



doe

Departamento de Organización de Empresas.

## I Encuentro de Estudiantes de Doctorado

12 de junio de 2014

*Modelos y Algoritmos de coordinación entre decisores basadas en el concepto Stroke para la Planificación y Programación de Operaciones con Alternativas en Redes de Suministro*



Doctorando: **Gregorio Rius-Sorolla**  
Directores: **J.P. Garcia-Sabater, J. Maheut**



## Introducción

En recientes publicaciones, se han definido una nueva metodología(Strokes) de programación matemática para modelar los procesos de las empresas. Principalmente enfocada para la búsqueda de la optimización en la Planificación y Programación de las Operaciones (Maheut,2012)(Maheut,2013). Dicha metodología ha sido desarrollada basándose en modelos centralizado, con toda la información disponible. Pero la realidad del mercado, es que la información está repartida de forma asimétrica y descentralizada (Stadtler,2009). Por lo tanto, se plantea la necesidad de adaptarla, a las necesidades de coordinación, con el plan de trabajo propuesto a continuación.





## Plan de trabajo, agenda

1. **Revisar** los distintas soluciones para la coordinación de sistemas asimétricos, descentralizados de Planificación y Programación de Operaciones dentro de una Cadena de Suministro.
2. **Modelar** distintos nodos con metodología strokes y programación dinámica.
3. Establecer un protocolo/mecanismo de **coordinación** para la obtención del óptimo global.





## Plan de trabajo, agenda

1. **Revisar** los distintas soluciones para la coordinación de sistemas asimétricos, descentralizados de Planificación y Programación de Operaciones dentro de una Cadena de Suministro.
2. Modelar distintos nodos con metodología strokes y programación dinámica.
3. Establecer un protocolo/mecanismo de coordinación para la obtención del óptimo global.





### Conceptos: Cadena de Suministro (CdS), coordinación...

- **Definición** de CdS, *“is the task of integrating organizational units along a SC and coordinating materials, information and financial flows in order to fulfil (ultimate) customer demands with the aim of improving competitiveness of the SC as a whole”*. (Stadtler, 2005) Donde cada uno posee información privada. (Schneeweiss, 2004a)
- Las CdS han adquirido mayor importancia dado que la **competencia** ya no es entre las empresas sino entre Cadenas de Suministro (Cooper, 1997)
- Si deseamos lograr un mejor objetivo global en la CdS, cada parte debe **comunicarse** y **coordinar** sus actividades a partir de su información privada y limitada (Whang, 1995), asimétrica. Siendo crucial dado que sin coordinación, las mejoras de uno pueden ser ineficiencias en otros. (Bhatnagar, 1993). **Se necesita renunciar a decisiones óptimas localmente en favor de la CdS en su conjunto**. (Stadtler, 2009).
- La coordinación entre cliente y proveedor puede ser beneficiosa para ambos (Goyal, 1989). Por lo tanto, ambos tenderán a colaborar si **perciben** que la cooperación traerá beneficios o valor a su empresa (Cheng, 2011)
- Para asegurar dicha coordinación es necesario establecer en los contratos entre los miembros **“mecanismos de coordinación y de alineación al objetivo global”**. (Schneeweiss, 2004b)





“La evolución en la gestión de la Cadena de Suministro reconoce que:

- Un negocio consta de varias empresas **descentralizadas**.
- Las decisiones operativas de estas diferentes entidades **impactan** en el beneficio de los demás, y por lo tanto en el beneficio de toda la cadena de suministro.”

(Nagarajan 2008)

Los objetivos de los mecanismos de coordinación es que permitan la programación de recursos a nivel local **autónomos**, y al mismo tiempo alineados con los intereses **globales**.

