



MÁSTER EN INFORMÁTICA Y MATEMÁTICAS APLICADAS EN CIENCIAS E INGENIERÍA

Tesis de Máster


TÉCNICAS HEURÍSTICAS PARA PROBLEMAS DE DISEÑO EN TELECOMUNICACIONES

Alumno: **JOSÉ CEFERINO ORTEGA CARRETERO**

Directores: **DOMINGO GIMÉNEZ CÁNOVAS / FERNANDO DANIEL QUESADA PEREIRA**



Contenidos

1. **Introducción**
 2. Análisis de las Herramientas de Optimización
 3. Aplicación a la Síntesis de Filtros
 4. Conclusiones y Trabajos Futuros
- 

Introducción (I)

- Problema de Síntesis de Filtros con Resonadores Acoplados
- Teoría de optimización

$$\min_{\mathbf{x}} f(\mathbf{x}), \mathbf{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

Sujeto a

$$\begin{cases} G_i(\mathbf{x}) = 0, i = 1, \dots, m_e \\ G_i(\mathbf{x}) \leq 0, i = m_e + 1, \dots, m \end{cases}$$

Introducción (II)

- Técnicas de Optimización Heurísticas
 - Técnicas Exhaustivas:
 - *Backtracking*
 - *Branch & Bound*
 - Técnicas No Exhaustivas
 - *Algoritmos Genéticos*
 - *Búsqueda Tabú*
 - *Temple Simulado*
 - *Scatter Search*
 - *GRASP*



Contenidos


1. Introducción
2. **Análisis de las Herramientas de Optimización**
3. Aplicación a la Síntesis de Filtros
4. Conclusiones y Trabajos Futuros

Herramientas de Optimización

- *Toolboxes* de optimización de MATLAB
 - *Optimization Toolbox*
 - *Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox*
 - Búsqueda Directa
 - Algoritmos Genéticos
 - Temple Simulado
 - Otras Técnicas de Optimización
 - *Scatter Search*
 - *Backtracking*



Contenidos

1. Introducción
 2. Análisis de las Herramientas de Optimización
 3. **Aplicación a la Síntesis de Filtros**
 4. Conclusiones y Trabajos Futuros
- 

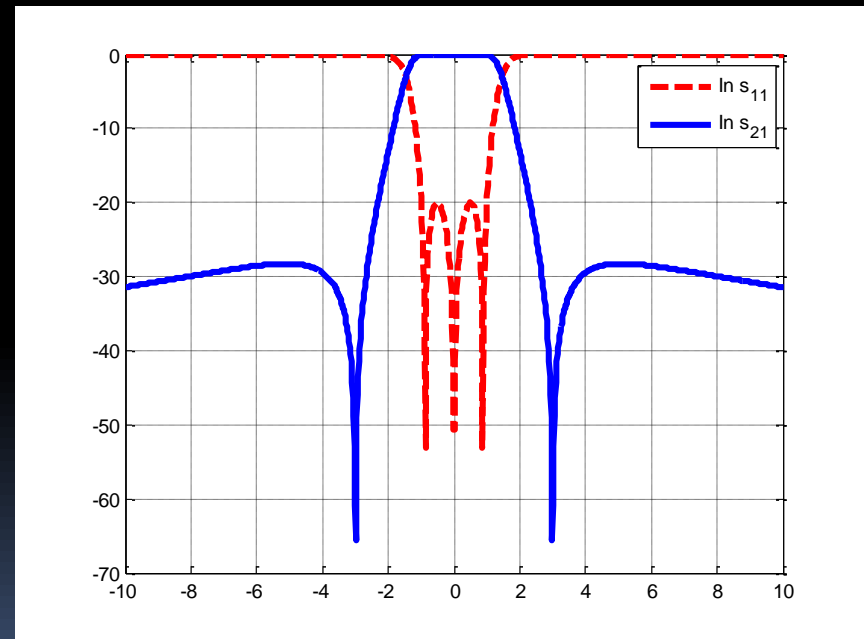
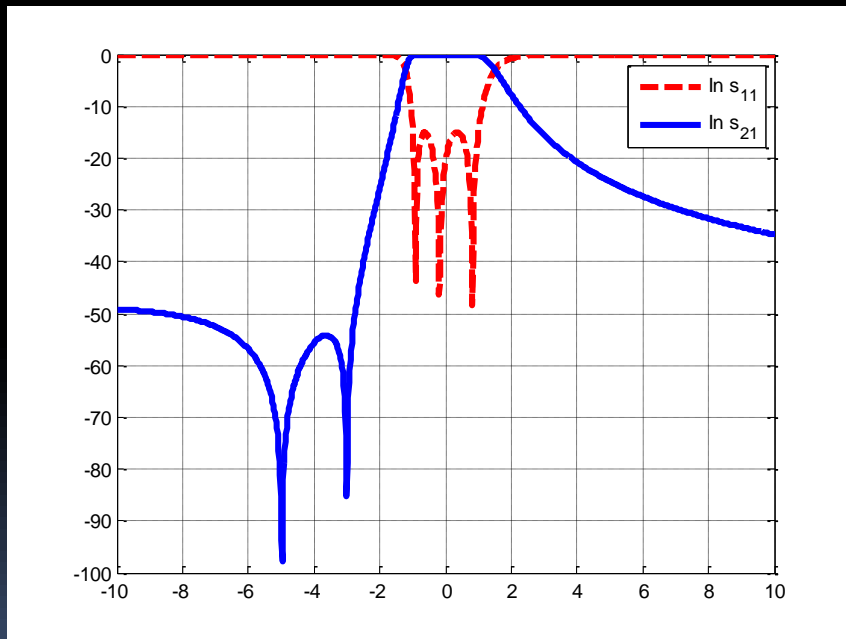
Síntesis de Filtros (I)

- Análisis del Problema de Síntesis de Filtros con Resonadores Acoplados
 - Filtros basados en resonadores de microondas acoplados
 - Características de los filtros
 - Función de transferencia
 - Topología (Cometa, Transversal y 2-Trisection ord. 3)
 - Número de parámetros de diseño (8 ó 9)
 - Rango de valores (entre -5 y 5)

Síntesis de Filtros (II)

