

Propiedades estructurales en la sincronización y coordinación  
de grupos colaborativos de agentes independientes

## PAICyT 2009

Investigador responsable: Dra. Elisa Schaeffer

Área de Tecnologías de la Información y la Ingeniería de Software (TI & Software)  
Centro de Innovación, Investigación y Desarrollo en Ingeniería y Tecnología (CIIDIT)

Posgrado de Ingeniería de Sistemas (PISIS)  
Facultad de la Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME)

Área: Ciencias Aplicadas

Modalidad: Proyecto individual

Diciembre 2008

## Índice

Resumen.....	1
Introducción y planteamiento del problema.....	2
Antecedentes.....	2
Trabajo existente.....	3
Áreas de oportunidad.....	4
Objetivos y Metas.....	5
Metodología.....	7
Infraestructura y apoyo técnico disponible.....	8
Formación de recursos humanos.....	9
Posgrado.....	9
Licenciatura.....	9
Calendario de trimestral de actividades.....	10
Bibliografía.....	11
Participantes.....	12
Responsable.....	12
Colaboradores.....	12
Justificación financiera de los requerimientos.....	14
Desglose financiero del proyecto.....	15

## Resumen

En este proyecto se pretende dar una solución al problema de control para la sincronización de un sistema cooperativo constituido de robots con estructura homogénea para realizar una tarea de manera coordinada. Un análisis teórico será desarrollado para obtener las condiciones bajo las cuales se garantice la convergencia rápida hacia la trayectoria deseada de un sistema cooperativo. Áreas donde intervienen tales sistemas incluyen los procesos de producción, en especial los de la industria automotriz. Además, posibles áreas con un gran potencial de aplicación son la telemanipulación y la sincronización de oscilaciones en la locomoción de robots.

La metodología propuesta consiste en un estudio de literatura, seguido por un análisis teórico de las propiedades estructurales que afectan favorablemente sincronización y coordinación, dando lugar a desarrollo de algoritmos que posteriormente se implementa en simulaciones y al final del proyecto en experimentos con robots físicos.

Este proyecto viene a apoyar dos propuestas sometidas a evaluación en la convocatoria 2008 de Ciencias Básicas SEP-CONACyT, una por Dra. Schaeffer, la investigador responsable de esta propuesta, y otra por Dr. Jesús de León Morales. Con estos proyectos buscamos combinar las fortalezas de las líneas de investigación de dos grupos en el CIIDIT, el grupo de Dra. Schaeffer (coordinadora de TI & Software) y el grupo de Dr. de León (coordinador de Mecatrónica) para realizar **investigación multidisciplinaria** que combina elementos de optimización, teoría de grafos, sistemas inteligentes adaptativos, robótica y teoría de control.

Contamos con el apoyo de otros investigadores de las dos áreas del CIIDIT y un grupo grande de estudiantes de la FIME, entre ellos varios estudiantes nuevos de doctorado que comienzan sus estudios en enero del 2009 en los programas doctorales de Ingeniería de Sistemas e la Ingeniería Eléctrica. En la **formación de recursos humanos** colaboramos a través de coasesoría y comités de tesis. También contamos con estudiantes de maestría de los dos programas como tesis y la participación de estudiantes de licenciatura de varios programas educativos en la FIME. En particular estos proyectos vienen a apoyar en la creación de un nuevo programa educativo en el posgrado de la FIME, **Doctorado en Ingeniería con Acentuación en Computación y Mecatrónica**, propuesto por Dra. Schaeffer, Dr. de León y Dr. Arturo Berrones Santos de la FIME.

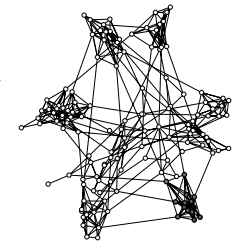
Trabajo anterior relacionado a este campo de estudio incluyen el proyecto PAICyT CA1475-07 de Dra. Schaeffer sobre un tipo particular de propiedades estructurales (el agrupamiento de grafos) y el proyecto PROMEP 103,5/07/2523 de Dra. Schaeffer sobre búsqueda adaptativa en redes dinámicas. Este aplicación a la robótica que proponemos es una extensión multidisciplinaria de trabajo anterior y nos permite rápidamente alcanzar un nivel adecuado para producir publicaciones científicas de alto nivel y resultados prácticos de interés de la industria a nivel regional, nacional e internacional.

