

Protocolos de comunicación multi-agente usados en procesos de transporte urbano de mercancías.

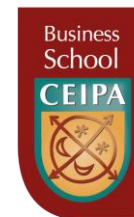
Conrado Augusto Serna Urán



GIMSC



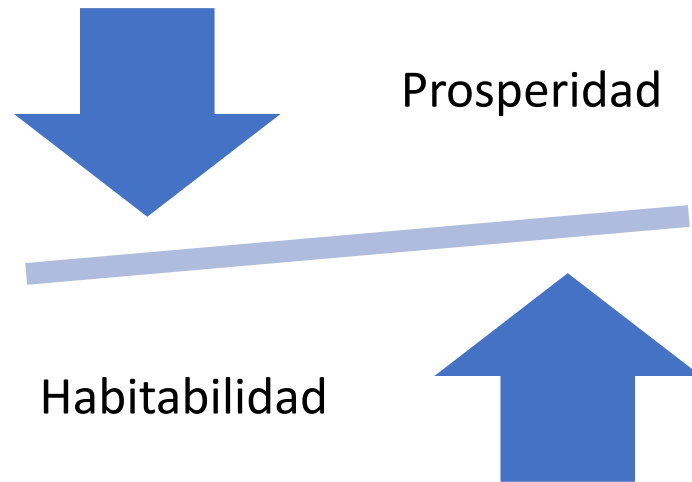
GICO



IMCA

CIUDADES SOSTENIBLES

Una ciudad sostenible esta organizada para permitir a sus ciudadanos satisfacer sus necesidades y mejorar su bienestar sin dañar el entorno natural ni poner en peligro las condiciones de vida de otras personas, en el presente o en el futuro (Dale, 2008).



La prosperidad y la habitabilidad son vitales para la sostenibilidad

Los sistemas de transporte afectan la prosperidad económica y la habitabilidad de las ciudades

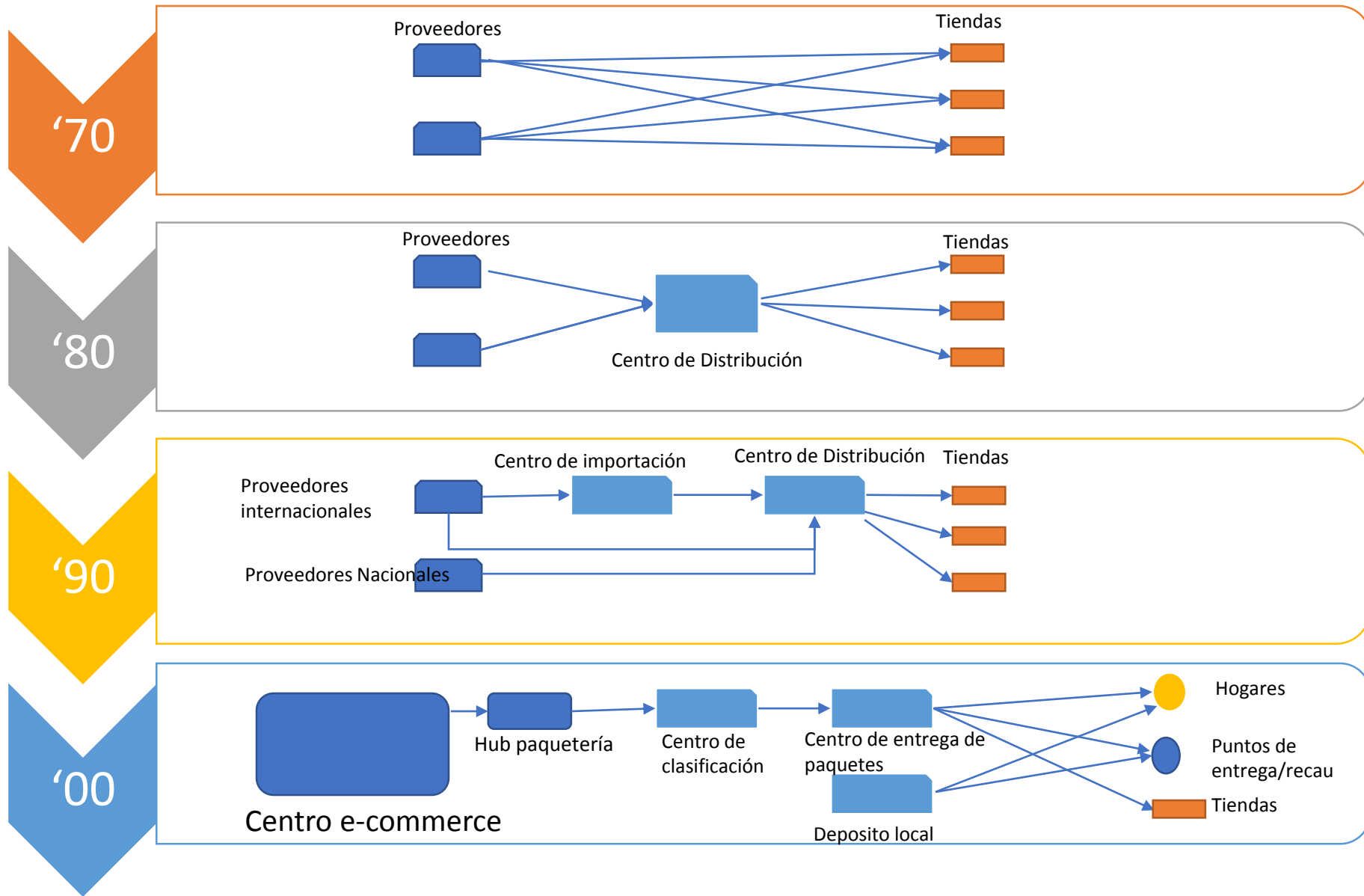


Transporte urbano de mercancías

Dentro de la gestión de la cadena de suministros, los procesos de recolección y entrega de mercancías ocupan un lugar estratégico que impulsa el desarrollo de las compañías. Sin embargo, modelar estos procesos para facilitar la toma de decisiones es una tarea compleja y que requiere de metodologías versátiles que se adapten a diversos escenarios.



