

# Optimización del Tráfico Rodado en Ciudades Inteligentes

Realizado por:

**Daniel Héctor Stolfi Rosso**

Dirigido por:

**Enrique Alba Torres**

*Máster en Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial*



Septiembre de 2012

# Contenidos

- Ciudades Inteligentes (*smart cities*)
- Propuesta: Puntos *red swarm*
- Esquema de componentes
- Simulación
- Optimización del Tráfico Rodado
- Resultados
- Conclusiones y Trabajos Futuros
- Bibliografía

# Ciudades Inteligentes

- Desarrollo de un modelo urbano sostenible.
- Comprende a 6 dimensiones principales.
- Actualmente Málaga está concentrando sus esfuerzos en *Economía y Entorno Inteligentes*.
- El tráfico rodado es una de las principales fuentes de emisión de CO<sub>2</sub> (*Medio Ambiente Inteligente*)

Economía Inteligente

Personas Inteligentes

Gobierno Inteligente

Movilidad Inteligente

Medio Ambiente Inteligente

Vida Inteligente

Región	CO <sub>2</sub> (M ton) *
OECD Américas	6180,4
OECD Asia Oceanía	2099,1
OECD Europa	3765,2
África	927,5
Oriente medio	1509,0
No-OECD Europa y Eurasia	2497,4
Latinoamérica	974,6
Asia	3153,2
China	6877,2

## Estrategia Europa 2020

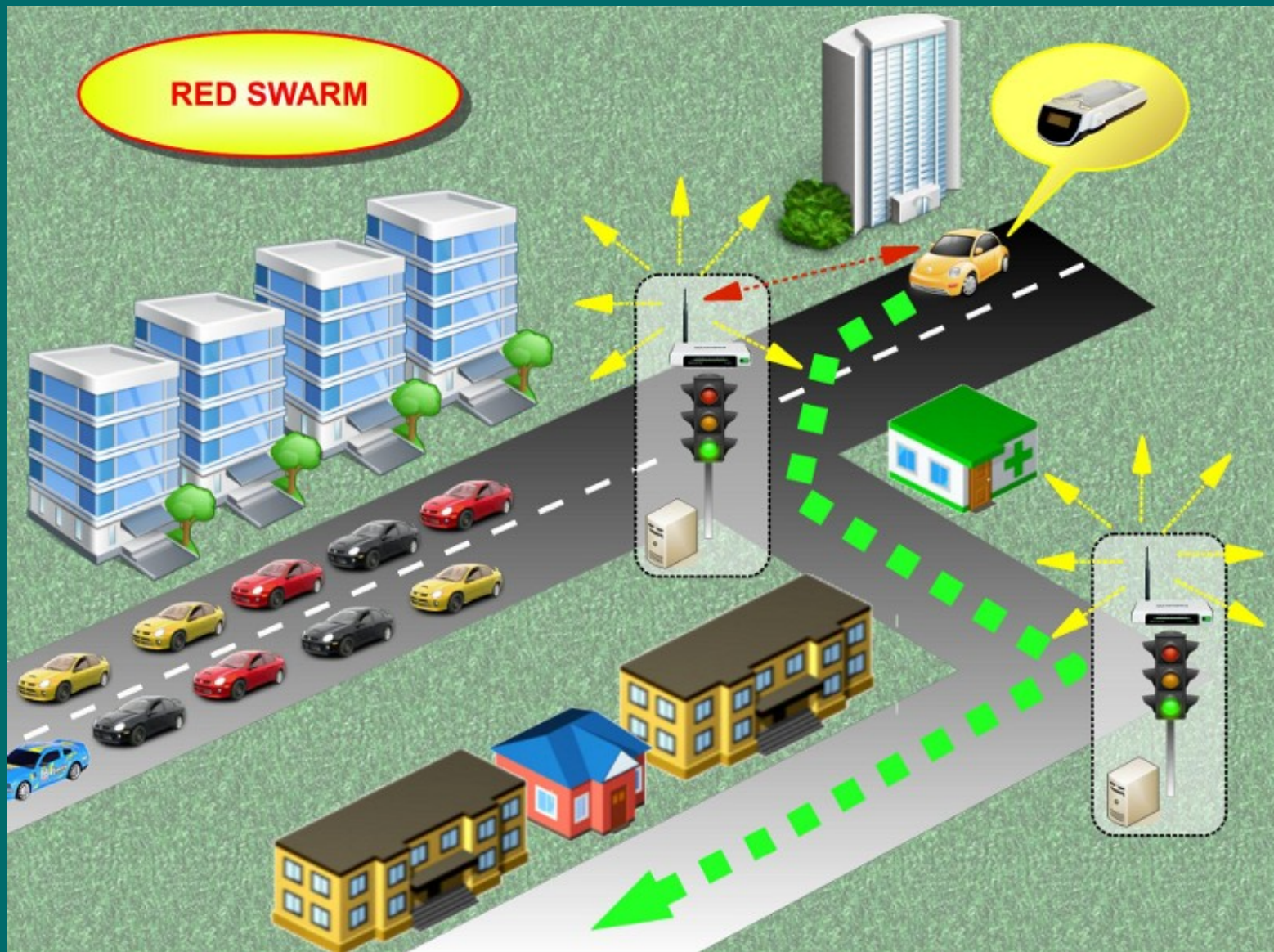
- Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero.

## España

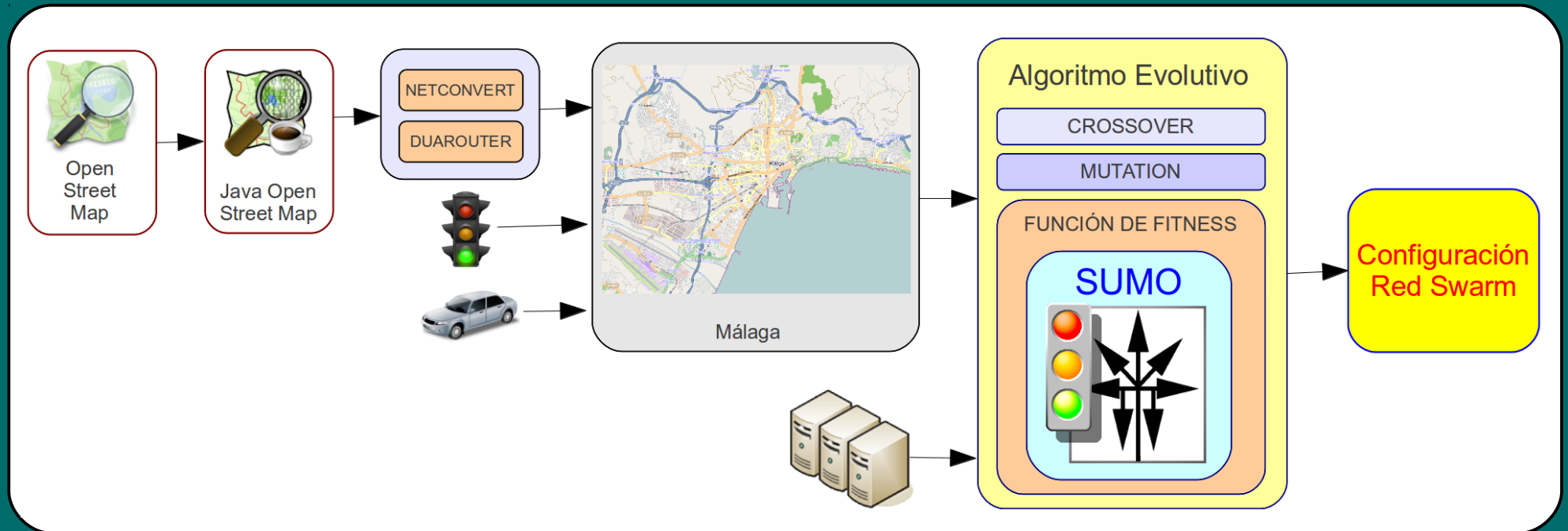
- Se ha comprometido a reducir en 2020 las emisiones en un 10% respecto a los valores de 2005.

