



**CONTROL DE POSICIÓN
BASADO EN RAPID
CONTROL PROTOTYPING**

2

**APLICACIONES DE
LA INGENIERÍA
A PROBLEMAS ACTUALES**

1
**IMÁGENES RÁSTER
OBTENIDAS DEL
SATELITE LANDSAT**

**PREPROCESADO EN GRANDES
VOLÚMENES DE DATOS**

3

4
**DISPERSIÓN DE PÍXELES
PARA ESTEGANOGRAFÍA**

5
**REQUERIMIENTOS DE UN ASISTENTE
TECNOLÓGICO PARA UN PACIENTE
CON DETERIORO COGNITIVO**



©Komputer Sapiens, Año XI Volumen III, septiembre-diciembre 2019, es una publicación cuatrimestral de la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial, A.C., con domicilio en Ezequiel Montes 56 s/n, Fracc. los Pilares, Metepec, Edo. de México, C.P. 52159, México, <http://www.komputersapiens.org>, correo electrónico: editorial@komputersapiens.org, tel. +52 (833)357.48.20 ext. 3024, fax +52 (833) 215.85.44. Impresa por Sistemas y Diseños de México S.A.

de C.V., calle Aragón No. 190, colonia Álamos, delegación Benito Juárez, México D.F., C.P. 03400, México, se terminó de imprimir el 31 diciembre 2019, este número consta de 1000 ejemplares.

Reserva de derechos al uso exclusivo número 04-2009-111110040200-102 otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. ISSN 2007-0691.

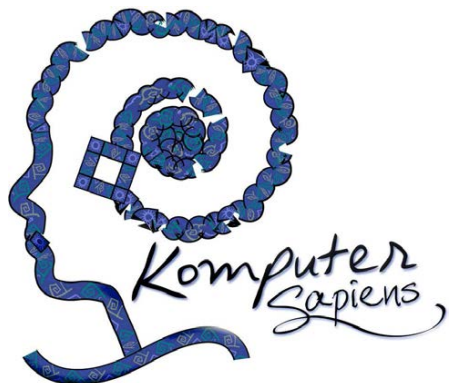
Los artículos y columnas firmados son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial. La mención de empresas o productos específicos en las páginas de Komputer Sapiens no implica su respaldo por la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio, de la información aquí contenida sin autorización por escrito de los editores.

Komputer Sapiens es una revista de divulgación en idioma español de temas relacionados con la inteligencia artificial. Creada en \LaTeX , con la clase **papertex** disponible en el repositorio CTAN: Comprehensive TeX Archive Network, <http://www.ctan.org/>

Indizada en el IRMDCT de CONACYT y en Latindex.

	Directorio SMIA	Directores Fundadores	Gerardo Loreto
Presidente	Félix A. Castro Espinoza	Carlos Alberto Reyes García	Jorge Alberto Ruiz-Vanoye
Vicepresidente	Ildar Batyrshin	Ángel Kuri Morales	Leonardo Romero
Secretario	Oscar Herrera Alcántara		Juan Manuel Jacinto Villegas
Tesorero	María de Lourdes G. Martínez Villaseñor	Comité Editorial	M. Sara Vera Noguez
Vocales:	Sofía Natalia Galicia Haro	Félix A. Castro Espinoza	Ignacio Herrera Aguilar
	Sabino Miranda Jiménez	Jesús Favela Vara	Alicia Morales-Reyes
	Roberto A. Vázquez Espinoza de los Monteros	Sofía Natalia Galicia Haro	Otniel Portillo
	Hiram Erendin Ponce Espinosa	Miguel González Mendoza	Pedro Bello
	Francisco Viveros-Jiménez	Oscar Herrera Alcántara	José Antonio Camarena-Ibarrola
	Noé Alejandro Castro Sánchez	Raúl Monroy Borja	Oscar Osvaldo Sandoval González
	Obdulia Pichardo Lagunas	Eduardo F. Morales Manzanares	José Pastor Rodríguez Jarquin
	Omar Montaña Rivas	Leonardo Garrido Luna	
	Antonio Marín Hernández	Carlos Alberto Reyes García	
	Néstor Velasco Bermeo	Angélica Muñoz Meléndez	
	Iris Iddaly Méndez Gurrola	Antonio Sánchez Aguilar	
	Gustavo Arroyo Figueroa	Luis Enrique Sucar Succar	
		Ángel Kuri Morales	
		José A. Martínez Flores	
		Juan Manuel Ahuactzin Larios	
		Manuel Montes y Gómez	
		Ofelia Cervantes Villagómez	
		Alexander Gelbukh	
		Grigori Sidorov	
		Laura Cruz Reyes	
		Elisa Schaeffer	
		Ramon Brena Pinero	
		Juan Humberto Sossa Azuela	
	Komputer Sapiens	Árbitros	
Director general	Félix A. Castro Espinoza	Iván Martínez Cienfuegos	
Editora en jefe	Karina Mariela Figueroa Mora	Karina Figueroa	
Editores invitados	Rosa María Valdovinos Rosas	Eréndira Rendón	
	Rigoberto Martínez Méndez	Roberto Alejo	
Editor científico	Héctor Gabriel Acosta Mesa	Adrián Trueba Espinosa	
Editores asociados	Marco Antonio Aguirre Lam	Yulia Ledeneva	
	Laura Cruz Reyes	Luis Enrique Ledezma	
	Viridiana Mena Gómez	Juan Manuel García García	
Coordinadora de producción e-Tlakuilo	Jorge A. Ruiz-Vanoye	Nora Reyes	
	Ocotlán Díaz-Parra	Guillermo De Ita	
Estado del IArte	Ma del Pilar Gómez Gil	Meliza Contreras González	
	Jorge Rafael Gutiérrez Pulido	Miguel Rodríguez	
Sakbe	Claudia G. Gómez Santillán	Daniela Moctezuma	
	Laura Cruz Reyes	J. Antonio Hernández Servín	
	Laura Gómez Cruz	David De León Escobedo	
IA & Educación	María Yasmín Hernández Pérez	Pedro Bello López	
	María Lucía Barrón Estrada	Martha Belem Saldivar	
	J. Julieta Noguez Monroy	Lilium Rodríguez	
Deskubriendo Konocimiento	Alejandro Guerra Hernández	Gilberto Ochoa-Ruiz	
	Leonardo Garrido Luna	Luis Adrián Zúñiga Avilés	
Asistencia técnica	Alan G. Aguirre Lam		
Corrección de estilo	Miguel Antonio Lupián Soto		
	Gilberto Rivera Zárate		
	Marcela Quiroz Castellanos		
	Ruth Esmeralda Barreda Guajardo		
	Denisse Alvarado		
	Héctor Fraire		
	Guillermo de Jesús Hoyos Rivera		
	Susana Aurora Velasco Montiel		
Edición de imagen	Laura Gómez Cruz		
Portada	Irene Morales Pagaza, Mopi Diseño		



Contenido

ARTÍCULOS ACEPTADOS

Descripción, combinación y tratamiento de imágenes ráster obtenidas del satélite Landsat 8

por Edgar Jardón Torres y Marcelo Romero Huertas

pág. 6 ⇒ Se presenta una aplicación Python basada en el algoritmo de Brovey para la combinación de imágenes ráster del satélite Landsat 8, incorporada al Sistema de Información Geográfica.

Sistema para control de posición basado en Rapid Control Prototyping (RCP) usando Simulink y SWB32

por Juan Manuel Jacinto-Villegas, Otniel Portillo-Rodríguez, Rigoberto Martínez-Méndez, Adriana Herlinda Vilchis-González, Carlos Alberto Daza-Merino y Juan Carlos Ávila-Vilchis

pág. 11 ⇒ Se presenta un sistema alternativo para la programación de microcontroladores facilitando de esta manera su programación y su implementación en sistemas de control complejos, reduciendo el tiempo y complejidad de programación.

Tendencias del preprocesado en grandes volúmenes de datos

por Angélica Guzmán Ponce, Rosa M. Valdovinos Rosas, Héctor Miguel Montenegro, J. Raymundo Marcial Romero y J. Salvador Sánchez

pág. 16 ⇒ Se presentan algunas de las propuestas que investigadores tienen en uso de tecnologías y algoritmos, en el contexto Big Data.

Aplicación de técnicas de dispersión de píxeles para esteganografía mediante expresiones regulares

por Héctor Caballero Hernández, Vianney Muñoz Jiménez, Marco A. Ramos y Marcelo Romero

pág. 11 ⇒ Se propone una nueva técnica de esteganografía que se enfoca en el análisis de la distribución de píxeles en imágenes digitales RGB.

Determinación de los requerimientos de un asistente tecnológico para ayudar al cuidado de un paciente con deterioro cognitivo

por Victor M. Montaña, Adriana H. Vilchis-González, Otniel Portillo, Rigoberto Martínez Méndez y Juan Carlos Ávila Vilchis

pág. 21 ⇒ Se presenta la metodología de elaboración de los instrumentos de adquisición de datos que fueron utilizados para identificar las actividades que puede atender un asistente tecnológico.

Columnas

Sapiens Piensa.

Editorial [pág. 2](#)

e-Tlakuilo [pág. 3](#)

Estado del IArte [pág. 4](#)

Sakbe [pág. 5](#)

IA & Educación [pág. 34](#)

Deskubriendo

Konocimiento [pág. 36](#)

Sapiens Piensa

Rosa María Valdovinos Rosas y Rigoberto Martínez-Méndez



Rosa María
Valdovinos Rosas

Cada año, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México (FI-UAEMEX), en conjunto con el Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencia del Agua (IIT-CA), lleva a cabo el evento académico y de investigación denominado “Coloquio de Investigación en Ingeniería y Curso-Taller Temas Actuales en Ciencias del Agua” (CII & CTTACA). El ob-

jetivo del evento es dar a conocer los avances en la aplicación de la ingeniería a problemas actuales, tanto teóricos como prácticos. En su primera edición se contó con la participación de más de 120 autores de países tales como Colombia, Cuba, España, Estados Unidos y, por supuesto, México. Los mejores trabajos fueron sometidos a un riguroso proceso de selección y arbitraje por parte de los revisores de esta revista para, así, formar parte de este número especial. Los temas de los trabajos seleccionados son diversos, desde análisis de grandes volúmenes de datos y procesamiento de imágenes hasta sistemas de prototipado electrónico rápido.

Nuestro primer artículo invitado trata sobre el **procesamiento de grandes volúmenes de datos**. Este tema es de gran relevancia y debe su auge al aumento de información generada cada segundo por diferentes medios, tales como dispositivos móviles, redes sociales y grandes empresas; el cual es cada vez más complicado de almacenar y, sobre todo, explotar para apoyo en la toma de decisiones. En el artículo escrito por Angélica Guzmán, Rosa Valdovinos, Héctor Miguel Montenegro, Raymundo Marcial y Salvador Sánchez, se describen los principales componentes del llamado Big Data, los entornos de trabajo y las herramientas más utilizadas para realizar este procesamiento; asimismo, analiza las principales dificultades que se han identificado en el tratamiento y manipulación orientado a la explotación de los datos, así como las áreas de oportunidad que existen en este tema.

En el segundo artículo invitado, escrito por Juan Manuel Jacinto, Otniel Portillo, Rigoberto Martínez, Adriana Vilchis, Carlos Alberto Daza y Juan Carlos Ávila, se presenta una novedosa metodología para realizar sistemas de control automático en sistemas embebidos usando Simulink y una tarjeta electrónica de bajo costo, basada en un potente microcontrolador ARM: la tarjeta STM32.



Rigoberto
Martínez-Méndez

Los autores presentan los pasos necesarios para implementar controles de manera rápida y fiable. Proporcionan un ejemplo de control de un péndulo usando dicha metodología. Sin duda, este trabajo será de interés para lectores que desean interactuar con el mundo real a través de sistemas electrónicos y sensores. En el artículo escrito por Edgar Jardón y Marcelo Romero, se presenta una **metodología para la**

obtención y tratamiento de imágenes ráster provenientes del sistema satelital Landsat 8. En este trabajo se describe una herramienta de bajo costo, basada en Python, para combinar imágenes satelitales usando el método de Brovey basado en bandas espectrales. Esta herramienta es de gran utilidad para investigadores interesados en desarrollar o utilizar Sistemas de Información Geográfica para aplicaciones tales como monitoreo geográfico y planificación urbana, por ejemplo.

En el trabajo escrito por Héctor Caballero, Vianney Muñoz, Marco A. Ramos y Marcelo Romero, se presenta una nueva **técnica de esteganografía con una mínima distorsión en las imágenes**. Como se sabe, la esteganografía permite el ocultamiento de información en imágenes. Sin embargo, cualquier modificación a los datos de la imagen causará distorsiones. En este trabajo se presenta un método basado en expresiones regulares, lo que permite almacenar información con menores distorsiones que con otras técnicas conocidas.

Finalmente, el artículo escrito por Víctor Montaña, Adriana Vilchis, Otniel Portillo, Rigoberto Martínez y Juan Carlos Ávila, escribe paso a paso la metodología empleada para determinar cuál sería la tecnología y el mejor tipo de **asistente para pacientes que padecen deterioro cognitivo**. Como se sabe, los pacientes con este problema requieren asistencia para realizar tareas de la vida diaria, como comer o vestirse. En este trabajo se analizan de manera metodológica los diferentes requerimientos y opciones de asistentes tecnológicos para, finalmente, proponer la mejor solución.

De esta manera, esperamos que este número especial de Komputer Sapiens sea de interés, no sólo para estudiosos del área de ingeniería sino también para el público en general. *

e-Tlakuilo: Cartas de nuestros lectores

Jorge A. Ruiz-Vanoye Y Ocotlán Díaz-Parra
etlakuilo@komputersapiens.org

En *Komputer Sapiens* nos hemos esforzado por estar “a sólo un click de distancia” a través de diferentes medios como Facebook, Twitter y correo electrónico. Les presentamos algunas de las preguntas que hemos recibido a través de estos medios.

Salma García – Alumna de nivel Universidad. (vía correo electrónico)

Tengo una pregunta: ¿Existen robots que toquen instrumentos musicales?

Hola Salma, gracias por escribir, a continuación respondemos a tu pregunta.

Los Robots Musicales son instrumentos musicales robóticos que utilizan dispositivos de sonido que permiten generar y crear automáticamente música con el uso de componentes mecánicos (motores, solenoides y engranajes), este tipo de robots son innovadores en los círculos académicos, el entretenimiento y el arte desde hace ya un tiempo considerable.

Los robots musicales son programados con técnicas de Inteligencia Artificial para producir, crear piezas musicales, y ejecutar diversos instrumentos musicales. Estos robots son capaces de ejecutar o tocar diversos instrumentos (piano, flauta, batería, bajo, instrumentos de viento, entre otros), y crear nuevas melodías mediante el uso del conocimiento musical (modelos de aprendizaje automático) para pronosticar nuevos ritmos musicales o

nuevas melodías musicales.

Investigadores de diferentes universidades y centros de investigación han desarrollado robots musicales. En México, uno de los robots pioneros fue el robot pianista Don Cuco el Guapo, que se creó en 1992 en el Departamento de Microelectrónica del Instituto de Ciencias (ICUAP) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Don Cuco fue “el primer robot con inteligencia artificial desarrollado en toda Latinoamérica, un robot que era capaz de leer partituras”, la idea de su construcción fue como una aplicación del procesador ILA 9200, diseñado en 1985 por científicos e ingenieros de Argentina, Brasil, Colombia, España y México. Otro robot musical famoso es el robot flautista Waseda WF-4RIV, desarrollado en la Universidad de Waseda (Japón), mismo que ha inspirado decenas de investigaciones. En Estados Unidos se ha destacado el trabajo de investigadores de la Universidad de Harvard que diseñaron un sistema para lograr un tambor robótico con actuadores neumáticos e impedancia pasiva variable; el robot puede ejecutar un tambor a través de una frecuencia comparable a la ejecución humana de tambores (intervalo de rebote de 40-160 ms).

Existen diversos robots musicales como: Marimba, Wabot-2, Amophic Robot, Thelxiapelia, LynxArm, Arpeggio, DrmBot, Cymatics, Trimpin, LEMUR, GuitarBot, Teotronic, Rohmus, WATCH, entre otros.



Estado del IArte

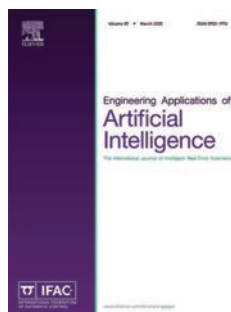
María del Pilar Gómez Gil (@pgomezgil) y Jorge Rafael Gutiérrez Pulido (@jrgpulido)
estadoiarte@komputersapiens.org

Este número de la revista Komputer Sapiens está dedicado a aplicaciones de la Inteligencia Artificial (IA) a la ingeniería. Pero, en vez de tratar de escoger una de entre las miles de aplicaciones que han tenido éxito en los últimos años, nos gustaría compartirles algunos datos sobre la evolución de IA alrededor de la ingeniería. Existe una revista de la prestigiosa editorial Elsevier, llamada Aplicaciones de la Ingeniería en la Inteligencia Artificial (EAAI, por sus siglas en inglés), que se dedica exclusivamente a dar a conocer los últimos avances de IA en este vasto campo. El Dr. Amit Shukla y sus colaboradores publicaron en 2019 un estudio bibliométrico donde se observan algunos puntos interesantes sobre lo que se ha publicado en dicha revista en los últimos 30 años. De acuerdo a Shukla y colaboradores, los artículos más citados en EAAI tratan sobre aplicaciones enfocadas a la minería en series de tiempo, el uso de algoritmos evolutivos para problemas de diseño con restricciones, el uso de agentes para el control de manufactura, detección de fallas en rodamientos usando redes neuronales, máquinas de soporte vectorial y algoritmos genéticos y el uso de redes Bayesianas en áreas de mantenimiento y análisis de riesgo. En la liga que se lista al final de esta columna puede encontrarse el artículo del Dr. Shukla, donde se listan referencias a estas y otras aplicaciones. Otro punto a destacar es que, de acuerdo al estudio de Shukla, la mayoría de las instituciones que más artículos han publicado en dicha revista, están localizadas en países que presentan un desarrollo económico importante, como son Francia, Singapur, India, China y Estados Unidos. Las áreas de la Inteligencia Artificial más populares incluyen a las redes neuronales, algoritmos genéticos, lógica difusa, sistemas expertos, enjambres de partículas y agrupamiento. Para saber más (en inglés) <https://bit.ly/20e53ga>.

La aplicación de la IA en el contexto de la industria es aún un reto. Entre los aspectos más importantes de la IA aplicada a la ingeniería tenemos: el manejo, reuso, e integración de modelos y componentes; el tendido, acomodo, y monitoreo de los sistemas; el diseño de métodos y procedimientos, así como el control de calidad; todo esto en el marco de la infraestructura de cómputo y almacenamiento para darle soporte.

El año pasado el departamento de energía de Estados Unidos de América, anunció que van a construir la nueva generación de supercomputadoras denominadas, computadoras hexascale. La Unión Europea hizo compromisos para invertir de manera importante en todos los aspectos de IA, incluyendo los diversos aspectos de la ingeniería. China hizo lo propio desde hace 3 años cuando presentó un programa al 2030 con el fin de convertirse en líderes globales en el área de la IA. Para saber más, puede consultar (en inglés) <https://bit.ly/36tEdHb>. Específicamente, en el área de la ingeniería de materiales, un grupo de investigadores del MIT, del Instituto de Ciencia y Tecnología de Rusia, y la Universidad Tecnológica de Singapur, han desarrollado nuevas formas, usando IA, de producir y controlar luz, calor, y electricidad al modificar las propiedades de los semiconductores. Uno de los hallazgos más importantes de incorporar IA a la ingeniería de semiconductores, es que el diamante tiene el potencial de ser hasta 100,000 veces mejor que el silicio. Para saber más, puede consultar (en inglés) <https://bit.ly/30WBLrI>.

Para la reflexión, decir que este tipo de inversiones e investigación se hace en nuestro país con toda dificultad, el gobierno debe dejar el discurso y realizar las acciones necesarias para impulsar decididamente el desarrollo de nuevas tecnologías haciendo uso de Inteligencia Artificial.*



Aplicaciones de la Ingeniería en la Inteligencia Artificial (EAAI) es una revista que proporciona un foro internacional para la publicación rápida de trabajos que describen la aplicación práctica de los métodos de IA en todas las ramas de la ingeniería. Imagen obtenida de: <https://www.journals.elsevier.com/engineering-applications-of-artificial-intelligence>.