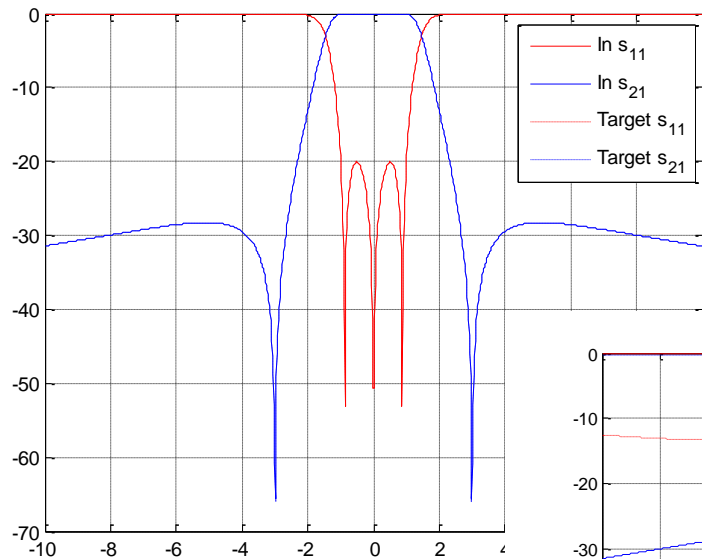
2 Trisection ord. 3, ceros -5 y -3

Cometa, ceros en -3 y 3

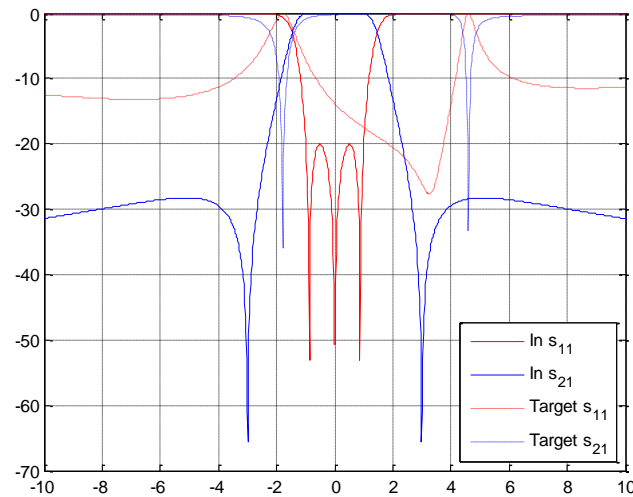
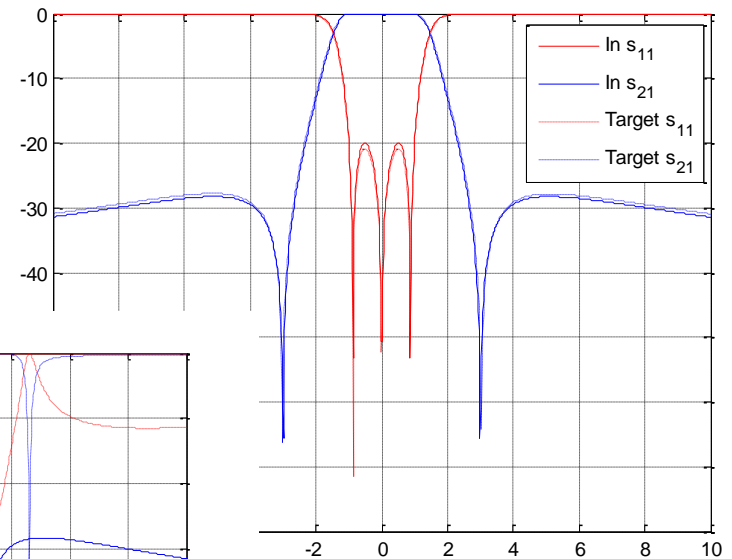


Síntesis de Filtros (III)

Cometa, *fitness* 10^{-13}



Cometa, *fitness* 10^{-5}



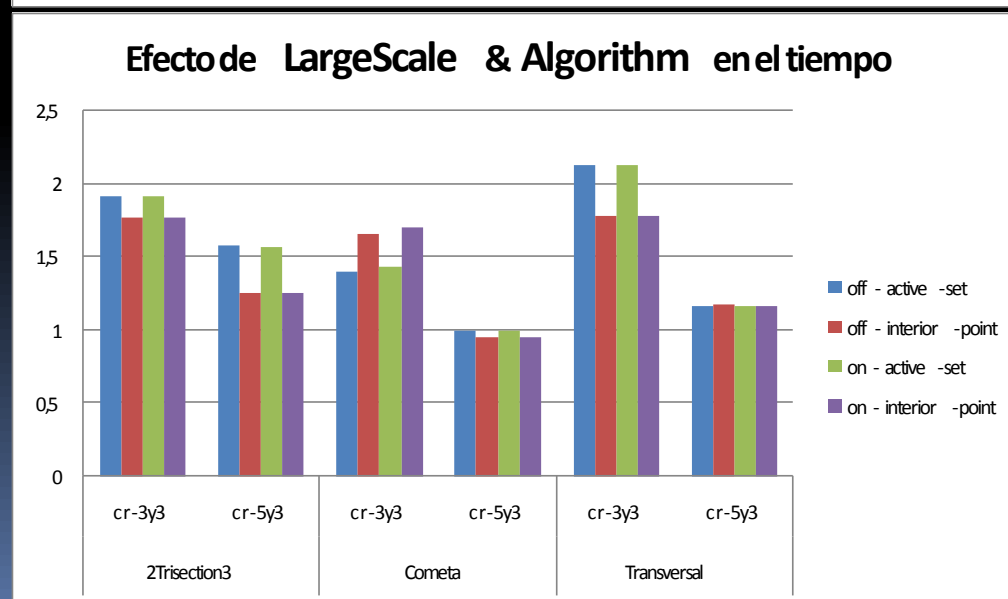
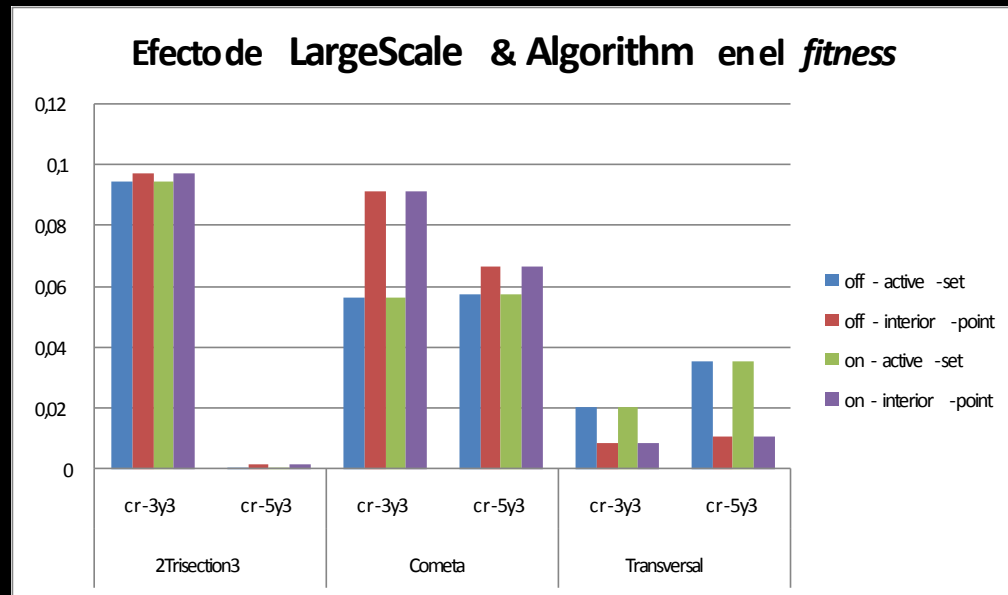
Cometa, *fitness* 10^{-1}

Resultados Experimentales (I)

- fmincon
 - Pertenece al *Optimization Toolbox* de MATLAB
 - Búsqueda Local
 - Parámetros en estudio:
 - *LargeScale*
 - *Algorithm*

Resultados Experimentales (II)

fmincon



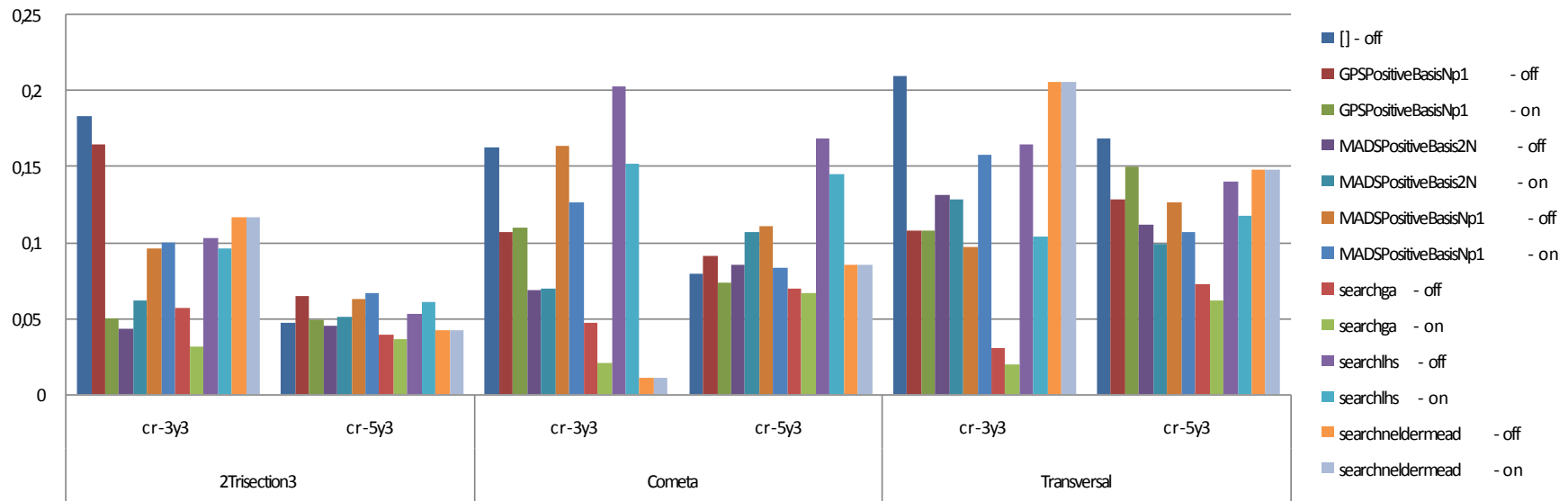
Resultados Experimentales (III)

