2017), en su “Guía práctica de análisis de datos” dos aspectos fundamentales en el tratamiento de los datos el primero relacionado con la recogida de información a través de la encuesta y el análisis preliminar de los datos y el segundo con las técnicas más comunes de análisis estadístico: análisis univariante, análisis bivariante y el análisis multivariante.

### **Pasos del procedimiento para el procesamiento de los valores de las variables.**

1. Análisis preliminar de las variables. Definir las variables o parámetros de diagnóstico. Conocer el tipo de alarma y el elemento donde ocurre.
2. Determinar el tamaño de la muestra.
3. Fijar las condiciones de explotación.
4. Búsqueda de información. Observar y registrar en tablas los valores de las variables seleccionadas.

## Resultados y discusión. Procesamiento de los datos

### Primer ejemplo: motores de combustión interna.

#### Procesamiento de los valores de las variables. Definición de las variables de diagnóstico.

El fabricante definió para estos equipos las variables de diagnóstico siguientes: presión del aceite, temperatura del aceite, temperatura del líquido refrigerante, presión del aire, temperatura del aire del turbo, temperatura del líquido refrigerante del aire del turbo, presión del combustible y temperatura del combustible. Las presiones en la tabla 1 están dadas en MPa y las temperaturas en °C.

**Tamaño de la muestra.** De 32 motores de combustión interna, el total de la población. Esta decisión fue producto a que estos equipos son significativos en la generación de electricidad.

#### Condiciones de explotación para el registro de los valores de las variables.

Carga al 75 % y recoger los valores de las variables luego de la primera hora de trabajo del equipo.

#### Búsqueda de información.

#### Observación y registro en tablas de los valores de las variables seleccionadas.

Tabla 1. Representación parcial de los valores registrados de las variables de diagnóstico y los fallos ocurridos en los MCI.

Registros	Fecha	Fallo	Pac	Tac	Tlr	Pai	Tai	Tlai	Pc	Tc
1	29/01/2012	0	0,56	83,2	77,9	0,26	47,1	47,4	0,44	43,0
2	29/01/2012	0	0,55	85,4	78,9	0,26	49,0	48,7	0,41	52,3
3	31/01/2012	0	0,54	85,4	78,6	0,27	44,5	43,3	0,57	44,3

Fuente: elaboración propia.

### **Procesamiento de los valores de las variables seleccionadas para el estudio.**

El procesamiento de estos datos se realizó a través de dos funciones de pertenencia elaboradas para este caso de estudio, denominadas **Triangular Izquierda\_1** para las presiones y **1\_Triangular Derecha** para las temperaturas.

Del cálculo del grado de pertenencia en cada función de pertenencia se concluye que la pertenencia de las siguientes variables Tc (temperatura del combustible), Pc (presión del combustible) y Pai (presión del aire) disminuye al suceder el fallo, los valores en el caso de las presiones disminuyen y la temperatura aumenta. Para corroborar lo anterior se calcula la probabilidad de coincidencia (PC) para conocer como coinciden los fallos con los valores de las variables en el momento de su acontecimiento.

Formula: Cálculo de la probabilidad de coincidencia (PC).

$$PC = \sum_{i=1}^N \frac{\bar{V}_i}{N} \times 100$$

Fuente: elaboración propia.

Donde:  $\bar{V}_i$  complementos de cada grado de pertenencia de la variable en la función de pertenencia, GP grado de pertenencia del valor de la variable en la función de pertenencia y N número de fallos.

Se concluye: La probabilidad de coincidencia de los valores de las variables Tc, Pc y Pai con la ocurrencia de fallos, es alta en cinco ocasiones. Que los valores de tres variables Tc, Pc y Pai están relacionadas fuertemente, bajo las condiciones de explotación en Cuba, con el surgimiento de los fallos en estos equipos.

### **Segundo ejemplo: aerogeneradores.**

**Definición de las variables o parámetros de diagnóstico.** Los investigadores durante su investigación han concluido que la temperatura es un dato fundamental para conocer el comportamiento del equipo durante su funcionamiento, ya que las fallas en la multiplicadora y generador de los

aerogeneradores de estudio están asociadas con las alarmas de temperaturas registradas en la base de datos del Parque Eólico.

**Tamaño de la muestra.** Los investigadores después de realizar los cálculos llegaron a la conclusión de que el tamaño de la muestra es de 2,3277, se redondea a 3.

**Condiciones de explotación:** Alta salinidad, alta humedad, temperatura ambiente entre (28 y 36) °C, la velocidad del viento no supera los 15 m/s.

Observación y registro en tablas de los valores de las variables seleccionadas.

**Búsqueda de información.**

**Observación y registro en tablas de los valores de las variables seleccionadas.** Se registraron un total de 9 240 valores de las variables seleccionadas entre los meses de enero y febrero del año 2020.

Tabla 2. Representación parcial de los valores registrados de las variables de diagnóstico en los tres equipos.

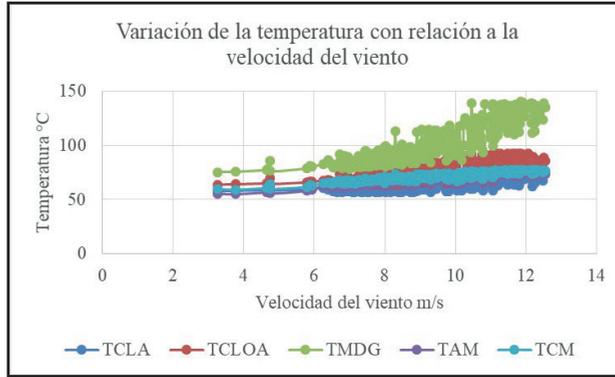
Fecha	Hora	TCLA	TCLOA	TMDG	TAM	TCM	Vv
14/01/2019	6:26:40 PM	51,98	57,25	68,08	56,38	60,65	5,98
14/01/2019	7:06:40 PM	51,78	56,85	68,28	56,28	60,75	6,1
14/01/2019	7:16:40 PM	51,78	56,75	68	56,28	60,48	6,01

Fuente. Elaboración propia.

**Procesamiento de los valores de las variables seleccionadas para el estudio.**

En la figura 1 se representa cómo existe relación entre el aumento de la velocidad del viento y el aumento de la temperatura de las cinco variables de estudio.

Figura 1. Comportamiento de las temperaturas con respecto a la velocidad del viento.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 1 se representa la tendencia de las temperaturas del generador con respecto al viento, donde a medida que este aumenta lo hacen también el resto de las variables y con mayor diferencia las temperaturas registradas en el devanado del generador (TMDG), siendo este el componente eléctrico y más propenso a alcanzar mayores temperaturas.

