

Utilización de la Simulación para el Rediseño de la Sección de Montado y Zona de Expedición de una PYME (Aux. Sector Calzado).

Alejandro Rodríguez Villalobos¹, Francisca Sempere Ripoll², Raúl Poler Escoto³

¹ arodriguez@omp.upv.es

² fsempere@omp.upv.es

³ rpoler@omp.upv.es

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI; Pza. Ferrándiz Carbonell, 2; 03801 ALCOI

RESUMEN

Este artículo refleja una actuación de Acción-Investigación, en la cual el CIGIP colabora con una PYME cuya actividad se centra en el diseño, producción y montaje de envases de cartón destinados principalmente al Sector Calzado de Elche (Alicante). Una vez modeladas las distintas alternativas propuestas para la distribución en planta de la sección de montado se ha utilizado la simulación para realizar el análisis del proceso de gestión de pedidos y valorar cada una de las propuestas. Las conclusiones del estudio han ayudado positivamente en la toma de decisiones del proceso de cambio en el cual está involucrada la empresa.

1. Introducción.

Las distintas actividades de colaboración entre el "Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de Producción" (CIGIP) con empresas de diversos sectores (calzado, juguete, textil, confección, automóvil, mueble, alimentación) ubicadas principalmente en la Comunidad Valenciana, fundamentalmente a través de Convenios específicos de Formación e Investigación y Desarrollo, conducen a la observación de áreas de interés para los miembros del CIGIP, tanto en su vertiente Docente (principalmente en Ingeniería de Organización) como Investigadora.

Este tipo de actuaciones Acción-Investigación, potencian la transmisión de conocimiento entre la Universidad y el Entorno, la mejora de la competitividad de las empresas de la zona, así como la implantación y el desarrollo de nuevas tecnologías y herramientas de gestión e ingeniería de producción.

1.1 Alcance del estudio.

El objeto de este estudio es proporcionar una herramienta de ayuda a la toma de decisiones para la determinación de la distribución en planta más adecuada para la nueva sección de montado de envases (manual y automático) y zona de expedición de una PYME^{*}, cuya actividad se centra en el diseño, producción y montaje de envases de cartón destinados principalmente al Sector Calzado de Elche (Alicante).

El modelado y simulación de la sección de montaje y su almacén ha permitido conocer el funcionamiento del sistema y poder determinar de entre los distintos aspectos que afectan a la problemática actual de la misma, los relativos a la distribución en planta y los relativos al actual proceso de gestión de pedidos.

^{*} El presente artículo es el resultado de la participación de sus autores en un convenio de investigación con financiación privada. Por razones de confidencialidad se omite el nombre de la empresa, así como ciertos datos del estudio.

1.2 Fases del estudio.

En este artículo quedan reflejadas las distintas fases en las que se ha realizado el estudio:

- a) Labores de campo: Recopilación de información necesaria del sistema actual, y entrevistas a los usuarios
- b) Análisis de la situación y problemática actual. Definición de objetivos y parámetros de medición
- c) Generación de alternativas de distribución en planta
- d) Modelación de las distintas alternativas propuestas
- e) Simulación del sistema actual y análisis
- f) Generación de recomendaciones y conclusiones del estudio

De las cuales, dada su importancia, se presta mayor detalle en la redacción del artículo a las fases b, d, e y f.

1.3 Herramienta.

La simulación de procesos industriales ha venido utilizándose a lo largo de los últimos años [1] [2] como una técnica capaz de modelar sistemas complejos. Al mismo tiempo, la visualización del comportamiento del modelo permite una transmisión de conclusiones, acerca del sistema modelado, hacia personal no experto en la materia. En definitiva, un empresario confía con más facilidad en modelos que simulen la realidad construidos a partir de parámetros y fórmulas fácilmente identificables dentro del sistema real, que en modelos matemáticos que, con toda seguridad, pueden ofrecer la misma o mejor calidad en las conclusiones, pero que resultan más complicados de entender y necesitan de un conocimiento previo en la materia.

Principalmente para el presente estudio se ha utilizado el software de simulación WITNESS (Lanner Group); que aunque no es una herramienta nueva en el mercado, sigue siendo desconocida para muchas PYME o carecen de personal cualificado para su utilización [3].

