

# SOLICITUD DE SUBVENCIÓN PARA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

## I.- DATOS DEL INVESTIGADOR SOLICITANTE:

- 1.- Apellidos y Nombres: Meza Houtteman, Oscar José
- 2.- Cédula de Identidad:
- 3.- Nacionalidad: Venezolano
- 4.- Profesión: Licenciado en Computación con Doctorado en Teoría de Grafos.
- 5.- Dirección donde reside: Calle Gil Fortoul, Edif. Leo, Apto. 13, Urb. Santa Mónica, Caracas
- 6.- Teléfono: 9063264 (trabajo)
- 7.- Correo Electrónico: meza@ldc.usb.ve

## II.- DATOS DE OTROS INVESTIGADORES PARTICIPANTES:

- 1.- Apellidos y Nombres: Aráoz Julián
- 2.- Cédula de Identidad:
- 3.- Nacionalidad: Venezolano
- 4.- Profesión: Computador Científico (Univ. de Buenos Aires) con PhD en Ciencias de la Computación.
- 5.- Dirección donde reside: Res. El Aleph, Apto. 2-A, Av. Los Samanes, La Florida, Caracas, 1050, Venezuela.
- 6.- Teléfono:
- 7.- Correo Electrónico: [araoz@ldc.usb.ve](mailto:araoz@ldc.usb.ve), [jaraoz@cantv.net](mailto:jaraoz@cantv.net)

- 1.- Apellidos y Nombres: Arraiz Bilbabo Emely
- 2.- Cédula de Identidad:
- 3.- Nacionalidad: Venezolana
- 4.- Profesión: Licenciado en Computación
- 5.- Dirección donde reside: Avd. Principal, Res. Los Hermanos, Torre Norte, Apto 5D. La Ciudadela
- 6.- Teléfono(casa y trabajo):
- 7.- Correo Electrónico: [arraiz@ldc.usb.ve](mailto:arraiz@ldc.usb.ve)

- 1.- Apellidos y Nombres: Arteaga, Martha
- 2.- Cédula de Identidad:
- 3.- Nacionalidad: Venezolana
- 4.- Profesión: Profesor de Matemática y Computación Educativa con Master en Ingeniería de sistemas.
- 5.- Dirección donde reside: El marillo, San Antonio de Los Altos
- 6.- Teléfono:
- 7.- Correo Electrónico: [marte@ldc.usb.ve](mailto:marte@ldc.usb.ve)

- 1.- Apellidos y Nombres: Broner, Edgardo Raul
- 2.- Cédula de Identidad:
- 3.- Nacionalidad: Argentino
- 4.- Profesión: Computador Científico
- 5.- Dirección donde reside: Residencias Monterrey, torre C, 6-D, calle Teque Teque, Macaracuay, Caracas
- 6.- Teléfono(casa y trabajo):
- 7.- Correo Electrónico: [ebron@usb.ve](mailto:ebron@usb.ve)

- 1.- Apellidos y Nombres: Ortega, Maruja

- 2.- Cédula de Identidad:
- 3.- Nacionalidad: Venezolana
- 4.- Profesión: Ingeniero en Computación con Master en Ciencias de la Computación
- 5.- Dirección donde reside: Res. Giraluna, Apto. 3-4, Av. Oeste, Urb. Manzanares, Alto-Prado, Caracas 1080.
- 6.- Teléfono:
- 7.- Correo Electrónico: mof@ldc.usb.ve

### **III.- DATOS DEL CENTRO:**

- 1.- Denominación: Departamento de Computación y Tecnología de la Información.
- 2.- Institución a la cual pertenece: Universidad Simón Bolívar
- 3.- Siglas de la Institución: U.S.B.
- 4.- Dependencia (Indique desde el nivel jerárquico más alto hasta el específico donde desarrolla la actividad)  
DIVISIÓN DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE COMPUTACIÓN Y TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN
- 5.- Estado: Distrito Federal
- 6.- Ciudad: Caracas
- 7.- Dirección completa del centro:  
Universidad Simón Bolívar  
Depto. de Computación y TI.  
Valle de Sartenejas Baruta  
Caracas, venezuela
- 8.- Teléfono: 9063241
- 9.- Fax: 9063243
- 10.- Correo Electrónico: meza@ldc.usb.ve