## Introducción y planteamiento del problema

### Antecedentes

Un **sistema** es un conjunto de elementos que **interactúan** entre sí para lograr una tarea específica. Muchos sistemas naturales y hechos por el hombre son considerados como sistemas complejos. Estos sistemas complejos se caracterizan por tener una gran cantidad de elementos que interactúan entre sí de acuerdo a ciertas reglas que cambian con el tiempo, lo que provoca una dinámica en las conexiones de los elementos, generando comportamientos y fenómenos que no son predecibles ni explicables a partir del estudio aislado de los elementos [Amaral 2004]. Los sistemas complejos se presentan a diferentes niveles de organización. Ejemplos de sistemas complejos son las redes metabólicas de proteínas a nivel celular, redes de neuronas, redes de transporte, redes de telecomunicaciones y redes sociales, entre otras.

Los sistemas complejos pueden ser modelados mediante **grafos** (ver figura), donde los elementos son representados mediante nodos y las relaciones existentes entre los elementos se representan mediante aristas. Estos grafos conocidos como redes complejas proporcionan una herramienta flexible y general para representar de manera abstracta los sistemas complejos y los cambios dinámicos en su patrón de conexión llamado topología [Costa 2007]. Redes complejas poseen una estructura topológica no trivial y un comportamiento dinámico, lo que ha motivado el estudio de las propiedades estructurales de estas redes.



Según la manera en que se relacionan entre sí los elementos en la red compleja, se pueden clasificar a clases como las redes uniformes [Erdős 1960], redes de pequeño mundo [Watts 1998], redes de libre escala o exponenciales [Albert 2002]. Cada una de estas clases posee **características estructurales** que las hacen vulnerables o resistentes a ataques intencionales o fallas aleatorias en el sistema que representan. Debido a la gran cantidad de sistemas que pueden ser modelados como redes complejas, diversas investigaciones se han enfocado realizar análisis de propiedades topológicas en términos de un conjunto de métricas [Costa 2007] y en el estudio de los procesos que se llevan a cabo en las redes complejas y que pueden verse afectados por la estructura de la red compleja [Schaeffer 2006, Turrubiates 2007].

Los problemas relacionados con la sincronización y la coordinación de sistemas complejos y cooperativos son dos de los problemas que recientemente han atraído la atención de los investigadores. Los conceptos de **sincronización** y de **cooperación** han sido introducidos e interpretados de diferentes maneras en diversos campos y disciplinas. Por ejemplo, la noción de trabajo cooperativo se puede entender en un sentido muy amplio como la realización de una acción coordinada de varios participantes involucrados en una tarea.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



CENTRO DE INNOVACIÓN, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO  
EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

El trabajo cooperativo incorpora el trabajo conjunto de los cooperadores, su acción coordinada en la ejecución de una tarea, el contacto con el medio y el contacto mutuo de los cooperadores a través de un objetivo de trabajo. En el trabajo conjunto, la acción individual de los participantes en la cooperación no puede ser independiente del tiempo y del espacio del trabajo de los otros participantes. Se supone que las acciones de los participantes toman lugar simultáneamente y no consecutivamente, que motiva la necesidad de sincronizar su operación.

Existen muchas tareas que pueden ser desarrolladas en cooperación. Algunas de las frecuentes están relacionadas con la manipulación de objetos cuyos pesos exceden la capacidad de trabajo de los participantes individuales en la cooperación. En el trabajo cooperativo, los participantes ejecutan acciones coordinadas mutuamente, mientras se aseguran ya sea diferentes tipos de contacto o se evitan estos.

