
Diseño de una planta de fabricación de puertas y de sus operaciones

1 Nota Preliminar

La empresa “Las puertas de Andrés” (¡¡¡mil gracias!!!) nos aportó unos datos que fueron manipulados para mantener una cierta confidencialidad.

Los datos originales no eran completos (nunca lo son) ni completamente consistentes (no pueden serlo pues se consiguen en momentos diferentes).

Las diferentes reuniones mantenidas con la empresa y su director de Operaciones, ha concretado algunas cosas y ha consolidado otras. Ahora disponemos de otro juego de datos que es también incompleto e incoherente, es además incierto (lo cual por otro lado es lo habitual).

Eso significa que, en el trabajo cada grupo deberá establecer sus hipótesis. Tened en cuenta pues que:

- 1) Al plantear hipótesis, surgirán alternativas: elegid las más sencillas de entre las razonables.
- 2) Se deben escribir/describir y analizar las implicaciones que tienen.
- 3) Se deben fundamentar en algo (por ejemplo: apuntes de tecnología mecánica, vídeos en youtube o manuales de instrucciones).
- 4) Se deben validar (mostrar en el desarrollo que la hipótesis no conduce a mayores incoherencias y que dan sentido al todo).

Por tanto, a lo largo del proceso de diseño se podrán solicitar clarificaciones en los datos. Para ello habrá que demostrar que una variación menor en los datos afecta de modo relevante al resultado final. Este caso está pensado para ser resuelto en grupos de 4 pero puede ser resuelto individualmente.

2 Introducción al caso

2.1 Introducción a la empresa

“Las puertas de Andrés” (PUDA) es una empresa familiar, mediana, de la comunidad valenciana, con más de 200 trabajadores en total. Se dedica al diseño y fabricación de puertas. En sus inicios, la empresa de carpintería valenciana destacaba por ser una carpintería de puertas de acero ensambladas, puntera tanto en diseño como en su propio montaje. Sin embargo, en la actualidad, la empresa ha diversificado tanto la gama de productos ofrecidos como sus procesos productivos para acoplarse a los precios fijados y a las prestaciones (antifuego por ejemplo) de las puertas.

Las puertas de Andrés

2.2 La gama de productos

Las principales familias de puertas que se fabrican son:

- Familia de puertas ensambladas, la estándar (e histórica) de la empresa.
- Familia de puertas cortafuegos (tanto estándar como especiales).
- Familia de puertas de entrada de vivienda y oficinas.
- Familia de puertas rodas (puertas cortafuegos correderas de grandes dimensiones).
- Familia de puertas registros (registros metálicos cortafuegos y normales)

Independientemente de la familia, existen cierta estacionalidad en las ventas (Fig. 1).

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
%	8,79%	7,85%	9,64%	8,09%	8,62%	12,08%	8,96%	2,33%	10,06%	9,35%	8,35%	5,89%

Fig. 1 Distribución de las ventas mensuales a lo largo de un año

2.3 Los clientes y proveedores

En la actualidad, la empresa tiene diferentes tipos de clientes. Por un lado, está el “retail” (grandes distribuidores de puertas tanto nacionales como internacionales) donde la empresa abastece a empresas de distribución como “El Rey Merlin” o “El depot de Bricolaje”. Obviamente, para estos clientes, los pedidos son de catálogo (estándares) pero a veces, también tienen que realizar productos personalizados.

Otra parte de la clientela de la empresa la conforman promotores de grandes obras, empresas de cerramientos de seguridad. Con estos clientes, los pedidos suelen ser totalmente personalizados acorde a la tipología de obra y de los requisitos del cliente final de la obra.

Para poder montar todas sus puertas, son necesarios muchos componentes y provienen de una base de proveedores bastante amplia. Los proveedores de la empresa pertenecen mayoritariamente al sector siderúrgico para los componentes como las planchas, bobinas, flejes, etc. El segundo tipo de proveedores más importante es aquel de accesorios para puertas (cerraduras, manillarías, cierrapuertas, juntas, etc.). Obviamente, otros proveedores secundarios son necesarios como los proveedores de pintura, los proveedores de relleno de puertas (yeso laminado, lana de roca, polioles, etc.), los proveedores de polímeros y adhesivos, así como los proveedores de embalajes.

2.4 La tecnología

Los procesos para fabricar una puerta suelen tener diferentes fases: la recepción de la MP, la transformación de la chapa metálica (cizalla, matrizado, plegado), la parte de llenado (pladur, lana de roca, poliuretano, etc.), el tapado (que se realiza antes del llenado si se utiliza poliuretano) y por último el acabado y almacenaje de producto final.

En la actualidad, la empresa trabaja a un turno productivo de ocho horas. Durante este turno, los empleados tienen un descanso de treinta minutos para almorzar durante el turno de la mañana.

3 Descripción de los procesos productivos

3.1 El proceso de las puertas ensambladas

Cada familia de puertas tiene procesos específicos en la actualidad. En el caso de las puertas ensambladas, el proceso es independiente de las dos posibles alturas del producto (1990 y 2090mm), de los dos largos posibles (790 y 890mm), o de los acabados distintos (Prelacado y Galvanizado).