Estructuras de distribución urbana de mercancías

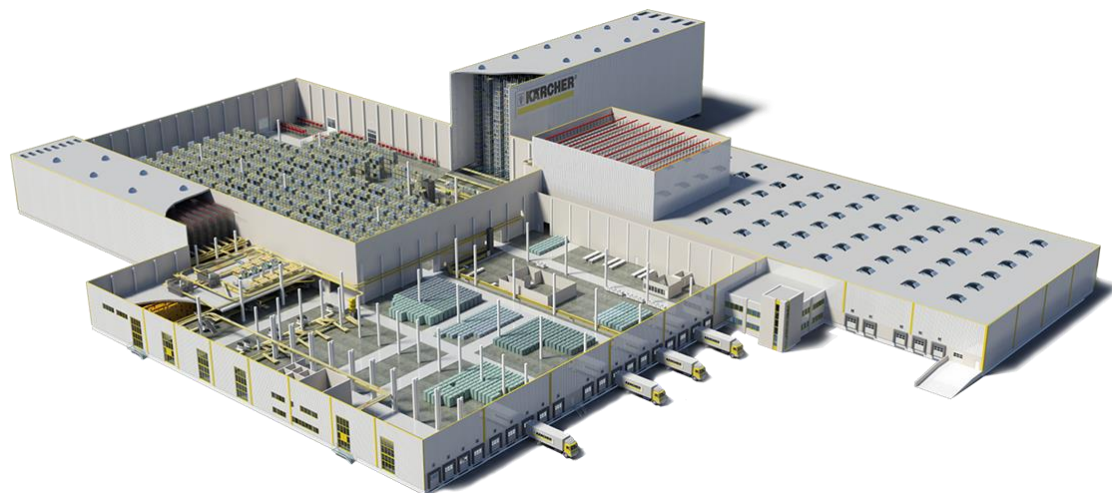


Nuevas estructuras de distribución

Integración de infraestructura



Centros urbanos de distribución

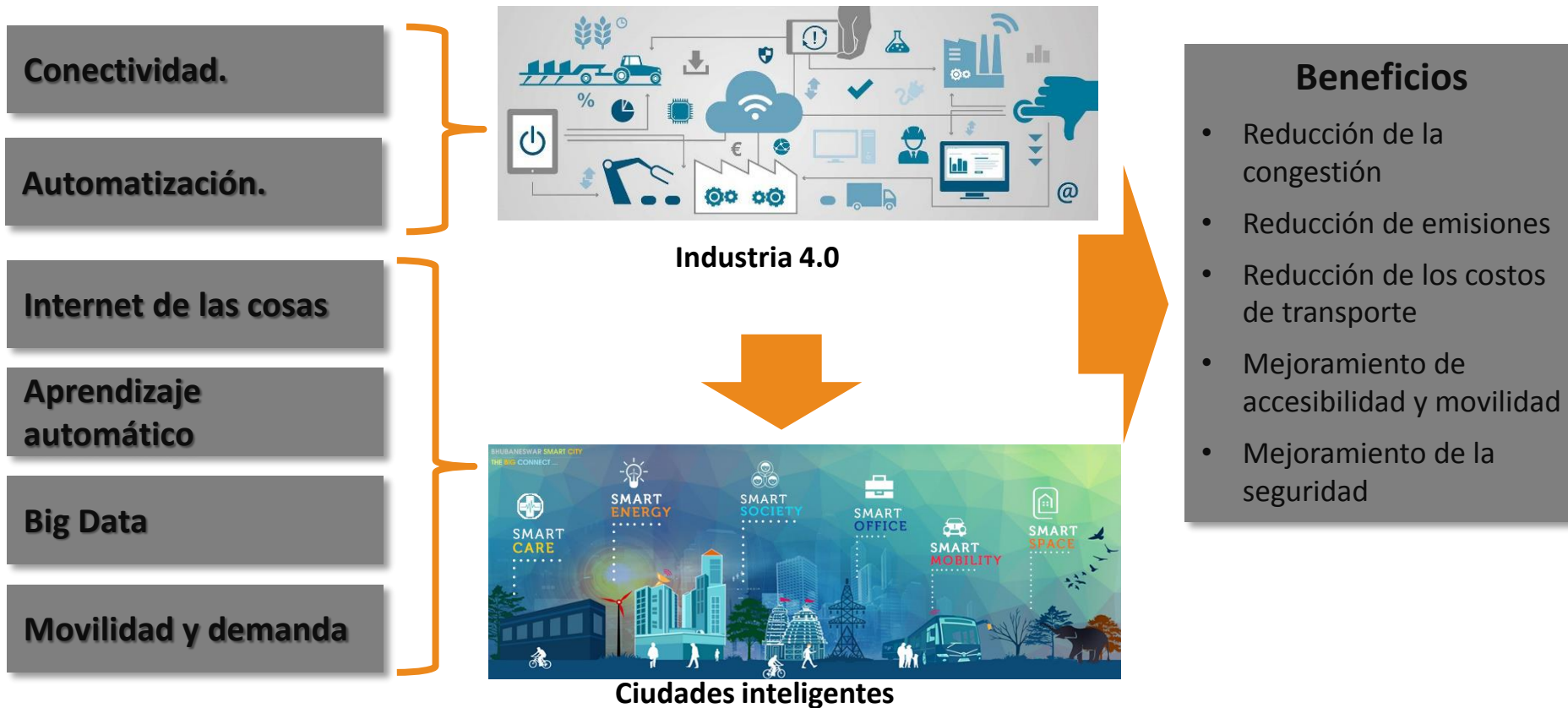


Nuevos tipos de vehículos



DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE TIC & SIT

La convergencia tecnológica revolucionará el transporte, mejorando drásticamente la seguridad y la movilidad, reduciendo al mismo tiempo los costos y los impactos ambientales



SISTEMAS MULTI-AGENTES

Los agentes son sistemas de cómputo con dos importantes capacidades. En primer lugar, tienen capacidad para realizar acciones autónomas. En segundo lugar, tienen la posibilidad de interactuar con otros agentes (Wooldridge, 2001).

Descentralización

Características presentes en el modelamiento de la CS:

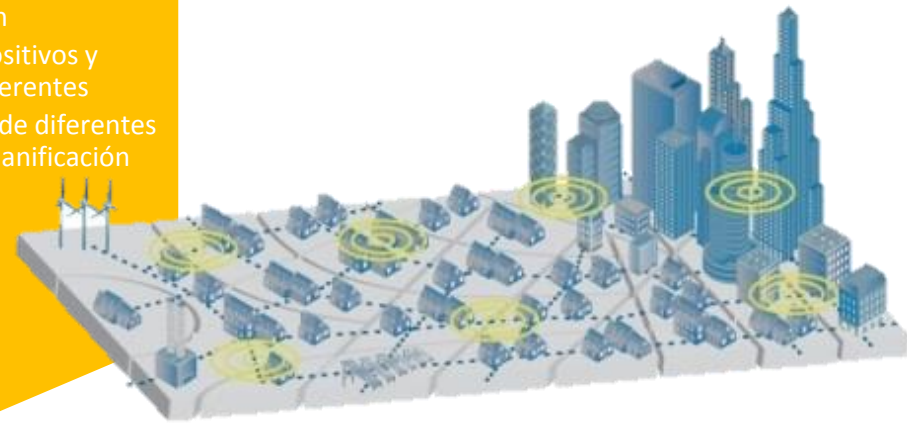
- Agentes Autónomos
- Objetivos y capacidades individuales.
- Procesos de optimización y toma de decisiones autónomas.