### **IV.- DATOS DEL RESPONSABLE(S) O JEFE DEL CENTRO(S) O UNIDAD DE INVESTIGACIÓN**

- 1.- Apellidos y Nombres: Ramírez, José
- 2.- Cédula de Identidad: 5.539.645
- 3.- Profesión: Ingeniero en Computación
- 4.- Nacionalidad: Venezolano
- 5.- Cargo: Jefe del Departamento de Computación y Tecnología de la Información

## V.- Dotación del Centro(S) o Unidad(Es) de Investigación:

No existen equipos disponibles en el centro para este proyecto

## VI.- DATOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

1. Area: Informática
2. Especialidad: Algoritmos en Grafos y Optimización Combinatoria.
3. Duración Estimada: 3 años.
4. Título de la propuesta: Aplicación de Metaheurísticas a Problemas de Enrutamiento.
5. Objetivos:
  - a) Estudio de Problemas de Enrutamiento (Routing Problems) y su resolución a través de algoritmos heurísticos.
  - b) Análisis, Diseño e Implementación de un prototipo de software que permita resolver de la manera mas eficiente y efectiva posible algunos problemas sobre enrutamiento.

La investigación contempla:

- a) Estudio del estado del arte en el uso de métodos exactos y heurísticos para la resolución de problemas de Enrutamiento.
  - b) Estudiar especialmente los siguientes sub-problemas: Cartero Rural (Rural Postman Problem), Problema del cartero con intersecciones (Crossing Postman Problem) e Índice de Transmisión de un grafo.
  - c) Desarrollo de un Software (prototipo) de apoyo a la resolución de problemas en el área de Enrutamiento.
  - d) Formación de recursos humanos: Este proyecto de investigación involucra en su primera fase al menos dos estudiantes de pregrado y uno de postgrado.
6. Significado de la Investigación:

El Problema de Enrutamiento ([Bod&al. 83], [Lap 92], [EGL 95]) constituye un área de estudio muy importante en Investigación de Operaciones, y más concretamente en el área de Optimización Combinatoria. El área de Enrutamiento, en general, engloba los problemas del siguiente tipo: determinación de las rutas óptimas que deberán seguir un conjunto de vehículos ubicados en puntos de abastecimiento de productos, para satisfacer la demanda en ciertos puntos, sujetos a un conjunto de restricciones.

Muchos problemas importantes en las áreas de servicios y del sector productivo pueden formularse como problemas de Enrutamiento, tal es el caso del transporte de combustible a través de oleoductos (escoger la mejor manera de transportar combustible a través de una red de oleoductos a los lugares de almacenamiento), el suministro ó transporte de energía eléctrica a lugares poblados, la recolección de basura en una ciudad, el transporte de mensajes en una red de computadoras evitando la sobrecarga de las computadoras, etc. El Problema del Cartero Rural, por ejemplo, se encuentra en muchas aplicaciones donde se debe atravesar calles o trayectos para mantenimiento, recolección de basura, reparto de correo, transpote público, lectura de contadores eléctricos, inspecciones de líneas eléctricas o de gas, etc. Millones de dólares se gastan cada año en tales

operaciones y el ahorro que puede significar la optimización es enorme. En [EGL 92] se puede encontrar una descripción mas detallada de las posibles aplicaciones.

Los problemas de Enrutamiento en general pueden formularse mediante una estructura matemática, conocida con el nombre de Grafo,. Resolver el problema de enrutamiento se reduce a resolver un problema en un Grafo. Por lo general estos problemas son de gran complejidad desde el punto de vista computacional (en términos de Teoría de la Complejidad Computacional, decimos que son problemas Polinomiales No Determinísticos Completos). Por lo tanto, aparte de estudiar soluciones exactas al problema, se estudian técnicas heurísticas ([Ree 93]) que permitan dar soluciones algorítmicas aproximadas de buena calidad, tanto cotas inferiores como cotas superiores.