#### Trabajo existente

Los primeros trabajos relacionados con el problema de sincronizar de sistemas cooperativos tratan con modelos dinámicos simples sin términos de acoplamiento entre estos. Sin embargo, cuando se trata con sistemas altamente no lineales, por ejemplo, helicópteros, aviones, robots caminadores y robots manipuladores (ver figura), el problema de sincronización de redes de sistemas presenta grandes dificultades, donde además los términos de acoplamiento también son no lineales [Feddema 2002]. El problema de la obtención de modelos matemáticos que describan adecuadamente un sistema a gran escala ha sido uno de los retos más importantes. Además, a partir de estos modelos otra dificultad es de sintetizar una ley de control simple y fácil de implementar.



En un estado dinámicamente ordenado, los procesos individuales en diferentes partes de un sistema están bien coordinados, y por lo tanto, el sistema puede desplegar un desempeño coherente [Manrubia 2004]. El orden dinámico está fuertemente relacionado al fenómeno de sincronización

[Strogatz 2001]. En general, la sincronización se entiende como un ajuste de algunas relaciones entre características de tiempo, frecuencia o fase de dos o más sistemas dinámicos durante su interacción. A partir de la teoría clásica de sincronización se puede distinguir la sincronización forzada por un controlador de fuerza periódica y la sincronización mutua que se logra mediante el acoplamiento de osciladores [Anishchenko 2007].

En lo referente a los modelos matemáticos a gran escala, técnicas de reducción de modelo, teoría de perturbaciones singulares o la teoría basada en la variedad integran han sido utilizados para reducir la complejidad al diseñar una ley de control para sincronizar sistemas cooperativos. En investigaciones recientes, muchos sistemas cooperativos, y en particular en lo referente al



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



CENTRO DE INNOVACIÓN, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO  
EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

diseño de controles para sincronizar un sistema cooperativo a una trayectoria deseada, los cuales toman en cuenta el promedio de las condiciones iniciales, han sido aplicados sistemas de robots y vehículos cooperativos [Wang 2006].

#### Áreas de oportunidad

La importancia del estudio propuesto radica en las posibilidades de desarrollar estrategias que permitan la coordinación y la sincronización de grupos de sistemas con estructuras diferentes que trabajen con un objetivo común. Haciendo uso de la teoría de estructuras complejas, la teoría de grafos y de multi-agentes, combinadas con las estrategias de control basadas en la teoría de control no lineal, se puede llegar a métodos innovativos. Se pretende desarrollar una herramienta flexible y simple de implementar para resolver problemas de con diferentes grados de complejidad y/u organización, tales como las redes de sistemas de transporte, redes de sociales, redes de neuronas, o redes sistemas eléctricos de potencia, o grupos de robots cooperando en un tarea específica.

Por otra parte, la complejidad inherente debido a las no linealidades, la dimensionalidad y los acoplamientos cruzados en estos sistemas cooperativos es identificado como uno de los retos tecnológicos para la sincronización y coordinación de estos sistemas cooperativos. Para evitar estas dificultades, se investigaran la factibilidad y implementación de algoritmos distribuidos aproximados para limitar al mínimo la comunicación requerida para el intercambio de información entre los sistemas cooperantes.

En este proyecto buscamos resolver el problema de control para la sincronización de un sistema cooperativo constituido de robots independientes para realizar una tarea de manera coordinada. Además, un análisis teórico será desarrollado para obtener las condiciones bajo las cuales se garantice la convergencia deseada de un sistema cooperativo constituido de robots. Finalmente, se buscará desarrollar una herramienta unificada para la sincronización de sistemas cooperativos constituidos de redes de sistemas dinámicos, la cual pueda ser utilizada para el control cooperativo de sistema de multi-robots o de formaciones de vehículos o de aviones.