Para conocer cómo es la influencia entre las cinco variables de temperatura y la variable velocidad del viento se realizó la correlación entre las mismas con ayuda del software STATGRAPHICS Centurión-estadística. En la tabla 4 se coloca un resumen de los valores de las correlaciones de un aerogenerador y del mes de febrero.

Tabla 3. Correlaciones positivas y significativas de las variables del aerogenerador 3, mes de febrero del 2019.

	TCLA	TCLOA	TMDG	TAM	TCM	Vv
TCLA		<b>0,9105</b>	<b>0,9901</b>	<b>0,9393</b>	<b>0,9432</b>	<b>0,8258</b>
TCLOA	<b>0,9105</b>		<b>0,8912</b>	<b>0,8307</b>	<b>0,8318</b>	<b>0,6962</b>
TMDG	<b>0,9901</b>	<b>0,8912</b>		<b>0,9505</b>	<b>0,9552</b>	<b>0,8758</b>
TAM	<b>0,9393</b>	<b>0,8307</b>	<b>0,9505</b>		<b>0,9990</b>	<b>0,9243</b>
Vv	<b>0,8258</b>	<b>0,6962</b>	<b>0,8758</b>	<b>0,9243</b>	<b>0,9247</b>	

Fuente: elaboración propia.

De este análisis los investigadores concluyen: Los coeficientes de correlación de las cinco variables de temperatura y la velocidad del viento superan el 0,5 por lo que las mismas presentan una fuerte correlación y las variables TMDG, TCLA y TCLOA son las variables que poseen una fuerte correlación entre ellas al poseer los mayores coeficientes de correlación, los investigadores son del criterio que la variable temperatura máxima del devanado del generador (TMDG) es la que posee la influencia mayor por la función que desarrolla el devanado del generador. Siendo la misma la que provoca el surgimiento de la alarma durante el funcionamiento de los equipos.

## Conclusiones

En el caso motores de combustión interna: Sólo existen tres variables de las ocho estudiadas la temperatura del combustible ( $T_c$ ), presión del combustible ( $P_c$ ) y presión del aire ( $P_{ai}$ ) que sus valores se alteran al surgir un fallo en estos equipos.

En el caso aerogeneradores: la variable temperatura máxima del devanado del generador (TMDG) es la variable que posee sus valores de temperatura con mayor influencia negativa en el funcionamiento normal de estos equipos, al llegar al límite de alarma con mayor frecuencia determinando la parada de emergencia de los mismos.

El conocimiento anterior permite el diagnóstico oportuno del estado técnico de estos equipos.

## Referencias bibliográficas

**Del Bosque, P. C.** (2019). Los gemelos digitales en la Industria 4.0. (Trabajo de Fin de Grado) Grado en Derecho y Administración y Dirección de Empresas. Universidad de Valladolid.

**Maiuri, D. P.** (2017). Análisis de mantenimiento de un aerogenerador de eje horizontal (tesis de maestría). Universidad Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre. Brasil.

**Kop Montero, T.J.** (2018). Diseño de un sistema de monitoreo remoto de las máquinas de producción con conexión a una plataforma para la gestión de información en Gutis Ltda. Tecnológico de Costa Rica. Cartago, noviembre, Costa Rica.

**López Franco, M. L.,** Lovato Torres, S. G., & Abad Peña, G. (2018). El impacto de la cuarta revolución industrial en las relaciones sociales y productivas de la industria del plástico Implastic S. A. en Guayaquil-Ecuador: retos y perspectivas. *Universidad y Sociedad*, 10(5), 153-160. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>

**Peersman, G.** (2014). Sinopsis: Métodos de recolección y análisis de datos en la evaluación de impacto, síntesis metodológica n.10, Centro de Investigaciones de UNICEF, Florencia.

**Arriaza Balmón, M.** (2017). Guía práctica de análisis de datos. Junta de Andalucía. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. I.S.B.N.: 84-611-1661-5

**Morillas Raya, A.** (2002). Introducción al análisis de datos difusos. Curso de doctorado en economía cuantitativa. Departamento de Estadística y Econometría. Universidad de Málaga.

**Rodríguez, M. Á.** (2015). Metodología para sistemas inteligentes de detección de mal funcionamiento en equipos. Aplicación a los aerogeneradores (tesis doctoral). Universidad de la Rioja, Logroño. España.

**Pérez Font, P.L.** (2020). Determinación de variables para el diagnóstico en los aerogeneradores del parque eólico Gibara 1. Tesis presentada en opción al título académico de máster en mantenimiento y reacondicionamiento de máquinas. Universidad de Holguín.

**Hidalgo Batista, E. R.** (2017). Patrones de fallos en motores de combustión interna diésel MTU 16V 4000 G81 de grupos electrógenos (tesis doctoral). Universidad de Holguín, Cuba.

# LA ASIGNATURA IMPACTO AMBIENTAL DE LAS CONSTRUCCIONES EN LA CARRERA INGENIERÍA CIVIL

**María Onelia Urbina Reynaldo<sup>1</sup>, Yamirka Medina Pérez<sup>2</sup>, Roberto Rodríguez Benítez<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Universidad de Holguín, Cuba; mariaurbinar6611@gmail.com teléfono: +53 54669939*

*<sup>2</sup>Universidad de Holguín, Cuba; yamirkamp70@gmail.com teléfono: +53 52398969*

*<sup>3</sup>Universidad de Holguín, Cuba; r25364959@gmail.com teléfono: +53 58591456*

## **Resumen**

El dotar a los estudiantes de los conocimientos necesarios en materia de medio ambiente, para el desarrollo de las habilidades declaradas en el Modelo del Profesional, constituye uno de los elementos con más incidencia en su proceso de formación. Tal es el caso de los relacionados con el sector de la construcción, cuya intensa actividad conlleva a una serie de afectaciones ambientales. Es por ello que se diseña el expediente de la asignatura electiva Impacto ambiental de las construcciones en la carrera Ingeniería Civil de la Universidad de Holguín, que permita garantizar las competencias técnicas y científicas que capaciten a este futuro egresado para evaluar y proponer medidas de prevención, atenuación y/o restauración. Para su desarrollo se integran lo instructivo, educativo y desarrollador desde un sistema de métodos de la investigación científica de naturaleza teórica, empírica y estadístico-matemático, que permiten el perfeccionamiento del proceso de enseñanza aprendizaje profesional al identificar y brindar propuesta de tratamiento a los impactos

ambientales asociados al ciclo de vida de las edificaciones a partir de un enfoque didáctico profesional e interdisciplinario que considera las exigencias ambientales del Proceso Inversionista de la Construcción.