2. Desarrollo del estudio.

2.1 Problemática inicial.

El estudio se inicia realizando labor de campo correspondiente a la recopilación de datos, mediante entrevistas con los responsables en la empresa y encargados de las secciones de: Montado Automático y Manual, Almacén de cajas montadas y Expedición. Se recopiló toda la información necesaria para conocer los objetivos y restricciones aplicables a la gestión del mismo así como las necesidades actuales y futuras de espacios.

El procesamiento de los datos obtenidos en la labor de campo da lugar a la definición de las distintas áreas a ubicar en la nueva superficie (empresa en expansión) para albergar las secciones de montaje (automático y manual), el almacén de cajas montadas y zona de expedición. Se distinguen por tanto, las siguientes áreas: dobladillo, montaje automático, montaje manual, almacén, y expedición.

El análisis de la situación inicial de la empresa, refleja cierta discordancia con los intereses reales de la empresa:

- Almacenamiento en bloque de productos diferentes (unos obstruyen a otros)

- Invasión de zonas de transporte, obstaculizando operaciones de manutención
- Fabricación predominantemente contra almacén
- Desaprovechamiento y congestión de la superficie destinada a producto terminado
- Falta de espacio, almacén completamente saturado
- Mayor necesidad de carros como elementos de manutención y almacenaje
- Tamaño de los carros inadecuado a la unidad de carga (los tamaños de las cajas han aumentado en los últimos años mientras que las dimensiones de los carros se han mantenido)
- Gran diversidad (geometría y volumen variable) y estacionalidad del producto
- Carencia de control de inventario
- Incertidumbre en la demanda
- La estimación como única base de previsión de ventas
- Pedidos urgentes de grandes lotes de distintos tamaños de cajas
- Fabricación y expedición urgente
- Empresa en proceso de cambio (ampliación y traslado de instalaciones)
- Geometría irregular de la nueva superficie (ampliación de nave adaptada al terreno)
- Necesidad de una asesoría externa como mediador en la toma de decisiones

2.2 Definición de objetivos y parámetros de medición.

Tras este diagnóstico de la empresa, y con su activa participación, se definieron los objetivos del estudio. También se determinó una sucesión de tareas a realizar y los parámetros a utilizar para la evaluación de las diferentes alternativas y propuestas.

Dentro de este convenio de colaboración, no sólo se desarrolló una simulación, sino que fue necesario realizar una serie de tareas y estudios que complementan y se interrelacionan con los resultados de la simulación. En este sentido cabe mencionar:

- Análisis del histórico de pedidos (estacionalidad, previsión, demanda sobre capacidad, etc.).
- Clasificación ABC de productos según: cantidad, frecuencia, pedido medio, volumen manipulado, cliente,
- Estudio de la sectorización, vías de acceso y pasillos
- Cálculo de la superficie necesaria en cada zona de almacén
- Determinación de la unidad de carga y paletizado
- Determinación de las alturas de apilado
- Determinación del tamaño óptimo de carro
- Estudio de la cantidad de carros necesarios
- Desarrollo de planos informáticos detallados y acotados en planta y alzado de la nave

Tal y como se ha comentado, era objeto del trabajo realizar una simulación que permitiera conocer el funcionamiento real de la sección de Montaje y su Almacén, según diferentes propuestas de distribución en planta, así como realizar un análisis preliminar del proceso de gestión de pedidos en la sección de Montado. En la tabla 1 se muestran los parámetros elegidos para evaluar las alternativas de distribución en planta.

Almacenaje	Ocupación del almacén Aprovechamiento de espacio Rotación de los productos
Servicio	Tiempo medio de servicio Cumplimiento de plazos de entrega

Manutención	Movimientos internos entre zonas Distancia total recorrida
Productividad	Cola de pedidos a procesar Ocupación de máquinas

Tabla 1: Parámetros de valoración de alternativas.

Además de estos parámetros cuantitativos, en la simulación, generación y evaluación de las propuestas se tuvieron en cuenta otros parámetros cualitativos como: la accesibilidad a los productos almacenados, la seguridad para las personas, equipos y materiales, los requerimientos de crecimiento futuro de la empresa, las restricciones productivas y de secuencia de operaciones, la racionalización de los espacios, la facilidad de flujo, y el proceso de preparación de pedidos y expedición entre otros.