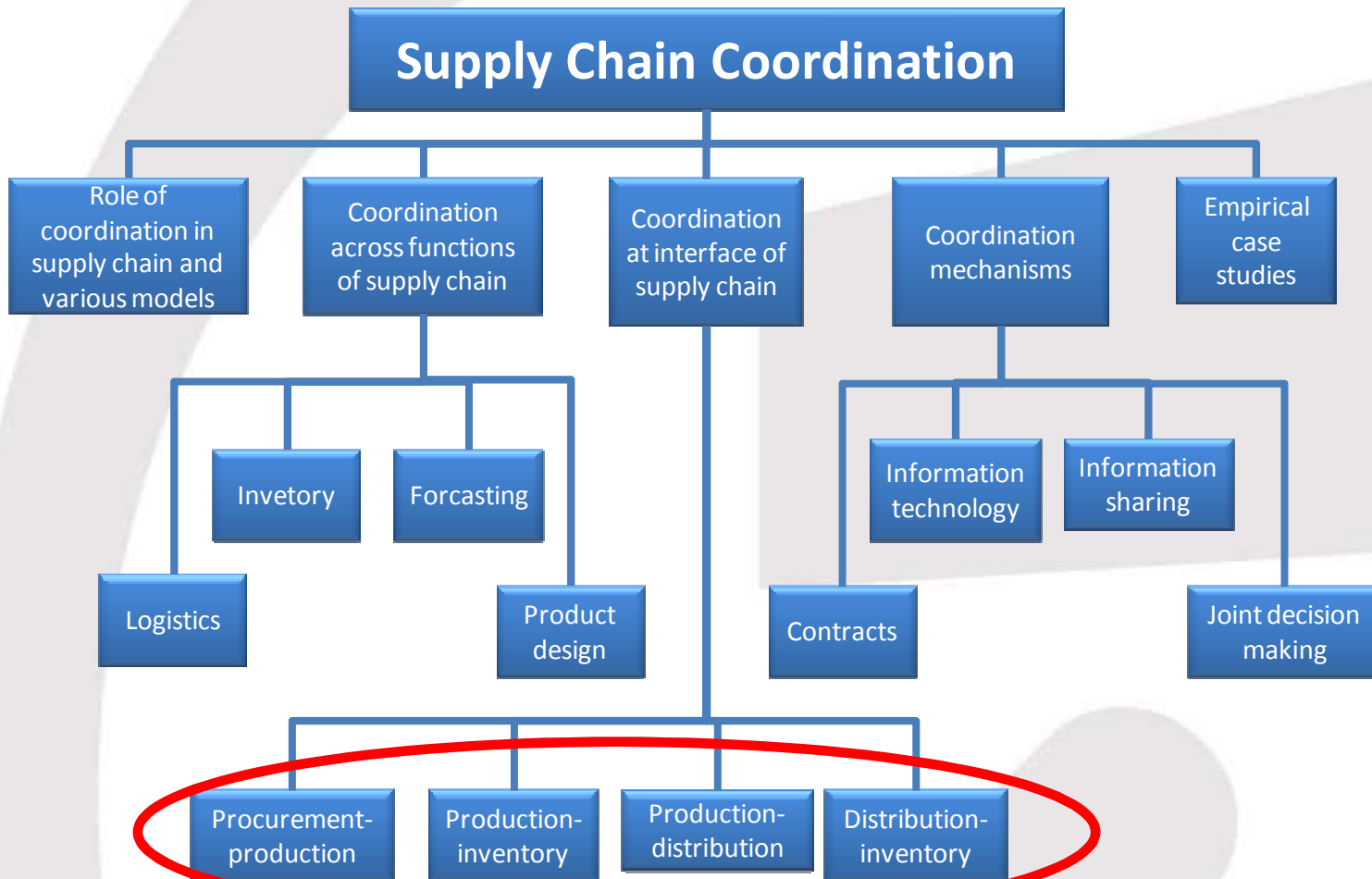
(Kutanoglu 1999)







La coordinación en la CdS, diferentes enfoques



(Arshinder 2008)





## Plan de trabajo, agenda

1. Revisar los distintas soluciones para la coordinación de sistemas asimétricos, descentralizados de Planificación y Programación de Operaciones dentro de una Cadena de Suministro.
2. **Modelar** distintos nodos con metodología strokes y programación dinámica.
3. Establecer un protocolo/mecanismo de coordinación para la obtención del óptimo global.