\* Datos de 2009

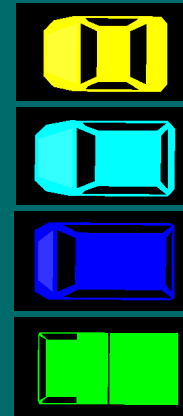
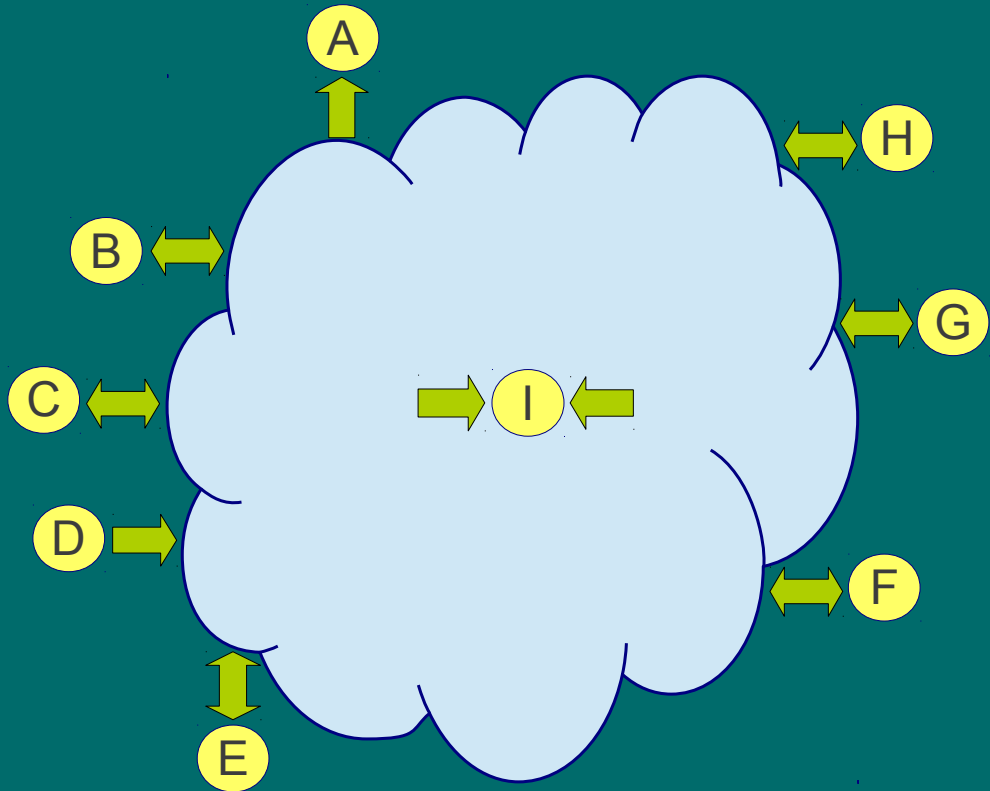
# Propuesta: Puntos *red swarm*



# Esquema de componentes



# Escenario Base: Málaga



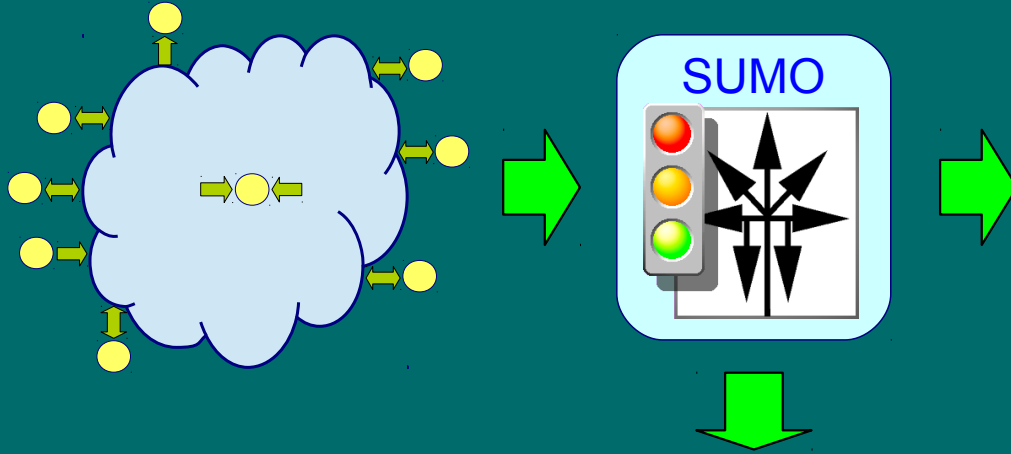
Tipo	Probabilidad
turismo	0,50
monovolumen	0,25
furgoneta	0,15
camión	0,10

Entradas	8
Salidas	8
Itinerarios	64 (8 x 8)
Vehículos	800 (100 x 8)

