

## Modelado del sistema decisional de la función logística. Aplicación a una empresa del sector del automóvil\*

Jorge E. Hernández<sup>1</sup>, Raúl Poler Escoto<sup>1</sup>, Josefa Mula Bru<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CIGIP (Centro de Investigación Gestión e Ingeniería de Producción). Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Politécnica Superior de Alcoy. Plaza Ferrándiz y Carbonell, 2, 03801 Alcoy (Alicante). jeh@upvnet.upv.es, rpoler@cigip.upv.es, fmula@cigip.upv.es.

### Resumen

*La planificación de la producción implica una problemática de decisiones, con etapas (aprovisionamiento-producción), sus propios niveles organizacionales, temporales (horizontes y periodos de planificación) y de detalle (desde los grupos de productos/clientes hasta los productos y clientes individuales, así como en el caso de los recursos). De esta manera, con el objetivo de obtener un modelo del sistema de toma de decisiones de la función logística se establece una descripción conceptual del proceso de aprovisionamiento de la empresa, identificando las actividades principales, las personas y decisiones asociadas a dichas actividades. Posteriormente, en base al marco conceptual establecido se plantea un modelo del sistema de decisión aplicando el método GRAI que, a nivel agregado, considera la rejilla GRAI y, a nivel desagregado, considera las redes GRAI. Así, el modelo considera un estudio estático que facilita el análisis a nivel de rejilla, y un estudio dinámico que, con la ayuda de la herramienta de simulación DGRAI 3.0, apoya el estudio cualitativo en función de los resultados obtenidos a partir de la ejecución del modelo de simulación decisional, esto con el objetivo de identificar áreas de mejora relacionadas con las disfunciones del sistema decisional, entendido éste como dinámico.*

**Palabras clave:** Modelo de decisiones, gestión logística, simulación, modelado empresarial.

### 1. Introducción

En la actualidad, las cadenas de suministro relacionadas con el sector del automóvil delegan en sus proveedores las decisiones relacionadas con las funciones de aprovisionamiento y ensamblado de los componentes asociados. Así, los proveedores deben establecer sus procesos de toma de decisiones para apoyar las actividades de planificación de la producción y transporte para el aprovisionamiento de dichos componentes. En este sentido, cuando los proveedores del fabricante de automóviles son plantas tipo JIT (*just in time*), las decisiones vinculadas a los procesos de aprovisionamiento se transforman en un factor relevante y crítico, producto de que los resultados asociados a los procesos de toma de decisiones repercutirán, directa o indirectamente, en el comportamiento de la cadena de suministro. La selección de una estructura logística adecuada considera, de forma conjunta, los tiempos asociados con las entregas así como la minimización de la cantidad de trabajo en curso y los niveles de inventario de producto terminado. Aspectos como el ciclo de vida, la diversidad, el nivel de personalización de los productos así como el tiempo necesario para la obtención, procesamiento y ensamblado, son factores clave para la selección de estas estructuras (Zijm, 2000). En este contexto, la gestión de la logística se puede definir como el proceso de gestionar la distribución de los bienes de una empresa, lo que implicará gestionar las entradas y las salidas de materiales considerando los niveles de inventario correspondientes (Tatineni y Demetsky, 2005). En este sentido, el

---

\* Este trabajo ha sido llevado a cabo en el marco de un proyecto financiado por la Universidad Politécnica de Valencia, titulado 'Desarrollo de modelos de programación matemática *fuzzy* para la planificación de la producción en contexto de incertidumbre. Aplicación a una empresa industrial del sector del automóvil'.

estudio de los procesos decisionales de apoyo a la función logística se puede ver fortalecido por el modelado y la simulación de estos procesos en el marco de las cadenas de suministro en los que se desarrollan, ya que permiten un mejor estudio del comportamiento del sistema logístico desde una perspectiva integrada y distribuida (Saetta y Tiacci, 2003).

Este trabajo tiene por objetivo realizar un análisis de los flujos de decisiones (e informaciones asociadas) en el proceso de planificación de la producción y transporte de una empresa del sector del automóvil.

Primeramente, se introducen los conceptos relevantes de la metodología GRAI. A continuación, se realiza una descripción del proceso de aprovisionamiento de la empresa. Esto con el objetivo de identificar las actividades principales que se realizan, así como las personas y decisiones asociadas a dichas actividades. Posteriormente, se obtiene el proceso de decisión asociado al proceso de aprovisionamiento al que se aplica la metodología GRAI para determinar los centros de decisión asociados a la rejilla GRAI. Cada centro de decisión tendrá asociada una red que representará las actividades, personas, restricciones, informaciones, objetivos asociados a cada centro de decisión. Finalmente, con la ayuda de la herramienta DGRAI 3.0, se desarrolla un modelo de simulación decisional con el objetivo de analizar el comportamiento dinámico de las decisiones de la empresa en función, por ejemplo, de la calidad asociada a estos centros de decisión.