- patternsearch (Búsqueda Directa)
 - *Direct Search and Genetic Algorithm Toolbox* de MATLAB
 - Búsqueda Local
 - Parámetros en estudio:
 - *InitialMeshSize*
 - *MeshContraction*
 - *MeshExpansion*
 - *ScaleMesh*
 - *PollMethod*
 - *CompletePoll*
 - *PollingOrder*
 - *SearchMethod*
 - *CompleteSearch*

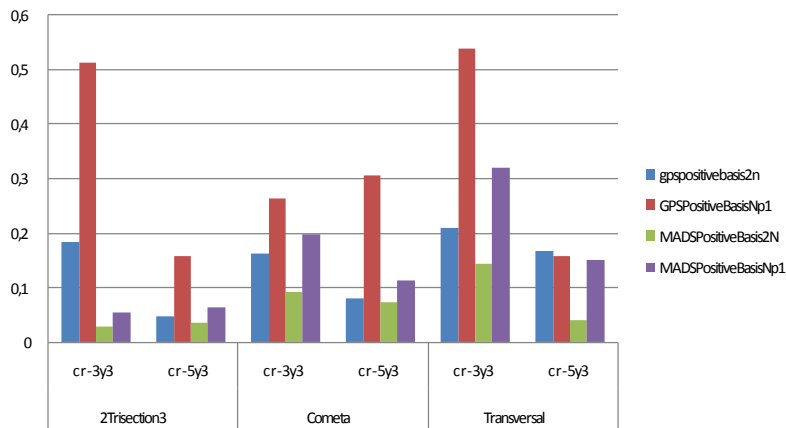
Resultados Experimentales (IV)

patternsearch

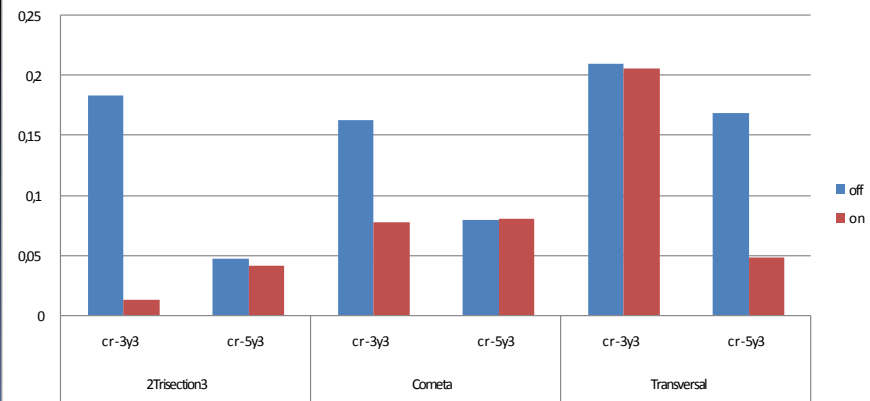
Efecto de los parámetros SearchMethod & CompleteSearch en el *fitness*



Efecto del parámetro PollMethod en el *fitness*



Efecto del parámetro CompletePoll en el *fitness*

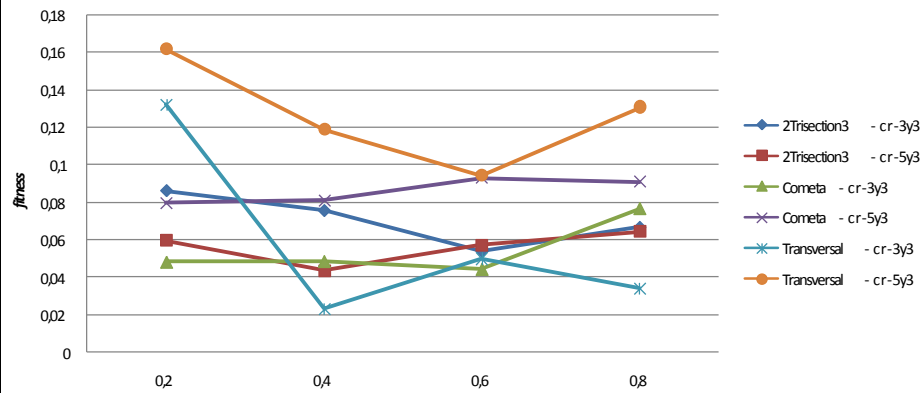


Resultados Experimentales (V)

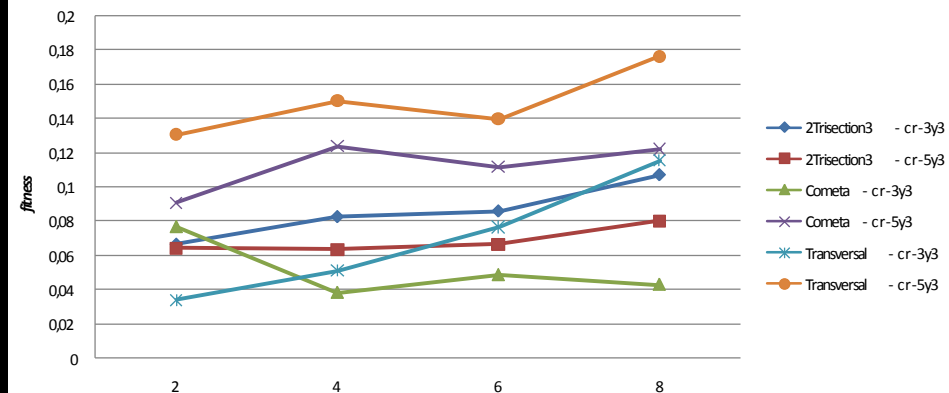
- ga (Algoritmo Genético)
 - *Direct Search and Genetic Algorithm Toolbox* de MATLAB
 - Búsqueda **Global**
 - Parámetros en estudio:
 - *PopulationSize* y *Generations*
 - *EliteCount* y *CrossoverFraction*
 - *FitnessScalingFcn* y *SelectionFcn*
 - *CrossoverFcn* y *MutationFcn*
 - *CreationFcn* y *HybridFcn*

Resultados Experimentales (VI) ga (funciones estándar)