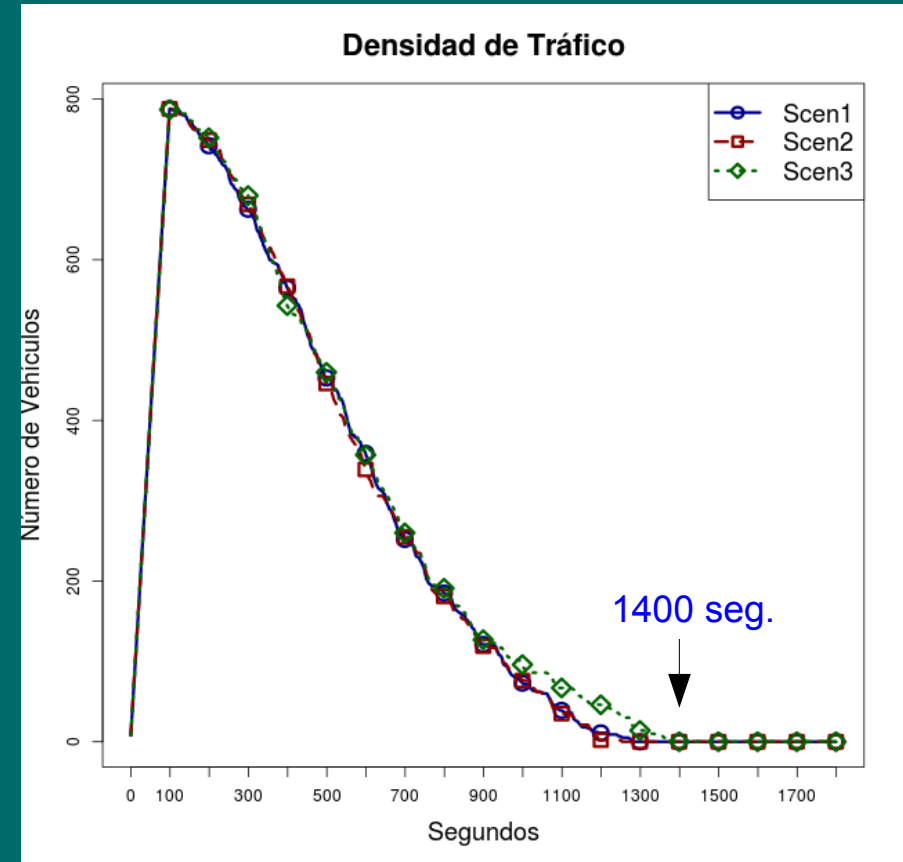
**Tres Escenarios:**

*Scen1, Scen2, Scen3*

# Simulación SUMO



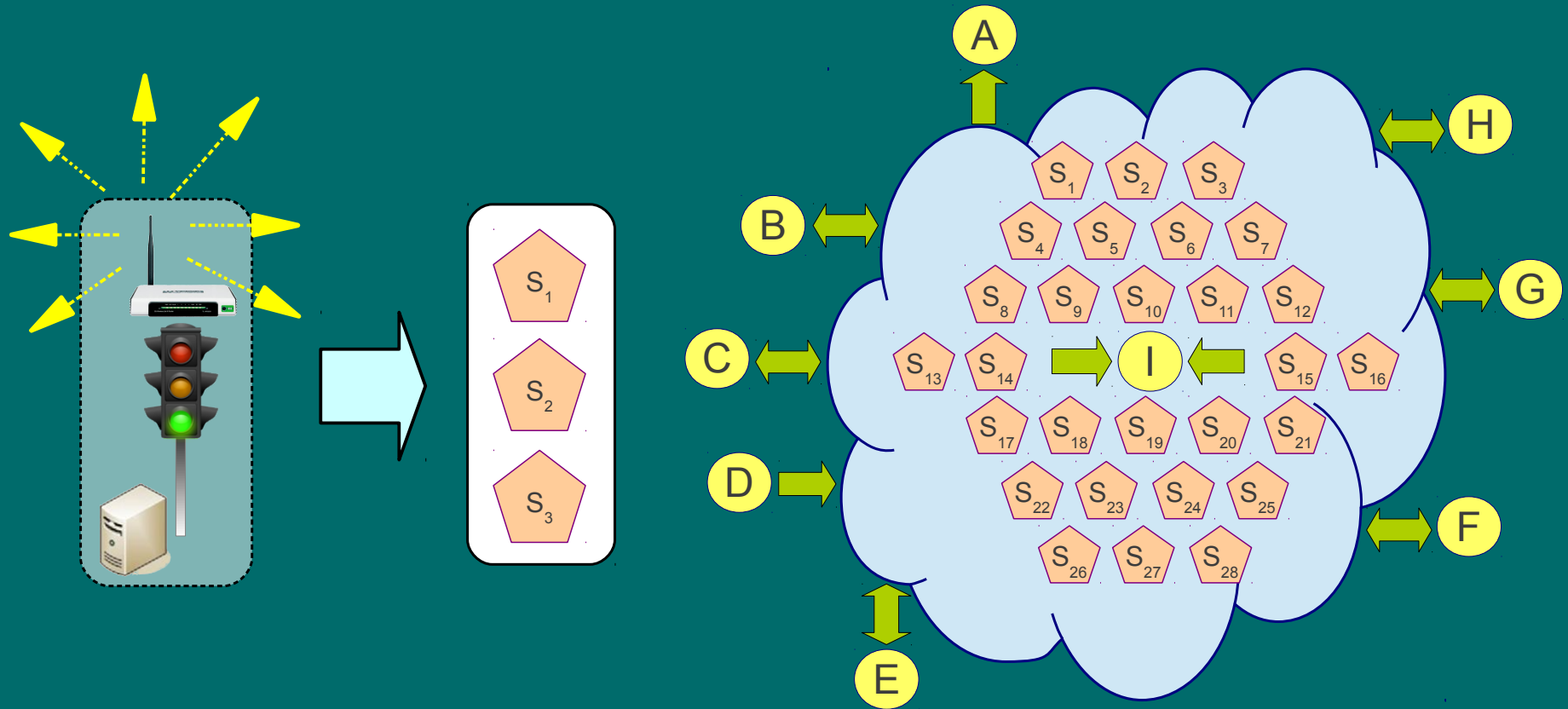
Escenario	Scen1	Scen2	Scen3
Viajes completados	800	800	800
Tiempo simulación (s)	1283,0	1253,0	1385,0
Retraso medio entrada (s)	123,0	124,7	127,0
Num. medio detenciones	151,8	146,3	161,2
Tiempo medio viaje (s)	409,9	406,1	422,0
Dist. media recorrida (m)	1454,9	1440,6	1471,8
<b>Valoración (Fitness)</b>	<b>532,9</b>	<b>530,8</b>	<b>549,0</b>



$$F = \alpha_1 (N - n_{viajes}) + \alpha_2 \frac{\sum t_{viaje}}{n_{viajes}} + \alpha_3 \frac{\sum t_{retraso}}{n_{viajes}}$$