## **2. La metodología de modelado de decisiones GRAI**

El modelo GRAI se origina a partir del trabajo de investigación realizado en la Universidad de Bordeaux I en el año 1984. Doumeingts (1984) presenta un esquema que engloba la vista de decisión de un sistema de producción desde la perspectiva GRAI.

El modelo GRAI utiliza dos formalismos de modelado: la rejilla GRAI y las redes GRAI. Las redes proporcionan una vista detallada del proceso decisional, y se componen de actividades decisionales y de ejecución, las cuales son realizadas por recursos humanos utilizando la información pertinente y teniendo en cuenta las restricciones, objetivos, variables de decisión y criterios asociados. La rejilla GRAI presenta una vista macro de cómo fluyen las decisiones e informaciones en una organización a través de las distintas funciones y de los diferentes niveles de toma de decisión. En este sentido, la rejilla GRAI fue desarrollada para proporcionar una vista esquemática de los procesos de toma de decisiones y los flujos de información asociados a sistemas empresariales. Se muestran, por tanto, las funciones de negocio y las escalas de tiempo en las que se toman las decisiones. Estas decisiones, se clasifican según la función que se les asocia y a la escala de tiempo correspondiente.

Considerando lo planteado por Doumeingts (1984), se establece que la rejilla GRAI es la única que incorpora de forma explícita los procesos de toma de decisiones y comunicación de las decisiones. Así, Tucker y Leonard (2001) establecen que las ventajas principales que presenta la rejilla GRAI, respecto a otros modelos, es que modela, específicamente, los procesos de toma de decisiones así como los asociados con el tiempo de los procesos de comunicación de las decisiones, las relaciones entre decisiones y acciones, y expresa tanto las relaciones verticales como las horizontales entre diferentes niveles organizativos.

De esta manera, McCarthy y Menicou (2002) plantean que el método GRAI se centra en una perspectiva de decisiones y definen una decisión como la selección de una acción entre muchas acciones o alternativas posibles. Por lo que una decisión, además, se podrá entender como una acción que procesa información con el objetivo de alcanzar una meta considerando ciertos

parámetros como riesgos asociados, información limitada, el tiempo y la incertidumbre. Según lo establecido por Tannenbaum (1959), el verbo decidir (desde un punto de vista etimológico) proviene del latín “*de-caedo*” que quiere decir “dejar fuera” o “apartar”, por lo que el proceso de toma de decisiones será un proceso cognitivo que dejará fuera o apartará las opciones que no se deseen, o seleccionará un sentido particular a una acción entre un grupo de posibilidades. Así, el proceso de elegir y resolver una situación es la esencia del proceso de toma de decisiones. Un centro de decisión se puede componer de una o más actividades. Los componentes o soportes que son utilizados por los ejecutores de la actividad se denominan variables de decisión, criterios, restricciones e informaciones. Estos componentes conforman la red de decisión asociada a un centro de decisión. Las actividades pueden ser de ejecución o decisión. En un modelo de toma de decisiones son estas últimas las que adquieren mayor relevancia y, además, requieren de un esfuerzo mayor de modelado, al tener que identificar sus objetivos, restricciones, variables de decisión y criterios. Cada una de las redes, asociadas a los centros de decisión, se conecta en función de la utilización de soportes generados por actividades de otras redes.

De acuerdo con Poler et al. (1999), el modelo GRAI propone una estructura jerárquica para la definición del sistema de decisión en la empresa. El nivel superior de la estructura es la rejilla GRAI donde se encuentran ubicados los centros de decisión. Por lo tanto, a ese nivel es donde se establecen los vínculos entre decisiones e informaciones entre los centros de decisión. Poler et al. (1999) proponen añadir ciertas parametrizaciones al modelo GRAI para la consideración de los factores temporales en la ejecución de actividades decisionales, y en la consideración de la calidad de los recursos humanos partícipes en el sistema decisional, todo ello con la finalidad de poder construir modelos GRAI que puedan ser simulados. Por ejemplo, los parámetros aplicados a los recursos humanos que intervienen en la toma de decisiones son: factores correctores del tiempo de ejecución de las actividades, probabilidad de interrupción y calidad en la toma de decisiones.

### **3. Modelo de decisiones GRAI de la empresa**

El modelado del sistema decisional de la empresa considera una serie de aspectos que apoyan la identificación y definición de los flujos de decisión. Estos aspectos se sitúan en el marco de referencia establecido por la metodología GRAI aplicados al trabajo desarrollado por Hernández et al. (2006) y Hernández et al. (2007). Así, los aspectos considerados para la construcción de la rejilla GRAI y, por consiguiente, la obtención de los centros y redes de decisión han sido: identificar el ámbito o sector de la empresa, identificar las decisiones principales que se toman en la empresa, identificar las actividades principales relacionadas con las decisiones, realizar entrevistas a las entidades involucradas en el proceso decisional de la empresa, identificar las actividades con que las entidades se relacionan e identificar los centros de decisión y sus relaciones con el dominio.