Sakbe

Laura Cruz Reyes, Claudia Guadalupe Gómez Santillán, y Laura Gómez Cruz
sakbe@komputersapiens.org

Empresas mexicanas de IA (1ª parte)

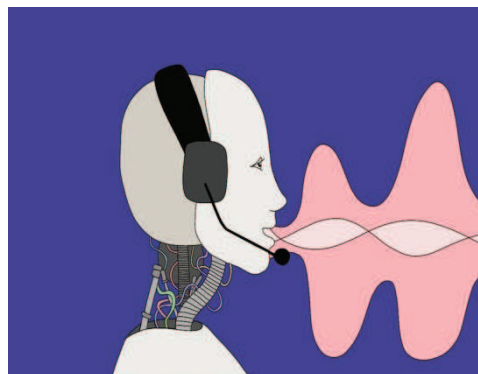
Para quienes son ajenos al campo de la Inteligencia Artificial (IA), la comprensión de lo que la IA es, puede estar influenciada por las ideas que la ciencia ficción ha popularizado. Algunos ejemplos actuales son películas como “Her” (2013) o “Transcendence” (2014), en las cuales se nos presenta la idea de sistemas operativos inteligentes que evolucionan tanto que nos es casi imposible controlarlos. En la primera película el sistema llega a superar la experiencia que las relaciones humanas brindan; y en la segunda el sistema trasciende hasta volverse peligrosamente omnipresente. Lo que muchas historias sobre la IA dentro de la ciencia ficción tienen en común es el miedo a que los avances tecnológicos superen a la inteligencia humana y se vuelvan incontrolables. Pero ¿será esto posible? ¿Qué es en realidad la IA y cómo se está desarrollando?

La IA es un resultado más de nuestro ingenio. Es una máquina que emula la inteligencia humana para resolver problemas: toma información de su entorno y mejora continuamente la ejecución de alguna tarea mediante el aprendizaje. ¿Habrá que temerle? Stephen Hawkins* creía que era casi seguro que dentro de los próximos 100 años la IA superaría nuestra inteligencia si las computadoras continuaban siguiendo la ley de Moore, mejorando su velocidad y capacidad de memoria cada 18 meses. Sin embargo, también creía que los humanos tenemos una gran capacidad de adaptarnos al cambio, siempre y cuando nos acerquemos a la ciencia. Para acercarte a la realidad de la IA, te contaremos en varios episodios lo que

actualmente están desarrollando compañías mexicanas. En este especial de Komputer Sapiens te presentamos a la compañía Metrics.

Metrics inició con el desarrollo de *chatbots*, o robots conversacionales, orientados a la fabricación de piezas de contenido, tuits o posts para procesos de negocios en plataformas sociales, adelantándose a Facebook y Microsoft. Posteriormente, creó chatbots con la capacidad de identificar si el usuario se encuentra feliz, enojado o indiferente, y dependiendo de la emoción detectada, activar el protocolo de atención correspondiente hasta tener una respuesta positiva. Estos chatbots son rápidos, de alta precisión y usan lenguaje escrito, por lo que pueden aumentar la calidad y capacidad de atención de servicio. Para saber más de Metrics y la IA te recomendamos leer los siguientes artículos.

- Manejo de crisis en la era de las redes sociales.
<http://metrics.digital/manejo-de-crisis/>
- Primer estudio de madurez del mercado de la Inteligencia Artificial en México.
<http://metrics.digital/estudio-de-madurez-de-la-inteligencia-artificial-en-mexico/>
- *Stephen Hawkins en el capítulo “¿Nos sobrepasará la Inteligencia Artificial?” de su libro “Breves respuestas a las grandes preguntas”. Breve reseña del libro.
<https://heraldodemexico.com.mx/tendencias/asi-concibio-stephen-hawking-las-grandes-preguntas-de-la-humanidad/>



Robot conversacional (Chatbot) .

ARTÍCULO ACEPTADO

Descripción, combinación y tratamiento de imágenes ráster obtenidas del satélite Landsat 8

Edgar Jardón Torres y Marcelo Romero Huertas

Introducción

Antes de 1972, la idea de utilizar datos satelitales para la vigilancia terrestre, la cartografía o la exploración era un concepto visionario. Hecho que da origen al programa Landsat, el cual se constituye en una serie de misiones de observación de la Tierra por satélites gestionados conjuntamente por la NASA y el Servicio Geológico de Estados Unidos [1]. El programa Landsat ha revolucionado la forma de ver y estudiar nuestro planeta. Esta serie de datos es la más larga de la historia y continúa registrando los cambios en la superficie terrestre desde el espacio. Landsat ha sido el único sistema de satélite diseñado y operado para observar repetidas veces la corteza terrestre con una resolución moderada; cada píxel en la imagen tiene un tamaño aproximado de 750.76 metros cuadrados [2].

El conjunto de satélites LANDSAT (LAND=Tierra y SAT=satélite), que inicialmente se llamaron ERTS (Earth Resources Technology Satellites), fue producto de la primera misión de los Estados Unidos para el monitoreo de los recursos terrestres. Tras su lanzamiento, el satélite es denominado como Landsat 8. Este sistema está compuesto de dos grandes segmentos [2]:

- El observatorio, que consta de una plataforma con capacidad de carga de dos sensores de observación terrestre: Operational Land Imager (OLI) y Thermal Infrared Sensor (TIRS).
- El sistema terrestre, que proporciona la capacidad necesaria para la planificación y programación de las operaciones del LDCM, así como de la administración y distribución de los datos.

Subsistemas del satélite Landsat 8

El satélite Landsat 8 está constituido por tres subsistemas.

Sensor OLI

OLI, utiliza un sensor del tipo *pushbroom* compuesto por más de 7,000 detectores en cada banda espectral, alineados en su plano focal en su respectivo ancho de banda. El diseño del *pushbroom* lo hace un instrumento sensible proporcionando mejor información de la superficie terrestre con menos partes móviles [2].

Sensor TIRS

Todo en la Tierra emite radiación térmica infrarroja, término comúnmente conocido como calor. La física dice que la cantidad de la radiación emitida es proporcional

a la temperatura del objeto. El sensor térmico infrarrojo (TIRS) fue añadido a la carga útil del LDCM cuando se hizo evidente que los gestores de los recursos hídricos se basaban en la medición de alta precisión de la energía térmica de la Tierra obtenidas por los predecesores del LDCM, con el fin de hacer un seguimiento del uso de la tierra y el agua [2].

Satélite LDCM

La plataforma espacial suministra energía suficiente para el control de la órbita, altitud, comunicaciones y almacenamiento de datos recolectados por los sensores OLI y TIRS. Básicamente el satélite consta de siete subsistemas [2]: Subsistema mecánico (estructura primaria y los mecanismos de despliegue), subsistema de mando y manejo de datos, subsistema de control de altitud, subsistema de energía eléctrica, subsistema de radio frecuencia (RF), subsistema de propulsión de hidracina y subsistema de control térmico.

Estructura de las bandas del satélite Landsat 8

Las imágenes de Landsat 8 obtenidas por el sensor (OLI) y (TIRS) están conformadas por nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas de 1 a 7 y 9. Una banda nueva (1) (azul-profundo) es útil para estudios costeros y de aerosoles. La nueva banda (9) es útil para la detección de *cirrus*. La resolución para la banda 8 (pancromática) es de 15 metros [2]. Dos bandas térmicas 10 y 11 son útiles para proporcionar temperaturas más precisas de la superficie y se toman a 100 metros de resolución (ver Tabla 1). El tamaño de las imágenes que captura el satélite Landsat 8 es de 185 km de recorrido transversal por 180 km a lo largo de la pista. Mientras que la altitud de la nave espacial es de 705 km.

Tabla 1. Distribución de bandas en sensores OLIS y TIRS.

Banda	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
Banda 2 - Azul	0.45 - 0.51	30
Banda 3 - Verde	0.53 - 0.59	30
Banda 4 - Rojo	0.64 - 0.67	30
Banda 5 - Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
Banda 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
Banda 8 - Pancromático	0.50 - 0.68	15
Banda 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
Banda 10 - Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

Las bandas TIRS se remuestrean a una resolución de 30 metros, debido a que, al momento de su captura, poseen una resolución de 100 metros.

Cada una de las bandas que conforman las imágenes del satélite Landsat 8 representan una porción diferen-

te del espectro electromagnético, por lo que es necesario conocer las especificaciones de cada banda:

- Banda 1: detecta azules y violetas profundos. La luz azul es difícil de recoger del espacio ya que se dispersa fácilmente debido al polvo y agua en el aire, e incluso por las propias moléculas de aire.
- Banda 2: con esta banda es difícil de mapear cuerpos de agua, debido a la diferencia entre suelo y vegetación, además de la diferencia entre la vegetación conífera que presenta un alto grado de complejidad.
- Banda 3: está diseñada para evaluar la intensidad de la vegetación sana, además de poder diferenciar entre tipos de rocas y medir la calidad del agua.
- Banda 4: permite determinar el grado de absorción de clorofila, por lo que es útil para la clasificación de la cubierta vegetal, agricultura y uso del suelo.
- Banda 5: tiene la función de medir el infrarrojo cercano o NIR. Este rango del espectro es de importancia para la ecología debido a que las plantas saludables lo reflejan a través del agua en sus hojas dispersas.
- Banda 6: contempla diferentes cortes del sensor infrarrojo de onda corta o SWIR, por lo que es útil para diferenciar la tierra húmeda de la seca y para la geología.
- Banda 7: es destinada para aplicaciones similares a la banda 6.
- Banda 8: llamada *banda pancromática*, funciona como una película en blanco y negro que se caracteriza por coleccionar colores visibles por separado, combinándolos en un solo canal.
- Banda 9: cubre un rango fino de longitudes de onda de aproximadamente 1370 ± 10 nanómetros. Nótese que es escasa la cantidad de instrumentos espaciales que recogen esta parte del espectro, debido a que la atmósfera absorbe gran parte de éste.
- Banda 10: corresponde al sensor infrarrojo térmico o TIR, el cual permite capturar el calor en lugar de medir la temperatura del aire, a diferencia de las estaciones meteorológicas, las cuales informan a partir del suelo mismo, que usualmente es más caliente.
- Banda 11: cumple funciones similares a la banda 10.

- Banda de calidad (BQA.TIF): sirve para la evaluación y control de la Calidad (QA o QB), constituyendo una banda de datos adicionales importante en Landsat 8. Cada píxel de esta banda contiene un valor decimal que representa las combinaciones de bits de relleno de la superficie, la atmósfera y las condiciones de sensores que pueden afectar a la utilidad general de un píxel específico [2].

Una vez presentadas las características de las bandas que conforman las imágenes del satélite Landsat 8, se listan algunas de las posibles combinaciones que pueden realizarse, las cuales permiten trabajar con propiedades de interés, de entre las que destacan: vegetación y área urbana (ver Tabla 2).

Tabla 2. Combinaciones de bandas Landsat 8.

Combinación	Identificador de bandas combinadas
Agricultura	6, 5 y 2
Análisis de vegetación	6, 5 y 4
Color infrarrojo (vegetación)	5, 4, y 3
Color natural	4, 3, y 2
Falso color (urbano)	7, 6 y 4
Infrarrojo de onda corta	7, 5 y 4
Natural con remoción atmosférica	7, 5 y 3
Penetración atmosférica	7, 6 y 5
Tierra/agua	5, 6 y 4
Vegetación saludable	5, 6 y 2

Metodología

Como lo ilustra la Figura 1, la metodología empleada en esta investigación consta de cuatro etapas.



Figura 1. Metodología utilizada para la combinación de bandas.

Descarga de imágenes Landsat 8

Esta etapa se realiza en dos pasos: (a) Localización de zona de estudio y (b) Descarga de la zona de estudio.

Localización de zona de estudio

Existen múltiples repositorios que almacenan las imágenes ráster Landsat 8. Sin embargo, el sitio web oficial para acceder a imágenes ráster del satélite es: <https://landsat.usgs.gov/>. Para localizar una zona específica de la Tierra, se pueden utilizar sus coordenadas en grados (latitud y longitud), o su número de Path y Row.

Los atributos de localización Path y Row hacen referencia a valores de trayectoria y fila respectivamente (ver Figura 2), que permiten dividir al globo terráqueo en trayectorias, facilitando su acceso a las imágenes ráster¹.

¹Imagen Ráster hace referencia a las imágenes descargadas del satélite Landsat8 con una extensión *tif*

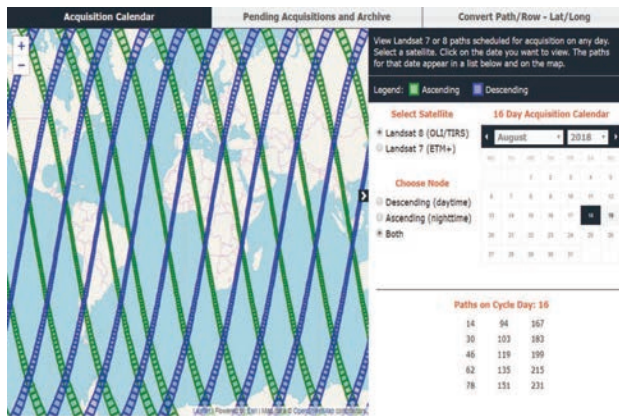


Figura 2. División del globo terráqueo en trayectorias de Path y Row.

Una vez que se proporcionan los parámetros de localización de la imagen deseada, la página web muestra la celda con la ubicación, así como los valores de Path y Row.

Descarga de la zona de estudio

Posterior a la localización de la celda que contiene el área de interés, se descarga la imagen ráster del repositorio <https://libra.developmentseed.org/>. Donde además de la ubicación, el usuario puede filtrar las imágenes de acuerdo con el nivel de iluminación, momento de toma (día o noche) y grado de nubosidad requerido (ver Figura 3).

Como paso final, el repositorio permite descargar ya sea el paquete de todas las bandas que conforman a la imagen ráster o un paquete con algunas de estas.

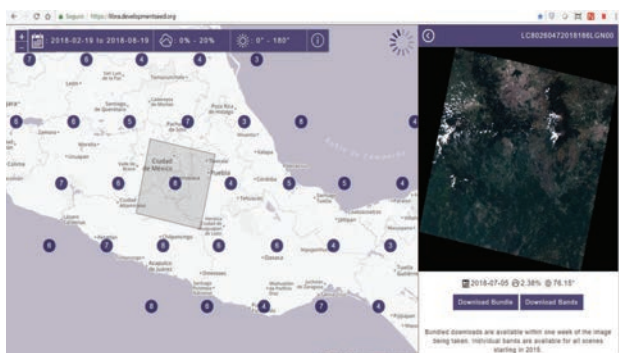


Figura 3. Descarga de imagen ráster.

Combinación de bandas

La combinación de bandas es realizada mediante una herramienta codificada en el lenguaje de programación Python, como se detalla a continuación:

Desarrollo de la herramienta

Para poder incorporar herramientas dentro del Sistema de Información Geográfica (SIG), ArcGIS, es necesario utilizar ciertas funciones incluidas en el paquete *Arcpy*,

las cuales apoyan al desarrollo de nuevos *plugins*, agregando así funcionalidades al SIG. Para combinar bandas satelitales, primero se desarrolla una herramienta como se indica a continuación:

Cree un nuevo archivo de texto con extensión *pvt*, el cual sirve como declaración de la estructura para la interfaz principal, además de ser el módulo que enlaza la herramienta con el SIG.

El módulo que combina las bandas y que se comunica con la interfaz principal debe nombrarse *script_combinador.pvt*.

Edita el archivo de interfaz *herramienta.pvt* y se define cada uno de los elementos de la interfaz principal mediante la sintaxis de *Arcpy* (ver Listado 1).

```
1 class Toolbox(object):
2     def __init__(self):
3         self.label = "Herramienta combinación"
4         self.alias = "Herramienta de ejemplo"
5         self.tools = [interfaz_modelos]
6     class interfaz_modelos(object):
7         def __init__(self):
8             self.label = "Combinador de Bandas"
9             self.description = "Herramienta combina bandas"
10            self.canRunInBackground = False
11        def getParameterInfo(self):
12            #INTERFAZ PARA LAS BANDAS DE ENTRADA
13            param0 = arcpy.Parameter(
14                displayName='Seleccionar bandas raster:',
15                name='imagenes',
16                datatype='DEFile',
17                parameterType='Required',
18                multiValue=True,
19                direction='Input')
20            param0.filter.list = ['tif']
21            param1 = arcpy.Parameter(
22                displayName='Nombre del archivo de salida',
23                name='salida',
24                datatype='DEFile',
25                parameterType='Required',
26                direction='Output')
27            #COLOCANDO UN FILTRO AL ARCHIVO DE SALIDA
28            param1.filter.list = ['tif']
29            parameters = [param0, param1]
30            return parameters
```

Listado 1. Definición de la interfaz principal.

Cree el módulo de combinación de bandas, utilizando las funciones propietarias de *Arcpy*, por ejemplo *compositebands_management*, como se ilustra en el Listado 2.

```
1 class script_combinador(object):
2     def __init__(self,rasters,arch_salida):
3         self.rasters=rasters
4         self.arch_salida=arch_salida
5         self.carga_rasters()
6     def carga_rasters(self):
7         path=os.path.basename(self.arch_salida)
8         bandas=""
9         for ruta in self.rasters:
10            bandas=bandas+ruta+";"
11        arcpy.CompositeBands_management(bandas,
12            self.arch_salida)
```

Listado 2. Definición del módulo que combina las bandas.

Proceso de combinación de bandas

La combinación de bandas (fusión de imágenes) emplea una imagen pancromática de mayor resolución (o banda ráster) para fusionar respecto a un *dataset ráster* multibanda de menor resolución. El resultado produce un *dataset ráster* multibanda con la resolución del ráster pancromático donde los dos rásters se superponen completamente [3].

La fusión de imágenes se utiliza para incrementar la resolución espacial y proporcionar una mejor visualización de una imagen multibanda con la imagen de banda única de alta resolución [3].

Aplicación del Método de Brovey

En este artículo se emplea la transformación Brovey para fusionar imágenes, la cual se basa en el modelado espectral incrementando el contraste visual en los extremos alto y bajo del histograma de datos. Utiliza un método que multiplica cada píxel multiespectral remuestreado por la relación de la intensidad de píxel pancromático correspondiente a la suma de todas las intensidades multiespectrales. Asume que el rango espectral que abarca la imagen pancromática es el mismo que el que cubren los canales multiespectrales [3].

El método de Brovey realiza operaciones algebraicas entre las diferentes bandas (de baja resolución) a combinar, estableciendo como supuesto que la combinación de las bandas cubre el mismo rango espectral que la banda pancromática de alta resolución. El resultado de combinar las bandas se produce mediante la multiplicación (&) de la banda pancromática por cada una de las bandas de entrada previamente normalizadas.

B_i = \frac{B_i}{(B_1 + B_2 + ... + B_n) * Panc} \tag{1}

Donde (i=1, 2...n); n= Número de bandas espectrales a combinar.

Mezcla de bandas con la Herramienta desarrollada

Para ejecutar la herramienta descrita, se deben realizar los siguientes pasos:

Incorpore la herramienta desarrollada al SIG a través de la ruta del archivo de interfaz con extensión *pyt*.

Alimente la interfaz principal mediante dos parámetros de entrada; el primero de ellos corresponde a las bandas ráster que se desean combinar, con una extensión *tif*; el segundo parámetro corresponde al nombre y ruta del archivo de salida que contendrá la combinación de las bandas de entrada (ver Figura 4).

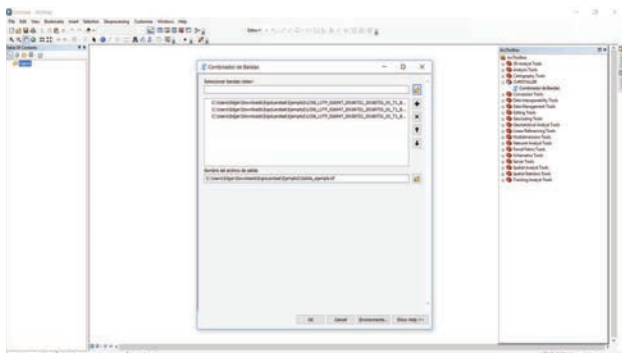


Figura 4. Ingresando valores a la interfaz principal.

Ejecute la herramienta presionando el botón *OK*, la cual muestra un cuadro de diálogo con el estado de ejecución.

Verificación

Al terminar la ejecución de la herramienta, se muestra en pantalla la combinación de las bandas de entrada (ver Figura 5), además de almacenar el archivo de combinación en la ruta especificada por el usuario.