$$\alpha_1 = \frac{T}{2}, \alpha_2 = 1, \alpha_3 = 1$$

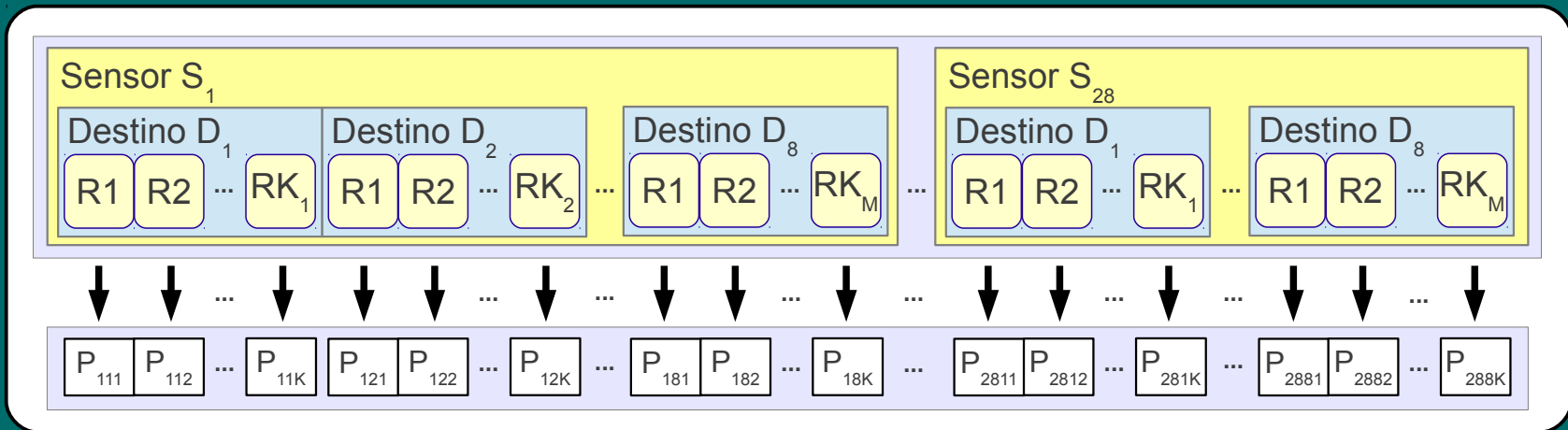
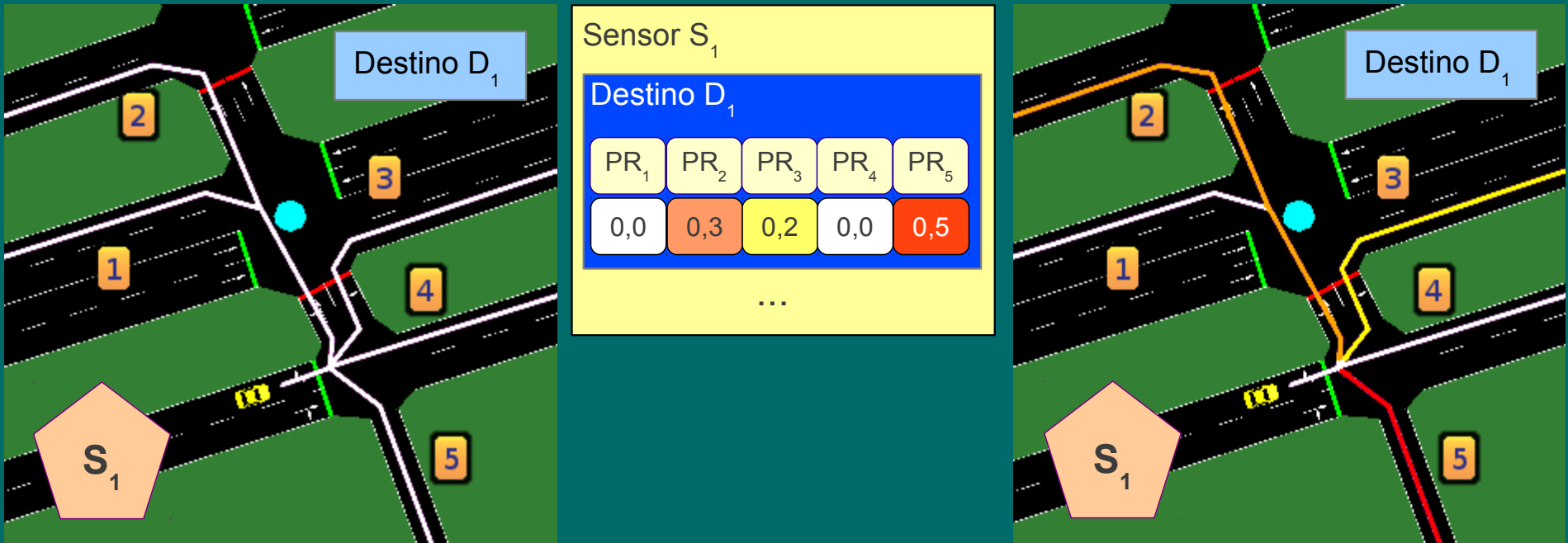
# Escenario *red swarm*



Puntos RS	Sensores	Entradas	Salidas	Itinerarios	Vehículos
<b>10</b>	<b>28</b>	8	8	64 (8 x 8)	800 (100 x 8)

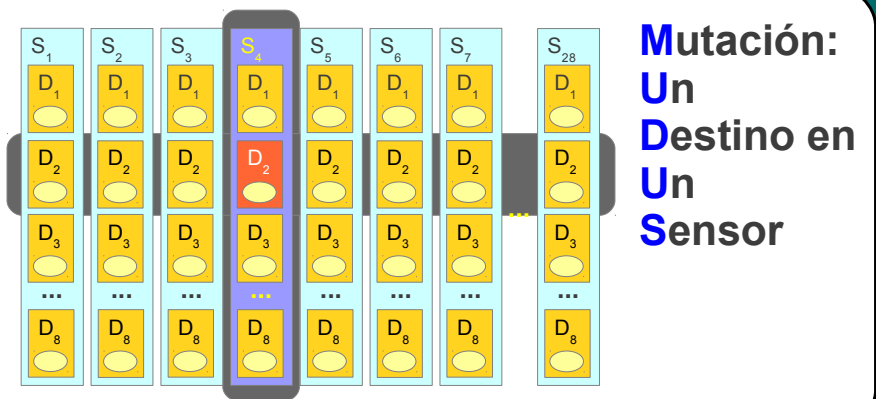
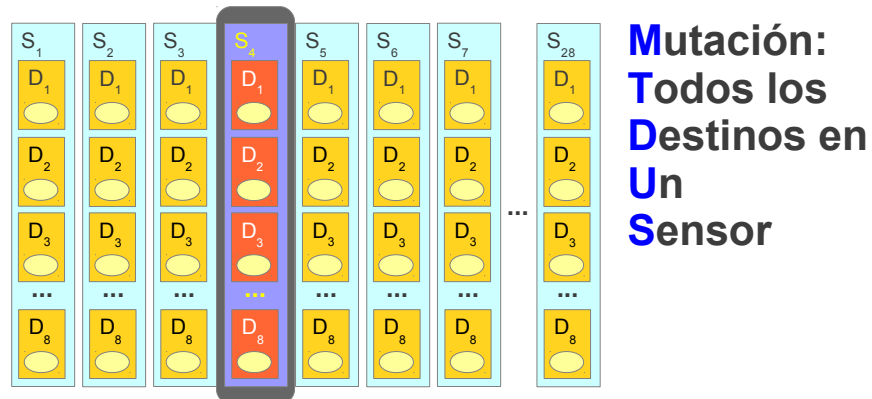
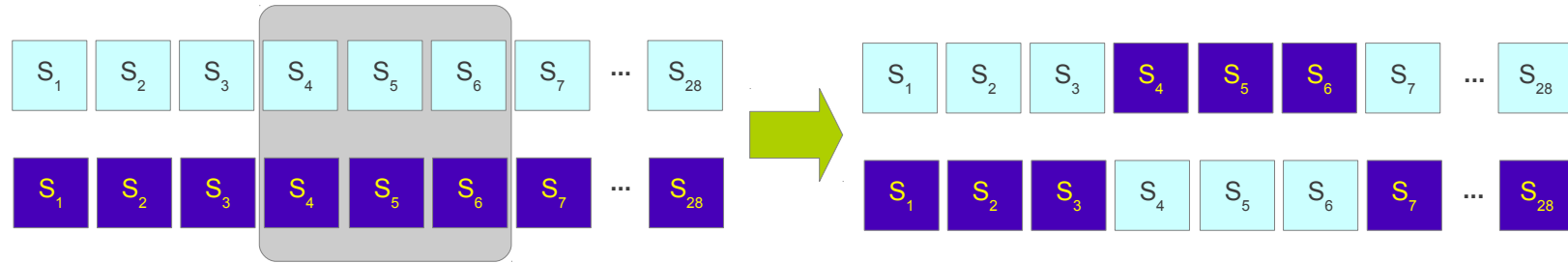