## **Introducción**

En la actualidad la Educación Superior Cubana está enfrascada en mantener su modelo de universidad moderna, humanista, universalizada, científica, tecnológica e innovadora, integrada a la sociedad. Una universidad caracterizada por la formación de valores y por el aseguramiento de la calidad de sus procesos sustantivos, en aras de lograr un egresado que posea cualidades personales, cultura y habilidades profesionales que le permitan desempeñarse con responsabilidad social y que propicie su educación para toda la vida. Uno de los retos a vencer, es contar con diseños curriculares pertinentes que sienten las bases para propiciar un incremento continuo de la calidad y eficacia en la formación integral de los profesionales del país.

Para ello los planes de estudio presuponen una aplicación correcta que integran de manera sistemática la formación de pregrado en carreras de perfil amplio con una adecuada preparación para el empleo, que se concibe y ejecuta en las entidades laborales. En este caso, la formación de un Ingeniero Civil integral reconoce el lograr un profesional con amplio conocimiento y posibilidades de aplicación de las ciencias básicas y de las ciencias de la ingeniería; aptos para proponer soluciones racionales y creativas a los problemas generales y frecuentes que se presenten en obras civiles, en la producción de materiales y en el empleo de tecnologías de la construcción. En consecuencia, la carrera asume el encargo social de preparar a un técnico con capacidad de gestionar, diseñar, ejecutar, controlar, dirigir y conservar obras civiles e investigar e innovar en el sector de las construcciones (Ministerio de Educación Superior, MES, 2018).

Por otra parte, la comprensión integral del medio ambiente no es posible si se parte solamente de la interpretación de los procesos naturales, al margen de los sistemas o modos de producción que han tenido lugar en el desarrollo de la sociedad humana. No se puede hablar de los problemas ambientales sin

considerar las afectaciones que han provocado los modelos de desarrollo seguidos hasta el presente. Es por ello que para alcanzar un desarrollo sostenible es muy importante que, el medio ambiente esté presente, permanentemente, en todos los procesos de planeamiento, proyección, construcción, explotación y mantenimiento de las obras civiles.

En Cuba, si bien existe una Estrategia Ambiental Nacional dirigida por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (Citma, 2021-2026) y desde la docencia existe un tratamiento de la temática ambiental, no se garantizan las competencias técnicas y científicas que capaciten a este futuro egresado para evaluar y proponer medidas de prevención, atenuación y/o restauración, cuando corresponda, a los diversos impactos ambientales provocados. Resulta entonces, de vital importancia, incorporar en el proceso de formación profesional del estudiante de Ingeniería Civil, los posibles impactos ambientales que se generan en el momento de proyectar y construir obras civiles, que les permita minimizar los errores, ahondando en los nuevos conceptos y buenas prácticas aplicadas, para afrontar esta grave situación.

También, la forma de planear y ejecutar cualquier tipo de proyecto basado en construcción sostenible y arquitectura ecológica, incorporando criterios y principios ambientales dentro de sus procesos, que permitan que las obras sean garantes, ambientalmente, con el entorno; tanto al momento de efectuar el diseño, como al utilizar los materiales y los procedimientos constructivos (Maury, 2019). Al respecto, se coincide con Sasson (1992), quien argumenta la necesidad de iniciar a los futuros ingenieros, en los conceptos y los instrumentos que les permitan comprender y apreciar la naturaleza y la complejidad de los problemas ambientales.

Estos elementos constituyen una de las bases fundamentales para la formación del Ingeniero Civil. Sin embargo, aunque se insiste en la sistematización de la dimensión ambiental en su proceso de formación, se observa inexistencia de contenidos que consideren las exigencias del Proceso Inversionista de la Construcción establecidas en el Decreto 327:2014 (Consejo de Ministros, 2015). Es por ello que se evidencian limitaciones en el proceso de formación del estudiante de Ingeniería Civil, desde el punto de vista ambiental asociado a las

edificaciones, lo que no permite el desarrollo de las habilidades declaradas en el Modelo del Profesional.

Por tal razón se plantea como objetivo socializar el programa de la asignatura Impacto ambiental de las construcciones que permita brindar tratamiento a los impactos ambientales asociados al ciclo de vida de las edificaciones desde un enfoque didáctico profesional e interdisciplinario, que considere las exigencias ambientales del Proceso Inversionista de la Construcción para favorecer el proceso de enseñanza aprendizaje y el desarrollo de las habilidades declaradas en el Modelo del Profesional que exige el Plan de Estudio E de la carrera Ingeniería Civil en la Universidad de Holguín.

## **Materiales y métodos**

La integración de lo instructivo, lo educativo y lo desarrollador en el diseño curricular de la asignatura Impacto ambiental de las construcciones se logra a partir de un conjunto de métodos de investigación teóricos, empíricos y estadísticos. Entre ellos el histórico-lógico, hipotético deductivo, análisis síntesis, análisis documental, sistémico-estructural relacional y la consulta a especialistas que posibilitaron valorar la pertinencia de la propuesta. Para el desarrollo de la investigación se considera la comprensión dialéctica de la relación existente entre la Didáctica General, la Didáctica de las Ciencias Técnicas y la Didáctica de las Ciencias de la Construcción, a partir de la interpretación de las especificidades formativas y profesionales del estudiante y desde las exigencias ambientales del proceso inversionista de la construcción como fenómeno social.

## **Resultados y discusión**

El perfeccionamiento continuo de los planes y los programas de estudio en la Educación Superior Cubana, gradualmente ha ido identificando un conjunto de rasgos, de cualidades, que deben estar presentes en la nueva generación de planes de estudio. Ellos son el resultado de la práctica pedagógica desarrollada en las universidades, así como de las investigaciones realizadas en

dichas instituciones por los centros de estudio con esa misión. Son también, en buena medida, reflejo de las mejores experiencias de esta actividad en el plano internacional, asumidas desde la perspectiva del modelo cubano de formación (MES, 2018a).

Esas cualidades responden de un modo esencial a la necesidad de lograr una respuesta más integral a las transformaciones que hoy se producen en Cuba para lograr niveles cualitativamente superiores en la cultura general integral de todo el pueblo. También en la respuesta específica de las universidades a las actuales necesidades del desarrollo económico y social. En todas ellas existe un camino recorrido y determinados logros ya materializados, constituyendo una premisa para los cambios que se aspira lograr.