#### **3.1. Descripción del proceso de aprovisionamiento de la empresa del sector del automóvil. Un enfoque decisional**

El proceso comienza cuando la casa matriz del fabricante de automóviles elige cuál de sus sucursales, en todo el mundo, desarrollará un coche nuevo. Posteriormente, se comunica con los proveedores de piezas del coche para informarles, entre otras cosas, de que proveedor se tendrán que abastecer. En el caso concreto del fabricante de automóviles, cuando se le asigna una serie de coches a fabricar, éste determina las partes necesarias para su fabricación. Los asientos, dependiendo del modelo de coche, son asignados a ciertos proveedores de coches. Uno de estos proveedores es la empresa bajo estudio (Figura 1). La empresa realiza, principalmente,

dos funciones: aprovisionamiento y producción. Estas funciones son las que intervienen en el proceso de toma de decisiones de la empresa.

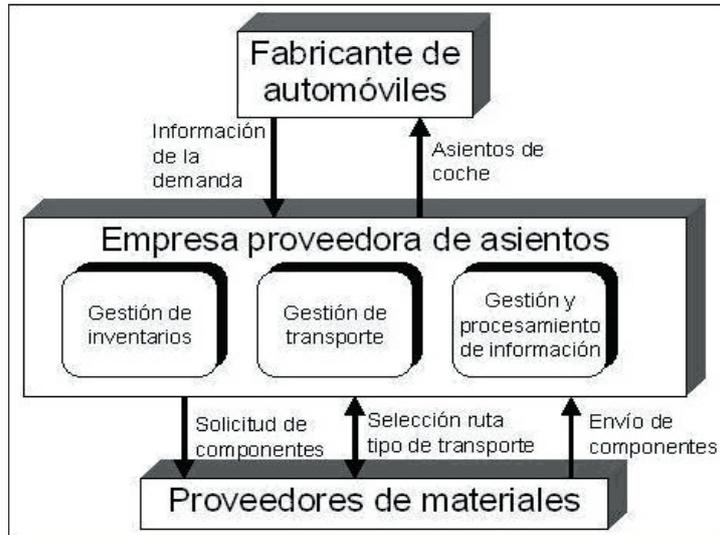


Figura 1. Ámbito de modelado.

La función de aprovisionamiento es realizada por el Departamento de Logística y Materiales, que está compuesto por el área de Ingeniería Logística y los Seguidores. La función de producción es realizada por el área de Producción, que es la que realiza el montaje de los asientos para automóviles. La fuente principal de información de la demanda, con la que se alimentan estas funciones, proviene del fabricante de automóviles. Las funciones, recursos humanos, centros de decisión, horizontes y periodos establecidos y que se asocian al modelo de decisión GRAI de la empresa se presentan en la siguiente rejilla GRAI (Figura 2). Las flechas gruesas representan el flujo de restricciones mientras que las flechas discontinuas representan los flujos de información.

	Información Interna (II)	Fabricante de automóviles (FA)	Compras EPO Central (CJCC)	Logística EPO - Coordinación (LJC-Coord)	Logística EPO - Seguidores (LJC - Seg)	Finanzas EPO (FJC)	Sistemas de Información EPO (SIJC)	Proveedor de Transporte (PT)	Proveedores de materiales (PM)
H = 1 year P = 6 month (Nivel 3)			Emisión de información de nuevos modelos (CJCC-3)	Planteamiento táctico para nuevos modelos (LJC.COORD-3)					
H = 1 year P = 3 month (Nivel 5)						Previsión de gastos (FJC-5)			
H = 1 year P = 1 month (Nivel 10)	KPI-JC (II-5)	Emisión de la Previsión Anual de Fabricación (FA-10)		Planificación táctica (LJC.COORD-10)		Revisión de gastos (FJC-10)		Planificación táctica de requerimientos de vehículos de transporte (PT-10)	
H = 6 month P = 1 week (Nivel 20)		Emisión Release (FA-20)			Ejecución automática del MRP (LJC-SEG-20)		Procesamiento de información para cargar en el sistema ERP (SIJC-20)		Planificación y acopio de materias primas por parte del proveedor (PM-20)
H = 3 month P = 1 month (Nivel 25)	Revisión KPIJC (II-25)								
H = 10 day P = 1 day (Nivel 30)	Ejecución de entradas y salidas de material (II-30)	Emisión hoja de pedido (FA-30)			Planificación del transporte (LJC-SEG-30)		Décuento de asientos (SIJC-30)	Planificación operativa y gestión de la flota de vehículos de transporte (PT-30)	Fabricación de piezas y envío de material de pedidos en firme (PM-30)

Figura 2. Actividades de decisión.

De acuerdo con la rejilla GRAI (Figura 2), se observa que los centros de decisión se distribuyen en 6 niveles según el horizonte de planificación que consideran, éstos son Nivel 3 (Horizonte = 1 año, periodo = 6 meses), Nivel 5 (Horizonte = 1 año, periodo = 3 meses), Nivel 10 (Horizonte = 1 año, periodo = 1 mes), Nivel 20 (Horizonte = 6 meses, periodo = 1 semana), Nivel 25 (Horizonte = 3 meses, periodo = 1 mes) y Nivel 30 (Horizonte = 10 días, periodo = 1 día).