## Categorías de modelados de la CdS (Beamon, 1998)

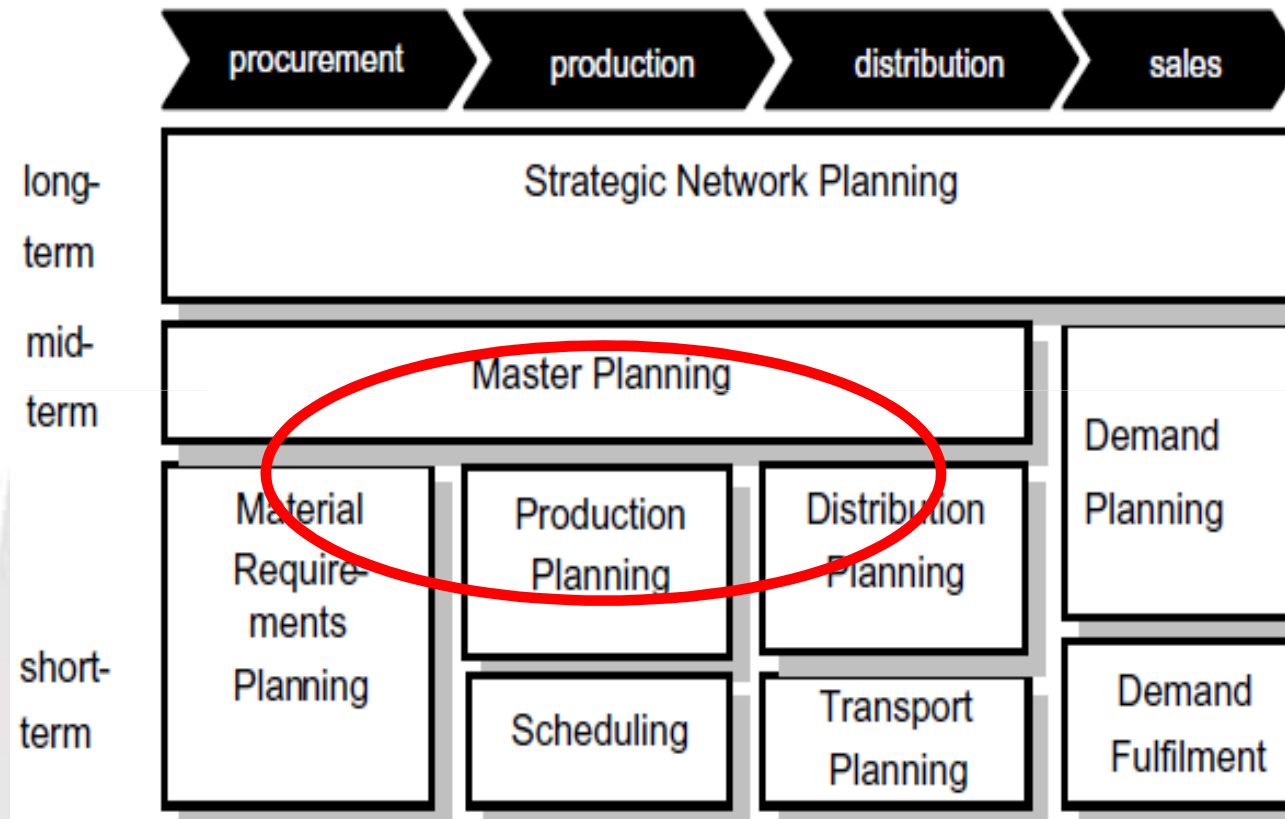
- Modelos analíticos deterministas , donde las variables son conocidas.
- Modelos analíticos estocásticos, donde al menos una variable no es conocida y se asume que sigue una distribución probabilística específica.
- Modelos económicos
- Modelos por simulación.

\* Nos centraremos en [modelos analíticos deterministas de programación dinámica.](#)





## Distintas áreas de decisión en la planificación de la CdS



(Meyr, 2002)

Centrándonos en la GMOP que se sitúa en la Matriz de planificación de la CdS y en el “[master production scheduling](#)” (Fleischmann , 2003) principalmente.





## Dentro de programación dinámica determinista

### a) Modelos de programación entera mixta.

Modelo MLCLSP (multilevel Capacitated lot-sizing Problem) para el problema de la planificación de materiales y operaciones utilizando el concepto **Strokes**.

$$Z : \min \sum_t \sum_i (h_{i,t} x_{i,t}) + \sum_t \sum_k (CS_{k,t} \delta_{k,t} + CO_{k,t} z_{k,t}) + \sum_t \sum_i (CB_{i,t} w_{i,t})$$

Sujeto a:

$$x_{i,t} = x_{i,t-1} - D_{i,t} + w_{i,t} - \sum_k (SI_{i,k} z_{k,t}) + \sum_k (SO_{i,k} z_{k,t-LT_k}), \quad \forall i, t$$

$$z_{k,t} - M \delta_{k,t} \leq 0, \quad \forall k, t$$

$$\sum_k (TS_{k,r} \delta_{k,t}) + \sum_k (TO_{k,r} z_{k,t}) \leq KAP_{r,t} \quad \forall r, t$$

