

2016



  
Congreso  
Nacional

Sociedad Mexicana de  
**Investigación**  
de Operaciones

  
**CONACYT**  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

## Consejo Directivo

Presidente: Roger Z. Ríos Mercado (Universidad Autónoma de Nuevo León)

Vicepresidente: Juan A. Díaz García (Universidad de las Américas)

Secretario: Érick Moreno Centeno (Texas A&M University)

Tesorero: María Guadalupe Villarreal Marroquín (Centro de Investigación en Matemáticas - Monterrey)

Vocal: Gastón Vértiz Camarón, (Universidad Autónoma del Estado de Morelos)

Vocal: Luis Vicente Montiel (Instituto Tecnológico Autónomo de México)

Vocal: Adrián Ramírez Nafarrate (Instituto Tecnológico Autónomo de México)

Vocal: Vincent Boyer (Universidad Autónoma de Nuevo León)

Vocal suplente: Cristina Gígola (Instituto Tecnológico Autónomo de México)

## Presidentes del Congreso

Laura Cruz Reyes (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)

Juan Javier González Barbosa (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)

## Comité Organizador

Claudia Guadalupe Gómez Santillán, **Presidente** (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)

Nora Castelán Ortiz (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)

Laura Patricia Vélez Chong (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)

Elizabeth Cortez Razo (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)

Eurí Salgado Escobar (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)

Guadalupe Castilla Valdez (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)

Laura Taide Contreras Álvarez (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)

Nelson Rangel Valdez (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)

Lucila Morales Rodríguez (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)

Adrián Delgado Saldaña (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)

## Comité Editorial

Laura Cruz Reyes (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)  
Claudia G. Gómez Santillán (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)  
Lucila Morales Rodríguez (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)  
Héctor Fraire Huacuja (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)  
Silvia Clementina Ortiz (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)  
Frida Leija Gómez (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)  
Elizabeth del Angel Franco (TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)

## Comité Científico

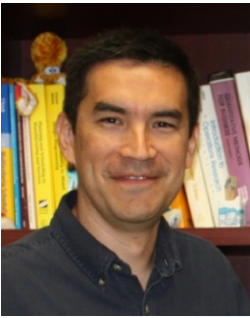
Laura Plazola Zamora, Presidente (Universidad de Guadalajara)  
Alejandro Alvarado Iniesta (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez)  
David Romero Vargas (Universidad Nacional Autónoma de México)  
Diego Gastelum Chavira (Universidad de Occidente)  
Elisa Schaeffer (Universidad Autónoma de Nuevo León)  
Fernando López Irarragorri (Universidad Autónoma de Nuevo León)  
Gilberto Rivera Zarate (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez)  
Igor Litvinchev (Universidad Autónoma de Nuevo León)  
Juan Antonio Díaz García (Universidad de las Américas Puebla)  
Juan Carlos Leyva López (Universidad de Occidente)  
Marcela Quiroz Castellanos (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez)  
Nelson Rangel Valdez (Instituto Tecnológico de Ciudad Madero)  
Pavel Anselmo Álvarez Carrillo (Universidad de Occidente)  
Pilar Arroyo López (Tecnológico de Monterrey)  
Yasmín Ríos Solís (Universidad Autónoma de Nuevo León)

## Contenido

Mensaje Presidente de la SMIO .....	4
Zona Metropolitana del sur de Tamaulipas .....	6
Temas del congreso.....	9
Programa del evento.....	10
Programa del evento en extenso .....	11
Conferencias Plenarias .....	18
Panorama de los métodos de clasificación-evaluación multicriterio basados en relaciones de no-inferioridad.....	19
Distribución electoral.....	20
Investigación de operaciones, business analytics y el futuro de la toma de decisiones cuantitativa. ....	21
Covering arrays: una alternativa para la prueba de componentes de software .....	22
Minicurso.....	23
OPTEx: un nuevo paradigma en tecnologías de información.....	24
Sesiones Paralelas -Resúmenes de Trabajos.....	26
Índice de Autores .....	90

Sociedad Mexicana de  
**Investigación**  
de Operaciones

## Mensaje Presidente de la SMIO



Estimados amigos de la Investigación de Operaciones,

A nombre del Consejo Directivo de la Sociedad Mexicana de Investigación de Operaciones (SMIO), me es bastante grato darles la bienvenida a Cd. Madero, Tamaulipas, sede del V Congreso Anual de la SMIO. Este magnífico evento ha sido confeccionado por el trabajo de mucha gente a las cuales les agradezco poner su disposición y talento al servicio de nuestra sociedad.

Principalmente agradezco a Laura Cruz Reyes y Juan Javier González Barbosa, investigadores del Instituto Tecnológico de Cd. Madero (ITCM), quienes como Presidentes del mismo han hecho una gran labor en su organización. A todos los miembros del Comité Organizador Local, presidido por Claudia Guadalupe Gómez Santillán, por llevar a cabo todas las gestiones logísticas y administrativas para garantizar el éxito del evento. Este esfuerzo va naturalmente acompañado por el trabajo realizado por Laura Plazola Zamora, Presidenta del Comité Científico, para garantizar un evento de calidad. Apreciamos significativamente el trabajo de Laura y los distinguidos miembros de su Comité Científico por la labor de evaluar la calidad de los trabajos sometidos. Gracias a ellos aseguramos la calidad del evento. Reconocemos y apreciamos también el apoyo de los diversos patrocinadores, como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y el mismo ITCM.

En su quinto año consecutivo, nuestro congreso nacional ha ido cobrando cada vez mayor importancia como un foro de exposición y avances de trabajos notables de investigación, presentaciones de avances de las tesis de alumnos de posgrado y licenciatura, intercambio de ideas entre los asistentes, todo encaminado a ir fortaleciendo cada vez más los vínculos entre la comunidad de la Investigación de Operaciones y los sectores de la sociedad. Como siempre lo he pensado, mientras todos los actores nos involucremos más activamente en las áreas de oportunidad de sectores privados, gubernamentales y académicos, se podrá aportar conocimiento muy valioso para mejorar nuestros procesos de toma de decisiones y procesos educativos a todos los niveles. Hoy en día vemos, por ejemplo, cómo el Plan de Desarrollo Nacional se preocupa por temas de seguridad, cuidado del medio ambiente, desarrollo sustentable, mejorar los servicios del sector salud, mejorar el sector agropecuario y uso eficiente de nuestros recursos naturales, por mencionar algunos.

Es muy reconfortante que muchos de estos temas se tocan en nuestro congreso y desde luego vemos también las aportaciones en áreas tradicionales, como la manufactura, servicios, logística, transporte, distribución, etc. Naturalmente, no podemos tampoco dejar de lado que más allá de lo profesional y académico, este evento nos brinda también la oportunidad de disfrutar de las riquezas naturales, culturales y gastronómicas que esta región del noreste de nuestro país nos ofrece, incluido desde luego el candor de sus playas y de su gente.

Les deseo a todos que tengan una estupenda estancia en esta bella ciudad, que gocen plena y apasionadamente el congreso y que para todos sea una aventura inolvidable.



Roger Z. Ríos  
Presidente  
SMIO



Sociedad Mexicana de  
**Investigación**  
de Operaciones

## **Zona Metropolitana del sur de Tamaulipas** **(Cd. Madero, Tampico y Altamira)**

Los municipios de Tampico, Ciudad Madero y Altamira se encuentran en la zona sur del estado y juntos conforman la Zona Metropolitana del Sur de Tamaulipas. En el 2005, mediante el Decreto No. LIX-158 se da el reconocimiento a esta región como Zona Conurbada de la Desembocadura del Río Pánuco en el Estado de Tamaulipas. En el 2010 dado que estos centros urbanos presentaban una continuidad demográfica, en el que existen líneas invisibles que se traspasan, el Gobierno del Estado de Tamaulipas a través del Instituto Tamaulipeco de la Vivienda y Urbanismo y en coordinación con los Ayuntamientos elabora un programa metropolitano de ordenamiento territorial que busca emprender acciones conjuntas que satisfagan las necesidades de la población que representan.

La región tiene un clima subtropical húmedo lo que la identifica como una de las regiones con mayor humedad en México, llegando al 100%.

### **Ciudad de Madero**

La historia de esta ciudad se remonta a los principios del siglo XIX cuando la familia Villareal, procedente de Soto la Marina se establece en lo que ahora se conoce como paso del Zacate.

A pesar de ser el municipio más pequeño de Tamaulipas, es muy conocido por sus atributos naturales amparados por la brisa del mar, además de que cuenta con un asentamiento en la industria petroquímica que provienen de las refinerías Francisco I. Madero y la Terminal Marítima Petrolera.

Su joya principal es la playa Miramar que tiene 10 kilómetros de litoral contando con arenas finas y un olaje tranquilo de tonos azul-verdoso que son ideales para el esparcimiento y la recreación. Los servicios en la playa son muy variados ya que se cuentan con más de 200 establecimientos a lo largo de 10 kilómetros de longitud, 5 de ellos con un boulevard iluminado.

Entre los sitios de interés que uno debe visitar se encuentra el Faro de la Barra que data del 1883. El Malecón conocido también como “Las Escolleras” que consiste en una franja pavimentada de 1 km que delimita la unión del Río Pánuco con el Golfo de México. Al recorrerla algunas veces se logran ver toninas saltando, así como a peculiares mapaches.

Sus monumentos históricos más destacados son la Catedral del Sagrado Corazón que data del siglo XIX, el monumento a Benito Juárez, ubicado en el Tecnológico de Ciudad Madero y el monumento a Francisco Madero, frente al Palacio Municipal.

### **Ciudad y Puerto de Tampico**

Con su historia, Tampico ha sido testigo de importantes eventos que han marcado la historia comercial de México. Por ejemplo, en 1824 participando en el comercio marítimo entre México y el extranjero, así también con la inauguración del aeropuerto Internacional General Francisco Javier



Mina en el año 1921, de donde salió el primer vuelo comercial a la Ciudad de México, por lo cual es la "Cuna de la aviación comercial mexicana".

En el ámbito cultural, Tampico cuenta con la Casa de la Cultura que es un hermoso edificio con una fachada de rojo ladrillo y bellos vitrales, en él se promueve la cultura y las artes por medio de talleres. También se encuentra el Espacio Cultural Metropolitano el cual ha sido testigo de diversos espectáculos mundiales; y en el que se encuentran galerías de exposiciones temporales y el Museo de la Cultura Huasteca.

La música de esta ciudad es alegre y cuna de innumerables Huapangos para las fiestas populares, además de otros ritmos como la Chacona, el Son y el Jazz. Es sede de la Orquesta Sinfónica de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, cuya calidad ha permitido acompañar artistas de la talla de Plácido Domingo.

Uno de los lugares que se debe de visitar es la Laguna del Carpintero que se encuentra en el corazón de la Ciudad de Tampico en donde habita el cocodrilo Morelet, una especie de cocodrilo de pequeño tamaño, lo cual hace que sea un atractivo. El australiano Steve Irwin conocido mejor como el "cazador de cocodrilos" realizó un viaje para documentar una investigación sobre los reptiles y citó "Esta laguna es un modelo para el resto del mundo de cómo los seres humanos podemos convivir en estrecha armonía con grandes animales salvajes".

Su gastronomía está basada en las jaibas rellenas, camarones, carne asada a la tampiqueña, así como las famosas tortas de la barda que deleitan el paladar.

### **Altamira**

Altamira fue fundada el 2 de mayo de 1749, en honor del funcionario virreinal Juan Rodríguez de Albuérne, Marqués de Altamira, por don José de Escandón y Helguera, Conde de la Sierra Gorda, bajo la advocación de Nuestra Señora de las Caldas. De Altamira partieron las familias que, al mando de don Juan Villatoro, poblaron el actual Tampico, estableciéndose los límites entre ambos municipios en noviembre de 1837.

Entre sus atractivos turísticos se encuentra playa Tesoro que está ubicada en el Litoral del Golfo de México, las arenas de este lugar son suaves y contiene aguas transparentes. En general, en esta playa se puede llevar a cabo la pesca deportiva ya que posee una pendiente profunda al igual que en ella se pueden observar las bellas puestas de sol.

Otros sitios de interés donde se practica la pesca y deportes acuáticos son el Sistema Lagunario Champayán y la Palapa y Muelle de Champayán.

Este municipio cuenta con diversos medios de comunicación dotándolo de características multimodales al integrar el ferrocarril, el sistema carretero y la infraestructura portuaria, que han facilitado su vinculación regional, nacional e incluso, internacional.

La zona metropolitana es una importante puerta para el comercio exterior siendo la única parte de México que cuenta con dos modernos puertos a tan corta distancia.





## Temas del congreso

	NOMBRE DEL ÁREA	NOMBRE CORTO
1	Heurística	H
2	Optimización continua	OC
3	Optimización discreta	OD
4	Optimización multiobjetivo/multicriterio	OMM
5	Optimización heurística/metaheurística	OHM
6	Ruteo y logística	RL
7	Redes y grafos	RG
8	Inventarios	I
9	Planeación, secuenciación de operaciones, sistemas de manufactura	PSM
10	Localización de instalaciones	LI
11	Cadenas de abastecimiento, logística y transporte	ALT
12	Ciencias de transporte y ruteo	TR
13	Teoría de juegos	TJ
14	Simulación	S
15	Estadística, calidad, mejora continua	ECM
16	Datos grandes, minería de datos, agrupación	DMA
17	Ciencias computacionales, inteligencia artificial, aprendizaje de	CIA
18	IO en educación	IOE
19	Aplicaciones de IO en general	IOA
20	Aplicaciones de IO en servicios públicos	IOS
21	Logística Humanitaria y Manejo de Desastres	LHD
22	Aplicaciones de IO en Recursos Naturales	IORN
23	Aplicaciones de IO en medición y Sector de salud	IOMS
24	Análisis de decisión	AD

Sociedad Mexicana de  
Investigación  
de Operaciones

## Programa del evento

### Miércoles 26 de octubre 2016

08:00-09:00	Registro de Asistentes		
09:00-09:30	Inauguración		
09:30-10:30	<b>Conferencia Magistral: Doctor Eduardo Fernández González</b>		
10:30-13:40	SESIONES PARALELAS		
	S1: Modelado, optimización y aplicaciones	S2: Estadística, computación y aplicaciones	S3: Logística y cadena de abastecimiento
12:10-12:20	Café		
13:40-15:10	Comida		
15:10-18:20	SESIONES PARALELAS		
	S4: Optimización y análisis de decisión	S5: Optimización continua, discreta y heurística	S6: Optimización heurística y metaheurística
16:50-17:00	Café		
18:20-19:20	Mini Curso OPTEx		
19:20	Coctel de Bienvenida		

### Jueves 27 de octubre 2016

09:00-11:40	SESIONES PARALELAS		
	S7: Optimización multicriterio y educación	S8: Optimización, transporte y minería de datos	S9: Localización, planeación y simulación
11:40-12:00	Café		
12:00-13:00	<b>Conferencia Magistral: Doctor David Romero</b>		
13:00-15:00	Comida		
15:00-18:00	Mini Curso OPTEx		
18:00-19:30	Asamblea SMIO		
20:00	Cena de gala		

### Viernes 28 de octubre 2016

09:00-10:00	<b>Conferencia Magistral: Doctor Federico Trigos</b>		
10:00-12:40	SESIONES PARALELAS		
	S10: Inventarios y aplicaciones	S11: Redes y optimización multicriterio	S12: Localización, planeación y aplicaciones
11:20-11:40	Café		
12:40-13:40	<b>Conferencia Magistral: Doctor José Torres</b>		
14:00	Clausura		

## Programa del evento en extenso

### Miercoles 26 de Octubre de 2016

Sesión paralela 1: Modelado, optimización y aplicaciones		Áreas
Moderador Resumen	<b>FAUSTO BALDERAS JARAMILLO</b>	
<b>T069</b>	El equilibrio consistente de las variaciones conjeturales coincide con las de Nash en el Meta-Juego.	TJ
<b>T095</b>	Empacado de objetos circulares desiguales en un contenedor rectangular.	OD
<b>T061</b>	Modelo matemático para la selección de cartera de proyectos bajo incertidumbre.	IOS
<b>T072</b>	Un modelo con incertidumbre para el problema de planeación de transporte urbano.	IOS
<b>T097</b>	Análisis logístico de los movimientos de granos; las tarifas ferroviarias y los posibles efectos de una mayor competencia.	IORN

Sesión paralela 1: Modelado, optimización y aplicaciones		Áreas
Moderador Resumen	<b>ANDRES VERASTEGUI OLLERVIDES</b>	
<b>T099</b>	Evaluación económica de dos sistemas de calentamiento para agua usando un modelo de s	IORN
<b>T059</b>	Un enfoque basado en una red integradora para la priorización de genes susceptibles a enfermedades usando un método de soporte a la decisión multicriterio de	IOMS
<b>T039</b>	Algoritmo genético multiobjetivo de desagregación de preferencias del consumidor para identificar parámetros del método ELECTRE.	OHM
<b>T104</b>	Modelo difuso para el análisis estratégico de decisiones de innovación.	AD

Sesión paralela 2: Estadística, computación y aplicaciones		Áreas
Moderador Resumen	<b>PATRICIA SANCHEZ SOLIS</b>	
<b>T060</b>	Un algoritmo constructivo para la estimación de múltiples puntos de cambio.	ECM
<b>T086</b>	La transformación de puntajes normales secuenciales: un puente entre el control estadístico paramétrico y no paramétrico.	ECM
<b>T098</b>	Monitoreo de la volatilidad del IPC mexicano, utilizando el modelo de punto de cambio no-paramétrico.	ECM
<b>T018</b>	Sistema de riego y fertilización mediante teledetección asistida por drones para el manejo agrícola.	CIA
<b>T066</b>	Neuroevolución aplicada en la predicción del punto de fusión en líquidos iónicos.	CIA

Sesión paralela 2: Estadística, computación y aplicaciones		Áreas
Moderador Resumen	<b>CARLOS SOTO MONTERRUBIO</b>	
<b>T023</b>	Optimización multi-objetivo de un proceso de soldado de flama de aluminio.	IOA
<b>T032</b>	Modelo de control de inventarios utilizando la metodología two-bin system en la red hospitalaria de la ciudad de Cali, Colombia.	IOMS
<b>T029</b>	Modelo de optimización para la localización de ambulancias de atención prehospitalaria en la ciudad de Cali, Colombia.	IOMS
<b>T064</b>	Los riesgos y la investigación de operaciones. Revisión de enfoques.	IOA

Sesión paralela 3: Logística y cadena de abastecimiento		Áreas
Moderador Resumen	<b>ALEJANDRO SANTIAGO PINEDA</b>	
<b>T012</b>	Bancos de alimentos; distribución de recursos con prioridades de beneficiarios.	LHD
<b>T030</b>	Modelo matemático de localización de centros de ayuda y ruteo de personal especializado para la atención de población vulnerable ante desastres por inundación.	LHD
<b>T096</b>	Selección de cartera de proyectos con calendarización: un enfoque evolutivo.	OHM
<b>T078</b>	Distribución de ayuda humanitaria incluyendo accesibilidad como medida de desempeño.	LHD
<b>T013</b>	Ecodiseño de centrales fotovoltaicas a gran escala combinado optimización multi-objetivo y análisis multicriterio.	IORN

Sesión paralela 3: Logística y cadena de abastecimiento		Áreas
Moderador Resumen	<b>MERCEDES PEREZ VILLAFUERTE</b>	
<b>T007</b>	Estado del Arte de los Diferentes Modelos de Transporte más Utilizados en la Cadena de Suministro en la Industria Automotriz.	ALT
<b>T024</b>	Diseño de territorios para la recolección de residuos sólidos en áreas municipales.	ALT
<b>T047</b>	Rediseño de un embalaje de material automotriz que permite disminución de costos para el transporte e inventario.	ALT
<b>T082</b>	Modelado de un proceso de asignación de citas en una terminal de contenedores.	ALT

Sesión paralela 4: Optimización y análisis de decisión		Áreas
Moderador Resumen	JORGE CERECEDO CORDOBA	
<b>T038</b>	Optimización bi-objetivo de una cadena de suministro de 3 niveles con demanda estocástica.	OMM
<b>T057</b>	Maximización del hipervolumen utilizando el método de Newton para resolver problemas de optimización multiobjetivo.	OMM
<b>T040</b>	Formación de grupos de proveedores logísticos de terceras y cuartas partes enfocados a la logística humanitaria ante una inundación costera.	LHD
<b>T070</b>	Algoritmos evolutivos multiobjetivos con regiones de interés: una evaluación empírica.	OMM
<b>T034</b>	Una herramienta de decisión multicriterio para evaluar la competitividad de los destinos turísticos en el noroeste de México.	AD

Sesión paralela 4: Optimización y análisis de decisión		Áreas
Moderador Resumen	FANNY MALDONADO NAVA	
<b>T044</b>	Una metodología para el diseño de nuevos productos basada en las preferencias del consumidor: estudio caso.	AD
<b>T077</b>	Aplicación de una variante del método Electre TRI-NB a la evaluación de proyectos de investigación-desarrollo.	AD
<b>T058</b>	Optimización multiobjetivo para el eco-diseño de cadenas de suministro agroindustriales.	ALT
<b>T091</b>	Un algoritmo voraz iterativo con búsqueda por entornos descendente para la localización y asignación de servicios de diagnóstico médico en redes de hospitales públicos.	OHM

Sesión paralela 5: Optimización continua, discreta y heurística		Áreas
Moderador Resumen	ALAN AGUIRRE LAM	
<b>T001</b>	Propuesta heurística para imprimir portadas a costo mínimo.	H
<b>T017</b>	Nueva partición del espacio de los problemas de la programación lineal Semi-Infinita Continua.	OC
<b>T055</b>	Resolución de problemas de optimización por medio de algoritmos meméticos basados en búsquedas locales sin gradiente.	OC
<b>T016</b>	Generación de columnas para el problema de formación de células de manufactura considerando la secuencia de las operaciones.	OD
<b>T049</b>	Un problema bi-objetivo de ruteo de vehículos centrado en el cliente con enfoque medioambiental.	OD

Sesión paralela 5: Optimización continua, discreta y heurística		Áreas
Modera dor Resumen	<b>JAVIER RANGEL GONZALEZ</b>	
<b>T005</b>	Herramientas lagrangianas para la optimización de costos logísticos de materiales importados desde Asia.	OHM
<b>T008</b>	Algoritmo bean-search para el problema bin-packing bi-dimensional con piezas irregulares y cortes de guillotina.	OHM
<b>T027</b>	Solución del problema de cobertura de rutas con múltiples vehículos mediante un operador de programación dinámica.	OHM

Sesión paralela 6: Optimización heurística y metaheurística		Áreas
Modera dor Resumen	<b>EDUARDO RODRIGUEZ DEL ANGEL</b>	
<b>T028</b>	Búsqueda tabú para construir diseños sobresaturados E(S2)-óptimos y mini-max-óptimos.	OHM
<b>T033</b>	El problema de calendarización job-shop flexible con recursos renovables.	OHM
<b>T045</b>	Ajuste automático de los parámetros de un algoritmo genético con controladores difusos.	OHM
<b>T046</b>	Método GRSA evolutivo para la predicción de la estructura nativa de proteínas.	OHM
<b>T051</b>	Máquinas de soporte vectorial para la predicción eficiente de series de tiempo financieras de la BMV con sintonización de parámetros en línea y en cómputo paralelo.	OHM

Sesión paralela 6: Optimización heurística y metaheurística		Áreas
Modera dor Resumen	<b>DANIEL MARTINEZ VEGA</b>	
<b>T056</b>	Recocido simulado paralelo para el problema de calendarización job-shop.	OHM
<b>T067</b>	Un híbrido entre sistema de hormigas y búsqueda armónica para resolver el problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo (VRP-TW).	OHM
<b>T075</b>	Aplicación de técnicas de teoría de control para la sintonización de parámetros de algoritmos heurísticos.	OHM
<b>T076</b>	Algoritmo multiquenching poblacional paralelo para doblado de proteínas.	OHM