Los centros de decisión asociados con la función logística de la empresa (celdas grises) son: planteamiento táctico para nuevos modelos (LJC-COORD-3), planificación táctica (LJC-COORD-10), ejecución automática del MRP (LJC-SEG-20), planificación del transporte (LJC-SEG-30), procesamiento de información para cargar en el sistema ERP (SIJC-20) y descuento de ventas (SIJC-30). De estos centros, las labores asociadas al establecimiento y solicitud de materiales así como la gestión del transporte se llevan a cabo, principalmente, en los centros LJC-SEG-20 y LJC-SEG-30, cuyas redes de decisión se presentan a continuación (Figura 3 y Figura 4, respectivamente).

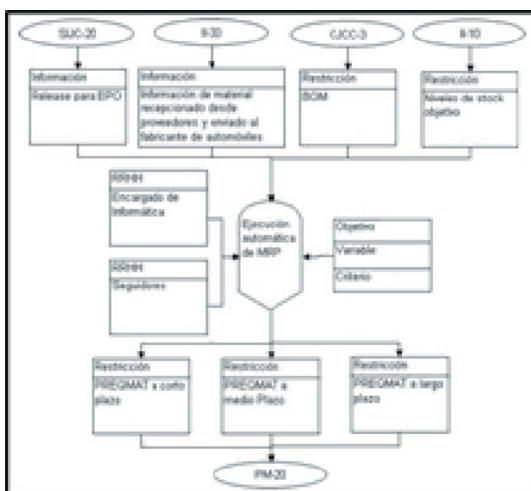


Figura 3. Red LJC-SEG-20.

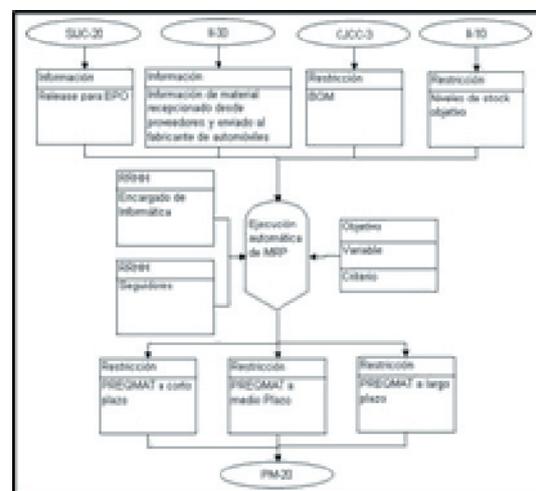


Figura 4. Red LJC-SEG-30.

#### 4. Simulación sistema de decisión de la empresa. Un enfoque dinámico.

El análisis dinámico del sistema de decisión se ha realizado utilizando la herramienta DGRAI 3.0, con la cual se ha desarrollado la simulación del sistema de toma de decisiones. La simulación presenta, en tiempo real, cómo los centros de decisión se activan, las actividades comienzan y finalizan y la asignación y ejecución de actividades a los recursos humanos. Además, se simula la evolución de la calidad de los soportes generados, a partir de la cual puede monitorizarse la calidad de los centros de decisión o de todo el sistema.

##### 4.1. Resultados situación actual (AS-IS)

La simulación de la situación actual (*As-Is*) permite la obtención de información acerca del comportamiento del sistema actual, con lo cual se pueden realizar los análisis de la evolución del sistema de decisión de la empresa. De esta manera, Poler et al (1999) plantean que para el análisis de la evolución del sistema decisional es necesaria la definición de un dato agregado: la calidad total del sistema decisional (1).

$$QT = \frac{\sum_{s=1}^{nsg} \rho_s \times QS_s}{\sum_{s=1}^{nsg} \rho_s} \quad (1)$$

donde:

- $QT$  : calidad total del sistema decisional.
- $QS$  : calidad del soporte  $S$  .
- $\rho_s$  : peso relativo del soporte  $S$  .
- $nsg$  : número de soportes generados en el sistema.

El perfil correcto de la evolución de la calidad total comienza con un valor nulo (cuando no se haya realizado ninguna actividad) e irá aumentando hasta que finalice el régimen transitorio y comience el régimen permanente, que es cuando se han generado todos los soportes (en este caso el régimen permanente se alcanza a los 540 minutos de simulación) y comienza la reutilización de éstos en caso de que no se hayan refrescado oportunamente. A partir de este momento, un comportamiento correcto mantendría el valor de la calidad total oscilando alrededor de un promedio (Figura 5), que en este caso es de 0,7943 con una desviación estándar de 0,0482.