$$x_{i,t} \geq 0; w_{i,t} \geq 0 \quad \forall i, t$$

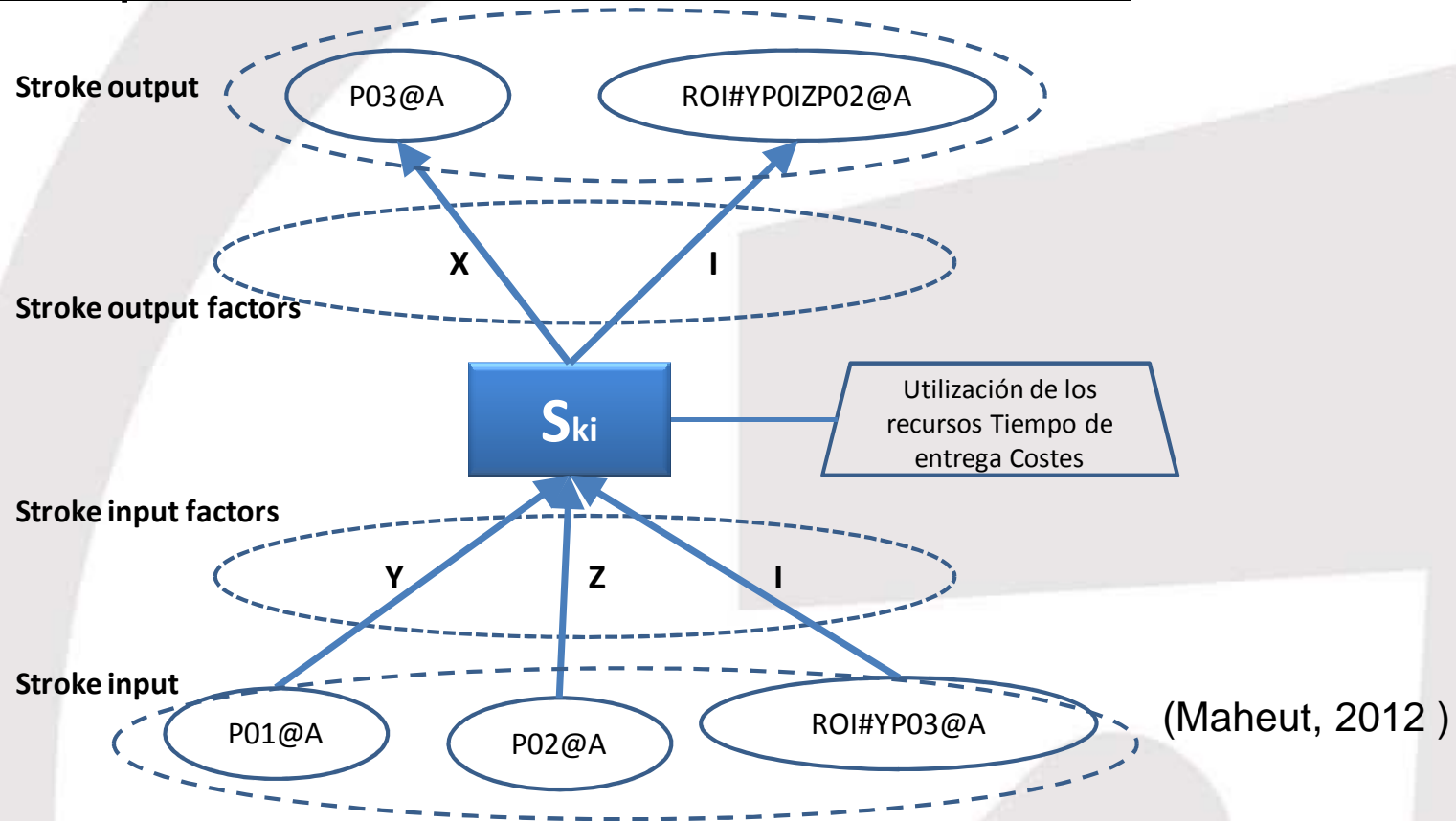
$$z_{k,t} \in \mathbb{Z}^+; \delta_{k,t} \in \{0,1\} \quad \forall k, t$$

(Garcia-Sabater, 2013)





## Concepto stroke, frente a los modelos BOM



Donde  $S_{ki}$  puede hacer referencia a cualquier transformación que afecte a la definición de SKU incluyendo embalaje y lugar. Por lo tanto costes de [inventario](#), [preparación](#), [distintos procesos alternativos](#), [componentes posibles](#), [co-productos](#), [multi-producto](#), [transporte](#), [embalaje](#)... (Maheut, 2013)





b) Por lo que debe incluir modelos MLCLSP (multilevel Capacitated lot-sizing Problem) para el problema de la planificación de materiales y operaciones (plan maestro) con [pedidos pendientes](#) y [ventas perdidas](#).

$$\begin{aligned} \text{Min } C_{MLCLSP} = & \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} h_j I_{jt} + \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} sc_j Y_{jt} + \sum_{m \in M} \sum_{t \in T} oc_m O_{mt} \\ & + \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} blc_j BL_{jt} + \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} lsc_j LS_{jt} \end{aligned}$$

(Albrecht,2010)

- Coste de mantenimiento del inventario
- Coste de preparación
- Costes de fabricación
- Coste por demanda insatisfecha y perdida
- Coste por demanda diferida





c) También modelos para el problema de la planificación de materiales y operaciones (plan maestro) teniendo en cuenta: inventario, preparación y el transporte escalonado. (Ertogral 2008)

$$\text{Min } C = \sum_{t=1}^T \left[ \sum_{i=1}^P (h_i I_{it} + k_i R_{it}) + \sum_{j=1}^F f_j Z_{jt} \right]$$