Nuestro propósito es investigar principalmente en tres problemas de enrutamiento: el Problema del Cartero Rural ([GW 00], [EGL 95]), El "Crossing Postman Problem" ([GW 00]) y el Índice de Transmisión de un Grafo ([Chu&al. 87], [HMS 89]). Nuestro objetivo es proponer buenos algoritmos, para dar tanto valores exactos, como cotas superiores e inferiores a la solución de estos problemas.

Por otro lado, haremos el análisis, diseño e implementación de un prototipo de software de apoyo a la resolución de problemas de enrutamiento, que incluya los resultados alcanzados en la investigación. Esta herramienta deberá ser lo suficientemente flexible para permitir extensiones. Por lo que debemos hacer un estudio de metodologías de desarrollo de software para escoger la que se adapte a nuestras necesidades, así como una evaluación de ambientes de desarrollo de software para llevar a cabo la implementación del prototipo. Se pretende a mediano plazo ofrecer una herramienta ajustada a las necesidades locales que pueda ser comercializable.

## 7. Fundamentación y Viabilidad.

El Problema de Enrutamiento juega un papel central en los campos de distribución física y logística, y constituye un área clásica de la Investigación de Operaciones y Teoría de Grafos que ha venido siendo estudiada desde hace varios años [Lap 92].

Muchos enfoques y técnicas han sido utilizados para tratar este tipo de problemas. La Programación Matemática ha jugado un papel fundamental en el desarrollo de soluciones [BCS 99]. En los últimos años han surgido nuevos esquemas de algoritmos heurísticos, o Metaheurísticas, para dar soluciones aproximadas a problemas de Optimización Combinatoria [Ree 93], y que han producido buenos resultados en el área de Enrutamiento. Entre estas técnicas podemos citar: Algoritmos Genéticos, Simulated Annealing, Grasp, Tabu Search, etc. Existe experiencia entre los investigadores participantes en el desarrollo y manejo de algoritmos heurísticos y estructuras de datos eficientes, así como en el análisis y diseño de software ([Anc&al. 99], [OAS 96], [GW 00], [Fre&al. 97], [MLO 96], [MLO 95], [Los&al. 94]).

En [GW 00], Garfinkel y Webb proponen una nueva formulación en Programación Entera Mixta del Cartero Rural (Rural Postman Problem: RPP) y proponen un nuevo problema en el área, el cual denominan "Crossing Postman Problem" o CPP. A partir de este trabajo los profesores Garfinkel, Elena Fernández, Maruja Ortega y Oscar Meza, han venido estudiado las bondades de la nueva formulación del RPP con miras a la obtención de cotas inferiores. Sin embargo es preciso contar con el Software (CPLEX) y Equipos necesarios para continuar la investigación comenzada en la U.P.C. y hacer el desarrollo de la herramienta de software.

El índice de transmisión fue introducido por F. Chung [Chu&al. 87] para formalizar problemas de envío de información entre redes de computadoras. Sobre el cálculo del índice de transmisión de un grafo utilizando Metaheurísticas existen pocos resultados ([Bar 96], [Loe 97]). Estamos interesados en encontrar mejores algoritmos heurísticos que los propuestos hasta el momento y que sean

competitivos en tiempo de ejecución.

Entre las actividades de investigación a realizar se encuentran:

- Estudio del estado del arte en la aplicación de técnicas heurísticas al problema de Enrutamiento.
- Desarrollo del código de un algoritmo de planos de corte para obtener buenas cotas inferiores.
- Incorporación de un algoritmo branch-and-bound al algoritmo de planos de corte con el fin de obtener soluciones exactas.
- Determinar desigualdades válidas para ser incorporadas en los algoritmos de Planos de Corte que se propongan a la formulación de Garfinkel.
- Generación de caras de la envolvente convexa del RPP.
- Estudiar formas de disminuir el número de variables involucradas en la formulación de Garfinkel [GW 00].
- Estudio de soluciones, aproximadas y/o exactas, del "Crossing Postman Problem".
- Aplicación de la Metaheurística GRASP en el problema del Índice de Transmisión de un grafo.
- Estudio de metodologías y herramientas de desarrollo de software de apoyo en problemas de optimización combinatoria
- Análisis, Diseño e Implementación de un prototipo de software que permita resolver de la manera mas eficiente y efectiva posible algunos problemas sobre enrutamiento. El software debe contener las últimas técnicas heurísticas empleadas en la resolución de los mas importantes problemas de enrutamiento y los resultados encontrados en esta investigación.