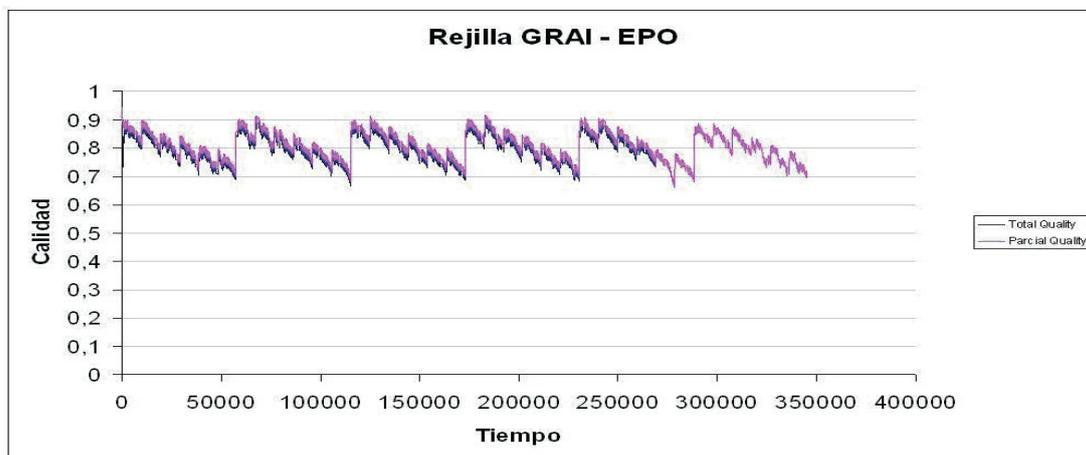


Figura 5. Actividades de decisión.

La calidad de los soportes (informaciones o decisiones) generados debe depender, fundamentalmente, de dos conceptos: la calidad de los soportes utilizados para su generación y la calidad del recurso humano que lo ha generado. Se propone la siguiente formulación para el cálculo de la calidad ( $QS_s$ ) de un soporte generado (2).

$$QS_s = \frac{\sum_{i=1}^{nsa} QS_i}{nsa} \times \frac{\sum_{j=1}^{nrha} QRH_j}{nrha} \times \varphi(nrha) \quad (2)$$

- $QS_s$  : calidad del soporte generado  $S$  .
- $QS_i$  : calidad del soporte utilizado  $i$  .
- $nsa$  : número de soportes utilizados en la actividad  $a$  para la generación del Soporte  $S$  .
- $QRH_j$  : calidad del recurso humano  $J$  que interviene en la generación del soporte  $S$  .
- $nrha$  : número de recursos humanos que intervienen en la realización de la actividad  $a$  para la generación del soporte  $S$  .
- $\varphi(nrha)$  : función de incremento de calidad consecuencia de la participación de varios recursos humanos en la realización de la actividad.

De esta manera, las calidades asociadas con los soportes de las Figuras 3 y 4 se presentan en las Figuras 6 y 7 respectivamente.

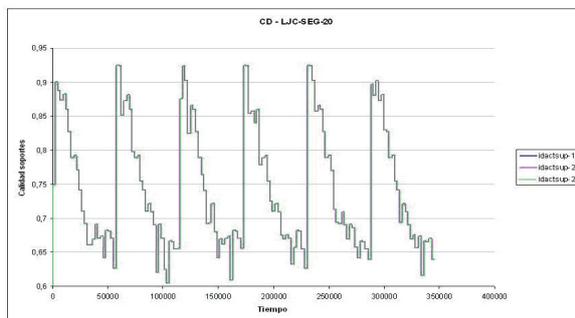


Figura 6. Calidad soportes de salida LJC-SEG-20.

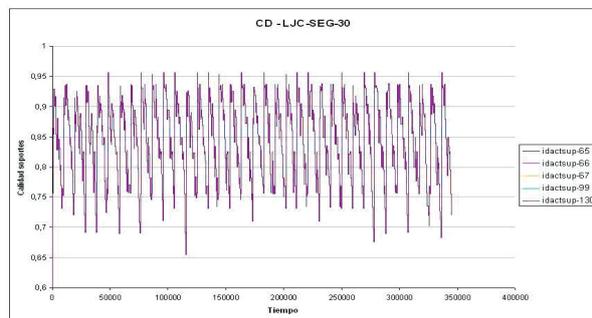


Figura 7. Calidad soportes de salida LJC-SEG-30.

Mediante una simulación de 3 años se observa que la calidad de los soportes decrece hasta que se cumple el ciclo, para luego presentar el mismo patrón. Así, para el caso de la red asociada al centro de decisión LJC-SEG-20 la calidad promedio es de 0,7434 con una desviación estándar de 0,0930, mientras que, para el caso de la red del centro de decisión LJC-SEG-30, la calidad promedio es de 0,8440 con una desviación estándar de 0,0699. Esto se debe a que los soportes que alimentan las actividades no se refrescan con la periodicidad adecuada, produciéndose un efecto en cadena respecto a las calidades asociadas a los soportes de salida respectivos. Por lo que, tal como se presenta en la Figura 8, una alternativa sería la de hacer que centros de decisión de niveles superiores refresquen la información para los centros de decisión de niveles más bajos con mayor frecuencia. Para esto, se propone trasladar los centros de decisión del nivel más alto (nivel 3) a un nivel más bajo (nivel 5), con lo que la información se refrescaría cada 3 meses en vez de cada 6 meses. Esta nueva situación se denominará experimento1.