Sujeto a :

$$I_{it} = I_{it-1} + X_{it} - d_{it} \quad i = 1..P, \quad t = 2..T$$

$$I_{i1} = IN_i + X_{i1} - d_{i1} \quad i = 1..P, \quad t = 2..T$$

$$X_{it} \leq MR_{it} \quad i = 1..P, \quad t = 2..T$$

$$L_t = \sum_{i=1}^P w_i X_{it} \quad t = 1..T$$

$$L_t = \sum_{j=1}^F w_j Z_{jt} \quad t = 1..T$$

$$Z_{1t} \leq Y_{1t} \quad t = 1..T$$

$$Z_{jt} \leq Y_{j-1t} + Y_{jt} \quad t = 1..T, j = 1..F - 1$$

$$Z_{Ft} \leq Y_{F-1t} \quad t = 1..T$$

$$\sum_{j=1}^F Z_{jt} \leq 1 \quad t = 1..T$$

$$\sum_{j=1}^F Y_{jt} \leq 1 \quad t = 1..T$$

$$X_{it}, I_t, L_t, Z_{jt} \geq 0, \quad Y_{jt}, R_{it} \in \{0,1\}$$

$$i = 1..P, \quad t = 1..T, \quad j = 1..F$$







## Plan de trabajo, agenda

1. Revisar los distintas soluciones para la coordinación de sistemas asimétricos, descentralizados de Planificación y Programación de Operaciones dentro de una Cadena de Suministro.
2. Modelar distintos nodos con metodología strokes y programación dinámica.
3. Establecer un protocolo/mecanismo de **coordinación** para la obtención del óptimo global.





## Alternativas de mecanismos de coordinación

Los procedimientos “intra” serían:

- a) Transferir toda la información requerida al decisor para que pueda tomar la decisión, “**Centralizada**”(Stadtler, 2002)
- b) **Rediseñar** la organización para quien esté capacitado de decidir esté donde está la información, “**Descentralizada**”. Con el crecimiento de las organizaciones, la centralización de toda la información es inviable, tanto por coste, como por tiempo, por lo que las empresas fuerzan a que las decisiones sean tomadas en los niveles inferiores. (Arikapuram, 2004)

Pero en CdS, con eslabones independientes, estos pueden tener **reticencias** en ceder su información local a un sistema centralizado (Kutanoglu, 1999) y además resultan **complejos** de manejar en grandes CdS (Arikapuram, 2004). Por otro lado, hay que tener en cuenta que una solución óptima integrada, no es siempre en el mejor **interés** de cada miembro individual en el sistema.(Li, 2007)

- En los casos “descentralizados” serán **necesarios incentivos de alineación** con los objetivos globales, para la correcta toma de decisiones y gestión de la información. (Karabuk, 2003 )





## Mecanismo de coordinación, descentralizados

Encontramos en las publicaciones diferentes soluciones:

- a. **Mecanismos jerárquicos**, donde cada nivel o eslabón de la cadena de suministro(inter) determina su mejor plan aisladamente y se lo pasa al siguiente (Hax, 1973). ERP en intra (Bhatnagar, 1993).
- b. Métodos de **descomposición de modelos lineales**, agente central.
  - Descomposición DUAL, por directiva de precio, de Danzig and Wolfe 1961. El problema central envía una propuesta de precio del elemento compartido a las partes y estas le devuelven una propuesta de cantidad del problema central. Con esta información el central actualiza el precio del recurso compartido. (Jeong,2002)
  - Descomposición PRINCIPAL, de Benders 1962.El problema central envía una propuesta de reparto de elementos a las partes y estas devuelven una propuesta de precio. Con esta información se actualiza el reparto. (Fan 2003)
- c. **Multiagente**, descomponer el problema para que cada agente localmente solucione el problema.(equivalente)
  - Se puede aplicar la relajación de Lagrangian para crear dos subproblemas más simples o dos eslabones. (Guignard, 2007) Donde un modelo central, con acceso a todas las restricciones determina el óptimo(Jeong 2002). Pero puede crear un procedimiento inestable (Kutanoglu, 1999).





