

Profundizando en la fabricación de puertas y de sus operaciones

1 Nota Preliminar

El caso que se presenta complementa el caso presentado en (Maheut et al., 2021). Esta segunda parte del caso tiene dos aspectos importantes:

- En un primer lugar, se comparten datos verosímiles, pero no reales sobre los diferentes costes de la empresa en el proceso de fabricación de las nuevas puertas.
- En segundo lugar, se propone una aproximación para resolver el problema de programación de producción de las puertas especiales en la segunda nave.

Como la empresa necesita el diseño de una herramienta de programación de producción y que esta problemática tiene cierta complejidad, es oportuno consultar la revisión de la literatura de Andrés Romano y Maheut (2018) para un mejor entendimiento de los diferentes enfoques existentes.

2 Aproximación al problema de programación de producción

2.1 Aproximación a la situación real

Un esquema representando las diferentes etapas del proceso y algunos datos de capacidades, velocidades y capacidades se presenta en la Fig. 1.

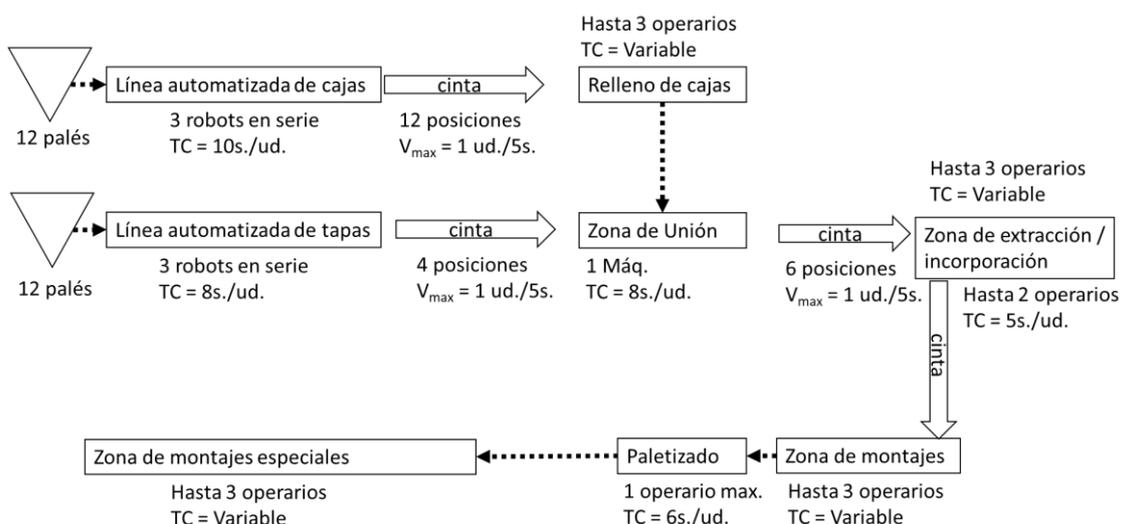


Fig. 1 Esquema de la línea de fabricación de puertas especiales

Cada línea automatizada, tanto de cajas como de tapas, está formada por un conjunto de 3 robots. El primer robot en cada línea coge automáticamente una plancha sobre uno de los 12 palés ubicados en la zona que le corresponde. Existen tiempos de ajustes cuando hay cambios de formato, pero se despreciarán para simplificar la resolución.

Las puertas de Andrés – Parte 2

El relleno de cajas es un proceso altamente manual. Hay espacio necesario para asignar hasta 3 operarios en la zona. Cada variante de puerta implica un tiempo unitario total de montaje diferente en función del tipo de relleno, del tipo de ventilación, del tipo de cerradura entre otros parámetros. La carga es bastante variable pues entre dos puertas diferentes. Cada operación puede realizarse por un único operario, pero también puede hacerse por 2 o 3 personas. Existen unos tiempos mínimos (Tiempo de Valor Añadido) constantes y unos tiempos de valor no-añadido proporcional al número de operarios asignados. Estos suplementos de tiempos se introducen en Tabla 1.

Tabla 1 Datos de incrementos de tiempos de trabajo total sobre el valor del tiempo de valor añadido.

Nº de operarios	% de Tiempo suplementario de Valor no-añadido
1	7%
2	15%
3	25%

Básicamente, a modo de ejemplo, esto significa que si el llenado de una puerta cuesta 100 segundos (por poner un ejemplo), con un trabajador, el tiempo total será de 107 segundos, pero si se realiza por dos personas necesitaremos 115 segundos y si se hace por tres personas, entonces serán necesarios 125 segundos en total. Estos tiempos se podrán distribuir de manera equilibrada entre cada trabajador.