Integración y coordinación

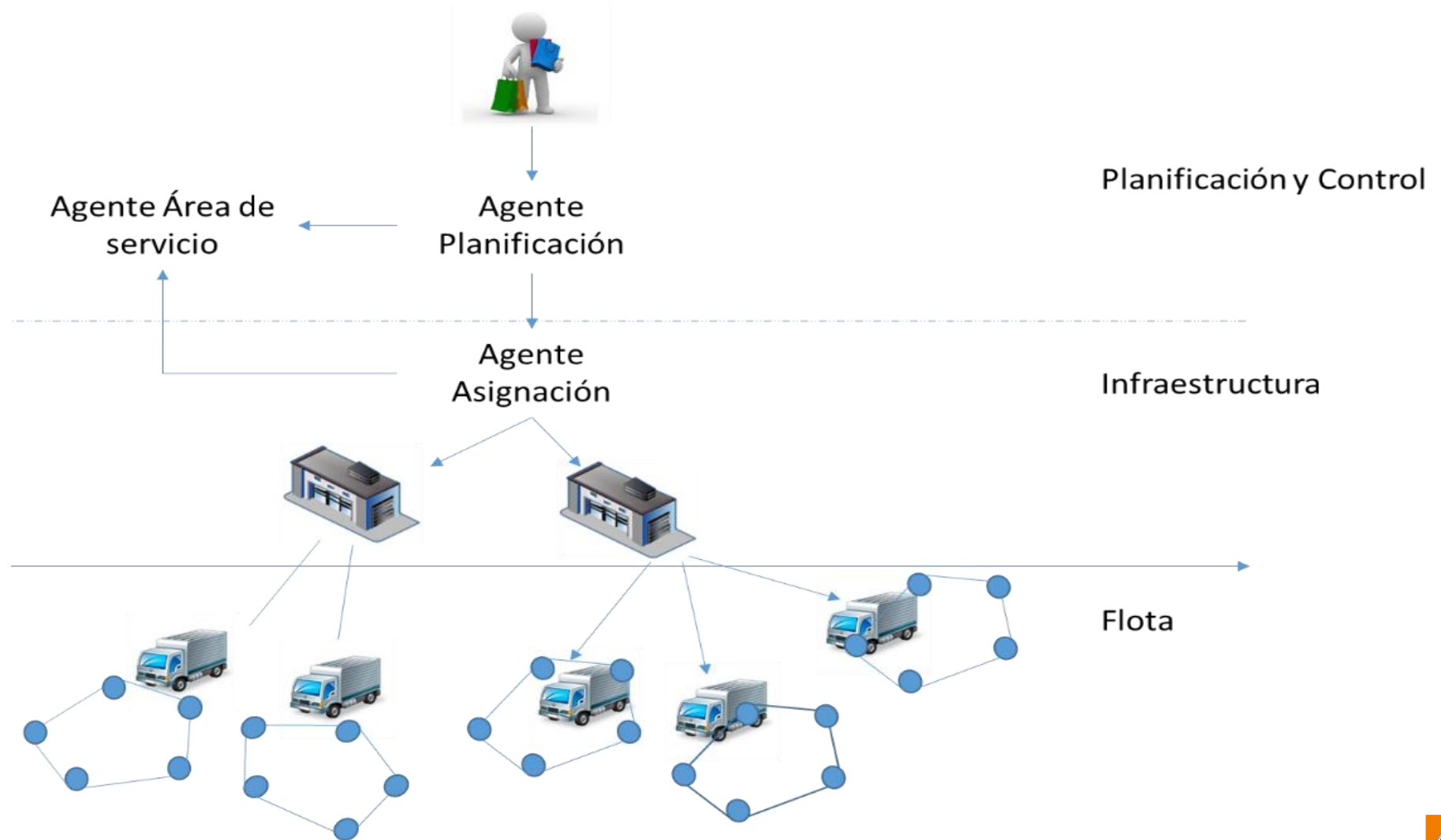
- Interacción continua entre agentes
- Se comparten recursos
- Se definen protocolos de comunicación y negociación
- Coordinación para el logro de metas
- Optimización global

Arquitecturas

- Arquitecturas flexibles: Marco de integración y colaboración
- Reúne dispositivos y procesos diferentes
- Integración de diferentes niveles de planificación



SISTEMA MULTIAGENTE



Comunicación entre agentes

Para que esta interacción se haga efectiva, es necesario establecer un lenguaje y los protocolos de comunicación correspondientes (Huhns & Stephens, 1999).

Protocolos de coordinación

Permite la coordinación de las tareas entre los agentes asegurando una asignación óptima (Marzougui & Barkaoui, 2013).

Protocolos de cooperación

Los protocolos de cooperación consisten en descomponer las tareas en subtareas y distribuirlas entre los diferentes agentes especificando quién hace qué, con qué recursos, con qué fines y bajo qué limitaciones. Huhns & Stephens (1999) Identifica algunas técnicas comúnmente usadas para distribuir tareas: Mecanismos de mercado, Red de contratos, planificación multi agentes, estructuras organizacionales.

Protocolos de negociación

Protocolos de negociación se utilizan en el caso de que los agentes tienen diferentes objetivos o la utilización de un recurso por parte de agentes puede limitar a otro agente para lograr su objetivo. (González, 2003).

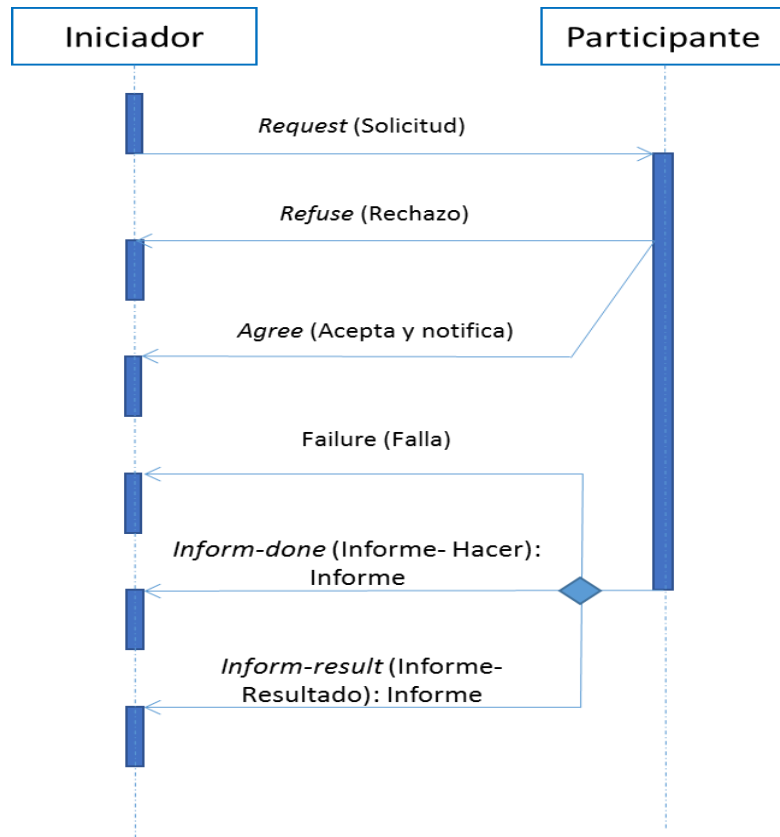


The Foundation for Intelligent
Physical Agents (FIPA)