## Objetivos y Metas

Objetivos Generales
<b>Investigación</b>
Efectuar investigación básica de problemas de coordinación y sincronización a fin de lograr un mayor entendimiento y técnicas de solución más eficientes y matemáticamente justificadas.
Efectuar investigación y desarrollo de propiedades estructurales necesarias en la interacción de grupos de múltiples agentes colaborativos para lograr coordinación y sincronización estable entre ellos, utilizando métodos de procesos estocásticos y análisis espectral de matrices, aplicadas a resolver el problema en cuestión.
Sintetizar algoritmos de control que permitan la sincronización de un sistema cooperativo constituido de estos grupos de sistemas, con el fin de lograr el seguimiento hacia una trayectoria deseada, así como el mejoramiento del desempeño de estos algoritmos de sincronización y coordinación en aplicaciones relacionadas con la teleoperación y en la locomoción de robots.
Avanzar significativamente el estado del arte en la área de sincronización y coordinación de grupos colaborativos de agentes para aplicaciones futuras, permaneciendo a la vanguardia en dichas líneas de investigación.
<b>Colaboración conjunta</b>
Realizar trabajo conjunto con investigadores de prestigio internacional en áreas afines con la finalidad de fomentar los lazos de colaboración de nuestro programa con otros programas de reconocido nivel, en particular con investigadores nacionales del IPN y del ITCM y los colaboradores en Francia, Finlandia y Chile.
<b>Formación de recursos humanos de alto nivel</b>
Involucrar a estudiantes de doctorado, maestría y licenciatura, cuyos trabajos de tesis se enfocarán a tratar tareas específicas del proyecto y que serán dirigidos por el investigador responsable o co-dirigidos por colaboradores.
<b>Difusión</b>
Publicar y disseminar resultados de la investigación en revistas y congresos de prestigio internacional y nacional.
Preparar demostraciones atractivas para el público en general y los visitantes para difundir el trabajo de la UANL.
<b>Apoyo a la infraestructura del programa</b>
Proveer a los estudiantes de todos los niveles la posibilidad de combinar conocimientos de los diferentes campos relacionados a las tecnologías de la información como las matemáticas, computación, electrónica y mecatrónica en crear soluciones innovadoras con tecnologías emergentes a través del equipo robótico programable y el acervo bibliográfico del proyecto.

Metas específicas
<b>Metas científicas</b>
Lograr un entendimiento profundo de la estructura matemática del problema planteado, con la finalidad de poder desarrollar técnicas de solución que exploten a ésta favorablemente .
Desarrollar una plataforma de pruebas para la experimentación y evaluación de las estrategias propuestas que será utilizada para otros estudios relacionados con sistemas complejo y complejidad estructural, tales como la tele-manipulación de robots.
Desarrollar algoritmos de sincronización y coordinación primeramente para agentes idénticos y posteriormente para grupos heterogéneos de agentes con comunicación limitada.
Desarrollar e implementar computacionalmente métodos de sincronización y coordinación, primeramente en simulaciones y posteriormente en grupos de robots.
<b>Formación de recursos humanos</b>
Una tesis de licenciatura concluida, otra iniciada con avance significativo.
Una tesis de maestría concluida.
Dos tesis de doctorado iniciadas con avance significativo.
Participación de por mínimo dos estudiantes de verano científico.
<b>Publicación y disseminación de resultados</b>
✓ Una herramienta de software de simulación de sincronización y coordinación en sistemas colaborativos multiagentes.
✓ Demostración interactiva de sincronización y coordinación de múltiples robots independientes para promover la investigación realizada en la UANL al recibir visitas en el CIIDIT.
✓ Publicaciones y ponencias de divulgación en nivel regional y nacional.
✓ Por mínimo un artículo enviado a una revista internacional indexada.
✓ Por mínimo dos presentaciones en congresos con memorias arbitradas.
<b>Adquisición de la infraestructura necesaria para la realización exitosa del proyecto</b>
Adquirir libros de texto y revistas científicas en áreas de enfoque del proyecto.

## Metodología

Este proyecto está constituido de dos partes principales. Una de ellas está relacionada con un **estudio teórico** que busca analizar el problema de la sincronización y la coordinación de un grupo de robots, donde se pretende desarrollar algoritmos de control coordinada en la realización de una tarea. La segunda parte consiste en la **implementación** de estos algoritmos primeramente en **simulaciones** computacionales así como la validación experimental con robots físicos.