El proceso de ensamblaje de las puertas ensambladas es la siguiente:

- Se cogen las planchas ubicadas sobre europalés de madera.
- Se troquelan los agujeros de la plancha para la parte exterior de la puerta
- Se doblan las esquinas
- Se monta el interior de la puerta
- Se realiza el ensamblaje de todas las piezas internas
- Se coloca la tapa de la puerta y se fijan con tornillos
- Por lotes, se colocan las puertas en la maquina prensadora. Se le inyecta poliuretano dentro y se deja expandir durante un tiempo.
- Una vez pasada la maduración, se montan las bisagras, así como los diferentes elementos exteriores que quedan.
- Las puertas se colocan en alto sobre unos palés a razón de 12 puertas por palé.
- Se fija la posición de cada puerta atornillándola a una plancha de metal y se fleja el palé completo.
- Se lleva el palé a un almacén en el suelo con se puede apilar hasta 3 alturas.

Para fabricar una puerta ensamblada, se necesitan:

- 1 plancha base (llamada caja)
- 1 plancha lateral (llamada tapa)
- 1 unidad de caja de cerradura
- 2 unidades de inyectado de manivela
- 1 cilindro
- 2 bisagras
- 2 remaches de acero
- 1 salvapalanca
- 1 salvacerradura
- Una docena de clavo
- Unos 70 tornillos (autotaladrantes)
- 1 litro de isocianato
- 1 litro de poliuretano

Además de las puertas ensambladas, la empresa fabrica puertas llamadas Turia. Suelen tener alturas de 1990 o 2090mm.

En la segunda planta, se montan 3 tipos de puertas: puertas estándares, puertas corta fuego especial y puertas residenciales. En general, se tratan de pedidos especiales. Cada puerta suele tener una configuración diferente. Los colores son variables, puede haber diferentes tipos de rellenos, diferentes posiciones de bisagras y botones. Son productos a medida y conlleva una gestión compleja.

Las puertas de Andrés

La operación siguiente consigue en plegar los laterales de la caja. Coger la plancha, colocarla en el lateral grande (llamado también ala de la cerradura) y doblar implica 10 segundos. Girar la caja a 180° y hacer la misma operación en el otro lateral (ala de la bisagra) implica 10 segundos en total. Para la parte superior e inferior (las alas cortas), los tiempos son de 8 segundos y precisan de otra máquina para doblarla. Cada doblado se puede realizar en una máquina distinta o en varias máquinas. El tiempo de ajuste es de 15 minutos para cada máquina si se cambia la geometría de la puerta. Las tapas se tienen que colocar en carros con ruedas donde se pueden colocar hasta 125 unidades (Fig. 6).

Un remache y un refuerzo de bisagra se montan internamente con la ayuda de un destornillador y cuesta alrededor de unos 12 segundos en ser colocados.

Las cajas se colocan en vertical sobre un carro con ruedas hasta un máximo de 25 unidades (Fig. 7). Cada caja colocada en el carro cuesta 9 segundos ya que hay que colocar una grapa (separadora) para separar cada unidad y que no se dañen. Tanto los carros de caja como de tapa se van a un almacén cerca del proceso siguiente.



Fig. 3 Ejemplo de puerta SMART



Fig. 4 Almacén de planchas de acero



Fig. 5 Zona dónde se pliegan las cajas de puertas SMART



Fig. 6 Carro para tapas matrizadas

Las puertas de Andrés

El proceso siguiente implica la colocación del nido de abeja dentro de la caja. Para ello, un palé de papel doblado con formato de nido de abeja tiene que alimentar a una máquina pegadora (Fig. 8). Cada palé puede producir alrededor de 480 puertas (Fig. 9). Se expande el nido de abeja que se coloca en una cinta. Se calienta el nido de abeja para fijar su estado, se corta a la longitud establecida y se pone a través de rodillos un pegamento para que no se mueva cuando esté colocado en la caja.

Todo este proceso se realiza en continuo y la máquina tiene una velocidad lineal de 10 cm por segundo. Dos operarios son necesarios para colocar el nido en la caja. Uno coge la caja y la coloca debajo de los rodillos (10s) y otro ajusta la posición del nido (Fig. 11) que va cayendo (5s). Una vez colocado el nido, los operarios levantan la caja y la colocan en una mesa intermedia. Uno de los operarios coge y monta la cerradura (10 segundos) mientras que el otro operario debe coger la tapa y colocarla por encima de la caja (cuesta unos 15 segundos) (Fig. 10). Esta operación se debe hacer menos de 60 segundos después de aplicar el pegamento para que sea efectivo (Fig. 13). Una vez fijada, los operarios levantan el conjunto y colocan la caja montada en una prensa de rodillos para asegurar que el pegamento actúe (7 segundos). La caja montada y prensada se coloca en un carro donde caben 36 unidades (Fig. 15). El proceso anterior de colocación del nido y de prensado se podría llevar a cabo con un robot kobot. La inversión necesaria sería de unos 100k€ pero la colocación de la cerradura es un proceso manual que no se podría automatizar.