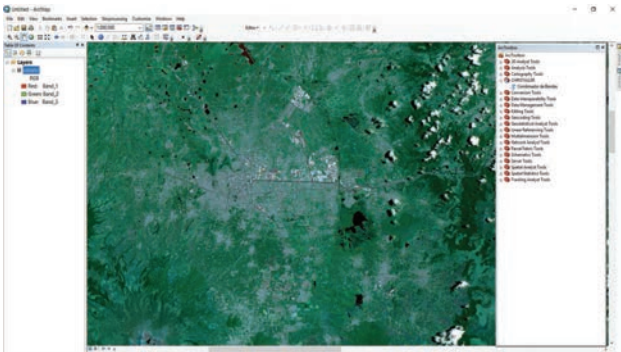


Figura 5. Imagen ráster de mancha urbana, bandas 4, 6 y 7.

Resultados y discusión

En este proyecto se implementó el método de Brovey, para la combinación de bandas espectrales capturadas por el satélite Landsat 8, mediante el diseño y programación de una herramienta codificada en el lenguaje de programación Python, la cual es de fácil incorporación al Sistema de Información Geográfica (SIG), ArcGIS.

El desarrollo de la herramienta permite la creación de futuras aplicaciones sobre ambientes SIG, ya que se proporciona tanto la metodología de programación como el código utilizado para la creación de la interfaz principal y el módulo que ejecuta la combinación de bandas espectrales bajo el método de Brovey.

Tabla 3. Contribuciones del artículo.

Contribuciones	
1	Revisión de los componentes que conforman el satélite Landsat 8.
2	Especificaciones de bandas del satélite Landsat 8.
3	Metodología para el desarrollo de aplicaciones SIG.
4	Aplicación del método de Brovey.
5	Posibles combinaciones de bandas Landsat 8.
6	Imágenes con mancha urbana de la ciudad de Toluca.

Si bien la herramienta es de ayuda para un número de usuarios que utilizan el software ArcGIS, es preciso considerar que esta plataforma requiere de licencias con un costo elevado. Por lo que en trabajos futuros se implementará la misma metodología para desarrollar una herramienta similar incorporada al Sistema de Información Geográfica, QGIS, logrando así contemplar a un

mayor número de usuarios, debido a que dicha plataforma es de distribución libre.

Las principales contribuciones de esta investigación se muestran en la Tabla 3.

Conclusiones

En este artículo se ha presentado el desarrollo de una herramienta incorporada al SIG, capaz de combinar de forma rápida y eficiente diferentes bandas espectrales, automatizando así la ardua tarea que debe realizarse para cambiar de una imagen satelital pancromática a una imagen satelital RGB.

La idea es proporcionar una herramienta con cualidades de amigabilidad en la interfaz y robustez en el funcionamiento, que permita generar imágenes para estudios sobre geografía espacial, orientados al mejoramiento en el análisis de técnicas para la planificación urbana.

La revisión sobre la composición de las imágenes satelitales permite hacer una correcta selección de las áreas de interés (vegetación, mancha urbana, cuerpos de agua) sobre una zona de estudio, mediante la combinación de ciertas bandas espectrales.*

REFERENCIAS

1. USGS (2013). *Using the USGS Landsat 8 Product*. Recuperado el 2 de enero del 2018, de <http://landsat.usgs.gov>.
2. Ariza, A. (2013). Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission). *Instituto Geográfico Agustín Codazzi*.
3. ArcGIS (2009). *Principios básicos de la fusión de imágenes—Ayuda ArcGIS for Desktop*. Recuperado el 6 de enero del 2018, de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/fundamentals-of-panchromatic-sharpening.htm>.

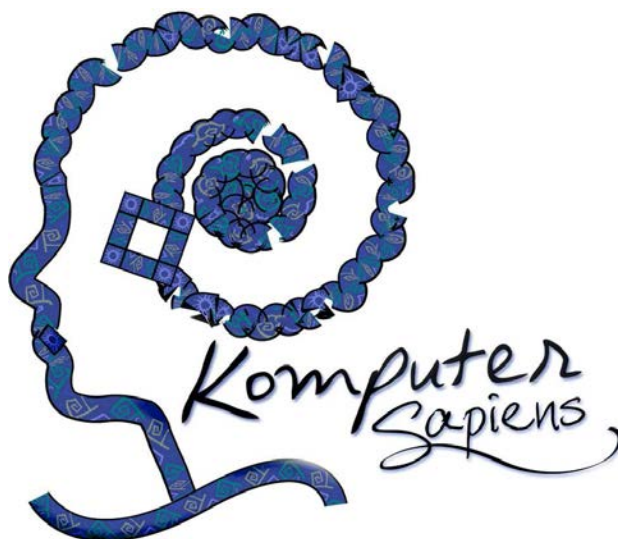
SOBRE LOS AUTORES



Edgar Jardón Torres es estudiante de la maestría en Ciencias de la Ingeniería por la Universidad Autónoma del Estado de México, becario CONACYT. Obtuvo su título como Ingeniero en Computación por la Universidad Autónoma del Estado de México (modalidad de aprovechamiento académico) en 2017. En 2018 fue condecorado con la Presea Estado de México, mérito a la juventud por su relevante trayectoria académica, sus publicaciones a nivel nacional e internacional y su contribución a la formación de otros jóvenes. Sus intereses científicos incluyen visión por computadora, procesamiento de imágenes, Sistemas de Información Geográfica (SIG) e inteligencia artificial.



Marcelo Romero Huertas es Doctor en Ciencias Computacionales por la University of York (Inglaterra) en 2011. Maestro en Informática por la Universidad Autónoma del Estado de México (con honores) e Ingeniero en Computación en 2006 y 1997, respectivamente. Profesor-Investigador de Tiempo Completo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México, donde forma parte del Núcleo Académico de los programas de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, del PNPC de CONACYT. Sus áreas de interés en la investigación incluyen el procesamiento de imágenes y el reconocimiento de patrones, así como los protocolos de comunicación de redes de datos.



ARTÍCULO ACEPTADO

Sistema para control de posición basado en *Rapid Control Prototyping* (RCP) usando Simulink y SWB32

Juan Manuel Jacinto-Villegas, Otniel Portillo-Rodríguez, Rigoberto Martínez-Méndez, Adriana Herlinda Vilchis-González, Carlos Alberto Daza-Merino y Juan Carlos Ávila-Vilchis

Resumen

Se presenta un sistema alternativo para la programación de microcontroladores utilizando la metodología de Rapid Control Prototyping (RCP). De esta manera se facilita la programación de microcontroladores y su implementación en sistemas de control complejos, reduciendo el tiempo y complejidad de programación. El modelo RCP aquí presentado se desarrolló en Matlab® & Simulink®, utilizando la opción de generación de lenguaje de código Target Language Compiler (TLC). Con estas herramientas es posible generar funciones en lenguaje C que posteriormente se pueden exportar al entorno de programación propio del microcontrolador para su implementación en el mismo. Como caso de estudio se implementó un sistema de control de posición de un péndulo acoplado a un motor de corriente directa (CD). La metodología y uso de herramientas aquí presentadas se pueden emplear para el diseño de sistema de control complejos en un tiempo reducido y para aplicaciones demostrativas en asignaturas de control y mecatrónica.

Introducción

La ingeniería de control surge debido a la necesidad de automatizar sistemas complejos. Con la aparición del microprocesador se popularizó el control digital y con el paso de los años es cada vez mayor la necesidad de controlar sistemas grandes y complejos en plazos de tiempo cada vez más cortos. En la metodología de desarrollo tradicional uno de los mayores inconvenientes es la programación de los controladores digitales, ya que requiere de personal muy especializado en el lenguaje propio de microcontrolador, requiere de una cantidad de tiempo considerable y es difícil mantener una buena trazabilidad del código escrito de programador a programador. Lo anterior implica que la etapa de implementación consume grandes cantidades de tiempo y recursos humanos especializados, elevando los costos de implementación. Con el fin de resolver estas desventajas del control digital, han surgido lenguajes de programación de alto nivel basados en gráficos [1], que fueron adaptados para su utilización en sistemas de control. Así surge el *hardware* de control de prototipado rápido (*Rapid Control Prototyping -RCP-Hardware*) [2]. El RCP hace referencia a todas las técni-

cas de software y hardware utilizadas con el fin de reducir el tiempo de desarrollo y puesta en marcha de sistemas de control.

La ventaja principal de un sistema RCP es poner al alcance de una comunidad multidisciplinaria la capacidad de diseñar e implementar un controlador digital en el laboratorio y difundirlo de forma masiva ya integrado en un hardware de control [3].

En el estado del arte es posible encontrar diferentes plataformas embebidas que ofrecen un ambiente de programación basado en modelos RCP. Un ejemplo claro son las tarjetas comerciales de bajo costo Arduino®, que son utilizadas para propósitos de educación e investigación y que se se pueden comunicar y programar fácilmente usando Simulink. En [4], Reguera et al. presentaron un sistema de control con propósitos educativos usando la tarjeta Arduino 2560 y Raspberry Pi 2. Otros ejemplos de RCP donde se desarrollan controladores en Simulink® y se implementan con Arduino® han sido presentados en [5,6], con el objetivo de crear sistemas para complementar las clases teóricas en el área de mecatrónica y robótica. Otro ejemplo de RCP fue presentado por Araújo et al. [7], quienes programaron en lenguaje C una tarjeta Arduino Uno y la integraron junto con el Sistema Operativo Robótico (ROS) para desarrollar un robot móvil con propósitos educativos. Por otro lado, en 2013, la compañía STMicroelectronics liberó un toolbox para Matlab® & Simulink® llamado STM32-MAT/TARGET, con el cual permiten realizar la programación gráfica RCP de sus microcontroladores (MCU) STM32. Estos MCU pertenecen a la familia de ARM® Cortex® de 32 bits, los cuales proveen un mayor desempeño y rendimiento con respecto a la plataformas Arduino. Su costo varía entre \$16.90 a \$29.90 dólares. A partir de ello se han presentado algunas investigaciones basadas en Simulink utilizando el paquete STM32-MAT/TARGET e implementadas utilizando un MCU ARM Cortex-M4. Por ejemplo, Rao y Patel [8] presentaron el control de una fuente de voltaje inversora mediante el uso de SPWM utilizando la tarjeta STM32F4-Discovery. Sin embargo, a pesar de que las plataformas mencionadas ofrecen una programación RCP a través de un toolbox de soporte en Simulink®, éste solo permite la programación básica de los periféricos de

entrada y salida del sistema Arduino. Así mismo, para el MCU STM32 el toolbox solo provee algunas funcionalidades básicas, tales como: ADC, CAN, GPIO, I2C, DAC, SPI, REGISTERS, TIMERS, USART y xWDG. Donde las funcionalidades avanzadas, tales como: control de DMA, interrupción IRQ, oversampling del ADC, scheduler y uso del periférico CRC, entre otras, quedan restringidas y deben ser integradas de forma manual por medio de la modificación del código fuente generado con estas toolboxes, perdiéndose así las ventajas de emplear un alto nivel de abstracción en la programación.

La contribución de este artículo, similar a Nguyen et al. en [9], es la presentación de una alternativa sobre el uso de un modelo RCP desarrollado en Simulink®, integrado dentro de un ambiente de desarrollo el lenguaje de código C con el “System Workbench for STM32”. Con el fin de ilustrar mejor la metodología presentada se desarrolló un sistema de control de posición en tiempo real de un motor de CD marca Graphite Brushes.

Descripción del Sistema

Se utilizó la plataforma electrónica PCB v4.0, desarrollada en el laboratorio PERCRO de la Scuola Superiore Sant’Anna, Pisa, Italia (<http://www.percro.org/>). Esta plataforma electrónica contiene un microcontrolador ARM Cortex-M7 (ver Figura 1), se encuentra ensamblada con diversos componentes Commercial Off-the-shelf (COTS) y es una versión mejorada de la presentada en [10]. Se alimenta con dos voltajes (5 V y 24 V), uno para la parte digital y otro para la parte de potencia de los motores, y está constituida de tres módulos principales:

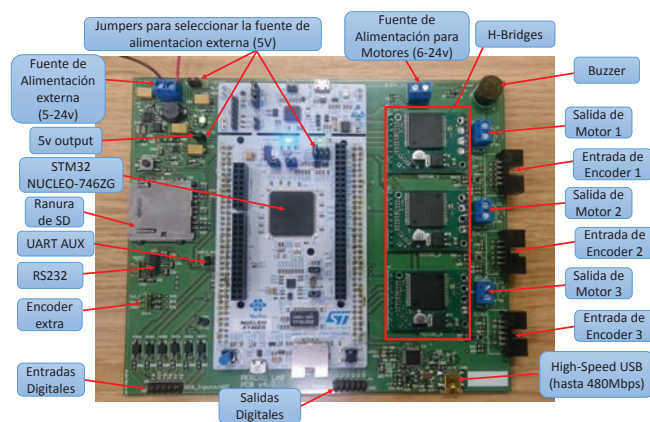


Figura 1. Descripción de los componentes electrónicos de la PCB v4.0.

1. *El módulo de procesamiento principal:* basado en la tarjeta STM32-NUCLEO que contiene el microcontrolador STM32F746ZGT6 ARM Cortex M7 de 32-bits.

2. *El módulo de potencia:* utiliza tres puentes-H (VHN5019) para alimentar controlar hasta 3 motores de CD por medio de PWM.
3. *El módulo de comunicación de alta velocidad:* Basado en el circuito FT232H de FTDI, permite utilizar el protocolo de comunicación USB 2.0 hasta 480 Mb/s utilizando los controladores D2XX.

Configuración del Software & Arquitectura de Control

Para llevar a cabo la implementación propuesta, es necesaria la instalación de tres softwares: *i)* STM32CubeMX, para configurar los GPIOs del microcontrolador, *ii)* System Workbench for STM32 (SWB32), el ambiente de desarrollo (IDE) en lenguaje C/C++, para la programación de microcontroladores STM32, y *iii)* MATLAB® & Simulink®, previamente configurado para compilar lenguaje C (*mex-setup*), y así poder generar el modelo RCP en Simulink®.

Para realizar la implementación del Software se debe proceder como sigue:

El primer paso es crear y configurar el proyecto del microcontrolador utilizando el software STM32CubeMX (<https://goo.gl/ocCvEi>), donde se selecciona el modelo del microcontrolador, el nombre del proyecto y se elige la opción del ambiente de desarrollo “SW4STM32”. El usuario puede configurar las opciones deseadas para cada pin (GPIOs) del microcontrolador (PWM, ADC, interrupciones, USART, etc). Una vez configurados los parámetros iniciales del microcontrolador, el sistema STM32CubeMX generará archivos .c y .h que contienen los drivers y librerías necesarias que son asociadas automáticamente (archivo .cproject) con el software SWB32 para posteriormente programar el microcontrolador en lenguaje C.

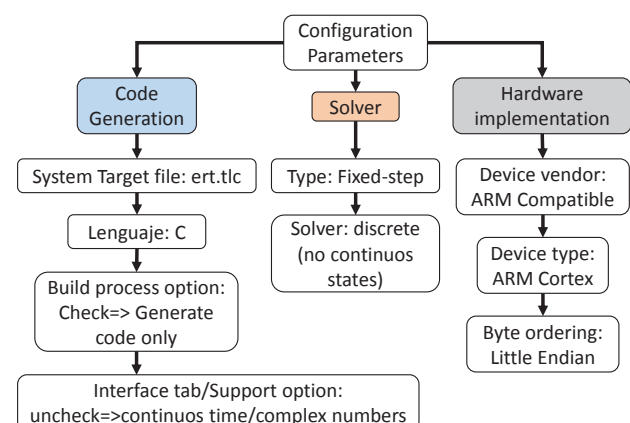


Figura 2. Configuración de parámetros del modelo de Simulink®

El segundo paso utiliza el software Simulink®, el cual tiene la capacidad de generar código fuente en lenguaje

C para diferentes arquitecturas computacionales y embebidas (se debe configurar un compilador adicional). El proceso de generación de código en lenguaje C desde el lenguaje gráfico de Simulink® se ejecuta por medio del lenguaje de script denominado "Target Language Compiler" y las librerías adicionales Simulink Coder® y Embedded Coder®. Este procedimiento comprende una serie de configuraciones que se muestran en la Figura 2.

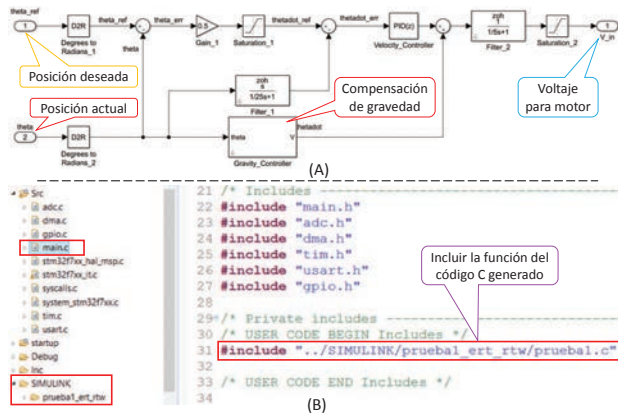


Figura 3. (A) el Modelo Simulink® y descripción de sus entradas y salidas. (B) la carpeta externa ert_rtw dentro del directorio del proyecto de SWB32 y el código C de la función a incluir.

En la Figura 3-A se muestra el modelo Simulink del control de posición utilizado como ejemplo. En él se declararon las variables de entrada/salida y los bloques/subsistemas de conversión de grados a radianes, de ganancia, de saturación, PID, filtros y de compensación de gravedad. Todos estos bloques son generados como librerías y archivos de cabecera (headers) al compilar el modelo. Una vez compilado, se genera automáticamente una carpeta (llamada "ert_rtw") que contiene las librerías y los archivos de cabecera necesarios (ver Tabla 1) de la función principal que describe al modelo y la cual debe ser importada dentro del ambiente de desarrollo SWB32.

En el tercer paso se debe agregar la carpeta (ert_rtw) generada por Simulink® dentro del directorio del proyecto de SWB32. Por lo tanto, para poder utilizar como función externa el código en lenguaje C se debe incluir dentro del programa principal (main.c) como se muestra en la Figura 3-B.

Experimento para Validación

Para realizar la validación del control de posición propuesto en Simulink, se escribió código adicional en lenguaje C utilizando SWB32. Como se mencionó antes, la ventaja de escribir el código es que se pueden programar opciones más avanzadas del microcontrolador, por ejemplo usar interrupciones. En este proyecto se implementó una interrupción del timer "SysTick_Handler" configurado a 1 kHz de frecuencia, para que el control del modelo

Simulink (la función principal del archivo *Model.c*) sea implementado dentro del microcontrolador con un lazo de control funcionando a dicha frecuencia en tiempo real.

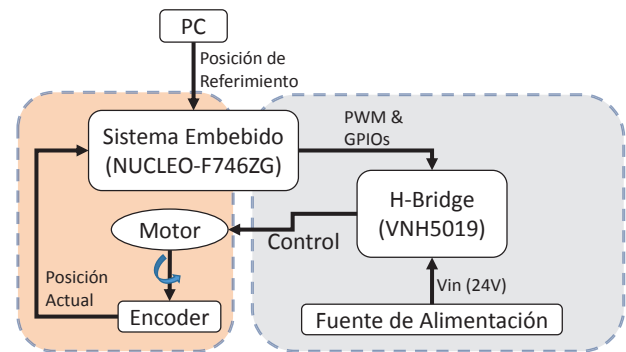


Figura 4. Arquitectura a bloques del lazo de control de posición.

En las Figuras 4 y 5 se muestran el diagrama a bloques y el prototipo experimental que se utilizaron para implementar el control de posición del motor Graphite Brushes de CD modelo Maxon 353296. Para la alimentación eléctrica del motor se utilizó una fuente de banco con un voltaje de 24 V. Para tener un sistema de accionamiento más suave en el control del motor, el PWM se configuró a una frecuencia de 20 kHz. El programa que se implementó dentro del microcontrolador realiza un reinicio inicial del encoder para saber su posición inicial (0 grados). En el primer momento la barra de 200 gr se encuentra posicionada opuestamente a la dirección de la gravedad, el sistema hace un conteo de un segundo y manda automáticamente la barra a una posición deseada que se teclea directamente en el terminal (*Secure SHell*) de comunicación serial llamado Putty (<https://goo.gl/y1PSGq>). Cabe mencionar que el sistema utiliza una función trigonométrica *Seno* para compensar la fuerza de gravedad con respecto al giro o posición que se desea. Por lo tanto, el PWM ($dutycycle = V_{in}/24 * 4095$) que manda el sistema es proporcional a la posición que se desea, más la compensación de la fuerza de gravedad. Así mismo, para evitar una velocidad excesiva del péndulo, el control de velocidad y el voltaje de salida (V_{IN}) que van al motor han sido saturados dentro del modelo Simulink a un valor de -0.1/+0.1 rad/s y -10/+10 V, respectivamente. En la Figura 6 se muestra el prototipo experimental del control de posición, donde se puede observar que la barra está en una posición deseada de 180 grados con respecto a su posición inicial (0 grados), del lado izquierdo se muestra que manualmente se empuja la barra hacia un lado y gracias al sistema de control la barra retorna automáticamente a la posición deseada. En <https://youtu.be/65EYLhiT9gg> se puede apreciar un video del sistema implementado.

