



# AVANCES RECIENTES EN CIENCIAS COMPUTACIONALES - CICOMP 2016



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE CIENCIAS

# CiC<sup>2</sup>omp 2016

## Coordinadores:

Evelio Martínez Martínez  
José Ángel González Fraga  
María Victoria Meza Kubo  
Adrián Enciso Almanza  
Everardo Gutiérrez López  
Sergio Omar Infante Prieto  
Omar Álvarez Xochihua



ISBN-13: 978-1540303967

ISBN-10: 1540303969

9 al 11 de noviembre de 2016

Ensenada, Baja California, México

[www.cicomp.org](http://www.cicomp.org)

ISBN-13: 978-1540303967

ISBN-10: 1540303969



9 781540 303967 >

Avances recientes en  
Ciencias Computacionales - CiComp 2016  
9 - 11 de noviembre de 2016

Facultad de Ciencias (Ensenada)  
Facultad de Ingeniería y Tecnología, Arquitectura y Diseño (Ensenada)  
Facultad de Ingeniería (Mexicali)  
Facultad de Ciencias Química e Ingeniería (Tijuana)  
Facultad de Ciencias Administrativas y Sociales (Ensenada)



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

Dr. Juan Manuel Ocegueda Hernández  
**Rector**

Dr. Alfonso Vega López  
**Secretario General**

Dra. Blanca Rosa García Rivera  
**Vicerrectora Campus Ensenada**

Dr. Ángel Norzagaray Norzagaray  
**Vicerrector Campus Mexicali**

Dra. María Eugenia Pérez Morales  
**Vicerrectora Campus Tijuana**

Dr. Hugo Edgardo Méndez Fierros  
**Secretario de Rectoría e Imagen Institucional**

Congreso Internacional en Ciencias Computacionales:  
(2016: Ensenada, Baja California, México).

Avances recientes en Ciencias Computacionales - CiComp 2016

[recurso electrónico] / Evelio Martínez Martínez, José Ángel González Fraga, María Victoria Meza Kubo, Adrián Enciso Almanza, Everardo Gutiérrez López, Sergio Omar Infante Prieto, Omar Álvarez Xochihua, eds. Ensenada, Baja California: Universidad Autónoma de Baja California, 2016.

Editorial: CreateSpace  
CreateSpace Independent Publishing Platform.  
ISBN-10: 1540303969  
ISBN-13: 978-1540303967

1. Ciencias computacionales -- Congresos. I. Martínez Martínez, Evelio. II. González Fraga, José Ángel. III. Meza Kubo, María Victoria IV. Enciso Almanza, Adrián. V. Gutiérrez López, Everardo. VI. Infante Prieto, Sergio Omar VII. Álvarez Xochihua, Omar.  
Universidad Autónoma de Baja California.

**D.R. © 2016 Facultad de Ciencias, UABC**  
Facultad de Ciencias,  
Universidad Autónoma de Baja California  
Carretera Transpeninsular Tijuana-Ensenada Núm. 3917, Colonia Playitas,  
Unidad de Ciencia y Tecnología  
Ensenada, Baja California, México, C.P. 22860

ISBN-10: 1540303969  
ISBN-13: 978-1540303967

## **PRÓLOGO**

A nombre del Comité Organizador, reciba una cordial bienvenida al Octavo Congreso Internacional en Ciencias Computacionales, CiComp 2016. Esta edición es parte de los festejos para la conmemoración del XXX aniversario de la fundación de la carrera de Licenciado en Ciencias Computacionales que se oferta en la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC).

CiComp es un foro para el entorno académico y productivo del noroeste del país, ofrece soluciones eficaces a las demandas de actualización tecnológica y es una ventana de exposición y discusión de los avances investigativos en donde se involucran estudiantes de los niveles superiores (universitario y posgrado) de las distintas ramas de las Ciencias Computacionales y en las Tecnologías de la Información.

En esta edición se recibieron un total de 124 artículos provenientes de varios Estados de la República Mexicana y 7 artículos internacionales, uno proveniente de Chile, uno de Brasil y cinco de Colombia. Después de una rigurosa evaluación, fueron aceptados 31 artículos para su presentación en modalidad oral y 32 artículos cortos para su presentación en modalidad cartel. Todos los trabajos fueron revisados en modalidad doble-ciego por un Comité de Programa Internacional, a quienes también agradecemos ampliamente su colaboración.

Los artículos y carteles presentados cubren diversas áreas de las Ciencias Computacionales, y son básicamente agrupados en las siguientes categorías principales: Cómputo Educativo, Ingeniería de Software, Procesamiento de Imágenes, Visión, Redes, Sistemas Distribuidos, Robótica, Aplicaciones Industriales, Cómputo Científico e Inteligencia Artificial.

En el Consorcio de Posgrado se presentaron nueve trabajos de estudiantes de Posgrado de diversas instituciones del país, estos trabajos seleccionados fueron evaluados por un panel de expertos.

Otra de las actividades destacadas fue el 3er. Taller de Tecnologías Emergentes en Educación (TTEE) 2016, coordinado por la Red Mexicana de Investigadores en Aprendizaje Móvil (ReMIAM).

A la par con la variedad de trabajos, tanto por el área de conocimiento dentro de las Ciencias Computacionales como por el lugar de origen, el intercambio de experiencias en este evento, se ve altamente fortalecido por la participación de siete conferencistas magistrales:

- Dr. Adolfo Guzmán Arenas del Instituto Politécnico Nacional, con la conferencia "Lo que en Computación nos depara el nuevo milenio".
- Susan Armstrong de la empresa Qualcomm Inc., Estados Unidos, con la conferencia "Internet of Things and Interoperability".
- David Ruiz de la empresa IBM de México, con la conferencia "Computación cognitiva".
- José Ignacio Castillo Velázquez, Consultor de TIC, Datacenter Dynamics, con la conferencia "La seguridad cibernética: Orígenes y tendencias".
- Rodolfo Ceseñan Solano, de Back Track Academy con la conferencia "Seguridad informática conceptos y pruebas de hackeo".
- Walter Rudametkin, de University of Lille, Francia, con la conferencia "Huella de navegador: un método para rastrear sin uso de cookies".
- Carlos Toxtli Hernández de West Virginia University, Estados Unidos, con la conferencia "Programación del futuro, predicción a 10 años".

También se contó con el panel de discusión: "*El camino a la inserción laboral en TI*". El panel orientó una discusión acerca de las competencias que deben desarrollar estudiantes, egresados y profesionistas de las carreras relacionadas con las Tecnologías de Información de manera que satisfagan las necesidades actuales de la industria. En esta mesa participaron directores y jefes de departamento en informática y tecnologías de Información de empresas de Tijuana y Mexicali: Ing. Sergio Colunga, CIO FAPSA; Ing. Gustavo Carreño, CIO Hermosillo y Asociados; Ing. Alberto Basurto, CIO Grupo Caliente; Lic. Mario Mora, COO Smart Mobility Enterprise de México y Lic. Jorge García, gerente de IBM.

