

## Mejora de la Cadena de Suministro basada en la metodología GRAI: un estudio empírico

Ander Errasti Opakua<sup>1</sup>, Raúl Poler Escoto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Organización Industrial. Mondragon Unibertsitatea. Loramendi 4, Apt. 23. 20500 Mondragón (Gipuzkoa). [aerrasti@eps.mondragon.edu](mailto:aerrasti@eps.mondragon.edu)

<sup>2</sup> Centro de Investigación Gestión e Ingeniería de Producción. Ciudad Politécnica de la Innovación. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n, 46022 Valencia. [rpoler@cigip.upv.es](mailto:rpoler@cigip.upv.es)

### Resumen

*Las empresas tratan de sobrevivir en mercados saturados siendo más productivas y eficientes. En este contexto, es crucial gestionar toda la red de suministro para optimizar el rendimiento de manera global. El modelado empresarial de sistemas de decisión es un importante instrumento para estructurar dicha problemática. Este paper explora el método según el cual se podría realizar la integración de procesos internos y externos, soportado en las herramientas de basadas en el Método GRAI, en aras a mejorar el rendimiento global de una cadena de suministro en un sector específico. Esta investigación se ha aplicado a un caso del sector de electrodomésticos de línea blanca, desde el punto de vista del fabricante. Las conclusiones principales son que los nuevos procesos integran de manera más eficaz la red de suministro, consiguiendo los objetivos en términos de tiempo y coste de los clientes.*

**Palabras clave:** Modelado Empresarial, Sistema de Decisión, Cadena de Suministro.

### 1. Introducción

En la economía globalizada las empresas sobreviven en mercados saturados tratando de ser más productivas y eficientes a través de la especialización y la explotación de sus “*core competences*” (Lummus et al, 1999). En este contexto, la gestión de toda la cadena de

suministro se convierte en crítica en aras a optimizar el rendimiento de todo el sistema (Weber, 2002).

La apertura de los mercados ha originado la necesidad de competir con grandes multinacionales en nichos de Mercado donde hace unas décadas competían PYMES tradicionales. En este contexto cobra especial importancia la Gestión de la Cadena de Suministro.

Un aspecto clave de la cadena de suministro es que todo el flujo de suministro debe ser considerado como un sistema, ya que resulta clave para la mejora del rendimiento global de la red de suministro. Stevens (1989) propone un modelo de integración del flujo de materiales. Este modelo propone que las empresas primeramente deben integrar internamente sus actividades logísticas con otras funciones de la empresa como compras, producción y distribución. Una vez que dicha integración se ha logrado, se extiende a otros miembros de la cadena de suministro, como clientes y proveedores. Esta integración externa entre organizaciones trata de hacer más competitiva a la empresa, ya que la competencia en el futuro será entre cadenas de suministro globales (Christopher and Towill, 2001). Sin embargo, algunos autores afirman que dicha integración requiere un cambio en las estructuras organizativas de las empresas (Alpander *et al.*, 1995).

El modelado empresarial es una herramienta que ofrece un adecuado soporte a la estructuración de este problema. Los modelos empresariales ayudan a realizar la reingeniería de procesos asociados a una empresa o una cadena de suministro.

En las últimas décadas han emergido varias arquitecturas para el análisis y rediseño de sistemas empresariales, entre ellas destacan: CIMOSA, GIM (Doumeingts *et al.*, 1993) y PERA. Uno de los subsistemas más complejos de una organización es el decisional. La arquitectura GIM y, en particular, la metodología GRAI (Doumeingts, 1984) tiene por objeto dar soporte al análisis y rediseño de sistemas decisionales.

GIM parte de la construcción del modelo conceptual del sistema actual (etapa de análisis) y evoluciona hacia su conversión al modelo conceptual del futuro sistema (etapa de diseño). A continuación se

identifican las especificaciones técnicas divididas en tres categorías del futuro sistema:

- a) Tecnologías de información (especificaciones de hardware y software)
- b) Tecnologías de fabricación (especificaciones de equipos y herramientas)
- c) Organización (sistema físico y estructura de gestión)

A nivel conceptual, el modelo GRAI está compuesto de tres sistemas: el sistema físico, el sistema de decisión y el sistema de información (Figura 1).