La unión es un proceso automático de duración fija.

En la zona de extracción/incorporación hay un operario que es capaz de extraer una puerta en 5 segundos. También le costaría 5 segundos colocar otra.

En la zona de montaje, ocurre lo mismo que en la zona de llenado con los mismos datos de incrementos.

Hay puertas que deben pasar por montajes especiales sí o sí dependiendo de los tipos de accesorios a montar en la puerta. También es posible realizar en la zona de montajes algunos montajes especiales, aunque esto es una decisión del jefe de producción a priori.

Podemos considerar diferentes objetivos relevantes:

- Es importante maximizar la productividad de la línea debido a la creciente demanda.
- También nos interesa minimizar los costes de mano de obra.
- Finalmente, y desde la óptica de los clientes, también deberíamos minimizar el *completion time máximo (Cmax)* de piezas pintadas (que se incorporan a la línea, así como su extracción). Esto es, debemos de acabar cuanto antes todas las piezas pintadas.

2.2 Aproximación a la situación real

Para simplificar el problema, se propone en la Fig. 2 una simplificación del proceso productivo.

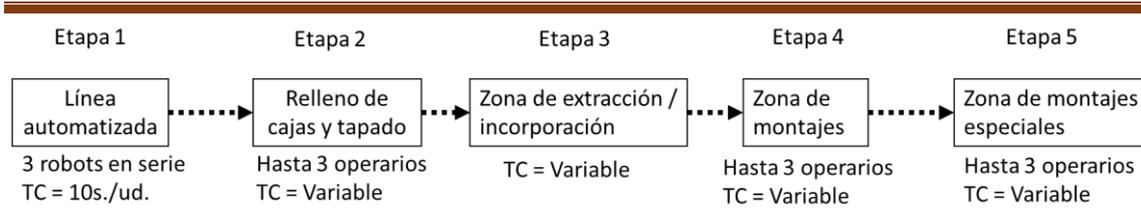


Fig. 2 Propuesta de simplificación del proceso productivo.

A partir de esta simplificación, podemos asumir que el caso a resolver es un taller de flujo de permutación (todos los trabajos siguen la misma secuencia en todas las etapas) con las características siguientes:

- Los lotes de fabricación son los ordenes de fabricación (OF). No se pueden agrupar varias OFs.
- Las OFs no se pueden dividir.
- Una OF no puede pasar a la etapa siguiente hasta ser completada en su etapa.
- No se consideran buffers entre las diferentes etapas (capacidad de almacenamiento nula entre etapas). Por lo tanto, tenemos que se trata de un problema con blocking (la OF se bloquea en su etapa si en la etapa siguiente la OF no se ha completada).
- Los tiempos de procesamiento en las etapas dónde el número de personas es variable se da para la asignación de un único operario en cada etapa.
- En caso de asignar a más operarios, la asignación será fija para un día completo.
- Un día completo implica 6 horas efectivas de trabajo.

Los stakeholders de la empresa tienen ciertos criterios para evaluar la bondad de una solución y la finalidad que debería tener la herramienta. El director de producción y de operaciones quiere que, dada una cartera de OFs, seamos capaces de secuenciar todas las OFs, pero también deberíamos de poder planificar cuantas personas se debería asignar en cada una de las etapas.

Una buena solución se mediría según diferentes dimensiones. De todas ellas, las más importantes para la empresa (no necesariamente en este orden) son: minimizar el Cmax de todas las OFs, minimizar el Cmax de los productos con pintura y maximizar el uso de los recursos humanos asignados.

Como ayuda al diseño de una herramienta de resolución, se ha definido una herramienta para generar instancias del problema, tal y como se muestra en la siguiente pantalla. De este modo, podremos generar instancias y podremos usarlas para evaluar el comportamiento de nuestras herramientas para resolver el problema. (Fig. 3). Esta herramienta se adjunta en la URL del caso.