El proyecto utiliza y se basa en:

- Trabajos previos de los investigadores participantes tanto en el área de Problemas de Enrutamiento como en desarrollo de herramientas computacionales: [Ara 97], [Anc&al. 99], [Del&al. 99a], [Del&al. 99b], [Fre&al. 97], [GW 00], [Los&al. 94], [MLO 96], [MLO 95], [OAS 96].
- Publicaciones Recientes en las áreas involucradas: [Bar 94], [BD 96], [BCS 99], [CS 94], [CLS 98], [GL 97a], [GL 97a], [HLN 96], [Ray&al. 96], [Ray 95], [Ree 93].

8 . Métodos a emplear.

- Revisión Bibliográfica para evaluar el estado del arte en la utilización de Metaheurísticas en el Problemas de Enrutamiento.
- Hacer un estudio de los métodos basados en Programación Lineal para resolver dichos problemas: algoritmos de Planos de Corte, Branch-and-Bound, etc.
- Familiarización con las técnicas heurísticas para atacar problemas combinatorios.
- Análisis comparativo de resultados obtenidos con los reportados en la literatura utilizando los datos de prueba que manejan los investigadores del área.
- Estudio y Utilización de la Teoría de Poliedros para estudio de la envolvente convexa de soluciones.
- Evaluación y Uso de una metodología adecuada de desarrollo de software entre las existentes, para el Análisis, Diseño e Implementación de la herramienta computacional de apoyo a la solución de problemas de Enrutamiento.

9. Cronograma de actividades por año:

Para el primer año, las actividades planteadas son las siguientes:

- Estudio del estado del arte en la aplicación de técnicas heurísticas al problema de Enrutamiento. Determinación de los problemas mas frecuentes encontrados en la vida real sobre enrutamiento y las soluciones mas eficientes propuestas en la literatura.
- Desarrollo del código de un algoritmo de planos de corte para obtener cotas inferiores al

problema RPP.

- Incorporación de un algoritmo branch-and-bound al algoritmo de planos de corte con el fin de obtener soluciones exactas para el RPP.
- Determinación de algunas desigualdades válidas para ser incorporadas en los algoritmos de Planos de Corte que se propongan a la formulación de Garfinkel del RPP.
- Estudio de caras de la envolvente convexa de RPP
- Aplicación de la Metaheurística GRASP en el problema del Índice de Transmisión de un grafo.
- Estudio de metodologías y herramientas de desarrollo de software que permitan implementar un prototipo de software de apoyo a la resolución de problemas de enrutamiento.
- Al menos una publicación arbitrada en una revista o congreso de prestigio en las áreas involucradas.

Nota: es imprescindible contar desde un comienzo con los equipos de computación y el software CPLEX solicitados para poder cumplir los objetivos del primer año.

En esta etapa intervendrán estudiantes de pregrado para apoyo en la programación y estudio de las herramientas de desarrollo de software.

Actividades del Segundo año:

- Desarrollo de un algoritmo exacto para el RPP utilizando el algoritmo de planos secantes y el algoritmo de brach-and-bound de la etapa anterior. El algoritmo debe manejar un número de variables razonable, por lo que será necesario incorporar un esquema de generación de columnas como en [GH 85]. Un algoritmo exacto permitirá determinar la efectividad de los algoritmos heurísticos que se encuentren.
- Estudio de caras de la envolvente convexa de RPP
- Estudio del problema XPP. Obtención de heurísticas para este problema.
- Diseño y comienzo de la implementación de la herramienta de software de apoyo a la resolución de problemas de enrutamiento. Incorporación de los algoritmos conseguidos en el primer año.
- Implementación de las heurísticas mas eficientes para resolver problemas de enrutamiento mas comunes en la práctica.