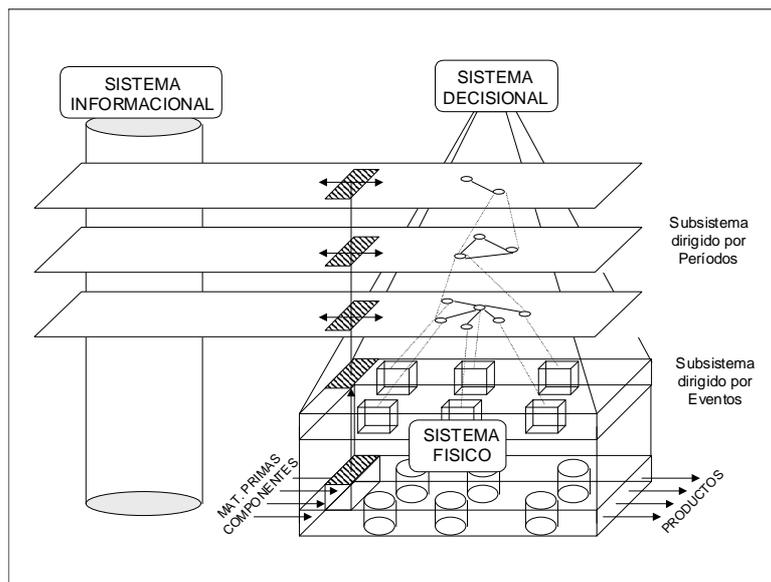


Figura 1: sistemas del modelo GRAI

El sistema de decisión está dividido en niveles de decisión. Por lo tanto, GRAI propone una estructura jerárquica para definir el sistema de decisión de una empresa. El formalismo de modelado utilizado para la representación de los centros de decisión es la Rejilla GRAI. Dichos centros de decisión se organizan en la rejilla según funciones y niveles temporales de decisión.

El modelo DGRAI (Poler et al., 2002) es una extensión del método GRAI, cuyo objetivo básico es la simulación de sistemas decisionales.

DGRAI permite simular los procesos de decisión a capacidad finita de los recursos humanos involucrados en tareas decisionales (Poler and Lario, 2001). La simulación permite identificar los problemas asociados a la coordinación de las decisiones, los cuellos de botella en los decisores y el impacto de los retardos en la ejecución de actividades de toma de decisión.

## **2. Objetivos de la investigación**

Aunque existen autores que argumentan que actualmente existen pocas compañías que estén comprometidas con una integración externa de la cadena de suministro (Fawcett et al, 2002), especialmente cuando requiere una colaboración estratégica (Bittitci et al, 2004), los autores de este trabajo sostienen que el enfoque del método GRAI puede ser útil para afrontar proyectos de reingeniería para mejorar el rendimiento de la cadena de suministro.

En este paper, los autores proponen una metodología para el rediseño interno y externo del proceso de integración en una cadena de suministro, soportado por la rejilla GRAI y la simulación mediante DGRAI, con el objetivo de mejorar el rendimiento de una cadena de suministro de un sector específico. Dicha metodología se ha aplicado a una cadena de suministro del sector de electrodomésticos de línea blanca.

## **3. Factores a considerar al implementar GRAI en una cadena de suministro**

El rediseño de un sistema decisional en una cadena de suministro supone importantes implicaciones en todas las áreas de la red. Por lo tanto, la decisión de acometer un proyecto de este tipo debe calificarse de estratégica.

Para el ágil desarrollo de la estrategia, son necesarias cuatro etapas (entradas, análisis, formulación de la estrategia, implementación de la estrategia y revisión de la misma) y para este propósito se pueden utilizar herramientas analíticas y de gestión.

Los autores de este trabajo utilizan este enfoque, simplificando el proceso y adaptándolo a la estrategia de operaciones de la unidad de negocio.