Tabla 1. Descripción de los principales archivos generados al compilar el modelo Simulink®.

MODEL.h	MODEL_types.h	Rtwtypes.h	Model.c
Contiene datos relevantes en estructuras para: * Entradas/Salidas. * Variables de estado.	Contiene tipos de datos definidos para el modelo	Contiene tipos de datos de arquitectura que coinciden con los tipos de código	Contiene el código procesado con tres funciones relevantes: <i>Model_initialize()</i> : prepara todas las variables de datos para ejecución. <i>Model_step()</i> : código ejecutado en cada paso de integración. <i>Model_terminate()</i> : limpieza y terminación
Puede contener variables adicionales establecidas por el usuario	(u)int8, (u)int16, (u)int32, float (single), double	int8_T, real32_T, signed char, float, ...	

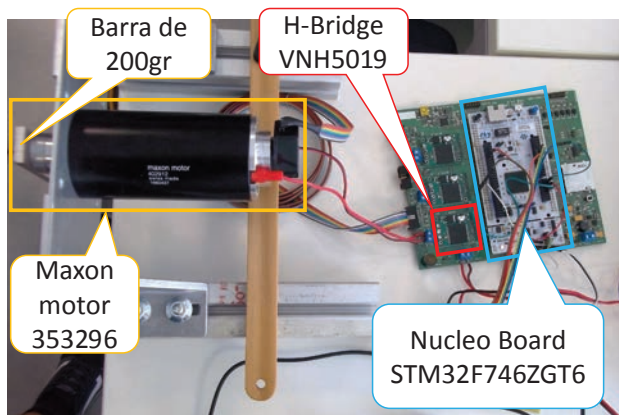


Figura 5. Vista superior y descripción de la integración del prototipo experimental.

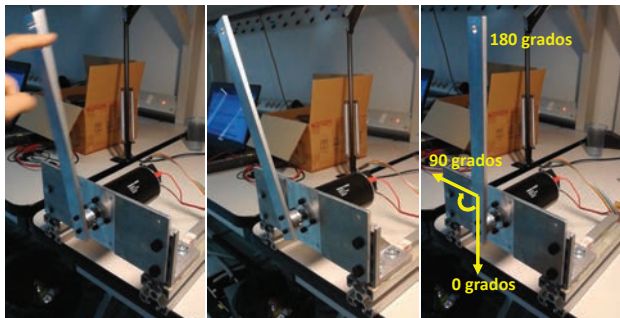


Figura 6. Validación del control a una posición deseada con el motor de DC y la barra.

Discusiones y Conclusiones

noindent Se ha demostrado una metodología alternativa para realizar RCP en microcontroladores ARM32. Con ello se posibilita la implementación de controladores mucho más demandantes en un tiempo más rápido que usando programación tradicional y de una manera más intuitiva. El sistema de control implementado fue integrado dentro del programa del ambiente de desarrollo SWB32 y probado satisfactoriamente en una plataforma experimental.

El microcontrolador STM32F746ZG mostró tener las características y desempeño adecuadas para llevar a cabo un control en tiempo-real y para ser programado con un modelo RCP. Esto permitió reducir el tiempo y evitar completamente recurrir a la programación manual del sistema de control en lenguaje C.

Cabe mencionar que las capacidades inherentes de generación de código fuente de MATLAB® & Simulink® permiten a los usuarios implementar algoritmos de control complejos sin la necesidad de escribir código. Esto permite al usuario importar la función generada dentro del software SWB32 para acceder y escribir un programa que utilice las opciones avanzadas del microcontrolador. Lo anterior facilita la integración del código y experimentación con sistemas mecatrónicos.

El prototipo experimental puede ser utilizado para impartir prácticas a alumnos a nivel ingeniería y maestría, donde se puede mostrar a nivel práctico la implementación de un control de posición basado en un controlador PID o de topologías más complejas y complementar su formación teórica tanto en el área de control y de los sistemas embebidos.*

REFERENCIAS

1. Socci, V. (2015). Implementing a model-based design and test workflow. En *International Symposium on Systems Engineering (ISSE)* IEEE, 130-134.
2. Khan, J. (2016). Rapid Control Prototyping (RCP) solutions for the validation of motor control applications. En *International Conference on Emerging Technological Trends (ICETT)* IEEE, 1-6.
3. Pinzon-Ardila, O., Angel, L. y Useche, M. (2011). xPC target an option for position control of robotic manipulators. En *IX Latin American Robotics Symposium and IEEE Colombian Conference on Automatic Control*, 1-6.
4. Reguera, P., García, D., Domínguez, M., Prada, M. A. y Alonso, S. (2015). A low-cost open source hardware in control education. case study: Arduino-Feedback MS-150. *IFAC-PapersOnLine*, 48(29), 117-122.
5. López-Rodríguez, F. M., y Cuesta, F. (2016). Andruino-A1: Low-cost educational mobile robot based on android and arduino. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*. Vol. 81, No. 1, pp. 63-76.
6. Soriano, A., Marin, L., Valles, M., Valera, A. y Albertos, P. (2014). Low Cost Platform for Automatic Control Education Based on Open Hardware. *IFAC Proceedings Volumes*, 47(3), 9044-9050.

7. Araújo, A., Portugal, D., Couceiro, M. S. y Rocha, R. P. (2015). Integrating Arduino-based educational mobile robots in ROS. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 77(2), 281-298.
8. Rao, K. y Patel, N. (2016). Effectuation in SPWM technique for 3- ϕ VSI using STM32F4 discovery board interfaced with MATLAB. En *Power India International Conference (PII-CON) IEEE*, 1-5.
9. Nguyen, V. K. (2015). A Low-Cost, Real-Time Algorithm for Embedded Devices Based on Freertos Kernel. *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, 4(1), 295-300.
10. Jacinto-Villegas, J. M., Satler, M., Filippeschi, A., Bergamasco, M., Ragaglia, M., Argiolas, A. y Avizzano, C. A. (2017.) A Novel Wearable Haptic Controller for Teleoperating Robotic Platforms. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 2(4), 2072-2079.

SOBRE LOS AUTORES



Juan Manuel Jacinto-Villegas obtuvo su doctorado en Emerging Digital Technologies en el Laboratorio de PERCRO de la Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa, Italia el 24 de Marzo del 2017. Actualmente es profesor-investigador de cátedras CONACYT en la Universidad Autónoma del Estado de México. Sus áreas de interés incluyen Robótica, Electrónica, Mecatrónica, Automatización y Control háptico.



Otniel Portillo-Rodríguez obtuvo en 2008 el grado de doctor en Robótica Perceptual por la Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa. Actualmente es Profesor Asociado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México. Sus intereses científicos incluyen el aprendizaje estadístico aplicado a la robótica y sistemas multimodales.



Rigoberto Martínez-Méndez es profesor-investigador adscrito a la Facultad de Ingeniería de la UAEMex. Obtuvo el grado de doctor en Ciencias otorgado por la Universidad de Chiba, Japón en 2011. Sus intereses de investigación se enfocan en sistemas de instrumentación portátiles para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades.



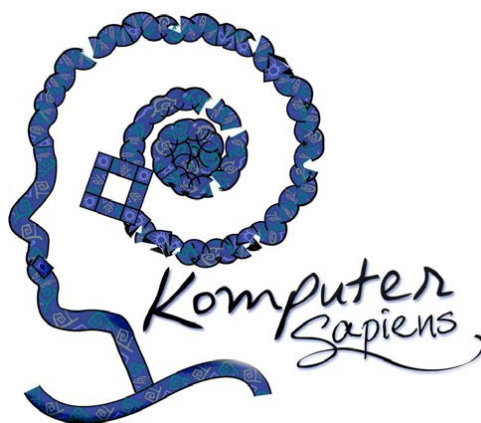
Adriana H. Vilchis González obtuvo el grado de doctor en Imagen, Visión y Robótica en el Instituto Nacional Politécnico de Grenoble, Francia. Actualmente es profesor investigador en las Facultades de Ingeniería y de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México. Sus intereses científicos incluyen Robótica Médica y Sistemas Mecatrónicos.



Carlos Alberto Daza Merino obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico de Orizaba. Actualmente es profesor investigador de la Universidad Tecnológica de Tehuacán. Sus intereses científicos incluyen diseño mecánico, mecatrónica y automatización.



Juan Carlos Ávila-Vilchis obtuvo el grado de doctor en el Instituto Nacional Politécnico de Grenoble, Francia. Actualmente es profesor investigador en las Facultades de Ingeniería y de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México. Sus intereses científicos incluyen Modelado, Análisis y Control de sistemas no lineales y Robótica Médica.



ARTÍCULO ACEPTADO

Tendencias del preprocesado en grandes volúmenes de datos

Angélica Guzmán Ponce, Rosa M. Valdovinos Rosas, Héctor Miguel Montenegro, J. Raymundo Marcial Romero y J. Salvador Sánchez

Resumen

La creciente generación de datos en empresas, en dispositivos móviles e interacción de redes sociales, han sobrepasado la capacidad de recolección y almacenamiento convencional, generando la necesidad de nuevas tecnologías para su procesamiento y almacenamiento. Derivado de esto, en la actualidad el término Big Data (grandes volúmenes de datos) ha generado que procesos tradicionales de extracción de conocimiento evolucionen con respecto a las características de los conjuntos de datos convencionales. La precisión de los algoritmos de aprendizaje utilizados para dicho procesamiento depende en gran medida de la calidad del conjunto de datos utilizado. Por lo que el objetivo de este trabajo es presentar algunas de las propuestas que investigadores tienen en uso de tecnologías y algoritmos, en el contexto Big Data.

Introducción

En la actualidad, en diversos ámbitos públicos o privados se presenta una creciente demanda en la obtención y procesamiento de grandes volúmenes de información, conocida como Big Data [1]. Esta situación implica que las aplicaciones tradicionales de procesamiento de datos y obtención de conocimiento en muchas ocasiones sean insuficientes para tratarlos, resultando un reto en la adaptación de algoritmos que puedan procesar los datos en contexto de Big Data.

Las principales características de Big Data [1] impactan en:

1. **Volumen:** Hace referencia a la cantidad de datos disponibles para su procesamiento. Por ejemplo, la creciente interacción de usuarios en redes sociales como Twitter o YouTube debido a la generación de contenido en video y comentarios en un flujo constante de la plataforma.
2. **Variedad:** Implica el uso de diversas fuentes de datos o tipos de datos (estructurado y no estructurados). Por ejemplo, medios sociales, tweets, correos, información de sensores, son ejemplos que producen imágenes, texto, y además son diversas fuentes de información.
3. **Velocidad:** Es la rapidez del flujo de datos que tienen que ser manejados por el sistema, implica una agilidad para captarlos y procesarlos.
4. **Veracidad:** Se refiere a la calidad y confianza de los datos disponibles en un grado incomparable de volumen, velocidad y variedad [2]. Es decir, los datos que se están utilizando son los adecuados para analizar un problema.
5. **Valor:** Hace referencia al proceso de extraer información de datos emergentes de importancia para una organización o empresa [1].

Surgen dos vertientes de estudio: Administración de los recursos para el procesamiento distribuido de los datos [3] y los algoritmos requeridos para realizar el análisis de los datos (propuestas de aprendizaje automático). En este artículo se presenta un estudio de las tendencias de algoritmos para abordar problemas de los datos, así como las preferencias de entornos que están facilitando el trabajo en contexto de Big Data.

El resto de este artículo está organizado como sigue: primero se describe cada fase del proceso de datos en Big Data, seguido del resumen de entornos de trabajo más usados. En lo sucesivo se trata el preprocesado de datos, en específico propuestas para dimensionalidad y desbalance. Por último, una discusión de las tendencias del preprocesado y entornos de trabajo, presentando algunas conclusiones y líneas abiertas de estudio.

Proceso de datos en Big Data

Para lograr la manipulación de los datos y obtener información en contexto de Big Data, la literatura propone diversos diagramas de proceso. Uno de ellos consta de cuatro fases (Figura 1), donde se puede regresar a cualquier fase de la que se encuentre a una anterior, e inclusive en algunos casos, es posible omitir alguna de ellas [1].



Figura 1. Proceso de Big Data [1].

A. Generación de datos: La primera fase es la de Generación de datos. En esta fase se obtienen los datos por medio de diversas fuentes como pueden ser: repositorio de datos, sensores de celulares, redes sociales [3].

B. Manipulación de datos: La segunda fase del proceso es la de Manipulación de datos. Usando datos a los cuales no se les han aplicado algoritmos de preprocesado [3], se busca solventar los problemas que inherentemente puedan tener y que deterioran o dificultan su adecuado procesamiento. Como lo son:

- **Solapamiento de clases:** Se da cuando existen instancias con atributos poco discriminantes. Por ejemplo, en la Figura 2a el problema de reconocimiento de personas sanas (verde) y enfermas (azul), cuando las características definitorias de la enfermedad no estuviesen plenamente diferenciadas, podría darse el caso de registros de personas tanto sanas como enfermas compartieran los mismos valores [4].
- **Alta dimensión:** Se presenta cuando en un conjunto de datos con un número significativamente mayor de características por instancia (Figura 2b), el número de características puede exceder el número de instancias del conjunto de datos. Por ejemplo, las micro matrices que miden la expresión genética: se pueden tener decenas de cientos de instancias, pero cada instancia puede contener decenas de miles de genes [5].
- **Patrones atípicos o ruido:** Las instancias atípicas son los que ya tienen definida una clase, pero son significativamente diferentes a las que pertenecen a la misma clase. Por ejemplo, una persona sana, que no tiene ninguna lesión y realiza con normalidad todas sus funciones, difiere del resto al tener pie plano. (Figura 2c). Por otro lado, una instancia ruidosa es aquella instancia que tiene cierto parecido con instancias de otras clases. Por ejemplo, para el caso de personas identificadas con gastritis, los síntomas en mujeres, en algunos casos son parecidos a los de un embarazo [4].
- **Desbalance:** Es cuando en un conjunto de datos se tienen un número significativamente mayor de instancias registrados de una clase en comparación de las instancias de otras clases. Como ejemplo, se tiene un mayor número de personas sanas (azules) en comparación de las personas enfermas (verdes), tal y como se muestra en la Figura 2d [5].

- **Datos perdidos:** Cuando se obtienen los datos, existe la posibilidad de pérdida de datos en atributos de las instancias. Esto puede incurrir en una mala inferencia de resultados [6].

Una de las áreas que está apoyando fuertemente el tratamiento de estos problemas de los datos es el aprendizaje automático.

C. Almacenamiento de datos: Hace referencia al mecanismo que se tendrá para almacenar y administrar los conjuntos de datos para su procesamiento, es decir acceso a disco, la nube u otro. En este sentido, el uso de entornos de trabajo han ayudado a contextos de Big Data [2] como Spark¹, Hadoop², Flink³, Google Cloud⁴, Amazon⁵, entre otros. De sus características más relevantes es la tolerancia a fallos, mejoran el rendimiento de la solución y facilitan el diseño de la arquitectura. Para realizar el procesamiento paralelo de datos en Big Data, comúnmente estos entornos de trabajo utilizan el algoritmo MapReduce.

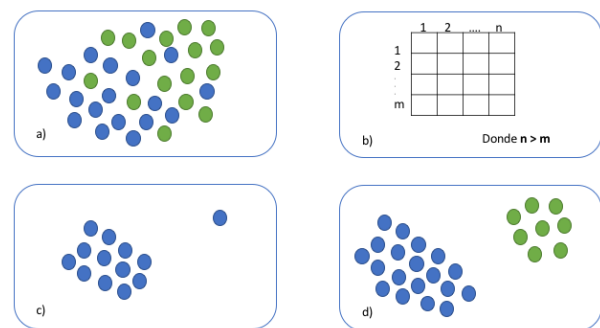


Figura 2. Problemas de conjuntos de datos.

D. Análisis de datos: Por último, la fase de Análisis de datos es la más amplia de todas. En esta se aplican algoritmos y métodos estadísticos para el procesamiento de datos tales como algoritmos de aprendizaje automático, Minería de datos, Minería de textos, entre otros.

Entornos de trabajo

Para facilitar el proceso de datos en Big Data, se han generado entornos de trabajo que facilitan las tareas, en los cuales el cambio de paradigma de programación y manejo de recursos computacionales hacen que sean predilectamente usados. A continuación, se describen algunos de los entornos de trabajo con mayor tendencia de uso.

A. Apache Hadoop: Es de los primeros entornos de trabajo desarrollado para atender la demanda de procesamiento

¹<https://spark.apache.org/>

²<http://hadoop.apache.org/>

³<https://flink.apache.org/>

⁴<https://cloud.google.com/?hl=es>

⁵<https://aws.amazon.com/es/machine-learning/>

de Big Data. Entre sus principales características se resalta que es de código libre, desarrollado para ser usado de manera distribuida, tolerante a fallas y escalable [3].

Usa el sistema de archivos HDFS (Hadoop Distributed File System), encargado de almacenar los archivos a lo largo de varias computadoras, implementa MapReduce cuya idea principal consiste en dividir los datos masivos en pequeñas partes, de esta manera generar resultados parciales (Map), los cuales de forma conjunta den una solución global (Reduce) [3].

B. Apache Spark: Cuenta con diversas ventajas sobre el resto de los entornos de trabajo para Big Data [7]. Al igual que Hadoop, es de código libre, para procesos de manera distribuida, basado en el mejoramiento del rendimiento de memoria y provee de una API que facilita la programación e interacción con el entorno de trabajo [7]. Se basa en el uso de RDD (Resilient Distributed Dataset) que es básicamente una colección de objetos, que tienen dos tipos de operaciones, las transformaciones que consisten en crear nuevos RDD de uno ya existente aplicando funciones como recorrido, filtrado de datos, unión de conjuntos de datos y unión a pares.

B. Apache Flink: Es un entorno de trabajo de código libre, utilizado para el procesamiento de datos tanto en tiempo real como por partes, capaz de tener procesamiento distribuido, alto rendimiento, alta disponibilidad y preciso. Una ventaja competitiva es que las aplicaciones pueden mantener un resumen de los datos procesados, asegurando el estado de una aplicación en caso de falla. En su funcionamiento, Flink procesa los datos de manera distribuida como un evento a la vez en lugar de una serie de partes, siendo esto de suma importancia y distintiva con respecto al rendimiento.

La Tabla 1 muestra las principales características distintivas de los entornos de trabajo usados en Big Data.

Tabla 1. Comparativa de entornos de trabajo.

	Hadoop	Spark	Flink
Formato de datos	clave-valor	RDD	clave-valor
Procesamiento de datos	Por lotes	Por lotes y en línea	Por lotes y en línea
Fuentes de datos	HDFS	HDFS, DBMS y KAFKA	KAFKA, mensajes, archivos
Modelo de programación	MapReduce	Transformaciones y Acciones	Transformaciones
Lenguajes de programación	Java	Java, Python y Scala	Java
API de aprendizaje automático	No	Si	Si

Como se observa, Spark tiene un mayor abanico de posibilidades en términos de lenguajes de programación, un punto importante es la inclusión de librerías de aprendizaje automático que facilitan la implementación. Debido a que Hadoop no cuenta con una integración de algoritmos de aprendizaje automático se tiene que incorporar la API necesaria para poder realizar una im-

plementación. Por otro lado, Flink puede ser una alternativa viable de uso, debido a que cuenta con algoritmos de aprendizaje automático, así como características similares a Spark.

Preprocesado

Como se mencionó anteriormente, la manipulación de los datos realiza el preprocesado, debido a los diferentes problemas que los datos puedan tener. El estudio presentado en este artículo se enfoca en dos complejidades, la alta dimensionalidad y el desbalance de clases, ambos problemas son de impacto en el rendimiento de los modelos de clasificación de aprendizaje automático.

A. Dimensionalidad

La dimensionalidad de los datos hace referencia al número de características que se necesitan para su adecuada representación. La literatura propone técnicas de selección y extracción de características, con el objetivo de reducir la cantidad de atributos, manteniendo aquellos que se consideran relevantes. Hughes [6] indica que la efectividad de un algoritmo decreciente a medida que aumenta la dimensionalidad. En un escenario de Big Data, donde la dimensión de datos es elevada, hace que incrementalmente la probabilidad de que el procesamiento de los datos se torne complejo para los diferentes modelos de aprendizaje automático utilizados.