Implica necesariamente organizar de manera sistemática, planificada, holística y científica, las condiciones y tareas susceptibles de potenciar los aprendizajes deseados. Significa, facilitar determinados procesos en los estudiantes para propiciar el desarrollo integral de sus recursos como personas, y como miembros activos, productivos y responsables de una sociedad (Zea y De Jesús, 2015). Por tanto, la enseñanza constituye un proceso complejo que cobra sentido en las decisiones acerca de qué enseñar, cómo hacerlo y para qué, y según los contextos en los que se sitúa.

Es un proyecto sistematizado de formación y un proceso de realización a través de una serie estructurada y ordenada de contenidos y experiencias de aprendizaje, que tiene como finalidad producir aprendizajes significativos que se traduzcan en formas de pensar, sentir, valorar y actuar frente a los problemas complejos que plantea la vida social y laboral en un país determinado (Castañeda, 2015). En este caso, las estrategias de aprendizaje deben desarrollarse en estrecho vínculo con la formación de valores, que permitan llevar a la realización de programas docentes para poder cumplir los objetivos propuestos. Para Urruaca (2014) un programa educativo es un documento que permite organizar y detallar un proceso pedagógico. Brinda orientación al docente respecto a los contenidos que debe impartir, la forma en que tiene que desarrollar su actividad de enseñanza y los objetivos a conseguir.

De esta manera, se puede decir, que un programa docente constituye la descripción sistemática y jerárquica de los objetivos instructivo - profesionales, educativos y de formación de valores que se deben alcanzar en ella, a partir y dentro de las definiciones dadas en el Modelo del profesional y el Plan de estudio. Comprende los contenidos esenciales que la misma debe enseñar a los estudiantes, los métodos y medios de enseñanza fundamentales, así como los aspectos de organización en que se debe estructurar para dar respuesta a los objetivos asignados.

En ese sentido, se debe lograr una estrecha vinculación entre las instituciones educativas y las entidades laborales, a partir de una dinámica que integre la docencia con lo laboral, investigativo y extensionista. Por tanto, se considera que este proceso de enseñanza aprendizaje para la formación profesional del Ingeniero Civil desde la asignatura electiva Impacto ambiental de las construcciones, deberá considerar las dimensiones propuestas por Alonso y Cruz (2020), que permiten visualizar, fundamentar con sentido didáctico y direccionar desde lo teórico la forma y la vía en que se lleva a cabo este proceso, así como la continuidad de su desarrollo de manera sistemática y continua.

- Dimensión didáctica formativa profesional.

Permite regular la lógica del proceso de apropiación de contenidos de la profesión con arreglos pedagógicos y didácticos. Estos se evidencian a partir de la sistematización de tareas y proyectos profesionales en alternancia (docencia - inserción laboral - investigación). Posibilita transmitir el contenido a partir del vínculo entre la academia con lo laboral e investigativo y extensionista desde la unidad instrucción - educación - crecimiento profesional y el uso adecuado de medios (TIC, trabajo profesional, entre otros). Estarán basados en un proceso de interacción y comunicación social en el que se privilegia el intercambio de experiencias y vivencias con significados y sentidos profesionales y la realización de tareas profesionales en una relación espacio temporal definido con la ayuda de recursos materiales y humanos.

- Dimensión socioprofesional formativa.

Fundamenta la dirección del proceso de enseñanza aprendizaje hacia la valoración del crecimiento profesional que va manifestando el estudiante en su

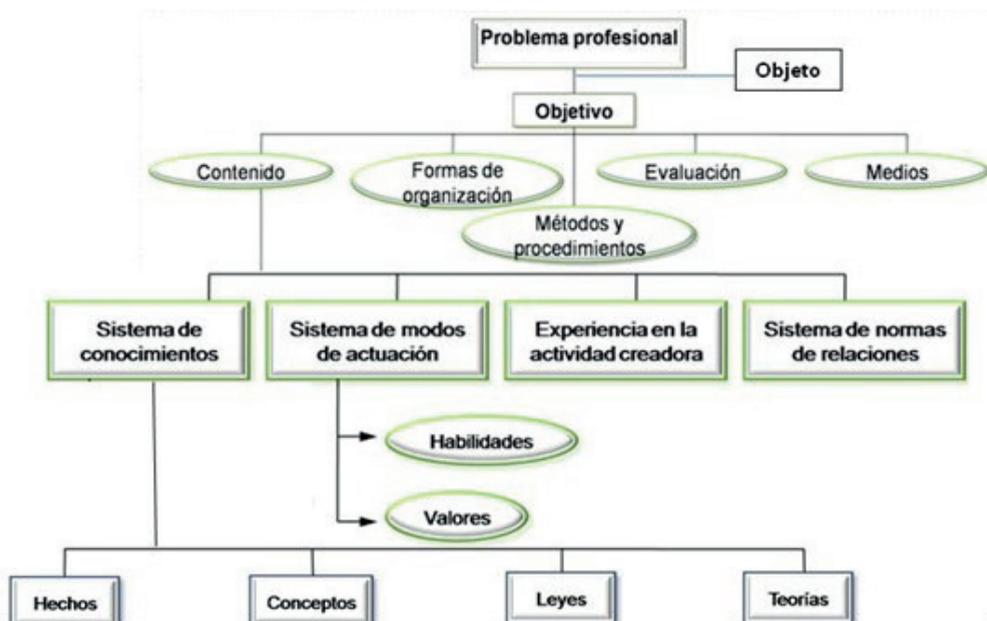
manera de sentir, pensar y actuar, así como el efecto que desde el punto de vista técnico, económico, energético, ambiental y social genera al desarrollo del país y la localidad. Es la forma de manifestación por parte del Ingeniero Civil en formación del desarrollo de conocimientos, habilidades y valores profesionales durante la realización de tareas, que cualifican y distinguen el cumplimiento de las exigencias sociolaborales que deberá manifestar en sus modos de actuación. Se fundamenta en las relaciones entre las evidencias del desempeño profesional, el crecimiento profesional y su impacto tecnológico, económico, ambiental, energético y social.

- Dimensión tecnológica formativa profesional.

Orienta y fundamenta la dirección del proceso de enseñanza aprendizaje a partir de caracterizar la tecnología y recursos que poseen la Universidad y las Unidades Docentes Constructoras, según las exigencias sociolaborales, así como los métodos tecnológicos que en ella se llevan a cabo. Se fundamenta a partir de las relaciones que se producen entre los problemas profesionales evidenciados en el sector de la construcción, y las propuestas que deberá desarrollar el estudiante para cumplir con estas exigencias. Constituye, entonces, la expresión de la disponibilidad que tiene el trabajador para desempeñarse en la diversidad de puestos de trabajo afines con su profesión, especialidad u oficio, que le permita garantizar el cumplimiento de los requerimientos que emergen de la diversidad de tecnologías, insumos y recursos que se emplean de manera continua y sistemática en los contextos laborales en un entorno y ambiente laboral siempre cambiante (funcional y geográfico).