Jueves 27 de Octubre de 2016

Sesión paralela 7: Optimización multicriterio y educación		Áreas
Moderador Resumen	MARIO LOPEZ LOCES	
<b>T080</b>	Pronóstico de series de tiempo financieras utilizando recocido simulado y SVR.	OHM
<b>T081</b>	Arquitectura para framework de optimización para apoyo a la toma de decisiones.	OHM
<b>T085</b>	Algoritmo híbrido paralelo para la selección y calendarización de cartera de proyectos de gran escala.	OHM
<b>T088</b>	Algoritmo híbrido paralelo para la solución del problema de selección de cartera de proyectos mediante la asignación de recursos.	OHM
<b>T041</b>	Resolviendo el problema de calendarización de tareas en sistemas de cómputo heterogéneo con un algoritmo de ramificación y poda multiobjetivo.	OMM
<b>T048</b>	Un operador de vecindades para problemas de optimización multi-objetivo continuos.	OMM
<b>T087</b>	Apoyo a la decisión multicriterio mediante un enfoque interactivo con incorporación de preferencias en procesos de optimización de cartera de proyectos públicos.	OMM
<b>T100</b>	Herramientas colaborativas visuales como estrategia de enseñanza de la investigación de operaciones para estudiantes de mercadotecnia y negocios del CUCEA.	IOE

Sesión paralela 8: Optimización, transporte y minería de datos		Áreas
Moderador Resumen	ENITH MARTINEZ CRUZ	
<b>T089</b>	Adaptación de un algoritmo de agrupación mono-objetivo a multi-objetivo usando caracterización del desempeño.	OMM
<b>T094</b>	Un enfoque evolutivo para incorporar las preferencias del tomador de decisiones a través de clasificación multicriterio.	OMM
<b>T103</b>	Modelo de optimización multicriterio para distribución de ayuda considerando daños en la infraestructura.	OMM
<b>T022</b>	Propuesta para la recolección de residuos sólidos urbanos en área oriente de la zona norte del municipio de Nezahualcóyotl.	TR
<b>T042</b>	Un problema abierto de enrutamiento de vehículos con múltiples depósitos, restricciones de capacidad y ventanas de tiempo.	TR
<b>T063</b>	Algoritmos heurísticos para el problema dinámico de rutas de vehículos centrado en el cliente.	TR
<b>T074</b>	Un modelo matemático y un procedimiento metaheurístico para el problema de los k-reparadores.	TR
<b>T091</b>	Evaluación numérica del desempeño de algoritmos de clusterización .	DMA

Sesión paralela 9: Localización, planeación y simulación		Áreas
Moderador Resumen	LEONOR HERNANDEZ RAMIREZ	
<b>T019</b>	Analizando cotas válidas para el problema binivel de localización de plantas con capacidades.	LI
<b>T052</b>	Algoritmo híbrido GRASP-Tabú para el problema de máxima cobertura con múltiples recursos.	LI
<b>T036</b>	Un modelo y un algoritmo metaheurístico aplicados a un caso real de secuenciación de tareas con ensamblado.	PSM
<b>T083</b>	Simulación del proceso de exámenes de laboratorio clínicos basado en Lean Manufacturing.	S
<b>T004</b>	Localización dinámica de puntos móviles y localización fija para negocios de giro alimenticio.	LI
<b>T014</b>	Un algoritmo genético para un problema de localización de instalaciones capacitadas con ordenamiento de los clientes.	LI

Viernes 28 de Octubre de 2016

Sesión paralela 10: Inventarios y aplicaciones		Áreas
Moderador Resumen	LEMUEL RODRIGUEZ MOYA	
<b>T009</b>	Análisis prescriptivo en manufactura: Modelos de aceptación de pedidos.	PSM
<b>T053</b>	Metro y Metrobús: análisis de la robustez y propuestas para su aumento.	IOS
<b>T020</b>	Un modelo de inventarios para un producto que se deteriora considerando la demanda dependiente del precio y nivel de inventario con faltantes parciales y totales, y con dos niveles de crédito.	I
<b>T021</b>	Un modelo de inventarios para un artículo que se deteriora considerando diferentes patrones de demanda dependiente del precio, distintas políticas de faltantes y dos niveles de crédito para el pago del lote.	I
<b>T015</b>	Modelos y algoritmos de programación entera para la solución del problema de intercambio de riñones.	IOMS
<b>T068</b>	Problema de optimización de Peaje: formulación binivel y solución heurística.	OMM

Sesión paralela 11: Redes y optimización multicriterio		Áreas
Moderador Resumen	<b>MAYRA HERNANDEZ GUERRERO</b>	
<b>T093</b>	Análisis de modelos de caracterización de argumentos de un tomador de decisiones para sistemas de recomendación.	OMM
<b>T025</b>	Gestión de inventario para un problema de transbordo utilizando flujo en redes.	RG
<b>T084</b>	Aplicación del enfoque gris al problema de cartera de proyectos.	AD
<b>T035</b>	Un enfoque para la exploración local de problemas discretos con muchos objetivos.	OMM
<b>T073</b>	Cómputo del conjunto soluciones para problemas de optimización multi-objetivo.	OMM

Sesión paralela 12: Localización, planeación y aplicaciones		Áreas
Moderador Resumen	<b>JAVIER GONZALEZ MANCHA</b>	
<b>T003</b>	Diseño del Sistema de Rutas de Recolección de Residuos Solidos Urbanos (RSU) en las Principales Localidades del Municipio de Bacalar, Quintana Roo.	TR
<b>T090</b>	Desarrollo de esquemas de argumentación para sistemas de recomendación en toma de decisiones.	OMM

Sociedad Mexicana de  
**Investigación**  
de Operaciones

# Conferencias Plenarias

Sociedad Mexicana de  
Investigación  
de Operaciones

## **Panorama de los métodos de clasificación-evaluación multicriterio basados en relaciones de no-inferioridad**

### **RESUMEN**

Clasificar es asignar objetos, acciones, alternativas a clases (categorías) pre-existentes. Si los elementos a calificar están caracterizados por múltiples criterios y si las categorías obedecen a un orden preferencial, se está en presencia de un problema de evaluación multicriterio. De los tres principales paradigmas de la decisión multicriterio, la plática se concentra en el enfoque relacional sustentado por la tendencia europea de Multi-Criteria Decision Aid. Partiendo de una diferenciación taxonómica, se brinda un panorama de un grupo representativo de los métodos que abordan el problema de clasificación/evaluación multicriterio, se describen sus fortalezas y debilidades y se exponen elementos para una comparación de los mismos.

**Conferencista: Dr. Eduardo René Fernández González**



Realizó estudios de licenciatura en la Universidad de la Habana y de doctorado en la Universidad Tecnológica de Poznan, Polonia (1987).

Desde 1998 ha sido académico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS).

Ha dirigido numerosas tesis de doctorado y maestría en el área de modelos matemáticos y sistemas de apoyo a la toma de decisiones, su área de interés científico principal. Seis de los que fueron sus estudiantes de doctorado son miembros del Sistema Nacional de Investigadores en los niveles Candidato, 1 y 2.

Ha logrado un centenar de publicaciones en forma de artículos, libros y capítulos de libros. De ellas 53 corresponden a revistas con estricto arbitraje.

En tres ocasiones (1996, 2005 y 2011) fue nominado como finalista del premio “OR for Development” que otorga cada tres años la Federación Internacional de Sociedades de Investigación de Operaciones (IFORS) al mejor trabajo del área realizado en los países en vías de desarrollo.

En noviembre de 2010 recibió el Premio Sinaloa de Ciencia y Tecnología.

Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde el año 2002. En la convocatoria 2009 fue promovido al nivel 3 del Sistema, y ratificado como tal en 2014.

## Distribución electoral RESUMEN

Perteneciente en principio al ámbito de las ciencias políticas, la distribución electoral es el proceso de repartir un territorio en un número conocido de distritos electorales en los que se lleva a cabo una elección. Aunque todo el mundo concede que este proceso debe ser guiado por principios básicos de igualdad y democracia, es innegable su inherente dosis de subjetividad. Con objeto de aportar sustento científico a la elaboración de mapas distritales, desde hace medio siglo se ha publicado en la literatura especializada una gran variedad de modelos y algoritmos de optimización combinatoria; en esta plática comentamos algunos, haciendo énfasis en los retos del caso mexicano.

### Conferencista: Dr. David Romero



David Romero es Ingeniero Civil por la UNAM. Obtuvo el certificado de Computadoras Electrónicas y Tratamiento Automático de la Información en la Universidad de Lieja, Bélgica.

La Universidad de Grenoble, Francia, le otorgó el Diploma de Estudios a Profundidad (D.E.A.), en Matemáticas de la Investigación de Operaciones, así como el Doctorado de 3er ciclo, Matemáticas Aplicadas, opción Investigación de Operaciones.

Fue director general en el INEGI, México, y jefe de la Unidad Cuernavaca del Instituto de Matemáticas de la UNAM.

Ha impartido cursos de posgrado en las siguientes instituciones: UNAM, CINVESTAV-IPN, ITAM, Tecnológico de Monterrey, Universidad de Grenoble en Francia, Universidad de Ottawa en Canadá, Universidad Veracruzana, Universidad Autónoma del Estado de Morelos y el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero en Tamaulipas.

Actualmente es investigador en el Instituto de Matemáticas de la UNAM en Cuernavaca, Morelos. Miembro regular de la Academia Mexicana de Ciencias y tiene nivel III en el Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT.

Cuenta con un número notable de publicaciones y citas a sus trabajos, incluyendo las de Kenneth Arrow, galardonado con el Premio Nobel en Economía en 1972.

Sus áreas de interés son la teoría y las aplicaciones de la Investigación de Operaciones y de la Combinatoria.

David Romero ha participado en proyectos relevantes que requieren el desarrollo de modelos matemáticos y algoritmos de optimización para dar sustento científico a la toma de decisiones en diversas instituciones públicas y privadas de México.

## **Investigación de operaciones, business analytics y el futuro de la toma de decisiones cuantitativa.**

### **RESUMEN**

Esta plática va dirigida a alumnos de pregrado, posgrado, profesores y profesionales de la toma de decisiones cuantitativa, con el objetivo de darles un marco de referencia histórico del área, establecer las diferencias y semejanzas entre: Investigación de Operaciones (Operations Research), Ciencias Administrativas (Management Science) y Business Analytics. Se comentarán algunas aplicaciones, modelaciones y algoritmos de Business Analytics más recientes que han hecho diferencias significativas en la industria. La plática concluirá con la discusión de las habilidades, conocimientos y actitudes que un especialista en la toma de decisiones cuantitativas debe dominar para crear valor en el mundo actual globalizado.

### **Conferencista: Dr. Federico Trigos Salazar**



Es doctor en Ingeniería Industrial por Georgia Institute of Technology (1993). A nivel maestría obtuvo tres grados: Maestría en Finanzas por la EGADE Business School (2013); Maestría en Ingeniería Industrial por Georgia Institute of Technology (1991) y Maestría en Investigación de Operaciones por el Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey (1988). Realizó estudios de Ingeniería Industrial y de Sistemas en el Tecnológico de Monterrey, Campus Toluca (1986).

El CONACYT le ha otorgado el reconocimiento de SNI I, vigente a partir de 2017.

El Dr. Trigos ha sido profesor invitado e impartido cursos de posgrado en la Iowa State University, la Southern Illinois University en Edwardsville y en las oficinas de Ecuador y Perú del Tecnológico de Monterrey. Tiene el reconocimiento de International Faculty Fellow en el Massachusetts Institute of Technology.

Es profesor de tiempo completo de la EGADE Business School Monterrey y ha ocupado diversos cargos, como director de la versión internacional del programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas (BIE), director de la Maestría en Ingeniería Industrial, director de Estudios de Posgrado e Investigación y director del programa de Doctorado en Ingeniería Industrial.



## Covering arrays: una alternativa para la prueba de componentes de software

### RESUMEN

Los componentes de software presentan errores en su funcionalidad que típicamente son debidos a un deficiente proceso de pruebas de software. Recientemente se ha identificado que un porcentaje muy alto de los errores que presenta un componente de software se debe a interacciones entre unas pocas variables de entrada del componente. En este sentido una alternativa a una prueba exhaustiva (que pruebe todas las combinaciones de valores de las variables de entradas) es un conjunto de pruebas que garanticen que las interacciones de un cierto tamaño de las variables de entrada se prueben al menos una vez. El objeto matemático que garantiza una máxima cobertura de las interacciones con una mínima cardinalidad es un COVERING ARRAY (CA). En esta charla se introduce el cómo construir CAs y cómo usarlos en las pruebas de componentes de software.

#### Conferencista: Dr. José Torres Jiménez



Doctor en Ciencias de la Computación por el ITESM Campus Morelos (1997). Es investigador del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), unidad Tamaulipas.

Sus temas de investigación son: Optimización combinatoria, Bases de datos y Covering Arrays.

Ha trabajado por más de una década en la creación de covering arrays para el diseño óptimo de experimentos, ya que pueden construirse funciones relacionadas con criptografía, seguridad, corrección y detección de errores en software y hardware.

El doctor Torres ha desarrollado covering arrays para diversas compañías, como International Security Business Austria (SBA), localizada en Viena, Austria, con la idea de crear casos de prueba para detectar virus troyanos en hardware porque, en el caso de algunos de sus componentes, cuando salen de la fábrica en el camino pueden ser reemplazados y modificar sus circuitos, dejándolos vulnerables. También colaboró con SVAM International, una compañía de desarrollo de software que tiene sedes en India, Estados Unidos y México



## OPTEX: un nuevo paradigma en tecnologías de información

### RESUMEN

DO ANALYTICS LLC propone una nueva forma de generar software de optimización, el cual tradicionalmente involucra la implementación de un programa “ejecutable” para cada modelo. Desde su nacimiento en 1991, OPTEx es concebido como un robot (un sistema experto) que permite el desarrollo de “todos” los modelos matemáticos requeridos en un solo ambiente de trabajo. OPTEx es capaz de generar modelos basados en programas de bajo nivel como C, o de alto nivel basados en lenguajes algebraicos como GAMS, AIMMS, IBM ILOG OPL, etc. OPTEx asegura tiempos mínimos de implementación, tiempos de cálculo competitivos y portabilidad de los modelos matemáticos.

Usando OPTEx, la formulación algebraica de los modelos matemáticos es almacenada en un sistema de información relacional, o sea en un Sistema de Información de Modelos Matemáticos (MMIS, por su sigla en inglés), por lo que las tablas que componen el MMIS pueden ser cargadas por cualquier manejador de bases de datos.

Una de las más grandes ventajas de este enfoque, es que minimiza el tiempo de desarrollo de los modelos matemáticos que pueden ser implementados rápidamente, por expertos diseñadores de modelos matemáticos que no requieren conocimiento más profundo en: i) lenguajes de programación de optimización, ii) sentencias del Lenguaje de Consulta Estructurado (SQL, por su sigla en inglés) para conectar las bases de datos y iii) lenguajes de programación para hacer el despliegue de datos; evitando gastos de esta manera.

Esto hace de OPTEx una rápida meta-plataforma de cómputo orientada al diseño, implementación, puesta en marcha y mantenimiento de DSSs (Decision Support Systems) basados en la filosofía de desarrollo concurrente en tiempo real. Por lo tanto, reduce el trabajo de desarrollo de programas de cómputo a un mínimo (tal vez cero). Esto se traduce en la inmediata disponibilidad de adiciones y/o cambios en los modelos, entonces el tiempo puede ser utilizado de manera más efectiva en procesos de elaboración de modelos matemáticos y en el diseño de la interface de DSSs con otras herramientas de la organización de usuario como ERP, WMS, etc.

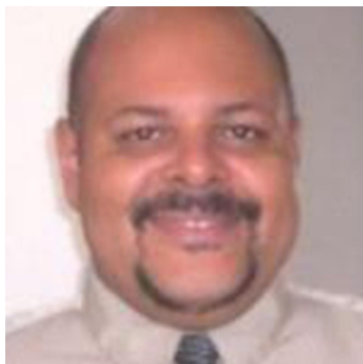
### Expositor: Dr. Jesús María Velásquez Bermúdez



Emprendedor en la Programación Matemática y Evangelista. Jefe de científicos de DO ANALYTICS LLC y la DecisionWare International Corp. Creador del Sistema de Modelado Matemático OPTEx, una herramienta informática que genera Sistemas de Apoyo a la Decisión en muchas plataformas tecnológicas como IBM ILOG, GAMS, AMPL, MOSEL, AIMMS. Creador de OPCHAIN, una colección de soluciones especializadas basada en modelos matemáticos, para optimizar la cadena de valor en: cadenas de suministro generales agroindustriales, sistemas de transporte, sistemas de energía

(petróleo, gas, electricidad), sistemas a la medida, sistemas de logística bancaria, planificación regional de minas. Ingeniero consultor con más de 40 años de experiencia en gestión de proyectos en modelado matemático, sistemas de información y automatización industrial para grandes compañías en varios países. Doctor en Ingeniería de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia (2006). Ingeniero industrial y Magister Scientiarum de la Universidad de Los Andes (Colombia, 1975). Estudios de posgrado en Planeación e Ingeniería de Recursos del Hídricos (Universidad Simón Bolívar, Caracas) y en Economía (Universidad de Los Andes). Recibió los reconocimientos LOGYCA a la Excelencia en Innovación y Logística en el año 2006 concedido por GS1-Colombia y ACOLOG a la Investigación en Logística (2006), premio ACIEM-ENERCOL a la Ingeniería Colombiana (1998), ALBERTO LEON BETANCOURT en Investigación de Operaciones (1986). Presidente de la Sociedad Colombiana de Investigación de Operaciones (2000-2006). Vicepresidente de la Asociación Latino Ibero Americana de Investigación de Operaciones (2004-2008). Miembro por Colombia del Comité Ejecutivo de la Federación Internacional de Sociedades de Investigación de Operaciones (2002). Coordinador de conferencias del XIV Congreso Latino-Ibero-Americano en Investigación de Operaciones (2008).

**Expositor: Dr. Fernando López Irarragorri**



Licenciado en Matemáticas por la Universidad Friedrich Shiller, Alemania, 1989. Master en Matemáticas Computacionales, también por la Universidad Friedrich Shiller, Alemania, 1989. Es doctor en Ciencias Técnicas por CUJAE, Cuba, 1998.

Sus principales líneas de investigación son Apoyo a la Decisión Multicriterio y Sistemas de Apoyo a la Decisión.

Actualmente cuenta con la distinción de Investigador Nacional Nivel I otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Trabajó en CUJAE, Cuba, desde 1989 hasta 2002. Labora en la Universidad Autónoma de Nuevo León en México, en el programa de posgrado en Ingeniería de Sistemas, desde 2005 hasta el presente.



# **Sesiones Paralelas Resúmenes de Trabajos**

Sociedad Mexicana de  
Investigación  
de Operaciones



**Miércoles 26 de Octubre de 2016**

Sociedad Mexicana de  
**Investigación**  
de Operaciones



# Sesión 1

Sociedad Mexicana de  
Investigación  
de Operaciones

## Modelado, optimización y aplicaciones



## Consistent conjectural variations equilibrium coincides with that of nash in the meta-game

*Nataliya Kalashnykova, José Guadalupe Flores Muñiz, Viacheslav Kalashnikov, Mariel Leal Coronado*

FCFM, Universidad Autónoma de Nuevo León, Tecnológico de Monterrey, San Nicolás de los Garza,  
Nuevo León, México

[nkalash2009@gmail.com](mailto:nkalash2009@gmail.com)

**Palabras clave:** Consistent conjectural variations equilibrium (CCVE), Nash equilibrium, meta-game

### RESUMEN

We investigate the properties of consistent conjectural variations equilibrium developed for a single-commodity oligopoly. Although, in general, the consistent conjectures are distinct from those of Cournot-Nash, we establish the following remarkable fact. Define a meta-game as such where the players are the same agents as in the original oligopoly but now handling the conjectures as their strategies. Then the consistent conjectures of the original oligopoly game provide for the Cournot-Nash optimal strategies for the meta-game. After the mathematical model is described, the concept of exterior equilibrium (i.e., the conjectural variations equilibrium (CVE) with the influence coefficients fixed in an exogenous form) is defined. The existence and uniqueness theorems for this kind of CVE are established. Then a more advanced concept of interior equilibrium is introduced, which is determined as the exterior equilibrium with consistent conjectures (influence coefficients). The consistency criterion, its verification procedure, and the existence theorems for the interior equilibrium are also formulated. Next, the main results of this work asserting that the consistent conjectural equilibrium in the original oligopoly produces the classical Cournot-Nash equilibrium in the meta-game is proven. Finally, an application of the main result to finding a consistent CVE in a portfolio optimization model is demonstrated.

## Packing unequal circular objects in a rectangular container

*Igor Litvinchev, Daniel Mosquera, Lucero Ozuna*

Universidad Autónoma de Nuevo León, Guadalupe, Nuevo León, México

[luceroozuna@gmail.com](mailto:luceroozuna@gmail.com)

**Palabras clave:** Circle packing, integer programming, large scale optimization

### RESUMEN

A problem of packing a limited number of unequal circular objects in a fixed size rectangular container is considered. The circular object is considered in a general sense, as a set of points that are all the same

distance (not necessary Euclidean) from a center. The aim is to maximize the (weighted) number of objects placed into the container or minimize the waste. This problem has numerous applications in logistics, including production and packing for the textile, apparel, naval, automobile, aerospace and food industries. Frequently the problem is formulated as a nonconvex continuous optimization problem which is solved by heuristic techniques combined with local search procedures. We study a linear integer programming formulation based on approximating container by a regular grid. The nodes of the grid are considered as potential positions for assigning centers of the objects thus giving rise to a large scale linear 0-1 optimization problem with binary variables representing the assignment of centers to the nodes of the grid. Recursive packing allowing nesting circles inside one another is also considered. Numerical results are presented to demonstrate the efficiency of the proposed approach.

## Modelo matemático para la selección de cartera de proyectos bajo incertidumbre

*Nancy Maribel Arratia Martínez, Fernando Lopez Irarragorri, Rafael Caballero Fernández*

Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México

Universidad de Málaga, Málaga, España

[nancyamtz@gmail.com](mailto:nancyamtz@gmail.com)

**Palabras clave:** Selección de cartera de proyectos, Proyectos de investigación y desarrollo, Proyectos bajo incertidumbre

### RESUMEN

La selección de cartera de proyectos consiste en elegir un conjunto de proyectos que optimicen ciertas medidas de impacto designadas por el tomador de decisiones respetando restricciones de disponibilidad de recursos dentro de un horizonte de planeación. Uno de los principales desafíos de esta problemática es lidiar con información imprecisa o bajo incertidumbre. La metodología de solución que se propone incorpora un algoritmo multiobjetivo y la construcción de un modelo matemático que permite identificar el conjunto de carteras eficientes. En este trabajo, se presenta el modelo matemático para la selección de cartera de proyectos donde se modela la información imprecisa asociada al presupuesto disponible y a la estimación de recursos necesarios mediante números difusos triangulares. Para esto, se define el nivel de seguridad del tomador de decisiones sobre la estimación de los valores imprecisos. Además se emplea una técnica de ranking de números difusos para transformar aquellas desigualdades con coeficientes difusos. Asimismo se presentan resultados donde se obtiene una frontera de Pareto con las posibles carteras de proyectos para cada nivel de seguridad del tomador de decisiones. Y en general, las carteras obtenidas con un cierto nivel de seguridad dominan a aquellas con un menor nivel de seguridad.