El método tiene en cuenta la posición de la unidad de negocio en la Cadena de Valor y establece las etapas necesarias para la creación de valor. Se establece una etapa de diagnóstico o entrada para analizar los factores. En esta etapa se utilizan la Rejilla GRAI y la simulación mediante DGRAI como herramientas analíticas que dan soporte al sistema actual y al diseño del futuro sistema. El diagnóstico contribuye a elegir el contenido de la estrategia, definir o formular una estrategia y monitorizar las ventajas/desventajas del futuro sistema de decisiones relacionado con las tecnologías de información (especificaciones de hardware y software), tecnologías de fabricación (especificaciones de equipos y herramientas) y organización (sistema físico y estructura de organización).

Posteriormente, se establece una etapa de despliegue de la estrategia formulada. El despliegue de la estrategia está basado en proyectos, donde se establece un proceso de monitorización y revisión de la estrategia para facilitar la alineación de la organización a la estrategia. En la Figura 2 se ilustra el método descrito.

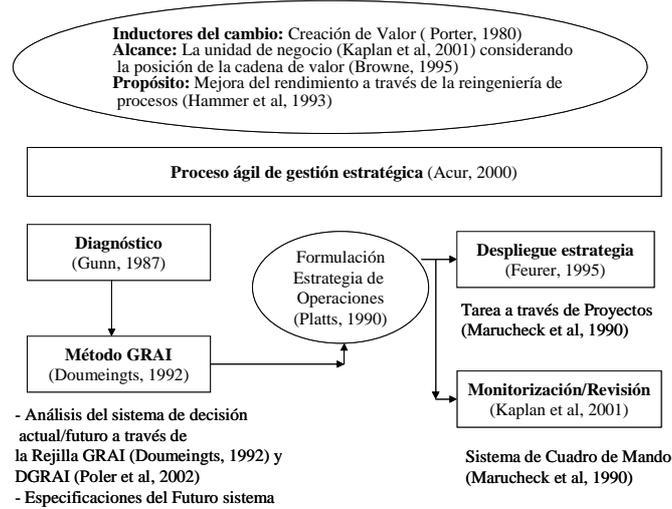


Figura 2: Representación esquemática del método y factores a considerar

#### 4. Experimentación teoría: estudio empírico

El fabricante principal que lideró la mejora de la cadena de suministro, fue una unidad de negocio de lavadoras dedicada al diseño, fabricación y distribución de lavadoras en el mercado español.

En la Figura 3 se describen las principales características de la cadena de suministro interna (almacén de producto terminado y planta de fabricación) y la cadena de suministro externa (distribuidores o clientes y red de proveedores).

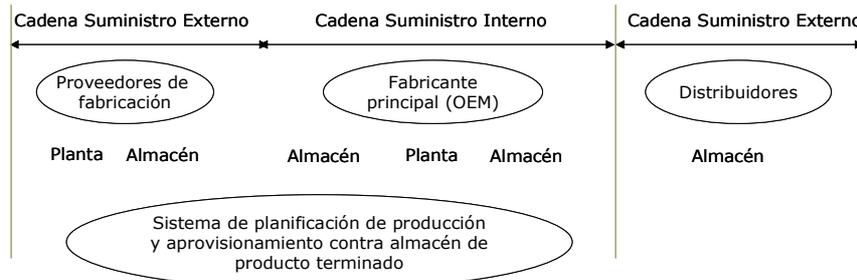


Figura 3: Cadena de suministro interna y externa considerada en el estudio de caso

El fabricante principal fabrica contra almacén mediante un sistema de reaprovisionamiento en base a puntos de pedido y distribuye desde su almacén de productos terminados a los almacenes de los distribuidores. El proceso productivo está basado en los principios de producción en masa personalizada. Con este propósito tanto el producto, como el proceso tienen alta modularidad y comunalidad en las primeras etapas del proceso productivo (chasis) y permite una personalización, combinando diferentes partes y módulos en la etapa final del proceso (montaje). Los dos principales tipos de distribuidores son mayoristas y empresas de gran distribución. Estos clientes tienen sus propios almacenes para distribuir a sus canales de venta.