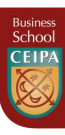
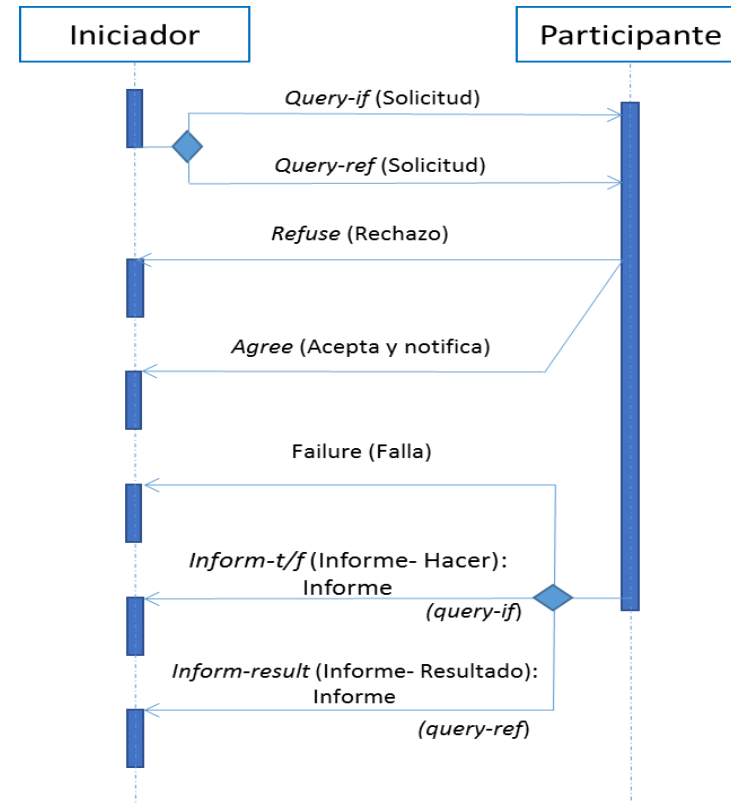