En el segundo año los estudiantes de pregrado apoyarán las labores de diseño e implementación de la herramienta. Intervendrá igualmente estudiantes de postgrado.

Actividades del tercer año:

- Implementación de la herramienta de software.
- Culminación de la implementación de todos los algoritmos heurísticos propuestos y su incorporación a la herramienta.
- Culminación de las tesis de pregrado y postgrado involucradas.

Observación: Se contratará un estudiante de pregrado a lo largo de todas las etapas que sea responsable de la instalación y mantenimiento del software y equipos adquiridos.

10. Breve descripción de resultados preliminares

Aparte de la experiencia de los investigadores solicitantes reflejada en las publicaciones listadas en la sección de referencias bibliográficas, se ha hecho un estudio sobre trabajos previos relacionados con el problema RPP ([FMO 00]).

10. Resultados esperados en cada año.

Primer año:

- Obtención de una monografía sobre el uso de metaheurísticas en problemas de enrutamiento.
- Implementación de un algoritmo exacto para RPP sin incluir eliminación de columnas. Y que incluya los resultados sobre desigualdades válidas encontrados.
- Algoritmo GRASP para el índice de transmisión.
- Metodología de desarrollo de la herramienta de software de apoyo a la resolución de problemas de enrutamiento.
- Al menos una publicación arbitrada en una revista o congreso de prestigio en las áreas involucradas.

Segundo año:

- Implementación de un algoritmo exacto para el RPP que incluya un esquema de generación de columnas
- Implementación de heurísticas para el problema XPP.
- Diseño de la herramienta de software de apoyo a la resolución de problemas de enrutamiento.
- Implementación de las heurísticas mas eficientes para resolver problemas de enrutamiento mas comunes en la práctica.

Terce año:

- Implementación de la herramienta de software de apoyo a la resolución de problemas de enrutamiento. Incorporación a la herramienta de los algoritmos heurísticos resultados de la investigación.
- Culminación de las tesis de pregrado y postgrado involucradas.
- Al menos una publicación arbitrada en una revista o congreso de prestigio en las áreas involucradas.

## 12. Aplicabilidad de los resultados.

En Venezuela no existe un grupo de investigación consolidado en el área de Optimización en problemas de Transporte. Los investigadores involucrados en este proyecto consideran necesario desarrollar un grupo en esta área de sumo interés para el país. El equipo de investigadores posee bastante experiencia en la utilización de las técnicas heurísticas mas recientes para la resolución de problemas combinatorios. Sobre la base de este proyecto, creemos que a mediano plazo podremos ofrecer soluciones prácticas en el área de transporte, tanto a los sectores de servicios y productivo a nivel nacional.

## 13. Posibles Usuarios.

Los resultados que se desean obtener en este proyecto permitirán obtener mejores soluciones aproximadas a problemas complejos de enrutamiento que las obtenidas actualmente. El prototipo de software que integrará estos resultados podrá convertirse en un software genérico de apoyo a los sectores de servicios y productivo del país que posean actividades donde estén presentes problemas de enrutamiento, como son, el sector petrolero, el sector eléctrico, etc.

## 14. Referencias Bibliográficas.

[Anc&al. 99] Juan Anciano, Emely Arraiz, Angela DiSerio, Nunzio Savino. "Refining Genetic Operators in a Genetic Algorithm to Solve Vertical fragmentation in Distributed DataBase Design". Proceedings from Communication Networks and Distributed Systems Modeling and Simulation Conference. San

Francisco. USA. 1999

[Ara 97] Julián Araoz. "Polyhedral Polarities". Libro editado por la Escuela de Matemáticas de Venezuela. Mérida. 1997.

[Bar 94] Daniel Barráez. "Diámetro de Transmisión, Ciclos dominantes y el problema clásico de colocaciones". PhD Thesis, Universidad Central de Venezuela. 1994.

[BD 96] D. Barráez, R.O. Domínguez. "A genetic algorithm for the forwarding index of graphs". Proceedings de la XXII Conferencia Latinoamericana de Informática de CLEI. Panel-96. Bogotá, Colombia.