El fabricante principal ha clasificado los proveedores en base a factores como el volumen logístico o peso por unidad suministrada, el número de referencias, la distancia del proveedor y el valor por unidad transportada. La Figura 4 muestra dicha clasificación.

CLASIFICACIÓN PROVEEDOR	PROVEEDOR J.I.T. CERCANO VOLUMEN	PROVEEDOR J.I.T. CERCANO SUBCONJUNTOS	PROVEEDOR TRADICIONAL MAKE TO STOCK	PROVEEDOR TRADICIONAL MAKE TO ORDER
VOLUMEN LOGÍSTICO O PESO POR UNIDAD SUMINISTRADA	↑↑↑	↑↑	↑	↑↑
NÚMERO DE REFERENCIAS SUMINISTRADAS	↑	↑↑↑	↑	↑↑
DISTANCIA AL FABRICANTE PRINCIPAL (O.F.M.)	↑	↑	↑↑↑	↑↑
VALOR POR UNIDAD SUMINISTRADA	↑	↑↑↑	↑↑	↑↑

Figura 4: Clasificación de proveedores teniendo en cuenta los factores logísticos

El negocio de electrodomésticos de línea blanca es un mercado saturado, con un incremento constante de competidores multinacionales. Además, se ha producido un proceso de concentración de minoristas y mayoristas, los cuales han ocasionado una reducción márgenes el fabricante principal y un traspaso de la pertenencia del stock al fabricante. En este contexto, la unidad de negocio de lavadoras, objeto de la aplicación, trató de obtener una ventaja competitiva sostenible. Para este propósito, el equipo investigador facilitó esta labor asistido por el método desarrollado (Figura 2). En la fase diagnóstico para el análisis del sistema actual y el diseño del sistema futuro se utilizaron la rejilla GRAI y la simulación mediante DGRAI (Figura 5).

La estrategia de operaciones definida fue la reducción del coste total de la cadena y la mejora del servicio al cliente a través del rediseño del Sistema de Planificación de Producción y Aprovisionamiento (SPPA) del fabricante principal y la red de proveedores. La implementación de la estrategia fue monitorizada a través de indicadores clave de gestión de coste (stocks) y servicio a clientes (cumplimiento de pedidos).

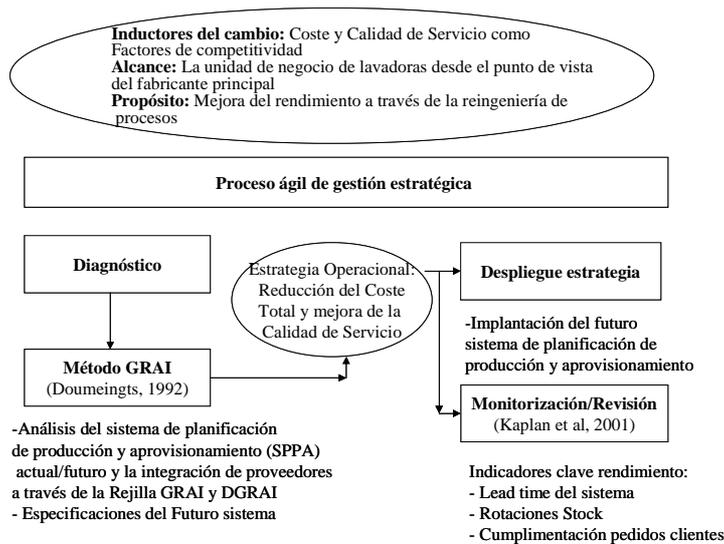


Figure 5 Representación esquemática de la metodología adaptada al caso

#### 4.1. Análisis del sistema actual de la cadena de suministro (As Is) y diseño del futuro sistema (To BE)

Para el análisis del SPPA actual de la cadena de suministro interna y externa (As Is), se monitorizó el sistema de decisión empleando la rejilla GRAI. La rejilla GRAI mostró las principales características del sistema de decisión (niveles de decisión, centros de decisión, periodos de planificación, frecuencias de planificación, alternativas de decisión, información, etc.).