Protocolos FIPA

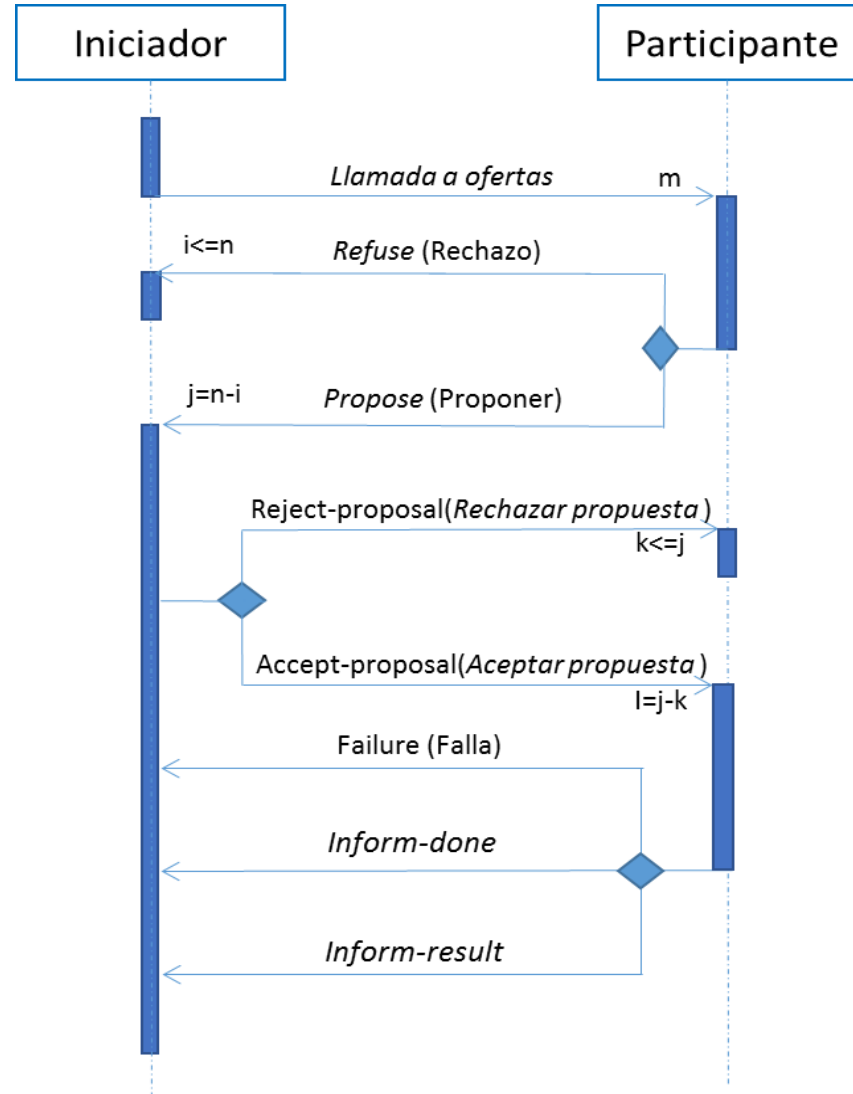
Protocolo de Solicitud FIPA



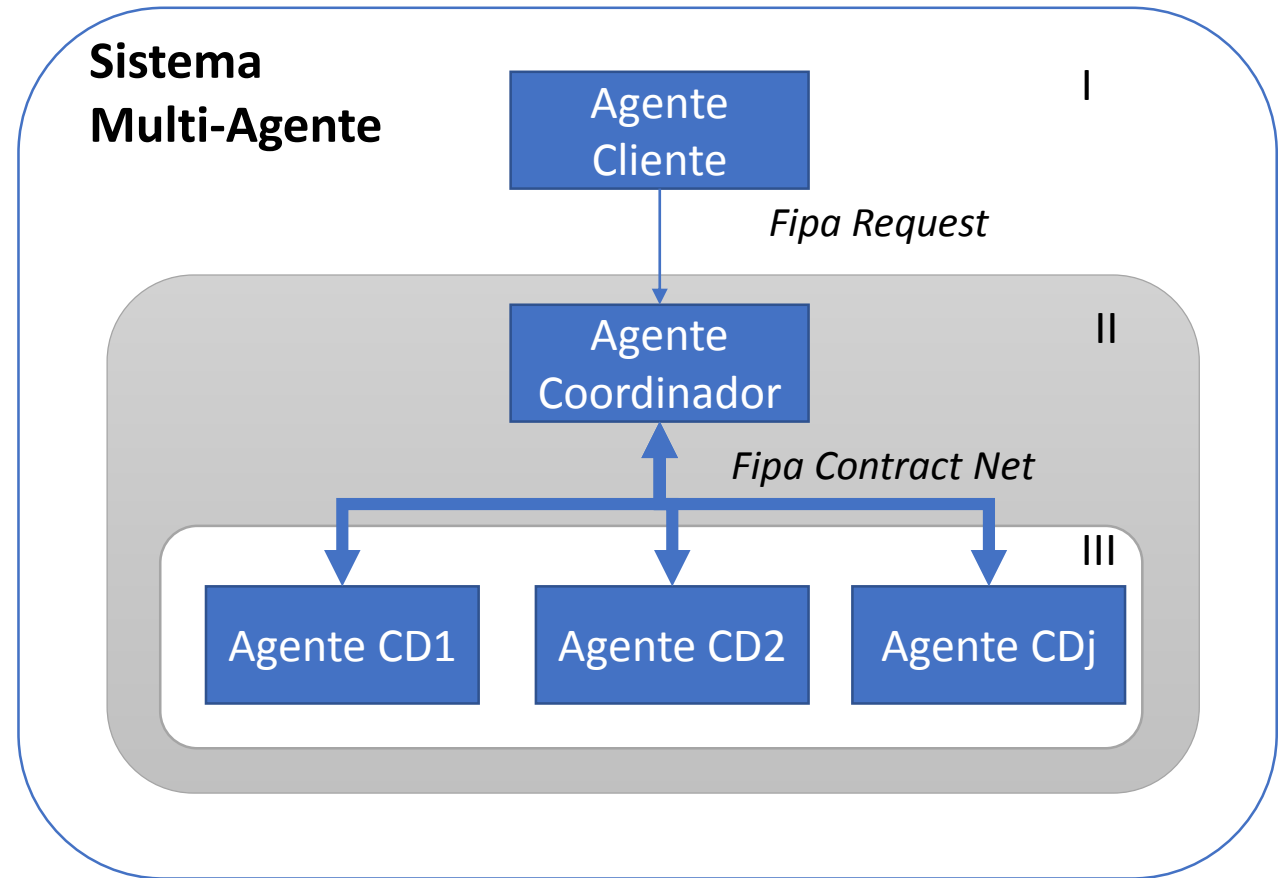
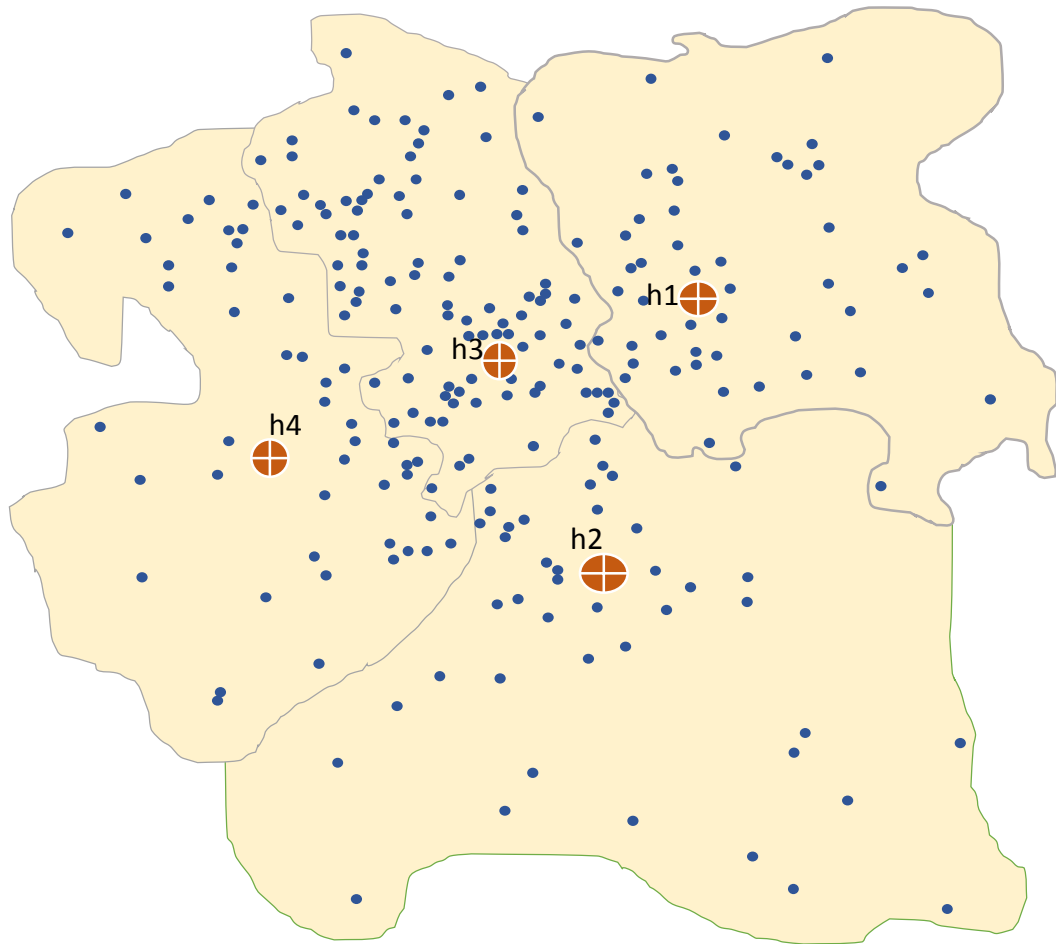
Protocolo de consulta FIPA



Protocolo FIPA para Red de Contrato (CNP).