# Representación del Problema



# Algoritmo Evolutivo

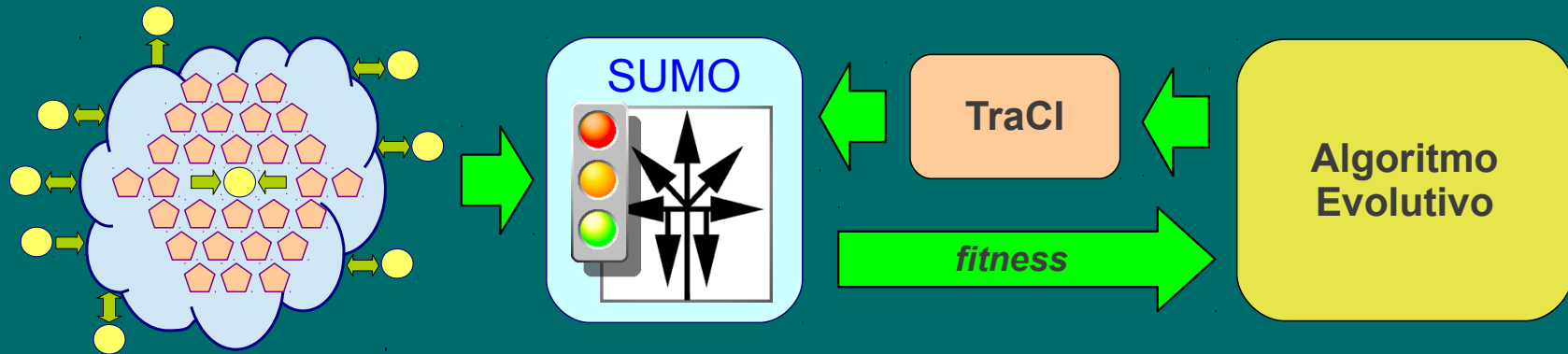
## Operador de recombinación: Sensores



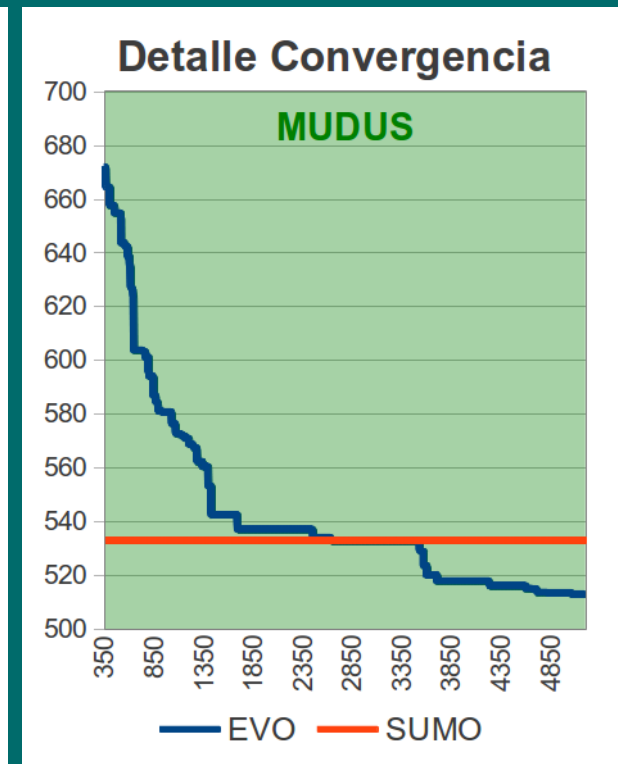
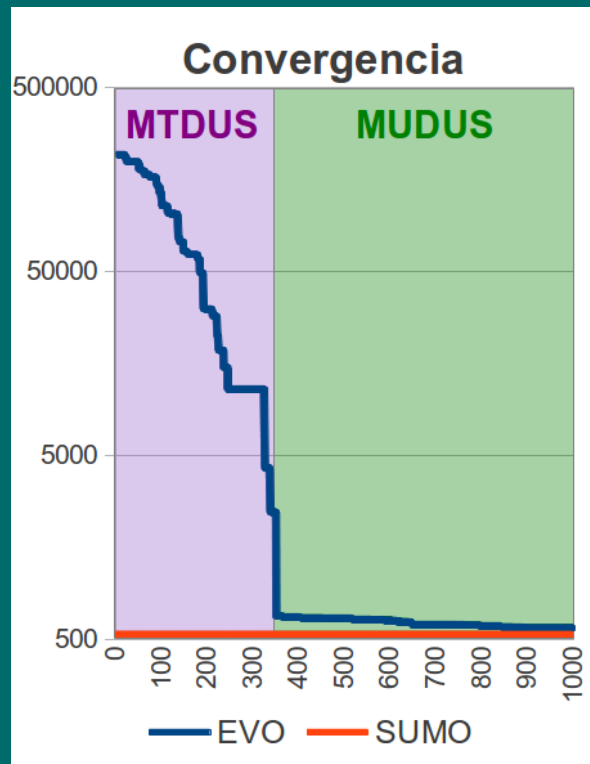
Otros operadores experimentados:

- Operación de recombinación: Destinos
- Mutación: Varios Destinos en un Sensor (MVDUS)
- Mutación: Un Destino en Todos los Sensores (MUDTS)
- Mutación: Varios Destinos en Todos los Sensores (MVDTS)