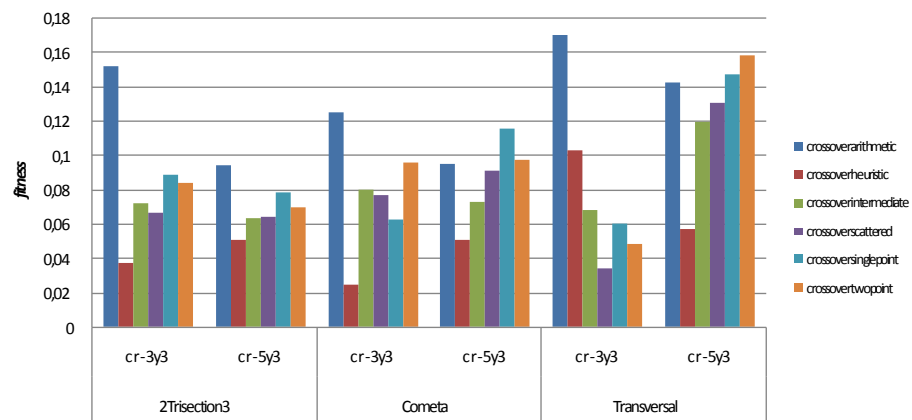
Efecto del parámetro **CrossoverFraction** en el *fitness*



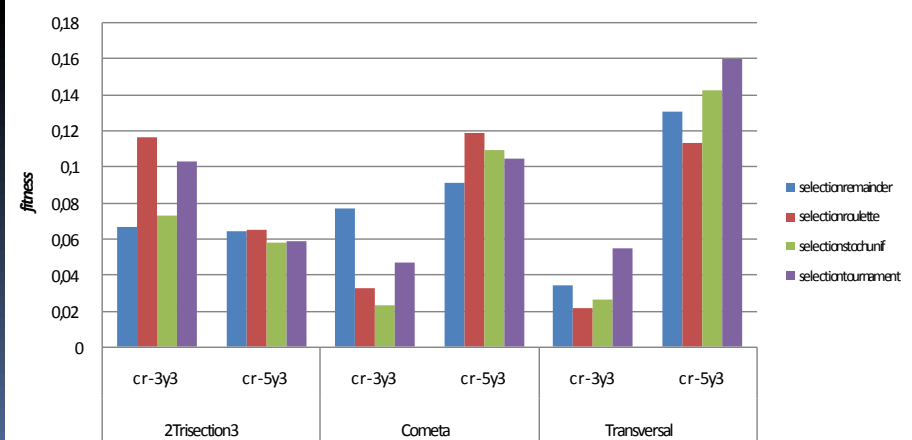
Efecto del parámetro **EliteCount** en el *fitness*



Efecto del parámetro **CrossoverFcn** en el *fitness*



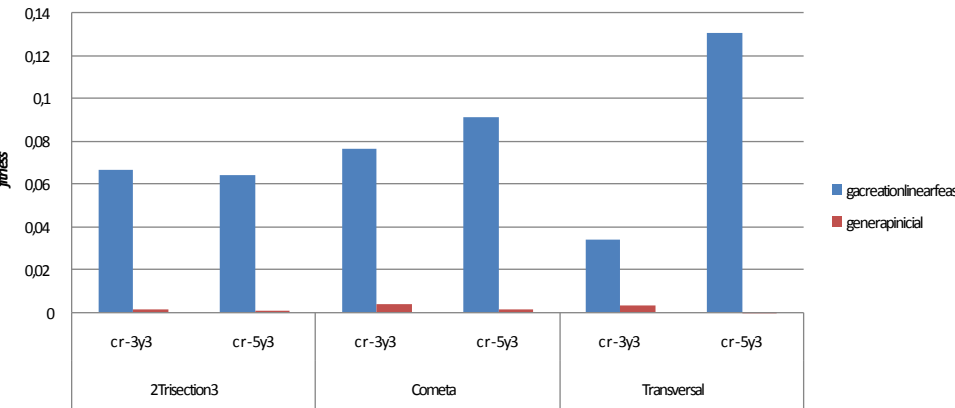
Efecto del parámetro **SelectionFcn** en el *fitness*



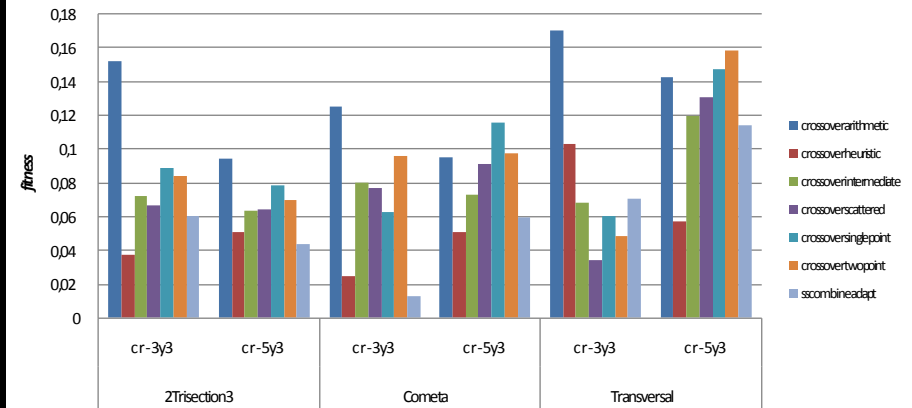
Resultados Experimentales (VII)

ga (funciones personalizadas)

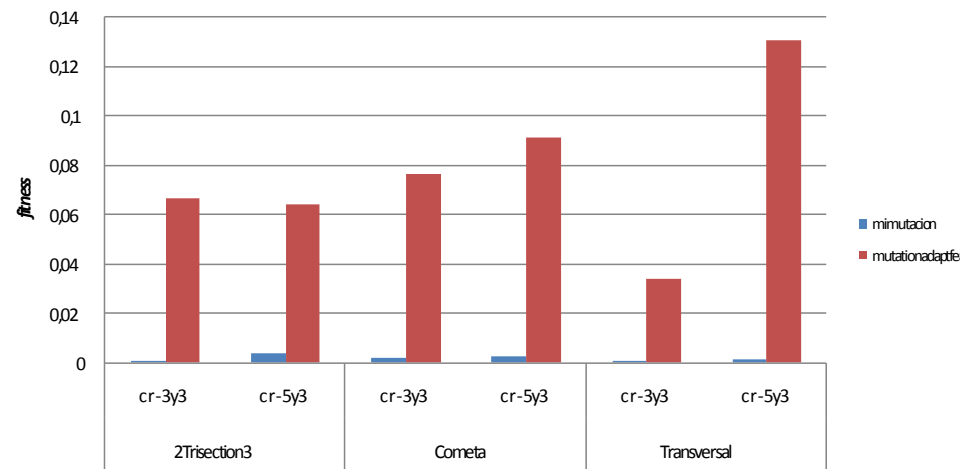
Efecto del parámetro **CreationFcn** en el *fitness*



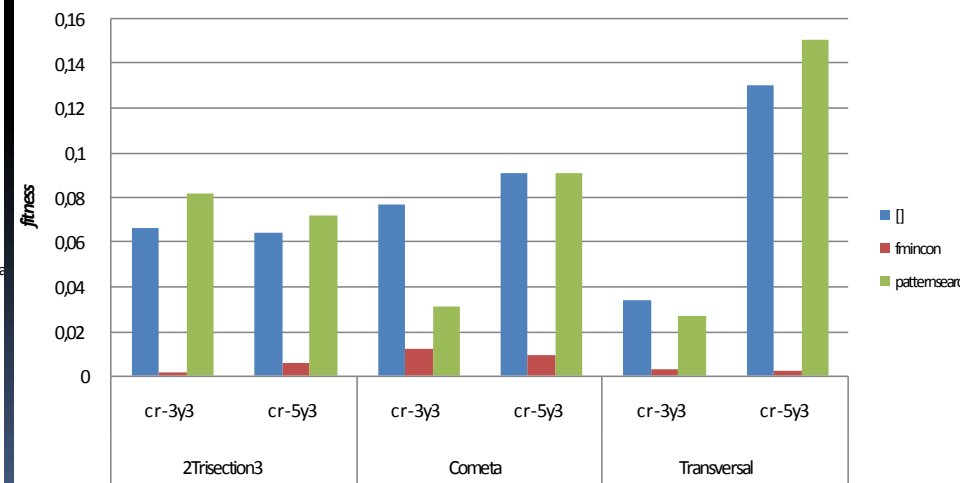
Efecto del parámetro **CrossoverFcn** en el *fitness*