[BCS 99] E. Benavent, A. Corberán, J.M. Sanchis. "Linear Programming Based Methods for solving Arc Routing Problems". working paper. Universidad de Valencia. España. 1999.

[Bod&al 83] L. Bodin, B. Golden, A. Assad, M. Ball. "Routing and Scheduling of Vehicles and Crews: The State of the Art." Special Issue, Computers and Operations Research, Vol. 10, Nº 2. 1983.

[CS 94] A. Corberán, J.M. Sanchis. "A Polyhedral approach to the Rural Postman Problem". European Journal of Op. Res. vol. 79, 95-114. 1994.

[CLS 98] A. Corberán, A. Letchford, J. M. Sanchis. "A Cutting Plane Algorithm for the General Routing Problem". Personal communication. Nov. 1998.

[Del&al. 99a] H. Delmaire, Juan Antonio Díaz, Elena Fernández, Maruja Ortega. "Comparing New Heuristics for the Pure Integer Capacitated Plant Location Problem". Investigación Operativa (Revista Latino-Ibero-Americana de Inv. Op.) Aceptado para su publicación, Mayo 1999.

[Del&al. 99b] H. Delmaire, J.A. Diaz, E. Fernandez and M. Ortega "Reactive GRASP and TABU Search Based Heuristics for the Single Source Capacitated Plant Location Problem " INFOR (Information Systems and Operational Research) Vol. 37, Number 3, August 1999

[EGL 95] H.A. Eiselt, M. Gendreau, G. Laporte. "Arc Routing Problems:, Part II: The Rural Postman Problem". Operations Research. vol. 43, No. 3, May-June 1995

[FMO 00] E. Fernández, O. Meza, M. Ortega. "Breve monografía sobre el problema del cartero rural". Reporte de Investigación 00-01. Departamento de Computación. Universidad Simón Bolívar.

[Fre&al. 97] Laurent Freyss, Jesús Yépez, Oscar Meza, Oscar Ordaz, Domingo Quiroz. "GRAPHVIRUS: una herramienta para tratar fallas en redes". Actas de la XXIII Conferencia Latinoamericana de Informática, PANEL '97. Valparaíso, Chile, 10 al 15 de Noviembre 1997.

[GW 00] R. Garfinkel, I. Webb. "On Crossings, the Crossing Postman Problem, and the Rural Postman Problem". To appear in Networks 2000.

[GL 97a] G. Ghiani, G. Laporte. " A branch-and-cut algorithm for the undirected rural postman problem". Center for research on Transportation. Universidad de Montréal. Report CRT-97-54. Dec. 1997.

[GL 97b] F. Glover, M. Laguna. "Tabu Search". Ed. Kluwer Academic Publishers. 1997.

[GH 85] M. Grötschel, O. Holland. "Solving Matching Problems with Linear Programming". Mathematical Programming, vol. 33, 243-259, 1985

[HMS 89] M.C. Heydemann, J.C. Meyer, D. Sotteau. " On forwarding indices of Networks". Discrete Applied Mathematics. 23. 103-123. 1989.

[Lap 92] Gilbert Laporte. "The Vehicle Routing Problem: An Overview of exact and Approximate algorithms". European Journal of Operational research 59 (1992) 345-358.

[Lap 97] Gilbert Laporte. "Recent Advances in Routing Algorithms". Centre de Recherche sur les Transports. Universidad de Montreal. Canadá. Reporte de investigación CRT-97-11.

[Loe 95] Gabor Loerincs. "A Simmulated Annealing Algorithm for the Forwarding Index of Graphs". Proccedings de la XXIII Conferencia Latinoamericana de Informática de CLEI. Panel-97. Valparaíso, Chile.

[HLN 96] A. Hertz, G. Laporte, P. Nanchen. "Improvement procedures for the undirected rural postman problem". Working paper. Center for Research on Transportation, Univ. Montréal. 1996

[Los&al. 94] F. Losavio, A. Matteo, O. Ordaz, O. Meza, W. Gontier: "An implementation of the PAC model using object-oriented programing". Proccedings of the World Congress of the International Federation for Information Processing, IFIP'94 . Vol. 2, p. 149-155, K. Brunnstein and E. Raubold (Editors), Elsevier Science B.V., North-Holland, Hamburgo, Alemania, 28ag.-4sept. 1994.