## Un modelo con incertidumbre para el problema de planeación de transporte urbano

*Paulina Alejandra Avila Torres, Fernando López Irarragorri, Rafael Caballero Fernández*

Universidad Autónoma de Nuevo León, Escobedo, Nuevo León, México

Universidad de Málaga, Málaga, España

[pau.aleavila@gmail.com](mailto:pau.aleavila@gmail.com)

**Palabras clave:** Planeación Transporte Urbano, Optimización multiobjetivo, Programación Matemática Difusa

### RESUMEN

El problema de la planeación del transporte urbano está dividido en actividades: Diseño de la red, Tabla de tiempos, Programación de vehículos y Programación de personal; generalmente ejecutadas de forma secuencial. El problema que se trata aquí es acerca de la integración del cálculo de frecuencia y la

construcción de la tabla de tiempos. Considerando: planeación multiperiodo, sincronización multiperiodo, sistema multimodal, además se compara el caso con incertidumbre en demanda e incertidumbre en demanda y tiempo. El objetivo es minimizar el costo total de operación, incluye un costo fijo y variable, maximizar el número de sincronizaciones y minimizar el tiempo de espera. Algunas de las sincronizaciones que se consideran son: 1) Satisfacción de la demanda; 2) Políticas de tiempo de cabecera y 3) Sincronización de viajes. Para trabajar con la incertidumbre se utiliza números triangulares difusos y se implementó el método k-preferencia para compararlos. Se realizó experimentación con un grupo de instancias generadas de manera aleatoria. Se implementó el método SAUGMECON para resolver el problema. Al comparar ambos problemas, se observó que las soluciones del problema con incertidumbre en demanda y tiempo son mejores que las obtenidas para el problema con incertidumbre en demanda.

## **Análisis logístico de los movimientos de granos; las tarifas ferroviarias y los posibles efectos de una mayor competencia**

**Omar Ahumada Valenzuela**

Universidad de Occidente, Culiacán, Sinaloa, México

[omar.ahumada@udo.mx](mailto:omar.ahumada@udo.mx)

**Palabras clave:** Logística agroalimentaria, Transporte, Ferrocarril

### **RESUMEN**

Primeramente, describimos la logística de movilización de los granos consumidos en el país, tanto para consumo humano como el uso pecuario. En segundo lugar, analizando información pública, encontramos que las tarifas ferroviarias para la movilización de granos en el país, no son tan competitiva como la ofrecida a los productos a los granos importados de Estados Unidos. En esta presentación analizamos los primeros resultados de los posibles efectos de una mayor competencia en las tarifas ferroviarias, tanto para la competitividad de los productores nacionales, como para la rentabilidad de sus productos.

## **Evaluación económica de dos sistemas de calentamiento para agua usando un modelo de simulación en @risk**

**Marco Antonio Montufar Benítez**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Mixquiahuala, Hidalgo, México

[montufar@uaeh.edu.mx](mailto:montufar@uaeh.edu.mx)

**Palabras clave:** Simulación, Ingeniería Económica.

### **RESUMEN**

**Objetivo:** Analizar la factibilidad económica bajo condiciones de riesgo de un sistema de calentamiento solar para agua.

**Metodología:** Con datos económicos y ambientales recopilados en los años 2014 y 2015 en el estado de Hidalgo (México), se compararon dos escenarios de calentamiento de agua para uso típico en hogares de dicha región, bajo el criterio del costo anual. El primero (determinista) consistió en analizar un sistema tradicional de calentamiento a base de gas LP, mientras que, en el segundo, consistió de un sistema de calentamiento solar. Los modelos de ambos escenarios toman en cuenta: costos de inversión, costos de operación y manteniendo valor de rescate pero en particular el segundo escenario considera la variabilidad aleatoria que representa la cantidad de días sin sol en dicha región, y se estudia mediante un modelo de simulación construido en @Risk.

**Conclusiones:** Sin importar los niveles de demanda de calentamiento de agua, los resultados mostraron un valor esperado del costo anual menor para el sistema solar, que para el sistema de calentamiento por gas LP, aun usando un sistema de financiamiento para solventar la inversión inicial.

## **An integrative network based approach for the prioritization of disease susceptible genes using a fuzzy outranking multi-criteria decision support method**

**Jesús Jaime Solano Noriega, Juan Carlos Leyva López, Fiona Browne**

Universidad de Occidente, Los Mochis, Sinaloa, México

Ulster University, United Kingdom

[jaime.solano@udo.mx](mailto:jaime.solano@udo.mx)

**Palabras clave:** Disease gene prioritization, multi-criteria decision support, fuzzy outranking relations

### **RESUMEN**

Identification of disease progression and disease genes associated with physiological disorders is a fundamental task in the analysis of complex diseases. Diseases are often polygenic and multifactorial in nature and can present with different genetic perturbations in patients. Recent years have witnessed the systematic investigation of complex disease through the application of high-throughput experimental technologies and the development of centralized databases. These experimental “omic” platforms target the comprehensive analysis of genes (genomics), mRNA (transcriptomics), proteins (proteomics), and metabolites (metabolomics). Such research has been essential in: (i) advancing the knowledge of biological systems; (ii) understanding, predicting, diagnosing and monitoring diseases; (iii) discovering biomarkers; and (iv) identifying drug targets. However, translation of relevant prognostic markers identified by those experiments into clinical tools for personalized patient treatment has been slow due to issues such as the reproducibility and validity of findings across studies, unfocused study design and inappropriate selection and application of statistical techniques. In addition, experimental validation of large lists of candidate genes lists returned from experimental techniques (using data obtained from individual platforms) are time-consuming, expensive and insufficient to fully characterize complex biological systems. The challenge to be faced nowadays is the development of efficient computational-based methodologies to prioritize these gene lists and address the limitations of single platforms. This paper presents a general framework to integrate omic data for the prioritization of disease genes. A novel application of the multi-criteria decision support system SADAGE is implemented to rank a set of candidate disease gene alternatives derived from the framework. SADAGE uses the ELECTRE III methodology to construct a fuzzy outranking relation, and a genetic algorithm or a multiobjective evolutionary algorithm to obtain a recommendation. A Case Study based on Ovarian Cancer (OV) disease progression is presented to demonstrate the application of the framework. In the final prioritized lists obtained in this case study a total of 11 interesting genes were identified using the proposed framework and ranking approach. From such identified set of genes, two of them are in the list of the 35 known ovarian cancer genes presented in the Online Mendelian Inheritance in Morbid Map dataset.

## Algoritmo genético multiobjetivo de desagregación de preferencias del consumidor para identificar parámetros del método electre

*Juan Carlos Leyva López, Pavel Anselmo Alvarez Carrillo*

Universidad de Occidente, Culiacán, Sinaloa, México

[jclevalopez@yahoo.com.mx](mailto:jclevalopez@yahoo.com.mx)

**Palabras clave:** Desagregación de preferencias, NSGA-II, ELECTRE

### RESUMEN

El presente trabajo expone un algoritmo evolutivo que optimiza un modelo multiobjetivo para inferir los parámetros intercriterios del método ELECTRE-III. El algoritmo genético utiliza un enfoque de agregación de preferencias, utilizando como conjunto de referencias del consumidor, el ordenamiento de un conjunto de productos del mismo tipo. El modelo infiere las preferencias del consumidor considerando el grado de satisfacción del consumidor hacia atributos de una misma variedad de productos. Con ello, el algoritmo genético genera como resultado el conjunto de pseudo-criterios; pesos ( $w$ ), umbral de indiferencia ( $q$ ), umbral de preferencia ( $p$ ) y umbral de veto ( $v$ ) que corresponden a parámetros de entrada del método ELECTRE. El problema de inferir los cuatro pseudo-criterios no ha sido atendido por enfoques similares. Sin embargo, los valores de los parámetros resultantes por el algoritmo propuesto, permiten generar un ordenamiento idéntico al proporcionado por el consumidor. Esto indica que las preferencias del consumidor pueden ser modeladas con el método de sobre clasificación, utilizando los valores de los parámetros intercriterios propuestos por el algoritmo evolutivo. Los parámetros intercriterios reflejan las preferencias del consumidor, siendo estos valores los datos de entrada para generar el modelo preferencial. En ese sentido, es posible evaluar alternativas en nuevos escenarios donde se introducen productos similares o nuevos productos. Con ello, es posible estimar las preferencias del consumidor ante productos que no estaban incluidos en el escenario inicial.

## Modelo difuso para el análisis estratégico de decisiones de innovación

*Rafael Alejandro Espin Andrade, Liliana Guerrero Ramos, Manuel Medina Elizondo, Karla Elena*

*Araujo Morales, Julia María Medina Rodríguez*

Universidad de Occidente, Culiacan, Sinaloa, Mexico

[rafaelalejandroespinandrade@gmail.com](mailto:rafaelalejandroespinandrade@gmail.com)

**Palabras clave:** Logica Difusa Compensatoria, Logica Difusa Arquimediana Compensatoria, Teoría general de la Innovación. TRIZ, Análisis Estratégico. Toma de Decisiones.

### RESUMEN

El artículo propone un modelo difuso para el análisis estratégico y la toma de decisiones en la actividad de innovación, basado en Lógica Difusa Arquimediana Compensatoria. Se combinan en el modelo: 1) El enfoque SWOT OA, que integra a través del procesamiento de matrices difusas el análisis DAFO y el uso de mapas de objetivos y acciones. 2) Un modelo semántico que recoge las esencias de teorías y criterios consensuales acerca de la Innovación. Se ilustra el modelo a través de un ejemplo de diseño de un producto sencillo, usando el sistema Fuzzy Tree Studio. La Lógica Difusa Arquimediana Compensatoria integra dos sistemas lógicos con altos niveles de interpretabilidad, con el mismo comportamiento ordinal, y permite obtener evaluaciones de no refutabilidad y de argumentabilidad usando cada una de las lógicas que la componen. Sus niveles de interpretabilidad de acuerdo al lenguaje han permitido utilizar técnicas de Ingeniería del Conocimiento para crear el modelo a partir del análisis de la literatura y el criterio de expertos.



# Sesión 2

## Estadística, computación y aplicaciones

Sociedad Mexicana de Investigación de Operaciones



## Un algoritmo constructivo para la estimación de múltiples puntos de cambio

**Jorge Arturo Garza Venegas, Víctor Tercero Tercero Gómez, Alvaro Eduardo Cordero Franco**

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey  
Universidad Autónoma de Nuevo León, Escobedo, Nuevo León, México

[jorge.garza.mty@itesm.mx](mailto:jorge.garza.mty@itesm.mx)

**Palabras clave:** Múltiples puntos de cambio, Prueba de hipótesis, MLE

### RESUMEN

El análisis de punto de cambio (CPA) es el estudio de los cambios estructurales que ocurren en una serie de observaciones; mientras que el problema de determinar una estimación del momento cuando el cambio ocurrió es llamado problema de punto de cambio. El problema de múltiples puntos de cambio tiene dos etapas: (1) la estimación del número de cambios que han ocurrido en la serie bajo análisis y (2) la estimación de la localización de dichos cambios. En este trabajo, proponemos un enfoque de solución para el problema de múltiples puntos de cambio: aplicar una prueba de hipótesis para un solo punto de cambio de manera secuencial en cada sub-muestra de la serie hasta que no existan puntos significativos, para estimar el número de puntos de cambio en la serie. Además, cuando un punto es significativo, es estimado mediante su estimador de máxima verosimilitud (MLE). La metodología propuesta se evalúa mediante ejemplos numéricos: una serie de observaciones normales con cambios en la media y un conjunto de datos encontrados en la literatura: el "Nile River data set". Este enfoque puede ser útil al considerar múltiples cambios estructurales, que aparecen de forma recurrente en economía, hidrología, segmentación de ADN, etc.

## La transformación de puntajes normales secuenciales: un puente entre el control estadístico paramétrico y no paramétrico

**Víctor Gustavo Tercero Gómez, Alvaro Eduardo Cordero Franco, William Jay Conover**

Tecnológico de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México  
Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México  
Texas Tech University, Lubbock, Texas, EUA

[victor.tercero@itesm.mx](mailto:victor.tercero@itesm.mx)

**Palabras clave:** Pruebas secuenciales, monitoreo estadístico, series de tiempo.

### RESUMEN

El monitoreo estadístico de procesos con frecuencia requiere de procedimientos no paramétricos capaces de lidiar con situaciones donde no se puede asumir alguna distribución de probabilidad. Los métodos no paramétricos más poderosos usualmente involucran el uso de las jerarquías de los datos. Sin embargo, en el monitoreo en línea, la re-jerarquización que se necesita hacer con cada nueva observación puede volver el esfuerzo computacionalmente muy intenso. Esto llevó a la idea de la jerarquización secuencial, no obstante, las dificultades involucradas para obtener la distribución nula



correspondiente han sido consecuencia de su falta de popularidad. En esta presentación se muestra un nuevo procedimiento para reemplazar las jerarquías secuenciales por la *transformación de puntajes normales secuenciales* que son mutuamente independientes y asintóticamente distribuidos como normal estándar. De esta manera, los métodos tradicionales que asumen normalidad e independencia de las observaciones pueden utilizarse para en el análisis de observaciones no-normales. Tras una discusión de la teoría desarrollada, se presentan cuatro variantes de esta transformación a través de la presentación de casos reales. Los practicantes y académicos encontrarán estos resultados especialmente útiles para el desarrollo de procedimientos no paramétricos en el análisis de problemas nuevos y existentes donde los supuestos distribucionales no se cumplan.

## **Monitoreo de la volatilidad del ipc mexicano, utilizando el modelo de punto de cambio no-paramétrico**

**Elena Cristina Villanueva Guerra, Víctor Gustavo Tercero Gómez, Alvaro Eduardo Cordero Franco**

Tecnológico de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México  
Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México  
[cristina.villanueva.mty@itesm.mx](mailto:cristina.villanueva.mty@itesm.mx), [cristinavg53@gmail.com](mailto:cristinavg53@gmail.com)

**Palabras clave:** Cartas de Control No-paramétricas, Control Estadístico de Procesos, Volatilidad Financiera

### **RESUMEN**

La volatilidad en índices mercantiles es un fenómeno poco entendido que requiere ser estudiado. Por ejemplo, controlar esta volatilidad es una tarea difícil por la naturaleza compleja de los datos. El control estadístico de procesos (SPC, por sus siglas en inglés) cuenta con herramientas que pueden servir para el monitoreo de estos índices, detectar cambios y la posibilidad de identificar causas especiales de dichos cambios, incrementando el entendimiento del fenómeno. Las herramientas con las que cuenta el SPC para tratar estos datos son las cartas de control (CC). En esta investigación se utilizará una herramienta basada en el modelo de punto de cambio (CPM, por sus siglas en inglés) en su versión no-paramétrica, el cual resulta ser útil en la búsqueda de causas especiales de variación cuando no existe información a priori sobre la distribución de las observaciones. Como ejemplo ilustrativo, se presenta el caso del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) de la Bolsa Mexicana de Valores, donde se logra identificar a través de la significancia estadística cambios que coinciden con las últimas crisis económicas documentadas en el país, mostrando así la factibilidad del análisis propuesto.

## **Sistema de riego y fertilización mediante teledetección asistida por drones para el manejo agrícola**

**Deiby Andres Parra Gaviria, Yazmín A. Ríos Solís, Romeo Sanchez Nigeda**

Universidad Autónoma de Nuevo León, Tecnológico de Monterrey, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

[daparra@utp.edu.co](mailto:daparra@utp.edu.co), [yasmin.riosls@uanl.edu.mx](mailto:yasmin.riosls@uanl.edu.mx), [romeo.sanchez@gmail.com](mailto:romeo.sanchez@gmail.com)

**Palabras clave:** Sistemas Multiagentes, Ruteo de Vehículos, VANT

### **RESUMEN**

Tenemos una serie de vehículos aéreos no tripulados (VANT) y un área agrícola en la cual es necesario determinar sus condiciones físico-químicas para así optimizar su manejo antes, durante y después de la siembra. Los VANT se emplean tanto para realizar la inspección como las tareas (riego, fertilización y detección de plagas) mediante la toma y uso de imágenes espectrales. Los VANT presentan ciertas limitaciones: capacidad limitada de energía, altura máxima de vuelo, rango de alcance, entre otras; por

lo cual se hace necesario encontrar las condiciones adecuadas para la operatividad de estos. Para solucionar este problema utilizamos Sistemas Multiagentes en combinación de algoritmos de ruteo de vehículos para controlar el movimiento de los VANT a través del área definida. Al emplear los Sistemas Multiagentes, obtenemos un mejor desempeño en el campo de trabajo, ya que los VANT tienen una comunicación permanente entre ellos, la información se puede procesar en tiempo real, además de trazar la posible mejor ruta a seguir. Las decisiones se toman al instante, lo que representa un ahorro de costos tanto para los VANT como para el productor.

## **Neuroevolución aplicada en la predicción del punto de fusión en líquidos iónicos**

**Jorge Alberto Cerecedo Cordoba, Juan Javier González Barbosa, Jesús David Terán Villanueva**

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Ciudad Madero, Tamaulipas, México

[joalceco@gmail.com](mailto:joalceco@gmail.com)

**Palabras clave:** Líquidos iónicos, Neuroevolución.

### **RESUMEN**

La predicción de características físicas en compuestos químicos es de gran importancia para conocer sus propiedades con un ahorro de recursos al evitar su síntesis. En particular, la predicción de las características físicas de los líquidos iónicos es una de las actuales tendencias en investigación siendo foco de atención de diversos grupos de investigadores por las distintivas características y reducida toxicidad de los líquidos. Sus principales aplicaciones son como sustitutos de: catalizadores y solventes tradicionales. Al pensar en sus aplicaciones, es deseable conocer las características de los líquidos iónicos previas a su síntesis. Sin embargo, la predicción en torno a estos líquidos iónicos se dificulta porque presentan comportamientos no convencionales. Es por esto que se presenta el problema de la predicción de características de líquidos iónicos y en este sentido se presenta a las redes neuronales como una herramienta potente para resolver esta problemática. Específicamente enfocamos nuestra atención en la neuroevolución, donde el entrenamiento de la red neuronal requiere un preprocesamiento de las moléculas de los líquidos iónicos a estudiar para obtener una serie de descriptores moleculares empleando un software especializado. Posteriormente se empleará un algoritmo de optimización evolutiva para entrenar la red neuronal, permitiéndole escapar de óptimos locales.

## **Optimización multi-objetivo de un proceso de soldado de flama de aluminio**

**Alejandro Alvarado Iniesta, Jorge Limón Romero, Manuel Iván Rodríguez Borbón, Diego Tlapa Mendoza**

Universidad Autónoma de Baja California

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Baja California, México

[alejandro.alvarado@uacj.mx](mailto:alejandro.alvarado@uacj.mx)

**Palabras clave:** Optimización multi-objetivo, programación genética, procesos industriales

### **RESUMEN**

El presente trabajo presenta la optimización multi-objetivo de un proceso de soldado de flama de aluminio a través de un híbrido de programación genética y el algoritmo multi-objetivo NSGA-II. La

optimización se lleva a cabo para la fabricación de tanques para condensadores automotrices. Los objetivos a optimizar son: a cada condensador se le aplica una prueba de fuga, por lo tanto el objetivo es minimizar el valor de fuga en la unión soldada (calidad del producto); el segundo objetivo tiene que ver con el tiempo de ciclo del proceso, y el tercer objetivo está relacionado con costos de producción; es decir, el flujo de gas que se utiliza para el proceso de soldado. La programación genética se emplea para construir un modelo de sustitución del proceso. Adicionalmente, el algoritmo multi-objetivo de NSGA-II se utiliza para obtener el conjunto de soluciones óptimas de Pareto. Los resultados muestran que la metodología empleada es flexible y robusta ya que diferentes escenarios pueden ser considerados en base a las preferencias del tomador de decisiones en relación a la calidad del producto, tiempo de ciclo y costos de producción.

### **Modelo de control de inventarios utilizando la metodología two-bin system en la red hospitalaria de la ciudad de cali Colombia**

*Mario Alberto López Ramírez, Carlos Alberto Rojas Trejos, Julián González Velasco*

Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia

[mario.lopez@correounivalle.edu.co](mailto:mario.lopez@correounivalle.edu.co)

**Palabras clave:** Red hospitalaria, Control de inventarios, Modelo two-bin system.

#### **RESUMEN**

En el año 2015 y transcurso del año 2016 en la ciudad de Cali Colombia, se han presentado incidentes en la red hospitalaria debido a la renuncia de médicos asociados a hospitales de la ciudad. Entre las razones que llevaron a los médicos a rescindir sus contratos se encuentra la falta de insumos debido a la inadecuada planificación del inventario, los cuales son de suma importancia para atender las necesidades de los pacientes del área de urgencias. Actualmente el control de inventario es realizado en la mayoría de los casos por el personal administrativo, generalmente por enfermeros jefes, los cuales de forma empírica controlan el inventario actual y generan las requisiciones de compra correspondientes. Lo anterior conlleva a que se generen agotados de insumos básicos lo cual genera dificultades en el servicio médico y ponga en riesgo la vida de los pacientes. El modelo propuesto está basado en el control de inventarios bajo la metodología two-bin system de tal forma que contribuya a minimizar la cantidad de agotados de insumos y que la reposición del material se realice teniendo en cuenta el lead time de los proveedores de dichos insumos.

### **Modelo de optimización para la localización de ambulancias de atención prehospitalaria en la ciudad de Cali Colombia**

*Carlos Alberto Rojas Trejos, Julián González Velasco, Mario Alberto López Ramírez*

Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia

[carlos.rojas.t@correounivalle.edu.co](mailto:carlos.rojas.t@correounivalle.edu.co)

**Palabras clave:** Atención prehospitalaria, Localización de ambulancias, Modelo de máxima cobertura esperada.

#### **RESUMEN**

En el año 2015 en la ciudad de Cali Colombia, las autoridades reportaron más de 309 muertes en accidentes de tránsito, donde el 70% de los casos corresponden a motocicleta. Estas cifras generan preocupación en las autoridades municipales lo cual conduce al estudio de alternativas de mejora en la atención prehospitalaria. Actualmente la localización de ambulancias se realiza con base en la experiencia del personal en Urgencias Médicas de tal manera que la distancia entre la localización de las ambulancias y el punto de atención es considerada mínima. Este trabajo presenta un modelo de

localización para determinar la cantidad de ambulancias necesarias para atender las emergencias reportadas por la secretaría de tránsito y su localización geográfica; evaluando diferentes alternativas de mejora. El modelo propuesto se basa en el problema de localización de máxima cobertura esperada (MEXCLP, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo es maximizar la demanda cubierta ponderada por la disponibilidad del servicio; calculada a través de la estimación global del nivel promedio de ocupación para cada ambulancia, a partir de la distribución geográfica y temporal de la demanda histórica. Finalmente, para su solución se utiliza un lenguaje de programación matemática empleando la plataforma NEOS Server for Optimization (<https://neos-server.org/>).

## Los Riesgos y la Investigación de Operaciones. Revisión de enfoques.

**Gabriel Policroniades Chípuli**

UNAM, Ciudad de México, México

[oroselfia.sanchez@yahoo.com.mx](mailto:oroselfia.sanchez@yahoo.com.mx)

**Palabras clave:** Riesgos, sistemas complejos.

### RESUMEN

Una de las inquietudes en los sectores públicos y privados que permanece en el tiempo, es la identificación oportuna de las situaciones que desestabilicen las organizaciones. Es por ello que existen metodologías robustas de administración de riesgos que en muchas ocasiones son difíciles de adaptar a los sistemas de gestión que las empresas ya tienen, debido a la cantidad de pasos que cada una propone. Invariablemente, la primera etapa es la identificación de los riesgos y ésta debe realizarse de forma meticulosa, ya que frecuentemente se trata de forma somera y con base en creencias y supuestos que pueden llegar a despreciar detalles asociados a riesgos que pueden resultar importantes para cada organización. Por ello, en este trabajo se realiza una revisión de los enfoques que se han utilizado para identificar los riesgos organizacionales, esto permite un análisis de los métodos existentes y la definición de cómo las organizaciones los utilizan para obtener los riesgos. También se plantea la metodología de sistemas complejos y el uso de la simulación para entender cómo puede contribuir y fortalecer la identificación de los riesgos, faltando únicamente su aplicación a casos.