El desarrollo de los Talleres tuvo una gran aceptación entre los asistentes, este año se impartieron trece tutoriales con diversas temáticas:

1. *Seguridad Ofensiva en Redes Locales*, impartido por Rodolfo Ceceña Solano de BackTrack Academy.
2. *Creando Soluciones con Beacons*, impartido por Gilberto Borrego Soto de Sahuaro Labs.
3. *Desarrollo de Aplicaciones móviles multiplataforma con PhoneGap*, impartido por Roberto A. Romero de BlueMeky.
4. *Procesamiento de imágenes en un procesador gráfico usando OpenCV*, impartido por Juan José Tapia Armenta de Citedi-IPN.
5. *Git en un día*, impartido por Pedro Martín del Campo.
6. *Desarrollo de Sitios Web con Jekyll sobre Github*, impartido por Walter Rudametkin de la Université de Lille, France.
7. *Desarrollo de videojuegos con UNITY*, impartido por Sergio Omar Infante Prieto de la FIAD-UABC.
8. *Desarrolla y vende tus proyectos con eCommerce*, impartido por Luis Monge de la FIAD-UABC.
9. *Desarrollo de aplicaciones móviles con iOS*, impartido por Alejandro González Sarabia .
10. *Desarrollo de Sitios Web con WordPress*, impartido por Felipe Cabada Arizmendi del ITSon
11. *Python como herramienta para cómputo científico*, impartido por Favio Medrano de CICESE
12. *PhotoShop*, impartido por Verónica Ortiz Pacheco y Alan Rogelio Villareal.
13. *Desarrollo de videojuegos sin código*, por William Paul Reynoso Álvarez.

CiComp no hubiera sido posible sin la dedicación y apoyo de un gran número de personas. En especial, agradecemos el apoyo de los siguientes directores ya que hicieron posible la nutrida asistencia al congreso: Dr. Juan Crisóstomo Tapia Mercado, Facultad de Ciencias; Dr. Juan Iván Nieto Hipólito, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño (FIAD, Ensenada);, Dr. Luis Enrique Palafox Maestre, Facultad de Ingeniería y Ciencias Químicas (FCQI, Tijuana), y Dr. Daniel Hernández Balbuena, Facultad de Ingeniería (FI, Mexicali).

Agradecemos a todos aquellos que sometieron sus artículos a revisión, si no nos pudieron acompañar esta ocasión los esperamos en el próximo evento. De manera especial agradecemos a los miembros del Comité de Programa por las atentas y constructivas revisiones de los trabajos.

Agradecemos a todos los participantes del Comité de Organización de las diferentes Facultades, profesores, estudiantes y administrativos, quienes de gran manera hicieron posible este evento. Un reconocimiento y agradecimiento especial a la Universidad Autónoma de Baja California por el apoyo brindado en la realización de la presente edición de CiComp 2016.

Finalmente, agradecemos a todos los ponentes y asistentes al congreso por su comprometida participación, ya que son ustedes los que hicieron que ésta y las futuras emisiones de CiComp sean el foro más importante de la región en los diversos tópicos de las Tecnologías de la Información.

Ensenada, Baja California, noviembre de 2016

Evelio Martínez Martínez,  
José Ángel González Fraga,  
María Victoria Meza Kubo,  
Adrián Enciso Almanza,  
Everardo Gutiérrez López,  
Sergio Omar Infante Prieto,  
Omar Álvarez Xochihua.

CONTENIDO  
Avances recientes en Ciencias Computacionales  
CiComp 2016

Comité Organizador	xi
Comité de Programa	xii
<b>Reseñas de las Conferencias Magistrales</b>	
<i>Lo que en Computación nos depara el nuevo milenio</i> Dr. Adolfo Guzmán Arenas	3
<i>Internet of Things and Interoperability</i> Susan Armstrong	5
<i>Computación cognitiva</i> David Ruiz	6
<i>La seguridad cibernética: Orígenes y tendencias</i> M.C. José Ignacio Castillo Velázquez	7
<i>Seguridad informática conceptos y pruebas de hackeo</i> Rodolfo Ceseña Solano	8
<i>Huella de navegador: un método para rastrear sin uso de cookies</i> Walter Rudametkin	9
<i>Programación del futuro, predicción a 10 años</i> Carlos Toxtli Hernández	10
<b>Artículos técnicos presentados en modalidad oral</b>	
<i>Revisión del Modelo Mentor-Aprendiz como estrategia para elevar el rendimiento en un curso introductorio de Programación. Alberto Pacheco González.</i>	17
<i>Las habilidades digitales del estudiante de la Facultad de Ciencias de la UABC: un estudio de caso. Maribel Sandoval Silva, Javier Organista Sandoval.</i>	24
<i>Adolescentes talentos en programación. Elvia Esthela Aispuro Félix, Jaime Suárez Villavicencio, Javier Aguilar Parra.</i>	32
<i>Semáforo de Habilidad Digital para el Estudiante Universitario. Arturo Serrano Santoyo, Javier Organista-Sandoval.</i>	40
<i>QualiTeam: una herramienta de apoyo para el aprendizaje de Calidad y Pruebas del SW. María del Carmen Gómez Fuentes, Luis Angel Nolasco Cardiel, Jorge Cervantes Ojeda.</i>	46

<i>Un modelo ontológico para representar la organización de una unidad educativa.</i> <b>José Abraham Baez Bagatella, Andrea Tamborrell Hernández, Hugo Lasserre Chávez, Orlando Ramos Flores, Mireya Tovar Vidal, Darnes Vilariño Ayala.</b>	54
<i>Sensor de posición solar basado en sistema visión.</i> <b>Adolfo Ruelas, Pedro Rosales, Alexis Acuña, Alejandro Susategui, Nicolás Velázquez, Carlos Villa.</b>	65
<i>Aplicación en android para el diagnóstico de melanoma maligno mediante índices de irregularidad del borde y asimetría utilizando el algoritmo ID3.</i> <b>Juan Paulo Sánchez Hernández, Jorge Luis Pinzón Salazar, Alma Delia Nieto Yañez, Miguel Ángel Velasco Castillo, Deny Lizbeth Hernández Rabadán.</b>	73
<i>Captura de Imágenes en Cercano Infrarrojo para el Análisis de Rasgos en Venas Dorsales.</i> <b>Rafael Pérez Aguirre, J. Arturo Olvera-López, Manuel Martín-Ortiz, Ivan Olmos-Pineda.</b>	81
<i>Control servo-visual de un robot de 2 grados de libertad.</i> <b>Luis Montoya-Villegas, R. Pérez Alcocer, J. Moreno Valenzuela.</b>	88
<i>Análisis de rendimiento de arquitecturas de GPU.</i> <b>Leopoldo N. Gaxiola, Juan J. Tapia, Victor H. Diaz-Ramírez.</b>	94
<i>Diseño e Implementación de una Plataforma de Cómputo de Altas Prestaciones sobre un entorno virtual.</i> <b>Hugo Eduardo Camacho Cruz, Palmira Estrada Saucedo, Ma. Lourdes Cantu Gallegos.</b>	103
<i>Las Redes Inalámbricas de Sensores en el Paradigma del Internet de las Cosas.</i> <b>Raymundo Buenrostro-Mariscal, Josue Saul Avalos Rocha, Juan Iván Nieto Hipólito, Maria de los Angeles Cosio León.</b>	110
<i>Impacto de modelos de propagación en el desempeño del algoritmo DV-Hop en MANETs.</i> <b>Anabel Pineda-Briseño, Álvaro A. Colunga Rodríguez, Víctor M. Reyes Loredo.</b>	117
<i>Analysis of virtual learning labs Cloud Computing in security training and TIC.</i> <b>Raul Bareño Gutierrez, Navarro Nuñez William, Cardenas Urrea Sonia, Sarmiento Osorio Hugo.</b>	123
<i>La importancia de un sistema de votación electrónica con biometría para la transmisión de datos.</i> <b>Raul Bareño Gutierrez, Navarro Nuñez William, Cardenas Urrea Sonia.</b>	131
<i>El péndulo de rueda inercial como arquetipo de un satélite actuado por ruedas de reacción.</i> <b>Carlos Aguilar Avelar, Javier Moreno Valenzuela.</b>	141
<i>Simulación de un Generador Eléctrico en Tiempo Real con QNX Utilizando Concurrencia, Tuberías y Temporizadores.</i> <b>González Baldovinos Diana Lizet, Ibarra Puón Kelly Lizette, Guevara López Pedro.</b>	149
<i>Simulación de la Trayectoria de un Robot Móvil Autónomo que Utiliza los Algoritmos Filtro de Partículas y Campos Potenciales.</i> <b>Velasco Rosas Iván Alejandro, Guevara López Pedro, Cano Rosas José Luis, González Baldovinos Diana.</b>	157
<i>Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire usando una Red Inalámbrica de Sensores.</i> <b>Josue Saul Avalos Rocha, Raymundo Buenrostro-Mariscal, Fermín Estrada González.</b>	165
<i>MindBack BCI para la rehabilitación cognitiva.</i> <b>Fernando Perez Mata, Karla P. Godínez Macías, Jaime Miracle Macotela, Victoria Meza Kubo, Juan Carlos Flores Salas, Manuel Hernández Saijas.</b>	172