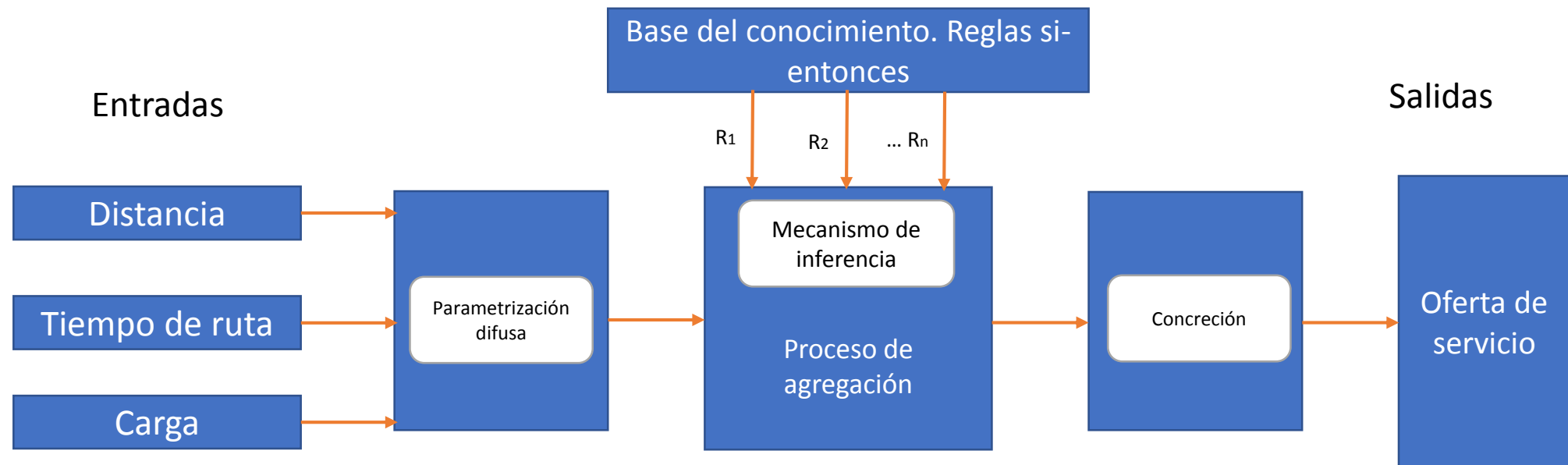


Protocolo de negociación basado en el protocolo contract net e inferencia difusa.



Protocolo de negociación basado en el protocolo contract net e inferencia difusa.

La lógica difusa es una lógica multivalor, que permite valores intermedios entre evaluaciones convencionales como falso/verdadero, si/no, alto/bajo, etc.



VARIABLES DE ANÁLISIS

- Distancia: calculada a partir de la distancia manhattan entre el cliente i y el centro de distribución CD.

$$d = |x_i - x_{CD}| + |y_i - y_{CD}|$$

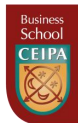
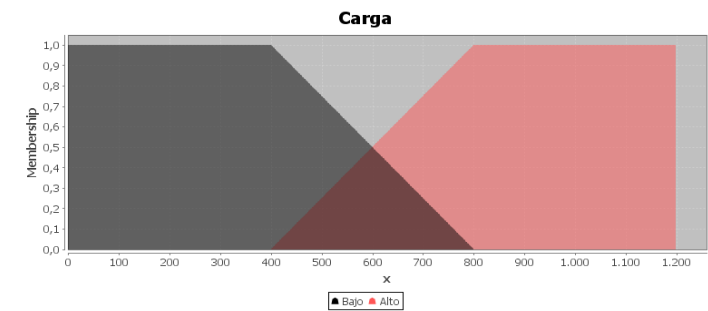
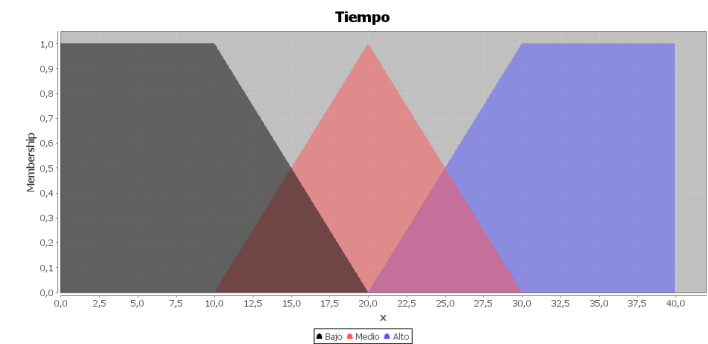
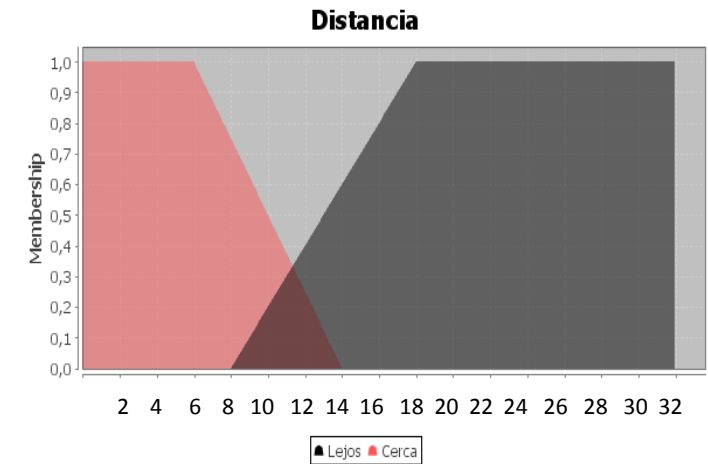
El tiempo de recorrido corresponde a la suma de los tiempos t_{ij} que tarda el vehículo de ir de un nodo i a un nodo j para todo i y j en C en un circuito hamiltoniano

$$\text{Tpo. recorrido esperado} = \text{Distancia de tour} * 30 \text{ km/hora} + ts_i$$

$$\text{Distancia de tour} = 2\bar{r} + [k\delta^{-1/2}]C$$

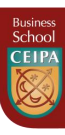
Carga asignada: Cantidad de carga asignada al centro de distribución.