# Sesión 3

## Logística y cadena de abastecimiento

## **Bancos de alimentos; distribución de recursos con prioridades en beneficiarios.**

*José Álvaro Gómez Pantoja, María Angélica Salazar Aguilar*

Universidad Autónoma de Nuevo León, PISIS-FIME, Escobedo, Nuevo León, México

[alvarogomez2707@gmail.com](mailto:alvarogomez2707@gmail.com)

**Palabras clave:** Logística Humanitaria, Heurística, Distribución de alimentos.

### **RESUMEN**

Entre los esfuerzos realizados en la lucha contra el hambre los bancos de alimentos juegan un papel primordial. Estos se encargan de recuperar de la cadena alimentaria productos aptos para consumo y redireccionarlos a los sectores de la población que se encuentran en pobreza extrema y hambruna. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la demanda de los diferentes tipos de beneficiarios sobrepasa notoriamente la capacidad del banco de alimentos. Por esta razón, al no contar con recursos suficientes para cubrir toda la demanda, es necesario determinar qué conjunto de beneficiarios serán servidos, así como las cantidades y los tipos de productos que les serán asignados. Al momento de realizar dichas asignaciones se debe respetar algunos requerimientos, tales como: nutrición balanceada, inventario de productos, presupuesto disponible (para compras), entre otros. En este trabajo se introduce un modelo de optimización para la situación descrita, así como una heurística adaptativa que combina características de ALNS y GRASP. Se muestran los resultados obtenidos con el branch-and-bound de CPLEX y con el procedimiento de solución propuesto considerando un gran conjunto de instancias, arrojando que el procedimiento heurístico tiene una mejora de al menos 20% con respecto a la solución obtenida por CPLEX en instancias de más de 300 beneficiarios.

## **Modelo matemático de localización de centros de ayuda y ruteo de personal especializado para la atención de población vulnerable ante desastres por inundación**

*Carlos Alberto Rojas Trejos, Julián González Velasco, Mario Alberto López Ramírez*

Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia

[carlos.rojas.t@correounivalle.edu.co](mailto:carlos.rojas.t@correounivalle.edu.co)

**Palabras clave:** Logística humanitaria, Localización de Centros de Ayuda, Ruteo de Personal.

### **RESUMEN**

La logística humanitaria es el proceso de planeación, implementación y control efectivo del flujo de productos, materiales e información desde los individuos u organizaciones hasta las personas afectadas por un desastre repentino, con el fin de atender sus necesidades básicas de supervivencia. En Colombia aproximadamente el 26% de la población proyectada por el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) para el 2015 se ha visto afectada por algún tipo de desastre. Para el caso de las inundaciones, los departamentos más afectados están en la región Andina. Con base en lo anterior, el



presente trabajo tiene como finalidad diseñar un modelo de programación lineal entera mixta para abordar de manera integral las operaciones de evacuación y ubicación temporal de la población afectada, localización de albergues y punto de distribución considerando el riesgo de inundación asociado a la frecuencia de inundación de las zonas, la asignación y ruteo de unidades móviles especializadas. La modelación matemática se basó en el Vehicle Routing Problem y el Facility Location Problem, considerando el porcentaje de atención de la población afectada como medida de desempeño. Los resultados reflejan de forma clara una atención oportuna a la población vulnerable involucrando restricciones de cobertura, capacidad de albergues, entre otros.

## **Selección de cartera de proyectos con calendarización: un enfoque evolutivo**

*Daniel Adalberto Martínez Vega, Laura Cruz Reyes, Claudia Guadalupe Gómez Santillán, Nelson Rangel Valdez*

Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Ciudad Madero, Tamaulipas, México

[danielmartinezvega@hotmail.com](mailto:danielmartinezvega@hotmail.com)

**Palabras clave:** Selección de proyectos con calendarización, NSGA-II, Algoritmo genético.

### **RESUMEN**

Este artículo considera el problema de selección de cartera de proyectos enriquecido con calendarización. Para la programación de proyectos se considera un horizonte de tiempo de planeación y el impacto negativo que tiene el tiempo de terminación de éstos sobre la ganancia total. El objetivo es seleccionar un subconjunto de proyectos que maximice la ganancia total descontada por tiempo de terminación tardío, respetando las restricciones de recursos y sin rebasar el horizonte de tiempo. Se formuló un modelo de programación entera mixto no lineal y se comparó con el modelo más actual disponible para el mismo problema. En la solución planteada en éste artículo, se utilizó una metaheurística basada en el algoritmo genético Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II), ya que es uno de los algoritmos que hasta nuestro conocimiento reportan buenos resultados con pocos objetivos, además de la herramienta de programación matemática entera ILOG CPLEX. Se reporta un experimento con pequeñas instancias para comparar y evaluar el desempeño del modelo propuesto y del algoritmo metaheurístico desarrollado. Todos los resultados muestran la efectividad del modelo y de la propia metaheurística.

## **Distribución de ayuda humanitaria incluyendo accesibilidad como medida de desempeño**

*Edith Lucero Ozuna Espinosa, Melanie Solís Mata, Omar Jorge Ibarra Rojas*

FIME, FCFM, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

[melsm23@gmail.com](mailto:melsm23@gmail.com)

**Palabras clave:** Logística humanitaria, ruteo, accesibilidad.

### **RESUMEN**

La logística humanitaria se encarga del control y administración del flujo financiero, información y de recursos que permitan dar una rápida atención a las personas que han sido víctimas de alguna catástrofe. Este trabajo se enfoca en la distribución de la ayuda mediante un ruteo eficiente de vehículos. Un enfoque común en literatura minimizar la ayuda no cumplida o incluso, optimizar una medida de equidad. Sin embargo, poco se ha hablado de la accesibilidad cuando los vehículos tienen limitantes para visitar a todos los puntos de demanda. En este trabajo proponemos un problema de

optimización que determina la ruta que cubre ciertos puntos que demandan ayuda humanitaria considerando en la función objetivo una medida de accesibilidad para los puntos que no tienen acceso inmediato a la ayuda y limitantes de longitud de rutas. Se presenta una formulación matemática y resultados preliminares que analizan el potencial beneficio de optimizar una medida de accesibilidad en problemas de ruteo.

## **Ecodiseño de centrales fotovoltaicas a gran escala combinando optimización multi-objetivo y análisis multicriterio**

**Jorge Raúl Pérez Gallardo, Catherine Azzaro-Pantel, Stéphan Astier**

Centro de Investigación en Matemáticas, A.C. Unidad Aguascalientes, Aguascalientes, Aguascalientes, México

Université de Toulouse, Laboratoire de Génie Chimique (Francia), Toulouse, Francia

Université de Toulouse, Laboratoire PLAsma et Conversion d'Energie (Francia), Toulouse, Francia

[raul.perez@cimat.mx](mailto:raul.perez@cimat.mx)

**Palabras clave:** Optimización multi-objetivo, Análisis multi-criterio, Ecodiseño

### **RESUMEN**

Si bien un sistema fotovoltaico a gran escala (PVGCS) no emite gases de efecto invernadero durante su funcionamiento, las emisiones son generadas por el uso de la energía basada en combustibles fósiles durante las otras fases de su ciclo de vida. Se presenta un marco para el ecodiseño integral que gestiona, al mismo tiempo, criterios técnicos, económicos y ambientales para el diseño y dimensionamiento de PVGCS. Mediante un problema de optimización multi-objetivo acoplado con un algoritmo genético (NGSA II) se generan las alternativas de configuración. Después, una herramienta de análisis multi-criterio (M-TOPSIS) selecciona la alternativa con el mejor compromiso. La evaluación del impacto ambiental fue realizada aplicando la técnica de Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Cinco tecnologías fotovoltaicas comerciales son evaluadas. 18 objetivos (dos técnicos y uno de los criterios económicos, así como las 15 categorías punto medio del método IMPACT 2002+) son tomados en cuenta. Un Análisis de Componentes Principales (PCA) permitió reducir objetivos redundantes a sólo cuatro objetivos contradictorios. Los resultados ponen de manifiesto la ventaja de la utilización de módulos fotovoltaicos denominados "thin-film" sobre los módulos fotovoltaicos basados silicio cristalino (c-Si) sin tomar en cuenta el reciclaje de los componentes.

## **Estado del arte de los diferentes modelos de transporte más utilizados en la cadena de suministro en la industria automotriz**

**Gabriel Policroniades Chípuli**

UNAM – Posgrado Ingeniería, Ciudad de México, México

[gpolicroniadesch@gmail.com](mailto:gpolicroniadesch@gmail.com)

**Palabras clave:** VRP, Automotriz, Logística

### **RESUMEN**

El presente trabajo se muestra como una incursión al sector automotriz, aplicado al primer nivel de la cadena de suministro, es decir: Proveedor – Armadora, donde la armadora cuenta con un proceso de recolección denominado Milk Run; sin embargo, los proveedores hacen uso de modelos diferentes que se acoplen a sus características individuales, lo cual lleva a los diferentes modelos de transporte. De esta forma, en el presente trabajo se mostrará un estado del arte de los diferentes modelos más comunes utilizados por el sector para resolver dicho problema; en el mismo, se describirán a forma breve las diferentes técnicas de solución. Como es sabido, el sector automotriz, uno de los más



prolíferos de los tiempos modernos se enfrenta día a día a los diferentes retos del mercado; siendo uno de ellos, el factor logístico. Un estudio realizado por la Dra. Slusarczyk en el año 2014 muestra que este factor puede llegar a influir el precio final de un producto entre un 10 y 40%; razón por la cual, se considera importante analizar dicho estado del arte, a fin de dar a conocer el estado actual y abrir las puertas a nuevas investigaciones dentro del campo de investigación.

## **Diseño de territorios para la recolección de residuos sólidos en áreas municipales**

***Maria del Rosario Alvarado Vazquez***

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad Mecánica y Eléctrica, Maestría en Logística y Cadena de Suministro, Benito Juárez, Nuevo León, México

[rosario1vazquez@gmail.com](mailto:rosario1vazquez@gmail.com)

**Palabras clave:** Diseño de territorios, Logística Urbana

### **RESUMEN**

El tema de investigación busca solucionar un problema de planeación de rutas de camiones de recolección de basura en áreas municipales, coloquialmente conocidas como parques, dicho problema se debe al alto volumen de residuos sólidos en parques del área metropolitana de Nuevo León.

Actualmente existen diversas herramientas para la recolección de basura incluso la mayoría de los municipios cuentan con programas de mejora urbana y mantenimiento por parte de Servicios Públicos, sin embargo, los recursos son usados inadecuadamente debido a la falta de planeación de rutas.

Por ello la necesidad de la utilización de herramientas de Investigación de Operaciones como es el diseño de territorios. La investigación propone desarrollar un modelo matemático que minimice la distancia total, ponderada con la medida de la actividad de las áreas municipales a los respectivos centros territoriales, sujeto a restricciones de compacidad, contigüidad, balance, tiempo, capacidad y recursos disponibles. Los resultados del modelo consisten en la agrupación de las áreas municipales en un número de territorios que satisfagan los criterios de planificación. Con todo lo anterior se pretende hacer un uso adecuado de equipo y personal, aumentar la cobertura del servicio, disminuir los costos del servicio y conservación y cuidado del medio ambiente.

## **Rediseño de un embalaje de material automotriz que permite disminución de costos para el transporte e inventario**

***Gaston Vertiz Camaron, Carlos De León Almaraz***

Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México, México

[gvertiz2002@yahoo.com.mx](mailto:gvertiz2002@yahoo.com.mx)

**Palabras clave:** Cadena de suministro, embalaje, costos

### **RESUMEN**

Los eslabones para una cadena de suministro pueden ser el origen, el transporte y el destino. El rediseño de embalaje de cajas de cartón que contiene autopartes es transportado vía marítima desde un país asiático (origen) a un país de América Latina (destino). En el origen se desean reducir costos de transporte e inventario, en la práctica se consideran cajas de cartón con idénticas dimensiones y pesos y sin posibilidad de rotación de ellas. El problema se modela mediante programación no lineal entero mixta para encontrar la máxima cantidad de piezas que pueden transportarse en un contenedor High Cube seco de 40". Se consideraron en este caso de estudio los únicos seis escenarios factibles para

realizar el cambio del embalaje que actualmente se utiliza para transportar el material. Para cada uno de ellos se consideraron especificaciones, dimensiones del contenedor, montacargas, resistencia del cartón para su peso con estiba a tres niveles, así como las necesidades del cliente. Con esos escenarios alimentamos al modelo mencionado, cuyo resultado proporciona el escenario que aumenta el número de piezas alojadas en el contenedor. El resultado logra un 10% en la reducción de costos sin verse afectados los gastos de inventario.

## **Modelado de un proceso de asignación de citas en una terminal de contenedores.**

**Julio Mar-Ortiz, María D. Gracia, Dionicio Morales Ramírez, Alberto Álvarez Guerrero**

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tampico, Tamaulipas, Mexico

Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

[jmar@uat.edu.mx](mailto:jmar@uat.edu.mx)

**Palabras clave:** Logística portuaria, Optimización de operaciones en patio, Terminal de contenedores

### **RESUMEN**

Esta investigación se enfoca al estudio de un problema de naturaleza táctica dentro de una terminal de contenedores. De forma específica se estudia el problema de definir la capacidad de operación de una terminal a lo largo de un día de trabajo. El problema consiste en determinar la cantidad de recursos (grúas, tracto camiones, casetas, operadores, supervisores, etc.) que debe disponer una terminal para dar servicio a los camiones que llegarán a entregar o recoger contenedores a lo largo de un día de trabajo. Dependiendo del esquema de operación de la terminal, se identifican dos variantes del problema: el caso determinístico donde los contenedores (camiones) llegan a la terminal dentro de una ventana de tiempo definida (esquema de citas); y el caso estocástico donde los contenedores tienen permitido llegar a la terminal en cualquier momento dentro del día de trabajo. En ambos casos, la terminal busca maximizar la productividad promedio (movimientos/hora) de los equipos, mientras se mantienen los niveles de servicio tanto en patio como en bahía, satisfaciendo una demanda de movimientos por hora. Se presentan dos modelos de programación entera y se discuten algunos resultados preliminares.

Sociedad Mexicana de  
Investigación  
de Operaciones



# Sesión 4

## Optimización y análisis de decisión

Sociedad Mexicana de  
Investigación  
de Operaciones

## Optimización bi-objetivo de una cadena de suministro de 3 niveles con demanda estocástica

*Fernando Lopez Irarragorri, Ada Margarita Alvares Socarras, María de los Ángeles Báez Olvera*  
SENDA

Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México  
[Fernando.lopezrr@uanl.edu.mx](mailto:Fernando.lopezrr@uanl.edu.mx)

**Palabras clave:** Optimización multiobjetivo, Optimización estocástica, Cadena de Suministro

### RESUMEN

En este trabajo se estudia el problema integrado de diseño y planeación de una cadena de suministro considerando selección de proveedores, localización de instalaciones y distribución de flujos en la cadena; se considera, además, que la demanda no es conocida pero que se puede estimar una distribución probabilística de la misma. Según la revisión de literatura realizada, no se reportan trabajos que contemplen en conjunto las características del problema aquí planteado. La principal contribución de este trabajo es una metodología integrada de apoyo a la decisión desde una perspectiva dirigida a resultados. La metodología se estructura en tres fases: (i) Pre-selección multicriterio de proveedores, (ii) Optimización Bi-Objetivo estocástica que genera los diseños y planeación eficientes de la cadena de suministro, (iii) exploración de la frontera eficiente para obtener la “Región de interés del tomador de decisiones” y generar la recomendación. Se realizan experimentos que muestran la aplicabilidad de la metodología y la efectividad de la programación matemática para resolver problemas de tamaño real, se comparan los resultados con otros obtenidos con metaheurísticas que aparecen la literatura revisada que conforma el estado del arte. Se establecen relaciones entre diferentes estructuras de costo y la complejidad de las instancias del problema.

## Maximización del hipervolumen utilizando el metodo de newton para resolver problemas de optimización multiobjetivo

*Víctor Adrián Sosa Hernández, Oliver Schütze, Michael Emmerich, Andre Deutz*

CINVESTAV-IPN, Ciudad de México, México

Leiden University, Leiden, Holanda

[msosa@computacion.cs.cinvestav.mx](mailto:msosa@computacion.cs.cinvestav.mx)

**Palabras clave:** Optimización Multiobjetivo, Indicadores de desempeño, Algoritmos Evolutivos.

### RESUMEN

En la actualidad, el resolver problemas de optimización multiobjetivo (POMs) se ha vuelto crucial para diferentes áreas científicas. Sin embargo, la tarea de resolver este tipo de problema no es sencilla, dado que se tienen que optimizar un conjunto de objetivos en conflicto al mismo tiempo. El conjunto de solución de un POM es llamado conjunto de Pareto ( $P_s$ ), el cual típicamente forma una superficie de  $(k - 1)$ -dimensiones, donde  $k$  es el número de objetivos a optimizar. La forma más común de obtener una aproximación finita del  $P_s$  es a través de técnicas determinísticas, aunque otras técnicas como los algoritmos evolutivos multiobjetivo (AEMs) han logrado resultados prominentes e incluso más robustos. Para determinar la calidad de la aproximación encontrada se utilizan indicadores de desempeño. El hipervolumen es uno de los indicadores más utilizados para medir el desempeño de los AEMs. Recientemente, el método de Newton para maximizar el hipervolumen (MNH) fue presentado como una técnica capaz de converger la población entera hacia la mejor distribución de acuerdo al

hipervolumen. Una de las características más importantes de este método es la habilidad de converger cuadráticamente, lo que lo hace una opción atractiva para refinar las soluciones de un AEM. En este trabajo, presentaremos la primera integración del MNH dentro un AEM.

## **Formación de grupos de proveedores logísticos de terceras y cuartas partes enfocados a la logística humanitaria ante una inundación costera**

**Oscar Cruz Castro, Gaston Vertiz Camaron, Javier García Gutiérrez, Santiago Apolonio Oro**

Catedrático Conacyt - Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UAEM, Toluca, México, México

Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UAEM, Toluca, México, México

[ocruzca@conacyt.mx](mailto:ocruzca@conacyt.mx)

**Palabras clave:** Logística humanitaria, proveedores logísticos de terceras partes, proveedores logísticos de cuartas partes.

### **RESUMEN**

Durante los últimos años las inundaciones costeras en México se han incrementado, debido a esto, es necesario contar con formas alternativas de atender a la población afectada. El gobierno, las organizaciones no gubernamentales, las organizaciones de la sociedad civil y las empresas privadas son los actores principales que participan en la ayuda humanitaria. Dicha ayuda en México llega mediante instancias nacionales e internacionales. Aquí los actores satisfacen las necesidades de las personas afectadas en forma individual y no colectiva. Señalando que en ocasiones la misma población se auto-ayuda. Esta investigación propone la formación de agrupaciones de proveedores logísticos de terceras y cuartas partes enfocados a la ayuda humanitaria con los actores mencionados. De esta forma se ayudaría más eficientemente a la población al aplicar coordinación horizontal y vertical, para disminuir el tiempo de respuesta cuando se atiende a la población afectada. Se eligió un caso de estudio en México donde se incluyó la opinión de la población afectada para estimar el tiempo de respuesta de los actores. El tiempo de respuesta esperado requiere el uso de un modelo matemático para validarlo con los datos obtenidos de la opinión de las personas. Lo anterior se realizará en un futuro cercano.

## **Algoritmos evolutivos multiobjetivos con regiones de interés: una evaluación empírica**

**Diego Alonso Gastélum Chavira, Juan Carlos Leyva López, Jesús Jaime Solano Noriega**

Catedrático CONACYT - Universidad de Occidente, Culiacán, Sinaloa, México

Universidad de Occidente

[dagastelumch@conacyt.mx](mailto:dagastelumch@conacyt.mx)

**Palabras clave:** Algoritmos evolutivos multiobjetivos, Ranking multicriterio, Región de interés

### **RESUMEN**

En investigación de operaciones, la solución de problemas con múltiples objetivos ha sido estudiada desde diversos enfoques. Uno de ellos, es reduciendo el problema a un solo objetivo, obtenido al combinar los objetivos propuestos; o bien, seleccionando un objetivo en particular y definiendo como restricciones al resto. Otra manera, es resolviendo el problema considerando todos los objetivos propuestos al mismo tiempo. Cuando se aborda de esta última forma, típicamente se obtiene un conjunto de soluciones no dominadas, el cual puede ser numeroso y puede convertirse en otro problema para el tomador de decisiones. Por ello, diversos algoritmos evolutivos multiobjetivos, que integran estrategias para proporcionar un conjunto de soluciones reducido o regiones de interés, han sido desarrollados. Para quien apoya al tomador de decisiones, elegir entre el conjunto de algoritmos existentes o definir los operadores genéticos para crear uno nuevo, es en sí otro problema. Por esto último, en este trabajo se presenta una evaluación empírica entre cuatro algoritmos evolutivos

multiobjetivos que integran regiones de interés: MOGA, R-NSGA-II, RP2-NSGA-II-H y RP2-MOGA-H. Estos algoritmos fueron adaptados o desarrollados para resolver instancias del problema de ranking multicriterio. Los resultados muestran diferencias significativas entre ellos conforme aumenta el número de alternativas en los problemas.

## **A multicriteria decision aid for evaluating the competitiveness of tourist destinations in the northwest of Mexico**

**Martín León Santiesteban, Juan Carlos Leyva López, Diego Alonso Gastélum Chavira, Omar Ahumada Valenzuela**

Universidad de Occidente, Culiacán, Sinaloa, México

[leonsantiesteban@gmail.com](mailto:leonsantiesteban@gmail.com) y [martin.leon@udo.mx](mailto:martin.leon@udo.mx)

**Palabras clave:** MCDA, ELECTRE, destinations competitiveness

### **RESUMEN**

This work deals with the problem of comparing the competitiveness of tourist destinations as a multicriteria ranking problem. Comparing tourist destinations is a complex problem because they present wide heterogeneity between them. The Crounch-Ritchie model is used as the main approach for analyzing tourist the competitiveness of tourist destinations. Thereby, we structure the problem as a multicriteria ranking problem for comparing and ranking the destinations with highest competitiveness as the preference direction. For this project we use the main tourist destinations in the Northwest of Mexico as case study. The ranking of tourist destination is based in their competitiveness, however with the multicriteria analysis proposed, it is possible to use any particular group of the attributes to choose a coherent family of criteria. This process is performed in two steps, the first one uses the ELECTRE III method to construct a valued outranking relation and the second one, a multiobjective evolutionary algorithm for exploiting those relations, and generate the ranking of destinations.

## **Una metodología para el diseño de nuevos productos basada en las preferencias del consumidor: estudio caso.**

**Elsa Verónica Larreta Ramírez, Juan Carlos Leyva López**

Universidad de Occidente, Culiacán, Sinaloa, México

[veronica.larreta@udo.mx](mailto:veronica.larreta@udo.mx)

**Palabras clave:** Diseño de nuevos productos, Preferencias del consumidor, Análisis multicriterio para la toma de decisiones

### **RESUMEN**

El diseño de nuevos productos, es una labor cada día más ardua en un mercado globalizado y saturado de productos. Actualmente, diversas empresas se ven obligadas a desarrollarlos. Lo anterior, se deriva a que las necesidades y preferencias de los consumidores son cada vez más sofisticadas, cambiantes y diversas; de igual manera, a los constantes cambios comerciales, nuevos competidores y al rápido avance tecnológico. Esta situación, obliga a las empresas a desarrollar y aplicar nuevas metodologías y herramientas, que les permitan enfrentar mercados exigentes y altamente competitivos. Lo cual, permite llevar acabo el diseño de un nuevo producto, que responda a las actuales tendencias de consumo, considerando principalmente las preferencias del consumidor y del tomador de decisiones. En este trabajo, se presentan avances de un proyecto de investigación en marcha. En éste se está desarrollando una nueva metodología para el diseño de nuevos productos basado en las preferencias del consumidor.