<i>Embedded implementation of a parallel path planning algorithm based on EAPF for mobile robotics.</i>	178
<b>Ulises Orozco Rosas, Oscar Montiel, Roberto Sepúlveda.</b>	
<i>Sistema de Recomendación para Orientación Vocacional basado en una Ontología y un Árbol de Decisión para Usuarios de Facebook.</i>	187
<b>Arturo Bravo Báez, Luis Ángel Reyes Hernández, Alejandro Morales Domínguez, Asdrúbal López Chau, Jorge Bautista López.</b>	
<i>Dispositivo portátil para la reeducación de la marcha en pacientes con enfermedad de Parkinson basado en Arduino.</i>	195
<b>Rubén Raya Delgado, Estela Martínez Cruz, Alejandra Borau García.</b>	
<i>Sistema difuso tipo Mamdani para la determinación de calidad del agua tratada de origen doméstico.</i>	206
<b>Itzel G. Gaytan, Nohe R. Cazarez Castro, David L. Ochoa, Selene L. Cardenas Maciel</b>	
<i>Aplicación de Minería de Datos para la Identificación de Factores de Riesgo Asociados a la Muerte Fetal.</i>	214
<b>Beatriz Angélica Toscano de la Torre, Julio Cesar Ponce Gallegos, María de Lourdes Margain Fuentes, Raudel López Espinoza, Miguel Ángel Meza de Luna.</b>	
<i>Un enfoque difuso aplicado a la localización de registros duplicados en múltiples fuentes de información.</i>	224
<b>Joel Adán Saldaña Villalba, Rafael Vázquez Pérez, Juan Adalberto Anzaldo Moreno.</b>	
<i>A survey of artificial intelligence algorithms in the search of genetic patterns.</i>	232
<b>José Salomón Altamirano Flores, Juan Carlos Cuevas Tello, Francisco Eduardo Martínez Pérez, Héctor G. Pérez-González, Sandra E. Nava Muñoz.</b>	
<i>Correlation filtering for Three dimensional Object Detection from Point Clouds Scenes.</i>	240
<b>Kenia Picos, José A. González Fraga, Víctor H. Díaz Ramírez.</b>	
<i>Heurística Lógico Combinatoria para la Selección de Subconjuntos de Características en Diabetes Mellitus.</i>	248
<b>Rodríguez de León Pablo, Torres Soto Maria Dolores, Torres Soto Aurora.</b>	
<b>Artículos técnicos presentados en modalidad de cartel</b>	
<i>Migración de Bases de Datos NoSQL con MDA.</i>	259
<b>Leopoldo Zepeda, Elizabeth Ceceña, Luis Santillán, Carlos García.</b>	
<i>Eficiencia de clasificación de imágenes de granitos ornamentales originarios de Brasil.</i>	263
<b>José Trinidad Guillen Bonilla, Alex Guillen Bonilla, Suri Sinaí Vázquez Cerda, Héctor Guillen Bonilla, Verónica María Rodríguez Betancourtt.</b>	
<i>ASISTE: Personal Mobile Health Assistant,</i>	267
<b>Jose Eleno Lozano Rizk. Alejandro Estrella Gallego, Kedir Beshher, Mabel Vazquez Briseño.</b>	
<i>Sistema robótico de búsqueda y rescate.</i>	271
<b>Benjamín Frías, Karina Badillo, Elda González, Cristian Sánchez, Albert Sánchez, Miguel Gárate, Adolfo Esquivel.</b>	
<i>Autenticación Continua Usando Ritmo de Tecleo para Proveer Seguridad en Dispositivos Móviles.</i>	275
<b>Carlos Gonzalez, Monica Avila Alcazar.</b>	

<i>Una propuesta educativa en línea en el ámbito de la administración de tecnologías de la información.</i>	<b>Javier Aguilar Parra, Jaime Suárez Villavicencio, Elvia Esthela Aispuro Félix.</b>	279
<i>Sistema digital para la detección de BSR en imágenes de sísmica de reflexión.</i>	<b>Perla Karina Barba Rojo, Selene Solorza Calderón, Antonio Gonzalez Fernandez.</b>	283
<i>Pirámide de escalas utilizando transformada wavelet.</i>	<b>Carolina Barajas-García, Selene Solorza-Calderón.</b>	287
<i>User Requirements and MDA for Data Warehouse.</i>	<b>Leopoldo Zepeda, Elizabeth Ceceña, Ma. del Rosario González, Carlos Ángulo.</b>	291
<i>Generación de trayectoria para cuadricóptero a partir del análisis de un escenario real y periódico.</i>	<b>José Trinidad Guillen Bonilla, Gustavo Vega Gómez, María Eugenia Sánchez Morales, Cuauhtemoc Acosta Lúa, Gerardo de Jesus Díaz, Alex Guillen Bonilla.</b>	295
<i>Realidad Aumentada: Descubriendo el interior del ser humano.</i>	<b>Joaquín Roberto Pecina del Ángel, Hugo Eduardo Camacho Cruz, Palmira Estrada Saucedo.</b>	299
<i>Gestión de Recursos computacionales a través de software distribuido en el ITSPP.</i>	<b>Diana Elizabeth Lopez Chacon, Daniel Alonso Osuna Talamantes, Ana Balvaneda Soto Ayala.</b>	303
<i>Automatización en los trámites y Servicios de los alumnos a través de un cajero automático en el ITSPP.</i>	<b>Ana Balvaneda Soto Ayala, Diana Elizabeth Lopez Chacon, Daniel Alonso Osuna Talamantes.</b>	307
<i>Correlación entre personalidad y el diseño de presentaciones académicas.</i>	<b>Elizabeth Diaz Adame, Oliver Santamaría, Marcela D. Rodriguez.</b>	310
<i>Prototipo de diseño de un modelo de referencia para implementar técnicas de promoción turística a través de la Web 2.0 en la ciudad de La Paz. B.C.S.</i>	<b>Jaime Suárez Villavicencio, Elvia Esthela Aispuro Feliz, Javier Aguilar Parra.</b>	314
<i>Centro Masivo de Datos de Instituto de Astronomía: Proyecto TAO-2.</i>	<b>Benjamín Hernández Valencia, Mauricio Reyes Ruiz, Joel H. Castro Chacón, Alma L Maciel Angeles.</b>	318
<i>Competencia Académica Para Promover el Interés en la Computación.</i>	<b>Jorge Sandoval Lezama, José Arturo Correa Arredondo, Arturo Iván Sandoval Rodríguez.</b>	322
<i>Reconocimiento de Imágenes en Vehículos de Búsqueda y Rescate.</i>	<b>Carlos Cabada, Ramón Vega, Javier Ramos, David Maciel, Ricardo Martínez, Adolfo Esquivel.</b>	326
<i>Implementación del Método Húngaro para la Asignación de Recursos en un Proyecto CMMI-DEV.</i>	<b>Paola Elvira Velazquez-Solis, Brenda L. Flores-Rios, Larysa Burtseva, María Angélica Astorga-Vargas, Francisco J. Pino.</b>	330
<i>Robot móvil educativo.</i>	<b>Virgilio R. Pérez, Mario A. Rodríguez, Martha Cárdenas Maciel, Andrés Calvillo Téllez.</b>	334
<i>Interfaz gráfica para automatizar el procesamiento de información capturada en el prototipo de innovación denominado Motion Scanner.</i>	<b>Eduardo Barba, José María Montoya, Branko Ivankovic, Adolfo Esquivel.</b>	338
<i>Interconectividad de IoT.</i>	<b>Teodoro Álvarez Sanchez, Roberto Herrera Charles, José María Montoya Flores.</b>	342