La realización del marco es otro de los puntos clave del proceso de fabricación de la puerta. Para ello se necesita unos perfiles de acero galvanizado (con el mismo acabado que la puerta). El perfil inferior (riostra) y el perfil superior (anchura) se unen a los perfiles laterales (llamadas alturas) con unas piezas de unión. Estas piezas de unión se llaman patas para la parte inferior y escuadras de unión para la parte superior. Varios elementos se tienen que atornillar como las garras, las bisagras, o las cantoneras.

Las piezas metálicas del marco se fabrican internamente. Todos los perfiles se matrizan a partir de bobinas de acero de anchuras distintas en función de la pieza fabricada (Fig. 14). Cada bobina suele permitir la fabricación de unas 200 piezas. Una bobina pesa unos 950kg. Una máquina de matizado suele tardar unos 2 a 3 segundos por cada 40 cm de perfil. El cambio de bobina suele tardar entre 5 y 15 minutos. Ajustar la máquina para un cambio de altura o de anchura suele costar unos 10 minutos. Ajustar la máquina para otro tipo de piezas suelen costar entre 20 y 40 minutos. Independientemente del producto o de su longitud, la máquina suele ser capaz de matizar unas 20 piezas por minuto. Los perfiles se tienen que colocar en racks de acero de 1,5 por 1,5m por 2m de alto donde caben unas 300 barras (Fig. 12). El número de piezas que cabe depende del producto.

Las alturas para bisagras tienen que ser procesadas en una máquina semiautomática de soldadura por punto. Primero se coge un refuerzo de bisagra que se coloca y suelda en la parte trasera (3 segundos). Después, se gira la pieza y se suelda las garras del marco en el otro lado. Si las piezas son galvanizadas, irán en un carro (de aproximadamente 300 piezas). Si las piezas son lacadas, irán en jaulas donde caben la mitad de las piezas (en comparación con un carro).

Primero se le coloca a la puerta las bisagras. Cada una precisa de 3 tornillos. Se pega el salvapaporte y se coloca la cerradura con 2 tornillos.



Fig. 7 Carro para cajas matrizadas y dobladas



Fig. 8 Maquina del nido de abeja



Fig. 9 Palé de la materia prima del nido de abeja



Fig. 10 caja de cartón con cerraduras

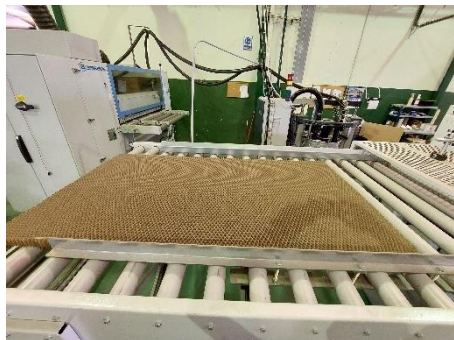


Fig. 11 El nido de abeja



Fig. 12 Rack con perfiles



Fig. 13 Zona de unión de tapa y caja (zona de indexado)



Fig. 14 Bobinas para perfiles

Las puertas de Andrés

El marco y la puerta se unen en otro proceso. Este se hace en 2 mesas en la actualidad. Se colocará el marco en una posición. A continuación, la hoja se coloca dentro y se colocarán los ejes de bisagra de las dos bisagras para la unión. La introducción del eje de la bisagra se hace en un proceso manual hasta mitad y después se utiliza un utensilio para fijarlo. Cada montaje implica un tiempo total de 220 segundos. Pueden trabajar tantos operarios como sean necesarios para reducir el tiempo de ciclo de la mesa en la actualidad.

Después, se tiene que paletizar los productos. Existen opciones a la hora de paletizar los productos. Se pueden colocar en vertical (Fig. 17) o bien se podrían apilar en horizontal (Fig. 16). Cada puerta pesa 22 kilos. Si se coloca en vertical, el producto se puede colocar en un palé a medida y caben 12 puertas. Si el producto se apila horizontalmente, se tendrá que colocar hasta 18 puertas en un palé de medidas especiales producido por la empresa.

En su almacén de productos terminados, la empresa utiliza un almacenamiento en bloque por palé hasta 2 alturas (Fig. 18).



Fig. 15 Carro para cajas montadas y pegadas

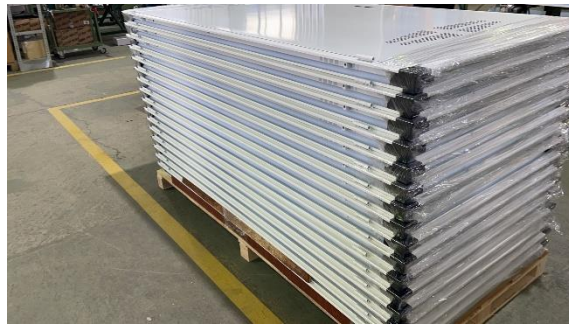


Fig. 16 Apilamiento en horizontal



Fig. 17 Apilamiento de palés con productos en vertical



Fig. 18 Palé con puertas apiladas en horizontal

Todos los productos se envían en el mercado nacional utilizando tráiler y en el mercado internacional con contenedores de tipo “high cube”.