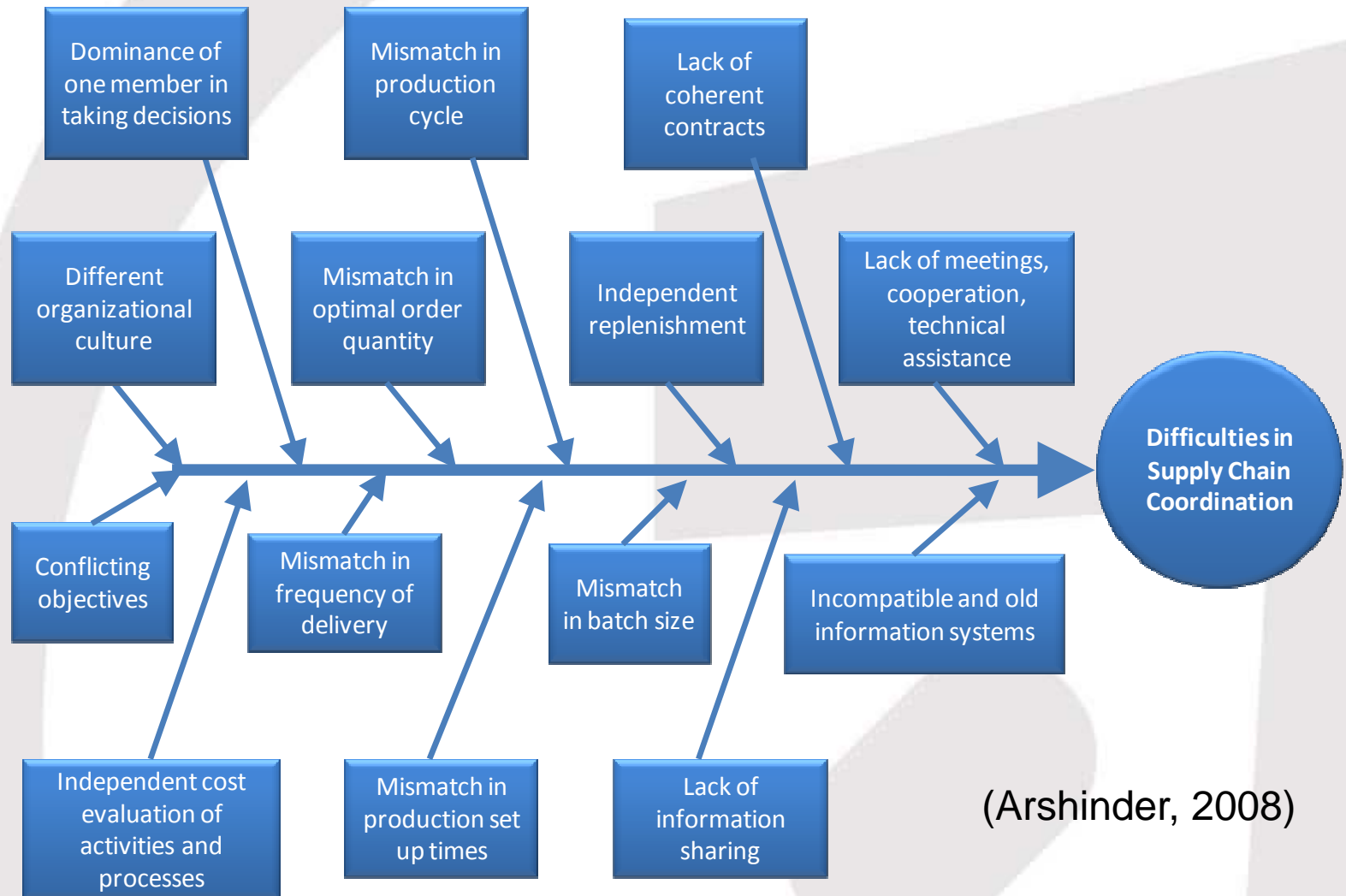
### **Mecanismo de coordinación, descentralizados(bis)**

- d. **Agente tercero** recibe las propuestas de los agentes y selecciona la mejor (Kutanoglu 1999)
  
- e. **Subastas** (Ertogral 2000) Si tenemos en cuenta la programación de la producción como un problema de asignación de bloques de tiempos de las máquinas(objetos) y los distintos pedidos que compiten por el recurso (oferentes), podemos ver que es equivalente a las subastas de multi-objetos indivisibles y con valoraciones independientes.(Kutanoglu 1999)
  - Las subastas, por naturaleza, promueven competición, y la compatibilidad de incentivos es un tema importante a considerar con respecto a los mecanismos de coordinación(Arikapuram, 2004 )
  - Pueden ser simples, dobles, multi-unidad, combinatorias (Albrecht, 2010)