<i>Generando un Mapa de Radio para Localización en Interiores Mediante la Colaboración Abierta Distribuida.</i>	346
<b>Isabel Lebasi Ambriz Silva, Juan Pablo García Vázquez, Luis Vizcarra Corral.</b>	
<i>Estudio de la Satisfacción Obtenida con el uso de Objetos de Aprendizaje.</i>	350
<b>César Eduardo Velázquez Amador, Francisco Javier Alvarez Rodriguez, Jaime Muñoz Arteaga, Juan Pedro Cardona Salas.</b>	
<i>Uso de Leap Motion para la Medición de Valores Goniométricos de la Mano.</i>	354
<b>Ricardo López Trejo, Juan Pablo García Vázquez, Luis Vizcarra Corral, Andrés Castillo Lozoya.</b>	
<i>Implementación de un ambiente federado para la gestión de servicios educativos entre Instituciones de Educación Superior.</i>	358
<b>Adriel Guerrero Rosas, Adrián Enciso Almanza, Omar Alvarez Xochihua, Jose Ángel González Fraga, Evelio Martínez Martínez, Pedro Damian Reyes, Juan Manuel Wagner Gutiérrez.</b>	
<i>GoodVybesConnect: Un sistema de rehabilitación para masaje terapéutico a distancia en tiempo real.</i>	363
<b>Oliver Pabloff Angeles, Nirvana Estivalis Green Morales, David Bonilla Castillo, Cristina Ramírez Fernández, Eloisa Garcia Canseco, Leopoldo Moran y Solares, Maria Victoria Meza Kubo.</b>	
<i>Propuesta Cloud para creación de objetos de aprendizaje con tolerancia a fallos en almacenamiento de datos.</i>	368
<b>Juan Pedro Cardona Salas, Guillermo Dominguez Aguilar, Jaime Muñoz Arteaga, Cesar Eduardo Velazquez Amador, Angel Eduardo Muñoz Zavala.</b>	
<i>Sistema para identificar estilos de aprendizaje.</i>	372
<b>Rodolfo Alan Martínez Rodríguez, Omar Álvarez Xochihua, José Ángel González Fraga, Patricia Páez Manjarrez.</b>	
<i>Sistema para la Evaluación de Vocabulario Basado en Imágenes.</i>	376
<b>Karla Ivette Arce Ruelas, Omar Álvarez Xochihua, José Ángel González Fraga, Adrián Enciso Almanza.</b>	
<i>Development of a pattern electroretinography system for the diagnosis of retinal diseases.</i>	382
<b>Axel López Mendoza, Luis Niño de Rivera y Oyarzabal, Santiago Guerrero Gonzalez.</b>	
<i>Estructura de bandas de nanocintas de grafeno.</i>	387
<b>Paola Rodríguez O., Priscilla E. Iglesias V., Manuel Ivan Ocegueda M., Ruben C. Villarreal S., Ramon Carrillo-Bastos.</b>	
<b>Artículos técnicos presentados en el Consorcio de Posgrado</b>	
<i>Cifrados que preservan formato.</i>	393
<b>Cristina Vargas Puente.</b>	
<i>Sistema basado en redes neuronales para la detección de plagas defoliadoras sobre cultivos.</i>	398
<b>Karen Lucero Roldán Serrato, José Alberto Salvador Escalante-Estrada, María Teresa Rodríguez-González.</b>	
<i>Clasificación de Tatuajes mediante una Red Neuronal Convolutacional.</i>	402
<b>Cesar Roberto Encinas Realivazquez, Luis F. Rodriguez T., Jessica Beltran M.</b>	
<i>Modelo computacional para integración de emoción y cognición en agentes autónomos.</i>	406
<b>Sergio Castellanos, Luis-Felipe Rodriguez, Luis A. Castro.</b>	
<i>Diseño de un Protocolo de Red para la Animación de Marionetas Digitales por Fusión de Sensores RGBD.</i>	410
<b>Elisabet González Juárez, Alberto Pacheco González.</b>	

**Avances recientes en Ciencias Computacionales - CiComp 2016**

<i>Competencias digitales en la extensión agrícola en México.</i> <b>Reyna Izaguirre Minerva, Palacios Rangel María Isabel, Bauer Mengelberg Juan Ricardo.</b>	414
<i>Nao-Based Teaching Sequences.</i> <b>Claudia Perez-Martinez.</b>	418

COMITÉ ORGANIZADOR

M.C. Evelio Martínez Martínez  
**Coordinador General**

Dr. José Ángel González Fraga  
Dra. Ma. Victoria Meza Kubo  
**Coordinación Académica**

M.C. José Manuel Valencia Moreno  
Dr. Ariel Quezada Pina  
**Coordinación de sesión de Carteles**

M.C. Oscar Ricardo Osorio Cayetano  
M.C. Sergio Infante Prieto  
Dr. Omar Álvarez Xochihua  
**Coordinación de sesiones de Ponencias**

MTIC. David Martínez Orzuna  
Dr. Miguel Enrique Martínez Rosas  
MI. José Lozano Risk  
Dr. Manuel Moisés Miranda  
Dr. Christian Xavier Navarro Cota  
Dr. Everardo Inzunza González  
**Moderadores de Ponencias**

Dr. Eloísa García Canseco  
**Coordinación de Consorcio de Posgrado**

Dr. Gabriel Alejandro López Morteo  
**Coordinación del Taller de Tecnologías Emergentes en Educación**

MTIC. Delia Esquer Meléndez  
MTIC. Gerardo Tovar Ramos  
Dr. Ariel Quezada Pina  
**Coordinación de Tutoriales**

Dr. Everardo Gutiérrez López  
**Coordinación de Finanzas**

Dr. Everardo Gutiérrez López  
M.I. Adrián Enciso Almanza  
**Coordinación de Registro**

MTRI. José Luis Ramírez Cuevas  
Dr. Manuel Moisés Miranda  
**Coordinación de Medios Audiovisuales**

M.I. Adrián Enciso Almanza  
**Coordinación de Difusión y Emisión de Constancias**

Lic. Esther Bareño Domínguez  
M.I. Adrián Enciso Almanza  
**Coordinación de Servicio Social**

M.C. Luis Enrique Vizcarra Corral  
M.C. Mónica Cristina Lam Mora  
Dr. Juan Pablo García Vázquez  
**Coordinación de Estudiantes Foráneos**