# Algoritmo Evolutivo

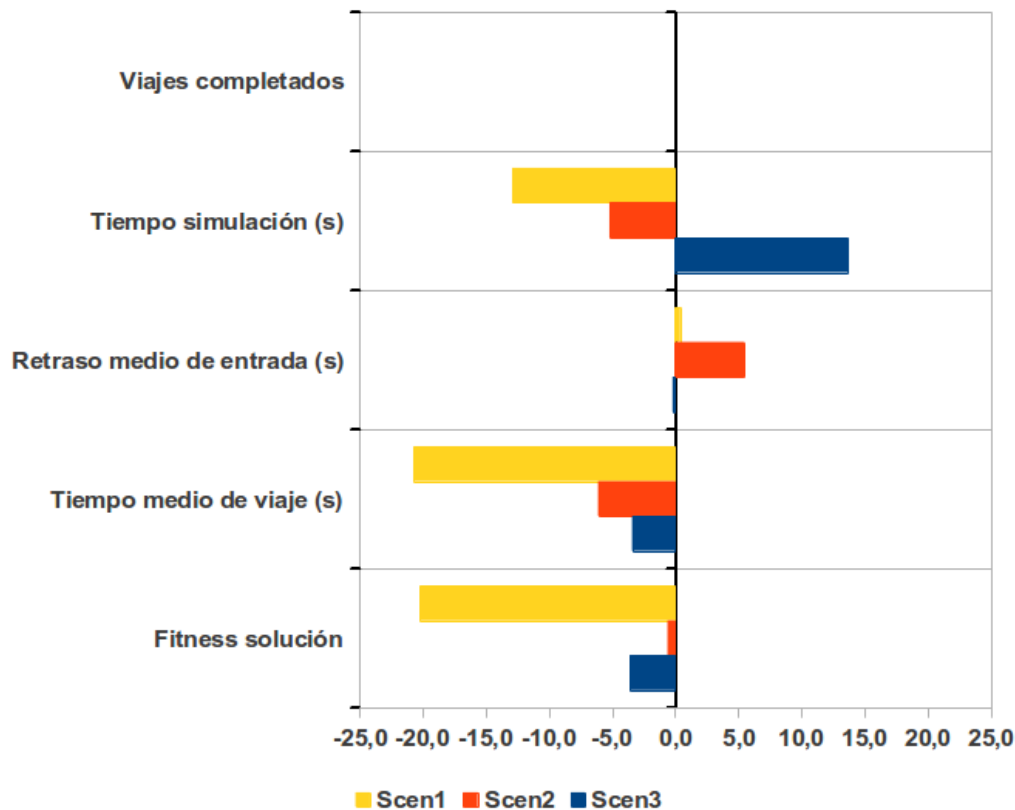


Tamaño población	10
Número descendientes	2
Probabilidad de cruce	1,0
Operador de recombinación	Sensores
Probabilidad de mutación	0,75
Operador de mutación	MTDUS / MUDUS
Número máximo de generaciones	5000

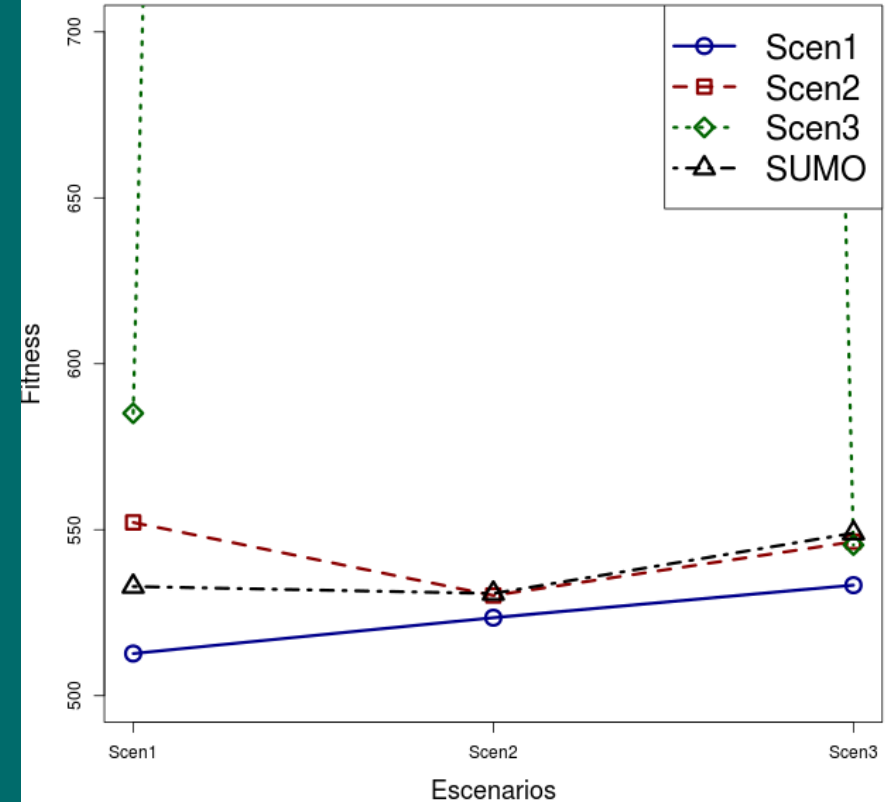


# Optimización *red swarm*

Comparación entre Resultados



Test de Robustez

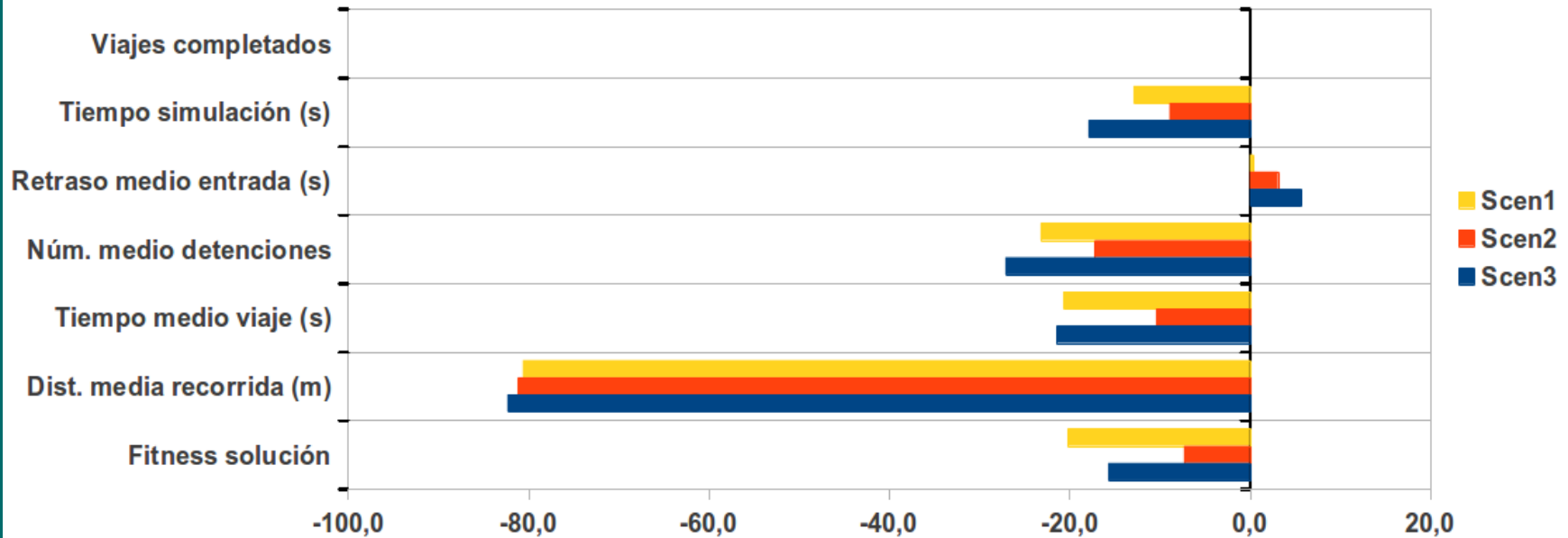


Escenario	SUMO1	RS1	%	SUMO2	RS2	%	SUMO3	RS3	%
Viajes completados	800	800	0,0%	800	800	0,0%	800	800	0,0%
Tiempo simulación (s)	1283,0	1154,0	-10,1%	1253,0	1201,0	-4,2%	1385,0	1522,0	9,9%
Retraso medio entrada (s)	123,0	123,4	0,3%	124,7	130,2	4,4%	127,0	126,8	-0,2%
Tiempo medio viaje (s)	409,9	389,2	-5,1%	406,1	400,0	-1,5%	422,0	418,6	-0,8%
Fitness Solución	532,9	512,7	-3,8%	530,8	530,2	-0,1%	549,0	545,4	-0,7%