Efecto del parámetro **MutationFcn** en el *fitness*



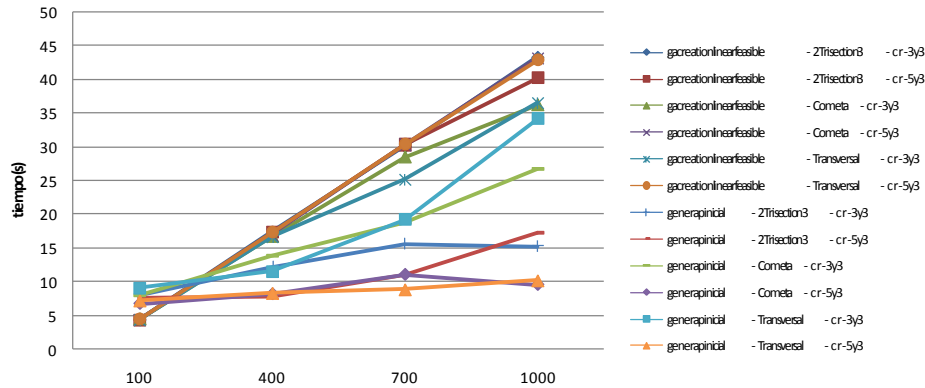
Efecto del parámetro **HybridFcn** en el *fitness*



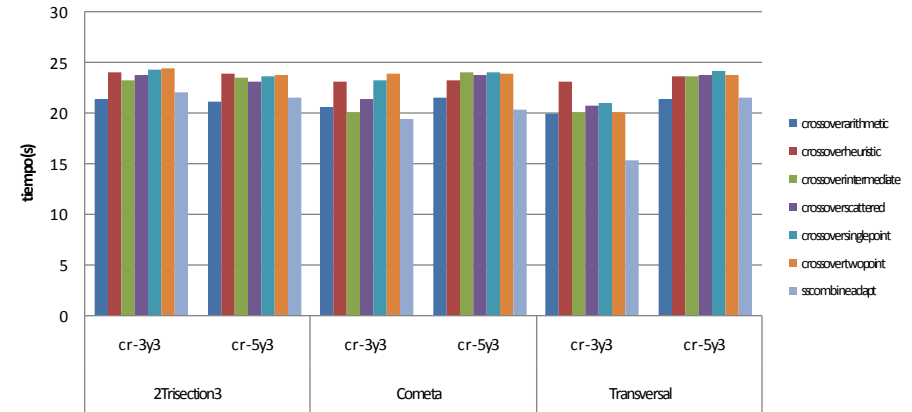
Resultados Experimentales (VIII)

ga (funciones personalizadas - tiempos)

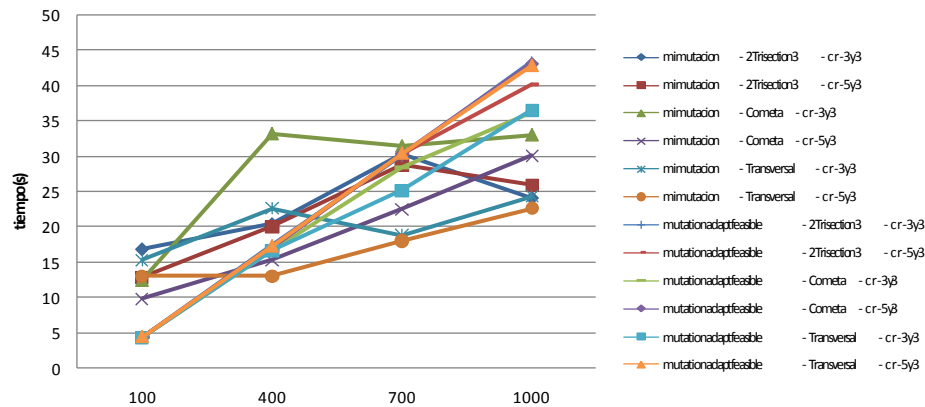
Efecto del parámetro **CreationFcn** en el tiempo



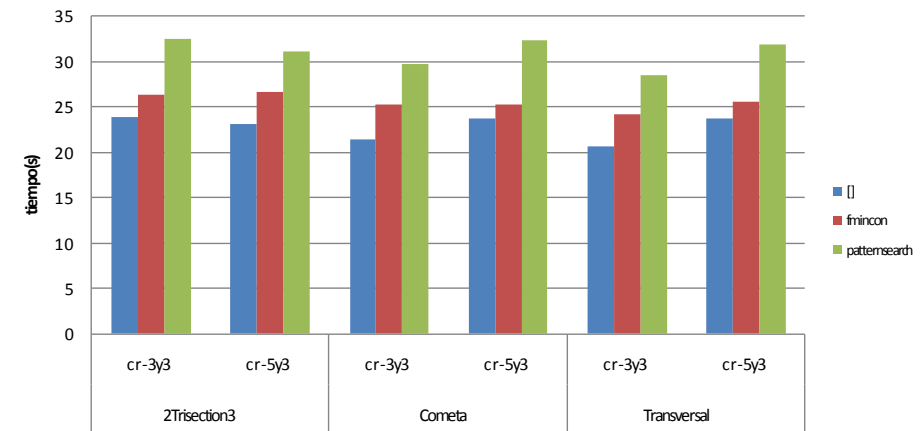
Efecto del parámetro **CrossoverFcn** en el tiempo



Efecto del parámetro **MutationFcn** en el tiempo



Efecto del parámetro **HybridFcn** en el tiempo



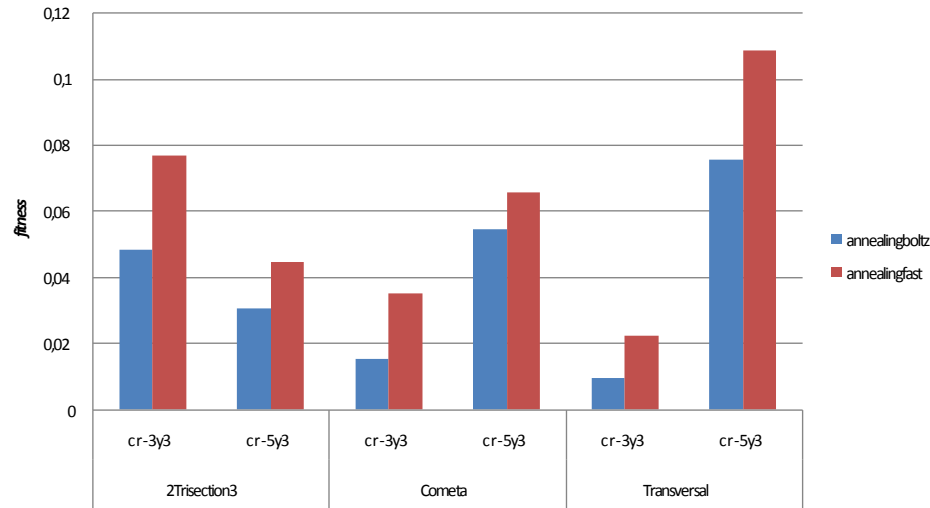
Resultados Experimentales (IX)

- `simulannealbnd` (Temple Simulado)
 - *Direct Search and Genetic Algorithm Toolbox* de MATLAB
 - Búsqueda Local
 - Parámetros en estudio:
 - *AnnealingFcn*
 - *InitialTemperature*
 - *ReannealInterval*
 - *TemperatureFcn*
 - *HybridFcn* y *HybridInterval*