La empresa te pide que les ayudes a diseñar el sistema productivo que necesitan.

Las puertas de Andrés

3.3 Datos de interés

3.3.1 Algunos datos generales

- El precio de venta de una puerta SMART oscilará entre 70€ y 90€
- Un europalé cuesta alrededor de 6€ la pieza y puede ser retornado.
- Un palé hecho a medida implica un coste (10€) considerando la MO y el material.
- El absentismo en el sector es alto (más de 15%)
- El almacén tiene una dimensión de 60 por 20 metros.
- En la máquina de cartón (nido de abeja), se necesita arrancar 30 minutos antes.
- Cada día, los operarios tienen que parar 1 hora para limpieza a final de la jornada.
- El producto SMART aún no se fabrica en volúmenes grandes. Apenas se trabaja actualmente 1 día a la semana en él.
- Los carros en los que se ponen las cajas y las tapas miden aprox. 2mx0,80m.
- Las planchas dependiendo de la anchura del paquete mide aprox. 2150x860 mm.
- El palé de cartón de nido de abeja mide 1000x1200 mm.
- La velocidad máxima de la máquina de cartón implica sacar un nido cada 45 segundos.
- Una prensa nueva para plegar una caja y una tapa independientemente tendría un tiempo de ciclo de 30 segundos por puerta y costaría unos 300k€. Mediría unos 6m por 3m con los brazos para cargar y descargar desde un palé.

3.3.2 Datos suplementarios de maquina

Maquina	Dimensiones
Matrizado1 - Manual	3m por 1.5m
Matrizado2 – automático con Robot	3m por 4m
Mesa de apoyo	3m por 1.5m
Máquina de pegado	8m por 3m
Matrizado de perfiles	4m por 2m
Soldadora de bisagras	2m por 1m
Estación de montaje de marco	2.5m por 2m

3.3.3 Datos suplementarios de operarios

Operario	Coste	
Operario de línea	30k€ al año	Horas efectivas por turno de 8h

3.3.4 Datos sobre la lista de materiales

Parte de la puerta	Item	Cantidad por producto final	Unidad de medida
HOJA	Plancha Caja (según formato)	1	ud
HOJA	Plancha Tapa (según formato)	1	ud
HOJA	Cerradura	1	ud
HOJA	Manivela	2	ud
HOJA	Cuadradillo	1	ud
HOJA	Pasador	2	ud
HOJA	Escudo	2	ud
HOJA	Cilindro	1	ud
HOJA	Bisagras Hoja	2	ud
HOJA	Tornillos bisagra	6	ud
HOJA	Remache soporte interior bisagra	2	ud
HOJA	Panel de cartón interior	1,6	m ²
HOJA	Brida	1	ud
HOJA	Cantoneras	1	ud
HOJA	Disolvente	0,013	litros
HOJA	cola	0,1	kg.
HOJA	Disolventes específico limpieza	0,0002	litros
HOJA	Disolvente específico	0,015	kg.
HOJA	Disolvente específico	0,02	kg.
MARCO	Salvavicaportes	1	ud
MARCO	Fleje marco	5	kg.
MARCO	Garras	0,3	kg.
MARCO	Riostra	0,4	kg.
MARCO	Tapon Bisagra	4	ud
MARCO	Eje Bisagra	2	ud
MARCO	Bisagras Marco	2	ud
MARCO	Pintado del marco	1	ud
PALÉ	Palet	1	ud
PALÉ	Film de plastico	1,8	kg.
MARCO	Pieza esquinera marco	2	ud
MARCO	Pieza pata marco derecha	1	ud
MARCO	Pieza parta marco izquierda	1	ud
HOJA	Grapas	2	ud
HOJA	Tornilla cerradura	2	ud
HOJA	Refuerzo interior bisagra	0,1	kg.
PALÉ	Cantoneras laterales	18	ud

3.3.5 Datos parciales sobre embalajes

Producto	Capacidad en piezas	Tipo de embalaje	Otra información
Bobina de cartón para Malla Nido de Abeja de 37.5mm de espesor	200 puertas	Europalé	
Garras	200 unidades por cajas	Cajas de 50cm por 30cm Cajas sobre un europalé	
Escuadra de Union			
Bisagras			
Patas inferiores			
Largo del marco (Barra)			
Corto alto del marco (Barras)			
Salvavicaporte			
Riostra			
Cantoneras			
Chapa para tapas de Acero DX51 Z100	300 unidades por palé		Espesor 0.5mm para Anchura Nominal 990 Espesor 0.45mm para el resto de las anchuras
Chapa para cajas de Acero DX51 Z100	300 unidades por palé		Espesor 0.5mm para Anchura Nominal 990 Espesor 0.45mm para el resto de las anchuras
Remache			
cola poliuretano termofusible	12 botes por europalé	Bote de 100 litros	
Refuerzos Bisagra SMART			

Las puertas de Andrés

3.4 Proceso de montaje de las puertas especiales

Las puertas especiales se fabrican en otra nave distinta a las demás puertas (Fig. 19). Debido al tamaño más imponente de dichas puertas y para mejorar la ergonomía en los puestos de trabajo, el proceso se ha automatiza en gran parte del proceso.