Escenario	Fitness	
	RS Scen1	Málaga
Scen1	512,7 -3,8%	532,9
Scen2	523,5 -1,4%	530,8
Scen3	533,3 -2,9%	549,0

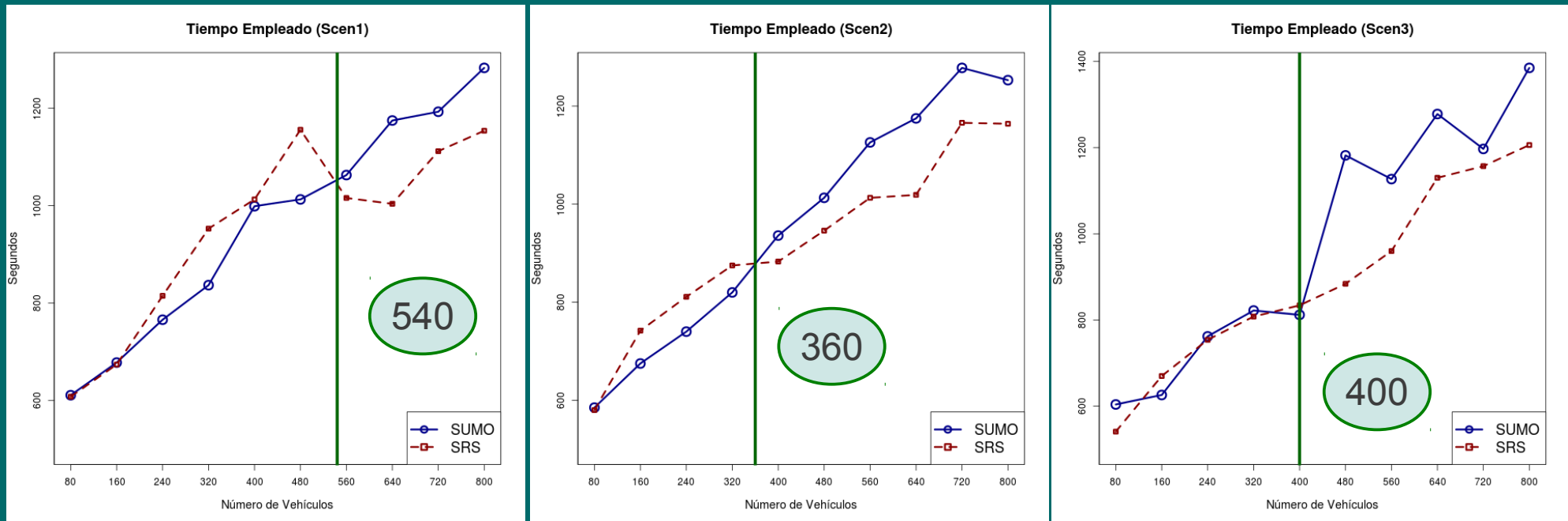
# Soluciones *red swarm* (S1)

Comparación entre Resultados (Solución 1 Red Swarm)



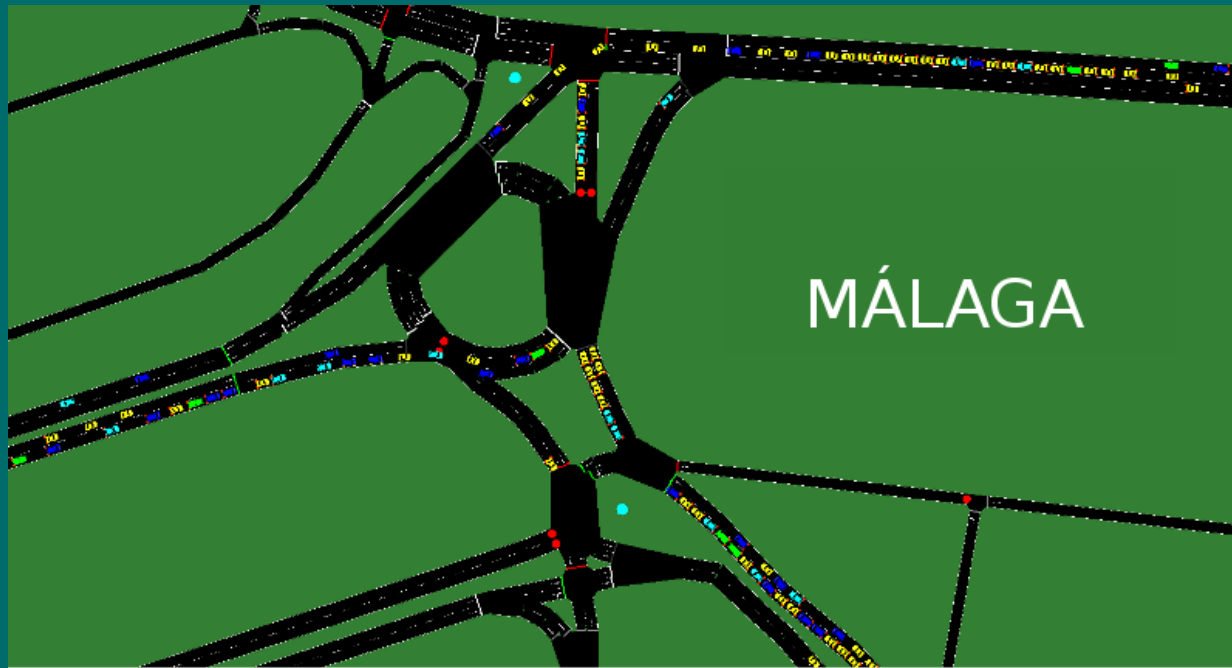
Escenario	SUMO1	RS1 (1)	%	SUMO2	RS2 (1)	%	SUMO3	RS3 (1)	%
Viajes completados	800	800	0,0%	800	800	0,0%	800	800	0,0%
Tiempo simulación (s)	1283,0	1154,0	-10,1%	1253,0	1164,0	-7,1%	1385,0	1206,0	-12,9%
Retraso medio entrada (s)	123,0	123,4	0,3%	124,7	127,8	2,5%	127,0	132,7	4,5%
Núm. medio detenciones	151,8	128,6	-15,3%	146,3	129,1	-11,8%	161,2	134,1	-16,8%
Tiempo medio viaje (s)	409,9	389,2	-5,1%	406,1	395,7	-2,6%	422,0	400,6	-5,1%
Dist. media recorrida (m)	1454,9	648,8	-55,4%	1440,6	629,3	-56,3%	1471,8	648,6	-55,9%
Fitness Solución	532,9	512,7	-3,8%	530,8	523,5	-1,4%	549,0	533,5	-2,8%