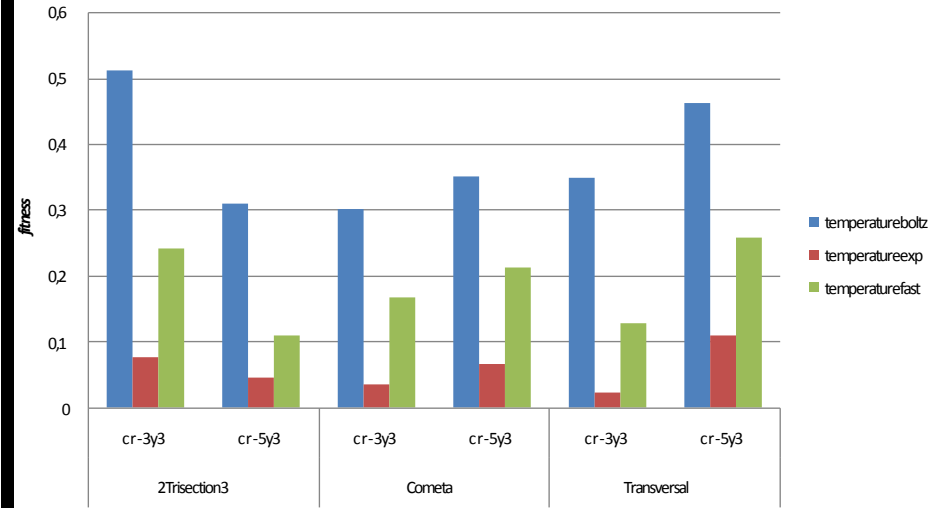
Resultados Experimentales (X)

simulannealbnd

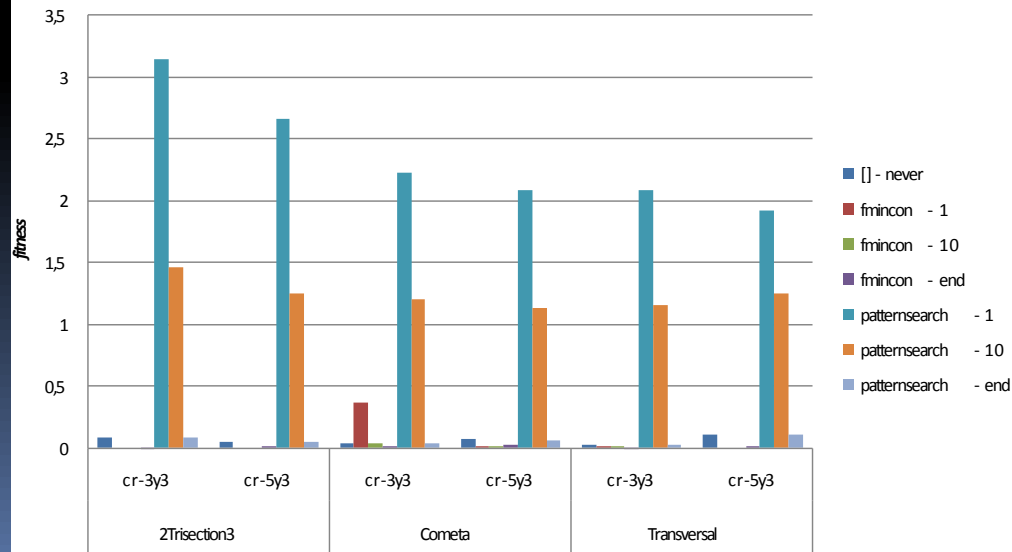
Efecto del parámetro **AnnealingFcn** en el *fitness*



Efecto del parámetro **TemperatureFcn** en el *fitness*



Efecto del parámetro **HybridFcn & HybridInterval** en el *fitness*



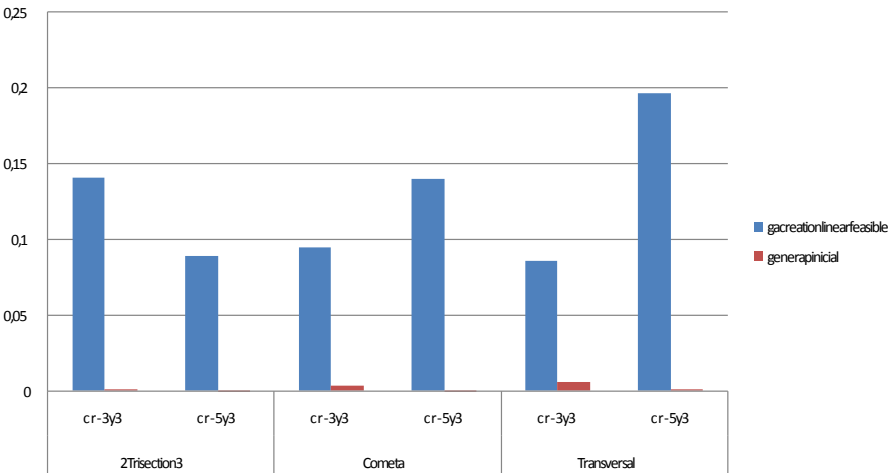
Resultados Experimentales (XI)

- ScatterSearch (Búsqueda Dispersa)
 - Implementación propia
 - Búsqueda **Global**
 - Parámetros en estudio:
 - *QSetSize* y *DSetSize*
 - *Generations*
 - *CreationFnc*
 - *OptimFnc* y *OptimFactor*
 - *CombineFnc*
 - *HybridFnc*

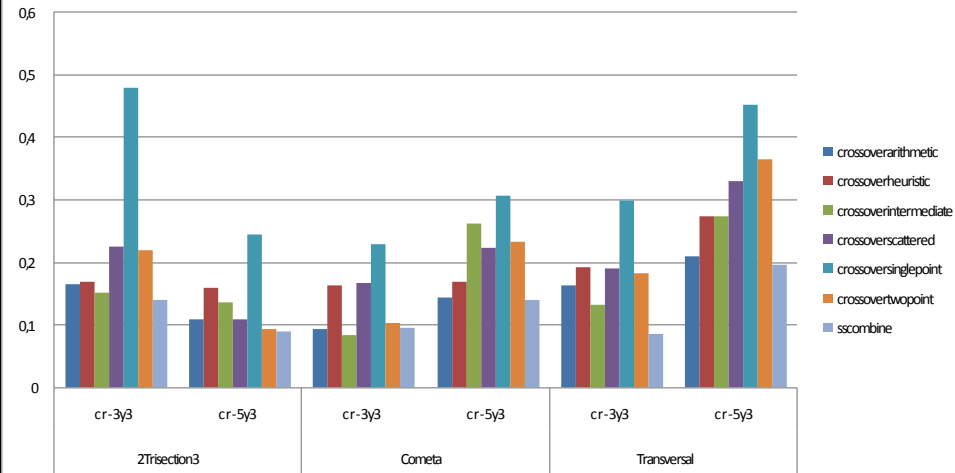
Resultados Experimentales (XII)

ScatterSearch

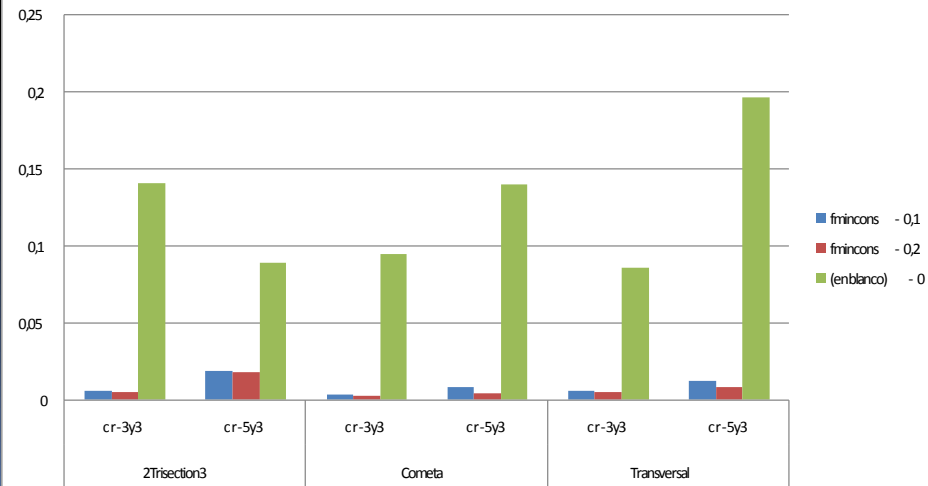
Efecto del parámetro **CreationFcn** sobre el *fitness*