Resumen de dificultades con la coordinación en la CdS



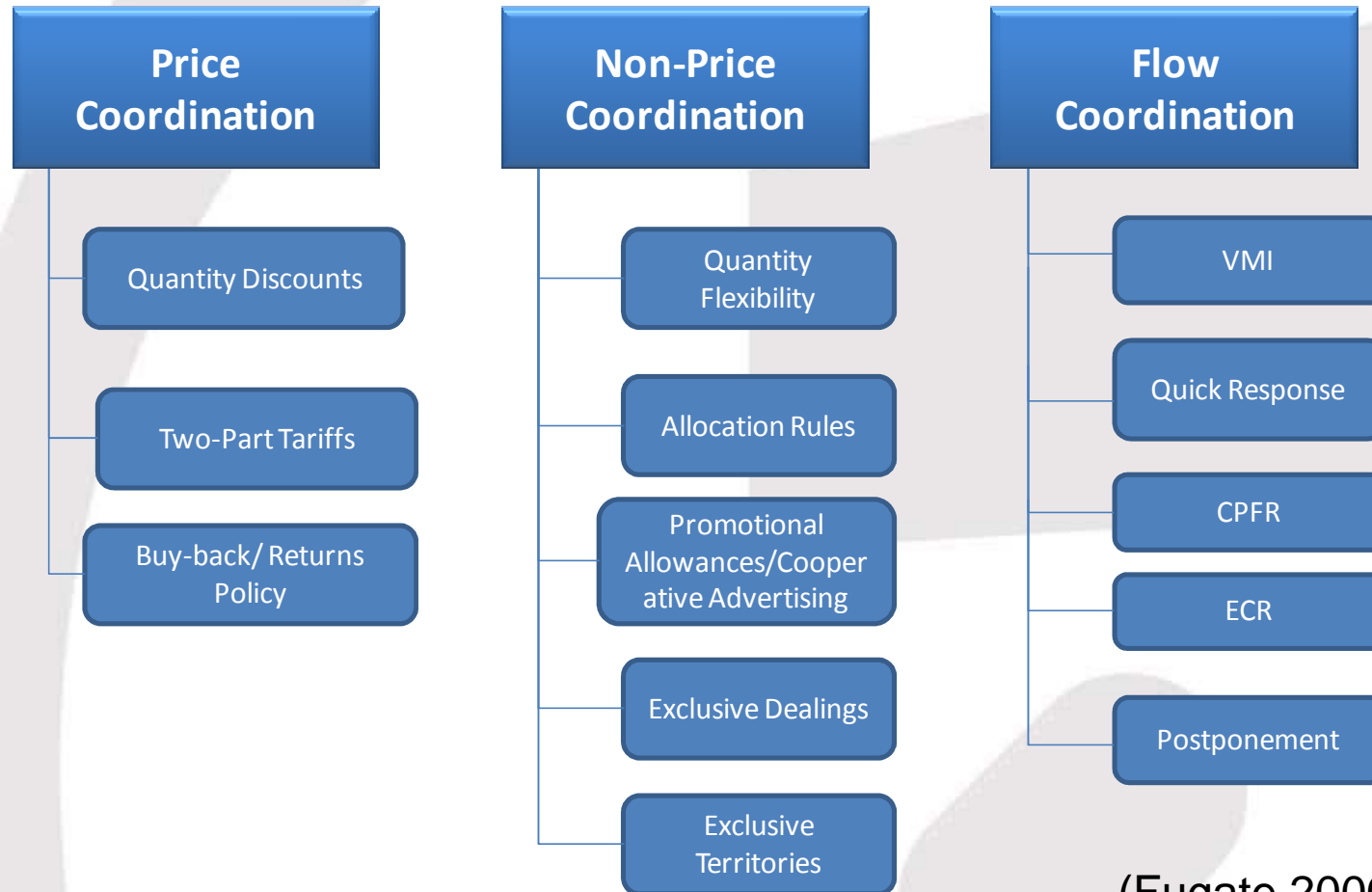
(Arshinder, 2008)







Diferentes mecanismos de coordinación en la CdS (resumen)



(Fugate 2006)







## Plan de trabajo, agenda

1. Revisar los distintas soluciones para la coordinación de sistemas asimétricos, descentralizados de Planificación y Programación de Operaciones dentro de una Cadena de Suministro.
2. Modelar distintos nodos con metodología strokes y programación dinámica.
3. Establecer un protocolo/mecanismo de coordinación para la obtención del óptimo global.

## CONCLUSION





doe

Departamento de Organización de Empresas.

## I Encuentro de Estudiantes de Doctorado

Hasta ahora, **APS** son los más adecuados para las cadenas de suministro con control centralizado. Aunque el intercambio de información, en principio, no es problema para APS implementadas en una cadena de suministro entre organizaciones, la voluntad de operar sobre la base de "libros abiertos" no siempre se puede suponer. **Aunque la planificación colaborativa (CPFR) se ha introducido, el conocimiento de la manera de adaptar los planes generados en diferentes dominios de planificación se encuentra todavía en su infancia.** (Stadtler 2005)





**doe**

Departamento de Organización de Empresas.