En este caso el programa de asignatura que se propone incorpora los componentes que son expuestos por Alonso y Cruz (2020) y que se reflejan en la figura 1.

Figura 1. Componentes del programa de asignatura.



Fuente: Adaptado de Cuervo y Urbina (2021).

El mismo persigue los siguientes objetivos:

- Contar con capacidad para la aplicación de las exigencias que la legislación ambiental impone al desarrollo de planes, programas y proyectos.
- Ser capaz de analizar el efecto que el desarrollo de actuaciones de diverso tipo (infraestructuras, industrias, et.) puede producir sobre los factores ambientales.
- Contar con capacidad de evaluar los impactos ambientales y decidir sobre las diferentes alternativas planteadas con el objetivo de elegir la más viable desde el punto de vista ambiental.
- Ser capaz de analizar y elegir la mejor metodología para el análisis de los impactos ambientales en función de las características del área de estudio y del plan o proyecto a ejecutar sobre la misma.
- Lineamientos para las acciones de minimización de los principales problemas

## **Programa de asignatura electiva Impacto ambiental de las construcciones.**

- Fundamentación del programa.

El desarrollo económico y social de un país se materializa a través de la construcción de industrias, obras sociales, viales, hidráulicas, viviendas y otras construcciones de diferente carácter. Sin embargo, la actividad constructiva necesariamente produce impactos negativos en el medio ambiente. Por ello resulta imprescindible lograr un balance entre las afectaciones al medio, producidas por la construcción y el desarrollo planificado. El sector de la construcción, en particular, está siendo protagonista destacado del dinamismo socioeconómico del mundo en los últimos años. Esta intensa actividad conlleva a una serie de impactos medioambientales que deben ser atendidos, a partir de la integración en su actividad del respeto al medio ambiente, favoreciendo el progreso social e impulsando el crecimiento económico.

La asignatura electiva Impacto Ambiental de las Construcciones constituye una de las asignaturas que integran el currículo electivo del Programa de la Disciplina Principal Integradora para el Plan de estudio E de la carrera de Ingeniería Civil. Se imparte en el primer semestre del 4 año con un total de 46 horas y está diseñada para crear la mayor cantidad de habilidades necesarias para la formación de un Ingeniero Civil de perfil amplio y desarrollar los modos de actuación profesional.

Considera como cuestión prioritaria las afectaciones que ha generado la construcción en el medio ambiente. Promueve el desarrollo de valores y nuevas actitudes que permitirán el uso racional de los recursos naturales y la solución de los problemas ambientales que se generen, a partir de aportar nuevos puntos de vista al análisis de la realidad ambiental y social a fin de cambiar el actual sistema de relaciones sociedad-naturaleza por otro que no genere alteraciones.

Al concluirse la impartición del programa, los Ingenieros Civiles en proceso de formación, tienen que haber formado competencias específicas (conocimientos, habilidades y valores) que revelen los campos de acción con los que

tiene que desempeñarse este profesional una vez egresado en sus esferas de actuación. Para ello deben ser capaces de:

- Identificar los instrumentos que rigen la política ambiental en Cuba.
  - Interpretar las especificaciones de las leyes, normas y reglamentos de la política ambiental.
  - Caracterizar los instrumentos de la política ambiental.
  - Aplicar las especificaciones de las regulaciones sobre la protección del medio ambiente en la esfera constructiva.
  - Aplicar las diferentes normativas y procedimientos existentes relativos a la prevención y control ambiental.
  - Identificar los aspectos medioambientales en cada una de las fases del proceso inversionista de la construcción.
  - Caracterizar los impactos ambientales que se producen en el ciclo de vida asociado a las construcciones.
  - Clasificar los tipos de impactos ambientales que se producen en el ciclo de vida asociado a las construcciones.
  - Identificar acciones para la mitigación de los impactos ambientales que se producen en el ciclo de vida asociado a las construcciones.
  - Seleccionar las metodologías para el análisis de los impactos ambientales asociado a las construcciones.
  - Evaluar los impactos ambientales que se producen en el sector de la construcción
  - Proponer soluciones para resolver los problemas ambientales que se producen en el sector de la construcción.
- Problema profesional

Se considera en este caso, ¿cómo evaluar los impactos ambientales que se producen en el sector de la construcción a partir de los instrumentos que rigen la política ambiental en Cuba, la integración de las etapas del ciclo de vida de las construcciones y las exigencias ambientales del proceso inversionista, que

permitan al estudiante la apropiación integrada de los contenidos y el desarrollo de las habilidades declaradas en el Modelo del Profesional?

- Objetivo general del programa.

Se define entonces como objetivo general evaluar los impactos ambientales que se producen en el sector de la Construcción a partir de los instrumentos legales que rigen la política ambiental en Cuba, la integración de las etapas del ciclo de vida de las construcciones y las exigencias ambientales del proceso inversionista, que permitan al estudiante la apropiación integrada de los contenidos y el desarrollo de las habilidades declaradas en el Modelo del Profesional.

- Plan temático y analítico

Tema – 1. Introducción a los instrumentos de la política ambiental de Cuba.

Tema – 2: El ciclo de vida de las construcciones.

Tema – 3: Impacto ambiental de las construcciones

- Plan analítico

Tema – 1. Introducción a los instrumentos de la política ambiental de Cuba

- a) Problema profesional del tema

¿Cómo abordar el alcance, significado y aplicabilidad de las concepciones teóricas y metodológicas generales que sustentan los instrumentos de la política ambiental en Cuba para favorecer la preparación profesional del Ingeniero Civil en proceso de formación y asegurar su desempeño prospectivo en las esferas de actuación profesional que caracterizan al proceso inversionista de la construcción?

- b) Objetivo del tema

Caracterizar los instrumentos de la política ambiental en Cuba para favorecer la preparación profesional del Ingeniero Civil en su proceso de formación y asegurar su desempeño prospectivo en las esferas de actuación profesional que caracterizan al proceso inversionista de la construcción que les permita resolver los problemas ambientales que se producen en el sector de la construcción.

c) Sistema de conocimientos

Instrumentos de la política ambiental en Cuba. Conceptos fundamentales

d) Sistema de habilidades

Definir conceptos fundamentales de los términos asociados a la política ambiental de Cuba.

Caracterizar los instrumentos de la política y la gestión ambiental en Cuba.

Interpretar las especificaciones de las leyes, normas y reglamentos de la política ambiental en Cuba.