La metodología propuesta se divide en las siguientes fases:

1. **Revisión bibliográfica** del estado del arte sobre la sincronización y coordinación de sistemas y de los efectos de propiedades estructurales en la dinámica de un sistema cooperativo.
2. **Estudio y modelado matemático** para establecer propiedades y caracterizaciones nuevas.
3. Análisis de las principales estrategias propuestas así como una evaluación por **simulación** de estas, para clasificar las estrategias y metodologías existentes por su robustez y facilidad de implementación.
4. Análisis, diseño y adaptación de los **prototipos** de robots. Mediante esquemas líder-seguidores se sintetizarán los algoritmos de sincronización de sistemas cooperativos.
5. Realización de **experimentos** para llevar a cabo la manipulación de robots físicos para realizar una tarea coordinada.
6. Evaluación de los métodos desarrollados, realizando una serie de **comparaciones sistemáticas** con algoritmos de presentados en la literatura con anterioridad.
7. Interpretación de resultados experimentales, comparación de resultados obtenidos y conclusiones.
8. La elaboración de artículos científicos y su presentación en foros nacionales e internacionales.

## Infraestructura y apoyo técnico disponible

La infraestructura actualmente disponible en el posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica para la realización del proyecto es la siguiente. El laboratorio de Tecnologías de Información del CIIDIT está todavía mayormente por equipar - estamos solicitando fondos para equipo en el presupuesto de la UANL para el 2009. Este proyecto propuesto está diseñado para poder llevar a cabo sin equipo computacional adicional a lo que tenemos actualmente.

Equipo de cómputo
En la oficina en la FIME de Dra. Schaeffer y sus estudiantes contamos con una computadora iMac y una MacMini para la preparación de publicaciones y presentaciones. Tenemos un workstation Dell (en la oficina de Dra. Schaeffer en el CIIDIT) de cuatro núcleos para experimentos y simulaciones. Una computadora portátil Tablet PC HP TC400 para revisión de literatura y un Mac Book Pro para presentaciones y simulaciones.
Ocho robots programables para los experimentos en el laboratorio de Tecnologías de la Información del CIIDIT.
Software libre
Compiladores de varios lenguajes de programación, como C, C++ y Java.
Programas de modelado matemático (Octave).
Red
Todo el equipo de cómputo se encuentra conectado a la red de la UANL.
Material bibliográfico
La biblioteca de Doctorado de FIME cuenta con textos relacionados sobre optimización y algunas publicaciones periódicas.
La biblioteca del CIIDIT tiene actualmente más de 90 libros de texto relevantes al campo de estudio (la lista está disponible en <a href="http://it.ciidit.uanl.mx/libros.html">http://it.ciidit.uanl.mx/libros.html</a> ). Se ha solicitado otros 36 libros y están en el proceso de compra de parte de la Dirección General de las Bibliotecas de la UANL.
Contamos con más de 54 libros de temas relacionados conseguidos por proyectos relacionados anteriores de Dra. Schaeffer (la lista está disponible en <a href="http://it.ciidit.uanl.mx/~elisa/students/libros.html">http://it.ciidit.uanl.mx/~elisa/students/libros.html</a> ).

## Formación de recursos humanos

### Posgrado

En el proyecto propuesto desarrolla su trabajo de tesis un estudiante de maestría, Lic. **Nidia Lizett Gómez Duarte** e inician su trabajo de tesis un estudiantes de doctorado, Lic. **Vanessa Avalos Gaytán** y M.C. **Tania Turrubiates López** (nuevos ingresos al doctorado en el 2009).

### Licenciatura

Se concluirá una tesis de licenciatura relacionada (conclusión estimada en el verano del 2008) de Sr. **Carlos Alberto Castillo Salazar**, becario del proyecto PROMEP 103.5/07/2523 de Dra. Schaeffer que ha dado inicio a partes del proyecto propuesto.

Se busca incorporar un nuevo becario de licenciatura Sr. **José Antonio Cantú Cerda**, de cuarto semestre, quien todavía no está desarrollando un trabajo de tesis (se anexa la kárdex actual del Sr. Cantú).