[MLO 96] Oscar Meza, Francis Losavio, Oscar Ordaz: ``AMDI\_OO: Using the Object Oriented Approach for the Implementation of a Directed Graph Editor". Actas de la Conferencia Internacional en Análisis y Síntesis de Sistemas de Información. Del 22 al 26 de Julio 1996, Orlando, U.S.A.

[MLO 95] Oscar Meza, Francis Losavio, Oscar Ordaz: ``The Family Definition Language and the Instantiation process of GReAt". Actas de la XXI Conferencia Latinoamericana de Informática PANEL'95. Canela, Brasil.

[OAS 96] Maruja Ortega, Emely Arraiz, Ascánder Suárez. "A Genetic Algorithm for Drawing Graphs in an Interactive Environment". Proceedings from XVI International Conference of Chilea Computer Science Society. 1996.

[Ray&al. 96] V.J.Rayward-Smith, I.H.Osman, C.R.Reeves and G.D.Smith . "Modern Heuristic Search Methods". John Wiley & Sons 1996

[Ray 95] V.J.Rayward-Smith . "Applications of Modern Heuristic Techniques". Alfred Waller Ltd.,Henley-on-Thames,UK, 1995

[Ree 93] C. Reeves. "Modern Heuristic Techniques for Combinatorial problems". BlackWell Scientific Publications, Oxford. 1993.

16. Resumen del proyecto.

Desarrollo de Algoritmos Heurísticos para resolver problemas de enrutamiento utilizando las técnicas mas recientes en el área de Metaheurísticas. Desarrollo de una herramienta prototipo de apoyo a la resolución de tales problemas. Los resultados de este proyecto contribuirán a la formación de recursos humanos, a mejorar los resultados hasta ahora conocidos en el área y la posibilidad de ser utilizados por el sector productivo nacional.

## VII.- MEDIOS SOLICITADOS:

Se ha introducido una solicitud de cofinanciamiento al Decanato de Investigación y Desarrollo (DID) de la Universidad Simón Bolívar donde se pide esencialmente financiamiento para contratar a 3 estudiantes anualmente, cofinanciamiento para pasajes y viáticos para presentación de resultados en congresos y dos computadoras personales. La solicitud que hacemos al CONICIT es un complemento a la hecha al DID.

### Breve justificación de los equipos solicitados:

Quisiéramos resaltar el hecho que los equipos que se solicitan son principalmente equipos de Computación y Software. Por ser este un proyecto del área de Informática, son estos equipos nuestros instrumentos de trabajo. La estación de trabajo ULTRA, la computadora personal y el software CPLEX permitirán desarrollar y experimentar los algoritmos que diseñemos y la herramienta de software propuesta. Requerimos de dos plataformas de hardware diferentes por las siguientes razones: los centros de investigación a nivel mundial que trabajan en el área realizan las pruebas de sus programas en estaciones de trabajo SUN con lo cual tendremos un mismo patrón de comparación de los resultados obtenidos en nuestra investigación. El paquete de software CPLEX es un software que permite resolver problemas de programación matemática (lineal o entera) e igualmente es el utilizado en los centros de investigación a nivel mundial. Los dos ambientes, UNIX y Windows, permitirán desarrollar en las dos plataformas la herramienta prototipo que proponemos. En el centro donde realizamos nuestras actividades no contamos con impresoras a disposición del proyecto, por lo cual estamos solicitando una impresora laser.