MTIC. Gerardo Tovar Ramos  
MTRI. Javier Padilla Sánchez  
**Coordinación de Soporte Técnico**

M.C. Evelio Martínez Martínez  
**Webmaster y difusión electrónica**

COMITÉ DE PROGRAMA

Adolfo Esquivel	IPN-CITEDI	México
Adrian Enciso Almanza	Universidad Autónoma de Baja California	México
Adriana Yanez Rivas	Instituto Tecnológico de Puebla	México
Aglay González Pacheco Saldaña	Universidad Autónoma de Baja California	México
Alberto Leopoldo Moran Y Solares	Universidad Autónoma de Baja California	México
Alberto Ochoa	Universidad Autónoma de Ciudad Juárez	México
Alejandro González Sarabia	Universidad Autónoma de Baja California	México
Alfonso Alba Cadena	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	México
Ana Lilia Sosa López	Instituto Tecnológico Superior de Centla	México
Ana Luisa Ramírez Roja	Universidad Autónoma del Estado de México	México
Ángel Gabriel Andrade Reátiga	Universidad Autónoma de Baja California	México
Antonio Diaz Tula	Universidad de São Paulo	Brasil
Antonio Rodriguez Diaz	Universidad Autónoma de Baja California	México
Ariel Quezada	Universidad Autónoma de Baja California	México
Arnulfo Alanis Garza	Instituto Tecnológico de Tijuana	México
Beatriz Angélica Toscano de la Torre	Universidad Autónoma de Nayarit	México
Brenda L. Flores Rios	Universidad Autónoma de Baja California	México
Carelia Gaxiola	Universidad Autónoma de Baja California	México
Carlos Alberto Flores Cortés	Universidad de Colima	México
Carlos Gómez Agis	Universidad Autónoma de Baja California	México
Carlos Gonzalez	Universidad Nacional Autónoma de México	México
Cecilia Curlango Rosas	Universidad Autónoma de Baja California	México
Claudia Pérez Martínez	Universidad Autónoma de Baja California	México
Consuelo Varinia García Mendoza	Instituto Politécnico Nacional	México
David Martinez	Universidad Autónoma de Baja California	México
David Tinoco Varela	Universidad Nacional Autónoma de México	México
Denisse Juárez Villarreal	CINVESTAV	México
Dora-Luz Flores	Universidad Autónoma de Baja California	México
Dulce González	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	México
Edgar Serna M.	Corporación Universitaria Remington	Colombia
Eduardo Antonio Murillo Bracamontes	Universidad Nacional Autónoma de México	México
Efrén García	Universidad Autónoma de Baja California-FIAD	México
Elías Rivera Custodio	Universidad Tecnológica Del Usumacinta	México
Elitania Jimenez Garcia	Universidad Autónoma de Baja California-FI-ENS	México
Eloisa García Canseco	Universidad Autónoma de Baja California	México
Emmanuelle Ruelas Gómez	Universidad Autónoma de Baja California	México
Erika M. Ramos Michel	Universidad de Colima	México
Evelio Martínez Martínez	Universidad Autónoma de Baja California	México
Everardo Gutierrez López	Universidad Autónoma de Baja California	México
Everardo Inzunza Gonzalez	Universidad Autónoma de Baja California	México
Everardo Santiago Ramirez	Universidad Autónoma de Baja California	México
Francisco Antonio Castillo Velasquez	Universidad Politécnica de Querétaro	México
Francisco E. Martínez Pérez	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	México
Gabriel Alejandro López Morteo	Universidad Autónoma de Baja California	México
Gabriel Zepeda Martínez	Universidad Autónoma de Nayarit	México
Gerardo Lagunes	Instituto Tecnológico de Orizaba	México
Gilberto Borrego	Universidad Autónoma de Baja California	México
Guillermo Galaviz	Universidad Autónoma de Baja California	México
Guillermo Licea Sandoval	Universidad Autónoma de Baja California	México
Haydeé Meléndez	Universidad Autónoma de Baja California	México

## Avances recientes en Ciencias Computacionales - CiComp 2016

Hector Perez-Meana	Instituto Politécnico Nacional	México
Hugo Hidalgo Silva	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada	México
Humberto Cervantes De Avila	Universidad Autónoma de Baja California	México
Humberto Reyes-Cobián	Universidad ICEP	México
Humberto Rodriguez Lopez	Universidad Autónoma de Sinaloa	México
Isaac Alberto Aldave Rojas	Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán	México
J. Arturo Olvera-Lopez	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	México
Javier Aguilar Parra	Universidad Autónoma de Baja California	México
Javier Organista Sandoval	Universidad Autónoma de Baja California	México
Jesus Antonio Padilla Sanchez	Universidad Autónoma de Baja California	México
Jorge Flores Troncoso	Universidad Autónoma de Zacatecas	México
Jose Angel Gonzalez Fraga	Universidad Autónoma de Baja California	México
José L. Briseño	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada	México
Jose Luis Cano Rosas	Instituto Politécnico Nacional	México
José Luis López Martínez	Universidad Autónoma de Yucatán	México
José Luis Ramírez Cuevas	IIDE-Universidad Autónoma de Baja California	México
Jose Manuel Valencia	Universidad Autónoma de Baja California	México
José María Montoya	CITEDI-IPN	México
Jose S. Murguía	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	México
José Trinidad Guillen Bonilla	Universidad de Guadalajara	México
Juan Carlos Cuevas Tello	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	México
Juan de Dios Sánchez López	Universidad Autónoma de Baja California	México
Juan Iván Nieto Hipólito	Universidad Autónoma de Baja California	México
uan José Tapia Armenta	CITEDI-IPN	México
Juan Manuel Ramirez Alcaraz	Universidad de Colima	México
Juan Pablo García Vázquez	Universidad Autónoma de Baja California	México
Juan Pedro Cardona Salas	Universidad Autónoma de Aguascalientes	México
Juan Raúl Arcadia Peña	Instituto Tecnológico de Tepic	México
Juan Sebastián González Sanabria	UPTC	Colombia
Kenia Picos	CITEDI-IPN	México
Leonardo Galicia Jiménez	Universidad Autónoma de Baja California	México
Leopoldo Zepeda	Instituto Tecnológico de Culiacán	México
Lissethe Lamadrid	Universidad Autónoma de Baja California	México
Luis Carlos González Gurrola	Universidad Autónoma de Chihuahua	México
Luis Enrique Vizcarra Corral	Universidad Autónoma de Baja California	México
Luis Felipe Rodríguez Torres	Instituto Tecnológico de Sonora	México
Luis Guillermo Martínez Mendez	Universidad Autónoma de Baja California	México
Luis Lujan-Vega	Instituto Tecnológico de Delicias/Universidad Autónoma de Chihuahua	México
Luz Evelia López Chico	Universidad Autónoma de Baja California	México
Mabel Vazquez Briseño	Universidad Autónoma de Baja California	México
Manuel Castañón Puga	Universidad Autónoma de Baja California	México
Manuel Torres	Instituto Tecnológico Superior de Centla	México
Maria Andrade Arechiga	Universidad de Colima	México
María Angélica Astorga Vargas	Universidad Autónoma de Baja California	
María de Lourdes Montes Torres	Universidad Autónoma de Nayarit	México
Maria Eugenia Cabello	Universidad de Colima	México
María Inés Legglew Cruz	Universidad Autónoma de Baja California	
Maria Victoria Meza Kubo	Universidad Autónoma de Baja California	México
Marisol Altamirano Cabrera	Instituto Tecnológico de Oaxaca	México
Miguel Enrique Martinez Rosas	Universidad Autónoma de Baja California	México
Mónica Adriana Carreño León	Universidad Autónoma de Baja California Sur	México
Mónica Lam Mora	Universidad Autónoma de Baja California	México
Natividad Cobarrubias Soto	Universidad Autónoma de Sinaloa	México
Norma Verónica Ramírez Pérez	Instituto Tecnológico de Celaya	México