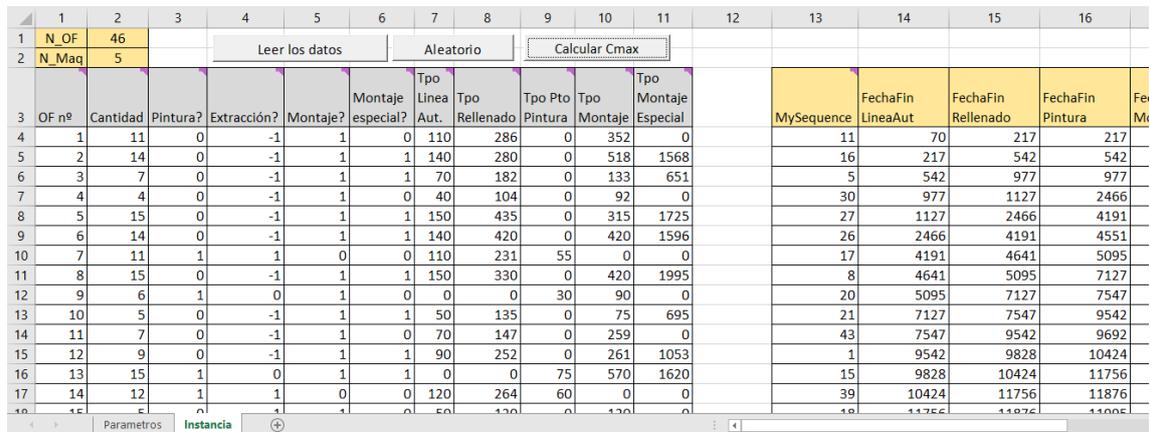
	1	2	3	4	5	6	7
1		Rango Min	Rango Max	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Generar Instancia</p> <p>@Julien Maheut:</p> <p>1) En esta hoja, se plantea la posibilidad de generar nuevas instancias para poder testear la robustez de los algoritmos diseñados.</p> <p>2) Cada campo tiene asignado un comentario para describir su interés.</p> <p>3) Pulsando el botón, se borará la instancia actual existente (Borrando TODO el contenido) y se escribirá una nueva.</p> </div>			
2	Nº de OF [ud.]	10	50				
3	Tamaño de OF [ud.]	1	16				
4	Tiempo Chapa [sec./ud.]	10	10				
5	Tiempo Rellenado [sec./ud.]	20	30				
6	Tiempo montaje [sec./ud.]	15	40				
7	Tiempo montaje especial [sec./ud.]	90	140				
8							
9		Ratio					
10	% Piezas pintadas	15%					
11	% Montaje especial	50%					

Fig. 3 Hoja donde se genera una instancia nueva de ordenes de fabricación a secuenciar.



Las puertas de Andrés – Parte 2

Cuando se genera una instancia, en la hoja “Instancia” de dicho libro MS Excel®, se genera la información según se muestra en la Fig. 4.



OF n°	Cantidad	Pintura?	Extracción?	Montaje?	Montaje especial?	Tpo Linea Aut.	Tpo Rellenado	Tpo Pto Pintura	Tpo Montaje	Tpo Montaje Especial	MySequence	FechaFin LineaAut	FechaFin Rellenado	FechaFin Pintura	FechaFin Especial
1	11	0	-1	1	0	110	286	0	352	0	11	70	217	217	
2	14	0	-1	1	1	140	280	0	518	1568	16	217	542	542	
3	7	0	-1	1	1	70	182	0	133	651	5	542	977	977	
4	4	0	-1	1	0	40	104	0	92	0	30	977	1127	2466	
5	15	0	-1	1	1	150	435	0	315	1725	27	1127	2466	4191	
6	14	0	-1	1	1	140	420	0	420	1596	26	2466	4191	4551	
7	11	1	1	0	0	110	231	55	0	0	17	4191	4641	5095	
8	15	0	-1	1	1	150	330	0	420	1995	8	4641	5095	7127	
9	6	1	0	1	0	0	0	30	90	0	20	5095	7127	7547	
10	5	0	-1	1	1	50	135	0	75	695	21	7127	7547	9542	
11	7	0	-1	1	0	70	147	0	259	0	43	7547	9542	9692	
12	9	0	-1	1	1	90	252	0	261	1053	1	9542	9828	10424	
13	15	1	0	1	1	0	0	75	570	1620	15	9828	10424	11756	
14	12	1	1	0	0	120	264	60	0	0	39	10424	11756	11876	
15	5	0	-1	1	0	50	120	0	120	0	18	11756	11876	11905	

Fig. 4 Pantallazo de la hoja de Instancia

3 Datos complementarios sobre costes

De la misma manera que en el caso Frostrol (García Sabater et al., 2020), se adjuntan datos relativos a los costes de la empresa para evaluar la viabilidad económica del proyecto de nuevas puertas SMART. Los datos actualizados se adjuntan en la URL del presente caso.

En la Tabla 2, la

Tabla 3, la Tabla 4 y la Tabla 5, se presenta una propuesta de datos.