También esperamos contar con la participación de dos estudiantes del Programa de Verano Científico y Tecnológico (PROVERICYT) de la UANL de nivel preparatoria o licenciatura y posiblemente estudiantes de verano científico de los programas de AMC y Delfín a nivel nacional.

Trabajos de tesis desarrollados en el proyecto	
Licenciatura	un trabajo de tesis concluido (Sr. Castillo), otro trabajo iniciado (Sr. Cantú)
Maestría	un trabajo de tesis concluido (Lic. Gómez)
Doctorado	dos trabajos de tesis iniciados (M.C. Turrubiates & Lic. Avalos)

Dra. Schaeffer es asesora de tesis de M.C. Turrubiates y Sr. Castillo. Los trabajos de tesis de Lic. Gómez y Lic. Aválos están co-asesorados entre Dr. **Jesús de León** y Dra. Schaeffer.

## Calendario de trimestral de actividades

<b>Primer trimestre</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Obtención de la literatura necesaria para la realización del proyecto.</li> <li>✓ Incorporación de los estudiantes nuevos en el proyecto; definición de sus temas de tesis.</li> <li>✓ Estudio de la estructura matemática de sistemas colaborativos.</li> </ul>
<b>Segundo trimestre</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diseño de algoritmos de sincronización y coordinación para sistemas colaborativos.</li> <li>✓ Simulaciones computacionales iniciales de los algoritmos desarrollados.</li> <li>✓ Preparación de una publicación de memorias de congreso a base de las simulaciones.</li> </ul>
<b>Tercer trimestre</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Adaptación de los métodos a sistemas físicos de robots.</li> <li>✓ Evaluación inicial del comportamiento resultante de los sistemas cooperativos.</li> <li>✓ Presentación del trabajo de los dos primeros trimestres en un congreso.</li> <li>✓ Preparación inicial de una publicación en una revista de prestigio.</li> </ul>
<b>Cuarto trimestre</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Experimentos extensivos con sistemas físicos de múltiples robots en colaboración.</li> <li>✓ Preparación de una publicación que incorpora los resultados experimentales.</li> <li>✓ Finalización y presentación de los resultados de los tesis de la tesista de maestría.</li> </ul>

## Bibliografía

[Albert 2002] Albert y Barabási. Statistical Mechanics of Complex Networks. Reviews of Modern Physics, 74(1): 47-97, 2002.

[Amaral 2004] Amaral y Ottino. Complex Systems and Networks: Challenges and Opportunities for Chemical and Biological Engineers. Chemical Engineering Scientist 59: 1653-1666, 2004.

[Anishchenko 2007] Anishchenko, Astakhov, Neiman, Vadivasova, y Schimansky-Geier. Nonlinear Dynamics of Chaotic and Stochastic Systems - Tutorial and Modern Developments. Springer Series in Synergetics. Springer, Berlín / Heidelberg, Alemania, 2007.

[Chung 1997] Chung. Spectral Graph Theory. American Mathematical Society, Providence, RI, EUA, 1997.

[Costa 2007] Costa, Rodrigues, Travesio y Villas. Characterization of Complex Networks: A Survey of Measurements. Advances in Physics, 56(1): 167-242, 2007.

[Erdős 1960] Erdős y Rényi. On the evolution of random graphs. En Selected Papers of Alfréd Rényi, vol. 2, pp. 482-525. Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungría, 1976. Publicación original en MTA Mat. Kut. Int. Közl. 1960

[Feddema 2002] Feddema, Lewis y Schoenwald. Decentralized control of cooperative robotic vehicles: theory and application. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 18(5): 852-864, 2002.

[Garey 1975] Garey y Johnson. Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness. Freeman, San Francisco, CA, EUA, 1975.

[Manrubia 2004] Manrubia, Mikhailov y Zannette. Emergence of Dynamical Order: Synchronization Phenomena in Complex Systems. World Scientific Lecture Notes in Complex Systems, Vol. 2. World Scientific Publishing Company, 2004.

[Schaeffer 2006] Schaeffer. Algorithms for nonuniform networks. Tesis doctoral, Helsinki University of Technology TKK, Espoo, Finlandia, 2006.