2.3 Generación de alternativas de distribución en planta.

A partir de toda la información recopilada y de la definición de objetivos y parámetros, se desarrollaron varias propuestas de distribución en planta. Sobre esta distribución hay que destacar aspectos como:

- Sectorización de la planta, en espacios claramente definidos para el almacén de producto terminado, producto en curso, zonas productivas, muelles y expedición, zonas de paso y estanterías
- Asignación de productos-clientes a zonas según el análisis del histórico y la clasificación ABC en base a diferentes criterios
- Racionalización y amplitud de los espacios productivos según las necesidades actuales y su posible crecimiento
- Definición de pasillos amplios adaptados a los requerimientos de los nuevos carros y con recorridos perpendiculares
- Ubicación de las máquinas de montado en paralelo y en la zona central de la nave para facilitar el flujo de los productos.
- Ubicación de la zona de montado manual cerca del muelle 2 y con puestos de trabajo enfrentados, posibilidad de crecimiento y espacio para estanterías
- Accesos suficientemente amplios en zonas de paso, oficinas, zonas de expedición, mangueras anti-incendios, entrada y salida de zonas de producción

2.4 Modelación de distintas alternativas.

Estas diferentes propuestas de distribución en planta se trasladaron como modelo informático al software de simulación. Para ello, se hizo uso de la información recopilada y la parametrización del sistema anteriormente expuesta. El modelo contempla aspectos como:

- Plano a escala con las distancias y recorridos reales
- Sectorización de la superficie total, dedicación de cada sector y ubicación de los productos, máquinas, etc.
- Máquinas de montado, y sección de montado manual. Teniendo en cuenta las diferentes capacidades de producción, tiempos improductivos, etc.
- Número de carretillas para la manutención
- Tiempos de carga y descarga de la carretilla
- Capacidad de carga media de la carretilla (número de cajas montada)
- Rutas de manutención, velocidades de desplazamiento con carro cargado y en vacío
- Número de operarios disponibles para la carga de camiones

- Tiempo de carga según volumen del camión para la expedición
- Disponibilidad de camiones
- Histórico de datos sobre pedidos (referencia, cantidad, fecha entrega, fecha pedido)
- Parámetros de valoración de alternativas



Figura 1: Modelo de simulación en Witness v.9. para una propuesta de distribución en la planta

Para la simulación del proceso de gestión de pedidos, se tuvieron en cuenta los siguientes supuestos generales:

- A la llegada de un pedido se comprueba si existen cajas ya montadas en almacén para ser asignadas de inmediato a dicho pedido. En el caso de déficit de cajas se lanza una orden de producción para fabricar la cantidad restante multiplicada por el *factor de fabricación* ($f=1.2$ implica un 20% de producción sobre la demanda)
- Cada pedido se asigna a la máquina con menor cola de trabajo (medida en tiempo, teniendo en cuenta la capacidad de cada máquina). En caso de que dos pedidos contiguos sean del mismo código de caja, el segundo pedido se asigna a la misma máquina que el primero
- Los carros para almacenar las cajas producidas cargan 480 cajas por viaje
- Cada carro selecciona el almacén con mayor capacidad residual en volumen. De este modo se mantiene un consumo de volumen relativo de almacenes constante
- Los carros para extraer las cajas del almacén, seleccionan el almacén que maximice su carga (hasta el máximo de 480 cajas)
- Se dispone de 2 operarios de carga de camiones
- Se disponen de 3 camiones de carga con una capacidad de 4000 cajas (según su volumen medio)
- El tiempo de servicio se registra como la diferencia entre la llegada del pedido y la finalización del pedido en el muelle de expedición