## Aplicación de una variante del método electre tri-nb a la evaluación de proyectos de investigación-desarrollo

**Edy López Cervantes, Eduardo René Fernández González**

Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México

[edylopezc@gmail.com](mailto:edylopezc@gmail.com)

**Palabras clave:** Evaluación de proyectos, Decisión multicriterio.

### RESUMEN

En la evaluación de proyectos de investigación-desarrollo, las organizaciones que los financian, deben usualmente realizar decisiones de aceptar-rechazar. Para ello típicamente se integran las evaluaciones de un conjunto de atributos que reflejan la importancia y la factibilidad de la propuesta. La integración se realiza sobre la base de una función de valor del tipo suma ponderada, modelo que tiene mucha dificultad para manejar imprecisión, información cualitativa y ordinal, y condiciones de veto que impiden la compensación de atributos. En este trabajo se propone la aplicación de una variante del novísimo método ELECTRE TRI-nB, que es a su vez una extensión del muy conocido método de evaluación multicriterio ELECTRE TRI. ELECTRE TRI-nB se diferencia de ELECTRE TRI en que utiliza varios perfiles de referencia para caracterizar las fronteras entre las categorías de evaluación. Ambos métodos necesitan también parámetros de preferencia (pesos, umbrales de indiferencia, preferencia y veto) para construir una relación borrosa de superación que evalúa el grado de verdad de la afirmación “la opción *x* es al menos tan buena como la opción *y*”. Se estudian los resultados del método en un problema que simula las características de las convocatorias del Programa de Fomento y Apoyo a Proyectos de Investigación, de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

## Optimización multiobjetivo para el eco-diseño de cadenas de suministro agroindustriales

**Marco Augusto Miranda Ackerman, Jorge Raúl Pérez Gallardo**

Institut National Polytechnique de Toulouse, Toulouse, Francia

Centro de Investigación en Matemáticas

[Marco.mirandaackerman@ensiacet.fr](mailto:Marco.mirandaackerman@ensiacet.fr)

**Palabras clave:** Cadena de suministro verde, optimización multiobjetivo, agroindustria.

### RESUMEN

La seguridad alimenticia del planeta está siendo afectada por el acelerado crecimiento demográfico y económico vivido en las últimas décadas. Esto ha originado una intensificación de la producción de alimentos mediante el uso de agroquímicos y otras tecnologías nocivas al medio ambiente. Como resultado, aproximadamente una tercera parte de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) provienen de la producción de alimentos. Actualmente el incorporar indicadores ambientales, tales como el GEI, a lo largo de las cadenas de suministro agroindustriales ha cobrado gran relevancia. Esta tipo de problemática queda enmarcada dentro del diseño de cadenas de suministro “verdes” (DCSV). El presente trabajo ilustra el potencial de incluir criterios antagonistas del DCSV (i.e. económicas vs ambientales) en el diseño de la cadena de suministro global para el caso de estudio del jugo de naranja. Se presenta una propuesta de formulación para esta problemática. La solución se alcanzada aplicando la optimización multiobjetivo mediante Algoritmos Genéticos acoplado con el método TOPSIS para la clasificación de las alternativas. Los resultados numéricos son comparados con casos similares en la

literatura científica. En términos generales, los resultados arrojan una mejora en términos globales y en particular se destaca el impacto positivo en el desempeño medio ambiental.

## **Un algoritmo voraz iterativo con búsqueda por entornos descendente para la localización y asignación de servicios de diagnóstico médico en redes de hospitales públicos**

**Roger Z. Ríos Mercado, Rodolfo Mendoza Gómez, Karla B. Valenzuela Ocaña**

Tecnológico de Monterrey, Toluca, México.

Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

[rodolfomendoza@itesm.mx](mailto:rodolfomendoza@itesm.mx)

**Palabras clave:** Algoritmo voraz iterativo, Búsqueda de entorno variable descendente, Servicios de diagnóstico médico

### **RESUMEN**

Un algoritmo voraz iterativo (IGA) con búsqueda de entorno variable descendente (VND) es propuesto para resolver un problema de programación lineal entera mixta para la localización-asignación de servicios de diagnóstico médico para un sistema de salud segmentado como es el caso de México. Diferentes características como múltiples instituciones, tipos de equipos, niveles de gravedad de pacientes, periodicidad de la demanda y tercerización del servicio por una red de servicios particulares son consideradas. Dada la limitación del algoritmo de ramificación y acotamiento para resolver instancias de prueba grandes, se proponen dos métodos constructivos que explotan la estructura matemática del problema. Se fijan ciertas variables de decisión y se resuelve el problema restante como un problema de transbordo. Estos métodos son aplicados en un IGA con VND. Los resultados obtenidos muestran mejoras significativas en cuanto a la calidad de la solución en tiempos de cómputo moderados con respecto al algoritmo de ramificación y acotamiento para instancias de prueba mayores a 120 instalaciones.

Sociedad Mexicana de  
**Investigación**  
de Operaciones





# Sesión 5

**Optimización continua,  
discreta y heurística**

Sociedad Mexicana de  
**Investigación  
de Operaciones**

## Propuesta heurística para imprimir portadas a costo mínimo

**Federico Alonso Pecina, David Romero**

UAEM, Cuernavaca, Morelos, México

UNAM, México, México

[federico.alonso@uaem.mx](mailto:federico.alonso@uaem.mx)

**Palabras clave:** Recocido simulado, optimización combinatoria, impresión de portadas.

### RESUMEN

Se considera un problema de optimización combinatoria en la industria editorial. Sea  $M = \{1, \dots, m\}$  un conjunto de distintas portadas de revista, de las que se requiere imprimir  $d_i > 0$  ejemplares, para  $i \in M$ . Una 'parrilla' es un conjunto de  $t$  clichés, la cual produce  $t$  portadas. Sea  $N = \{1, \dots, n\}$  el conjunto de las todas las parrillas posibles, es decir,  $n = \binom{m+t-1}{t}$ . El costo por hoja impresa es  $C_1$  y el costo fijo por usar cualquier parrilla  $j \in N$  es  $C_2$ . Entonces, el problema referido es:

$$P \left\{ \begin{array}{ll} \text{minimizar} & C_1 \sum_{j \in N} x_j + C_2 \sum_{j \in N} w_j \\ \text{sujeto a:} & \sum_{j \in N} a_{ij} x_j \geq d_i \quad (i \in M) \\ & x_j \leq D w_j \quad (j \in N) \\ & x_j \geq 0 \text{ y entero} \quad (j \in N) \\ & w_j \in \{0,1\} \quad (j \in N) \end{array} \right.$$

Donde  $D = \max_{i \in M} \{d_i\}$ , la variable  $x_j$  es el número de hojas impresas con la parrilla  $j \in N$ , y la variable  $w_j$  vale 1 si sólo si la parrilla  $j$  se usa. Además,  $a_{ij}$  es el número de clichés de la portada  $i$  en la parrilla  $j$ , para  $(i, j) \in M \times N$ . El problema de optimización combinatoria  $P$  es  $NP$ -completo y determinar su solución exacta parece irrealizable. Para abordar  $P$  se implantó en computadora una versión de recocido simulado, cuyos resultados preliminares para instancias publicadas son prometedores, dado que mejora algunos resultados de la literatura.

## Nueva partición del espacio de los problemas de la programación lineal semi-infinita continua

**Abraham Benito Barragán Amigón, Lidia Aurora Hernández Rebollar, Maxim Ivanov Todorov**

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Puebla, México

Universidad de las Américas Puebla, Puebla, Puebla, México

[ab\\_beni211@hotmail.com](mailto:ab_beni211@hotmail.com)

**Palabras clave:** Programación lineal semi-infinita continua, Partición primal-dual, Estabilidad.

### RESUMEN

En este trabajo se considera a todos los problemas de programación lineal semi-infinita con un conjunto compacto fijo de índices y coeficientes continuos. En el espacio de todos los problemas, estos se clasifican en inconsistentes, consistentes, solubles (consistentes con valor optimal acotado y conjunto optimal diferente del vacío), no solubles (consistentes con valor optimal acotado y conjunto optimal vacío) y no acotados (consistentes con valor optimal no acotado). Varias particiones del espacio de problemas han sido consideradas en trabajos anteriores, en la mayoría de ellas, la clasificación ha sido hecha considerando ambos problemas, el problema primal y el problema dual. Nuestra clasificación genera una partición del espacio de problemas a la que llamamos segunda partición general primal-dual. En este trabajo se ha tratado de caracterizar cada celda, resultante de la partición, por medio de condiciones necesarias y suficientes y en algunos casos sólo se cuenta con condiciones necesarias o suficientes, que garantizan que el par de problemas (primal y dual) pertenezca a las celdas. Además se

muestra que cada celda es no vacía y, por medio de ejemplos, que las condiciones sólo son suficientes o necesarias. Finalmente se presenta un estudio de la estabilidad de la partición.

## **Resolución de problemas de optimización por medio de algoritmos meméticos basados en búsquedas locales sin gradiente**

**Sergio Jesús Alvarado García, Oliver Schütze, Carlos Segura González, Ricardo Landa Becerra**

Cinvestav, Nezahualcoyotl, México, México

CIMAT

Cinvestav Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico

[salvarado@computacion.cs.cinvestav.mx](mailto:salvarado@computacion.cs.cinvestav.mx)

**Palabras clave:** Optimización, búsqueda local, algoritmo memético

### **RESUMEN**

Una de las técnicas más utilizadas para resolver problemas de optimización son los algoritmos meméticos. Este tipo de algoritmos combina dos tipos diferentes de técnicas para resolver el problema: un algoritmo evolutivo y una técnica de búsqueda local. Generalmente, la incorporación de la búsqueda local ayuda a incrementar la velocidad de convergencia del algoritmo, mientras que el algoritmo evolutivo nos ayuda a construir un algoritmo más robusto. Este trabajo presenta dos técnicas diferentes de búsqueda local, las cuales no necesitan información de gradiente: el *Discrete Directed Search* (DDS) y el *Gradient Subspace Approximation* (GSA). Ambas técnicas presentan nuevas alternativas para calcular direcciones de descenso para problemas de optimización. Dichas técnicas utilizan información que se encuentra explícitamente en la población para calcular direcciones de descenso, razón por lo cual, hace de estas técnicas una excelente opción para ser incluidas dentro de un algoritmo evolutivo. Debido a que se utiliza información ya existente, se puede decir que estas búsquedas son de bajo costo (en términos de número de evaluaciones de funciones). Los experimentos realizados han demostrado la efectividad de ambas técnicas, las cuales, han incrementado considerablemente la velocidad de convergencia de los algoritmos evolutivos que tienen como base.

## **Generación de columnas para el problema de formación de células de manufactura considerando la secuencia de las operaciones**

**Luis Oswaldo Valencia Rosado, Dolores Edwiges Luna Reyes, Juan Antonio Díaz**

Universidad de las Américas Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

[Luis.valenciaro@udlap.mx](mailto:Luis.valenciaro@udlap.mx)

**Palabras clave:** Formación de células de manufactura, generación de columnas.

### **RESUMEN**

Con el objetivo de hacer más eficiente el uso de los recursos de una empresa y poder ofrecer a sus clientes productos de calidad y con costos y tiempos competitivos, muchos pisos de producción se han reorganizado en células de manufactura. Con ello se pretende reducir la cantidad de inventarios en proceso, el tiempo total transcurrido desde que se empieza a procesar una pieza hasta que está lista para su entrega y el tiempo productivo perdido por cambios de herramental. En este trabajo se estudia el problema de formación de células de manufactura considerando la secuencia de las operaciones. La secuencia de operaciones da información de los patrones de flujo de las partes en el piso de producción y permite además, con pequeñas modificaciones, incluir información del volumen de manejo de materiales. Se propone un algoritmo de generación de columnas para obtener cotas inferiores para el problema. El desempeño del algoritmo se evalúa con conjuntos de datos de la literatura. Los resultados obtenidos muestran que el algoritmo propuesto provee soluciones óptimas o cercanas al óptimo.

## Un problema bi-objetivo de ruteo de vehículos centrado en el cliente con enfoque medioambiental

**Diego De Jesús Hernández Rodríguez, Iris Abril Martínez Salazar**

UANL – FIME, Linares, Nuevo León, México

[diegojehernandezrodriguez@gmail.com](mailto:diegojehernandezrodriguez@gmail.com)

**Palabras clave:** Ruteo, bi-objetivo, Programación Entera Mixta

### RESUMEN

En este trabajo se estudia un problema de ruteo centrado en el cliente con un enfoque medioambiental. Se considera que se tienen vehículos con capacidades, los cuales deben de visitar un conjunto de clientes considerados como puntos de demanda. Cada punto de demanda cuenta con un tiempo de servicio durante el cual el vehículo debe de permanecer antes de salir a visitar otro punto de demanda. Se consideran dos objetivos, el primero está relacionado con la satisfacción del cliente, medida en relación al tiempo que esperan los clientes en ser visitados por un vehículo, este objetivo se conoce en investigación de operaciones como minimizar la latencia total. El segundo tiene que ver con el enfoque medioambiental del problema, pues busca minimizar el costo por emisión de gases contaminantes de los vehículos. El costo por emisión de gases contaminantes se obtiene mediante una fórmula que relaciona la emisión de gases con el consumo de combustible y el recorrido realizado por el vehículo. El problema de emisión de gases contaminantes es un tema que ha tomado relevancia en la actualidad, debido a los índices de contaminantes en diversas partes del mundo. Para este problema se desarrolló un modelo de Programación Entera Mixta.

## Herramientas lagrangianas para la optimización de costos logísticos de materiales importados desde Asia

**Maria Margarita Molina de la Torre, Miguel Mata Pérez**

Universidad Autónoma de Nuevo León, Escobedo, Nuevo León, México

[margarita.kmt@gmail.com](mailto:margarita.kmt@gmail.com)

**Palabras clave:** Heurísticos lagrangianos, problema de transporte multietapa, multiproducto.

### RESUMEN

Una empresa ubicada en Monterrey, Nuevo León, líder en su campo, requiere hacer su planeación de distribución de productos importados desde Asia. Para resolverlo, se cuenta con un modelo de programación lineal entero mixto, el cual minimiza los costos de inventarios, transportación de producto, utilización de puertos en Asia y América, así como costos de rentar centros de consolidación en Asia; sujeto a la satisfacción de la demanda de los materiales sin exceder las capacidades de los proveedores, los diversos transportes y puertos. El objetivo implica encontrar el punto de equilibrio de aprovisionar mayor cantidad de producto en menos viajes, pero al mismo tiempo disminuir el exceso de inventario y los costos involucrados. El modelo desarrollado, ha demostrado proveer una buena solución a la problemática real, sin embargo requiere mucho tiempo computacional en alcanzar la solución óptima mediante técnicas exactas de solución; debido a la gran cantidad de datos, restricciones y la complejidad de las políticas de la empresa. Por ello se desarrolló una metodología basada en las técnicas de relajación lagrangiana que proporcione como

resultado una solución cercana al óptimo en un tiempo razonable. En este trabajo se presenta el modelo y las herramientas lagrangianas desarrolladas para su solución.

## **A beam search algorithm for the 2-dimensional bin packing problem with irregular pieces and guillotine cuts**

**Marta Cabo Nodar, Julia A. Bennell, Antonio Martínez Sykora**

Instituto Tecnológico Autónomo de México, México D.F., México  
University of Southampton, Southampton, Inglaterra.

[marta.cabo@itam.mx](mailto:marta.cabo@itam.mx)

**Palabras clave:** Cutting and Packing, Guillotine Cuts, Beam Search.

### **RESUMEN**

In this work, we tackled a two-dimensional bin packing problem with guillotine cuts. In our work pieces are irregular, can be freely rotated and reflected. There are only a few papers that tackle this problem, and the best results so far are achieved by means of a constructive heuristic that uses a MIP to add a piece to the layout. This method produces good solutions in terms of bin utilization, but it is very time consuming, and unattractive to small business since it requires expensive specialised software. We develop a beam search heuristic that proves to be competitive. Beam Search is a heuristic that uses a tree structure of nodes and branches. Each node represents a partial solution at each level of the tree. In our implementation, we pack multiple bins where each node represents a packed bin. We develop a fast packing heuristic to create each node. The packing algorithm provides a fast and effective heuristic that produces competitive results for the benchmark problems available for this particular problem, and has an acceptable performance when applied to the bigger set of rectangle instances.

## **Planificación de la distribución de múltiples productos con restricciones de recursos**

**Pamela Jocelyn Palomo Martínez, María Angélica Salazar Aguilar, Gilbert Laporte**

Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México  
HEC Montréal, Montréal, Canadá

[pamela.palomomrt@gmail.com](mailto:pamela.palomomrt@gmail.com)

**Palabras clave:** Team Orienteering Problem, Adaptive Large Neighborhood Search

### **RESUMEN**

En este trabajo se presenta un problema de distribución de múltiples productos a dos tipos de clientes: clientes con inventario administrado por el vendedor y clientes que realizan pedidos. En ocasiones, los productos existentes son insuficientes para satisfacer la demanda de todos los clientes, por lo cual se atiende únicamente a un subconjunto de estos. Para ello, a cada cliente con inventario se le asigna una prioridad inversamente proporcional a su nivel de inventario y se diseña un plan de distribución que incluye a todos los clientes que realizan pedidos y a algunos clientes con inventario con alta prioridad. Además, se consideran restricciones adicionales, como la duración de la jornada laboral de los conductores, la capacidad de los vehículos, la existencia de productos que no pueden ser transportados juntos y ventanas de tiempo impuestas por los clientes. Este problema se puede modelar como una variante del *Team Orienteering Problem* (TOP) con nodos obligatorios, múltiples ventanas de tiempo y restricciones de recursos. Se propone un algoritmo de solución basado en un esquema ALNS (*Adaptive Large Neighborhood Search*) y se muestran resultados computacionales sobre un gran conjunto de instancias.

## Solving the multi-vehicle covering tour problem with a dynamic programming-based operator

*Leticia Vargas, Nicolas Jozefowicz, Sandra Ngueveu*

LAAS-CNRS Toulouse, Francia

[lgvargas@laas.fr](mailto:lgvargas@laas.fr) / [lety.vargas.suarez@gmail.com](mailto:lety.vargas.suarez@gmail.com)

**Palabras clave:** multi-vehicle covering tour problem, adaptive large neighborhood search, dynamic programming

### RESUMEN

The multi-vehicle Covering Tour Problem (*m*-CTP) belongs to the class of routing problems known as Tour Location Problems (TLP). Compared to classical routing problems, in TLP there is an additional level of decision making regarding the selection of the customers to serve.

The *m*-CTP considers two kinds of geographically scattered locations: the covering ones (potential locations at which vehicles may stop), and the ones to cover. The latter cannot be visited, and they must lie within the required distance from a vehicle route. The problem consists in identifying a minimum-length set of routes over the covering locations such that those that cannot be visited by the routes are close enough to a location on a route, and the side constraints are satisfied. The problem is NP-hard, and few solution methods have been proposed. We present a solution procedure centred on a Selector operator which is dynamic programming based, and uses some techniques to avoid unnecessary creation of states. This operator is embedded into an adaptive large neighbourhood search, local search framework composed of several competing destroy and repair sub-heuristics chosen during the search with a frequency corresponding to their historic performance. The method is competitive as shown by the results obtained through computational experiments conducted on standard instances, and evaluated using the output of state-of-the-art heuristic and exact algorithms.

Sociedad Mexicana de  
Investigación  
de Operaciones



# Sesión 6

## Optimización heurística y metaheurística

Sociedad Mexicana de  
**Investigación**  
de Operaciones



## Búsqueda tabú para construir diseños sobresaturados $E(s^2)$ -óptimos y minimax-óptimos

**Luis B Morales Mendoza**

UNAM, México, México

[lbm@unam.mx](mailto:lbm@unam.mx)

**Palabras clave:** Diseños Sobresaturados,  $E(s^2)$ -óptimalidad, búsqueda tabú

### RESUMEN

En el presente trabajo, demostramos una equivalencia entre diseños sobresaturados (DSSs, por sus siglas en inglés) con  $N$  (par) corridas,  $m$  factores y  $s_{\max} = 4s + i$  ( $i = 0, 2$ ), y los diseños de bloques incompletos resolubles (RIBDs, por sus siglas en inglés) tal que cualquiera de los dos bloques se intersectan en a lo sumo  $(N + 4s + i) / 4$  puntos. Usando esta equivalencia, formulamos el problema de construir SSDs  $E(s^2)$ -óptimos y minimax-óptimos como el problema de encontrar RIBDs cuyos bloques tienen ciertas intersecciones. Esta formulación permite desarrollar un algoritmo basado en la búsqueda tabú (TS) para encontrar estos diseños resolubles. Nuestro algoritmo TS fue capaz de construir  $E(s^2)$ -óptimos y minimax-óptimos SSDs de tamaños  $(N, m) = (16, 25)$ ,  $(16, 26)$ ,  $(16, 27)$ , y  $(N, m) = (18, 23)$ ,...,  $(18, 29)$  cuyas existencias aún era desconocidas.

## Flexible job shop scheduling problem con recursos renovables

**Jobish Vallikavungal Devassia, María Angélica Salazar Aguilar, Vincent Boyer**

Universidad Autónoma de Nuevo León, PISIS-FIME, San Nicolás, Nuevo León, México

[jobishvd@gmail.com](mailto:jobishvd@gmail.com)

**Palabras clave:** Flexible Job Shop Scheduling Problem, recursos renovables, Heurística

### RESUMEN

En este trabajo se introduce una variante del Flexible Job Shop Scheduling Problem (FJSP), en la cual se toman en cuenta relaciones de precedencia y restricciones de recursos. Para procesar cada operación se requieren ciertos recursos, los cuales están disponibles en lotes. La recuperación de los recursos se hace por lotes, por lo cual se considera un tiempo de recuperación entre lotes del mismo recurso. Este problema se encuentra motivado en una situación a la cual se enfrenta la industria cervecera. El objetivo es diseñar un plan de producción que minimice el tiempo de terminación (makespan). La solución inicial se construye en base a una heurística greedy. Posteriormente, dicha solución es mejorada a través de una metaheurística tipo VNS (Variable Neighborhood Search), en la cual se usa el concepto de camino crítico. Se presentan resultados sobre un gran conjunto de instancias adaptadas de la literatura del FJSP. Con el fin de mostrar el desempeño del procedimiento propuesto.



## **Ajuste automático de los parámetros de un algoritmo genético con controladores difusos**

**Mario César López Locés, Héctor Joaquín Fraire Huacuja, Rodolfo Pazos Rangel, Juan Javier González Barbosa**

Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Ciudad Madero, Tamaulipas, México

[mariocesar@lopezloc.es](mailto:mariocesar@lopezloc.es)

**Palabras clave:** optimización, ajuste de parámetros

### **RESUMEN**

Una de las tareas más importantes en la solución aproximada de un problema de optimización es el de ajustar los parámetros del metaheurístico utilizado para resolverlo. En este trabajo se propone el uso de controladores difusos de tipo 1 y tipo 2 para ajustar los parámetros de un algoritmo genético que resuelve una serie de funciones de prueba de la literatura. Se realizó también un análisis comparativo para determinar cuál de las dos estrategias produce mejores resultados en comparación con una configuración estática. Los parámetros del algoritmo genético ajustados fueron el tamaño de la población, la probabilidad de mutación, y la proporción de cruzamiento. Para determinar en qué momento se requiere cambiar el valor de los parámetros se utilizaron métricas asociadas a diversos estados de la población. El uso de controladores difusos para ajustar dinámicamente los parámetros mejoró el rendimiento del algoritmo genético, en comparación con una configuración estática que utiliza valores fijos de los parámetros durante toda la ejecución.