[Strogatz 2001] Strogatz. Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry and Engineering. Westview Press, 2001.

[Turrubiates 2007] Turrubiates. Clasificación de Redes Complejas Usando Funciones de Caracterización que Permitan Discriminar entre Redes Aleatorias, Power-Law y Exponenciales. Tesis de maestría, ITCM, Tamaulipas, México, 2007.

[Wang 2006] Wang y Slotine. Contraction analysis of time-delayed communications and group cooperation. IEEE Transactions on Automatic Control, 51(4): 712-717, 2006.

[Watts 1998] Watts y Strogatz. Collective Dynamics of Small-World Networks, Nature, 393(6684): 440-442, 1998.

## Participantes

### Responsable

Nombre	Satu Elisa Schaeffer
Grado	Doctor (D.Sc.), Ciencias e Ingeniería de la Computación
Nivel en el SNI	Candidato 2008-2010
Últimas cinco publicaciones	
<p>J. Bustos, N. Bersano, S.E. Schaeffer, J.M. Piquer, A. Iosup y A. Ciuffoletti. Estimating the size of peer-to-peer networks using Lambert's W function. En S. Golatch, P. Fragopoulou y T. Priol, editores, Grid Computing - Achievements and Prospects, pp. 61-72, New York, NY, USA, 2008. Springer Verlag.</p> <p>P.E. Cantú y S.E. Schaeffer. Análisis y optimización estructural de redes complejas. En Memorias del Sexto Congreso Internacional Sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico (CIINDET 2008), Morelos, México, IEEE.</p> <p>L. Cruz, C.G. Gómez, M.A. Aguirre, S.E. Schaeffer, T. Turrubiates, R. Ortega y H.J. Fraire. NAS Algorithm for Semantic Query Routing Systems in Complex Networks. En Proceedings of the International Symposium on Distributed Computing and Artificial Intelligence (DECAI 2008). Advances in Soft Computing, Volume 50/2009, pp. 284-292, Springer Verlag.</p> <p>F. López, I.S. Litvinchev y S.E. Schaeffer. R&amp;D Portfolio Selection MILP Models for Large Instances in Public and Social Sectors, Computación y Sistemas 12(2): 163-172, 2008.</p> <p>S.E. Schaeffer. Graph Clustering. Computer Science Review, 1(1): 27-64, 2007.</p>	

### Colaboradores

Los colaboradores del proyecto son **Dr. Jesús de León** y **Dr. Arturo Berrones** de la FIME. Sus datos completos están en la página siguiente.

**Dra. Schaeffer** es la coordinadora del área de Tecnologías de la Información e Ingeniería de Software del CIIDIT, donde trabajamos con **Dr. Luis Torres Treviño** en lo referente a inteligencia artificial. También **Dr. Berrones** pertenece al área de TI & Software del CIIDIT.

**Dr. de León** es el coordinador del área de Mecatrónica del CIIDIT, donde trabajamos en lo referente a robótica con **M.C. César Guerra Torres** y **M.C. Juan Ángel Rodríguez Liñán** (pasantes de doctorado).



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



CENTRO DE INNOVACIÓN, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Nombre	José Arturo Berrones Santos
Grado	Doctor (D.Sc.), Física
Nivel en el SNI	Nivel 1
Últimas cinco publicaciones	
<p>A. Berrones, Stationary probability density of stochastic search processes in global optimization, Journal of Statistical Mechanics (2008) P01013.</p> <p>J. Velasco, A. López y A. Berrones; "Learning Probability Densities of Optimization Problems with Constraints and Uncertainty", Lecture Notes in Computer Science 5317, pp.266–272, Springer , 2008.</p> <p>D. Peña, R. Sánchez y A. Berrones; "Stationary Fokker -- Planck Learning for the Optimization of Parameters in Nonlinear Models", Lecture Notes in Computer Science 4827, pp. 94–104, Springer, 2007 .</p> <p>A. Berrones. Generating Random Deviates Consistent with the Long Term Behavior of Stochastic Search Processes in Global Optimization, Lecture Notes in Computer Science 4507, pp. 1–8, Springer, 2007.</p> <p>A. Berrones, D. Peña y R. Sánchez. Stationary Probability Density of Stochastic Search Processes. En J. R. Rabuñal Dopico, J. Dorado y A. Pazos, editores, Encyclopedia of Artificial Intelligence. Information Science Reference, 2008.</p>	