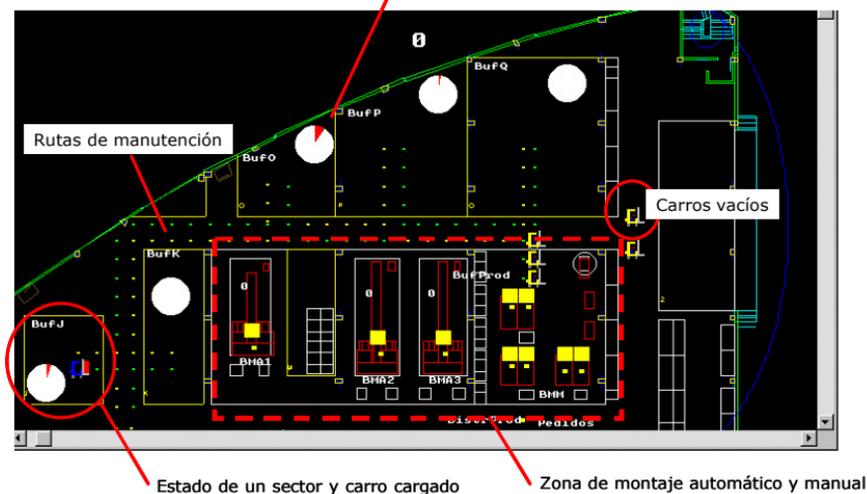


Figura 2: Algunos detalles del modelo

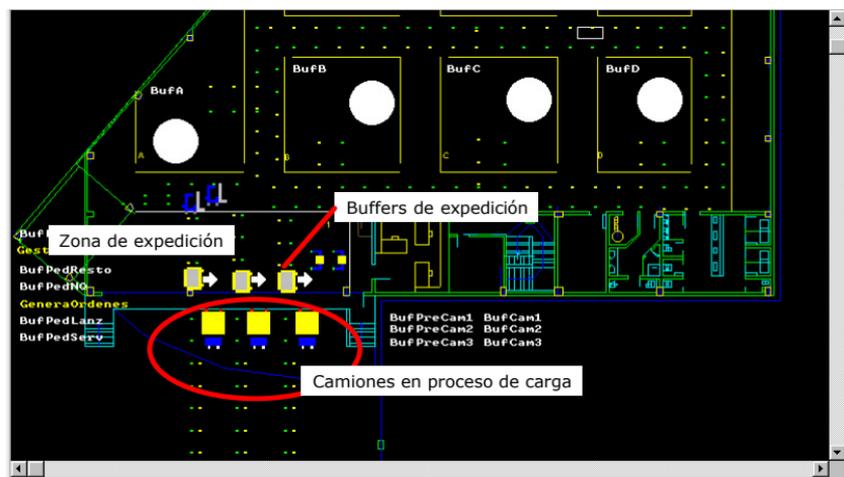


Figura 3: Detalles de la zona de expedición

2.5 Simulación y Análisis.

La simulación se realizó para cada una de las propuestas de distribución en planta. Utilizando como datos de entrada, el histórico real de pedidos de 13 meses de duración. Para cada una de las propuestas se simuló dos supuestos del *factor de fabricación*: $f = 1$ (se fabrica exactamente lo que se demanda, no se fabrica anticipadamente contra almacén); $f = 1.3$ (se fabrica un 30% más de lo que se demanda).

Posteriormente se analizaron los resultados de cada una de las propuestas y escenarios de fabricación, y atendiendo a los parámetros de valoración se desarrolló un informe para la empresa con las recomendaciones y conclusiones del estudio.