Varias operaciones principales se deben considerar:

- TAPAR
- ACABAR
- PINTURA
- MONTAJE

Dos líneas con brazos robotizados permiten realizar la primera parte de las operaciones para la tapa como la caja.

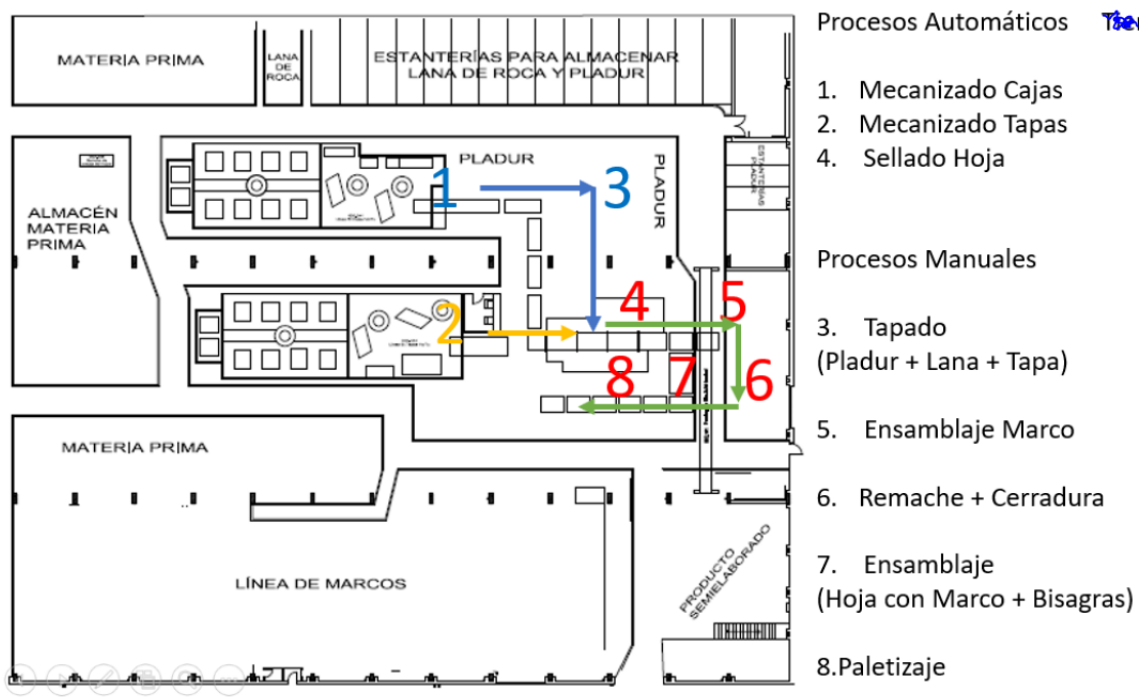


Fig. 19 Layout de la planta de puertas especiales

En una primera línea, unos 3 robots trabajan de manera secuencial para formar la caja. En primer lugar, se debe depositar un palé con la chapa de acero en una posición determinada. El robot, a través de sus ventosas, coge la plancha y la coloca en una máquina troqueladora para cortarla a la dimensión requerida.



Fig. 20 Primer robot en la célula de cajas



Fig. 21 Primer puesto de trabajo manual de la línea de cajas

La primera operación se realiza en 2 fases ya que hay que girar la hoja. El robot deja después la hoja en una mesa de apoyo. El segundo robot realiza una operación de troquelado para la manivela, la ventilación, etc. Esta operación se realiza en 2 máquinas distintas dispuestas una al lado de otra. De la misma manera, la chapa se coloca sobre una mesa de apoyo. El tercer robot realiza el plegado de la parte alta de la puerta en ambos lados (también tiene que girar la chapa) y deja la chapa en otra mesa de apoyo. El mismo robot vuelve a coger la plancha y se realiza el plegado de la parte superior e inferior de la caja en otra estación. El robot deja la caja plegada sobre una cinta con 12 posiciones intermedias.



Fig. 22 Ultimo robot de plegado de la línea de tapas



Fig. 23 Posición de espera de las tapas dobladas

En la última zona de la línea, hasta 3 operarios pueden realizar el tapado de la caja. Se tiene que poner pegamiento en la caja, se debe colocar el material ignifugo, se debe (si procede) cortar el

Las puertas de Andrés

material ignifugo para acristalar la puerta o dejar una ventilación, se montan algunos componentes internos, etc.

Las cajas se rellenan con los materiales aislantes que le proporcionarán la resistencia al fuego, esta resistencia viene definida por el espesor y número de capas que se empleen, por eso siendo la misma caja, su relleno puede constar desde 1 hasta 6 capas. Estas capas se tienen que alternar, siendo 1 siempre lana de roca, 2 pladur, 3 lana, así tantas capas alternas como la resistencia al fuego que se le solicite al conjunto final.

Para que las capas se unan, un operario es el encargado de depositar uniformemente con unas boquillas la cola (pegamento) que unirá cada capa, en este punto del proceso, la caja se encuentra quieta y otros 2 operarios alternadamente van posicionando una capa encima de otra capa, uno de ellos siempre se encarga de las láminas de pladur y el otro operario de las capas de lana de roca.