# Soluciones *red swarm* (S1)



Vehículos	Scen 1 (s)		Scen 2 (s)		Scen 3 (s)	
	Málaga	Red Swarm	Málaga	Red Swarm	Málaga	Red Swarm
80	611	608	585	580	604	541
160	678	674	675	742	626	670
240	766	815	740	811	762	754
320	837	953	820	875	822	808
400	999	1013	936	883	812	834
480	1013	1156	1013	946	1182	884
560	1063	1016	1126	1013	1127	960
640	1175	1004	1175	1019	1278	1130
720	1193	1112	1278	1166	1197	1157
800	1283	1154	1253	1164	1385	1206

# Instantáneas Simulación



Exportación a Google Maps



Exportación a Google Earth

# Conclusiones y Trabajos Futuros

- Conclusiones:
  - Hemos mejorado Málaga en condiciones de alta densidad de tráfico.
  - Hemos disminuido las emisiones de gases de efecto invernadero.
  - Hemos cumplido con varios de los objetivos de las ciudades inteligentes:
    - Movilidad inteligente
    - Economía inteligente
    - Vida cotidiana inteligente.
- Trabajos Futuros
  - Optimización de ciudades de tamaño medio.
  - Obtención de información real del flujo de tráfico como escenario de trabajo.
  - Otras metaheurísticas: ACO, PSO y otros EA.
  - Otros simuladores: TRANSIMS, VISSIM, etc.



# Bibliografía (I)

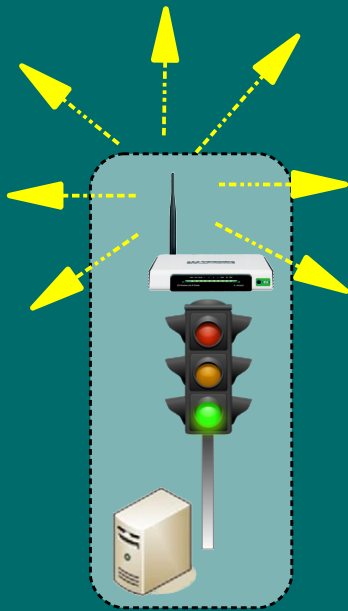
- [1] R. Giffinger, C. Fertner, H. Kramar, R. Kalasek, N. Pichler-Milanovic and E. Meijers, “Smart cities – Ranking of European medium-sized cities.” [http://www.smart-cities.eu/download/smart\\_cities\\_final\\_report.pdf](http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf). (Consultado el 1 de septiembre de 2012).
- [2] “Europe 2020 - Europe’s growth strategy - European Commission.” <http://ec.europa.eu/europe2020/>. (Consultado el 1 de septiembre de 2012).
- [3] H. K. Lo, E. Chang and Y. C. Chan, “Dynamic network traffic control,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 35, no. 8, pp. 721–744, 2001.
- [4] D. Krajzewicz, E. Brockfeld, J. Mikat, J. Ringel, C. Rössel, W. Tuchscheerer, P. Wagner and R. Wösler, “Simulation of modern traffic lights control systems using the open source traffic simulation SUMO,” in *Proceedings of the 3rd industrial simulation conference*, vol. 2205, 2005.
- [5] J. Sánchez, M. Galán and E. Rubio, “Applying a traffic lights evolutionary optimization technique to a real case: “Las Ramblas” area in santa cruz de tenerife,” *Evolutionary Computation, IEEE Transactions on*, vol. 12, no. 1, pp. 25–40, 2008.
- [6] J. Garcia-Nieto, E. Alba and A. Olivera, “Enhancing the urban road traffic with Swarm Intelligence: A case study of Córdoba city downtown,” in *Intelligent Systems Design and Applications (ISDA)*, 2011 11th International Conference on, pp. 368–373, IEEE, 2011.
- [7] P. Ming-bao and Z. Xin-ping, “Traffic Flow Prediction of Chaos Time Series by Using Subtractive Clustering for Fuzzy Neural Network Modeling,” in *Intelligent Information Technology Application*, 2008. IITA’08. Second International Symposium on, vol. 1, pp. 23–27, IEEE, 2008.
- [8] J. McCrea and S. Moutari, “A hybrid macroscopic-based model for traffic flow in road networks,” *European Journal of Operational Research*, vol. 207, no. 2, pp. 676–684, 2010.
- [9] D. Braess, “Über ein Paradoxon aus der Verkehrsplanung,” *Mathematical Methods of Operations Research*, vol. 12, no. 1, pp. 258–268, 1968.
- [10] A. Bazzan and F. Klügl, “Case studies on the Braess paradox: simulating route recommendation and learning in abstract and microscopic models,” *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 13, no. 4, pp. 299–319, 2005.

# Bibliografía (II)

- [11] A. Gomez, G. Diaz, and K. Boussetta, “How Virtual Police Agents can help in the traffic guidance?,” in *Wireless Communications and Networking Conference Workshops (WCNCW)*, 2012 IEEE, pp. 360–364, IEEE, 2012.
- [12] L. Bieker and D. Krajzewicz, “Evaluation of opening bus lanes for private traffic triggered via V2X communication,” in *Integrated and Sustainable Transportation System (FISTS)*, 2011 IEEE Forum on, pp. 48–53, IEEE, 2011.
- [13] M. Lighthill and G. Whitham, “On kinematic waves. II. A theory of traffic flow on long crowded roads,” *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences*, vol. 229, no. 1178, pp. 317–345, 1955.
- [14] M. Ben-Akiva, M. Bierlaire, H. Koutsopoulos, and R. Mishalani, “Real time simulation of traffic demand-supply interactions within DynaMIT,” *Applied optimization*, vol. 63, pp. 19–34, 2002.
- [15] H. Haj-Salem, N. Elloumi, S. Mammam, M. Papageorgiou, J. Chrisoulakis, and F. Middelham, “METACOR: A macroscopic modelling tool for urban corridor,” in *Towards An Intelligent Transport System. Proceedings of The First World Congress on Applications of Transport Telematics and Intelligent Vehicle-Highway Systems*, November 30-3rd December 1994, Paris. Volume 3, 1994.
- [16] D. Gazis, R. Herman, and R. Rothery, “Nonlinear follow-the-leader models of traffic flow,” *Operations Research*, pp. 545–567, 1961.
- [17] “OpenStreetMap.” <http://www.openstreetmap.org>. (Consultado el 1 de septiembre de 2012).
- [18] M. Behrisch, L. Bieker, J. Erdmann, and D. Krajzewicz, “SUMO - Simulation of Urban MObility: An Overview,” in *SIMUL 2011, The Third International Conference on Advances in System Simulation*, (Barcelona, Spain), pp. 63–68, October 2011.
- [19] S. Krauss, P. Wagner, and C. Gawron, “Metastable states in a microscopic model of traffic flow,” *Physical Review E*, vol. 55, no. 5, p. 5597, 1997.
- [20] A. Wegener, M. Piórkowski, M. Raya, H. Hellbrück, S. Fischer, and J. Hubaux, “TraCI: an interface for coupling road traffic and network simulators,” in *Proceedings of the 11th communications and networking simulation symposium*, pp. 155–163, ACM, 2008.
- [21] E. Dijkstra, “A note on two problems in connexion with graphs,” *Numerische mathematik*, vol. 1, no. 1, pp. 269–271, 1959.

# Optimización del Tráfico Rodado en Ciudades Inteligentes

*Gracias por vuestra Atención*



¿Preguntas?