Peralta et al. [6] presentan el algoritmo MR-EFS, que se encarga de seleccionar características con el uso de MapReduce y cómputo evolutivo. MR-EFS realiza una partición del conjunto de datos en bloques utilizando la función Map para realizar el proceso de aprendizaje, mientras que en la fase Reduce mezcla los resultados obtenidos en el vector de pesos de las características, el cual es usado para determinar el sub-conjunto de características que se usará posteriormente. Para evaluar la propuesta se utilizaron tres clasificadores: SVM, Regresión logística y Naive Bayes.

Zhao et al. [7] presentan un algoritmo en el que la selección de características se basa en la varianza de los datos. La propuesta enmarca la selección de características supervisadas y no supervisadas.

Por otro lado, Tan et al. [8] proponen un nuevo esquema de selección de características adaptativo, el cual realiza iterativamente la activación de un grupo de características, específicamente en características numéricas, resolviendo una secuencia múltiple de sub-problemas de aprendizaje con el paradigma de aprendizaje de múltiple kernel. La propuesta fue desarrollada en C++, el clasificador utilizado es SVM y Regresión lineal.

Ordozgoiti et al. [9] proponen una implementación paralela de un algoritmo de selección de características centralizado y no supervisado denominado PPCSS (Parallel Partition-based Column Subset Selection). Esta propuesta no se basa en una partición arbitraria.

B. Desbalance

Existen dos estrategias básicas para el tratamiento del desbalance: la primera es conocida como sobre muestreo, en donde en la clase menos representada (minoritaria) se incrementa el número de instancias para igualar la clase mayoritaria, mientras que la segunda estrategia es conocida como bajo muestreo, la cual consiste en eliminar instancias de la clase mayoritaria.

Arnaiz et al. [5] presentan una propuesta de implementación paralela del algoritmo de Selección Democrático de Instancias denominado DIS. Este algoritmo implementa MapReduce. La función Map se encarga de generar una lista de votos por instancia (un voto se recibe cuando la instancia es seleccionada para ser eliminada), mientras que en la fase de Reduce se evalúa la lista de instancias para determinar si es la más adecuada. En el mismo trabajo dejan señalado que una mejora es agregar un nuevo algoritmo que mejore en términos de velocidad y eficiencia.

Zhai et al. [10] tratan el problema de desbalance, con la propuesta de incluir MapReduce para realizar un sobre muestreo, donde la función Map realiza el cálculo de vecino más cercano y el sobre muestreo, mientras que la fase de Reduce reúne los resultados. Adicionalmente implementan el algoritmo de entrenamiento no iterativo.

Gutiérrez et al. [4] escalan el algoritmo SMOTE, el cual genera instancias sintéticas de la clase minoritaria con el uso de memorias gráficas (GPU), mostrando que los resultados obtenidos no dependen del equipo que se use.

Discusión

El incremento de datos y la falta de recursos tecnológicos para obtener información han sido precursores de que el área científica adapte algoritmos ya probados para escenarios que no son considerados Big Data, como es el caso de algoritmos de aprendizaje automático. Las propuestas de solución se orientan a dos aspectos, en el desarrollo de entornos de trabajo para la manipulación de los datos y el escalado de algoritmos para la realización de su procesamiento y análisis.

Tabla 2. Peculiaridades de los experimentos en el estado del arte.

Artículo	Conjunto de datos	Instancias	Atributos	Entorno de Trabajo
Peralta [6]	ECBDL14-ROS	65 003 913	630	Hadoop y Spark
Zhao [7]	s25mf5k	25 000 000	5 000	-
Tan [8]	kddb	19 264 097	29 890 095	-
Gutiérrez [4]	ECBDL14	9 600 000	631	-
Arnaiz [5]	SUSY	5 000 000	18	Spark
Ordozgoiti [9]	ISP	2 500 000	105	Spark
Zhai [10]	PokerHand	470 120	10	Hadoop

En la Tabla 2 se muestran en resumen los conjuntos de datos considerados en el estado del arte con respecto

al tratamiento de dimensionalidad y desbalance. Por cada artículo se muestran las características del conjunto de datos utilizado. En la última columna se muestra el entorno de trabajo utilizado, el símbolo “-” indica que no usaron un entorno de trabajo propio para Big Data, sino más bien realizaron la adaptación con otra estrategia.

Si bien una de las características principales de Big Data es como tal el volumen, hablando en términos de instancias el conjunto que presenta Zhai et al. [10] podría no ser considerado como un conjunto de datos propio de Big Data, debido a que tanto en número de instancia como el número de atributos es considerablemente menor a lo establecido en la literatura.

En cuanto a tamaño en memoria de almacenamiento, la mayoría de los conjuntos de datos ocupan GB en lugar de Petabytes de datos. Sin embargo, esto no quiere decir que no sean parte de Big Data, debido a que cuando se trata de procesar los datos de forma convencional y estos no ofrecen resultados oportunos y de calidad, el recurso disponible debe incrementar, por lo que dichos conjuntos simulan la posibilidad de escalar a términos de Big Data.

La tendencia de uso de entornos de trabajo se encuentra de lado de Spark, debido a las bondades que ofrece tanto en lenguajes de programación (Java, Python y Scala) así como la inclusión de librerías de aprendizaje automático y un enfoque de configuración distribuida encargada por el propio entorno de trabajo. Flink puede ser una alternativa viable de uso, debido a que cuenta con algoritmos de aprendizaje automático, utilizando MapReduce como alternativa de solución al procesamiento de los datos.

La etapa de preprocesado es de suma importancia, debido a que la calidad de los conjuntos de datos afecta los resultados de los clasificadores. Derivado de esto, se ha abordado el escalado de algoritmos de aprendizaje automático en preprocesado de datos en escenarios de Big Data, el estado del arte destaca el uso de MapReduce, y se busca un enfoque de manera paralela o distribuida.

En términos de dimensionalidad, en los conjuntos de datos usados en los trabajos citados, el número de atributos que cada uno tiene, en términos de Big Data, la contribución es notable, porque por sí solo el problema en contextos tradicionales de aprendizaje afectaría la efectividad del clasificador, por lo que aumentando el número de instancias e incrementando el volumen se convertiría en un problema de Big Data. En cuanto al desbalance, las estrategias de escalado han proporcionado una optimización para Big Data, aprovechando las capacidades computacionales desde dispositivos GPU hasta de entornos de trabajo.

Por último, es importante resaltar que hace falta profundizar en el estudio y escalado de algoritmos para abordar problemas como el ruido o datos perdidos. De este modo para el área de aprendizaje automático existe un área de oportunidad para lograr aportaciones en este

sentido. Además de revisión de otras características de Big Data, como la variedad y velocidad.*

Agradecimientos. Este trabajo ha sido parcialmente apoyado por CONACYT CVU 702275, la Generalitat Valenciana con el proyecto PROMETEOII/2014/062 y la Universitat Jaume I con el proyecto P1-1B2015-74.

REFERENCIAS

1. Morabito V. (2015) "Big Data and Analytics: Strategic and Organizational Impacts". Springer International Publishing Switzerland. ISBN 978-3-319-10665-6, 183 p.
2. Inoubli W., Aridhi S., Mezni H., y Jung A. (2016) "Big Data Frameworks: A Comparative Study". ArXiv, abs/1610.09962.
3. Dean J., y Ghemawat S. (2008) "MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters". Communications of the ACM. Vol. 51, No. 1, pp. 107-113.
4. Gutiérrez P. D., Lastra M., Benítez J. M., y Herrera F. (2017) "SMOTE-GPU: Big Data Preprocessing on Commodity Hardware for Imbalanced Classification". Progress in Artificial Intelligence. Vol. 6, No. 4, pp. 347-354.
5. Arnaiz-González, Á., González-Rogel, A., Díez-Pastor, J. F., y López-Nozal C. (2017) "MR-DIS: Democratic Instance Selection for Big Data by MapReduce". Progress in Artificial Intelligence. Vol. 6, No. 3, pp. 211-219.
6. Peralta D., Del Río S., Ramírez-Gallego S., et al. (2015) "Evolutionary Feature Selection for Big Data Classification: A MapReduce Approach". Mathematical Problems in Engineering. Vol. 2015, pp. 1-11.
7. Zhao Z., Zhang R., Cox J., Duling D., y Sarle W. (2013) "Massively Parallel Feature Selection: An Approach Based on Variance Preservation". Machine learning. Vol. 92, pp. 195-220.
8. Tan M., Tsang I. W., y Wang L. (2014) "Towards Ultrahigh Dimensional Feature Selection for Big Data". Journal of Machine Learning Research. Vol. 15, pp. 1371-1429.
9. Ordozgoiti B., Canaval S. G., y Mozo A. (2015) "Massively Parallel Unsupervised Feature Selection on Spark". En *East European Conference on Advances in Databases and Information Systems*. Springer. pp. 186-196.
10. Zhai J., Zhang S., Zhang M., y Liu X. (2018) "Fuzzy Integral-based ELM Ensemble for Imbalanced Big Data Classification". Soft Computing. Vol. 22, No. 11, pp. 3519-3531.

SOBRE LOS AUTORES



Angélica Guzmán Ponce obtuvo su grado de maestría en Ciencias de la Ingeniería por la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Autónoma del Estado de México. Actualmente es estudiante de doctorado en la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Autónoma del Estado de México.



Rosa María Valdovinos Rosas es Doctora en Ciencias Computacionales, miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Miembro activo de la Asociación Mexicana de Inteligencia Artificial (SMIA), de la International Association of Pattern Recognition (IAPR) y de la Red Mexicana de Investigación y Desarrollo en Computación (REMIDEC). endminipage



Héctor Montenegro Monroy recibió el grado de Doctor en Comunicación y Electrónica por el Instituto Politécnico Nacional de México en 2014. Sus intereses de investigación incluyen procesamiento de imágenes / video, eliminación de ruido y procesamiento en tiempo real.



José Raymundo Marcial Romero es Doctor en Ciencias de la Computación por The University of Birmingham, UK, en The School of Computer Science. Profesor investigador de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT nivel 1.



José Salvador Sánchez Garreta es Doctor en Ciencias Computacionales por la Universidad Jaume I, Castellón de la Plana España, Profesor investigador de tiempo completo de la Universidad Jaume I. Sus intereses de investigación se centran en las áreas de reconocimiento de patrones y aprendizaje automático.

ARTÍCULO ACEPTADO

Aplicación de técnicas de dispersión de píxeles para esteganografía mediante expresiones regulares

Héctor Caballero Hernández, Vianney Muñoz Jiménez, Marco A. Ramos y Marcelo Romero

Introducción

En este artículo se propone una nueva técnica de esteganografía que se enfoca en el análisis de la distribución de píxeles en imágenes digitales RGB, debido a que cualquier alteración efectuada en la imagen en el dominio del espacio o de la frecuencia genera cambios apreciables visualmente o a través de técnicas de análisis estadístico. Por tal motivo, es conveniente que las modificaciones aplicadas tengan el menor impacto posible sobre la imagen.

Métodos de esteganografía

LSB (*Least Significant Bit*), también conocido como bit menos significativo, consiste en modificar el bit de menor peso de un byte del portador [9]. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de la selección de los bits menos significativos de un píxel RGB [13].

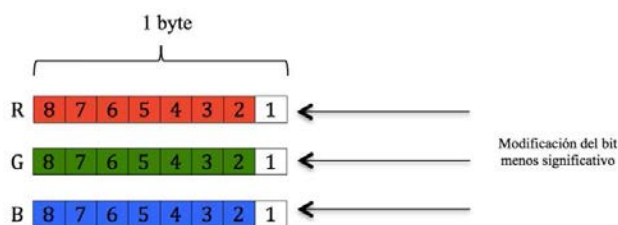


Figura 1. Selección de bits menos significativos de un píxel RGB para LSB.

El método PVD (*Pixel Value Differencing*) está basado en la sustitución de los valores de la diferencia de

los bloques de dos píxeles continuos en una imagen por otros similares en los cuales se incluyen bits de datos ocultos [2]. Generalmente este método es aprovechado para imágenes a escala de gris. El proceso de PVD se puede observar en la Figura 2, en la cual se presentan cuatro casos de cómo se puede seleccionar el píxel para su modificación.

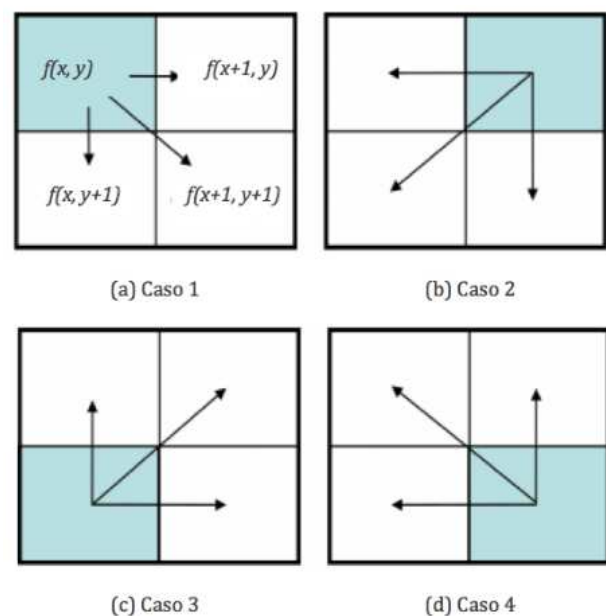


Figura 2. Proceso de modificación de píxeles utilizando PVD [7].

La esteganografía se define como la ciencia y el arte del ocultamiento de la información, estudia los métodos de envío de información para que esta pase desapercibida.

DCT (*Discrete Cosine Transformation Discrete*) oculta el mensaje secreto en el bit menos significativo del coeficiente del coseno discreto de una imagen digital [12], además se basa en descomponer la imagen en bloques 8x8 píxeles. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, esta técnica es aplicada en cada bloque de la imagen [15].

DWT (*Wavelet Transformation*) es una transformada matemática que permite la descomposición de imágenes que se basa en transformación de pequeñas ondas llamadas ondículas a diferentes frecuencias. Las técnicas en el dominio de la frecuencia son aprovechadas en imágenes digitales, video. Las sub-bandas que genera esta técnica están espaciadas de forma logarítmica en frecuencia y re-

presentan la descomposición de banda de octava [3], ver Figura 3.

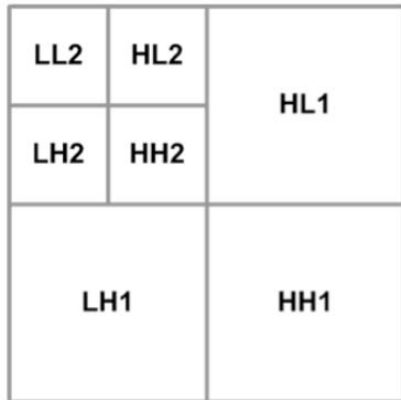


Figura 3. Diagrama de DWT [3].

Métricas de evaluación de calidad en imágenes digitales

Las métricas de medición de calidad permiten conocer la distorsión que existe entre dos imágenes. MSE (*Mean Squared Error*) ([11], [5]) calcula el error cuadrático medio, donde $f(x, y)$ es la imagen de portada, $\hat{f}(x, y)$ es la estego-imagen y MN representa el tamaño de la imagen en 2D. La ecuación (1) determina el MSE.

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - \hat{f}(x, y)]^2 \quad (1)$$

El PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) se define como un límite en donde se aproxima la relación con el receptor de errores por el sistema de visión humano. Un PSNR alto implica que la semejanza entre la imagen de portada y la estego-imagen es alta [5]. El PSNR se define en la ecuación (2), donde L es número de intensidades.

$$PSNR(dB) = 10 \log_{10} L^2 / MSE \quad (2)$$

La métrica SSIM (*Structural Similarity Index*) determina la similitud entre dos imágenes [16]. Generalmente se utiliza el índice MSSIM (SSIM medio) y evalúa la calidad de una imagen. $f(x, y)$ representa la imagen de portada y $\hat{f}(x, y)$ la estego-imagen, f_j y \hat{f}_j son el contenido de la ventana local j th y W es el número de ventanas locales de la imagen. MSSIM se obtiene a través de la ecuación (3).

$$MSSIM(f(x, y), \hat{f}(x, y)) = \frac{1}{W} \sum_{j=1}^w SSIM(f_j, \hat{f}_j) \quad (3)$$

Las gramáticas formales definen un lenguaje para describir cómo se generan las cadenas de un lenguaje [6].

Una gramática formal es una cuádrupla $G = (N, T, P, S)$ donde:

N es un conjunto finito de símbolos no terminales

T es un conjunto finito de símbolos terminales
 $N \cap T = \emptyset$

P es un conjunto de finito de producciones

S es el símbolo distinguido $S \notin (N \cup T)$

Las gramáticas permiten generar mecanismos de reconocimiento de cadenas para identificar si pertenecen o no a un lenguaje. En esteganografía se utilizan para indicar el formato que debe llevar una secuencia de bits, y que a su vez represente una cadena que sea propia del método con que se embebió la información.

Revisión literaria

Algunos de los trabajos en donde se ha abordado el empleo del método LSB es el de Eswari et al. [4]. En 2014 aplicaron el algoritmo de Zhang [17] para embeber información dentro de imágenes fractales, además de combinar la técnica con RSA. Los resultados obtenidos del PSNR son superiores a 42 dB.

En Desai et al. [1], en 2014, utilizaron criptografía y Watermarking; emplearon el fractal de Mandelbrot para compresión de la imagen a embeber. La imagen por ocultar se divide en secciones de acuerdo con la ecuación fractal propuesta y posteriormente se embebe mediante DTC. Las pruebas se realizaron en imágenes en escala de gris y RGB; los histogramas de la imagen de portada y la estego-imagen no presentan diferencias significativas.

Stoyanova et al. [14], en 2015, propone una modificación sobre LSB; emplean una llave criptográfica, la cual permite el control de la inserción de datos y la recuperación de estos mediante el sistema Rijndael. El PSNR de las estego-imágenes es superior a 54 dB, tomando en cuenta que usan los 3 primeros bits significativos. Las métricas de comprobación de calidad de la imagen que aplican son MSE, SNR, PSNR y SSIM.

En el 2016, Ouyang et al. [10] combinaron LSB con XOR. Obtuvieron resultados sobresalientes en imágenes de 512x512 píxeles al embeber imágenes del tamaño de un 25 % con relación al de la imagen de portada. Sus pruebas arrojan niveles superiores de 55 dB de PSNR.

METODOLOGÍA PROPUESTA

El método de esteganografía propuesto se basa en generar una imagen intermedia a partir de una imagen de portada tipo RGB, cuyo formato de imagen no emplee alguna técnica de compresión con pérdida de información. La redistribución virtual de los píxeles no interfiere con las reglas de inserción y se puede emplear cualquier técnica de esteganografía como LSB, PVD, DTC, entre

otras. En la Figura 4, el primer paso consiste en descomponer la imagen en sus canales R, G y B. De estos canales se reservan los píxeles de los bordes para insertar las reglas de recuperación del mensaje.

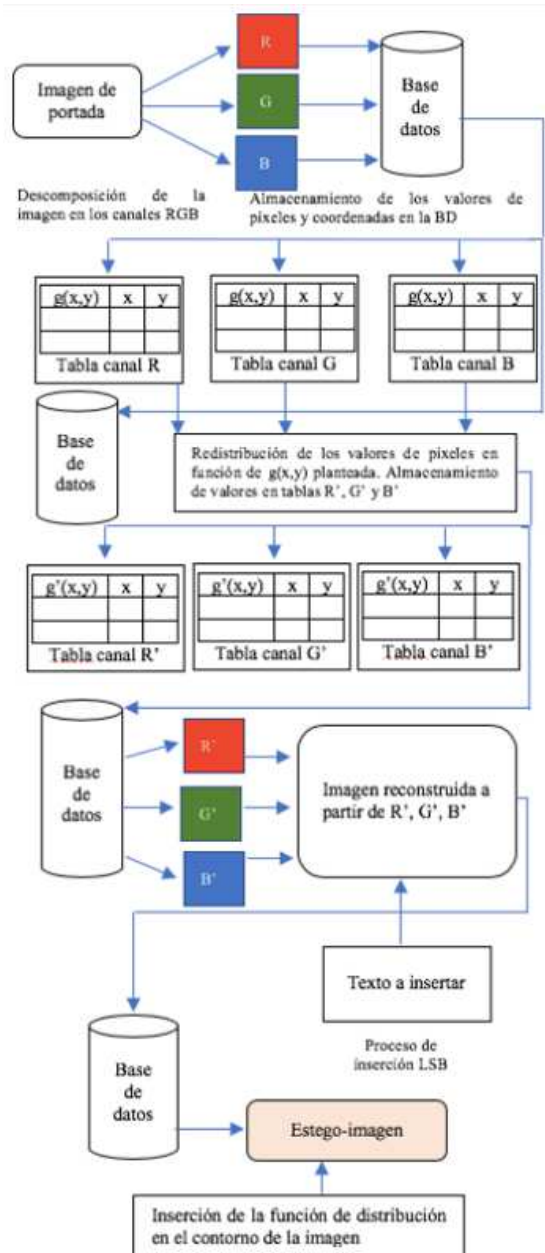


Figura 4. Método general de la dispersión de píxeles.