	Información Interna (I)	Fabricantes de automóviles (FA)	Compras LPO Central (CJC-C)	Logística FPO - Coordinación (LJC-Coord)	Logística FPO - Seguidores (LJC-Seg)	Finanzas LPO (FJC)	Sistemas de Información LPO (SILJC)	Proveedor de Transporte (PT)	Proveedores de materiales (PM)
H = 1 year P = 6 month (Nivel 3)			Ejecución de Eficiencia de proveedores (CJC-C-S)	Reducción de costos de logística (LJC-COORD-S)					
H = 1 year P = 3 month (Nivel 5)			Ejecución de Eficiencia de proveedores (CJC-C-S)	Reducción de costos de logística (LJC-COORD-S)		Ejecución de costos (FJC-S)			
H = 1 year P = 1 month (Nivel 10)	MEJORA (I-A)	Ejecución de Eficiencia de proveedores (FA-S)		Reducción de costos de logística (LJC-COORD-S)		Ejecución de costos (FJC-10)		Reducción de costos de transporte (PT-S)	Reducción de costos de materiales (PM-S)
H = 6 month P = 1 week (Nivel 20)		Ejecución de Eficiencia de proveedores (FA-S)			Ejecución de costos de logística (LJC-S-S)		Reducción de costos de transporte (PT-S)	Reducción de costos de materiales (PM-S)	
H = 3 month P = 1 month (Nivel 25)								Reducción de costos de transporte (PT-S)	Reducción de costos de materiales (PM-S)
H = 10 day P = 1 day (Nivel 30)	Ejecución de Eficiencia de proveedores (FA-S)	Ejecución de Eficiencia de proveedores (FA-S)			Reducción de costos de logística (LJC-S-S)		Reducción de costos de transporte (PT-S)	Reducción de costos de materiales (PM-S)	Reducción de costos de materiales (PM-S)

Figura 8. Mejora a nivel de rejilla (experimento 1).

4.2. Resultados mejoras planteadas (To-Be).

La mejora planteada (experimento1) se compara con el estado *As-Is* (INICIAL). Para esto se realiza una comparativa de cómo evoluciona la calidad del sistema en el periodo de simulación de 3 años. En este experimento no se realiza una cuantificación de la variación en los costes asociados a las horas hombre trabajadas. De esta manera, los resultados se analizan en base a dos perspectivas, la primera considera la superposición de las calidades totales correspondientes al sistema inicial con el sistema modificado y la segunda considera el análisis de las diferencias entre las calidades generadas para ambos sistemas. Así la primera perspectiva presenta, en base al cambio de periodo de las actividades pertenecientes a los niveles superiores, un aumento de la calidad del sistema (Figura 9). En este caso, la calidad correspondiente al sistema *To-Be* es de 0,8368 con una desviación estándar de 0,0388. Esta nueva calidad implica un aumento del 5,3% respecto de la calidad total del sistema *As-Is*.

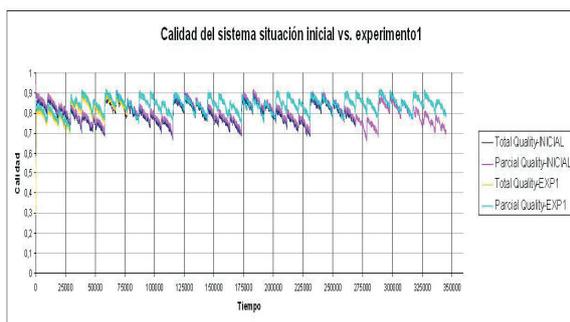


Figura 9. Comparación de calidades sistema.

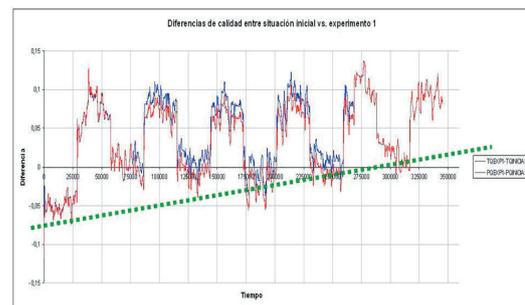


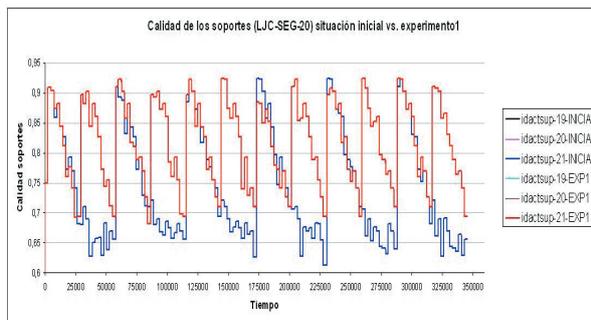
Figura 10. Evolución diferencia de calidades.