Fig. 24 Último puesto de trabajo manual de la línea de cajas



Fig. 25 Unión de la caja y la tapa antes de prensado

En la otra línea de robots (brazos de 6 ejes), se realiza la tapa. Un conjunto de 3 robots realiza los cortes necesarios.

Cuando el producto sale de la línea automatizada, un robot coge automáticamente la tapa y la coloca sobre la caja (8s). Un operario se encarga de comprobar la correcta unión de ambos (6s).

Después el producto tiene 4 posiciones intermedias hasta llegar al punto de extracción/colocación de piezas pintadas. Si el producto se tiene que pintar, un operario tendrá que extraer manualmente cada puerta y colocarla sobre carros con ruedas donde caben hasta un máximo de 10 puertas. En este mismo punto, un operario puede incorporar los productos pintados recibidos. Cuando se incorporan productos pintados, la cinta de alimentación se para.

3 tipos de puertas se suelen considerar:

- BL para las puertas en Blanco
- CE para los colores especiales
- GV para las puertas galvanizadas

Las puertas de Andrés

Las puertas Blancas (BL) son prelacadas, sólo se envía el marco a pintar. Por lo que son tapadas y acabadas el mismo día. Las puertas Color Especial (CE) son galvanizadas. Se deben tapar, enviar a pintar y después acabarse. Las puertas con GV se pueden hacer el mismo día si se dispone del marco.

Entre este punto y la etapa siguiente, hay un total de 10 posiciones.



Fig. 26 Unión de la tapa con la caja



Fig. 27 Posición de extracción/incorporación de puertas pintadas



Fig. 28 Cinta de alimentación a puertas de acabado



Fig. 29 Puesto de montaje de acabado



Fig. 30 Vista de una configuración de las estaciones en acabado

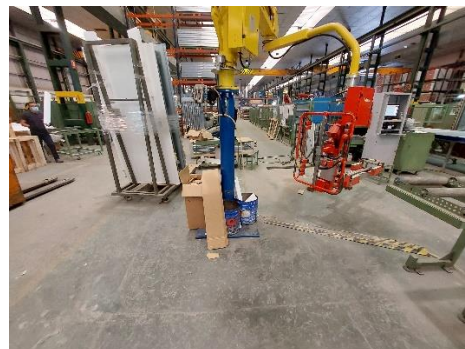


Fig. 31 Puesto de extracción de puertas después de acabado

El proceso siguiente es el denominado “acabado”. 3 puestos de trabajo en serie pueden tener hasta 3 operarios si es necesario. Si las operaciones son de corta duración, el acabado se realiza en la línea. Si precisa de componentes que implican tiempos de ciclo altos, los productos

Las puertas de Andrés

alcanzan la última posición, se colocarán en un soporte y se montarán en la sección de montajes especiales a posteriori donde hasta 2 operarios pueden trabajar en mesas de apoyo.

En general se suele considerar: (1) el remache, (2) la cerradura y (3) el marco y bisagras.

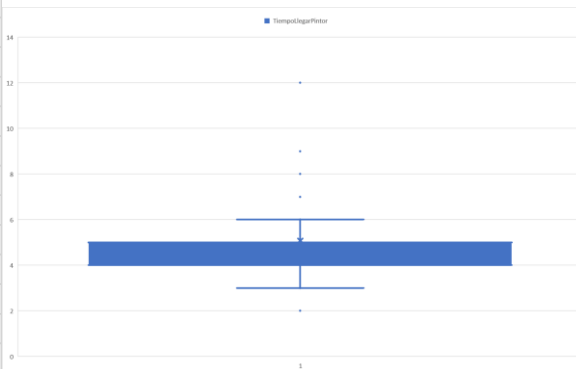
El remachado se realiza por parte de un operario. Tiene que dar la vuelta completa a la unión marco + puerta, en el punto donde está la cerradura el operario deja de remachar la puerta pasando a instalar la cerradura, corroborando su correcto funcionamiento y continuando con el remachado hasta finalizar todos los laterales.

Después, se pasa a instalar las bisagras. El operario sitúa los pasadores a las bisagras y les coloca unos tornillos prisioneros para que estos siempre mantengan su posición, también estos tornillos permiten cambiar in-situ en el lugar de colocación la altura final y correcto posicionamiento de la puerta abisagrada con el marco empotrado.

La empresa dispone de un histórico de datos. Para entenderlo, la empresa trabaja con el concepto de ticket. Un ticket es la unidad de control de fabricación. En este, se introducen los operarios y las unidades que trabajan. Tienen unidades fabricadas y operarios que han trabajado en él. La suma de todas las cantidades es la cantidad total realizada en ese periodo con ese equipo. La suma de todos los tiempos en ese ticket es el tiempo total aplicado a esa operación.

Un ticket suele ser una orden de fabricación. Sin embargo, si el producto se envía a pintar, la misma orden de fabricación tendrá 2 tickets diferentes.