Los canales son almacenados en una base datos con tablas independientes, sin tomar en cuenta los píxeles de los bordes, y se almacena la intensidad de los píxeles y las coordenadas (x,y). A los valores de las tablas que contienen los canales R, G, B se les aplica una función de reordenamiento $g(x)$ (almacenada en los bordes de la imagen). Una vez que la función ha terminado su proceso, se almacenan los resultados en tablas denominadas

canales virtuales R' , G' y B' con el mismo valor numérico de su píxel, pero con coordenadas distintas.

En la imagen procedente de los canales virtuales se insertará el mensaje y las expresiones regulares empleadas para identificar los símbolos que se han utilizado en el proceso de inserción del mensaje.

Posteriormente al proceso de inserción se utilizan las posiciones originales de los píxeles almacenados en la base datos con sus nuevos valores, los cuales fueron modificados en los canales primos cuando se realizó el proceso de inserción del mensaje y de las expresiones regulares. La estego-imagen tendrá aparentemente desde una perspectiva visual la misma forma que la imagen de portada, aunque con las modificaciones ya realizadas, entendiendo que la lógica de inserción ha sido modificada al momento de obtener esta nueva imagen, todos los datos temporales son destruidos. La recuperación de datos se especifica en la Figura 5.

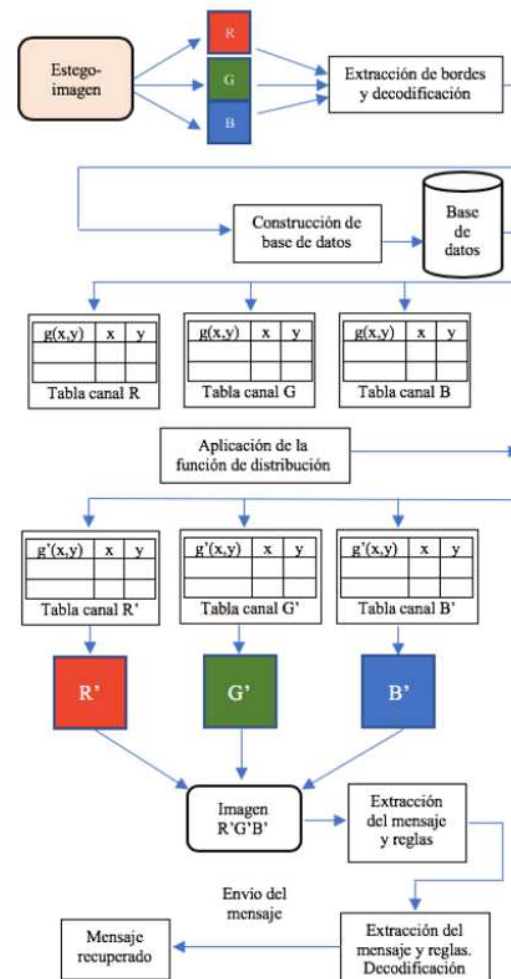


Figura 5. Extracción de datos mediante la reconstrucción de la imagen virtual.

El mensaje obtenido por el método inverso de esteganografía requiere que las expresiones regulares sean ejecutadas para extraer el mensaje.

Para extraer los datos de la estego-imagen se procede a leer los bordes de la imagen para obtener la función de ordenamiento de los píxeles para obtener los canales R', G' y B'. Cuando la imagen virtual se ha regenerado, se realiza el proceso inverso del método de esteganografía previamente empleado para recuperar los datos. El mensaje obtenido por el método inverso de esteganografía requiere que las expresiones regulares sean ejecutadas para extraer el mensaje.

La estructura de las reglas definidas a través de las expresiones regulares es la siguiente: Reglasímbolo de generaciónsímbolo terminalsímbolo identificador, donde se especifica la regla, la secuencia de los símbolos que tiene la expresión, un símbolo terminal y un símbolo identificador para verificar si es designada para representar el alfabeto o una función de distribución.

En forma general, una gramática quedaría representada como $R1 \rightarrow 000101B$, en donde la regla R1 especifica que es necesaria una cadena de tipo 000101 para reconocer B. La longitud de la cadena binaria puede cambiar en función de la codificación empleada para definir el símbolo que se desea almacenar en los bordes. La Figura 6 indica que las reglas deben de estar definidas en los bordes de la estego-imagen, los cuales no deben ser modificados por la dispersión.

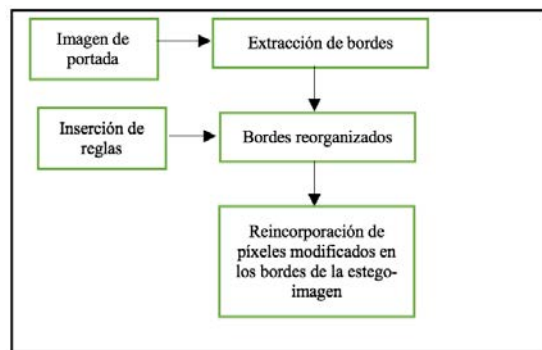


Figura 6. Inserción de reglas en bordes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El método propuesto está codificado en Python, el gestor de base de datos elegido es SQLite versión 3, debido al bajo consumo de recursos de hardware. El equipo de cómputo es un MacBook Air Core i5 a 1.3 GHz, con 8 GB de memoria RAM, con sistema operativo macOS 10.13.6.

El experimento realizado consiste en insertar archivos, cuyo valor base es de 50,000 bytes, y será multipli-

cado por un valor base que irá de 1 a 5 de forma consecutiva (1, 2, 3, ... ,5) para probar una carga máxima de inyección de 250,000 bytes, incluyendo las reglas de recuperación en imágenes RGB Lena y peppers de 512x512 píxeles formato BMP. Se eligió el método LSB para el proceso de esteganografía.

La función de ordenamiento consistió en insertar índices a través de una función de seno hiperbólico para los píxeles de R y tangente hiperbólica para los píxeles B y G, para obtener una distribución heterogénea, ilustradas en las ecuaciones 4 y 5, respectivamente.

$$\text{abs}(x * id * 2) - (x * y * id), \text{abs}\left(\frac{y * x}{3}\right) \quad (4)$$

$$\text{abs}((id * y) * (id * x)) * -9 \quad (5)$$

Los resultados se ordenan en forma descendente, ascendente y descendente, respectivamente para cada canal, para ordenar los píxeles y reconstruir la imagen de portada. Las variables *id*, *x* y *y* presentan el campo obtenido del proceso de aplicar las funciones hiperbólicas que se calcularon a partir del número de píxel, el cual va de 1 a (M, N) .

Aplicando las funciones de ordenamiento anteriormente descritas, se obtienen la Figura 7 a) que representa a Lena y la Figura 7 b) que representa a peppers, para obtener una distribución de píxeles diferente a la original.

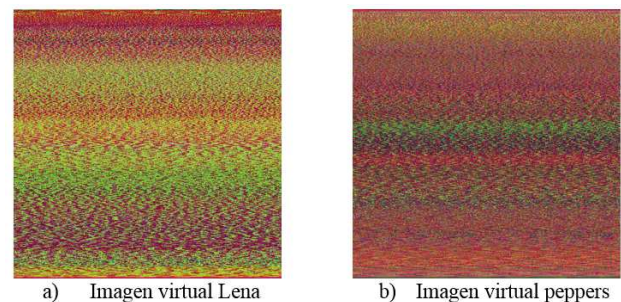


Figura 7. Imágenes virtuales de Lena (a) y peppers (b).

En la Tabla 1, tanto la imagen Lena0 como peppers0 en fase de inserción de 50,000 bytes, los niveles del PSNR promedio se mantienen por arriba de los 54 dB, el MSE es apenas superior a 0.2 puntos y el indicador SSIM se mantiene en 0.999 puntos. Al insertar 100,000 bytes en las imágenes Lena1 y peppers1, el PSNR promedio disminuye a 50 dB, el indicador MSE es superior a 0.54 puntos y el índice SIMM se mantiene en 0.999. En las

imágenes Lena2, Lena3, peppers2 y peppers3 se insertaron 150,000 bytes (para las imágenes Lena2 y peppers2) y 200,000 bytes (para las imágenes Lena3 y peppers3); el PSNR promedio es un superior a 40 dB mientras que el MSE no superó los 3.3 puntos y el índice SSIM se mantiene por encima de los 0.998 puntos. Al insertar 250,000 bytes para Lena4 y peppers4, se observa que el PSNR promedio cae a 38 dB, el MSE pasa a 8.0 puntos e indican un deterioro en la calidad de la imagen, no apreciable a simple vista, aunque sí cuando se analiza detenidamente la imagen.

Los resultados obtenidos de las métricas PSNR (promedio), MSE y SSIM para cada estego-imagen se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados experimentales.

Imagen	Bytes	PSNR (dB)	MSE	SSIM
	insertados	promedio		
Peppers0	50,000	54.093	0.253	0.999
Peppers1	100,000	50.804	0.54	0.999
Peppers2	150,000	45.680	1.758	0.999
Peppers3	200,000	43.005	3.254	0.998
Peppers4	250,000	38.817	8.536	0.996
Lena0	50,000	54.074	0.254	0.999
Lena1	100,000	50.796	0.541	0.999
Lena2	150,000	45.725	1.739	0.998
Lena3	200,000	43.067	3.208	0.996
Lena4	250,000	38.884	8.405	0.992

En la Tabla 2 se muestran dos de las imágenes en formato BMP que se emplearon para la realización de las pruebas. Las imágenes de la fila 1 y columnas 1 y 2 representan las imágenes de portada, mientras que las imágenes de las filas 2, 3, 4, 5 y 6 son las estego-imágenes de Lena y peppers de las columnas 1 y 2, respectivamente. Conforme se avanza en el número de filas, se va incrementado la información embebida de 50,000 en 50,000 bytes insertados. De las filas 2 a la 5 se puede apreciar que las imágenes no contienen alteraciones visibles, mientras que en la fila 6 se podrán apreciar cambios mínimos, con respecto a la imagen de portada. En las pruebas realizadas se recuperó el 100 % de la información insertada.

En comparación de los resultados obtenidos con respecto a los trabajos más relevantes de la revisión literaria, se tiene que los resultados reportados por Ouyang et al. [10] en su modelo de inserción ocultan un máximo de 32,768 bytes en una imagen RGB de 512x512 píxeles (Lena) y obtienen un PSNR de 72.97 dB, mientras que en el presente trabajo el mínimo considerado de datos insertados son 50,000 bytes con un PSNR de 54.093 dB, por lo cual se puede decir que, si bien en Ouyang et al. obtienen un PSNR superior en 22.9 dB, la carga de inserción es inferior en más de 17,000 bytes insertados. En Stoyanova et al. [14] emplean la imagen parrot.bmp e implementan LSB como técnica de inyección de datos. En sus pruebas reportadas se tiene que insertaron 240 KB y obtuvieron

un PSNR de 54.98 dB y un MSE de 0.035 puntos, siendo superiores a los presentados en Lena y peppers de esta investigación, pero no presentan ni las dimensiones de la imagen ni la imagen de parrot.bmp que emplearon. Cabe señalar que cuando en parrot.bmp insertan 120 KB, los valores del PSNR y MSE son prácticamente los mismos en comparación a la inserción de 240 KB y no se explica el porqué de esta situación.

Tabla 2. Comparación entre imágenes de portada (fila 1) y estego-imágenes (fila 2).



En las pruebas realizadas se recuperó el 100 % de la información insertada.

CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

La manipulación de las posiciones de los píxeles de forma virtual permite la inserción de información de forma segura, debido a que rompe el esquema de inyección de las técnicas clásicas de esteganografía, puesto que al reconstruir la imagen se pierde la secuencia de inserción original, mientras que el proceso de reconstrucción de la imagen de portada requiere construir una estructura de datos, logrando elevar la complejidad de la extracción. Las expresiones regulares permitieron generar candados de seguridad a los datos ocultos, debido a que son empleadas para determinar la cantidad de símbolo ocultos en el mensaje. Las métricas empleadas siempre mostraron resultados aceptables en cuanto a la calidad con la imagen original. Por lo cual, la metodología planteada cumplió con el propósito de insertar tasas relevantes de información y lograr aplicar un nuevo método que eleva la seguridad en esteganografía.

Como trabajo a futuro se propone implementar un algoritmo genético, el cual permita encontrar la mejor distribución de los píxeles para formar los canales virtuales, dando como resultados esperados superar pruebas de estegoanálisis y mejorar los resultados de las métricas de calidad.*

Agradecimientos. Agradecemos a CONACYT por la asignación de la beca con número de registro 445998 para estudios de posgrados.

REFERENCIAS

- Desai, H. y Desai, A. (2014). Image Steganography using Mandelbrot Fractal. *Trans Stellar*, 4, 71-79.
- Dhruv, T. y Tiwari, D.N. (2016). Different Method used in Pixel Value Differencing Algorithm. *IOSR Journal of Computer Engineering*, 102-109.
- Di Laura, C., Pajuelo, D. y Kemper, G. (2016). A novel steganography technique for SDTV h.264 avc encoded video. *International Journal of Digital Multimedia Broadcasting*, 1-9.
- Eswari, G.S., Leelavathy, N. y Rani, U.S. (2014). Fractal image Steganography Using non Linear Model. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, 2, 2644-2649.
- Gonzalez, R.C. y Woods, R.E. (2008). *Digital Image Processing*. Pearson Education.
- Hopcroft, J.E. y Ullman, J.D. (1993). Introducción a la teoría de autómatas, lenguajes y computación. *CECSA*.
- Jung, K.H. y Young, L. (2012). Three directional Data Hiding method for digital Images. *Research Gate*, 38, 178-19.
- Katzenbeisser, S. y Petcolas, F.A. (2000). *Information Hiding Techniques for Steganography and Digital Watermarking*. Artech House.
- Al-Husainy, M. (2012). Message Segmentation to Enhance the Security of LSB Image Steganography. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 3, 57-62.
- Ouyang, L., Park, J. y Kau, H. (2016). Performance of efficient steganographic methods for image and text, 7, 29-33.
- Salomon, D. y Motta, G. (2010). *Handbook of Data Compression*. Springer.
- Singhal, S. y Rathore, R.S. (2015). Detailed Review of Image Based Steganographic Techniques. *IJCST*, 6, 93-95.
- Sofloo, A.G. y Aguay M. (2017). Steganography in Least Significant Bit. *Journal of Innovative Research in Engineering Sciences*, 3, 8-14.
- Stoyanova, V. y Tacheva, Z. (2015). Research of the characteristics of a Steganography Algorithm Based on LSB Method of Embedding Information in Images. *Technics Technologies Education Safety*, 1-4.
- Symes, P. (2001). *Video Compression Demystified*. McGraw-Hill.
- Wang, Z., Bovik, A.C., Sheikh, H.R., y Simoncelli, E.P. (2014). Image quality assessment: From error visibility to structural similarity. *IEEE Transactions on Image Processing*, 13, 1-13.
- Zhang, H., Hu, J., Wang, G. y Zhang, Y. (2011). A Steganography Scheme Based on Fractal Images. En *Networking and Distributed Computing (ICNDC), Second International Conference on IEEE*, 28-31.

SOBRE LOS AUTORES



Héctor Caballero recibió el título de Ingeniero en Computación de la Universidad del Estado de México, México en 2011, y es estudiante de doctorado en Ciencias de la Ingeniería en la Universidad del Estado de México, México. Sus temas de investigación son la esteganografía y la ciencia basada en lenguaje natural.



Vianney Muñoz es Profesor investigador en procesamiento de imágenes y visión computacional en la Universidad Autónoma del Estado de México. En 2009 recibió su doctorado de la Universidad Paris 13, Francia. Su trabajo de investigación es sobre visión computacional, procesamiento de imágenes, compresión de video e inteligencia artificial, entre otros.



Marco A. Ramos es Profesor investigador en Inteligencia Artificial y Realidad Virtual en la Universidad Autónoma del Estado de México. Obtuvo su doctorado en la Universidad de Toulouse en 2007, Francia. Sus temas de investigación son: Vida artificial, técnicas de animación, sistemas distribuidos, agentes inteligentes, etc.



Marcelo Romero es Profesor investigador en ciencias de la computación en la Universidad Autónoma del Estado de México. Obtuvo su doctorado en la Universidad de York en 2010, Reino Unido. Sus temas de investigación son: tratamiento de imágenes, reconocimiento de patrones, puntos antropométricos, etc.

Publique en Komputer Sapiens



ARTÍCULO ACEPTADO

Determinación de los requerimientos de un asistente tecnológico para ayudar al cuidado de un paciente con deterioro cognitivo: Un caso de estudio

Victor M. Montaña, Adriana H. Vilchis-González, Otniel Portillo, Rigoberto Martínez y Juan Carlos Ávila Vilchis

Resumen

Este artículo reporta los requerimientos que debe satisfacer un asistente tecnológico que apoye en las actividades de cuidado de un paciente con deterioro cognitivo medio. El enfoque de diseño centrado en el usuario fue tomado en cuenta para realizar un análisis y poder establecer los requerimientos mencionados. Se presenta la metodología de elaboración de los instrumentos de adquisición de datos que fueron utilizados para identificar las actividades que puede atender un asistente tecnológico. El trabajo se enfoca en el caso de estudio de un paciente con deterioro cognitivo, residente de una zona urbana.

Introducción

El deterioro cognitivo es una condición que puede ser consecuencia de varios factores, tales como: el envejecimiento normal de las personas, un trauma cerebral o problemas durante el nacimiento [1].

Las personas que cuentan con deterioro cognitivo pueden llegar a tener problemas para realizar sus actividades de la vida diaria (ADL por sus siglas en inglés, *Activities of Daily Living*) y requieren de ayuda permanente, generalmente, por parte de sus familiares.

En la mayoría de los casos de deterioro cognitivo, el paciente es cuidado por una persona quien, ocasionalmente, es apoyada por otro miembro de la familia [2][3]. La persona que asume el rol de cuidador es quien tiene una mayor responsabilidad con respecto al paciente, lo que genera una carga de trabajo significativa para ella. Esto ha sido asociado con una condición física y psicológica deteriorada del cuidador [4][5].

Debido a lo anterior, se ha implementado el uso de los Asistentes Tecnológicos (AT o TA por sus siglas en inglés, *Technological Assistant*) [6]. Entre las principales actividades para las cuales se desarrollan los asistentes tecnológicos se encuentran las siguientes [7]:

- Ayudar a moverse
- Manipular objetos
- Utilizar medios de comunicación
- Activar alarmas de seguridad
- Supervisar actividades de la vida diaria

Si bien en el cuidado de una persona con deterioro cognitivo se puede utilizar un AT, es necesario tomar en cuenta las habilidades (físicas, cognitivas, etc.) que tienen las personas con deterioro cognitivo, para desarrollar un asistente tecnológico.

El presente artículo se enfoca en una metodología, implementada con el propósito de determinar los requerimientos de un AT, para apoyar en el cuidado de un paciente diagnosticado con deterioro cognitivo.

Cabe mencionar que en este artículo se presenta la primera etapa de un proyecto general, que tiene como propósito el desarrollo de dicho asistente tecnológico.

Estado del arte

Un área de estudio que va en crecimiento tanto en investigación como en desarrollo es la del cuidado de las personas que necesiten apoyos cognitivos (recordar eventos, orientarse o aseo personal, entre otros), emocionales o sociales. Pero, sobre todo, para el apoyo en actividades de la vida diaria [8][9].

En [10] se propone una metodología incluyente para diseñar proyectos enfocados en personas con alguna discapacidad. En [11] los autores se enfocan en una metodología inclusiva para definir el comportamiento deseado de un robot. En [12][13][14] se emplea una metodología centrada en los usuarios para especificar las características que un robot debe tener para apoyar a personas con deterioro cognitivo que viven solas. Los proyectos mencionados emplean el diseño centrado en el usuario (UCD por sus siglas en inglés, *User-Centered Design*) [15] para establecer los requerimientos y capacidades de cada uno de los AT robóticos propuestos. El enfoque UCD no se utilizó para conocer si el asistente tecnológico debía ser un robot u otro tipo de dispositivo.

Los trabajos mencionados anteriormente tienen similitudes entre sus metodologías, coincidiendo en las técnicas de recolección de datos, en la revisión del estado del arte y en el uso del UCD para la identificar las necesidades de los usuarios.