Posteriormente la segunda perspectiva, con el objeto de hacer un análisis más preciso respecto a los efectos cuantitativos en la calidad del sistema total, presenta una comparación entre las diferencias de la calidad total de los sistemas *As-Is* y *To-Be* que se generan durante la simulación (Figura 10). De acuerdo con esto, se comprueba el aumento de la calidad debido a que la diferencia en la calidad del sistema *As-Is* y el sistema *To-Be* (correspondiente al experimento 1) presenta un aumento durante la evolución del sistema y la diferencia en la mayoría de las veces se presenta en el primer cuadrante de la gráfica de la Figura 10, lo que demuestra el

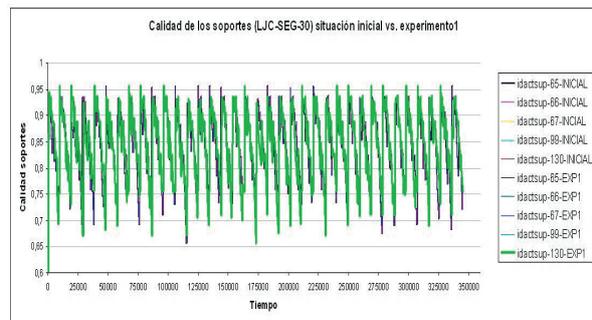
aumento de la calidad total del sistema en función a la modificación realizada. A nivel inferior, la recta discontinua color verde refleja cómo el mínimo valor de la diferencia de la calidad total presenta un comportamiento creciente, lo que soporta (aún más) el planteamiento expuesto.

Posteriormente, el efecto que el experimento 1 ha tenido en la calidad de los soportes asociados a los centros de decisión LJC-SEG-20 y LJC-SEG-30 se presenta en la Figura 11 y Figura 12, respectivamente.

De los resultados de la experimentación se observa gráficamente (Figura 11) que, para el caso del centro de decisión LJC-SEG-20, el tiempo de ciclo es menor. Esto quiere decir que el refresco de las calidades de los soportes ocurre en un tiempo menor, por lo que la calidad tiende a aumentar debido, principalmente, a que este centro de decisión (en el horizonte temporal) tiene una mayor proximidad con los centros modificados en el experimento 1. En cambio, para el caso de las calidades asociadas a los soportes del centro de decisión LJC-SEG-30 se observa gráficamente (Figura 12) que el comportamiento es muy similar, lo que se explica debido a que los cambios asociados a los niveles superiores de la rejilla, no afectan en gran medida a los niveles más inferiores en donde las actividades son en su mayoría llevadas a cabo día a día.



**Figura 11.** Comparación calidades  
CD – LJC-SEG-20.



**Figura 12.** Comparación calidades  
CD – LJC-SEG-30.

Así, los resultados de las simulación establecen para el caso del centro de decisión LJC-SEG-20 una calidad promedio de 0,8165 con una desviación estándar de 0,0715, lo que representa un aumento del 9,8% en la calidad de los soportes durante el transcurso de la simulación. Para el caso del centro de decisión LJC-SEG-30, la calidad de los soportes es 0,8419 con una desviación estándar de 0,0719, lo que representa una disminución en la calidad del 0,25% lo que refleja un cambio casi imperceptible al entorno y que es explicado por lo ya expuesto en el análisis gráfico de la Figura 12.

## 5. Conclusión

A partir del desarrollo del modelado decisional, basado en la metodología GRAI, se observa como ésta facilita la visualización de los flujos, tanto de información como de decisión, permitiendo de esta manera conocer los efectos que tendrán en la empresa las decisiones asociadas al proceso logístico. La simulación de los procesos de toma de decisiones ubicados a diferentes niveles (estratégico, táctico y operativo) permite la identificación de descoordinaciones entre diferentes niveles de toma de decisión, por lo que el rediseño del sistema decisional tiene en cuenta, no solo la mejora de procesos desde un punto de vista estático, sino la eliminación de los problemas de carácter dinámico.

La simulación de decisiones permite analizar la participación de los recursos humanos en la

ejecución de las actividades y la utilizan de soportes que, dependiendo del centro de decisión de procedencia, pueden poseer una calidad distinta en diferentes instantes de tiempo. Esta calidad está asociada al tiempo transcurrido desde su más reciente generación. Por lo que una disminución en la calidad representaría que los soportes que se utilizan, y que provienen de otros centros de decisión, no se están renovando con la frecuencia adecuada. Esto se puede traducir en la utilización de planes o informaciones no actualizados produciendo una baja calidad del sistema. Por lo que el modelado a nivel de rejilla, soportado por la herramienta DGRAI 3.0, presenta la posibilidad de detectar aquellos centros en que la calidad de los soportes disminuye conforme avanza la dinámica del sistema y por consiguiente generara posibilidad de generar escenarios del tipo “*what-if*” y poder experimentar y comprobar, por ejemplo, la sensibilidad del sistema frente a escenarios diferentes.