Aplicar las especificaciones de las leyes, normas y regulaciones sobre la protección del medio ambiente en la esfera constructiva.

e) Orientaciones metodológicas para el desarrollo del tema

Para el desarrollo del tema se conciben un total de 10 h. En la conferencia prevista para el tema se hará referencia a los Instrumentos de la política ambiental en Cuba, haciéndose énfasis en la Estrategia Ambiental Nacional, los programas y planes de desarrollo a distintos niveles. Es fundamental considerar la Tarea Vida como Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático. Se sugiere que se oriente como estudio independiente lo relacionado a la ley 81, su legislación complementaria y demás regulaciones legales destinadas a proteger el medio ambiente en el sector constructivo.

Al finalizar la conferencia se orientará el contenido para el desarrollo del seminario, se entregará la guía de estudio que potencie la gestión de la información de los estudiantes y se explicará el procedimiento a seguir para el desarrollo del mismo. Se recomienda además, para desarrollo de los seminarios y talleres constituir desde la primera conferencia los colectivos de estudiantes que no deban exceder los cuatro miembros.

Para el seminario que se propone se deben tratar todos los requisitos que tiene que cumplir un Sistema de Gestión Ambiental. Debe valorarse la importancia que tienen los mismos para la protección ambiental y la prevención de la contaminación para encontrar la armonía entre la protección del medio ambiente

y la prevención de la contaminación, con las necesidades socioeconómicas de la organización.

En el taller se debe profundizar en las regulaciones que se establecen para la protección del medio ambiente en las construcciones, a través de las NC 8000. Se orientará a los estudiantes visitar empresas del sector, así como obras en construcción que le permitan la búsqueda de información para poder realizar debates profesionales sobre la temática del seminario. Tanto en el seminario como en el taller se establecerán indicadores que le permitan al profesor otorgar una evaluación a los estudiantes y se propiciará la autoevaluación y la coevaluación.

Tema – 2: El ciclo de vida de las construcciones.

a) Problema profesional del tema

¿Cómo caracterizar las etapas del ciclo de vida de las construcciones desde las fases del proceso inversionista que permita favorecer la preparación profesional del Ingeniero Civil en proceso de formación y asegurar su desempeño prospectivo en sus esferas de actuación profesional?

b) Objetivo del tema

Caracterizar las etapas del ciclo de vida de las construcciones desde las fases del proceso inversionista que permita favorecer la preparación profesional del Ingeniero Civil en su proceso de formación, asegurar su desempeño prospectivo en las esferas de actuación para resolver los problemas ambientales que se producen en el sector de la construcción.

c) Sistema de conocimientos

Las etapas del ciclo de vida de las construcciones. Conceptualización.

El Proceso Inversionista de la Construcción y el ciclo de vida de las construcciones.

Principales problemas ambientales en las etapas del ciclo de vida de las construcciones.

d) Sistema de habilidades

Definir el concepto de ciclo de vida de las construcciones

Caracterizar las etapas del ciclo de vida de las construcciones

Valorar los principales problemas ambientales en las etapas del ciclo de vida de las construcciones.

e) Orientaciones metodológicas para el desarrollo del tema

Para el desarrollo del tema se conciben un total de 18 h. Se sugiere desarrollar una conferencia, un seminario, dos talleres y una visita a obra que permitirán caracterizar las etapas del ciclo de vida de las construcciones en el proceso inversionista y profundizar en los problemas ambientales en cada una de ellas. Para el seminario se orientará el estudio del Decreto 327/ (2015) Reglamento del proceso inversionista, donde se constituirán equipos de trabajo por cada uno de los sujetos que intervienen en este proceso, relacionando las exigencias ambientales en el cuidado y protección del medio ambiente. Se indicará la realización de presentaciones electrónicas.

En la visita a obra se desarrollará un proceso de familiarización del proceder que se sigue en el contexto laboral para identificar las etapas del ciclo de vida de las construcciones, de forma tal que se contribuya a la preparación profesional del Ingeniero Civil en formación y su incursión prospectiva en las esferas de actuación profesional que caracterizan al proceso inversionista de la construcción.

Tema – 3: Impacto ambiental de las construcciones

a) Problema profesional del tema

¿Cómo evaluar los impactos ambientales que se producen en el sector de la construcción en cada una de las fases del proceso inversionista que permitan al Ingeniero Civil en formación el desarrollo de habilidades profesionales para su ulterior desempeño competente en las esferas de actuación profesional y resolver los problemas ambientales que se producen en la construcción?

b) Objetivo del tema

Evaluar los impactos ambientales que se producen en el sector de la construcción a partir de las exigencias ambientales establecidas en cada una de las

fases del proceso inversionista que permitan al estudiante el desarrollo de las habilidades declaradas en el Modelo del Profesional y resolver los problemas ambientales que se producen en la construcción.

c) Sistema de conocimientos:

Los impactos ambientales en las etapas de ciclo de vida de las construcciones. Clasificación. Análisis por variables de los impactos ambientales durante las etapas del ciclo de vida de la construcción.

Evaluación del Impacto Ambiental en la construcción de obras. Principales métodos.

Buenas prácticas ambientales en la construcción de obras.

d) Sistema de habilidades:

Definir concepto de impacto ambiental.

Valorar las exigencias ambientales establecidas en cada una de las fases del proceso inversionista.

Evaluar los impactos ambientales que se producen en cada una de las fases del proceso inversionista.

Valorar medidas correctivas y preventivas

e) Orientaciones metodológicas para el desarrollo del tema

Para el desarrollo del tema se conciben un total de 18 h. Del sistema de conocimientos previstos para el tema, se sugiere que se distribuyan respectivamente, de la manera siguiente: tres conferencias (2h). Se sugiere además, desarrollar un seminario, dos talleres y una visita a obra que permitirán evaluar los impactos ambientales que se producen en cada una de las fases del proceso inversionista. En la visita a obra se consolidarán los conocimientos adquiridos en los aspectos tratados en la conferencia y en los talleres, siempre supervisados por el profesor de la asignatura electiva en conjunto con los especialistas a pie de obra. Se recomienda visitar una obra en fase de ejecución que le permita evaluar los impactos ambientales que puedan producirse en las diferentes etapas. Los estudiantes para la toma de datos en la visita a obra pueden realizar fichas técnicas y deberán entregar el informe final.

En el taller de buenas prácticas ambientales en la construcción de obras, se sugiere valorar las medidas correctivas y preventivas que se aplican en las empresas del sector constructivo. Se propiciarán debates profesionales que le permitirán al ingeniero en formación un correcto comportamiento ante los impactos ambientales que se producen en los procesos constructivos.