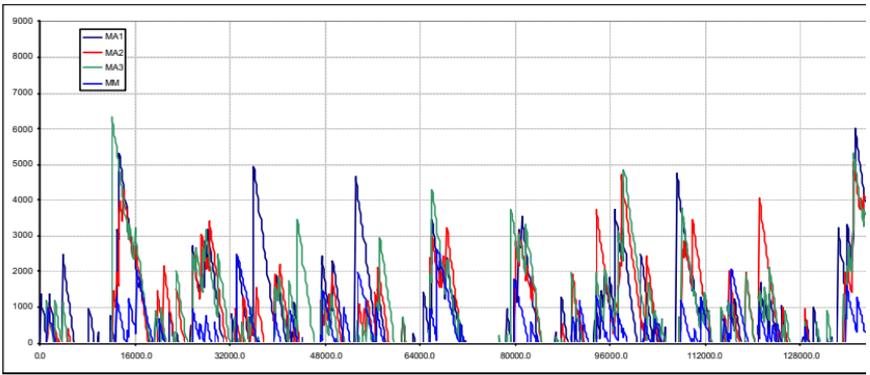


Figura 4: Evolución de las colas de entrada a los procesos de montaje

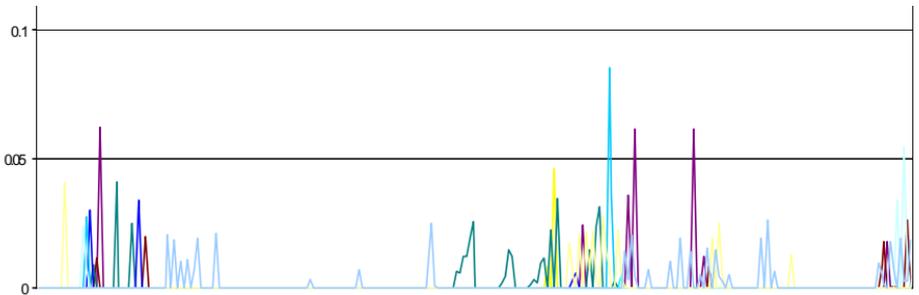


Figura 5: Evolución de la ocupación de los almacenes

3. Conclusiones.

1. La planta de montaje tiene espacio suficiente para el proceso actual de montaje de cajas y sus próximas ampliaciones. La zona de almacén es más que suficiente para asumir la capacidad productiva actual. Con nuevos métodos de gestión de pedidos y planificación de la producción se pueden reducir considerablemente los niveles medios de stock, sin por ello aumentar el plazo de entrega de producto terminado al cliente.
2. El nuevo tamaño de carro propuesto se considera beneficioso para la mantención de la planta de montaje. Este nuevo tamaño de carro reducirá el número de recorridos del proceso de expedición.
3. Del análisis resultante de la capacidad de la sección de montaje frente a la demanda real de cajas montadas, se deduce que la mayoría de pedidos registrados al día están por debajo de la capacidad productiva de la sección; por lo que con un adecuado rediseño del proceso de gestión de pedidos, la sección de montaje podría llegar a montar todos los pedidos por día (just in time), reduciendo considerablemente los stocks de producto acabado.
4. Analizando los artículos se ha determinado que tanto el tamaño de lote de los pedidos como la frecuencia de los mismos, se mantiene constante en períodos determinados del año; y que sólo el 25% de los artículos supone el 80% de los pedidos recibidos, se recomienda un seguimiento detallado de al menos este 25% de artículos para recoger la información necesaria para la planificación y mejora de la gestión de la sección de montaje.

6. En función de la bondad del criterio utilizado en la asignación de zonas, y la clasificación de los sectores en las zonas ABC, se facilitará la localización y expedición de los productos terminados, reduciendo el tiempo total de servicio (mejora de la respuesta al cliente); reducción del coste de manutención o de los recursos necesarios (camiones, carros, operarios); reducción considerable de los recorridos de manutención para expedición; incremento de la rotación de los productos y por tanto acortamiento del ciclo de explotación; racionalización del uso de los almacenes reduciendo el coste de almacenaje; facilitación en la detección de posibles incidencias en la planificación de la producción, y en la gestión de almacenes. Con la reubicación adecuada (acercamiento a expedición) de un 20% de las referencias se puede reducir hasta en un 80% el tiempo de expedición.

Se propuso el establecimiento de una política y gestión clara en este aspecto, pudiendo utilizar para ello los parámetros y procedimientos de cálculo propuestos.

Se concluye también que, aunque la producción de un porcentaje de pedidos contra stock proporciona ciertas ventajas, la producción exclusivamente contra pedido mantiene un tiempo medio de servicio menor. La diferencia en el porcentaje de utilización de máquinas a favor de la segunda opción se reduciría a un valor nulo a largo plazo, debido a que el supuesto de producción es el mismo en ambos casos. A la vista de los resultados, se propone un análisis en profundidad de las implicaciones de trabajar en modo JIT. Para dicho análisis debería tenerse en consideración factores como la disponibilidad de semielaborados, la racionalización de los lotes de pedidos de los clientes, etc.

En relación al proyecto descrito en este artículo quedan, para futuras investigaciones, los siguientes puntos:

1. Análisis de las particularidades de cada referencia en cuanto a periodicidad del pedido y su tamaño, con la finalidad de definir reglas de cálculo del lote más adecuado de producción (cálculo del *factor de producción*).
2. Diseño e implementación de un sistema de monitorización en tiempo real de los almacenes, que ofrezca soporte a la toma de decisiones en la ubicación.
3. Diseño e implementación de un sistema de decisión acerca del tamaño de lote a lanzar a partir del estado del almacén y las características de los pedidos.
4. Diseño e implementación de un sistema para la gestión de la distribución en planta de los almacenes, con capacidad para ofrecer alternativas frente a variaciones en los patrones de demanda o de tipología de producto a almacenar.

Referencias

- [1] Ros L., Lario F.C., Vicens E., Ortiz A., and Poler R. (1995) "Simulation of Hierarchical Manufacturing Models with G.T. Support" INRIA/IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA'95, Paris
- [2] Colsmán R.; Ortiz A.; Poler R.; Ros L.; Lario F. "Design of a simulation model automatically from a given database and its simulation runs." *EUROSIM Congress '95, Viena*
- [3] Bautista Valhondo, J. "Fundamentos de Simulación con Witness", CPDA- ETSEIB, 1999, Barcelona