El SPPA trabajaba contra almacén en base a previsiones de demanda. Este sistema se denominaba “S+3” debido a que los pedidos en la semana S de una demanda prevista se entregaban a la cuarta semana denominada S+3. Por tanto el sistema de planificación tenía un periodo de una semana y un horizonte de planificación de cuatro semanas. Al monitorizar el sistema en la rejilla GRAI se identificó una limitación: el flujo de materiales total estaba limitado por el horizonte de planificación y el periodo de planificación a este nivel de decisión. Esto tenía un importante impacto en el *lead time* del sistema y consecuentemente en los stocks, para trabajar sin interrupción.

Por lo tanto, el análisis y el diseño del futuro SPPA se desarrollaron alrededor de la reducción de la frecuencia de planificación y el periodo de planificación de la planificación maestra de producción. En

concreto se analizó el sistema de planificación “D+9” con un horizonte de planificación de 10 días y un periodo de planificación de un día. Este SPPA podría traer a priori una reducción de stock, debido a la reducción de plazo de respuesta de la planta de producción al almacén de producto terminado. Sin embargo, para analizar la fiabilidad del futuro sistema, se monitorizaron ciertos aspectos de tecnologías de información, tecnologías de fabricación y organización de la cadena de suministro interna y externa (Figura 6).

S+3 vs D+9	CADENA DE SUMINISTRO INTERNA	CADENA DE SUMINISTRO EXTERNA
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Órdenes de fabricación generados por el fabricante principal (O.F.M.)</li> <li>■ Órdenes de compra generados y emisión a proveedores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Recepción</li> </ul>
TECNOLOGÍAS DE FABRICACION	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Tamaño del lote en el sistema de fabricación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Tamaño de lote en el sistema de fabricación de los proveedores</li> </ul>
ORGANIZACION	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Stock de producto terminado</li> <li>■ Fabricación en sistema Pull</li> <li>■ Almacenaje de materia prima y componentes en almacenes del fabricante principal (O.F.M.)</li> <li>■ Eficiencia en el sistema de planificación. Tiempo de gestión</li> <li>■ Eficiencia del sistema de inventario. Tiempo de gestión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Componentes almacenados en los almacenes de productos terminados de los proveedores.</li> <li>■ Almacenamiento de productos terminados en el almacén de los clientes.</li> <li>■ Sistema de aprovisionamiento eficiente desde proveedores (ruta de la lechera)</li> <li>■ Sistema de aprovisionamiento eficiente a clientes (cross-docking)</li> </ul>

Figura 6: Tecnologías de la información, tecnologías de fabricación y factores de organización críticos que se tuvieron en cuenta al implementar el Sistema Futuro.

Para comparar el comportamiento dinámico de los sistemas actual y futuro se realizó una simulación de un año de duración mediante DGRAI. Se comparó la calidad de ambos sistemas y se analizaron los niveles de saturación de los equipos de gestión de planificación y aprovisionamiento. Las principales conclusiones obtenidas fueron:

- a) Desde el punto de vista de la coordinación del suministro, ambos sistemas eran correctos. La simulación no evidenció problemas en la sincronización entre la cadena de suministro interna y externa.
- b) En relación a la dedicación de recursos humanos al sistema, el sistema de planificación D+9 necesitaba un recalcu diario del Plan Maestro de Producción, frente al sistema de planificación S+3 que utilizaba un recalcu semanal. La simulación mostró

que el D+9 necesita un 47% más de horas de dedicación de los recursos humanos para la toma de decisiones que el S+3.

- c) Referente a la evolución del indicador de la Calidad Total del Sistema de Decisión (TQDS), el sistema D+9 era de media un 4% mejor comparando con S+3.