- Orientaciones metodológicas generales del programa

Para el desarrollo del programa de la asignatura electiva Impacto ambiental de las construcciones se cumplirá de manera rigurosa las siguientes orientaciones:

- Constituir equipos de trabajo que no deben superar los cuatro miembros y la asignación de un tutor de la Unidad Docente que los guiarán en el cumplimiento de los objetivos.
- Las visitas a obras se realizarán a las obras en ejecución de las Unidades Docentes, lo que debe permitir dar salida al componente laboral del proceso formativo y cumplir los objetivos del año académico. Para ello serán entidades constructoras pertenecientes al sector empresarial constructivo caracterizadas por un alto prestigio profesional.
- Los métodos de enseñanza serán expositivo, enseñanza problémica, investigativo, productivo y elaboración conjunta, dado que el aprendizaje es integrador, sistémico y retroalimentador. La reiteración y aplicación de los conocimientos precedentes es un factor de la mayor importancia para dominar los contenidos de la asignatura electiva y adquirir las habilidades.
- Cumplimentar las orientaciones metodológicas particulares brindadas para el desarrollo de cada tema para favorecer el aprendizaje teórico-práctico en torno a la identificación y solución a los impactos ambientales de las construcciones, en función de su ciclo de vida.
- Orientar desde la conferencia de cada tema, las guías de estudio para las visitas a obras, los seminarios y los talleres, que deben desarrollar los estudiantes durante el tiempo de duración del programa. Las actividades orientadas deben favorecer la relación entre los componentes académico, laboral e investigativos del proceso, el vínculo entre la teoría y la práctica y la integración de la academia con la profesión.

- En las guías de estudios para el desarrollo de los seminarios y los talleres que corresponden a cada tema, se orientará de manera explícita la gestión de la información en lengua inglesa.
- Potenciar desde el desarrollo de los contenidos de los temas, la gestión de la información y el conocimiento científico a través del empleo de las TIC, el desarrollo de competencias investigativas y comunicativas y el dominio de la lengua materna para fortalecer las habilidades lingüísticas de los estudiantes, desde su participación en las actividades donde se haga uso de la expresión oral; la búsqueda de contenidos en bibliografías en idioma inglés que permita el desarrollo de la traducción y el uso de palabras técnicas; así como la educación jurídica y económica a partir del cumplimiento de las normas y regulaciones de la construcción vigentes que serán de gran uso en la vida de un profesional.
- Integrar los contenidos abordados en cada tema con los de la asignatura Proyecto de Estructuras y con la Práctica Laboral de Ejecución de Obras desarrollada por los estudiantes en el cuarto año de su carrera.
- Utilizar la literatura básica y complementaria orientada en el programa, así como los materiales audiovisuales depositados en el expediente digital de la asignatura electiva, con el propósito de contribuir a la autopreparación y motivación profesional de los estudiantes.
- Favorecer desde la totalidad de las actividades académicas, científicas y laborales que sugieren los temas del programa, valores de trascendencia laboral como son los casos de: emprendimiento profesional, solidaridad, responsabilidad, honestidad, humanismo, laboriosidad, creatividad y liderazgo.
- Desarrollar reuniones metodológicas en la Disciplina Principal Integradora de manera que posibilite vincular los contenidos, relacionando los temas y la asignatura electiva de forma interdisciplinar, que consideren a su vez la lógica de actuación del profesional para potenciar el proceso de formación de las habilidades profesionales.

- Sistema de evaluación del programa

La evaluación del aprendizaje tiene como propósito comprobar el grado de cumplimiento de los objetivos formulados, mediante la valoración de los conocimientos y habilidades que los estudiantes van adquiriendo y desarrollando; así como, por la conducta que manifiestan. Estará constituido por un conjunto de actividades evaluativas frecuentes que se realizarán en conferencias, seminarios, talleres, así como de la visita a obra. Se debe desarrollar de manera dinámica, en que no solo evalúe el profesor, sino priorizar la participación de los estudiantes mediante la evaluación grupal y la autoevaluación, logrando un ambiente comunicativo en este proceso. En cada forma de organización se evaluará el dominio de los contenidos y habilidades planificadas en cada tema, lo que permitirá agilizar el proceso en caso de que surjan afectaciones al proceso de enseñanza – aprendizaje, con un criterio sobre el comportamiento del estudiante a lo largo del periodo

- Sistema de valores

Emprendimiento profesional: se estimulará a partir de la propuesta de actividades académicas y laborales investigativas que generen una actitud colaborativa, trabajo independiente y creatividad profesional en la gestión del conocimiento y la información científica, así como, en la solución de las tareas docentes profesionales que se orienten. Para ello, se crearán equipos de trabajo para los seminarios y talleres que se han concebido, se orientarán visitas a empresas del sector constructivo, así como obras en construcción donde puedan familiarizarse con los instrumentos de la política ambiental en Cuba.

Solidaridad: se tendrá en cuenta el trabajo en equipos a partir de la colaboración entre los estudiantes para resolver la diversidad de problemáticas profesionales que les serán presentadas durante el desarrollo del tema en los seminarios, talleres y evaluaciones. Se potenciará desde varios escenarios, pero, sobre todo, desde la creación de parejas de equilibrio y grupos de trabajos que interactúen para la preparación y desarrollo de las clases prácticas.

Responsabilidad: se considerará a partir de la asignación de funciones colectivas e individuales a los estudiantes durante el desarrollo del tema, las cuales

deberán ser cumplimentadas tanto en el contexto de las clases, como en espacios de tiempo y contextos que resulten ser extraclases y extradocentes.

Honestidad: se estimulará a partir del protagonismo que deben manifestar los estudiantes en la evaluación de la calidad de su desempeño y cumplimiento de sus funciones, lo cual precisa, potenciar el desarrollo de una actitud crítica, el ejercicio de la autocrítica y un sentimiento de justicia. Los estudiantes en las diferentes formas de organización propuestas deben llegar a ser capaces de autoevaluarse y evaluar a sus compañeros espíritu crítico y de justicia social.

### **Validación de la propuesta de programa de asignatura.**

Para la validación de la propuesta de programa se utilizó el método de escalonamiento de Likert. El primer paso en la aplicación del método fue la selección aleatoria de los especialistas. En este caso se conformó un grupo heterogéneo de 22 personas a las que les fue enviado el instrumento.

Para su selección se consideraron los siguientes requisitos: compromiso con el proceso de formación, cualidades de educador, experiencia pedagógica e investigativa. De igual manera, dominio en las temáticas de impacto ambiental, proceso inversionista, gestión ambiental, sistemas y tecnologías constructivas y gestión técnica y económica. De los 22 especialistas seleccionados respondieron la guía de validación 18. De ellos 10 Ingenieros Civiles, seis Licenciados en Educación Construcción, y dos Arquitectos.