<i>Tiempo_Pintura</i>	
Mean	5,07275242
Standard Error	0,024754601
Median	5
Mode	5
Standard Deviation	1,488367189
Sample Variance	2,215236888
Kurtosis	3,239634387
Skewness	1,539352794
Range	10
Minimum	2
Maximum	12
Sum	18338
Count	3615
Largest(1)	12
Smallest(1)	2
Confidence Level(95,0%)	0,048534382



Cada OF tiene una fecha límite de entrega que suele ser de 1 mes.

A continuación, se adjunta un listado histórico de OF para poder diseñar la herramienta. Los tiempos son en segundos para todo el lote. Las cantidades son el número de piezas en el lote.

Se dispone de un histórica con 140 ordenes de fabricación, los 4 tipos de acabado y 29 días productivos. Aunque existen muchas más operaciones, solamente se considerarán 4 operaciones: Tapar, Preparar para pintor, Acabar y Montajes especiales.

Las puertas de Andrés

En la Fig. 32 se presenta parcialmente los datos de tiempos en segundos y de productos finales realizados para las órdenes de fabricación.

Órdenes de fabricación	Tiempos				Cantidades			
	TAPAR	PREPARAR PARA PINTOR	ACABAR	MONTAJES ESPECIALES	TAPAR	PREPARAR PARA PINTOR	ACABAR	MONTAJES ESPECIALES
OFSS00BL210262	0	0	289,68	0	0	0	17	0
OFSS00BL210263	0	0	0	52,32	0	0	0	1
OFSS00BL210257	0	0	0	156,96	0	0	0	3
OFSS00GV210402	0	0	349,48	0	0	0	9	0
OFSS00GR210011	0	0	633,85	0	0	0	21	0
OFSS00BL210255	1396,56	0	1992,46	0	105	0	135	0
OFSS00CE210222	0	0	1145,56	480,86	0	0	34	6
OFSS00CE210230	230,16	38,84	0	96,24	2	2	0	2
OFSS00CE210227	0	0	488,77	996,92	0	0	13	13
OFSS00CE210231	166,32	135,94	0	449,22	7	7	0	7
OFSS00CE210233	73,32	38,84	0	201,4	2	2	0	2
OFSS00CE210232	110,13	97,1	0	272,74	5	5	0	5
OFSS00GR210012	0	0	0	129,5	0	0	0	1
OFSS00CE210225	0	0	258,15	0	0	0	7	0
OFSS00CE210226	0	0	568,52	420	0	0	12	12
OFSS00GV210385	503,43	0	418,42	0	36	0	36	0
OFSS00GV210415	73,08	0	129,3	0	2	0	2	0
OFSS00CE210228	0	0	0	25,66	0	0	0	1
OFSS00GR210013	0	0	0	98	0	0	0	2
OFSS00BL210264	0	0	0	2837,86	0	0	0	22
OFSS00GV210417	17,37	0	49,16	21,4	1	0	1	1
OFSS00GV210418	104,28	0	236,48	274,88	6	0	6	6
OFSS00GV210416	380,85	0	320,28	0	17	0	17	0
OFSS00BL210269	165,99	0	373,2	0	9	0	9	0
OFSS00GV210405	2215,98	0	2709,76	0	180	0	180	0
OFSS00BL210265	0	0	0	562,6	0	0	0	15
OFSS00CE210223	0	0	916,38	0	0	0	28	0
OFSS00CE210224	0	0	815,52	0	0	0	21	0
OFSS00GV210419	62,01	0	107,88	0	3	0	3	0
OFSS00GV210420	41,34	0	60	78,5	2	0	2	2

Fig. 32 Análisis de tiempos y cantidades por órdenes de fabricación

En la Fig. 33, se introducen los tiempos totales productivos y cantidades de productos realizados.

Fecha	Tiempos				Cantidades			
	TAPAR	PREPARAR PARA PINTOR	ACABAR	MONTAJES ESPECIALES	TAPAR	PREPARAR PARA PINTOR	ACABAR	MONTAJES ESPECIALES
lunes, 27 de septiembre de 2021	0	0	289,68	0	0	0	17	0
martes, 28 de septiembre de 2021	0	0	126,32	209,28	0	0	2	4
miércoles, 29 de septiembre de 2021	0	0	857,01	0	0	0	28	0
jueves, 30 de septiembre de 2021	1870,05	310,72	3115,07	1379,77	109	16	148	15
viernes, 1 de octubre de 2021	2355,72	0	3707,89	993,17	153	0	191	25
lunes, 4 de octubre de 2021	1586,31	35,88	3983,66	1200,89	79	3	132	36
martes, 5 de octubre de 2021	2850,22	279,93	3695,02	1587,33	204	28	179	30
miércoles, 6 de octubre de 2021	3143,95	41,19	3315,33	1791,73	209	37	175	43
jueves, 7 de octubre de 2021	2966,58	0	4370,33	804,58	250	0	232	19
viernes, 8 de octubre de 2021	2843,55	0	4294,47	1118,39	249	0	265	19
miércoles, 13 de octubre de 2021	2851,67	1324,84	2384,62	1132,12	195	95	114	20
jueves, 14 de octubre de 2021	1612,74	236,04	4905,14	2454,7	128	10	176	16
viernes, 15 de octubre de 2021	2844,63	0	5226	852,56	279	0	280	12
lunes, 18 de octubre de 2021	2272,95	0	4428,72	2054,7	174	0	214	51
martes, 19 de octubre de 2021	2831,22	0	4570,91	1791,32	252	0	248	29

Fig. 33 Análisis de tiempos y cantidades cada día de producción

En la Fig. 34, se presentan la mezcla de producción de cada tipo de acabado en cada una de las operaciones consideradas.