## **Método grsa evolutivo para la predicción de la estructura nativa de proteínas**

**Fanny Gabriela Maldonado-Nava, Juan Frausto-Solís, Juan Paulo Sánchez-Hernández, Juan Javier González-Barbosa**

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Ciudad Madero, Tamaulipas, México

[fanny\\_mn@hotmail.com](mailto:fanny_mn@hotmail.com)

**Palabras clave:** Problema de doblado de proteínas, GRSA, Algoritmo evolutivo

### **RESUMEN**

El problema de doblado de proteínas es un gran reto para diversas áreas del conocimiento, tales como biología molecular, biología computacional, optimización combinatoria y, ciencias de la computación. Esto debido al gran número de formas que la estructura de una proteína puede tomar desde su estructura primaria hasta la estructura nativa. Así mismo, la importancia crece cuando prestamos atención a la serie de enfermedades que se relacionan al incorrecto doblado de algunas proteínas. El problema de doblado de proteínas (PFP, por sus siglas en inglés) consiste en la determinación de la estructura nativa, dicha estructura o una muy cercana se encuentra en aquella de menor energía de Gibbs. La solución de este problema tiene impacto en los problemas NP duros y de aplicabilidad tanto industrial como comercial. En este trabajo se propone desarrollar un método heurístico de tipo Recocido Simulado, utilizando la estrategia de búsqueda *Golden Ratio*, *cómputo paralelo* y técnicas evolutivas para el problema de doblado de proteínas. Dicho método busca la estructura nativa conociendo solamente la secuencia de aminoácidos de una proteína y, determina la estructura tridimensional de mínima energía o con valor próximo de ella. Los resultados obtenidos son comparables con los del estado del arte.

## **Máquinas de soporte vectorial para la predicción eficiente de series de tiempo financieras de la bmv con sintonización de parámetros en línea y en cómputo paralelo**

**Javier Alberto Rangel González, Juan Frausto Solís, José Antonio Martínez Flores, Juan Javier González Barbosa**

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Ciudad Madero, Tamaulipas, México

[javieralberto64@hotmail.com](mailto:javieralberto64@hotmail.com)

**Palabras clave:** Máquinas de vectores de soporte, Series de tiempo, Optimización de portafolios

### **RESUMEN**

En la actualidad, las series de tiempo juegan un papel principal en una gran cantidad de problemas de tipo económico como la predicción de la volatilidad de índices de precios y cotizaciones en las bolsas de valores. La volatilidad refleja el comportamiento de las fluctuaciones de los precios de los activos, permitiendo medir el riesgo de los portafolios. Sin embargo, la volatilidad no es directamente observable, no es constante en todo el periodo, es dependiente del pasado y, no sigue una normalidad gaussiana. En este trabajo se describen métodos heurísticos de aprendizaje supervisado cuya implementación en cómputo paralelo sea altamente eficiente. Los métodos presentados son estructurados de tal forma que, conociendo solamente la serie de tiempo, se determine el valor de la variable varios periodos adelante. Se presenta además un método híbrido paralelo basado en máquinas de soporte vectorial, métodos caóticos y métodos clásicos aplicados a la optimización de portafolios de activos de la Bolsa Mexicana de Valores. Se propone emplear Regresión de Soporte Vectorial (SVR) para la predicción de series de tiempo con un amplio espectro de aplicación, empleando sintonización fuera de línea y en línea e implementados en cómputo paralelo para producir una eficiencia superior a los métodos clásicos. Los resultados obtenidos en la fase de experimentación son comparables con los del estado del arte.

## **Recocido simulado paralelo para job shop scheduling problem**

**Leonor Hernández Ramírez, Juan Frausto Solís, Juan Javier González Barbosa, David Terán Villanueva, Guadalupe Castilla Valdez, M. Lucila Morales Rodríguez**

Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Ciudad Madero, Tamaulipas, México

[iscleo1@gmail.com](mailto:iscleo1@gmail.com)

**Palabras clave:** JSSP, Scheduling, OpenMP

### **RESUMEN**

El problema de calendarización de tareas también conocido como Job Shop Scheduling Problem (JSSP) se presenta en el contexto de la computación de alto desempeño. El objetivo de JSSP es encontrar el orden de ejecución de un conjunto de operaciones que integran un conjunto de tareas de forma que se respeten restricciones de precedencia y de recursos disponibles para realizar cada operación, y también se minimice el tiempo de terminación de la última tarea. Dicho tiempo es conocido como *makespan* y su determinación se clasifica como un problema NP-duro. Este artículo presenta un algoritmo paralelo tipo recocido simulado para la resolución de JSSP. El algoritmo está programado en lenguaje C, aplicando OpenMP para la paralelización del mismo. Se realiza experimentación con instancias propuestas por Fisher-Thompson, Yamada-Nakano y Taillard, todas con diferente grado de dificultad. Finalmente, se presenta una comparación con la versión secuencial del mismo algoritmo, midiendo la calidad de la solución y el tiempo de ejecución, obteniéndose resultados altamente satisfactorios.

## Un híbrido entre sistema de hormigas y búsqueda armónica para resolver el problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo (vrp-tw)

**Edwin Montes Orozco, Román Anselmo Mora Gutiérrez, Javier Ramírez Rodríguez**  
Universidad Autónoma Metropolitana-Azc, Ciudad de México, México  
[jararo@azc.uam.mx](mailto:jararo@azc.uam.mx)

**Palabras clave:** Sistema de hormigas, Búsqueda armónica, Problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo

### RESUMEN

En el presente trabajo se muestra un algoritmo híbrido de dos técnicas metaheurísticas, *Sistema de Hormigas (AS)* y *Búsqueda armónica (HS)* para resolver el *problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo (VRP-TW)*, al cual se le ha denominado *AS-HS*. En éste, ambas técnicas se encuentran entrelazadas. La técnica *HS* sirve para guiar el comportamiento del *AS* a través de los cambios en la matriz de feromona, ya que se aprovecha la información de un número  $n$  de ejecuciones de la *HS* guardadas en la memoria armónica (*HM*). En el procedimiento propuesto se retoman las mejores soluciones para la actualización del nivel de la feromona. Lo anterior permite que las hormigas intensifiquen en una región prometedora y los elementos de diversidad en ambas técnicas evitan una convergencia prematura del algoritmo. Por otro lado, para una construcción más eficiente de las soluciones se aprovecha la estructura del problema, haciendo uso de la ventana de tiempo, la distancia entre los clientes a visitar y la carga asignada a cada vehículo  $k$  como factores dentro de la actualización del nivel la feromona.

## Aplicación de técnicas de teoría de control para la sintonización de parámetros de algoritmos heurísticos

**Eduardo Rodríguez del Ángel, Juan Frausto Solís, J. David Terán-Villanueva, Héctor Joaquín Fraire Huacuja**

Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Ciudad Madero, Tamaulipas, México  
[rodela22@hotmail.com](mailto:rodela22@hotmail.com)

**Palabras clave:** Sintonización de parámetros, métodos heurísticos, optimización combinatoria.

### RESUMEN

Para resolver problemas difíciles de optimización combinatoria, se requiere de métodos heurísticos con características adecuadas para explorar el espacio de soluciones y facilitar la búsqueda de soluciones óptimas. Al proceso de asignar valores específicos a los parámetros de un algoritmo se conoce como sintonización de parámetros y el desempeño de dicho algoritmo depende en gran medida de su sintonización. Existe un fuerte interés en desarrollar técnicas que permitan ajustar estos parámetros correctamente, pues los algoritmos heurísticos tienen una gran aplicabilidad en problemas industriales. Dado la naturaleza cuantitativa de múltiples parámetros es posible plantear la selección de los mejores parámetros de un algoritmo heurístico como un problema de optimización combinatoria. En este trabajo se propone la implementación de técnicas derivadas de la teoría de control clásica a problemas de optimización académicos, para la sintonización de parámetros en tiempo real. Esto con el fin de presentar nuevas alternativas para la afinación de parámetros que se encuentren al nivel del estado del arte.

## Algoritmo multiquenching poblacional paralelo para doblado de proteínas

*Anylu Melo Vega, Ernesto Liñán García, Guadalupe Castilla Valdez, Juan Javier Gonzalez Barbosa, Juan Frausto Solís*

Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Ciudad Madero, Tamaulipas, México  
UADEC, Coahuila, México  
[anylumelovega@gmail.com](mailto:anylumelovega@gmail.com)

**Palabras Claves:** Multiquenching Annealing, Algoritmos paralelos, Algoritmos híbridos

### RESUMEN

El problema de doblado de proteínas (PDP) consiste en determinar la estructura tridimensional funcional o estructura nativa (EN) de las mismas, la cual tiene la menor energía de Gibbs. PDP es un problema NP –completo, de forma que encontrar un algoritmo eficiente es un reto computacional. Lograr avances en algoritmos de PDP agrega estrategias potencialmente útiles para toda la clase NP, donde muchos problemas son de aplicación industrial. Además, encontrar ENs ayudaría al área de investigación médica. En este trabajo se propone un algoritmo híbrido MQPP (Multi-Quenching Poblacional Paralelo) para PDP. MQPP genera una población de soluciones iniciales; cada una de las cuales es solución inicial de un Proceso Multiquenching (PM) ejecutado en un núcleo independiente. Un proceso maestro determina cuál de los PMs entrega la mejor solución. Un PM contiene dos fases: Fase Quenching (FQ) y Fase Annealing (FA). FQ se aplica a temperaturas extremadamente altas donde regularmente ocurren variaciones altas de energía. FA busca a temperaturas altas y bajas, donde las variaciones de energía son menores. El algoritmo MQPP es paralelizado mediante la aplicación de estrategias MPI en SMMP (Simple Molecular Mechanics for Protein) el cual es un ambiente de desarrollo de algoritmos para PDP.

Sociedad Mexicana de  
Investigación  
de Operaciones



# Sesión 7

## Optimización multicriterio y educación

Sociedad Mexicana de  
Investigación  
de Operaciones

## **Pronóstico de series de tiempo financieras utilizando recocido simulado y SVR**

**Juan Javier González Mancha, Juan Frausto Solís, Guadalupe Castilla Valdez, Juan Javier González Barbosa, David Jesús Terán Villanueva**

Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM), Ciudad Madero, Tamaulipas, México

[jigmancha@outlook.com](mailto:jigmancha@outlook.com)

**Palabras Claves:** Series de tiempo, SVR, recocido simulado

### **RESUMEN**

El comportamiento de las bolsas de valores alrededor del mundo juega un papel muy importante en el desarrollo de la economía de cada país; la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) es la entidad financiera en México en la cual participan inversionistas que crean portafolios de inversión con el fin de obtener ganancias. El pronóstico de series de tiempo financieras es un problema importante para la creación y optimización de portafolios de inversión, pues permite tener un estimado de los porcentajes de inversión de los distintos activos que conforman el portafolio y el momento en que se deben realizar estas operaciones. En la actualidad se suelen utilizar modelos como ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average), GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity), redes neuronales y máquinas de soporte vectorial para realizar los pronósticos. En este trabajo se presenta un algoritmo de recocido simulado paralelo que emplea máquinas de soporte vectorial con regresión (SVR) para el pronóstico de series financieras de la BMV. La combinación de estrategias heurísticas, aprendizaje reforzado y paralelización producen resultados competitivos en comparación con los métodos clásicos.

## **Arquitectura para framework de optimización para apoyo a la toma de decisiones**

**Ricardo Rojas Hernández, Nelson Rangel Valdez, Claudia Guadalupe Gómez Santillán, Guadalupe Castilla Valdez**

Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM), Tampico, Tamaulipas, México

[ing.ric.rojas@gmail.com](mailto:ing.ric.rojas@gmail.com)

**Palabras Claves:** Framework de optimización, Patrones de diseño, Toma de decisiones

### **RESUMEN**

Hoy en día, existen numerosas estrategias que pueden solucionar distintos problemas de optimización; sin embargo la mayoría de estas estrategias, como parte del diseño de un algoritmo, son estructuras rígidas basadas en condicionales y ciclos, y reglas de decisión que guían de forma imperativa hacia donde debe moverse el algoritmo. Por tal motivo, se considera el estudio de estrategias existentes, y la posibilidad de generación de nuevas estrategias apoyadas en métodos basados en el área de toma de decisiones. Para realizar la integración de modelos de optimización y estrategias de apoyo a la toma de decisión, se propone el desarrollo de un Framework de optimización; que se define por patrones de diseño que describen algoritmos, problemas, operadores, soluciones, validaciones, preferencias y diseño experimental. Estos componentes proporcionan flexibilidad y extensión de las mismas. El objetivo es diseñar una arquitectura del Framework que impacte en la reutilización del mismo y pueda extenderse; también, es necesaria la facilidad de implementación de soluciones de problemas a través de nuevos algoritmos.



## **Algoritmo híbrido paralelo para la selección y calendarización de cartera de proyectos de gran escala**

**Mayra Selene Hernández Guerrero, Laura Cruz Reyes, Nelson Rangel Valdez, Claudia Guadalupe Gómez Santillán**

Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM), Ciudad Madero, Tamaulipas, México

[selenehdz@live.com.mx](mailto:selenehdz@live.com.mx)

**Palabras Clave:** Cartera de proyectos, teoría de Benders, estrategia evolutiva paralela.

### **RESUMEN**

La selección de una cartera de proyectos es uno de los problemas de optimización más importantes que actualmente se están abordando, tanto en el sector privado como en el sector público. Llevar a cabo la selección de los proyectos se trata de una decisión crítica, y el problema puede llegar a ser de alta complejidad. En el estado del arte se reportan algunas metaheurísticas que aportan buenas carteras, sin embargo, hay una probabilidad alta de que esa solución esté muy alejada de la cartera óptima. Además, al incorporar calendarización a la selección de cartera de proyectos la dificultad del problema aumenta, sin embargo, es posible combinar algunas estrategias para mejorar el rendimiento y la calidad de los resultados. En este trabajo se propone un algoritmo híbrido que da solución al problema de selección y calendarización de cartera de proyectos mediante una estrategia evolutiva paralela y descomposición con teoría de Benders, técnicas que favorecen el uso eficiente de los recursos de cómputo actuales, mejorando el tiempo de ejecución y alcanzando soluciones competitivas comparadas a las reportadas en el estado del arte.

## **Algoritmo híbrido paralelo para la solución del problema de selección de cartera de proyectos mediante la asignación de recursos**

**Federico Gamboa Ruvalcaba, Claudia Guadalupe Santillán Gómez, Laura Cruz Reyes, Rangel Nelson Valdez, Nora Castelán Ortiz, Juan Javier González Barbosa**

Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM), Tampico, Tamaulipas, México

[fgamboa91@hotmail.com](mailto:fgamboa91@hotmail.com)

**Palabras Clave:** Selección de cartera de proyectos, descomposición, paralelización.

### **RESUMEN**

La selección de proyectos ha sido un problema considerablemente estudiado en numerosas disciplinas. En el estado del arte se encuentran reportados diversos enfoques de optimización de cartera, los cuales han conseguido cierto nivel de éxito dentro de las condiciones en las cuales fueron propuestos. Sin embargo, es muy reducido el número de trabajos que incluyen estrategias de descomposición o paralelización a dicho problema. En cuanto a los trabajos secuenciales, se han desarrollado algoritmos de procesamiento celular simulando paralelismo para la resolución del problema de selección de cartera de proyectos, siendo un procedimiento secuencial el tratamiento de las células, dicha estrategia ha probado obtener resultados competitivos por lo cual se tiene un gran interés en explorarla. En este artículo se hace mención de las estrategias a implementar para la resolución del problema en paralelo, entre ellas destaca la hibridación del uso de técnicas de descomposición y paralelización además de hacer uso de algoritmos evolutivos

## **Resolviendo el problema de calendarización de tareas en sistemas de cómputo heterogéneo con un algoritmo de ramificación y poda multiobjetivo**

**José Carlos Soto Monterrubio, Juan Frausto-Solís, Héctor Joaquín Fraire Huacuja**  
Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM), Ciudad Madero, Tamaulipas, México  
[automatas2002@yahoo.com.mx](mailto:automatas2002@yahoo.com.mx)

**Palabras Clave:** Multiobjetivo, algoritmo de ramificación y poda, calendarización

### **RESUMEN**

En este trabajo se aborda el problema de encontrar el frente óptimo de Pareto de instancia del problema de calendarización de tareas en sistemas de cómputo heterogéneo (Heterogenous Computing Scheduling Problem, HCSP). Este consiste en minimizar conjuntamente dos objetivos que están en conflicto: el tiempo de ejecución (makespan) de las tareas programadas y la energía consumida. En la literatura revisada no se reportan métodos de solución exacta del problema. En este artículo se propone un algoritmo de ramificación y poda multiobjetivo para la solución del problema HCSP. El algoritmo propuesto se utiliza para encontrar el frente óptimo de Pareto de un conjunto de instancias reportadas en la literatura.

## **Un operador de vecindades para problemas de optimización multi-objetivo continuos**

**Aurelio Alejandro Santiago Pineda, Héctor Joaquín Fraire Huacuja, Claudia Guadalupe Gómez Santillana, Juan Javier González Barbosa**  
Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM)/ Universidad de Cádiz, Tampico, Tamaulipas, México  
[alx.santiago@gmail.com](mailto:alx.santiago@gmail.com)

**Palabras Clave:** Optimización multiobjetivo, Gradiente, Descomposición

### **RESUMEN**

Las metaheurísticas trayectoriales se han utilizado con éxito en optimización combinatoria, pero no en problemas de optimización continua debido, entre otros aspectos, a la falta de definiciones de vecindades apropiadas para este tipo de problemas. En el presente trabajo se propone un operador en primer término aplica la aproximación lineal de primer orden del gradiente y posteriormente una mutación polinomial que hace la búsqueda más diversa. Para adaptar el uso de aproximaciones lineales del gradiente a optimización multi-objetivo se utiliza la descomposición multi-objetivo de modo que el operador se aplica de la misma manera para optimización mono y multi-objetivo. El enfoque que se propone se valida utilizando un algoritmo de Aceptación por Umbral basado en descomposición y un conjunto de instancias de prueba de la literatura multi-objetivo. Los resultados muestran que el operador mejora significativamente el desempeño del algoritmo para instancias con conjuntos de Pareto lineales.

## **Apoyo a la decisión multicriterio mediante un enfoque interactivo con incorporación de preferencias en procesos de optimización de cartera de proyectos públicos**

**Mercedes Pérez Villafuerte, Laura Cruz-Reyes, Nelson Rangel Valdez, Claudia Gómez Santillán**  
TecNM/ Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM), Ciudad Madero, Tamaulipas, México  
[pvmercedes@gmail.com](mailto:pvmercedes@gmail.com)

**Palabras Clave:** Cartera de proyectos, incorporación de preferencias, método interactivo.

### **RESUMEN**

La selección de cartera de proyectos es uno de los problemas estratégicos con mayor trascendencia, tanto en el sector privado como en el público. Éste puede convertirse en una tarea sumamente compleja debido a varios factores. Las preferencias del Tomador de Decisiones (DM, por sus siglas en inglés) son un elemento relevante para la toma de decisiones, varían entre tomadores de decisiones y evolucionan en el tiempo. Se requiere una estrategia que asista al decisor en la identificación del mejor compromiso, una solución óptima o cercana a la óptima que satisfaga sus preferencias. Para tratar con preferencias que evolucionan en el tiempo, en este trabajo se aborda la incorporación interactiva de preferencias. De manera específica, que involucren la participación del DM durante el proceso de optimización y análisis de la cartera. Para modelar las preferencias del DM se incorpora la metodología de Análisis de Desagregación de Preferencias (PDA, por sus siglas en inglés) en un algoritmo híbrido que da solución al problema de cartera de proyectos. En este artículo se presenta un estudio de eficiencia de la incorporación del PDA en un proceso de búsqueda interactivo. Los resultados experimentales mostraron el potencial del método propuesto.

## **Herramientas colaborativas visuales como estrategia de enseñanza de la investigación de operaciones para estudiantes de mercadotecnia y negocios del cucea**

**Laura Plazola Zamora**  
Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México  
[lpazola@gmail.com](mailto:lpazola@gmail.com)

**Palabras Clave:** Herramientas colaborativas visuales, powtoon, Investigación de Operaciones

### **RESUMEN**

En este trabajo se plantea la utilización de una herramienta colaborativa visual como estrategia de enseñanza-aprendizaje en la materia de Investigación de operaciones con el fin de lograr un aprendizaje significativo del contenido temático de ésta, así como de incentivar la creatividad de los estudiantes de mercadotecnia y negocios del Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad de Guadalajara. El curso de Investigación de Operaciones forma parte de las materias básicas obligatorias para las carreras de Mercadotecnia y Negocios, su propósito es que el estudiante aplique las técnicas de optimización en la resolución de problemas en situaciones concretas, enfocadas a la toma de decisiones como parte del proceso de gestión de las organizaciones. En este ejercicio los estudiantes utilizaron una aplicación llamada POWTOON, para crear vídeos animados y presentaciones de contenido. Estas herramientas son útiles en actividades de aprendizaje colaborativo, como evaluación alternativa, o incluso para que los estudiantes puedan crear contenido para la clase y así elevar su rendimiento académico. Los estudiantes manifestaron que el uso de estas herramientas es una buena manera de presentar, explicar y describir ideas y conceptos, las historietas resultaron ser una forma alternativa y divertida de lograr los objetivos de aprendizaje.



# **Sesión 8**

## **Optimización, transporte y minería de datos**

Sociedad Mexicana de  
**Investigación**  
de Operaciones

## **Adaptación de un algoritmo de agrupación mono-objetivo a multi-objetivo usando caracterización del desempeño**

**Enith Martínez Cruz, Laura Cruz Reyes, Marcela Quiroz Castellanos, Nelson Rangel Valdez**

Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Ciudad Madero, Tamaulipas, México

[emc.enith@gmail.com](mailto:emc.enith@gmail.com)

**Palabras Clave:** Optimización evolutiva multi-objetivo, problema de agrupación, métricas.

### **RESUMEN**

Se presenta la adaptación del algoritmo genético GGA-CGT el cual es un algoritmo del estado del arte que resuelve un problema de agrupación mono-objetivo. El nuevo algoritmo da solución al problema multi-objetivo Path Dissimilarity (PDP). El PDP es un problema de optimización basado en la generación de rutas por lo que en este trabajo ha sido abordarlo como un problema de agrupación. El algoritmo concebido está basado en el clásico NSGA-II y conserva los puntos fuertes del GGA-CGT como lo es la generación de una población inicial de alta calidad; el uso de operadores de agrupación inteligentes, los cuales promueven la transmisión de los mejores genes y la explotación del espacio de búsqueda; un procedimiento de reordenamiento que mejora las soluciones; y un método de reproducción el cual brinda un equilibrio entre la selección y la diversidad de la población. Para ajustar el algoritmo propuesto se utilizaron técnicas de caracterización y análisis experimental, entre ellas la configuración de parámetros; éstas permitieron mejorar el rendimiento del algoritmo. La calidad del algoritmo fue evaluado con métricas que miden la diversidad de las soluciones y su cercanía al óptimo. Los datos obtenidos fueron analizados obteniéndose resultados significativamente satisfactorios.

## **Un enfoque evolutivo para incorporar las preferencias del tomador de decisiones a través de clasificación multicriterio**

**Laura Cruz-Reyes, Eduardo Fernández, Patricia Sánchez, Claudia Gómez**

Tecnológico de Ciudad de México/ Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Tampico, Tamaulipas,

México. Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México

[ipatricia.sanchez@gmail.com](mailto:ipatricia.sanchez@gmail.com)

**Palabras Clave:** Preferencias, clasificación, multiobjetivo

### **RESUMEN**

La mayoría de los algoritmos evolutivos multiobjetivo están enfocados en generar un conjunto de soluciones representativas del frente de Pareto óptimo. Sin embargo, por lo general este conjunto es demasiado grande haciendo difícil para el tomador de decisiones elegir una única solución para ser implementada. En la literatura existen métodos que han incorporado las preferencias del tomador de decisiones en el proceso de búsqueda para dirigirlo hacia una región de interés, evitando con esto explorar el frente de Pareto completo. En este trabajo proponemos incorporar en un enfoque evolutivo las preferencias del tomador de decisiones de manera implícita a través de métodos de clasificación multicriterio. Nuestra propuesta está basada en el algoritmo NSGA-II y utilizamos como métodos de clasificación a los procedimientos THESEUS y ELECTRE-TRI. Nuestro enfoque fue evaluado en el problema de cartera de proyectos en cuatro y nueve objetivos. Realizamos un estudio comparativo que muestra las ventajas de incorporar las preferencias en el proceso de búsqueda, ya que nuestro enfoque logró reducir el número de soluciones encontradas, las cuales a su vez van acorde a las preferencias del tomador de decisiones. Además, se logró encontrar un mayor número de soluciones pertenecientes al frente de Pareto óptimo conocido.