Para proponer un asistente tecnológico se parte de los requerimientos de los usuarios. Paradójicamente, esto representa un problema ya que los usuarios no saben, a priori, cuál es su principal necesidad y es necesario utilizar la UCD para determinarla.

La selección de la principal necesidad (actividad prioritaria) es fundamental para obtener los requerimientos de todo asistente tecnológico. Para conocer cuál es la actividad prioritaria que debería realizar un AT, se analizan las necesidades mediante la recolección de información por medio de entrevistas, cuestionarios y estudios etnográficos.

Aunque en la literatura se pueden encontrar ejemplos de UCD aplicado al desarrollo de asistentes tecnológicos [10]-[12], no existe una guía de instrumentos ni de su contenido para determinar la actividad prioritaria que debe realizar un AT. Sin embargo, se encontraron cuestionarios utilizados por psicólogos y terapeutas que se pueden emplear para conformar estos instrumentos.

Metodología

La metodología propuesta para determinar la actividad principal y, a partir de ella, los requerimientos de un asistente tecnológico, se muestra en la Figura 1. Esta metodología se estableció tomando en cuenta las metodologías utilizadas en otros proyectos [10][11][12], donde se propone emplear cuestionarios, entrevistas, estudios etnográficos y grupos de discusión.

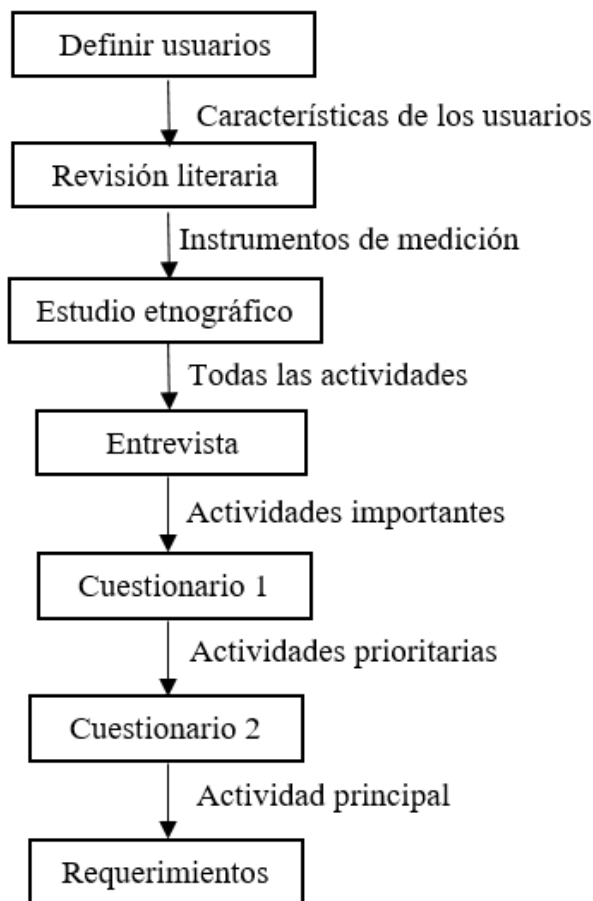


Figura 1. Metodología implementada.

El primer paso consistió en caracterizar a los usuarios (paciente y personas a cargo de su cuidado) para identificar las actividades de cada uno y establecer la ayuda que el asistente podrá proporcionarles.

En la revisión del estado del arte se identificaron los instrumentos que permiten seleccionar una actividad prioritaria. Sin embargo, no se encontraron instrumentos diseñados para determinar una actividad prioritaria. Los instrumentos encontrados se emplean para medir el grado de severidad de personas con discapacidad, por lo que se proponen instrumentos ad-hoc al caso de estudio.

El estudio etnográfico se realizó para identificar la forma en que las personas a cargo del paciente le apoyan para realizar sus actividades de la vida diaria. Como resultado de este estudio se registraron todas las actividades que el paciente realiza diariamente.

Con referencia en la Figura 1, la entrevista y los cuestionarios se utilizaron para ponderar las actividades que realiza el paciente con el objetivo de seleccionar la más importante, tomando en cuenta las opiniones de las personas a cargo de él. A partir de la actividad principal detectada, se proponen los requerimientos que debe satisfacer el AT para que el paciente pueda llevar a cabo esa actividad de manera satisfactoria.

Usuarios

El UCD, en una de sus primeras etapas, caracteriza a los usuarios para conocer sus capacidades. En el caso de estudio que se reporta en este artículo, se cuenta con dos tipos de usuario: paciente y cuidadores. El paciente es un hombre de 52 años con deterioro cognitivo adquirido por infarto cerebral y requiere de asistencia para realizar sus actividades diarias y para recordar eventos y fechas. Las personas que atienden al paciente son dos de sus familiares, de 51 y 54 años, respectivamente, ocupando su tiempo en el cuidado del hogar y del paciente.

El asistente, para el que se determinan los requerimientos reportados en este artículo, se enfocará en apoyar a los cuidadores en el cuidado del paciente. Asignando tareas al AT, se pretende reducir la carga de trabajo de los cuidadores y, por consecuencia, su fatiga. En cuanto al paciente, el AT le apoyará a realizar sus actividades de la vida diaria con el objetivo de que las termine, ofreciendo ayudas cognitivas. En las siguientes secciones se presenta una explicación sobre los instrumentos que se elaboraron y el procedimiento que se siguió para obtener los requerimientos mencionados.

Elaboración de instrumentos

Como se mencionó, no se encontraron instrumentos específicos para conocer la actividad prioritaria que pueda realizar un AT. Para su elaboración se usaron los instrumentos propuestos en [16]-[20].

La entrevista se formuló a partir del cuestionario

desarrollado por [20] y se aplicó a los cuidadores del paciente bajo estudio. De dicho cuestionario, se seleccionaron preguntas para obtener información personal de los cuidadores, el tiempo que le brindan al paciente y su opinión respecto a incluir o no un AT para cuidar al paciente. El resto de las preguntas del cuestionario mencionado [20] no se tomó en cuenta, ya que las actividades que los autores seleccionaron están orientadas a determinar las características que un robot de asistencia debe tener.

A las preguntas seleccionadas de [20] se les agregó una guía, con base en los cuestionarios propuestos en [16]-[19], relacionada con las ADL. El resultado fue un instrumento utilizado durante la entrevista con las actividades que una persona puede hacer de forma independiente. La entrevista quedó conformada por una sección de preguntas y una guía de actividades.

Procedimiento

Uno de los instrumentos utilizados es el estudio etnográfico realizado mediante la observación y grabación de cómo los cuidadores ayudan al paciente para llevar a cabo sus ADL (ver Figura 1).

La entrevista se realizó a los dos cuidadores. La guía mencionada en la sección anterior permitió profundizar en cómo el paciente desarrolla actividades y la ayuda que recibe para que se lleven a cabo. Se analizaron las actividades más importantes para el paciente, identificando las que no puede hacer por él mismo. En estas actividades el paciente requiere que lo apoyen física y cognitivamente.

Al final de la entrevista se tenían múltiples actividades identificadas, de manera que se aplicó el cuestionario 1 (ver Figura 1) con la finalidad de depurar el conjunto de actividades mencionadas, estableciendo la importancia de cada actividad como: alta (H), media (M) o baja (L) y si el asistente debe hacerla de manera autónoma (A) o bajo demanda (D). Esta notación se utiliza en la Tabla 1.

El objetivo del cuestionario 2 (ver Figura 1) fue el de priorizar las actividades resultantes del cuestionario 1. Para obtener la actividad más importante se utilizó el método que usa el modelo canadiense de desempeño ocupacional [16]. La actividad que resultó prioritaria se utilizó para proponer los requerimientos que debe tener el asistente tecnológico para este caso de estudio.

Resultados

La primera parte de la entrevista se utilizó para conocer la relación que los cuidadores tienen con el paciente y con la tecnología. Se puede concluir que el cuidador 1, quien vive con el paciente, realiza el 95 % de las tareas para el cuidado del paciente, mientras que el cuidador 2 realiza solo el 5 % restante. También se identificó que ambos cuidadores tienen una buena relación con la tecnología. Sin embargo, uno de ellos admitió que no le resulta fácil el aprender a usar un nuevo dispositivo tecnológi-

co, lo que podría representar un problema dado que es el cuidador que realiza el 95 % de las tareas para el cuidado del paciente.

Con respecto a las opiniones que tienen los cuidadores para que un AT apoye en el cuidado del paciente, ambos están de acuerdo en que debe de intervenir en situaciones específicas como comer o vigilarlo. Sin embargo, no concuerdan con el tiempo que deben de usarse el AT. Mientras que un cuidador expresa que el AT sólo debe intervenir en ciertos momentos, el otro expresó que debe supervisar en todo momento. Los cuidadores coinciden en que el cuidado del paciente requiere tiempo, genera fatiga y en que han dejado de hacer actividades personales desde que se ocupan del paciente.

Tabla 1. Evaluación del cuestionario 1.

Actividad	Prioridad	A / D
Ayudar a vestirse	M	A / D
Ayudar cuando el paciente come	H	A / D
Ayudar con el cambio del pañal	M	A / D
Ayudar a lavarse los dientes	M	A / D
Ayudar cuando se esté bañando	H	A / D
Ayudar para que pueda salir a la calle	H	D
Monitorear al paciente dentro de la casa	H	D
Controlar los movimientos involuntarios	M	A / D
Ayudar para que pueda realizar las compras	L	D / -
Ayudar en la limpieza del hogar	M	A / D
Ayudar para que pueda realizar trabajo de mantenimiento en el hogar	L	D / -
Preparar la comida para el paciente	M	A / D
Ayudar a mover al paciente	H	A / D
Ayudar al paciente en trabajos de lavandería	D	A / D
Ayudar al paciente a cuidar las plantas	M	A / D
Ayudar a las tareas recreativas (leer, escribir, manualidades)	H	A
Ofrecer entretenimiento que le gusta al paciente	M	D
Ayudar con la comunicación (uso de dispositivos como el celular)	M	D
Ayudar a convivir con las visitas	M	D
Ayudar para llevarlo al doctor	H	A / D
Ayudar a que pueda asistir a eventos sociales	M	D
Ayudar a que el paciente mantenga la atención en la actividades que realiza	H	A
Ayudar a recordar eventos	H	A
Ayudar a recordar actividades que debe hacer	H	A
Ayudar a recordar el día y la hora	H	A
Ayudar para saber el estado del clima	H	A
Ayudar a que el paciente pueda dormir	H	A

De la guía mencionada, se identificó que el paciente presenta diferentes actividades mentales de manera aleatoria, diferenciando entre dos estados: 1) aquel donde tiene la disposición de realizar actividades, con frecuencia puede seguir instrucciones para mejorar el rendimiento, le gusta convivir con los cuidadores y se mantiene activo en el día y 2) aquel donde al paciente se le complica prestar atención a las actividades que está realizando, al mismo tiempo que se ve torpe para realizarlas y no es

capaz de seguir instrucciones para hacer correcciones; en este estado los cuidadores deben intervenir físicamente en las actividades.

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos a través del cuestionario 1. Se utiliza la misma escala que en [13] para dar prioridades a las actividades respectivas.

El resultado del cuestionario 1 arrojó las prioridades altas que deben ser atendidas por un AT. Como método de exclusión, tomado de la entrevista, se seleccionaron únicamente las actividades que pueden hacerse de manera autónoma, actividades que se incluyeron en el cuestionario 2.

En la Tabla 2 se pueden ver los resultados obtenidos a partir del cuestionario 2, donde los cuidadores evalúan la importancia (qué tan necesaria es la actividad en la vida del paciente) y el desempeño (el nivel de fracaso que tiene el paciente al realizar la actividad) con valores entre 1 y 10. La evaluación se obtuvo de multiplicar la importancia por el desempeño. Lo anterior arrojó el resultado de que la actividad prioritaria para los cuidadores es: "Mantener la atención del paciente en las actividades que realiza".

Tabla 2. Análisis del cuestionario 2.

Actividad	Imp.	Des.	Eval.
Ayudar a las tareas recreativas	9	7	63
Ayudar a que el paciente mantenga la atención en la actividades que realiza	10	8	80
Ayudar a recordar eventos	9.5	6.5	61.7
Ayudar a recordar actividades que debe hacer	10	7	70
Ayudar a recordar el día y la hora	9.5	6.5	61.7
Ayudar para saber el estado del clima	9.5	6	57
Ayudar a que el paciente pueda dormir	10	7	70

La entrevista y los cuestionarios arrojaron que el paciente sólo presta atención al inicio de la actividad que realiza. Pasando el tiempo, el paciente se distrae y comienza a hacer otra actividad. Esto implica que los cuidadores estén presentes la mayor parte del tiempo supervisando al paciente.

Para que el paciente mantenga la atención, un AT debe de ser capaz de reconocer la actividad que el paciente está realizando. Así, deberá identificar si la ha terminado o si la realiza de manera adecuada.

Con base en lo anterior, los requerimientos del AT quedaron definidos como:

- Reconocer en qué lugar de la casa se encuentra el paciente.
- Permitir a los cuidadores dar seguimiento al paciente cuando éste lo requiera.
- Identificar la actividad que el paciente está realizando.

- Emitir una alerta al cuidador cuando el paciente realice una actividad que no tiene permitida hacer.
- Permitir la comunicación entre el cuidador y el paciente.
- Incentivar al paciente para que termine una actividad incompleta.

El ayudar a mantener la atención del paciente es una actividad amplia, ya que contempla que el AT identifique otras actividades como dormir, salir al jardín cuando no está lloviendo o regar las plantas sin mojarse, por mencionar algunas.

Del estudio etnográfico se identificó la actividad de alimentar al paciente como la actividad en la que más tiempo invierten los cuidadores para ayudarlo cognitivamente. Para esta actividad, los requerimientos cognitivos específicos quedaron establecidos como:

- Identificar que el paciente esté en el lugar asignado para comer.
- Establecer cuando el paciente comienza y cuando termina de comer.
- Reconocer el tipo de alimento que el paciente va a comer, distinguiendo entre líquidos como la sopa o caldos y sólidos como la fruta.
- Reconocer que el paciente utiliza los cubiertos de manera adecuada de acuerdo con el tipo de comida.
- Identificar si el paciente ha terminado su comida, antes de que realice otra actividad.

Conclusiones

Se elaboraron dos cuestionarios y una entrevista para identificar la actividad prioritaria mantener la atención del paciente y de esta forma establecer los requerimientos que un AT debe satisfacer para el caso de estudio aquí presentado.

Lo anterior se debe a que los instrumentos diseñados permitieron seleccionar la actividad prioritaria a partir de un grupo de actividades que los cuidadores deseaban que un AT realizara, estableciendo un orden de importancia.

Este trabajo reporta la primera etapa de un proyecto general de asistencia tecnológica. Los requerimientos obtenidos durante la investigación se pueden utilizar para continuar con la metodología y de esa forma realizar una o varias propuestas conceptuales o modelos físicos experimentales de un AT. En consecuencia, se deberá elegir una propuesta para su desarrollo mediante un criterio de selección que permita decidir cuál es la opción más viable para la fabricación e implementación de un asistente

tecnológico para apoyar en el cuidado de pacientes con deterioro cognitivo.*

REFERENCIAS

1. Barba, R., Martínez-Espinosa, S., Rodríguez-García, E., Ponzal, M., Vivancos, J. y Del Ser, T. (2000). Poststroke dementia: clinical features and risk factors. *Stroke*, 31(7), 1494-1501.
2. Orueta-Sánchez, R., Gómez-Calcerrada, R. M., Gómez-Caro, S., Sánchez-Oropesa, A., López-Gil, M. J., y Toledano-Sierra, P. (2011). Impacto sobre el cuidador principal de una intervención realizada a personas mayores dependientes. *Atención primaria*, 43(9), 490-496.
3. Rodríguez, I. M., Carrasco, A. M., Calvente, M. G., Cuadra, P. G., Jiménez, E. G., y Fernández, L. L. (2000). Cuidadores familiares de personas con enfermedad neurodegenerativa: perfil, aportaciones e impacto de cuidar. *Atención primaria*, 26(3), 139-144.
4. Rodríguez-Medina, R. M., y Landeros-Pérez, M. E. (2014). Sobrecarga del agente de cuidado dependiente y su relación con la dependencia funcional del adulto mayor. *Enfermería universitaria*, 11(3), 87-93.
5. Luscombe, G., Brodaty, H., y Freeth, S. (1998). Younger people with dementia: diagnostic issues, effects on carers and use of services. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 13(5), 323-330.
6. DaCosta, B., y Seok, S. (2010). Human cognition in the design of assistive technology for those with learning disabilities. En *Handbook of research on human cognition and assistive technology: Design, accessibility and transdisciplinary perspectives*, IGI Global, 1-20.
7. Eizmendi, G., Azkoitia, J. M., y Craddock, G. M. (Eds.). (2007). *Challenges for assistive technology: AAATE 07*, 20. Ios Press.
8. Bharucha, A. J., Anand, V., Forlizzi, J., Dew, M. A., Reynolds III, C. F., Stevens, S., y Wactlar, H. (2009). Intelligent assistive technology applications to dementia care: current capabilities, limitations, and future challenges. *The American journal of geriatric psychiatry*, 17(2), 88-104.
9. Begum, M., Wang, R., Huq, R., y Mihailidis, A. (2013). Performance of daily activities by older adults with dementia: The role of an assistive robot. En *Rehabilitation Robotics (ICORR)*, 2013 IEEE International Conference on, 1-8.
10. Goodman, J., Langdon, P. M., y Clarkson, P. J. (2006). Providing strategic user information for designers: methods and initial findings. En *Designing accessible technology*, 41-51.
11. Kleanthous, S., Christophorou, C., Tsiourti, C., Dantas, C., Wintjens, R., Samaras, G., y Christodoulou, E. (2016). Analysis of elderly users' preferences and expectations on service robot's personality, appearance and interaction. En *International Conference on Human Aspects of IT for the Aged Population*, 35-44.
12. Kostavelis, I., Giakoumis, D., Malasiotis, S., y Tzovaras, D. (2015). RAMCIP: towards a robotic assistant to support elderly with mild cognitive impairments at home. En *International Symposium on Pervasive Computing Paradigms for Mental Health*, 186-195.
13. Korchut, A., Szklener, S., Abdelnour, C., Tantinya, N., Hernández-Farigola, J., Ribes, J. C., y Rejdak, K. (2017). Challenges for service robots—requirements of elderly adults with cognitive impairments. *Frontiers in neurology*, 8, 228.
14. Filippeschi, A., Peppoloni, L., Kostavelis, I., Gerłowska, J., Giakoumis, D., Tzovaras, D. and Ruffaldi, E. (2018). Towards skills Evaluation of elderly for Human Robot Interaction. En *27th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (IEEE RO-MAN 2018)*, Nanjing, China.
15. Abras, C., Maloney-Krichmar, D., y Preece, J. (2004). *User-centered design*. Bainbridge, W. Encyclopedia of Human-Computer Interaction. Thousand Oaks: Sage Publications, 37(4), 445-456.
16. Algado, S. S. (2006). El modelo canadiense del desempeño ocupacional I. *Revista electrónica de terapia ocupacional Galicia, TOG*, (3), 5.
17. Kiresuk, T. J., Smith, A., y Cardillo, J. E. (2014). Goal attainment scaling: Applications, theory, and measurement. *Psychology Press*.
18. Pravikoff, D. (2015). Dementia Assessment: Using the Clinical Dementia Rating Scale.
19. Shear, M. K., Vander Bilt, J., Rucci, P., Endicott, J., Lydiard, B., Otto, M. W., y Frank, D. M. (2001). Reliability and validity of a structured interview guide for the Hamilton Anxiety Rating Scale (SIGH-A). *Depression and anxiety*, 13(4), 166-178.
20. RAMCIP PROJECT. *D2.1. report on end-user requirements and use cases break down*. Recuperado el 5 de marzo de 2018, de: http://www.ramcip-project.eu/sites/default/files/documents/ramcip_deliverable_d2.1.1.pdf. Anexo III, página 200.

SOBRE LOS AUTORES



Victor M. Montaña Serrano obtuvo el grado de Ingeniero en Computación y es egresado de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México. Actualmente es profesor de asignatura en la misma universidad. Sus intereses científicos incluyen Robótica de asistencia y Interacción Hombre-Máquina.



Adriana H. Vilchis González obtuvo el grado de doctor en Imagen, Visión y Robótica en el Instituto Nacional Politécnico de Grenoble, Francia. Actualmente es profesor investigador en las Facultades de Ingeniería y de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México. Sus intereses científicos incluyen Robótica Médica y Sistemas Mecatrónicos.



Otniel Portillo Rodríguez obtuvo en 2008 el grado de doctor en Robótica Perceptual por la Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa. Actualmente es Profesor Asociado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México. Sus intereses científicos incluyen el aprendizaje estadístico aplicado a la robótica y sistemas multimodales.