Etiquetas de fila	ACABAR				Total ACABAR	MONTAJES ESPECIALES				Total MONTAJES ESPECIALES	PREPARAR Total		TAPAR				Total TAPAR	Total general	
	BL	CE	GR	GV		BL	CE	GR	GV		PARA PINTOR	PREPARAR PARA PINTOR	BL	CE	GR	GV			
sep	107	32	21	35	195	4	14	1		19	16		16	67	16	26	109	339	
27-sep	17				17													17	
28-sep			2		2	4				4								6	
29-sep			21	7	28													28	
30-sep	90	32	26		148		14	1		15	16		16	67	16	26	109	288	
oct	2148	174	288	1490	4100	139	207	3	190	539	202		202	2068	202	288	1479	4037	8878
01-oct	54	38	99		191	5	18	2		25				47		106	153	369	
04-oct	64	18	50		132	14	4	18		36	3		3	34	3	42	79	250	
05-oct	90	14	1	74	179	15	11	4		30	28		28	90	28	1	85	204	441
06-oct	120		55		175	18	11	14		43	37		37	120	37	52	209	464	
07-oct	49		183		232	2	17			19				49		201	250	501	
08-oct	106		159		265	0	19			19				115		134	249	533	
13-oct	88		26		114	4	2	14		20			95	79	95	21	195	424	
14-oct		69	107		176	16				16	10		10	10	118		128	330	
15-oct	108		172		280	3	9			12				117		162	279	571	
18-oct	180	34			214	24	21	6		51				174			174	439	
19-oct	113	1	134		248	7	22			29				118		134	252	529	
20-oct	190		1	23	214	9	20			29				182	1	33	216	459	
21-oct			184		184	26	13	1	6	46						172	172	402	
22-oct	79		140		219	1	4	7		12				92		136	228	459	
23-oct	121				121									76			76	197	
25-oct	136		71		207		13	9		22	29		29	131	29	71	231	489	
26-oct	222				222	12	9	22		43				222			222	487	
27-oct	200	8	13		221		36	4		40				193	16	13	222	483	
28-oct	17	188			205	1	11	8		20				17	190		207	432	
29-oct	99		90		189		27			27				107	80		187	403	
30-oct	112				112									105			105	217	
nov	618	30	103		751	28	43	10		81	19		19	619	19	30	103	771	1622
02-nov	77	30	99		206	27	5			32	19		19	87	19	30	99	235	492
03-nov	253				253	1	24			25				252			252	530	
04-nov	272				272		14	10		24				272			272	568	
05-nov	16		4		20									8		4	12	32	
Total general	2873	206	339	1628	5046	171	264	4	200	639	237		237	2754	237	318	1608	4917	10839

Fig. 34 Mezcla de productos realizadas cada día en cada operación manual de la línea

Por último, la empresa dispone de unas ordenes de fabricación aún no lanzadas a fecha del 6 de noviembre del año 2021. Estos datos se pueden apreciar en la Fig. 35.

COLOR	CODIGO_PARTE	CANTIDAD	ENVIO_PINTOR	RECEPCION_PINTOR	FECHA_ENTREGA
CE	OFS500CE210249	4	02/11/2021 0:00	05/11/2021 0:00	15/11/2021 0:00
CE	OFS500CE210249	2	02/11/2021 0:00	05/11/2021 0:00	15/11/2021 0:00
CE	OFS500CE210249	1	02/11/2021 0:00	05/11/2021 0:00	15/11/2021 0:00
CE	OFS500CE210249	1	02/11/2021 0:00	05/11/2021 0:00	15/11/2021 0:00
BL	OFS500BL210302	1	28/10/2021 0:00	03/11/2021 0:00	10/11/2021 0:00
BL	OFS500BL210302	1	28/10/2021 0:00	03/11/2021 0:00	10/11/2021 0:00
BL	OFS500BL210303	2	28/10/2021 0:00	03/11/2021 0:00	11/11/2021 0:00
BL	OFS500BL210303	1	28/10/2021 0:00	03/11/2021 0:00	11/11/2021 0:00
BL	OFS500BL210303	1	28/10/2021 0:00	03/11/2021 0:00	11/11/2021 0:00
BL	OFS500BL210303	1	28/10/2021 0:00	03/11/2021 0:00	11/11/2021 0:00

Fig. 35 Ordenes de fabricación pendientes

La empresa quiere saber cómo secuenciar la producción para sacar la máxima productividad de la línea cumpliendo con los plazos de entrega.

La empresa quiere fabricar una media de 200 puertas al día. La empresa opina que tener una programación para las próximas 2 a 3 semanas sería interesante. También opinan que saber la capacidad disponible podría ser interesante.