$$\text{Carga asignada} = \sum_0^C P_i$$



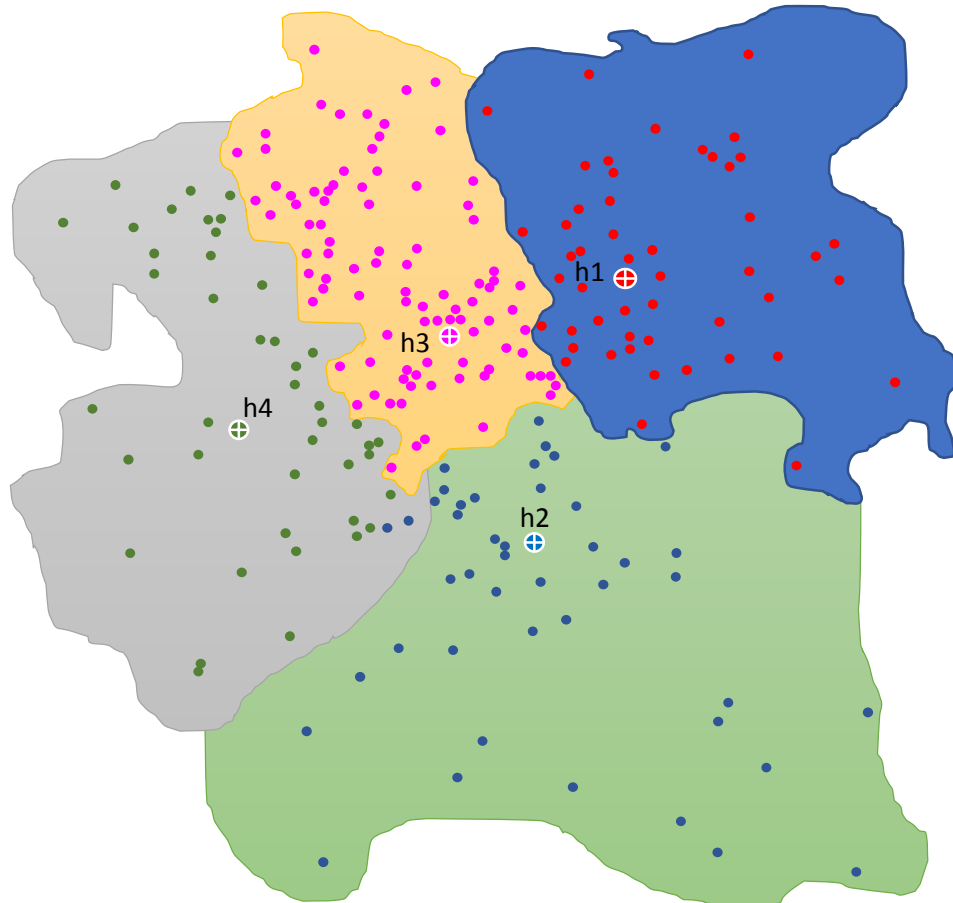
Reglas difusas

Regla No	Distancia	Tiempo	Carga	Nivel de costo
1	cerca	bajo	Bajo	bajo
2	cerca	bajo	Alto	bajo
3	cerca	medio	Bajo	bajo
4	cerca	medio	Alto	medio
5	cerca	alto	Bajo	medio
6	cerca	alto	Alto	alto
7	lejos	bajo	Bajo	medio
8	lejos	bajo	Alto	alto
9	lejos	medio	Bajo	medio
10	lejos	medio	Alto	alto
11	lejos	alto	Bajo	alto
12	lejos	alto	Alto	alto