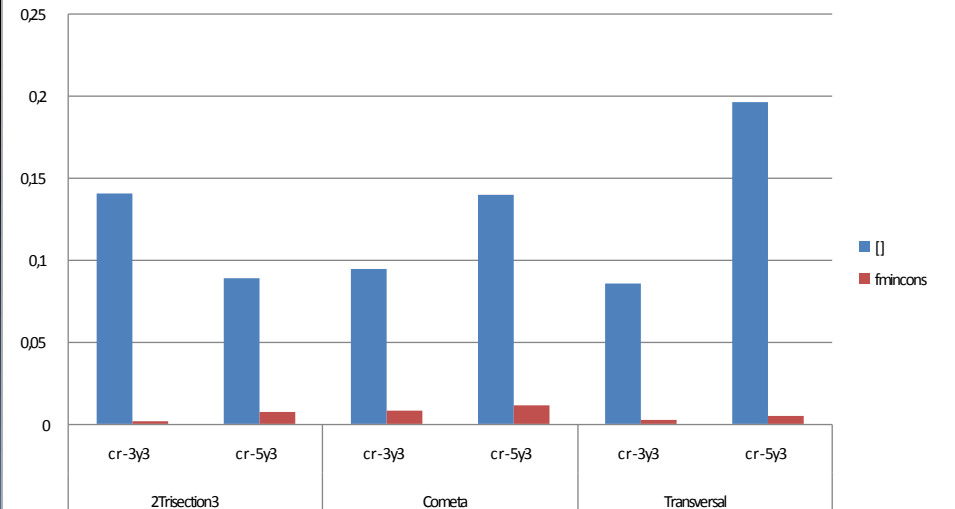
Efecto del parámetro **CombineFcn** sobre el *fitness*



Efecto del parámetro **OptimFcn** sobre el *fitness*



Efecto del parámetro **HybridFcn** sobre el *fitness*



Resultados Experimentales (XIII)

Backtracking

No es una técnica de optimización meta-heurística sino exhaustiva.

No se adapta demasiado bien al problema por lo inmenso del espacio de soluciones.

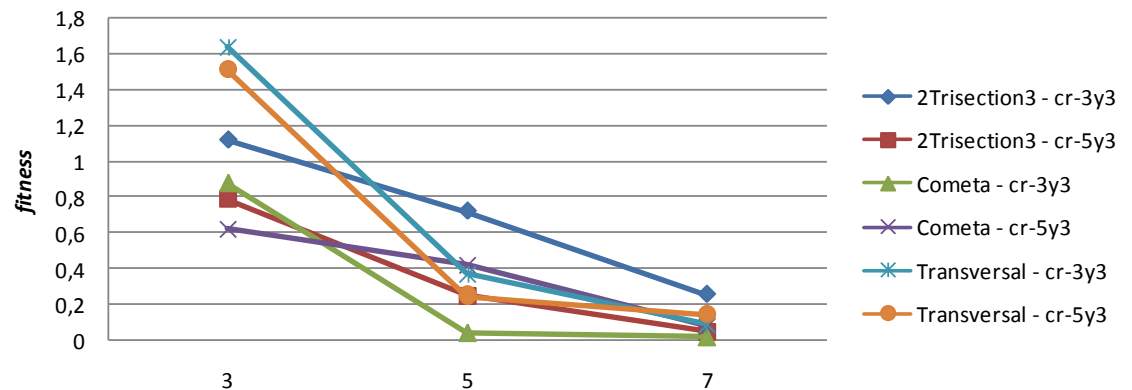
Implementación propia.

Búsqueda Global.

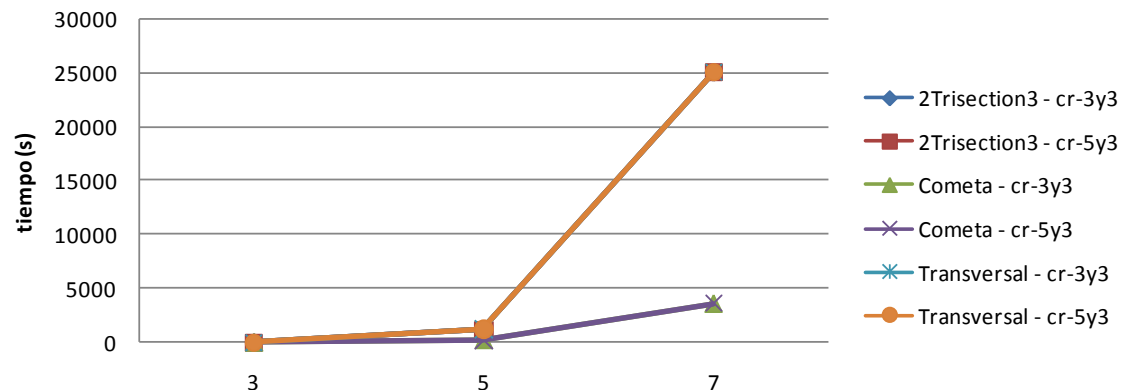
Parámetros:

- *Amplitud*

Efecto del parámetro **Amplitud** en el *fitness*

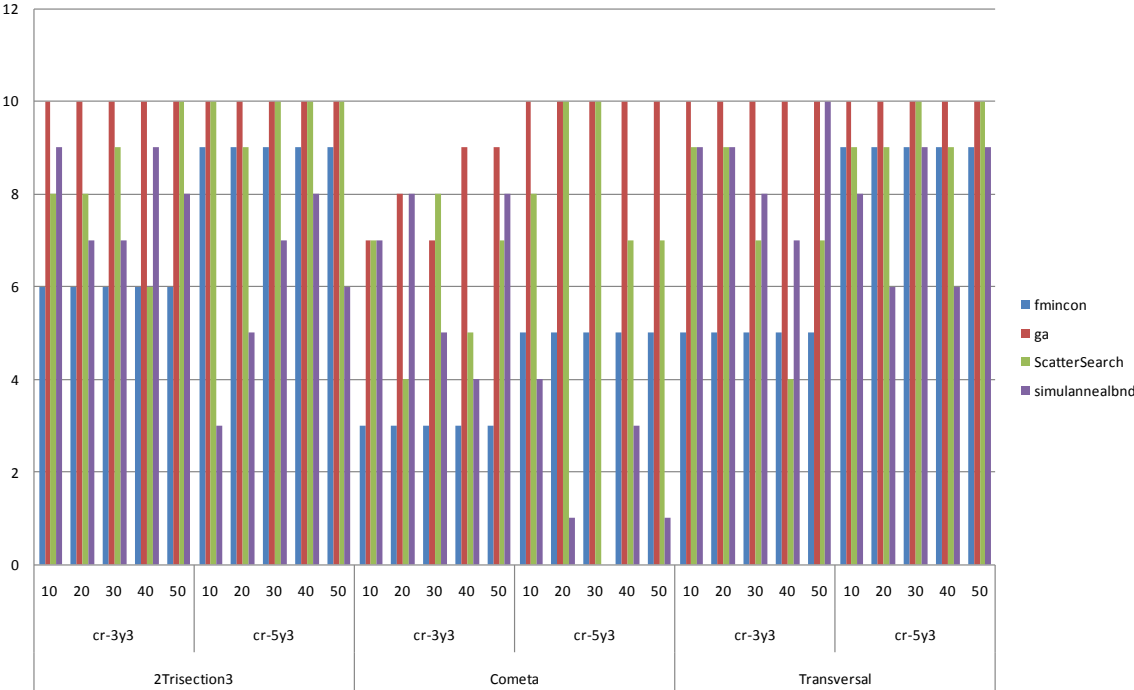


Efecto del parámetro **Amplitud** en el tiempo

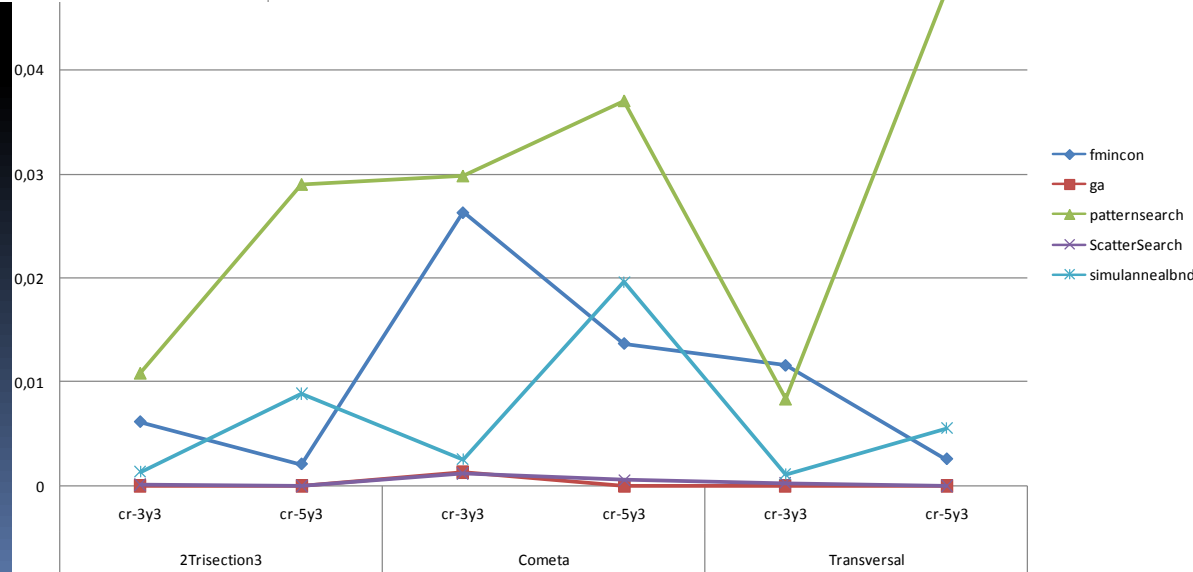


Resultados Experimentales (XIV)

Nº de soluciones de calidad ($<1e-5$) en función del tiempo límite máximo



Promedio del valor de *fitness*






Contenidos

1. Introducción
2. Análisis de las Herramientas de Optimización
3. Aplicación a la Síntesis de Filtros
4. Conclusiones y Trabajos Futuros



Conclusiones

- Inviabile el empleo de una técnica exhaustiva
 - *Algoritmo Genético* personalizado, el mejor
 - *Scatter Search* en promedio va bien
 - *fmincon* es el mejor en la búsqueda local
- 

Trabajos Futuros

- Aplicación de otras técnicas (GRASP, hormigas)
- Aplicación a otros problemas como decodificación de comunicaciones sobre canales MIMO
- Aplicación de paralelismo
- Desarrollo de interfaz gráfico

Bibliografía

- [1] F. Almeida, M. J. Blesa Aguilera, C. Blum, J. M. Moreno-Vega, M. Pérez Pérez, A. Roli, and M. Sampels, editors. *Hybrid Metaheuristics, Third International Workshop, HM 2006, Gran Canaria, Spain, October 13-15, 2006, Proceedings, volume 4030 of Lecture Notes in Computer Science*. Springer, 2006.
- [2] S. Amari. Synthesis of cross-coupled resonator filters using an analytical gradient-based optimization technique. *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on*, 48(9):1559–1564, September 2000.
- [3] W. Bozejko and M. Wodecki. Parallel scatter search algorithm for the flow shop sequencing problem. In Wyrzykowski et al. [23], pages 180–188.
- [4] R. J. Cameron. General coupling matrix synthesis methods for Chebyshev filtering functions. *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on*, 47:433–442, 1999.
- [5] D. Giménez Cánovas, J. Cervera López, G. García Mateos, and N. Marín Pérez. *Algoritmos y Estructuras de Datos, volume 2*. Diego Marín Librero-Editor, 2003.
- [6] A. Colorni, M. Dorigo, F. Maffioli, V. Maniezzo, G. Righini, and M. Trubian. Heuristics from nature for hard combinatorial optimization problems. *International Transactions in Operational Research*, 3(1):1–21, 1996.
- [7] M. Dorigo and G. Di Caro. The ant colony optimization meta-heuristic. In David Corne, Marco Dorigo, and Fred Glover, editors, *New Ideas in Optimization, pages 11–32*. McGraw-Hill, London, 1999.
- [8] C. Feremans, M. Labbé, and G. Laporte. Generalized network design problems. *European Journal of Operational Research*, 148(1):1–13, July 2003.
- [9] F. Glover. Tabu search. *Part I. ORSA Journal on Computing*, (1):190–206, 1989.
- [10] F. Glover, M. Laguna, and R. Martí. Fundamentals of scatter search and path relinking. *Control and Cybernetics*, 29(3):653–684, 2000.
- [11] Fred W. Glover and Gary A. Kochenberger. *Handbook of Metaheuristics (International Series in Operations Research & Management Science)*. Springer, January 2003.
- [12] D. E. Goldberg. Genetic algorithms. In *Search, Optimization, and Machine Learning*. Addison-Wesley, 1989.
- [13] S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt, and M. P. Vecchi. Optimization by simulated annealing. *Science*, 220(4598):671–680, 1983.
- [14] S. Lukasik, Z. Kokosinski, and G. Swieton. Parallel simulated annealing algorithm for graph coloring problem. In Wyrzykowski et al. [23], pages 229–238.
- [15] The MathWorks, <http://www.mathworks.com>. *Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox User's Guide. Version 2.3*.
- [16] The MathWorks, <http://www.mathworks.com>. *Optimization Toolbox User's Guide. Version 4.0*.
- [17] Jorge Nocedal and Stephen J. Wright. *Numerical Optimization*. Springer, New York, second edition, 2006.
- [18] G. R. Raidl. A unified view on hybrid metaheuristics. In Almeida et al. [1], pages 1–12.
- [19] T. S. Rappaport, A. Annamalai, R. M. Buehrer, and W. H. Tranter. Wireless communications: Part events and a future perspective. *IEEE Communications Magazine*, 40(5):148–161, May 2002.
- [20] M. G. C. Resende and C. C. Ribeiro. Greedy randomized adaptive search procedures. Technical report, AT&T Labs Research, August 2002. version 2.
- [21] C. C. Ribeiro, S. L. Martins, and I. Rosseti. Metaheuristics for optimization problems in computer communications. *Computer Communications*, 30:656–669, 2007.
- [22] M. Uhm, S. Nam, and J. Kim. Synthesis of resonator filters with arbitrary topology using hybrid method. *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on*, 55(10):2157–2167, October 2007.
- [23] R. Wyrzykowski, J. Dongarra, K. Karczewski, and J. Wasniewski, editors. *Parallel Processing and Applied Mathematics, 7th International Conference, PPAM 2007, Gdansk, Poland, September 9-12, 2007, Revised Selected Papers, volume 4967 of Lecture Notes in Computer Science*. Springer, 2008.