De acuerdo con los resultados de la simulación se ha visto lo sensible que es el sistema frente a cambios en la configuración, estos cambios se pueden efectuar tanto a nivel de rejilla como a nivel de red. Así, cambios en los niveles superiores del sistema repercutirán de forma decreciente a medida que se llega a los niveles más bajos, lo que implica que cambios a niveles estratégico/tácticos no implican un gran impacto en los niveles operativos donde se realizan las actividades día a día.

A partir del trabajo desarrollado es posible plantear líneas de investigación futuras orientadas a: 1) analizar el modelo de decisión en base a mejoras propuestas por el equipo de trabajo; 2) analizar el modelo de decisión en base a propuestas planteadas por la propia empresa con el objetivo de favorecer los procesos de decisión asociados a la planificación de la producción y transporte; 3) Evaluar las mejoras en base a los costes asociados a las horas trabajadas por los recursos según el aumento de la frecuencia de ejecución de los centros de decisión; 4) analizar la dificultad de obtener un modelo analítico a partir del modelo decisión desarrollado y simulado; 5) apoyar el análisis analítico con herramientas adecuadas para el modelado decisional a partir del estudio de éstas y, a su vez, estudiar cómo éstas se adaptarían al modelo de decisión propuesto; y, finalmente, 6) comparar los resultados del modelo desarrollado con otras técnicas de modelado y simulación.

## Referencias

- Aranguren, R., P.; Eirich, M.; Fox, B.; Jorgenson, R.; Karinthe, K.; Kosanke, F.; Lynch, G.; Maney, R.; Neches; B. Speyer (1992). The process of modelling and model integration, in: C. Petrie (Ed.), Proceedings of the First International Conference on Enterprise Integration Modelling, Working Group 3 of ICEIMT Workshop I, MIT Press, Londres.
- Carrie, A. S.; Macintosh, R. (1997). An assessment of GRAI Grids and their use in the strathclyde integration method. Production Planning & Control, Vol. 8, pp. 106-113.
- Doumeingts, G. (1984). Méthode GRAI: Méthode de conception des systèmes en productique. Thèse d'état : Automatique : Université de Bordeaux 1.
- Doumeingts, G.; Chen, D.; Marcotte, D. (1992). Concepts, models and methods for the design of production management systems, Computers in Industry, Vol. 19, pp. 89–111.
- Doumeingts, G., D.; Chen, B.; Vallespir; P. Fenie (1994). GRAI Integrated Methodology (GIM) and its evolutions: a methodology to design and specify advanced manufacturing systems, IFIP Transactions B: Computer Applications in Technology B-14, pp. 101–117.

Hernández, J.; Mula, J.; Ferriols, F.J. (2006). Un modelo de referencia para el modelado conceptual de los procesos de planificación de la producción. Entregable A2.1-A2.2. Proyecto PPI-06-05 (5703) - FuzzyMRP. Universidad Politécnica de Valencia, España.

Hernández, J.; Mula, J.; Ferriols, F.J. (2007). Modelo conceptual del proceso de planificación de la producción y transporte de la EPO. Entregable A2.3. Proyecto PPI-06-05 (5703) – FuzzyMRP. Universidad Politécnica de Valencia, España.

McCarthy, I.; Menicou, M. (2002). A classification schema of manufacturing decisions for the GRAI enterprise modelling technique. *Computers in Industry*, Vol. 47, pp. 339-355.

Mesarovic, M.D.; Macko, D.; Takahara, Y. (1970). *Theory of Hierarchical, Multi-level Systems*, Academic Press, Londres.

Poler R.; Lario F.C.; Ortiz A.; Vicens E. (1999), MODELO GRAI DINÁMICO (DGRAI). III Jornadas de Ingeniería en Organización Barcelona, 16-17 de septiembre.

Saetta, S.; Tiacci, L. (2003). Modelling and Simulation of the Supply Chain: A Problem of Preventive Transshipment, *Proceedings of the 2003 Summer Computer Simulation Conference*.

Simon, H.A. (1984). *The Sciences of the Artificial*, MIT Press, Londres.

Tannenbaum, R. (1959). Managerial decision-making, *Journal of Business*, Vol. 22, No. 1, pp. 22–29.

Tatineni, V.C.; Demetsky, M.J. (2005). *Supply Chain Models for Freight Transportation Planning*, University of Virginia.

Tucker, D.; Leonard, R. (2001). An innovative approach for using the GRAI methodology for reengineering the new product introduction process. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, Vol. 13, pp. 177-193.

Zijm, W.H.M. (2000). Towards intelligent manufacturing planning and control systems. *OR Spectrum*, Vol. 22, pp. 313-345.