Del total seis son Doctores en Ciencias y 10 Máster para el 88,9% y dos no presentan categoría científica, por lo que se considera que las valoraciones realizadas tienen un alto nivel de profesionalidad. Los resultados obtenidos a partir del procesamiento de la guía de validación muestran que el 100 % considera Muy Buena la visualización del programa; la pertinencia de la formulación del problema profesional generalizador, el plan temático, el objetivo general y la calidad del plan analítico. De igual manera coinciden con la aplicación lograda de las leyes y categorías de la didáctica en el diseño curricular del programa y el respeto evidenciado a la Resolución Ministerial 2/2018.

Las principales sugerencias realizadas fueron las siguientes:

- Considerar en cada etapa las afectaciones ambientales que generan los problemas tecnológicos.
- Considerar en las Indicaciones Metodológicas mayor protagonismo de las Unidades Docentes a lo largo del programa para que los estudiantes se apoyen en estos tutores de la producción para el desarrollo de la asignatura.

## **Conclusiones**

Los fundamentos teóricos y metodológicos sistematizados y asumidos como sustento epistemológico del trabajo, resultaron de una alta pertinencia para su estudio y aplicación, posibilitando el diseño del programa de la asignatura electiva Impacto ambiental de las construcciones del Plan de Estudio E, en la Universidad de Holguín, respaldado en los elementos conceptuales y estructurales establecidos en la Resolución 2 (2018) del Ministerio de Educación Superior, Reglamento del Trabajo Docente y Metodológico de la Educación Superior.

## **Agradecimientos**

A todos los que hicieron posible el diseño del programa. Muchas gracias.

## **Referencias bibliográficas**

Abreu, R. y Soler, J. (2014). Didáctica de la Educación Técnica y Profesional (ETP). [Soporte digital]. Universidad de Ciencias Pedagógicas para la ETP, La Habana, Cuba.

Alonso y Cruz (2020). La formación profesional del trabajador. Material didáctico básico. Soporte digital. Curso de Pedagogía Profesional y Educación continua del trabajador en formación. Maestría en Pedagogía Profesional. Universidad de Holguín, Cuba. Recuperado de: <http://www.moodle.uho.edu.cu/>

Alonso, L. A.; Cruz, M. A., Olaya, J. (2020). Dimensiones del proceso de enseñanza – aprendizaje para la formación profesional. *Revista Luz* (19), 2, 7-29. Disponible en: <http://luz.uho.edu.cu/index.php/luz/article/view/1032>

Castañeda, A. E. (2015). Monografía sobre Diseño Curricular. Material Base del curso: Curriculum: teoría, diseño, evaluación. Maestría en Docencia Universitaria. Universidad Nacional de Misiones (U.Na.M.) Facultad de Ingeniería. Ciudad de Oberá, Argentina. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/279194871>.

Consejo de Ministros (2015). Decreto 327:2014. Reglamento del Proceso Invercionista. Gaceta Oficial de la República de Cuba No. 5 Extraordinaria de 23 de enero de 2015. Ministerio de Justicia. Pp. 27-59.

Cuervo, R. y Urbina, M. (2021). *Revista Científica de FAREM-Estelí: Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano*. Año 10. Número 37. Enero-marzo 2021. ISSN-e 2305-5790, págs. 193-220.

Dorta, L. y Zúñiga, L. M. (2015). Programa de asignatura para la formación económica de los ingenieros civiles. Tesis en opción al título de Ingeniero Civil. Universidad de Holguín.

Maury, A. (2019). Construcción y medio ambiente. *Revista Módulo / Volumen 1, Número 9 / Julio 2010 / Barranquilla, Colombia*.

Ministerio de Educación Superior (1999). Plan de Estudios de la carrera Ingeniería Civil. Perfeccionamiento del Plan C (Plan C'). Curso Regular Diurno.

Ministerio de Educación Superior (MES, 2007). Plan de estudio D de la Carrera Ingeniería Civil. La Habana.

Ministerio de Educación Superior (MES, 2018) Resolución 2 (2018) Reglamento del Trabajo Docente y Metodológico de la Educación Superior.

Ministerio de Educación Superior (MES, 2018a) Plan de estudio E de la carrera Ingeniería Civil. La Habana.

Monroy, A. (2018). Impacto ambiental durante el proceso de construcción. Colegio Mexicanos de Ingenieros Civiles A.C. Recuperado de: <https://cemiacac.com>

Structuralia (2019). La importancia del estudio de impacto ambiental en los proyectos de construcción. Blog y noticias sobre ingeniería | Structuralia.

Urruaca, E. A. (2014) Programas educativos. Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos4/programaseducativos /programas.shtml>

Zea, A. y De Jesús, S. (2015). Los procesos curriculares y la formación del profesorado universitario. Recuperado de: <https://www.ecorfan.org>.

# CIENCIA EN LA UNIVERSIDAD DE DOCENTES A ESTUDIANTES

En este libro, presentamos una colección de contribuciones científicas llevadas a cabo en el ámbito universitario que abordan diferentes aspectos de la ciencia y la tecnología, englobadas en el área STEM. Desde la ciencia de materiales, la química hasta la informática y la robótica, explorando las últimas investigaciones y desarrollos. Este libro tiene como objetivo inspirar a las próximas generaciones de ingenieros y científicos a través de las experiencias y perspectivas de los autores internacionales que en este libro se recogen.

La Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad de Sevilla cuenta con una reconocida trayectoria la Rama Industrial. Con el apoyo y el esfuerzo que el centro hace sobre esta obra se pretende que sus estudiantes tengan la posibilidad de formarse tanto a nivel académico, como a nivel investigador, fomentando el desarrollo de sus habilidades dentro del campo de las anteriormente mencionadas STEM. Para ello, se ha contado con la contribución de trabajos con impacto en el sector industrial, enfoque multidisciplinar, y participación de equipos formados por prestigiosos investigadores de diferentes países. Por otra parte, este libro recoge trabajos que pertenecen a diversas ramas de conocimiento tales como Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Proyectos de Química Industrial y Ambiental, Sistemas Inteligentes y Desarrollo de Productos, y Sistemas Industriales computarizados, robóticos y neuromórficos.

Así, esperamos mostrar a los jóvenes interesados en las STEM, estudiantes universitarios e investigadores lo emocionante y gratificante que puede ser trabajar en estos campos, a la par de poner al alcance de todos novedades traídas desde la Universidad

«La investigación es la llave que abre la puerta hacia el conocimiento y la innovación. ¿Qué papel juega la investigación en el desarrollo de la sociedad?»