Nombre	Jesús de León Morales
Grado	Doctor (D.Sc.), Ingeniería de control
Nivel en el SNI	Nivel 2
Últimas cinco publicaciones	
<p>A. Rodríguez, J. De León y L. Fridman. Quasi-continuous high-order sliding-mode controllers for reduced-order chaos synchronization. International Journal of Non-Linear Mechanics. 2008</p> <p>D. Traoré, F. Plestan, A. Glumineau y J. de León. Sensorless induction motor: high order sliding mode controller and adaptive interconnected observer. IEEE Trans Industrial Electronics 2008</p> <p>A. Colbia-Vega, J. de León, L. Fridman, O. Salas-Peña, M.T. Mata-Jiménez. Robust excitation control design using sliding-mode technique for multimachine power systems. Electric Power Systems Research 78:627–1634, 2008</p> <p>M. Ghanes, J. de León y A. Glumineau. On Cascade and High Gain Observers Comparison for Sensorless Closed Loop Induction Motor Control. IET Control Theory and Applications. Aceptado.</p> <p>M. Ghanes, G. Zheng, J. de León. On simultaneous parameter identification and state estimation for cascade state affine systems. Conference: 2008 American Control Conference. Aceptado.</p>	



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



CENTRO DE INNOVACIÓN, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

## Justificación financiera de los requerimientos

El proyecto propuesto tiene su presupuesto asignado al gasto corriente, dado que ya contamos con la infraestructura necesaria para su realización.

Se solicita fondos para **becas** de estudiantes (21.5% del presupuesto) con el fin de contar con mano de obra en la construcción y programación robótica. Los estudiantes de posgrado involucrados en el proyecto presentarán trabajos en **congresos**, por lo cual solicitamos fondos para pasajes (10% del presupuesto) e inscripciones (15.4% del presupuesto) a congresos.

Para poder estar a la vanguardia del desarrollo tecnológico, se solicita un presupuesto para conseguir una buena selección de **literatura** científica actualizada del campo de estudio en forma de libros y revistas científicas (27.7 % del presupuesto).

También contemplamos gastos de impresión (3% del presupuesto) para pósters y trípticos para la promoción del trabajo realizado y del CIIDIT al asistir a eventos nacionales e internacionales.

El gasto mayor del proyecto proviene de compra de **materiales**, tales como cableado y piezas de construcción y componentes electrónicos para modificar los robots existentes para diversos experimentos. También en el mismo rubro caen los gastos de materiales de oficina como cartuchos de impresoras, discos CD y licencias de software de oficina, etcétera. Se solicita que el restante 22.3% del presupuesto sea asignada para materiales y útiles diversos.







UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



CENTRO DE INNOVACIÓN, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

### Desglose financiero del proyecto

100 Gasto corriente		
Rubro (clave y partida)	Importe	Descripción
101		Viáticos
102	6,500	Viaje a un congreso internacional y un evento científico nacional.
103		Gastos de Trabajo de Campo
104	2,000	Impresión de manuales y materiales de difusión (trípticos y carteles para congresos)
105		Servicios Externos
106	10,000	Inscripciones a un congreso internacional y dos eventos científicos nacionales.
107	14,500	Materiales de oficina, incluyendo software, cableado, cartuchos para impresora y piezas adicionales para la construcción de robots.
108	18,000	Libros científicos y suscripciones a revistas científicas relevantes
109		Animales para rancho y granja
110	14,000	Dos becas de PROVERICYT a 1,000 pesos y beca mensual de 1,000 pesos a un estudiante de licenciatura por 12 meses
Total gasto corriente		65,000
200 Gasto de inversión		
Rubro	Importe	Justificación
201		Equipo de Apoyo y Laboratorio
202		Equipo de Computación
Total gasto de inversión		
Presupuesto total		65,000