Rigoberto Martínez Méndez es profesor-investigador adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México. Obtuvo el grado de doctor en Ciencias otorgado por la Universidad de Chiba, Japón en 2011. Sus intereses de investigación se enfocan en sistemas de instrumentación portátiles para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades.



Juan C. Ávila Vilchis obtuvo el grado de doctor en el Instituto Nacional Politécnico de Grenoble, Francia. Actualmente es profesor investigador en las Facultades de Ingeniería y de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México. Sus intereses científicos incluyen Modelado, Análisis y Control de sistemas no lineales y Robótica Médica.



¡Publique en *Komputer Sapiens*!

Komputer Sapiens solicita artículos de divulgación en todos los temas de Inteligencia Artificial, dirigidos a un amplio público conformado por estudiantes, académicos, empresarios, consultores y tomadores de decisiones. Los artículos deben estar escritos en español y tener una extensión entre 2,500 y 3,000 palabras.

Los tópicos de interés de la revista son muy variados e incluyen: agentes computacionales, ambientes inteligentes, aplicaciones de la inteligencia artificial, aprendizaje computacional, búsqueda y recuperación de información, creatividad, demostración automática de teoremas, evaluación de sistemas de inteligencia artificial, filosofía de la inteligencia artificial, historia de la inteligencia artificial, inteligencia artificial distribuida, programación de juegos, lógicas, minería de datos, planificación, procesamiento de lenguaje natural, razonamiento automático, razonamiento bajo incertidumbre, reconocimiento de patrones, redes neuronales, representación del conocimiento, robótica, sistemas multiagente, sistemas basados en el conocimiento, sistemas basados en el comportamiento, sistemas ubicuos, tutores inteligentes, vida artificial, visión computacional.

Instrucciones para autores e información general: <http://www.komputersapiens.smia.mx>

IA & Educación

Lucía Barrón, Julieta Noguez y Yasmín Hernández
iaeducacion@komputersapiens.org

Ingeniería en Aprendizaje

La educación superior debe adaptarse dinámicamente para responder a las necesidades presentes y futuras de los diversos sectores de la sociedad, los cuales demandan personal capacitado para incorporarlo a su fuerza laboral. Necesitamos ingenieros en aprendizaje que entiendan sobre la investigación del aprendizaje y realicen pruebas con el fin de ayudar a más estudiantes a aprender efectivamente [1].

En 1967, el experto en Inteligencia Artificial (IA) Herbert A. Simon (ver Figura 1) acuñó el término “Ingeniero en Aprendizaje”, al analizar la situación de las universidades que carecían de personal capacitado para diseñar y proveer ambientes y experiencias de aprendizaje a los estudiantes. Su propuesta consistió en que las universidades incorporaran a un equipo de profesionales en diseño de ambientes de aprendizaje con el fin de establecer colaboración con profesores de diferentes áreas para diseñar y rediseñar experiencias de aprendizaje en cada disciplina [2].



Figura 1. Herbert A. Simon (1916-2001) Economista, político, sociólogo, informático teórico y profesor universitario, recibió el ACM Turing award en 1975 por sus contribuciones a la Inteligencia Artificial, y en 1978 fue galardonado con el Premio Nobel de Economía.

Casi 50 años después de la recomendación de Simon, en 2016, el MIT publica un reporte sobre la educación en línea [3] donde se describe la complejidad del espacio llamado educación. En el reporte se proponen reformas a la educación superior a partir de un análisis de los avances científicos en diversos temas relacionados con

la educación. Además, se establecen 4 recomendaciones principales entre las que destaca el apoyar la profesión de Ingeniero en Aprendizaje.

La Ingeniería en Aprendizaje se concibe como la aplicación de metodologías de ingeniería de diseño en el desarrollo de infraestructura y tecnologías para el aprendizaje, con el fin de apoyar el proceso de aprendizaje de un estudiante.

En enero de 2018, la IEEE creó el IC Consorcio Industrial en Ingeniería en Aprendizaje (ICICLE por su sigla en inglés) donde confluyen gobierno, industria y academia (ver Figura 2) uniendo sus esfuerzos para definir y establecer que es la Ingeniería en Aprendizaje y apoyar su desarrollo como una disciplina emergente tanto académica como profesional [4].



Figura 2. Sistema de vigilancia con drones.

ICICLE define la Ingeniería en Aprendizaje como “un proceso y una práctica que aplica las ciencias del aprendizaje utilizando metodologías de diseño de la ingeniería centradas en el ser humano y la toma de decisiones informada por datos, para apoyar a los estudiantes y su desarrollo”. Esta nueva disciplina, también llamada Ingeniería de la Educación [5], define como reto y objetivo principal “diseñar, implementar, evaluar, administrar y gestionar de forma sistemática, predecible y repetible los procesos de negocios y administrativos, las metodologías científicas y de ingeniería, y las tecnologías educativas que intervienen en los entornos educativos con el objetivo de afrontar los retos de la educación y crear las condiciones para lograr una experiencia educativa robusta y efectiva”.

Un Ingeniero en Aprendizaje debe poseer amplios conocimientos en los procesos de ingeniería, ciencias de la

educación, ciencias de la computación y ciencia de datos, más específicamente, diseño instruccional, pedagogía, inteligencia artificial y aprendizaje máquina; además de diseño de experiencia de usuario, pruebas de productos, y desarrollo de políticas, regulaciones y estándares.

Un Ingeniero en Aprendizaje, recaba los requerimientos y aplica sus conocimientos sobre tecnología, ciencia y estándares para proponer, implementar y probar soluciones aplicando el proceso de ingeniería en el dominio del aprendizaje.

Destacadas universidades en Estados Unidos, como Carnegie Mellon (CMU), Stanford y Harvard, han puesto su atención en esta nueva disciplina en desarrollo. Por ejemplo, CMU estableció la Iniciativa Simon [6], la cual aprovecha un ecosistema de Ingeniería en Aprendizaje donde los profesores intentan mejorar su práctica docente a través del uso de los resultados de la investigación en ciencias de la educación, además cuentan con el apoyo del *Centro de Excelencia* en la Enseñanza e Innovación Educativa para desarrollar e incorporar tecnología y así mejorar el aprendizaje de sus estudiantes.

Por otra parte, muchas universidades ofrecen actualmente programas educativos relacionados con la Ingeniería en Aprendizaje tanto a nivel licenciatura, como a nivel maestría y doctorado. En CMU se ofrece un programa de maestría en Tecnología Educativa y Ciencias Aplicadas al Aprendizaje (METALS por su sigla en inglés) donde sus graduados ejercerán como ingenieros en aprendizaje y diseñadores de experiencias de aprendizaje [7]. La Universidad de Stanford oferta un programa de maestría en Aprendizaje, Diseño y Tecnología (LDT por su sigla en inglés) [8] enfocado en formar profesionales para diseñar y evaluar entornos, productos y programas de aprendizaje basados en la educación, estos profesionales emplean de manera efectiva tecnologías emergentes en una variedad de entornos. La Universidad de Harvard ofrece un programa de maestría en Tecnología, Innovación y Educación (TIE por su sigla en inglés) donde los participantes se enfocan en diseñar e investigar nuevas tecnologías y medios para promover el aprendizaje [9].

En México, diversas universidades públicas y privadas también ofrecen programas de posgrado en temas relacionados con Ingeniería del Aprendizaje, entre las que destacan: el doctorado en Tecnología Educativa de la Universidad Autónoma de Querétaro, el cual tiene como objetivo formar investigadores que puedan contribuir al avance del conocimiento pedagógico y al mismo tiempo resolver problemas educativos reales, asociados a la evolución social y tecnológica, principalmente en el diseño de nuevos ambientes de enseñanza-aprendizaje mediados por las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) así como innovar en los procesos de formación [10]; el doctorado en Innovación Educativa del Tecnológico

de Monterrey que tiene como objetivo formar investigadores capaces de aportar nuevos conocimientos en las áreas de educación, así como de diseñar, implementar y evaluar soluciones educativas ante problemas complejos del país y de la sociedad contemporánea [11].

La Ingeniería en Aprendizaje tiene gran potencial de desarrollo como una disciplina académica debido a que las instituciones educativas en todos los niveles requieren personal capacitado para evolucionar sus modelos educativos e incorporar de forma efectiva la tecnología para el aprendizaje. En un futuro cercano, la educación se verá ampliamente beneficiada con la incorporación de nuevas tecnologías enfocadas en el aprendizaje, las cuales serán diseñadas y desarrolladas por equipos multidisciplinarios creando ambientes de aprendizaje que contribuyan de forma significativa a mejorar la experiencia de aprendizaje de cada estudiante.*

REFERENCIAS

1. Saxberg, B. (2015). *The Digital Campus. Why We Need Learning Engineers? The Chronicle of Higher Education*. Consultado el 8 de agosto de 2019. <https://www.chronicle.com/article/why-we-need-learning-engineers/229391>.
2. Simon, H. A. (1967). The Job of a College President. *Educational Record*, 48(1), 68-78.
3. Willcox, K. E., Sarma, S., y Lippel P. H. (2016). *Online Education: A Catalyst for Higher Education Reforms, Final Report Online Education Policy Initiative*, Massachusetts Institute of Technology. Consultado el 8 de agosto de 2019 <https://oeipi.mit.edu/files/2016/09/MIT-Online-Education-Policy-Initiative-April-2016.pdf>.
4. IEEE ICICLE. Consultado el 8 de agosto de 2019. <https://www.ieeeicicle.org/>.
5. Caballé, S. (2019). *Ingeniería de la Educación (o el surgimiento de una nueva disciplina académica)*. Disponible en línea en <http://informatica.blogs.uoc.edu/2019/07/15/ingenieria-de-la-educacion/>.
6. *The Simon Initiative*. Consultado el 8 de agosto de 2019. <https://www.cmu.edu/simon/index.html>.
7. *Master of Educational Technology and Applied Learning Science (METALS)*. Consultado el 8 de agosto de 2019. https://metals.hcii.cmu.edu/?_ga=2.109814917.1685532252.1578338880-1579310099.1578338879.
8. *Learning, Design & Technology (LDT) Program*. Consultado el 8 de agosto de 2019. <https://ed.stanford.edu/ldt/>.
9. *Technology, Innovation, and Education (TIE) Program*. Consultado el 8 de agosto de 2019. <https://www.gse.harvard.edu/masters/tie>.
10. *Doctorado en Tecnología Educativa*. Universidad Autónoma de Querétaro. Consultado el 8 de agosto de 2019. <https://www.uaq.mx/index.php/nivel-posgrados/doctorados/fin/doctorado-en-tecnologia-educativa>.
11. *Doctorado en Innovación Educativa*. Tecnológico de Monterrey. Consultado el 8 de agosto de 2019. <https://maestriasydiplomados.tec.mx/posgrados/doctorado-en-innovacion-educativa>.

Deskubriendo Konocimiento

Alejandro Guerra Hernández y Leonardo Garrido
deskubriendokonocimiento@komputersapiens.org

Reseña de Introducción al pensamiento computacional: Conceptos básicos para todos*

M.C. Carlos Rubén de la Mora Basáñez

Centro de Investigación en Inteligencia Artificial
Universidad Veracruzana



Portada de la revista. *

La pertinencia del título del libro refleja la intención de ofrecer a un público amplio, un conjunto de conceptos que en estos tiempos parecen indispensables acerca de ese muy sonado pero poco conocido aparato mágico llamado “La Computadora”. La lista de las utilidades de este dispositivo es inagotable y en este panorama pareciera que conocer sobre ellas debería ser tan fundamental y actual, que no debería quedar duda de que el presente libro será un verdadero best seller.

Pero la promesa del título no es ofrecernos conocimientos en el área de la computación sino habilitar-

nos en un misterioso “Pensamiento Computacional” que está compuesto, según el autor, por dos elementos: Un pensamiento crítico y el poder de la computadora. Sin llegar a ser una metodología, el pensamiento computacional contempla los procesos involucrados para resolver problemas de manera objetiva, con la novedad de que este pensamiento puede utilizarse no solamente para resolver problemas con la computadora sino diversos tipos de problemas de la vida real. Y es que el mundo real se ha complementado con un mundo virtual de tal manera que así como los niños deben aprender cómo atravesar una calle, es conveniente que las personas sepan cómo transitar sin riesgo en la web.

Pareciera que los autores tomaron en cuenta a Papert cuando dijo: “La única habilidad competitiva a largo plazo es la habilidad de aprender”, optando por la solución más razonable y que ha sido adoptada en otros ámbitos y latitudes: Ofrecer los conceptos básicos. Y es que las bases del cómputo no han cambiado y estas son necesarias para comprender las tecnologías actuales. Conociendo lo básico se podrá abordar lo sofisticado.

Con estas ideas en mente, se eligieron diversos temas que pueden

seguirse a lo largo de los capítulos del libro: La abstracción entendida como el proceso de eliminar información y quedarse con lo relevante para el problema. La información como un concepto fundamental del sentido que pueden tener los datos. Los algoritmos como la instanciación del modelo y su procesamiento. Las funciones y la recursión para entender el procesamiento de alto nivel que realizan los sistemas computacionales. El análisis de eficiencia de los algoritmos para apreciar su complejidad, el rigor matemático de las ciencias de la computación y el enorme trabajo que existe detrás de los sistemas para obtener los tiempos de respuesta de las computadoras. La simulación para entender cómo estas máquinas nos permiten aproximar problemas que no son resolubles matemáticamente, mediante la implementación de modelos y sus dinámicas.

La primera utilidad de este libro es la de proporcionar elementos que permiten comprender de mejor manera una infinidad de procesos, que día tras día realizan por nosotros las computadoras. Por otro lado, enfrentar y resolver retos, ya sea de la vida real o programando y/o elaborando algoritmos propiamente dichos, permite entender que no hay errores sino versiones y aproxima-

*Zapotecatl López, Jorge Luis. Introducción al pensamiento computacional: Conceptos básicos para todos. Academia Mexicana de Ciencias de la Computación, A.C., México, 2018.

ciones a la solución, que el trabajo y la dedicación dan lugar al refinamiento y a la mejora constante. Esto contribuye a eliminar ese miedo al fracaso que en ocasiones resulta patológico en nuestra sociedad. Estoy convencido que en la medida en que se aprende a resolver retos -no problemas- tomando decisiones razonadas y objetivas y que se traducen en logros tangibles, cambian la visión de vida. Estoy convencido que programar ayuda a la autoestima y confianza de las personas y que ese sentimiento es trasladado a otros ámbitos más allá de la mera programación.

En algunos casos, que me gustaría no fueran pocos, la lectura del libro podría tener un impacto mayor definiendo futuros profesionales. Paliando la carencia de jóvenes, hombres y mujeres, que siguen las carreras técnicas y científicas. ¿Beneficios adicionales del pensamiento computacional? Promover el trabajo en equipo, el razonamiento crítico y lógico.

Si bien el título del libro es "Pensamiento Computacional:

Conceptos básicos para todos", es claro que no es así. El nivel del libro es variado, alguien podrá considerar que es elevado en algunos temas y podrían tener razón. Supongo que al respecto se escucharán voces -¡hay que hacerlo divertido!, cuando en el fondo querrán decir -¡tiene muchas matemáticas!.

Quiero imaginar la disyuntiva del autor ¿Quito las matemáticas para que más personas lean el libro o las dejo con el riesgo de que disminuya su aceptación? Aplaudo su decisión de dejarlas y a lo mejor esto es mera deformación profesional, pero baso mi empatía en que creo que las matemáticas utilizadas en el libro deberían ser comprendidas a nivel preparatorio. Por otro lado, algunos jóvenes necesitan retos intelectuales precisamente como este y que son justamente los que podrán definirlos en alguna área científica, en este caso en el área computacional.

Pero para considerar otro tipo de alumnos que requieren acompañamiento, necesitamos plantearnos otra pregunta ¿Quiénes serían los

maestros que pudieran acompañar a los alumnos? El material, el nivel y el enfoque de este libro implica docentes conocedores que tengan la intención y habilidad de formar alumnos críticos y analíticos. Enseñarlos a aprender a aprender fomentando la creatividad y la innovación.

Sin ser explícito y dado el material seleccionado, el libro propone una estrategia para iniciar la labor con un sector específico de la población. Considero esta estrategia digna de ser tomada en cuenta ya que, a mi entender y posiblemente con alguna adecuación, el libro es apropiado para los últimos períodos de la enseñanza media superior y los primeros años de la educación superior.

En realidad, este es un libro incómodo, que evidencia el enorme esfuerzo que no hemos hecho en la dirección adecuada en el sector educativo. Dirección que para muchas naciones y en estos momentos, literalmente, es una prioridad nacional.*





XI Congreso Mexicano de Inteligencia Artificial COMIA 2019

INFORMACIÓN GENERAL

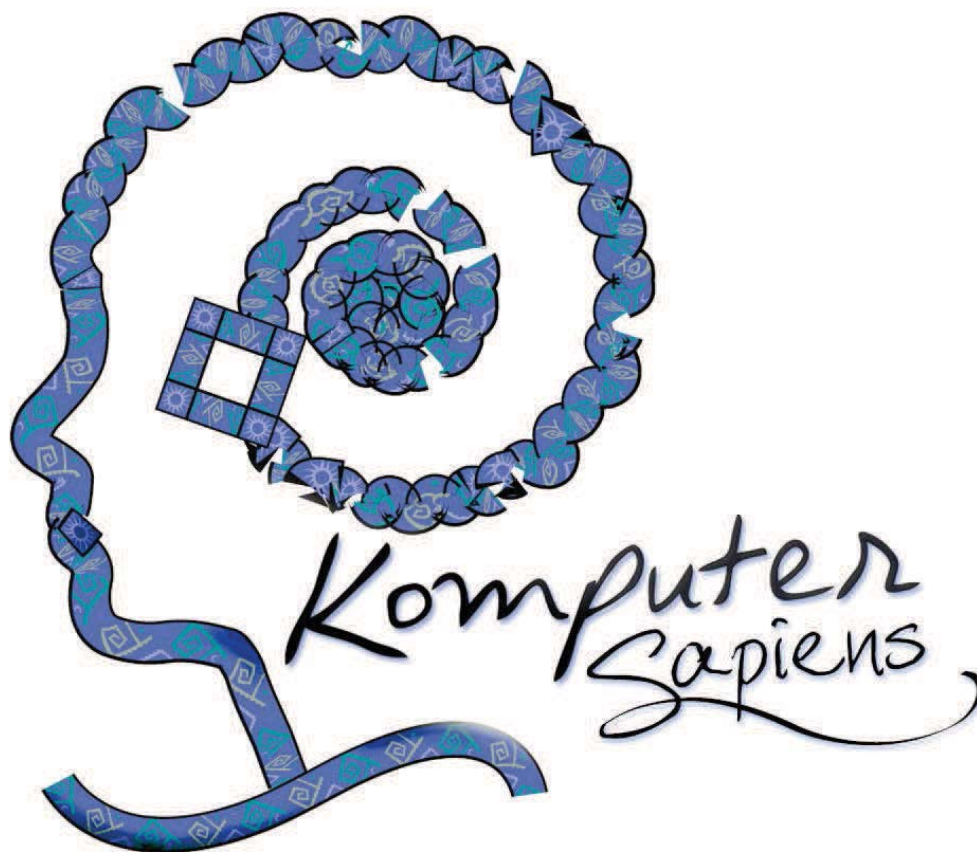
COMIA 2019 es organizado por la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial (SMIA) con sede en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada - Unidad de Transferencia Tecnológica Tepic CICESE-UT3 y la Universidad Autónoma de Nayarit UAN. COMIA 2019 es un foro científico serio para la presentación y publicación de trabajos de investigación derivados de tesis o proyectos, terminados o en proceso, en español.

FECHAS IMPORTANTES

Fecha límite para envío de artículos:	16 de abril de 2019
Notificación de aceptación:	30 de abril de 2019
Envío de versión final:	11 de mayo de 2019
Límite para pago de artículos aceptados:	14 de mayo de 2019
Celebración del Congreso:	4 al 7 de junio de 2019

LLAMADA A ARTÍCULOS

<http://smia.mx/comia2019/>



¡Publique en Komputer Sapiens!



Komputer Sapiens solicita artículos de divulgación en todos los temas de Inteligencia Artificial, dirigidos a un amplio público conformado por estudiantes, académicos, empresarios, tomadores de decisiones y consultores. Komputer Sapiens es patrocinada por la SMIA, la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial



www.smia.org.mx

Instrucciones para autores e información general: <http://www.komputersapiens.org>
Síguenos en las redes sociales: www.facebook.com/Komputer.Sapiens, twitter.com/KomputerSapiens