## Avances recientes en Ciencias Computacionales - CiComp 2016

Octavio García - Alarcón	IPN-CITEDI	México
Omar Alvarez Xochihua	Universidad Autónoma de Baja California	México
Pablo Mario Aguilar González	Google Inc.	México
Paul Tamayo-Serrano	Universidad Autónoma de Sinaloa	México
Pedro Damian Reyes	Universidad de Colima	México
Rafael Asorey Cacheda	Centro Universitario de la Defensa	España
Ramón Rene Palacio Cinco	Instituto Tecnológico de Sonora	México
Raul A. Romero Wells	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada	México
Raymundo Buenrostro	Universidad Autónoma de Baja California	México
Ricardo Acosta Diaz	Universidad de Colima	México
Ricardo Becerra Pérez	Universidad Autónoma de Nayarit	México
Ricardo Osorio Cayetano	Universidad Autónoma de Baja California	México
Roberto Custodio Martínez	Instituto Tecnológico Superior de Centla	México
Salvador Macías-Elizarrarás	Universidad de Colima	México
Sandoval Bringas Jesús Andrés	Universidad Autónoma de Baja California Sur	México
Sandra E. Nava Muñoz	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	México
Sara Sandoval Carrillo	Universidad de Colima	México
Saúl Martínez	Instituto Tecnológico de la Paz	México
Selene Solorza Calderón	Universidad Autónoma de Baja California	México
Sergio Ramses Razo Pelatos	Universidad Autónoma de Baja California	México
Ulises Orozco-Rosas	Instituto Politécnico Nacional	México
Ulises Tamayo	Universidad Autónoma de Baja California	México
Ulises Zaldivar	Universidad Autónoma de Sinaloa	México
Verónica Quintero Rosas	Instituto Tecnológico de Mexicali	México
Xiomara Zaldivar	Universidad Autónoma de Sinaloa	México

# Implementación del Método Húngaro para la Asignación de Recursos en un Proyecto CMMI-DEV

P. E. Velazquez-Solis, B. L. Flores-Rios, L. Burtseva, M. A. Astorga-Vargas  
Instituto de Ingeniería Universidad Autónoma de Baja California  
Mexicali, Baja California México  
{paola.velazquez, brenda.flores, burtseva, angelicaastorga}@uabc.edu.mx

F. J. Pino  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca  
Popayan, Cauca Colombia  
fjpino@unicauca.edu.co

**Resumen—** El problema de determinar la asignación de recursos limitados para el cumplimiento de un objetivo es conocido en la Programación Matemática como una extensión del problema de transporte equilibrado entre los suministros y los depósitos. En este documento, se muestra una adaptación del Método Húngaro, el cual es un método matemático para solucionar el problema de asignación, para la implementación de un algoritmo que apoye a una organización de desarrollo de software en la asignación de su recurso humano, asociando el perfil por nivel de conocimiento que posee cada uno de ellos para la ejecución de las categorías de procesos propuestas por el modelo CMMI-DEV. De esta forma, se presenta una herramienta para apoyar la asignación de recursos a través de una solución heurística al problema que permite garantizar el perfil de conocimiento más idóneo para una determinada categoría.

*Palabras Clave—Problema de Transporte; Asignación de Recursos; Método Húngaro; CMMI-DEV*

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es frecuente que las organizaciones de desarrollo de software busquen elevar su madurez apoyándose de procesos rigurosos y controlados, que les permitan identificar nuevos factores o estrategias que influyan en la estimación de los recursos que requiera un proyecto de mejora de procesos de software (SPI). En un proyecto SPI la asignación efectiva de recursos humanos, para desempeñar ciertos roles, impacta tanto en la ejecución de los procesos como en la calidad de sus productos [1]. Algunas de las dificultades que dichas organizaciones presentan están relacionadas a la gestión de sus proyectos, que incluye la planificación, estimación, gestión de recursos, entre otros [2]. Desde la perspectiva de recursos, los roles representan el conocimiento implícito y son quienes realizan las actividades asignadas en cada proceso. Como evidencia de la implantación de las áreas de procesos, CMMI-DEV v1.3 utiliza la revisión de la ejecución de las prácticas, artefactos y entrevistas dirigidas a los roles involucrados [3]. Sin embargo, no existe el concepto de recurso humano o rol pero si se considera la importancia del término *people*. Por tal motivo, se enfatiza el aprovechar y optimizar el tipo y nivel de conocimiento requerido por los roles en cada ciclo de mejora [4]. La Gestión de Conocimiento (GC) como disciplina, provee los métodos, técnicas y recursos orientados a apoyar a que los roles, involucrados en el proyecto SPI, hagan uso del conocimiento implícito (tácito) y documentado (explícito) para facilitar el flujo del mismo y realizar, de la mejor manera, las actividades de los procesos requeridos por los modelos de referencia de procesos, nacionales o internacionales, logrando así el propósito de los mismos. En la NMX-I-059 [5] y COMPETISOFT [6], el proceso de Gestión de Recursos tiene como propósito conseguir y dotar a la organización de los recursos humanos, infraestructura, ambiente de trabajo y proveedores, así como crear y mantener la base de conocimiento, apoyando el cumplimiento de los objetivos en el plan estratégico de la organización [5]. En este proceso son requeridas las tareas de selección, asignación, aceptación, capacitación, evaluación y desempeño del recurso humano, por lo que es importante identificar técnicas o métodos que permitan que el proyecto SPI se realice en el calendario establecido. Este documento se enfoca sólo en la tarea de asignación de recurso humano identificando su nivel de conocimiento tácito.

El problema de asignación es un tipo de problema de transporte equilibrado en el que las restricciones de asignación de los suministros y demandas se interpretan en una forma binaria, son iguales a 1, para asegurar la asignación de actividades a roles, los trabajos a celdas de manufactura, entre otros. El objetivo está relacionado con la disposición de recursos para la realización de productos a costo mínimo. Por tal motivo, este problema es uno de los principales en la optimización discreta. Un algoritmo para la asignación de recursos es el Método Húngaro, recomendado para brindar una solución inadmisibles y del tipo primal (minimización) [7].

En este artículo se presenta la problemática de la asignación de recursos en un proyecto SPI, y un modelo de asignación implementando el Método Húngaro a partir de la gestión del nivel de conocimiento identificado en cada recurso humano. El modelo de asignación propuesto permite establecer el perfil de conocimiento más idóneo de cada uno de los integrantes para encargarse de cada una de las categorías propuestas a partir del conocimiento de cada uno de ellos. En la sección 2 se describe el

algoritmo del Método Húngaro y la Gestión del Conocimiento en proyectos SPI. En la sección 3 se muestra la implementación de la práctica del método heurístico y finalmente, se exponen las conclusiones.