#### **4.2. Resultados en términos de efectividad**

Los gestores de la unidad de negocio valoraron las ventajas y desventajas expuestas y decidieron implementar el nuevo SPPA. Después de cinco años desde el comienzo del proceso de reingeniería las mejoras más destacables fueron:

- Una reducción de un 40% del stock de seguridad en los almacenes de los distribuidores debido a la mejora de la cumplimentación de pedidos.
- Una reducción del 60% de stock reducción en el almacén de producto terminado debido al cambio al nuevo sistema de planificación de producción que garantiza un reaprovisionamiento del almacén del producto terminado al décimo día en vez de a la cuarta semana.
- Una reducción del 55% de stock en los almacenes de proveedores JIT que suministras módulos y un incremento del stock del 40% en los proveedores tradicionales Contra Pedido obligados a trabajar contra almacén con el Nuevo sistema.
- Una reducción del stock de un 30% en el almacén de materias primas del fabricante de elementos de proveedores tradicionales contra almacén.

#### **5. Conclusiones**

El equipo multidisciplinar involucrado en el proyecto de reingeniería ha valorado como muy útil el método planteado. A su vez ha identificado la potencial aplicabilidad de la rejilla GRAI y la simulación DGRAI como herramientas de analíticas en otros entornos fabriles.

Referente a la integración operativa entre proveedor y fabricante, así como entre cliente-distribuidor y fabricante, los beneficios de la reducción de stock se pueden obtener en los almacenes de

proveedores/clientes-distribuidores o en los almacenes del fabricante. Por lo tanto es necesaria una fase de análisis y negociación entre las partes.

Como futuras líneas de investigación los autores de esta investigación sugieren la aplicación del método propuesto a la integración de proveedores de Europa del Este y asiáticos en las cadenas de suministro del sector de electrodomésticos de línea blanca español, así como su aplicación en otras actividades industriales como pueden ser las referentes a la fabricación y suministro de bienes de equipo.

### **Referencias bibliográficas:**

- Alpander, G. and Carrol, L. (1995), *Culture, Strategy and Teamwork- The keys to organizational change*, Journal of Management Development Vol.14, No.8, pp.4-18.
- Bittitci, U.S. Martinez, V. Albores, P. and Parung, J. (2004), *Creating and managing value in collaborative network*, International Journal of Physical Distribution and Logistics Management Vol. 34, No.3/4, pp.251-268.
- Christopher, M. and Towill, D. (2001), *An integrated model for the design of agile supply chains*, International Journal of physical distribution and Logistics Management, Vol.31, No.4, pp.235-246.
- De Marco, T. (1978), *Structured Analysis and Systems Specification*, New York: Yourdon Press.
- Doumeingts, G. (1984), *Méthode GRAI: Méthode de conception des systèmes en productique*, Thèse d'état : Automatique: Université de Bordeaux .
- Doumeingts, G. Vallespir, B. Zanettin, M. and Chen, D., (1992), *CIM: GRAI integrated methodology a methodology for designing CIM systems*, GRAI/LAP, Université Bordeaux, Version 1.0.
- Fawcett, S. and Magnan, G. (2002), *The rhetoric and reality of supply chain integration*, International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, Vol.32, No 5, pp.339-361.
- Lumms, R. and Vovurka, R. (1999), *Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines*, Industrial Management and Data Systems No.99/1, pp.11-17.
- Poler, R. and Lario, F.C. (2001), *Simulation using the Dynamic Model of Decision Systems*, International Conference on industrial Engineering and Production Management (IEPM), Quebec IEEE Press, pp.1004-1012.
- Poler, R. Lario, F.C. and Doumeingts, G. (2002), *Dynamic Model of Decision Systems (DMDS)*, Computers in Industry, Vol.49, pp.175-193.
- Stevens, G.C. (1989), *Integrating the Supply Chain*, International Journal of Physical Distribution and Materials Management, Vol.19, No.8, pp.3-8.
- Towill, D.R. and McCullen, P.L. (1999), *The impact of agile manufacturing on supply chain dynamics*, The international journal of Logistics Management, Vol.10, No.1, pp.83-96.