I Encuentro de Estudiantes de Doctorado

**Gracias por su tiempo**

Gregorio Rius Sorolla  
greriuso@upv.es





### **BIBLIOGRAFIA**

- Albrecht, M. (2010). Supply chain coordination mechanisms. Springer.
- Arikapuram, S. P.; Veeramani, D. (2004). Distributed Decision-Making in Supply Chains and Private E-Marketplaces. *Production & Operations Management*, Vol. 13, nº. 1, pp. 111-121.
- Arshinder; Kanda, A.; Deshmukh, S. G. (2008). Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions. *International Journal of Production Economics*, Vol. 115, nº. 2, pp. 316-335.
- Beamon, B. M. (1998). Supply chain design and analysis: Models and methods. *International Journal of Production Economics*, Vol. 55, nº. 3, pp. 281-294.
- Bhatnagar, R.; Chandra, P.; Goyal, S. K. (1993). Models for multi-plant coordination. *European Journal of Operational Research*, Vol. 67, nº. 2, pp. 141-160.
- Cheng, J. H. (2011). Inter-organizational relationships and information sharing in supply chains. *International Journal of Information Management*, Vol. 31, nº. 4, pp. 374-384.
- Cooper, M. C.; Lambert, D. M.; Pagh, J. D. (1997). Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. *International Journal of Logistics Management*, The, Vol. 8, nº. 1, pp. 1-14.
- Ertogral, K. (2008). Multi-item single source ordering problem with transportation cost: A Lagrangian decomposition approach. *European Journal of Operational Research*, Vol. 191, nº. 1, pp. 156-165.
- Ertogral, K.; David Wu, S. (2000). Auction-theoretic coordination of production planning in the supply chain. *IIE Transactions*, Vol. 32, nº. 10, pp. 931-940.
- Fan, M.; Stallaert, J.; Whinston, A. B. (2003). Decentralized Mechanism Design for Supply Chain Organizations Using an Auction Market. *Information Systems Research*, Vol. 14, nº. 1, pp. 1-22.
- Fleischmann, B.; Meyr, H. (2003). Planning hierarchy, modeling and advanced planning systems. *Handbooks in Operations Research and Management Science*, Vol. 11, pp. 455-523.
- Fleischmann, B.; Meyr, H.; Wagner, M. (2002). Advanced Planning, en H. Stadtler y C. Kilger (dir), *Supply Chain Management and Advanced Planning*, pp. 71-96. Springer Berlin Heidelberg.
- Fugate, B.; Sahin, F.; Mentzer, J. T. (2006). SUPPLY CHAIN MANAGEMENT COORDINATION MECHANISMS. *Journal of Business Logistics*, Vol. 27, nº. 2, pp. 129-161.
- Garcia-Sabater, J. P.; Maheut, J.; Marin-Garcia, J. A. (2013). A new formulation technique to model materials and operations planning: the generic materials and operations planning (GMOP) problem. *European Journal of Industrial Engineering*, Vol. 7, nº. 2, pp. 119-147.
- Goyal, S. K.; Gupta, Y. P. (1989). Integrated inventory models: the buyer-vendor coordination. *European Journal of Operational Research*, Vol. 41, nº. 3, pp. 261-269.





### BIBLIOGRAFIA(bis)

- Guignard, M. (2007). En hommage +á Joseph-Louis Lagrange et +á Pierre Huard. *Ann Oper Res*, Vol. 149, nº. 1, pp. 103-116.
- Hax, A. C.; Meal, H. C. (1973). Hierarchical integration of production planning and scheduling, DTIC Document,
- Jeong, I. J.; Leon, V. J. (2002). Decision-making and cooperative interaction via coupling agents in organizationally distributed systems. *IIE Transactions*, Vol. 34, nº. 9, p. 789.
- Karabuk, S.; Wu, S. D. (2003). Coordinating Strategic Capacity Planning in the Semiconductor Industry. *Operations Research*, Vol. 51, nº. 6, pp. 839-849.
- Kutanoglu, E.; Wu, S. D. (1999). On combinatorial auction and Lagrangean relaxation for distributed resource scheduling. *IIE Transactions*, Vol. 31, nº. 9, pp. 813-826.
- Li, X.; Wang, Q. (2007). Coordination mechanisms of supply chain systems. *European Journal of Operational Research*, Vol. 179, nº. 1, pp. 1-16.
- Maheut, J.; Garcia-Sabater, J. P. (2012). La Matriz de Operaciones y Materiales y la Matriz de Operaciones y Recursos, un nuevo enfoque para resolver el problema GMOP basado en el concepto del Stroke. *Dirección y Organización* nº. 45, pp. 46-57.
- Maheut, J.; Sabater, J. P. G. (2013). Algorithm for complete enumeration based on a stroke graph to solve the supply network configuration and operations scheduling problem. *Journal of Industrial Engineering and Management*, Vol. 6, nº. 3.
- Meyr, H.; Wagner, M.; Rohde, J. (2002). Structure of Advanced Planning Systems, en H. Stadtler y C. Kilger (dir), *Supply Chain Management and Advanced Planning*, pp. 99-104. Springer Berlin Heidelberg.
- Nagarajan, M.; Sobic, G. (2008). Game-theoretic analysis of cooperation among supply chain agents: Review and extensions. *European Journal of Operational Research*, Vol. 187, nº. 3, pp. 719-745.
- Schneeweiss, C.; Zimmer, K. (2004). Hierarchical coordination mechanisms within the supply chain. *European Journal of Operational Research*, Vol. 153, nº. 3, pp. 687-703.
- Schneeweiss, C.; Zimmer, K.; Zimmermann, M. (2004). The design of contracts to coordinate operational interdependencies within the supply chain. *International Journal of Production Economics*, Vol. 92, nº. 1, pp. 43-59.
- Stadtler, H. (2005). Supply chain management and advanced planning-basics, overview and challenges. *European Journal of Operational Research*, Vol. 163, nº. 3, pp. 575-588.
- Stadtler, H. (2009). A framework for collaborative planning and state-of-the-art. *OR Spectrum*, Vol. 31, nº. 1, pp. 5-30.
- Stadtler, H.; Kilger, C. (2002). *Supply chain management and advanced planning*, 4. Springer.
- Whang, S. (1995). Coordination in operations: A taxonomy. *Journal of Operations Management*, Vol. 12, nº. 3, pp. 413-422.