II. CONTEXTO

A. El Método Húngaro en el Problema de Asignación de Recursos

La asignación de recursos es un modelo de la programación lineal, en el cual la variable  $x_{ij}$  es del tipo binario, es decir, sólo toma valores de 0 y 1. La definición formal del problema de asignación (o problema de asignación lineal) es dado por dos conjuntos,  $A$  y  $T$  de igual tamaño, donde  $A$  son los suministros y  $T$  son los depósitos, juntos con una función peso  $C: A \times T \rightarrow \mathbb{R}$ , encuentra una biyección  $f: A \rightarrow T$  como la función de costo mínimo:

$$\sum_{a \in A} C(a, f(a)) X \rightarrow \min (1)$$

$$\text{s.a. } \sum_{1 \leq i, j \leq m} x_{ij} = 1$$

$$x_{ij} \in \{1, 0\}.$$

El problema es lineal porque la función a optimizar así como todas las restricciones contiene sólo términos lineales.

El algoritmo utilizado en el Método Húngaro modela un problema de asignación como una matriz de orden  $m \times m$ , donde cada elemento (variable) representa un recurso (costo, esfuerzo, tiempo) que impacta en la asignación de alguna tarea o actividad. Las variables son asignaciones  $x_{ij}$  o  $x_{ji}$  [7]. El algoritmo se realiza en los siguientes pasos:

1. Encontrar el elemento menor de cada renglón en la matriz  $m \times m$ .
2. Construir una nueva matriz restando de cada valor el mínimo en su renglón.
3. Para la nueva matriz determine el menor por columna.
4. Construir una nueva matriz restando de cada uno el mínimo en su columna.
5. Trazar el número de líneas (horizontales o verticales) necesarias para cubrir todos los ceros de la última matriz. Si son necesarios menor de  $m$  líneas trazadas proceda al paso 6.
6. Determinar el elemento no cero mínimo ( $k$ ) en la matriz que no cubren las líneas trazadas en el paso 5.
7. Construir una nueva matriz donde se reste el valor de  $k$  a los elementos no cubiertos por las líneas. Regrese al paso 5.

B. Gestión del Conocimiento en Mejora de procesos de software con CMMI

En una organización de software, el conocimiento de los roles se conforma de su conocimiento tácito y técnico que cuenta al ser contratado y del aprendizaje adquirido al hacer reiteradamente las actividades asignadas en los proyectos. En un equipo de trabajo tanto la adquisición del conocimiento como la transferencia del mismo es deseable que se extienda a través de toda la organización. Se ha identificado que el nivel de conocimiento fue clasificado dependiendo del dominio y uso del mismo en una tarea específica [8], donde los niveles se definen como: 4) Principiante, 3) Competente, 2) Experto y 1) Maestro. Esto significa que en un equipo de desarrollo de software un rol en nivel 4 representa un mayor esfuerzo de adquisición de conocimiento a diferencia de un rol con nivel de 1 quien posee un nivel de conocimiento tácito mayor con una combinación más amplia de visión, principios, información, contexto y experiencia (Tabla I). En la medida de que los roles del equipo de trabajo comprendan y ejecuten los procesos de software, se sientan parte de las soluciones a las problemáticas identificadas, exterioricen y documenten sus experiencias, lecciones aprendidas y mejores prácticas, replanteen, optimicen y exterioricen resultados, el dominio de conocimiento del equipo se aproximará a los primeros niveles.

TABLA I. DESCRIPCIÓN DE NIVELES DE CONOCIMIENTO. ADAPTADO DE [8]

Nivel de conocimiento	Descripción
1) Maestro	Interioriza totalmente el conocimiento, cuenta con un profundo entendimiento e integración con los valores, juicios y consecuencias de utilizar conocimiento. Dependiendo la cantidad de tópicos de conocimiento que conoce sobre un tema específico, cuenta con conocimiento teórico, procedural, declarativo, tópico y episódico.
2) Experto	Conoce a cerca del conocimiento, lo contiene en su memoria (conocimiento tácito), entiende dónde aplicarlo y razona a cerca del mismo en ocasiones sin la ayuda externa.
3) Competente	Conoce a cerca del conocimiento, puede usarlo y razonar acerca del conocimiento con la colaboración de otros roles (socialización), gestiona documentos (interiorización), bases de conocimiento, entre otros.
4) Principiante	Conoce que existe un tipo de conocimiento y dónde obtenerlo, pero no puede razonar con éste.

Los modelos de madurez de Gestión de Conocimiento (GC), basados en el modelo CMMI, describen las etapas de crecimiento que se espera que una organización realice a través del desarrollo de técnicas de GC [4] y que a su vez impactan al nivel de madurez de la organización. En la representación escalonada de CMMI v1.3 se establecen cinco niveles de madurez (del 1 al 5) en función de un grupo de áreas de procesos [3]. Desde el nivel 2 (Gestionado) se garantiza que los procesos se planifican y ejecutan de acuerdo con las políticas; los proyectos de software se conforman con recurso humano calificado que dispone de recursos adecuados para producir resultados controlados. El mayor número de evaluaciones en 2015 corresponde a organizaciones con nivel

3 de madurez (Definido), considerado el nivel que requiere más esfuerzo y conocimiento técnico, tomando en cuenta el mayor número de áreas de procesos asociadas a las categorías que se evalúan dentro de este nivel.

III. IMPLEMENTACIÓN EN LA PRÁCTICA

A. Planteamiento del Problema

A continuación, se plantea el siguiente problema de asignación: Una organización de desarrollo de software desea asignar los niveles de conocimiento de cada uno de sus 4 integrantes de un equipo de trabajo para la implantación de las áreas de procesos de las 4 categorías del modelo de CMMI-DEV v1.3 con un nivel 3 de madurez. Cada nivel de conocimiento tiene una relación de esfuerzo ( $t1, t2, t3, t4$ ) en tiempo invertido por persona que es necesario asignar para la implantación de cada categoría (Tabla II). La Tabla III representa una matriz  $m \times m$ , donde la asignación de cada integrante está basada en la experiencia y conocimiento técnico, con la restricción que a dos integrantes diferentes no se les asigna una misma categoría. El objetivo es optimizar la asignación de los integrantes en cada categoría de procesos, tomando en cuenta su perfil de nivel de conocimiento.

TABLA II. PERFILES POR NIVEL DE CONOCIMIENTO EN RELACIÓN AL TIEMPO

Nivel de Conocimiento	Tiempo (día, sem, mes)
1 - Maestro	t1
2 - Experto	t2
3 - Competente	t3
4 - Principiante	t4

TABLA III. ASOCIACIÓN DE NIVEL DE CONOCIMIENTO DE CADA INTEGRANTE A CADA CATEGORÍA DE ÁREAS DE PROCESOS DE CMMI

Integrante	Categorías de áreas de procesos de CMMI v1.3			
	1) Gestión de Procesos	2) Gestión de Proyectos	3) Ingeniería	4) Soporte
1	4	2	3	3
2	3	2	4	1
3	1	2	2	4
4	3	4	2	3

B. Resolución por el Método Húngaro

El problema se modela como un grafo bipartido completo ponderado (Fig. 1a), donde el número de vértices es igual al número de renglones en la Tabla III, donde a cada arista se le asigna un peso (nivel de conocimiento). El problema consiste en encontrar un subconjunto de aristas (nivel de conocimiento de cada integrante en cada categoría) de forma que cada vértice pertenezca exactamente a una arista y la suma de los pesos de aristas seleccionadas sea mínima. De esta forma, se define el siguiente modelo:

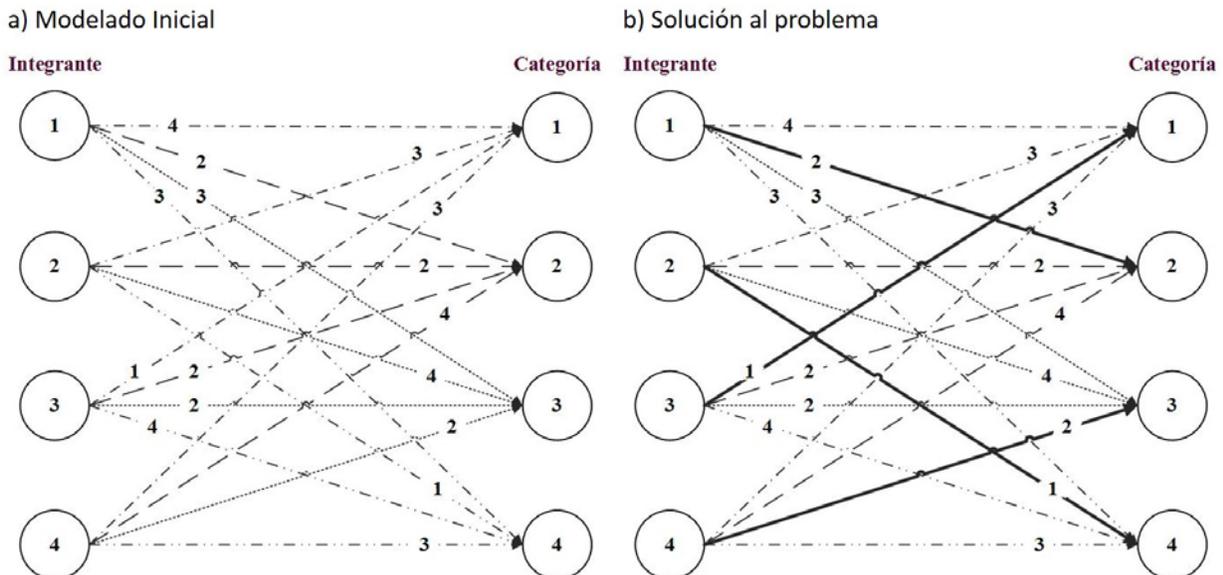
$$\min Z = 4x_{11} + 2x_{12} + 3x_{13} + 3x_{14} + 3x_{21} + 2x_{22} + 4x_{23} + x_{24} + x_{31} + 2x_{32} + 2x_{33} + 4x_{34} + 3x_{41} + 4x_{42} + 2x_{43} + 3x_{44} \quad (2)$$

Cada integrante sólo trabaja en una de las categorías: ( $x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 1, x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = 1, x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = 1, x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} = 1$ )

y cada categoría sólo se asigna a uno de los integrantes: ( $x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} = 1, x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} = 1, x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} = 1, x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{44} = 1$ )

Todo lo anterior para  $x_{ij} \in \{1,0\}, \forall i,j=1,\dots,m$ .

Fig. 1. Problema modelado en un grafo bipartido completo



### C. Interpretación de Resultados

La interpretación de la solución (Fig. 1b) visualiza cómo optimizar la asignación del nivel de conocimiento de cada integrante a una categoría de procesos:

$$z = x_{31} + x_{12} + x_{43} + x_{24} \quad (3)$$

Se relaciona que el integrante 1 sería más idóneo para la categoría 2) Gestión de Proyectos, así como el integrante 4 en la categoría de 3) Ingeniería. De esta forma, los expertos de las categorías 1) Gestión de Procesos y 4) Soporte, serán asignados de acuerdo a su mayor dominio de conocimiento técnico. Además, los valores  $t1$ ,  $t2$ ,  $t3$ ,  $t4$  apoyan en el cálculo de una estimación de tiempo que está directamente relacionado con el nivel de conocimiento del integrante y el esfuerzo para realizar la actividad.

La problemática de asignación de recursos que se expone en esta sección, propicia el considerar algunos aspectos relevantes en la distribución del conocimiento tácito (competencias, habilidades y aptitudes) y conocimiento técnico de los miembros del equipo asociado a las categorías propuestas por un modelo de referencia. Sin embargo, la asignación examina otras variables cuantitativas además de la duración, como los costos, defectos, número de proyectos en los que ha participado, esfuerzo o etapas del modelo de desarrollo ayudando a controlar y predecir la calidad del producto de software. Así mismo, otros escenarios se presentan en extensión del problema, cuando existen más de un perfil de conocimiento para más de una categoría (recurso), o que más de un integrante posean el mismo perfil para una misma categoría, o que un integrante posea un mismo nivel de conocimiento en más de una categoría y sea el mayor, en estos casos el algoritmo brindaría diferentes subconjuntos de soluciones dejando a criterio del equipo asignar los perfiles.

### IV. CONCLUSIONES

La programación lineal propone formas específicas para abordar problemas de optimización, considerando la asignación de recursos, tanto humanos como tecnológicos, para su resolución. En este documento, se presenta la utilidad de implementar el Método Húngaro, como un método heurístico que brinda una solución al problema de asignación de los integrantes de un equipo de trabajo, tomando en cuenta los perfiles por nivel de conocimiento con que se valora el esfuerzo requerido para implementar las cuatro categorías de procesos del modelo CMMI-DEV v1.3.

Es muy importante que este tipo de estudios lleguen al contexto cultural de una organización de desarrollo de software, debido a que apoyaría a caracterizar las variables o recursos mayormente utilizados para su asignación permitiendo a un equipo de trabajo potencializar el modelo obtenido. Para un nivel 3 de madurez o superior el conjunto de procesos se establece y mejora a lo largo del tiempo generando que la organización establezca objetivos cuantitativos para la calidad y gestión de sus proyectos.

Como trabajo futuro, se ha identificado validar la eficiencia del modelo obtenido con un experimento computacional y aumentando el tamaño de la matriz para dimensionar proyectos de software de mayor complejidad con variables cuantitativas que influyan en la asignación de recursos, siempre y cuando se respete su naturaleza cuadrada. En una matriz del tipo  $m \times n$ , el Método Húngaro no podría satisfacer una solución óptima, recurriendo a modelos de asignación de recursos con programación dinámica.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado al primer autor.

### REFERENCIAS

- [1] C. Pardo, J. A. Hurtado, and C. A. Collazos, "Mejora de procesos de software ágil con Agile SPI process," *Dyna*, vol. 77 num.164, pp. 251-263, 2010.
- [2] Y. H. Retamal Echeverría, *Análisis de variables relevantes para la obtención de modelos de estimación de proyectos de software*. Universidad de Valparaíso, Chile, 2006.
- [3] M. B. Chrissis, M. Konrad, and S. Shrum, *CMMI for Development®: Guidelines for Process Integration and Product Improvement*. 3rd Edition, Addison-Wesley Professional, 2011.
- [4] B. L. Flores Ríos, O. M. Rodríguez-Elías, and F. J. Pino, "Research on CMM based Knowledge Management Maturity Models," [En: 4to. Congreso Internacional en Ciencias Computacionales, CICOMP 2011, México, pp. 145-152, 2011].
- [5] NMX-I-059/02-NYCE-2011, *Tecnología de la Información - Software - Modelos de Procesos y Evaluación para el Desarrollo y Mantenimiento de Software*, Parte 02, Requisitos de Procesos (MoProSoft). NYCE, México, 2011.
- [6] H. Oktaba, F. García, M. Piattini, F. Ruiz, F. J. Pino, and C. Alquicira, "Software Process Improvement: The Competisoft Project," *Computer*, vol. 40, pp. 21-28. doi:10.1109/MC.2007.361, 2007.
- [7] J. P. Witenberg, *Métodos y modelos de investigación de operaciones*. vol. 1, Editorial Limusa, 2000.
- [8] K. Dalkir, *Knowledge management in theory and practice*. Second Edition, USA: The MIT Press, 2011.