## Modelo de optimización multicriterio para distribución de Ayuda considerando daños en la infraestructura

*Fabiola Regis, Jaime Mora-Vargas, Ángel Ruíz*

Tecnológico de Monterrey, Querétaro, Querétaro, México

[fregisher@itesm.mx](mailto:fregisher@itesm.mx)

**Palabras Clave:** Resiliencia, Distribución de ayuda, Optimización multi-criterio.

### RESUMEN

Los desastres naturales han incrementado en ocurrencia e intensidad, dejando poblaciones desvalidas y necesitadas de agua, comida o equipos médicos, entre otros. Debido al impacto y alcance de un desastre, la ayuda local no es suficiente, por lo que organizaciones internacionales brindan ayuda con el objetivo de minimizar el sufrimiento de la población afectada. La intervención de organizaciones nacionales, internacionales, gubernamentales, no gubernamentales, militares y el sector privado, ocasiona que se tengan diferentes objetivos, provocando que la **coordinación** sea una de las principales áreas de oportunidad en logística humanitaria. La distribución de ayuda se realiza bajo un escenario caracterizado por un alto nivel de incertidumbre tanto en la demanda como en la infraestructura, en donde las rutas pre-establecidas pueden o no estar en condiciones para ser transitadas después del impacto del desastre. Lo anterior ocasiona que considerar los diferentes objetivos de los involucrados y el estado de la infraestructura en el proceso de toma de decisiones, ayude a incrementar la confiabilidad en el mismo. Este trabajo propone un modelo matemático multicriterio para distribución de ayuda humanitaria tomando en cuenta los diferentes objetivos de las organizaciones involucradas bajo una coordinación vertical, así como el **daño en la infraestructura**.

## Propuesta para la recolección de residuos sólidos urbanos en área oriente de la zona norte del municipio de nezahualcóyotl

*José Guadalupe Cruz Alanís, Marcos Raúl Cruz Trujillo, José Gilberto Sandoval Cuagtle*

Facultad de Ingeniería, UNAM, Ecatepec de Morelos, Ciudad de México, México

[Alanis2803@gmail.com](mailto:Alanis2803@gmail.com)

**Palabras Clave:** Asignación de rutas, problema del cartero chino, problema del agente viajero.

### RESUMEN

Los problemas de recolección de residuos sólidos urbanos (RSU), son una preocupación creciente para las ciudades en expansión y para los grandes generadores de residuos, debido a la gran contaminación que generan y a los problemas de salud que se presentan. En este trabajo se propone la optimización del sistema de recolección de residuos sólidos para área oriente de la zona norte del municipio de Nezahualcóyotl, que es el segundo municipio más poblado de la zona centro de México. Para la solución planteada se utilizan los modelos del cartero chino y el agente viajero, por las condiciones de la zona de estudio y la problemática social que existe, considerando la capacidad e infraestructura del sistema de recolección, así como las restricciones físicas del lugar. Se diseña el sistema de RSU para la zona como un modelo de redes, utilizando el método de recolección por acera para ciertas áreas y para otras la instalación de contenedores. El diagnóstico, la modelación de rutas y la localización de contenedores se realiza con un Sistema de Información Geográfica.



## Un problema abierto de enrutamiento de vehículos con múltiples depósitos, restricciones de capacidad y ventanas de tiempo

**Juan Manuel Tzintzun Ramos, Alejandra Gómez Padilla**

Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México

[jtztzr@gmail.com](mailto:jtztzr@gmail.com)

**Palabras Clave:** VRP, Ruteo.

### RESUMEN

El problema de enrutamiento de vehículos presentado considera ventanas de tiempo, restricciones de capacidad y múltiples orígenes posibles. De los orígenes posibles, sale un vehículo con capacidad limitada, que tiene que visitar varios puntos para recoger mercancía y entregarlos en un punto. Los distintos puntos a visitar tienen ventanas de tiempo para entregar la mercancía. En este problema se decide el origen y la secuencia de puntos a visitar buscando minimizar el número de vehículos utilizados y el costo, de forma que se asegure que toda la mercancía se recoge utilizando uno o varios vehículos. Los datos se toman de una industria del área de inyección de plásticos que en la actualidad subcontrata el servicio de transporte y enfrenta altos costos por el mismo. Se propone un modelo de tipo Open Vehicle Routing Problem (OVRP) para la solución del problema. Los resultados son comparados con los resultados de las rutas previas y los gastos incurridos con el método anterior.

## Algoritmos heurísticos para el problema dinámico de rutas de vehículos centrado en el cliente

**Mayra Alejandra Luna Peña, Ada Margarita Álvarez Socarrás, Francisco Román Ángel-Bello Acosta**

ITESM Campus Monterrey/ UANL, Monterrey, Nuevo León, México

[lic.mayraluna@gmail.com](mailto:lic.mayraluna@gmail.com)

**Palabras Clave:** Ruteo, latencia, heurística

### RESUMEN

En este trabajo se presenta una variante del Problema de Rutas de Vehículos (Vehicle Routing Problem, VRP). En el VRP se tiene un conjunto de vehículos y un conjunto de clientes. A cada cliente se le asocia una demanda la cual debe ser atendida por un solo vehículo, el objetivo es el diseño de rutas que comiencen y terminen en el depósito, que atiendan las demandas de todos los clientes y que minimicen el costo asociado a las rutas. En la variante estudiada el objetivo considerado es minimizar la suma de los tiempos de espera de los clientes en la solución (latencia de la solución) y se estudia la versión dinámica del problema, donde la fuente de dinamismo es la llegada de clientes posterior al inicio de ejecución de las rutas. El estudio del problema con estas características no ha sido reportado en la literatura científica. Se aborda el problema mediante dos enfoques usados en la literatura para problemas de rutas dinámicos: el enfoque periódico y el enfoque continuo. Para cada enfoque se proponen algoritmos heurísticos de solución. El desempeño del algoritmo propuesto es evaluado a través de experimentación computacional sobre un gran conjunto de instancias.



## Un modelo matemático y un procedimiento meta heurístico para el problema de los k-reparadores

*Iris Martínez-Salazar, Samuel Nucamendi-Guillén, Francisco Ángel-Bello, J. Marcos Moreno-Vega*

Universidad Panamericana/ Universidad Autónoma de Nuevo León/ Tecnológico de Monterrey,

Universidad de la Laguna, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

[irisabril@gmail.com](mailto:irisabril@gmail.com)

**Palabras Clave:** Problema del reparador, Programación Entera Mixta, Metaheurístico.

### RESUMEN

El problema de los k-reparadores es una generalización del problema del reparador y el problema del repartidor, donde se considera que existen más de un reparador o repartidor. El problema de los k-reparadores consiste en encontrar k caminos disjuntos en un grafo ponderado, cada uno partiendo de un nodo raíz, de modo que la suma de la longitud de los caminos a todos los nodos sea mínimo. Este problema es clasificado dentro de los problemas de mínima latencia. En este trabajo, se presenta un problema de los k-reparadores, donde el objetivo es minimizar la suma de los tiempos que esperan los clientes en recibir un servicio. El problema es relevante en aplicaciones donde es prioritario llegar a los puntos de demanda rápida y equitativamente, tal es el caso de distribución de ayuda humanitaria en desastres, transportación de personal y en los sistemas de distribución de productos perecederos. Se proponen tanto una formulación entera mixta, capaz de resolver a optimalidad instancias hasta tres veces más grandes que formulaciones previas encontradas en la literatura, como un algoritmo metaheurístico simple y eficiente, capaz de encontrar la solución óptima a una gran cantidad de instancias de prueba en un tiempo computacional muy pequeño.

## Evaluación numérica del desempeño de algoritmos de clusterización

*Rosa Isela Hernández Zamora, Álvaro Eduardo Cordero Franco, Víctor Gustavo Tercero Gómez*

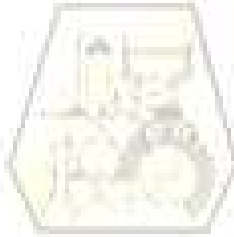
Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

[rosa.hernandezzm@uanl.edu.mx](mailto:rosa.hernandezzm@uanl.edu.mx)

**Palabras Clave:** Validación interna, externa, relativa

### RESUMEN

Minería de Datos es el proceso y algoritmos para obtener información de datos de gran escala. Entre las herramientas para lograr esto, la clusterización tiene como objetivo encontrar grupos naturales, clusters, dentro de un conjunto de puntos. Existen diversos algoritmos para la clusterización, sin embargo no existe un algoritmo de clusterización óptimo, por lo que existen medidas de compacidad y separación entre clústeres para medir su eficiencia. En este trabajo se propone un estudio experimental, en el cual, bajo una misma instancia se evalúan diferentes algoritmos de clusterización para seleccionar la partición que mejor se ajusta a los datos. Estas instancias son diseñadas bajo diferentes escenarios, por ejemplo, alta-dimensión, variabilidad, correlación, puntos atípicos y diferentes distribuciones teóricas. Como resultado, presentamos un comparativo de diferentes algoritmos bajo diferentes escenarios validando el algoritmo que mejor se adecua en cada situación. Los resultados pueden ser usados como una guía para seleccionar el algoritmo que más se adecua en ciertas instancias; también proporcionan una idea del desempeño de los algoritmos de clusterización más utilizados en la actualidad.



# Sesión 9

## Localización, planeación y simulación

Sociedad Mexicana de  
**Investigación**  
de Operaciones

## Analizando cotas válidas para el problema binivel de localización de plantas con capacidades

**José Fernando Camacho Vallejo, Martha Selene Casas Ramírez, Iris Abril Martínez Salazar**  
Universidad Autónoma de Nuevo León/ Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, San Nicolás de los

Garza, Nuevo León, México

[jose.camachovl@uanl.edu.mx](mailto:jose.camachovl@uanl.edu.mx)

**Palabras Clave:** Programación binivel, localización de plantas, cotas válidas.

### RESUMEN

En este trabajo se estudia un problema binivel compuesto por un nivel superior, en el cual una compañía intenta abrir plantas minimizando los costos de instalación y distribución; y por un nivel inferior, en el cual los clientes van a maximizar sus preferencias de ser asignados a las plantas más preferidas con el fin de satisfacer sus demandas. Se introducirán algunos conceptos necesarios para definir las soluciones alcanzables binivel. Debido a la complejidad del nivel inferior, el cual es NP-duro, se deben buscar otras estrategias para obtener el conjunto racional de reacción del seguidor. Las soluciones alcanzables binivel arrojan cotas válidas para el problema, sin embargo, no se puede establecer si dichas cotas son superiores o inferiores. Esto se ilustra con un ejemplo numérico y se hace una discusión al respecto al comparar con la cota obtenida mediante la clásica reformulación del problema binivel considerando las condiciones de optimalidad del nivel inferior. Por último, se muestran resultados computacionales obtenidos sobre un conjunto de instancias de prueba y se concluye la buena aplicabilidad que parece mostrar las soluciones alcanzables binivel para resolver problemas en los cuales el nivel inferior sea muy complejo o costoso de resolver a optimalidad.

## Algoritmo híbrido grasp-tabú para el problema de máxima cobertura con múltiples recursos

**Minerva Aidee Díaz Romero, Juan Antonio Díaz García, Vicente Alarcón Aquino**

Universidad de las Américas Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

[minerva.diaz@udlap.mx](mailto:minerva.diaz@udlap.mx)

**Palabras Clave:** Máxima cobertura, GRASP, Búsqueda Tabú

### RESUMEN

En este trabajo se estudia una variante del problema de máxima cobertura. El problema de máxima cobertura considera la siguiente situación. Dado un conjunto de localizaciones potenciales para el emplazamiento de instalaciones, un conjunto de puntos de demanda, cada uno de ellos con una demanda específica, un valor  $p$ , que define el número de instalaciones a ubicar, y un valor umbral, denominado radio de cobertura, se requiere seleccionar un conjunto de  $p$  localizaciones para el emplazamiento de las instalaciones, de manera tal que se maximice la demanda recubierta por dicha instalaciones, sujeto a que cada uno de los puntos de demanda cuya demanda es satisfecha esté dentro del radio de cobertura de alguna de las instalaciones abiertas. En la variante considerada en este trabajo, se consideran distintos tipos de instalaciones o recursos, cada uno de ellos con un radio de cobertura y un costo dado, y un presupuesto fijo  $B$ . En el caso del problema estudiado en este trabajo, se requiere determinar los sitios donde se ubicarán las instalaciones, de manera tal que se maximice la demanda recubierta sin exceder el presupuesto. Este problema está motivado por una aplicación práctica donde se requiere desplegar recursos de extinción de incendios en posiciones adecuadas para que cualquier incendio forestal puede ser atacado dentro de un tiempo de respuesta especificado. Se propone una heurística que combina las metodologías GRASP y Búsqueda Tabú para la obtención de soluciones factibles. De acuerdo con una fase de experimentación preliminar, se ha observado que la heurística propuesta permite obtener soluciones de muy buena calidad con un esfuerzo computacional adecuado.

## Un modelo y un algoritmo metaheurístico aplicados a un caso real de secuenciación de tareas con ensamblado

**Rafael Muñoz Sánchez, Iris Abril Martínez Salazar**

Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Apodaca, Nuevo León, México

[Rafael.m.sanchez19@gmail.com](mailto:Rafael.m.sanchez19@gmail.com)

**Palabras Clave:** GRASP, HFS

### RESUMEN

En este trabajo, se estudió una línea de producción de una empresa de giro automotriz. La empresa requiere mejorar la programación de la producción de dicha línea de producción, pues la considera crítica dentro de su proceso productivo. Dadas las características de la línea de producción, se puede clasificar el problema como un caso particular de un Hybrid Flow Shop Scheduling (HFS). Una de los aspectos relevantes de la línea de producción es que, en una de las últimas etapas del proceso, se realiza una pieza mediante el ensamblado de dos subproductos procesados en la misma línea. En la línea de producción, se fabrican una familia de piezas con diferentes tiempos de procesamiento y tiempos de preparación de las máquinas debido a programación de las mismas y cambio de herramientas. Dada ciertas órdenes de piezas, se busca minimizar el tiempo final requerido para producir todas ellas. La línea de producción bajo análisis cuenta con más de 20 etapas dentro del proceso de producción, cada una de ellas con un conjunto de máquinas en paralelo. Se presenta una formulación matemática y un algoritmo heurístico basado en la metodología GRASP que ofrece buenos resultados en un bajo tiempo de cómputo.

## Simulación del proceso de exámenes de laboratorio clínicos Basado en lean manufacturing

**Daniel Alfonso Mendoza Casseres, Carla Cristina Coronado Cervantes, Juan Luis Guerra Puertas**

Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia

[danielmendoza@mail.uniatlantico.edu.co](mailto:danielmendoza@mail.uniatlantico.edu.co)

**Palabras Clave:** Simulación, lean manufacturing, exámenes clínicos.

### RESUMEN

Este trabajo presenta la simulación del proceso de exámenes de laboratorio clínicos que permitió reducir tiempos para entregar resultados. El proceso debe realizarse mediante una gestión enfocada a la creación de un flujo eficiente y efectivo que permitan la disponibilidad de los resultados cuando sean requeridos por los pacientes. Se aplican lean manufacturing y estudio de tiempos incorporándolos en una simulación con el software Flexsim 7.0.6. Inicialmente, se reciben las muestras, se clasifican y se distribuyen en las diferentes áreas de análisis de acuerdo a los tipos de exámenes en cada orden. Después, cada analista lleva a cabo los respectivos estudios de las muestras de acuerdo al orden de llegada y al nivel de urgencia que se requieran los resultados. Seguidamente, se completa el proceso ingresando los resultados obtenidos en una base de datos. Se identificaron los siguientes problemas: demoras para la toma de muestra, procesamiento de exámenes no solicitados y demoras para el procesamiento de las muestras. Se simularon tres escenarios. El escenario de mayor favorabilidad fue el que se enfocó en horas picos de atención, logrando procesar 296 muestras en un menor tiempo e incrementando el número de exámenes totales en 52.2%.

## Localización dinámica de puntos móviles y localización fija para negocios de giro alimenticio

**Horacio Mauricio Quiroz Sandoval, Esther Segura Pérez**  
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Iztapalapa, CDMX, México  
[yakbalam85@gmail.com](mailto:yakbalam85@gmail.com)

**Palabras Clave:** Modelos Matemáticos, Localización

### RESUMEN

A través de herramientas de la I. De O. (modelos de localización dinámica para encontrar puntos con alto flujo y alta demanda), diseñar herramientas que brinden un completo análisis matemático para la mejor toma de decisiones en cuanto a localización de negocios de carácter móvil. Por otra parte se aplicaran las herramientas de la I. de O. para el estudio y viabilidad para encontrar las mejores localizaciones de negocios de carácter fijo. Brindar herramientas de análisis matemático en localización para la mejor toma de decisiones de negocios.

## Un algoritmo genético para un problema de localización de instalaciones capacitadas con ordenamiento de los clientes

**Martha Selene Casas Ramírez, Carmen Galé, Herminia I. Calvete, José Fernando Camacho Vallejo**  
Universidad Autónoma de Nuevo León/ México (UANL/ UNAM), San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España  
[martha.casasrm@uanl.edu.mx](mailto:martha.casasrm@uanl.edu.mx)

**Palabras Clave:** Programación binivel; localización de instalaciones capacitadas; preferencias de los clientes.

### RESUMEN

En este trabajo se considera un problema de localización de instalaciones capacitadas en donde los clientes tienen predefinidas sus preferencias hacia las instalaciones. Para resolver este problema se propone un algoritmo genético. Para construir soluciones iniciales se resuelve una variante del problema relajado del nivel superior generando costos ficticios de instalación aleatorios basados en los costos de instalación originales. Después, para cada solución se resuelve a optimalidad el nivel inferior mediante el algoritmo simplex de transporte. Los operadores genéticos son cruzamiento y mutación. Primero, se proponen tres diferentes tipos de cruzamiento: (1) un punto aleatorio, (2) manteniendo los elementos en común en las soluciones padre y sorteando los que son diferentes, y (3) creando una distribución de probabilidad específica mediante una ponderación de la capacidad asociada a las instalaciones abiertas en las soluciones padres. Para la mutación, se genera un número aleatorio que corresponde a una instalación abierta y otro a una instalación cerrada y se hace el intercambio de dichas instalaciones en la solución. Pruebas preliminares muestran las diferencias y ventajas entre las variantes de las metodologías propuestas. Los resultados del algoritmo genético ilustran su eficiencia - en términos de calidad y tiempo computacional- al compararse contra un optimizador.





# Sesión 10

## Inventarios y aplicaciones

Sociedad Mexicana de  
**Investigación**  
de Operaciones



## Análisis prescriptivo en manufactura: modelos de aceptación de pedidos

**Eduardo Manuel López Soriano, Federico Trigos Salazar**

Tecnológico de Monterrey/ EGADE Business School, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, Mexico

[frigos@itesm.mx](mailto:frigos@itesm.mx)

**Palabras Clave:** Aceptación de pedidos, re-calibración periódica, toma de decisiones empresarial.

### RESUMEN

La teoría de aceptación de pedidos ("order acceptance") está evolucionando rápidamente con la aplicación de análisis prescriptivo ("prescriptive analytics"). Cuando existen limitantes en la infraestructura tecnológica y la demanda excede dicha capacidad, modelos de optimización emergen con el objetivo de maximizar la utilidad total. Este trabajo se enfoca en el desarrollo de nuevos modelos de optimización entera basados en redes que optimizan el flujo a través de sus arcos en un ambiente de manufactura en donde **re- calibración periódica** del equipo es necesaria; tal es el caso de OEM's de la industria aeroespacial y automotriz entre otras. La solución de los modelos arroja una decisión de cuántos pedidos aceptar dentro de un período definido y cuáles pedidos diferir a futuro maximizando medidas de desempeño financiero. Los algoritmos se ilustrarán con casos industriales dentro de la manufactura de herramental estratégico. Extensiones a casos más generales, así como la diferencia entre ambientes "make-to- order" y "make-to- stock" serán analizados y discutidos.

## Metro y metrobús: análisis de la robustez y propuestas para su aumento

**Luis Fernando Guerrero Rodríguez, Jonathan Martín Rodríguez Montero**

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), CDMX, México

[luisfdo.guerrero@gmail.com](mailto:luisfdo.guerrero@gmail.com), [jmro991@gmail.com](mailto:jmro991@gmail.com)

**Palabras Clave:** Redes, Transporte, Robustez

### RESUMEN

El Metro y Metrobús son los mayores sistemas de transporte masivo de la Ciudad de México (CDMX), y dado el gran problema de movilidad al que esta se enfrenta, una parte importante de las soluciones deberían estar dirigidas a estos sistemas. En este trabajo se hace un análisis de ambos como una sola red, donde se evalúan la estructura, la forma y el estado desde la perspectiva de la teoría de redes aplicada a redes de transporte. Con este mismo enfoque, se analiza la robustez de la red, para medir lo preparada que se encuentra para enfrentar cualquier eventualidad que pudiera afectar su desempeño. A partir del diagnóstico anterior, se pretende adaptar el concepto de robustez a las características de la red de la ciudad, involucrando indicadores de operación del sistema de transporte. De esta manera, es posible optimizar la recuperación del sistema en caso de falla. Con los resultados obtenidos, se proponen medidas que podrían ser tomadas en cuenta para la mejora de la operación del sistema y con esto la movilidad dentro de la ciudad en transporte público.

## **Un modelo de inventarios para un producto que se deteriora considerando la demanda dependiente del precio y nivel de inventario con faltantes parciales y totales, y con dos niveles de crédito**

*Ali Akbar Shaikh, Leopoldo Eduardo Cárdenas Barrón, Sunil Tiwari*

Tecnológico de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México

University of Delhi, Nueva Delhi, India

[aakbarshaikh@itesm.mx](mailto:aakbarshaikh@itesm.mx)

**Palabras Clave:** Inventarios, Demanda dependiente del precio y nivel de inventario, Dos niveles de crédito.

### **RESUMEN**

Este trabajo desarrolla un modelo de inventarios para un producto que se deteriora a través del tiempo. El modelo de inventarios considera que la demanda es dependiente del precio y del nivel de inventarios existente en el almacén. Adicionalmente, en este modelo de inventarios se permiten faltantes. Se modelan dos tipos de faltantes: faltantes cubiertos parcialmente y faltantes cubiertos totalmente. Es importante señalar que durante el tiempo en que ocurren los faltantes la demanda sólo es dependiente del precio. También se toma en cuenta la política de dos niveles de crédito; la cual consiste en que el proveedor ofrece al comprador crédito para el pago del lote y el comprador también provee a su cliente crédito para el pago del lote. Se formula el modelo de inventarios como un problema de optimización restringido. Con el fin de ilustrar y validar el modelo de inventarios propuesto se presentan y resuelven algunos ejemplos numéricos. También se presenta un análisis de sensibilidad con la finalidad de estudiar el efecto en la solución óptima al realizar un cambio de los distintos parámetros del modelo de inventario.

## **Un modelo de inventarios para un artículo que se deteriora considerando diferentes patrones de demanda dependiente del precio, distintas políticas de faltantes y dos niveles de crédito para el pago del lote**

*Sunil Tiwari, Ali Akbar Shaikh, Leopoldo Eduardo Cárdenas Barrón*

Tecnológico de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México

University of Delhi, Nueva Delhi, India.