### 1.- Resumen

Año	PARTIDAS O RUBROS					TOTALES
	EQUIPOS	PERSONAL	MATERIALES Y SUMINISTROS	VIAJES	SERVICIOS	
1	9.636.000,00	1.500.000,00	1.356.000,00	1.360.000,00		13.852.000,00
2		1.500.000,00	1.356.000,00	2.720.000,00		5.576.000,00
3		1.500.000,00	1.356.000,00	1.360.000,00		4.216.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>9.636.000,00</b>	<b>4.500.000,00</b>	<b>4.068.000,00</b>	<b>5.440.000,00</b>		<b>23.644.000,00</b>

### 2.- Discriminación de los equipos solicitados (sólo se incluirán en el primer año)

Unidades Requeridas	Descripción	Marca	Modelo	Precio Unitario en Bolívares	Justificación
1	Estación de Trabajo	SUN	Ultra 10 256MB+Disco Ultra SCSI	6.930.000,00	Dada al comienzo
1	Computador PC	DELL	Pentium III 64Mb+ disco 8 GB + monitor	858.000,00	Dada al comienzo
1	Impresora Laser	HP	4050TN	1.056.000,00	Dada al comienzo
1	Unidad ZIP (backup)	OMEGA	250MB Zip	132.000,00	Unidad de respaldo de Información
1	SOFTWARE	ILOG	CPLEX single user	660.000,00	Dada al comienzo

El cálculo del valor de los equipos se hizo suponiendo 1 dólar USA = 660,00 bolívares

3.- Fondos Solicitados en la Partida de Personal (Auxiliares Y Asistentes de Acción Conformación a Nivel Universitario o de Técnico Superior Universitario.)

Nombres y Apellidos	Profesión	Función	Horas Semanales de Dedicación	Remuneración Mensual	Tiempo de Contratación
A contratar	Técnico en Informática	Administrador de Red	20	150.000	30 meses

4.- Fondos Solicitados en la Partida de Materiales y Suministros:

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	TOTAL (Bs.)
12	Toner impresora laser	198.000,00	2.376.000,00
15	Cajas de Transparencias	26.400,00	396.000,00
30	Resmas de Papel	6600,00	198.000,00
30	Cajas de diskettes	5000,00	150.000,00
15	Libros Técnicos	50.000,00	750.000,00
3	Reguladores de voltaje	66.000,00	198.000,00

5.- Fondos solicitados en la partida de viajes:

Nombre de la persona que viaja	Pasajes				V viáticos			TOTAL Bolívares
	Ruta	Nº de viajes	Costo (Bs.)	TOTAL pasaje (Bs.)	Nº de días	Tarifa diaria (Bs.)	TOTAL DE VIATICOS (Bs.)	
Maruja Ortega		1	660.000,0	660.000,0	7	100.000,0	700.000,00	1.360.000,00
Emely Arraiz		1	660.000,0	660.000,0	7	100.000,0	700.000,00	1.360.000,00
Oscar Meza		1	660.000,0	660.000,0	7	100.000,0	700.000,00	1.360.000,00
Edgardo Broner		1	660.000,0	660.000,0	7	100.000,0	700.000,00	1.360.000,00

**VIII.- MEDIOS DISPONIBLES PARA LA EJECUCIÓN**

1.- Personal

Nombres y Apellidos	Profesión	Función	Horas Semanales de Dedicación	Remuneración Mensual
Oscar Meza	Profesor Asociado	Responsable	16	1.200.000,00
Maruja Ortega	Profesor Asociado	Coinvestigador	10	1.200.000,00
Julián Aroz	Profesor Asociado	Coinvestigador	6	1.700.000,00
Edgardo Broner	Profesor Asociado	Coinvestigador	10	1.200.000,00
Martha Arteaga	Profesor Asistente	Coinvestigador	10	700.000,00
Emely Arraiz	Profesor Asociado	Coinvestigador	10	1.200.000,00

2. Materiales y Suministros.

No hay disponibles actualmente para el proyecto.

3. Viajes y viáticos.

No hay recursos disponibles actualmente para el proyecto.

4.- Servicios.

No hay recursos actualmente para el proyecto.

<b>IX.- OTRAS FUENTES DE FINANCIAMIENTO:</b>		
<b>Instituciones u Organismos</b>	<b>Aprobado (Monto Bs.)</b>	<b>En estudio (Monto Bs.)</b>
Decanato de Investigaciones Universida Simón Bolívar		5.573.700,00