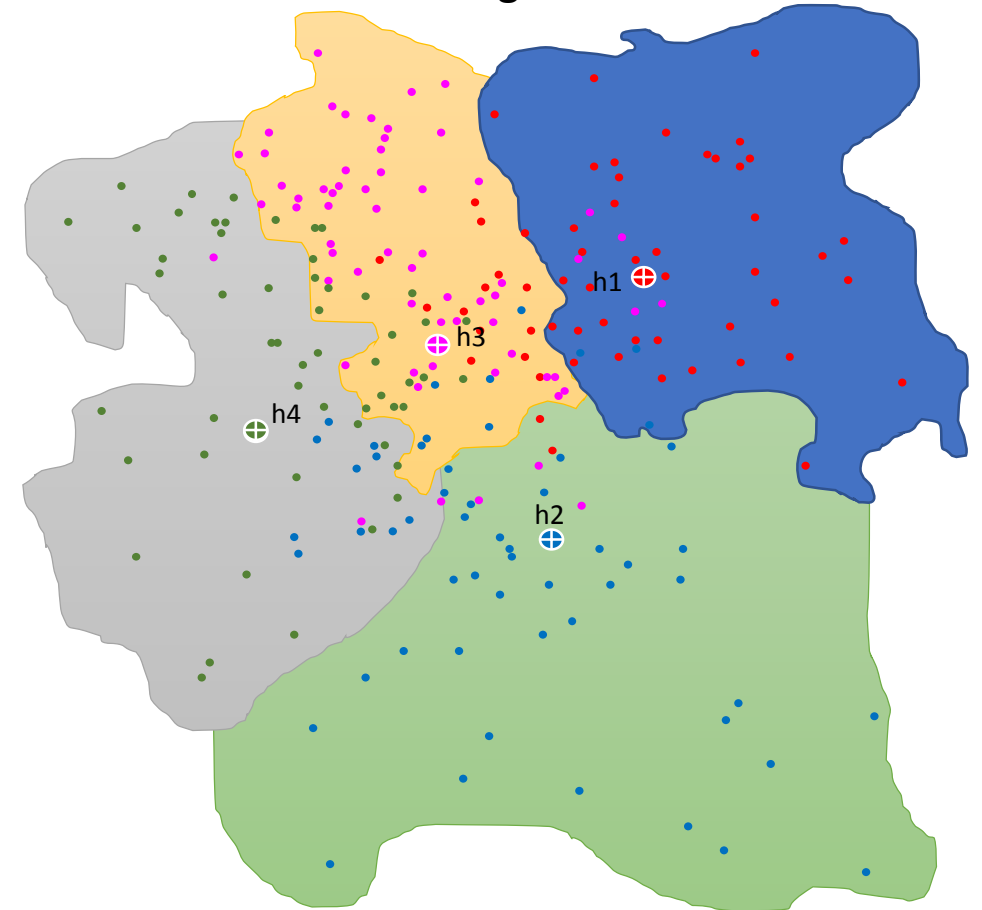


ANALISIS DE RESULTADOS

Solución basada en la distancia



Solución basada en el protocolo de comunicación multiagente



ANALISIS DE RESULTADOS

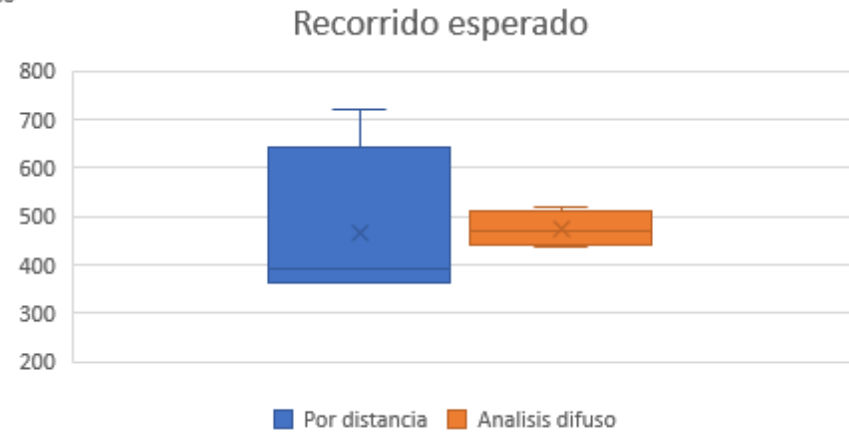
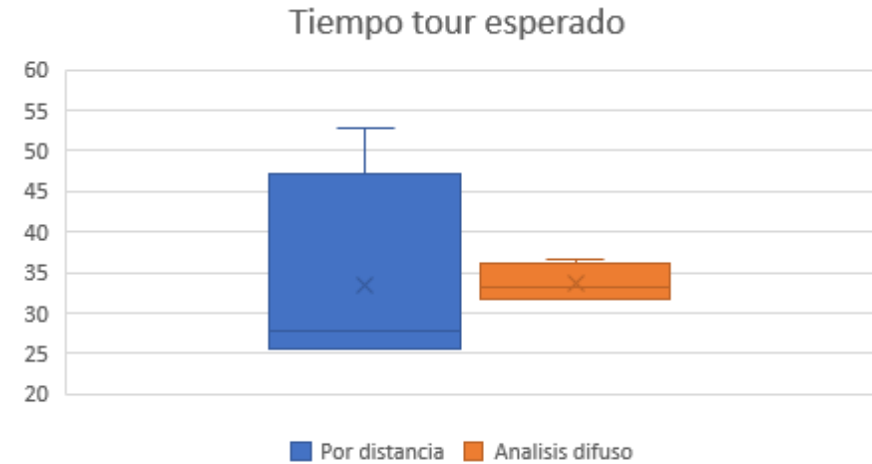
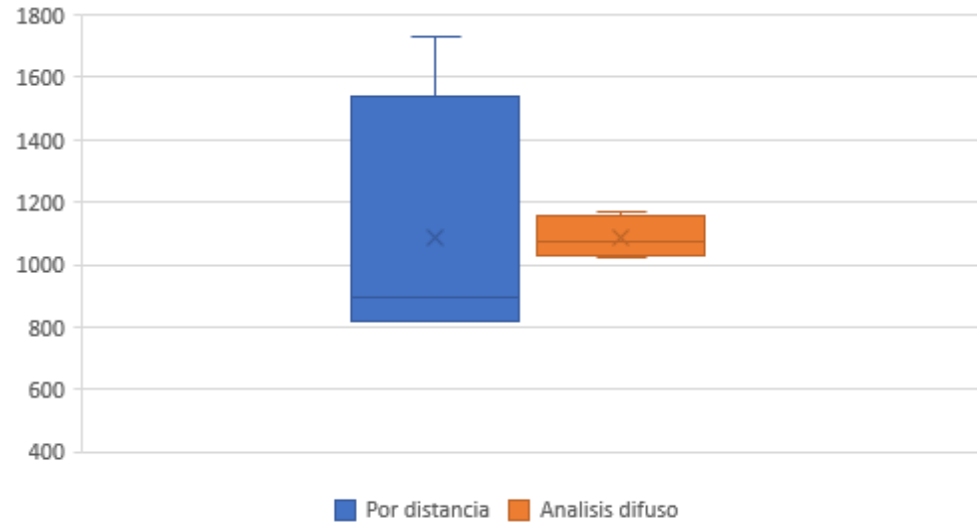
Cd	No. de clientes	Carga	Tiempo de tour esperado	Recorrido proyectado
1	53	968	29.7	417.5
2	44	822	25.6	366.5
3	99	1731	52.8	719.2
4	44	822	25.6	363.7
total	240	4343	133,7	1866,9

Cd	No. de clientes	Carga	Tiempo de tour	Recorrido tour
1	62	1119	34.5	486.1
2	57	1031	32.07	454.6
3	67	1167	36.5	518.7
4	54	1026	31.6	436.3
total	240	4343	134,7	1895,7

Si bien la suma de los tiempo y recorridos de tour aumentan, como era de esperarse, este aumento solo es del 0,73% y el 1.5% respectivamente; a cambio el proceso de asignación se realiza con un enfoque de equilibrio global y dinámico, en lugar de seguir solo condiciones particulares que no cambian durante el proceso de solución.



ANALISIS DE RESULTADOS



Conclusiones

- Este modelo resuelve el problema de asignación de clientes a una red de distribución en escenarios que **son dinámicos** y tienen componentes de **incertidumbre** que afectan la gestión logística si no son tratados apropiadamente a partir de metodologías como las incluidas en el modelo propuesto en este artículo.
- Las soluciones obtenidas en el **modelo multi-agente** corresponde a soluciones descentralizadas, gracias al **protocolo *contract net*** con el cual fue posible tomar decisiones a partir de las capacidades de cada uno de los centros de distribución las cuales cambian de forma dinámica en el proceso de asignación.
- Los resultados obtenidos en los procesos de simulación del modelo, permitieron analizar las ventajas de usar los **sistemas de inferencia difusa para equilibrar** de forma dinámica las condiciones con las cuales se realiza el proceso de asignación de órdenes de servicios en los procesos de operación logística.

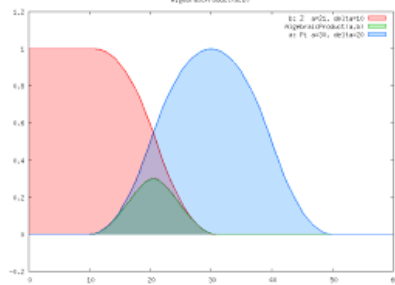


Herramientas utilizadas



Sistema multi-agente completo distribuido en una estructura flexible enriquecido con una extensión de módulos adicionales

jFuzzyLogic



La librería jFuzzyLogic ofrece una colección importante de clases para realizar procedimientos de inferencia difusa.



Referencias bibliográficas

- M. Wooldridge, *An Introduction to MultiAgent Systems*. London, 2001.
- E. J. González, “Diseño e implementación de una arquitectura multipropósito basada en agentes inteligentes: aplicación a la planificación automática de agendas y al control de procesos,” Universidad de la Laguna, 2003.
- Huhns, M. N., & Stephens, L. M. (1999). Multiagent Systems and Societies of Agents. In G. Weiss (Ed.), *Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence* (Vol. 3, pp. 79–120). London, England: Massachusetts Institute of Technology. <http://doi.org/10.1007/s10709-010-9480-x>
- Marzougui, B., & Barkaoui, K. (2013). Interaction Protocols in Multi-Agent Systems based on Agent Petri Nets Model. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 4(7), 166–173. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=21565570&AN=89621453&h=vO+HYUxQoDZ8yarLx7sXW8of48P9CQvPxOGCFJb6urxfADNIA8UTbGw1T3MJv0V82T2vgynF6DD+JArcGoKQJw==&crl=c>

Publicaciones

- M. D. Arango, C. A. Serna, J. A. Zapata, and A. F. Alvarez, “Vehicle Routing to Multiple Warehouses Using a Memetic Algorithm,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 160, no. Cit, pp. 587–596, 2014.
- M. D. Arango and C. A. Serna, “A Memetic Algorithm for the Traveling Salesman Problem,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 13, no. 8, pp. 2674–2679, 2015.
- M. D. Arango, J. A. Zapata, and D. Gutierrez, “Modeling the inventory routing problem (IRP) with multiple depots with genetic algorithms,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 13, no. 12, pp. 3959–3965, 2015.
- M. D. Arango, C. A. Serna, and K. Uribe, “Collaborative autonomous systems in models of urban logistics,” *Dyna*, vol. 79, no. 172, pp. 171–179, 2012.