Tabla 2 Datos generales de la empresa

	Datos
Portes Nacionales por unidad	10,00 €
Portes internacionales por unidad	50,00 €
Precio objetivo	90,00 €
Margen bruto mínimo	20%
Coste estructura (% del Precio venta)	10%
Demanda diaria en escenario pesimista	250,00
Demanda diaria en escenario esperado	600,00
Demanda diaria en escenario optimista	900,00
Demanda diaria en escenario idílico	1.200,00

Tabla 3 Costes internos de la empresa

Parte de la puerta	Tarea	Porcentaje	Coste por unidad	Coste diario	Coste anual [Coste empresa]
HOJA	Mermas en hojas	5,00%	10,00 €		
MARCO	Mermas en marco	1,00%	5,00 €		
OTROS	Jefe de equipo	50,00%		250,00 €	
OTROS	Técnico de mantenimiento	8,00%		175,00 €	
OTROS	Operario de línea	100,00%			30.000,00 €
PUERTA	Reclamaciones	0,50%	120,00 €		

Tabla 4 Costes de la maquinaria

Maquinaria	Coste horario	Inversión	Horas por año	Vida util (años)
Matrizado1 - Manual	100,00 €	10.000,00 €	1.300	10
Matrizado2 – automático con Robot	120,00 €	50.000,00 €	1.300	10
Mesa de apoyo	- €	3.000,00 €	1.300	10
Máquina de pegado	150,00 €	250.000,00 €	1.300	10
Matrizado de perfiles	70,00 €	10.000,00 €	1.300	10
Soldadora de bisagras	50,00 €	10.000,00 €	1.300	10
Estación de montaje de marco	- €	5.000,00 €	1.300	10
Flejadora	30,00 €	30.000,00 €	1.300	10

Las puertas de Andrés – Parte 2

Tabla 5 Costes de materiales de la puerta

Parte de la puerta	Item	Cantidad por producto final	Unidad de medida	Coste total por unidad de medida
HOJA	Plancha Caja	1	ud	5,00 €
HOJA	Plancha Tapa	1	ud	5,00 €
HOJA	Cerradura	1	ud	2,60 €
HOJA	Manivela	2	ud	0,20 €
HOJA	Cuadradillo	1	ud	0,30 €
HOJA	Pasador	2	ud	0,01 €
HOJA	Escudo	2	ud	0,20 €
HOJA	Cilindro	1	ud	2,00 €
HOJA	Bisagras Hoja	2	ud	0,30 €
HOJA	Tornillos bisagra	6	ud	0,09 €
HOJA	Remache soporte interior bisagra	2	ud	0,02 €
HOJA	Panel de cartón interior	1,6	m ²	0,40 €
HOJA	Brida	1	ud	0,01 €
HOJA	Cantoneras	1	ud	0,02 €
HOJA	Disolvente	0,013	litros	0,90 €
HOJA	cola	0,1	kg.	6,70 €
HOJA	Disolventes específico limpieza	0,0002	litros	10,00 €
HOJA	Disolvente específico	0,015	kg.	6,00 €
HOJA	Disolvente específico	0,02	kg.	6,00 €
MARCO	Salvapicaportes	1	ud	0,10 €
MARCO	Fleje marco	5	kg.	0,90 €
MARCO	Garras	0,3	kg.	0,60 €
MARCO	Riostra	0,4	kg.	0,50 €
MARCO	Tapon Bisagra	4	ud	0,01 €
MARCO	Eje Bisagra	2	ud	0,05 €
MARCO	Bisagras Marco	2	ud	0,15 €
MARCO	Pintado del marco	1	ud	1,20 €
PALÉ	Palet	1	ud	8,00 €
PALÉ	Film de plástico	1,8	kg.	1,50 €
MARCO	Pieza esquinera marco	2	ud	0,50 €
MARCO	Pieza pata marco derecha	1	ud	0,25 €
MARCO	Pieza pata marco izquierda	1	ud	0,30 €
HOJA	Grapas	2	ud	0,10 €
HOJA	Tornilla cerradura	2	ud	0,01 €
HOJA	Refuerzo interior bisagra	0,1	kg.	1,00 €
PALÉ	Cantoneras laterales	18	ud	0,08 €

4 Referencias

Andrés, C. and Maheut, J. (2018). Secuenciación con almacenes limitados. Una revisión de la Literatura. *Dirección y Organización*. <https://doi.org/10.37610/dyo.v0i66.533>

García Sabater, J. P., García Sabater, J. J., Maheut, J. P. D., Perelló Marín, M. R., Carrascosa López, C. E., Asencio Martínez, A., Rueda Armengot, C., Jordá Rodríguez, M. A. and Andrés Bello, J. (2020). *Diseño Empresa Muebles Frigoríficos*. <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/155897>

Maheut, J. P. D., Andrés Bello, J., Andrés Romano, C. and García Sabater, J. P. (2021). *Diseño de una planta de fabricación de puertas y de sus operaciones*. <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/177274>