[lecarden@itesm.mx](mailto:lecarden@itesm.mx)

**Palabras Clave:** Inventarios, Inventario y en seguida faltantes, Faltantes y en seguida inventario

### **RESUMEN**

Este trabajo construye un modelo de inventarios para un artículo que se deteriora con el tiempo. El modelo de inventarios toma en cuenta los siguientes aspectos: la demanda es dependiente del precio, dos niveles de crédito, y se permiten faltantes. Diferentes patrones de demanda dependientes del precio son considerados. En cuanto a los faltantes, éstos se consideran que son cubiertos totalmente, es decir, toda demanda faltante es satisfecha posteriormente. El modelo de inventarios es formulado matemáticamente como un problema de optimización restringido. Básicamente, el objetivo principal de este trabajo es modelar y comparar dos políticas de faltantes: 1) inventario y en seguida faltantes y 2) faltantes y en seguida inventario. La finalidad es determinar cuál política de faltantes es más económica. Finalmente se ilustra el modelo de inventarios propuesto con varios ejemplos numéricos y se realiza un análisis de sensibilidad con el objetivo de analizar el efecto en la solución óptima al realizar un cambio en los datos de entrada del modelo de inventario.

## Modelos y algoritmos de programación entera para la solución del problema de intercambio de riñones

*Lizeth Carolina Riascos Álvarez, Roger Z. Ríos Mercado, Alejandra Cicero Lebrija*

Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga”, Estado de México, México

[lizeth.riascoslv@uanl.edu.mx](mailto:lizeth.riascoslv@uanl.edu.mx)

**Palabras Clave:** Aplicación en sector salud, Problema de Intercambio de Riñones, Programación Lineal Entera.

### RESUMEN

En México, el 60% de los pacientes registrados que necesitan un trasplante, sufren de enfermedades renales. El tiempo de espera para un paciente en la lista de espera de donantes fallecidos puede ser de hasta casi tres años, un tiempo superior a la expectativa de vida de muchas de estas personas. En ocasiones, los pacientes tienen donantes, cuyo riñón resulta incompatible. Una alternativa reciente para ayudar a estos pacientes, es crear un banco de parejas paciente-donante (PDPs) incompatibles entre sí, pero potencialmente compatibles con otras parejas en la misma situación, de tal forma que se maximice el número de trasplantes por medio del intercambio de riñones. A éste problema, se le conoce como el “Problema de Intercambio de Riñones” (KEP, por su sigla en inglés). De acuerdo a la legislación y/o disponibilidad de equipos médicos, los intercambios pueden darse en forma de “cadenas” o “ciclos” de PDPs. En esta investigación, hemos propuesto un nuevo modelo de programación entera considerando cadenas irrestrictas en longitud y lo hemos comparado con las formulaciones y algoritmos más eficientes para su solución. Las pruebas fueron realizadas en instancias tomadas de la literatura y de datos clínicos de un Hospital en México.

## Toll optimization problem: bi-level formulation and heuristic solution

*Viacheslav Kalashnikov, Francesc López-Ramos, Nataliya Kalashnykova, Arturo García-Martínez*

Tecnológico de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México

Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas de la BUAP, Puebla, México

[kalash@itesm.mx](mailto:kalash@itesm.mx)

**Palabras Clave:** Bilevel programming, sensitivity analysis, logistics

### RESUMEN

During the last 20 years, the problem of assigning optimal tolls to the arcs of a multi-commodity transportation network has enjoyed a lot of attention on the part of researchers. The toll optimization problem (TOP) can be formulated as a bilevel mathematical program where the upper level is managed by a firm (private or public) that raises revenues from tolls set on (some) arcs of the network, and the lower level is represented by a group of users traveling along the cheapest paths with respect to a generalized travel cost. This talk presents an algorithm based on the allowable ranges to stay optimal (ARSO) resulting from sensitivity analysis after solving the lower level problem. In addition to dealing with the allowable ranges, the proposed technique also uses the concept of “filled function”, which is applied under the assumption that the local maximum has been found. Then the “filled function” technique helps one either find another local maximum, better than the previous ones or determine that we have found the best feasible optimal solution, according to certain parameters of tolerance.

The validity and reliability of this technique are illustrated by the results of numerical experiments with test examples used to compare the proposed approach with the existing ones. The reported numerical results also confirm the method’s robustness.



# Sesión 11

## Redes y optimización multicriterio

Sociedad Mexicana de  
**Investigación**  
de Operaciones

## **Análisis de modelos de caracterización de argumentos de un tomador de decisiones para sistemas de recomendación**

**César Alejandro Guerrero Nava, Nelson Rangel Valdez, Laura Cruz Reyes, Claudia Guadalupe Gómez Santillán, María Lucila Morales Rodríguez**

Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM), Altamira, Tamaulipas, México

[cesaragn1990@hotmail.com](mailto:cesaragn1990@hotmail.com)

**Palabras Clave:** Corpus de diálogo argumentativo, caracterización, sistema de recomendación.

### **RESUMEN**

El trabajo de tesis desarrollado, presenta una propuesta de arquitectura para implementar un Corpus de Diálogo Argumentativo. El objetivo de dicho Corpus, es interactuar con un Sistema de Recomendación, de tal forma que emule a un Decisor, permitiendo validar si las recomendaciones establecidas para el problema en cuestión, son coherentes con las preferencias del Decisor, llegando inclusive a cuestionar por medio de diferentes argumentos, para lograr resultados favorables. Los componentes que componen el proceso de Caracterización son: el Sistema Experto (Sistema de Recomendación), la Recomendación emitida por el Sistema Experto, los Hechos (se extraen durante la interacción), el Corpus de Diálogo Argumentativo (posee textos argumentativos que caracterizan al Decisor), Árboles de Argumentos (textos argumentativos ordenados en una estructura de árbol), Reglas de Prolog, Conclusiones, (junto con un método de selección) y actualización del conocimiento que surge en la interacción. Mientras mejor sea la caracterización del Decisor, mayor será la fidelidad entre el diálogo original y el emulado por el Corpus. El trabajo aquí presentado, tiene como objetivo ayudar a la toma de decisiones, permitiendo la ausencia del Decisor al elegir alternativas, dentro del ámbito del problema de Cartera de Proyectos Públicos.

## **Gestión de inventario para un problema de transbordo utilizando flujo en redes**

**Dayana Giselle Solorio Medrano, Rodolfo Garza Morales**

Maestría en Logística y Cadena de Suministro (UANL), Monterrey, Nuevo León, México

[dgs0607@gmail.com](mailto:dgs0607@gmail.com)

**Palabras Clave:** Política de inventarios, Teoría de redes, Variables binarias

### **RESUMEN**

El desarrollo de esta investigación parte de un modelo de optimización para seleccionar el centro de consolidación a usar y un plan multiperíodo de una empresa manufacturera dedicada al diseño, fabricación, venta y distribución para minimizar el costo total de la operación, dicho modelo ofrece una solución que reduce hasta un 60% los costos de totales, pero mantiene un tiempo de computo muy alto y no se hace práctico utilizarlo a pesar de los buenos resultados que se obtendrían. En consecuencia, se extenderá la investigación proponiendo un modelo de programación de en redes con uso de variables binarias que nos permita disminuir el tiempo computacional para ofrecer a dicha empresa y a otras con características similares, pero con mayor volumen una política de re-abasto que logre disminuir los costos de distribución. Para la comprobación de su funcionamiento se comparará el tiempo computacional de ambos modelos, esperando que el modelo propuesto sea más eficiente que el que se tiene actualmente, después se tomarán los datos reales de una empresa que importa una superior variedad de productos provenientes de Estados Unidos y una mayor cantidad de proveedores.

## Aplicación del enfoque gris al problema de cartera de proyectos

**Fausto Antonio Balderas Jaramillo, Claudia Guadalupe Gómez Santillán, Laura Cruz Reyes,  
Eduardo Fernández**

Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM), Ciudad Madero, Tamaulipas, México

Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), Sinaloa, México

[Fabj21@gmail.com](mailto:Fabj21@gmail.com)

**Palabras Clave:** Problema de cartera de proyectos, Teoría gris.

### RESUMEN

El problema de selección de cartera de proyectos, es frecuentemente abordado por organizaciones, tanto privadas como gubernamentales. El tomador de decisiones, junto con el analista de la decisión debe proveer valores frecuentemente imprecisos y a la vez con incertidumbre en cuanto al entorno que lo rodea. Un número gris es un ente del cual, no se conoce su valor exacto, pero se conoce el intervalo en el que se encuentra. En este trabajo, aplicamos el enfoque gris al problema de cartera de proyectos, modelando la imprecisión en los recursos disponibles, tanto en los proyectos como en el recurso total, así como en restricciones relevantes al problema. La experimentación se realiza en dos frentes: modelando la incertidumbre con el enfoque gris y sin el enfoque gris con el objetivo de poder comparar resultados. Los resultados muestran que modelando la incertidumbre y la imprecisión con el enfoque gris, se obtienen resultados capaces de superar a los encontrados sin la aplicación del enfoque gris.

## Un enfoque para la exploración local de problemas discretos con muchos objetivos

**Oliver Cuate, Bilel Derbel, Arnaud Liefoghe, El-Ghazali Talbi, Oliver Schütze**

CINVESTAV-IPN Zacatenco/ INRIA Lille-Nord Europe, Nezahualcóyotl, México

[ocuate@computacion.cs.cinvestav.mx](mailto:ocuate@computacion.cs.cinvestav.mx)

**Palabras Clave:** Optimización multiobjetivo, Optimización discreta.

### RESUMEN

Para problemas de optimización multiobjetivo en los que el número de funciones involucradas es grande, denominados problemas de optimización con muchos objetivos, resulta muy costoso computacionalmente tratar de obtener el conjunto completo de soluciones óptimas, muchas de las cuales pueden no ser de interés en el proceso de toma de decisiones. Una alternativa a este enfoque es calcular soluciones óptimas basadas en las preferencias de un tomador de decisiones, mismas que pueden ser expresadas mediante una dirección en el espacio objetivo. La forma en que la mayoría de los métodos interactivos en el estado del arte incluyen las preferencias del usuario es mediante vectores de pesos o puntos de referencia. Por otro lado, los métodos de programación matemática únicamente obtienen una solución en cada ejecución y generalmente requieren información de primer o segundo orden, lo que limita su aplicabilidad en ciertos problemas. El método propuesto en este trabajo es capaz de obtener una sucesión de soluciones óptimas, que siguen una dirección dada en el espacio objetivo, para problemas discretos. Esto permite al tomador de decisiones tener una forma más intuitiva de definir sus preferencias y proporciona una herramienta útil para explorar las regiones de interés.



## Cómputo del conjunto soluciones para problemas de optimización multi-objetivo

*Carlos Ignacio Hernández Castellanos, Oliver Schütze, Jian-Qiao Sun*

CINVESTAV-IPN/ UC Merced, Ciudad de México, México

[chernandez@computacion.cs.cinvestav.mx](mailto:chernandez@computacion.cs.cinvestav.mx)

**Palabras Clave:** Optimización multi-objetivo, Algoritmos evolutivos.

### RESUMEN

Comúnmente el objetivo de un problema de optimización multi-objetivo (POM) consiste en identificar el conjunto de conjunto de Pareto  $P$  y su imagen, el frente de Pareto  $F$ . Sin embargo, en algunas situaciones es benéfico considerar soluciones no óptimas que son 'cercanas', en espacio de los objetivos y con propiedades distintas en el espacio de las variables. Este conjunto  $P$  ofrece soluciones adicionales que pueden ser interesantes como respaldo o cuando los objetivos son cambiantes o incompletos. Mantener una representación de  $P$  representa un gran reto dado el tamaño del conjunto. Típicamente el conjunto para un POM de  $n$  variables y  $k$  objetivos forma un objeto de  $n$ -dimensiones, mientras que forma un objeto de  $k-1$  dimensiones (normalmente  $n \gg k$ ). En este trabajo, investigamos estrategias de discretización para obtener una representación finita de tanto en espacio de las variables como de los objetivos. Además proponemos un nuevo algoritmo evolutivo multi-objetivo para el cómputo. Finalmente, realizamos un estudio comparativo del algoritmo con algoritmos del estado del arte utilizando el indicado. Los resultados muestran que el nuevo algoritmo obtiene mejores resultados de forma consistente en el conjunto de pruebas elegido.

Sociedad Mexicana de  
Investigación  
de Operaciones





# Sesión 12

## Localización, planeación y aplicaciones

Sociedad Mexicana de  
**Investigación**  
de Operaciones

## **Desarrollo de esquemas de argumentación para sistemas de recomendación en toma de decisiones**

***Teodoro Eduardo Macías-Escobar, Laura Cruz-Reyes, María Lucila Morales-Rodríguez, Nelson Rangel-Valdez, Claudia Guadalupe Gómez-Santillán***

Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Ciudad Madero, Tamaulipas, México

[itcm@itcm.edu.mx](mailto:itcm@itcm.edu.mx)

**Palabras Clave:** Esquemas de argumentación, sistemas de recomendación, toma de decisión.

### **RESUMEN**

El proceso de toma de decisión es un proceso complicado, y muchas veces menospreciado, en el cual se corre el riesgo de enfrentar gastos innecesarios y resultados de pobre calidad. En muchos de estos casos la cantidad de alternativas superan la capacidad humana, por lo que es necesario el apoyo de programas computacionales. Este trabajo tiene el objetivo de explicar el desarrollo e implementación de un prototipo de un sistema de recomendación para la toma de decisiones, el cual se basa en la información ofrecida por el tomador de decisión para generar una recomendación a partir de las soluciones encontradas mediante un método de selección multicriterio. Dicho sistema se apoya principalmente de múltiples esquemas de argumentación para establecer un diálogo con el usuario, ya sea para defender dicha recomendación u obtener nueva información que pueda llevar a la generación de otra. De esta forma el sistema no solamente es capaz de generar recomendaciones, sino también puede interactuar con el tomador de decisiones para llegar a una solución satisfactoria.

## **Diseño del sistema de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos (RSU) en las principales localidades del municipio de bacalar, quintana roo**

***José Gilberto Sandoval Cuagtle***

Posgrado de la Facultad de Ingeniería (UNAM), Ciudad de México, México

[jgsc\\_gotttufel@live.com.mx](mailto:jgsc_gotttufel@live.com.mx)

**Palabras Clave:** Recolección de RSU, Modelo de redes, Sistemas de Información Geográfica, Problema del agente viajero, Localización de servicios.

### **RESUMEN**

Este estudio está enfocado a la importancia que tiene la recolección de los residuos sólidos urbanos (RSU) municipales, debido a que éste es un problema de logística que deben enfrentar a diario las autoridades que prestan el servicio. El área de estudio contempla las nueve principales localidades del Municipio de Bacalar, debido a que en estas localidades se concentra más del 85% de la población.

El municipio de Bacalar es de reciente creación (2012), la cabecera municipal Bacalar es considerada Pueblo Mágico y por la Laguna de Bacalar es un centro turístico. Situación por la cual las autoridades requieren un sistema eficiente de RSU y cumplir con el eje principal de desarrollo del municipio, que es la sustentabilidad. Se diseña el sistema de RSU como un modelo de redes, utilizando el método de recolección por esquina y la implementación de una estación de transferencia. Para la solución planteada se usan el modelo del agente viajero para diseñar las rutas de recolección y a la teoría de localización para ubicar la estación de transferencia. Se emplea un Sistema de Información Geográfica para representar el diagnóstico, la modelación de rutas, la localización de la estación de transferencia y los resultados obtenidos.

## Índice de Autores

### A

- Abraham Benito Barragán Amigón, 54  
Ada Margarita Alvares Socarras, 48  
Alberto Álvarez Guerrero, 46  
Alejandra Cicero Lebrija, 84  
Alejandra Gómez Padilla, 74  
Alejandro Alvarado Iniesta, II, 38  
Ali Akbar Shaikh, 83  
Alvaro Eduardo Cordero Franco, 36, 37  
Andre Deutz, 48  
Ángel Ruíz, 73  
Antonio Martínez Sykora, 57  
Anyly Melo Vega, 64  
Arnaud Liefoghe, 87  
Arturo García-Martínez, 84  
Aurelio Alejandro Santiago Pineda, 69  
Bilel Derbel, 87  
Carla Cristina Coronado Cervantes, 78  
Carlos Alberto Rojas Trejos, 39, 42  
Carlos De León Almaraz, 45  
Carlos Ignacio Hernández Castellanos, 88  
Carlos Segura González, 55  
Carmen Galé, 79  
Catherine Azzaro-Pantel, 44  
César Alejandro Guerrero Nava, 86  
Claudia Gómez, 72  
Claudia Guadalupe Gómez Santillán, I, 4, 43, 67, 68, 70, 86, 87  
Daniel Adalberto Martínez Vega, 43  
Daniel Alfonso Mendoza Casseres, 78  
Daniel Mosquera, 30  
David Jesús Terán Villanueva, 67  
David Romero, II, 10, 20, 54  
David Terán, 62  
Dayana Giselle Solorio Medrano, 86  
Deiby Andres Parra Gaviria, 37  
Diego Alonso Gastélum Chavira, 49, 50  
Diego De Jesús Hernández Rodríguez, 56  
Diego Tlapa, 38  
Dionicio Morales Ramírez, 46  
Dolores Edwiges Luna Reyes, 55  
Edith Lucero Ozuna Espinosa, 43  
Eduardo Fernández, 10, 72, 87  
Eduardo Manuel López Soriano, 82  
Eduardo René Fernández González, 19, 51  
Eduardo Rodríguez del Ángel, 63  
Edwin Montes Orozco, 63  
Edy López Cervantes, 51  
Elena Cristina Villanueva Guerra, 37  
El-Ghazali Talbi, 87  
Elsa Verónica Larreta Ramírez, 50  
Enith Martínez Cruz, 72  
Ernesto Liñán García, 64  
Esther Segura Pérez, 79  
Fabiola Regis, 73  
Fanny Gabriela Maldonado-Nava, 61  
Fausto Antonio Balderas Jaramillo, 87  
Federico Alonso Pecina, 54  
Federico Gamboa Ruvalcaba, 68  
Federico Trigos Salazar, 21, 82  
Fernando Lopez Irarragorri, 31, 48  
Fiona Browne, 33  
Francesc López-Ramos, 84  
Francisco Ángel-Bello, 75  
Gabriel Policroniades Chípuli, 40, 44  
Gaston Vertiz Camaron, 45, 49  
Gilbert Laporte, 57  
Guadalupe Castilla Valdez, I, 62, 64, 67  
Héctor Joaquín Fraire Huacuja, 61, 63, 69  
Herminia I. Calvete, 79  
Horacio Mauricio Quiroz Sandoval, 79  
Igor Litvinchev, II, 30  
Iris Abril Martínez Salazar, 56, 77, 78  
J. David Terán-Villanueva, 63  
J. Marcos Moreno-Vega, 75  
Jaime Mora-Vargas, 73  
Javier Alberto Rangel González, 62  
Javier García Gutiérrez, 49  
Javier Ramírez Rodríguez, 63  
Jesús David Terán Villanueva, 38  
Jesús Jaime Solano Noriega, 33, 49  
Jian-Qiao Sun, 88  
Jobish Vallikavungal Devassia, 60  
Jonathan Martín Rodríguez Montero, 82  
Jorge Alberto Cerecedo Cordoba, 38  
Jorge Arturo Garza Venegas, 36  
Jorge Limón Romero, 38  
Jorge Raúl Pérez Gallardo, 44, 51  
José Álvaro Gómez Pantoja, 42  
José Antonio Martínez Flores, 62  
José Carlos Soto Monterrubio, 69

- José Fernando Camacho Vallejo, 77, 79  
José Gilberto Sandoval Cuagtle, 73, 90  
José Guadalupe Cruz Alanís, 73  
José Guadalupe Flores Muñiz, 30  
Juan Antonio Díaz, II, 55, 77  
Juan Antonio Díaz García, II, 77  
Juan Carlos Leyva López, II, 33, 34, 49, 50  
Juan Frausto Solís, 62, 63, 67  
Juan Javier González Barbosa, I, 4, 38, 61, 62, 67, 68, 69  
Juan Luis Guerra Puertas, 78  
Juan Manuel Tzintzun Ramos, 74  
Juan Paulo Sánchez-Hernández, 61  
Julia A. Bennell, 57  
Julia María Medina Rodríguez, 34  
Julián González Velasco, 39, 42  
Julio Mar-Ortiz, 46  
Karla B. Valenzuela Ocaña, 52  
Karla Elena Araujo Morales, 34  
Laura Cruz Reyes, I, II, 4, 43, 68, 72, 86, 87  
Laura Plazola Zamora, II, 4, 70  
Leonor Hernández Ramírez, 62  
Leopoldo Eduardo Cárdenas Barrón, 83  
Leticia Vargas, 58  
Lidia Aurora Hernández Rebollar, 54  
Liliana Guerrero Ramos, 34  
Lizeth Carolina Riascos Álvarez, 84  
Lucero Ozuna, 30  
Luis B Morales Mendoza, 60  
Luis Fernando Guerrero Rodríguez, 82  
Luis Oswaldo Valencia Rosado, 55  
Manuel Iván Rodríguez Borbón, 38  
Manuel Medina Elizondo, 34  
Marcela Quiroz Castellanos, II, 72  
Marco Antonio Montufar Benítez, 32  
Marco Augusto Miranda Ackerman, 51  
Marcos Raúl Cruz Trujillo, 73  
María Angélica Salazar Aguilar, 42, 57, 60  
María D. Gracia, 46  
María de los Ángeles Báez Olvera, 48  
María del Rosario Alvarado Vazquez, 45  
María Lucila Morales Rodríguez, 86  
María Margarita Molina de la Torre, 56  
Mariel Leal Coronado, 30  
Mario Alberto López Ramírez, 39, 42  
Mario César López Locés, 61  
Marta Cabo Nodar, 57  
Martha Selene Casas Ramírez, 77, 79  
Martín León Santiesteban, 50  
Maxim Ivanov Todorov, 54  
Mayra Alejandra Luna Peña, 74  
Mayra Selene Hernández Guerrero, 68  
Melanie Solís Mata, 43  
Mendoza, 38  
Mercedes Pérez Villafuerte, 70  
Michael Emmerich, 48  
Miguel Mata Pérez, 56  
Minerva Aidee Díaz Romero, 77  
Nancy Maribel Arratia Martínez, 31  
Nataliya Kalashnykova, 30, 84  
Nelson Rangel Valdez, I, II, 43, 67, 68, 70, 72, 86  
Nicolas Jozefowicz, 58  
Nora Castelán Ortiz, I, 68  
Oliver Cuate, 87  
Oliver Schütze, 48, 55, 87, 88  
Omar Ahumada Valenzuela, 32, 50  
Oscar Cruz Castro, 49  
Pamela Jocelyn Palomo Martínez, 57  
Patricia Sánchez, 72  
Paulina Alejandra Avila Torres, 31  
Pavel Anselmo Alvarez Carrillo, 34  
Rafael Alejandro Espin Andrade, 34  
Rafael Caballero Fernández, 31  
Ricardo Landa Becerra, 55  
Ricardo Rojas Hernández, 67  
Rodolfo Garza Morales, 86  
Rodolfo Mendoza Gómez, 52  
Rodolfo Pazos Rangel, 61  
Rosa Isela Hernández Zamora, 75  
Sandra Ngueveu, 58  
Sergio Jesús Alvarado García, 55  
Stéphan Astier, 44  
Sunil Tiwari, 83  
Teodoro Eduardo Macías-Escobar, 90  
Viacheslav Kalashnikov, 30, 84  
Vicente Alarcón Aquino, 77  
Víctor Adrián Sosa Hernández, 48  
Vincent Boyer, I, 60  
William Jay Conover, 36  
Yazmín A. Ríos Solis, 37





5



Congreso  
Nacional

Sociedad Mexicana de  
Investigación  
de Operaciones



CONACYT  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología