



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Título del trabajo:
Análisis y mejora del proceso de producción de una
ventana de aluminio

English tittle:
Analysis and improvement of the production process of
an aluminium window

Autor
Álvaro Yus Argón

Director
José Javier Yus Lorente

Ponente
Francisco Javier Brosed Dueso

Ingeniería Mecánica

Escuela de ingeniería y arquitectura
2020/2021



Resumen

Este Trabajo de Fin de Grado muestra el estudio y mejora, centrado en aspectos de productividad, de una línea de producción dedicada a la fabricación de ventanas de aluminio. Para ello, se ha empleado principalmente información y datos suministrados por la empresa Future Trend Systems 21 S.L.

Se ha buscado hacer este análisis debido a la escasa evolución de la maquinaria empleada en este taller, buscando así una modernización de la planta, lo que se traducirá en un aumento de producción y, por tanto, en una disminución de los costes.

Para evaluar los problemas de la línea con la que actualmente trabaja la empresa se han analizado los tiempos de producción de una serie de 50 ventanas, para dos modelos diferentes de ventana, la distribución en planta y la cantidad de operarios necesarios.

En cuanto a la mejora, se ha optado por sustituir la maquinaria existente en la planta por un centro de mecanizado, especializado para este sector, para así eliminar los desplazamientos entre máquinas, disminuir la cantidad de operarios necesarios y el tiempo empleado en la preparación de los perfiles para su posterior montaje.

En este estudio se han comparado las dos líneas, con los mismos parámetros de producción en cada una de ellas, y se han analizado las mejoras conseguidas, cuyo resultado ha sido un aumento de producción del 50% simplemente con la implementación de la nueva máquina, de 3 bancos de montaje y aumentando únicamente un puesto de trabajo, consiguiendo así una mayor rentabilidad en la empresa.

También se ha realizado un estudio de la nueva distribución en planta, para comprobar que la nueva línea de producción no ocasiona colapsos de espacio, llegando a la conclusión que con esta nueva distribución hay cabida para todas las nuevas incorporaciones de máquina y bancos.



Índice

1. Introducción	3
2. Descripción del caso.....	5
3. Línea de producción actual.....	8
3.1. Distribución en planta actual.....	9
3.2. Estudio de la línea de producción	12
3.2.1. Explicación de los tiempos de desplazamiento	13
3.2.2. Explicación de los tiempos de cada maquina.....	15
3.2.3. Procesos necesarios para el modelo con travesaño	17
3.2.4. Procesos necesarios para el modelo con cerradura	19
3.2.5. Número de operarios en la línea actual.....	21
3.3. Estudio de los tiempos para una serie de 50 ventanas.....	22
3.4. Problemas de la línea	32
4. Nueva línea de producción	33
4.1. Estudio de la nueva línea de producción	38
4.2. Estudio de los tiempos para una serie de 50 ventanas.....	41
4.3. Estudio de la distribución en planta para la nueva línea	46
5. Comparativo de las dos líneas estudiadas	52
6. Conclusiones finales.....	54
Bibliografía	57
ANEXOS	59
Anexo I: Descripción de una ventana de aluminio	60
Anexo II: Proceso general de producción de una ventana de aluminio	64
Anexo III: Máquinas de la línea de producción actual.....	70
Anexo IV: Datos del centro de mecanizado de la nueva línea	80



1. Introducción

El mercado de la construcción ha sido y es uno de los grandes motores de la economía de este país. Tanto en la construcción habitacional, como en la pública (colegios, hospitales, centros sociales, etc.), adquieren una gran importancia los cerramientos de aluminio. Para la realización de este trabajo se ha podido acceder a una empresa de fabricación de ventanas de aluminio y esta ha proporcionado la oportunidad de hacer este estudio.

La línea de producción de esta empresa no ha evolucionado mucho en los últimos años, teniendo máquinas antiguas y especializadas para cada fase del proceso productivo, produciéndose así muchos desplazamientos del material, que consumen tiempos de producción. Esta reflexión es la que ha alentado al estudio de estos procesos, y al intento de aglutinar, en maquinaria más moderna, varios pasos de la fabricación, evitando así esos desplazamientos de material y consiguiendo además reducir los tiempos de cada proceso.

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado (TFG) es analizar la línea de producción de la empresa Future Trend Systems 21 S.L. (FTS 21) (empresa dedicada a la producción de ventanas de aluminio), ubicada en el polígono de Malpica (Zaragoza), para posteriormente estudiar una posible mejora de esta, implementando maquinaria nueva, y finalmente analizando la nueva línea de producción, para compararla con la que había inicialmente.

La empresa busca un cambio en la línea de producción para disminuir los tiempos de fabricación y ahorrar en recursos, en general, abaratar costes y así poder acceder al mercado de la construcción con muchas más posibilidades de éxito, al ser este un mercado principalmente de precio. Esto se debe a que los modelos y calidades vienen dados por los proyectos de los Arquitectos, siendo estos los mismos para todos los talleres, sin poder hacer variaciones, por lo que la distinción, como se ha dicho, está en la competitividad del precio.



Esta competitividad en el precio principalmente se consigue reduciendo los costes de fabricación, en otras palabras, reduciendo tiempos de producción, ya que el coste del material necesario está estipulado por los proveedores y es el mismo para todos los talleres dedicados a este sector.

En la memoria, en el Capítulo 2 se describirá para qué modelos de ventana, y para qué cantidad de estas se va a analizar la línea de producción.

En el Capítulo 3 se realizará el estudio de la línea y de la maquinaria actual que hay en la línea de producción, mediante los catálogos de esta, así como los datos de tiempos de producción, todo ello suministrado por la empresa. Con la ayuda de una hoja de cálculo, y del programa “Ingñio”, empleado por la empresa para realizar presupuestos, diseño de ventanas, y órdenes de trabajo para la fabricación de ventanas, se analizarán todos estos datos (tiempos de producción, mano de obra necesaria...), para dos tipos de ventanas que posteriormente se explicarán más en detalle, ya que los tiempos de producción y las máquinas empleadas cambiarán entre estos modelos. Por otro lado, mediante el uso de AutoCAD, se estudiará también la actual distribución en planta de la línea de producción.

En el Capítulo 4 se localizará qué parte de la línea de producción podría necesitar una mejora, para disminuir los tiempos de producción y reducir el consumo de recursos. Se estudiarán diferentes opciones mediante la implementación de nueva maquinaria y sustituyendo la actual, si fuera necesario. Una vez realizado este cambio, se estudiará esta nueva línea, calculando los mismos parámetros estudiados anteriormente, pero con la nueva maquinaria.

Finalmente, en el Capítulo 5 se hará un comparativo de ambas líneas, para así analizar la mejora conseguida.



2. Descripción del caso

Debido a la evolución del sector en el que se encuentra la empresa, y de un aumento de demanda y de competencia, la empresa quiere aumentar su producción, mejorando la línea que tienen actualmente, para así disminuir en la medida de lo posible los tiempos de producción. Para la realización de este trabajo no se partirá de un nivel de producción anual, ya que este no es fijo, dependerá de la cantidad de proyectos en los que trabaje la empresa. Se buscará una reducción de los tiempos, lo que conllevará un aumento de la productividad.

Esta línea está formada por dos grupos principales. El primero lo formaran todos los puestos de corte y mecanizado, y el segundo todos los puestos de montaje manual. Durante todo el estudio de este trabajo se buscará que estos dos grupos estén equilibrados. Para comprobar esto, será necesario el estudio de la línea para una serie de varias ventanas. La empresa normalmente trabaja con series de entre 40 y 60 ventanas, ya que es la cantidad de viviendas que suele haber en los proyectos de la ciudad de Zaragoza. Cada una de estas viviendas cuenta con varias ventanas, pero estos proyectos se realizan en series de ventanas que son iguales, es decir, se realizan en la misma serie las ventanas que ocupan la misma posición en cada una de las viviendas. Por esto se estudiará la línea para una serie de 50 ventanas, un valor medio con los que suelen trabajar.

Por otro lado, para simplificar el análisis de la línea de producción, se estudiarán dos modelos genéricos de ventana, sin entrar en las diferentes series ni los diferentes proveedores que hay, ya que las principales diferencias entre estos son principalmente en estética, en prestaciones térmicas y en aislamiento acústico, pero en temas de producción y fabricación, que es lo que se va a analizar, son muy similares.



Estos dos modelos son, una de una hoja practicable con fijo inferior, que podría corresponder a la ventana de un dormitorio, y una de una hoja practicable con cerradura, que podría corresponder a la ventana de acceso a un balcón, también llamada balconera. Estos modelos son los mostrados en las Figuras 1 y 2 respectivamente.

El tamaño de ambas es de un metro de ancho y dos metros de alto (siendo en la primera un metro la altura de la hoja, y otro metro la altura del fijo).

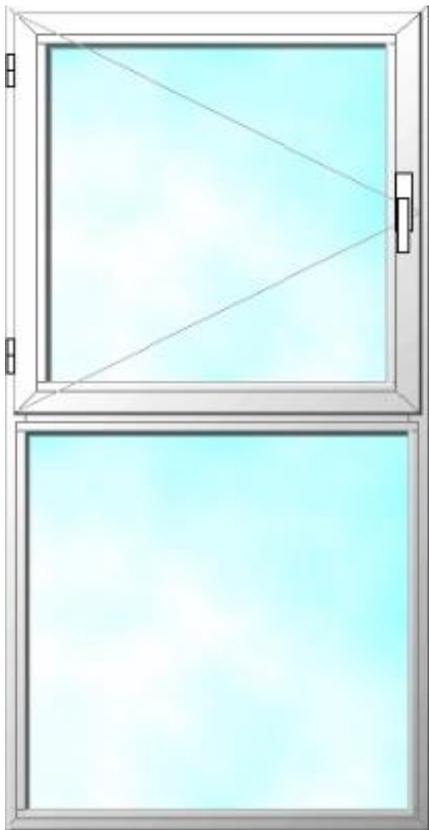


Figura 1. Representación ventana de una hoja practicable con fijo inferior.



Figura 2. Representación ventana de una hoja practicable con cerradura.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
--	--	--

Se han elegido estas dos porque así se justifica el uso de todas las máquinas que hay en la línea de producción, por ejemplo, la copiadora que solo se utiliza en el caso de que haya cerraduras, o la retestadora que solo se utiliza en el caso de que haya una división entre las hojas y un fijo u otras hojas, es decir cuando haya un travesaño.

Posteriormente, este estudio se podrá extrapolar para cualquier otra serie, con modelos diferentes, ya que su fabricación es similar.

En el Anexo I se hace una descripción de las diferentes partes que componen una ventana, para así poder comprender mejor estos dos modelos.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
--	--	--

3. Línea de producción actual

Para definir la línea de producción que existe actualmente se analizará la distribución en planta, con el uso de AutoCAD, para posteriormente profundizar más en cada proceso y cada máquina. Finalmente, se estudiarán los tiempos de producción para una serie de 50 ventanas y se calculará la cantidad de bancos necesarios en esta línea para comprobar si esta equilibrada, como ya se había comentado.

Para aclarar más algunos aspectos de interés sobre este tema, se define en el Anexo II el proceso general para la fabricación de cualquier ventana de aluminio, y en el Anexo III se definen las máquinas que hay en esta línea de fabricación.



3.1. Distribución en planta actual

Como se observa en la Figura 3, el recorrido de la distribución en planta es en forma de U, ya que en la nave donde está la línea hay una única puerta grande por la que caben camiones, por lo que la materia prima entra por la misma puerta por la que sale el material terminado. Como la puerta está localizada en medio de la pared final de la nave, a un lado de esta se almacenará la materia prima, para posteriormente entrar en la línea de producción, y al otro lado de la puerta se almacenará el producto finalizado. De esta manera se consigue el mínimo movimiento posible por la nave de la materia prima y del producto terminado. En la planta se pueden diferenciar dos zonas principales de trabajo, Por un lado, la zona de preparación de los perfiles, donde se cortan y mecanizan las barras (en la que estarían incluidas la mesa de corte, las prensas hidráulicas, la retestadora y la fresa-copiadora), y otra zona donde se montarán las ventanas (en la que están los bancos de trabajo).

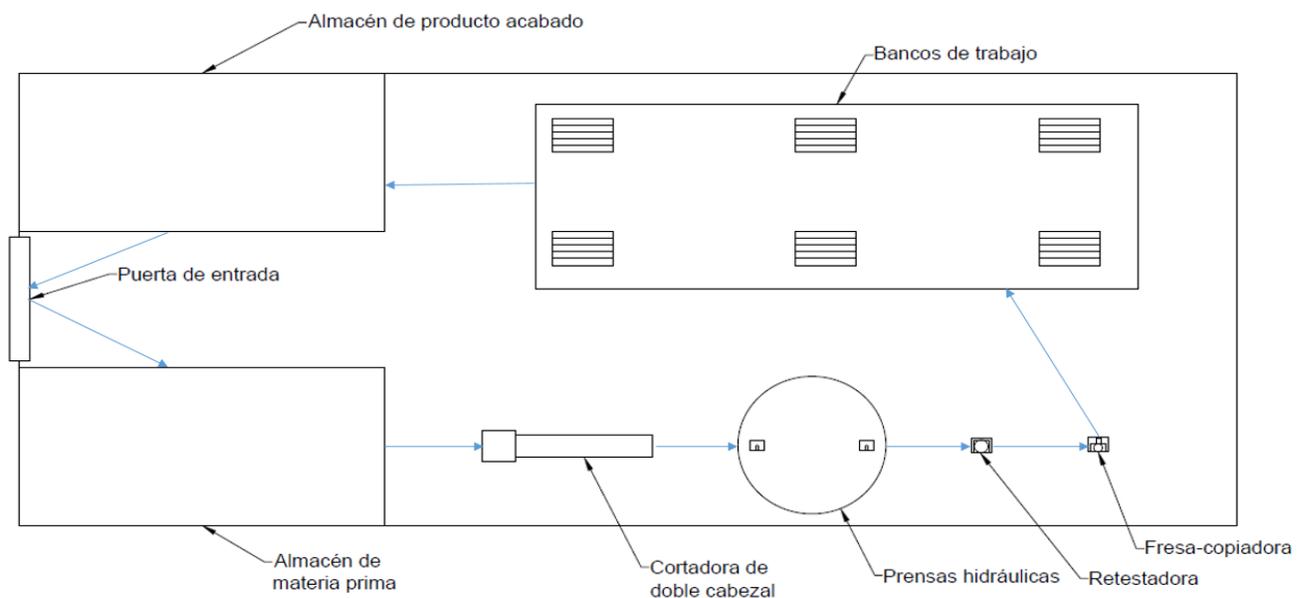


Figura 3. Distribución en planta actual con la dirección del proceso.



Por otro lado, en la [Figura 4](#) se muestran las dimensiones de la nave y de cada una de las maquinas empleadas, así como la de los almacenes tanto de materia prima como de producto acabado.

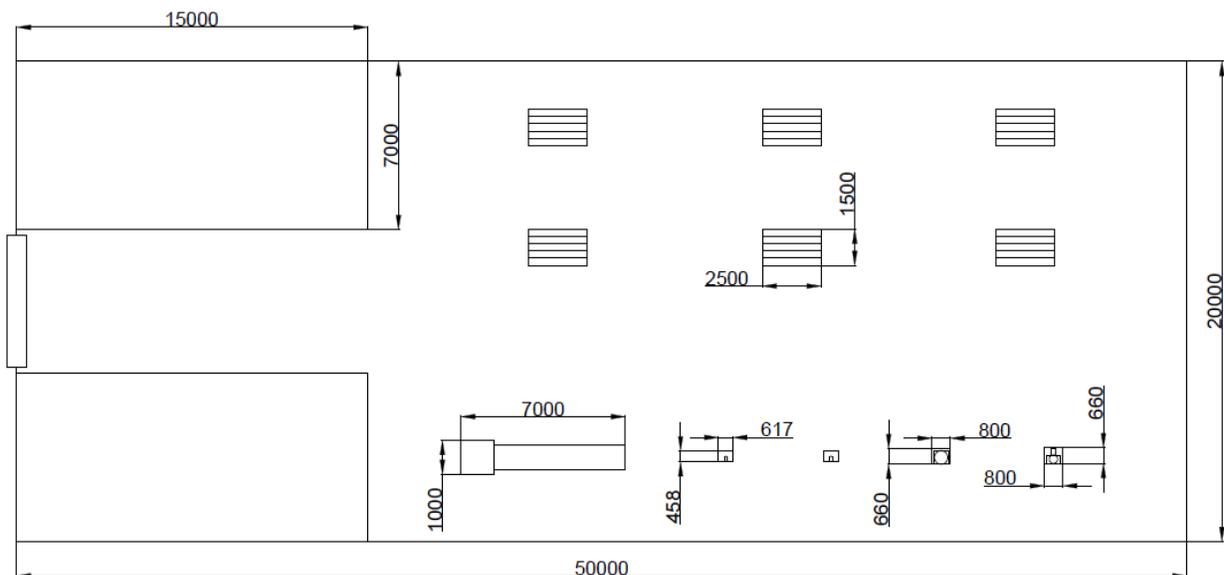


Figura 4. Distribución en planta actual con medidas.

La nave cuenta con un espacio de 1000 m^2 ($50 \text{ m} \times 20 \text{ m}$), en los cuales está toda la maquinaria, y ambos almacenes. Estos últimos ocupan un espacio aproximado entre los dos de 210 m^2 (105 m^2 cada uno), quedando todo el resto para la maquinaria, cuyo tamaño se muestra en la [Figura 4](#), y se comenta en el [Anexo III](#).

A continuación, se describirá la distribución en planta actual, siguiendo el proceso descrito en el [Anexo II](#), y designando la maquinaria que se utiliza en cada proceso.

Inicialmente, para el corte de los perfiles se utiliza una mesa de corte de doble cabezal, con control numérico, en la cual se introduce la medida a la que se quiere cortar el perfil, y el ángulo con que se quiere cortar en cada uno de los dos extremos, y esta se encarga de cortar ambos lados a la vez al contar con dos discos de corte.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
--	--	--

A esta mesa de corte entra la materia prima del primer almacén, que son barras extrusionadas de 6.4 metros de longitud.

Una vez cortados los perfiles, requieren un mecanizado, por lo que al lado de la cortadora se encuentran dos prensas hidráulicas, una copiadora y una retestadora, para estas operaciones. No existe orden para realizar estos procesos, ya que son independientes entre ellos.

Primero se explicará la función de las prensas. Estas van acompañadas con una matriz, la cual es suministrada por los proveedores, y son diferentes según la serie de ventana con la que se trabaje. Se usan para realizar las aberturas en los extremos de los perfiles del marco y de la hoja para posteriormente poder ser unidos entre sí, y también para realizar el cajeado y el agujero para la colocación de la cremona, y así poder montar el sistema de cierre. A pesar de que hay dos prensas en la planta durante el proceso solo se emplea una de ellas. Se tienen dos para que, cuando se han de realizar series distintas, una esté en funcionamiento, mientras que en la otra se esté sustituyendo la matriz.

Por otro lado, la copiadora solo se utiliza en el caso de que exista una cerradura, para hacer el agujero donde se aloja esta, y una apertura en el perfil del marco donde se aloja el escudo. Esta máquina va acompañada de una plantilla.

Para finalizar el mecanizado se hace uso de la retestadora, que únicamente se utiliza para mecanizar los extremos del travesaño, y que así pueda encajar correctamente en el marco de la ventana.

Finalmente, se llevan todos estos perfiles a los bancos para el ensamblado manual de las ventanas, los cuales, como se observa en la [Figura 3](#), se encuentran en el lado opuesto de la nave a toda la maquinaria. En estos bancos se monta toda la ventana, y una vez finalizada se almacena el producto terminado en la zona anteriormente mencionada, a la espera de ser cargada en un camión y llevada a obra para su montaje.



3.2. Estudio de la línea de producción

Para este apartado, partiendo del diagrama de flujo (Figura 5), se comentarán, los tiempos y operarios necesarios en el proceso de producción de las dos configuraciones de ventana estudiadas.

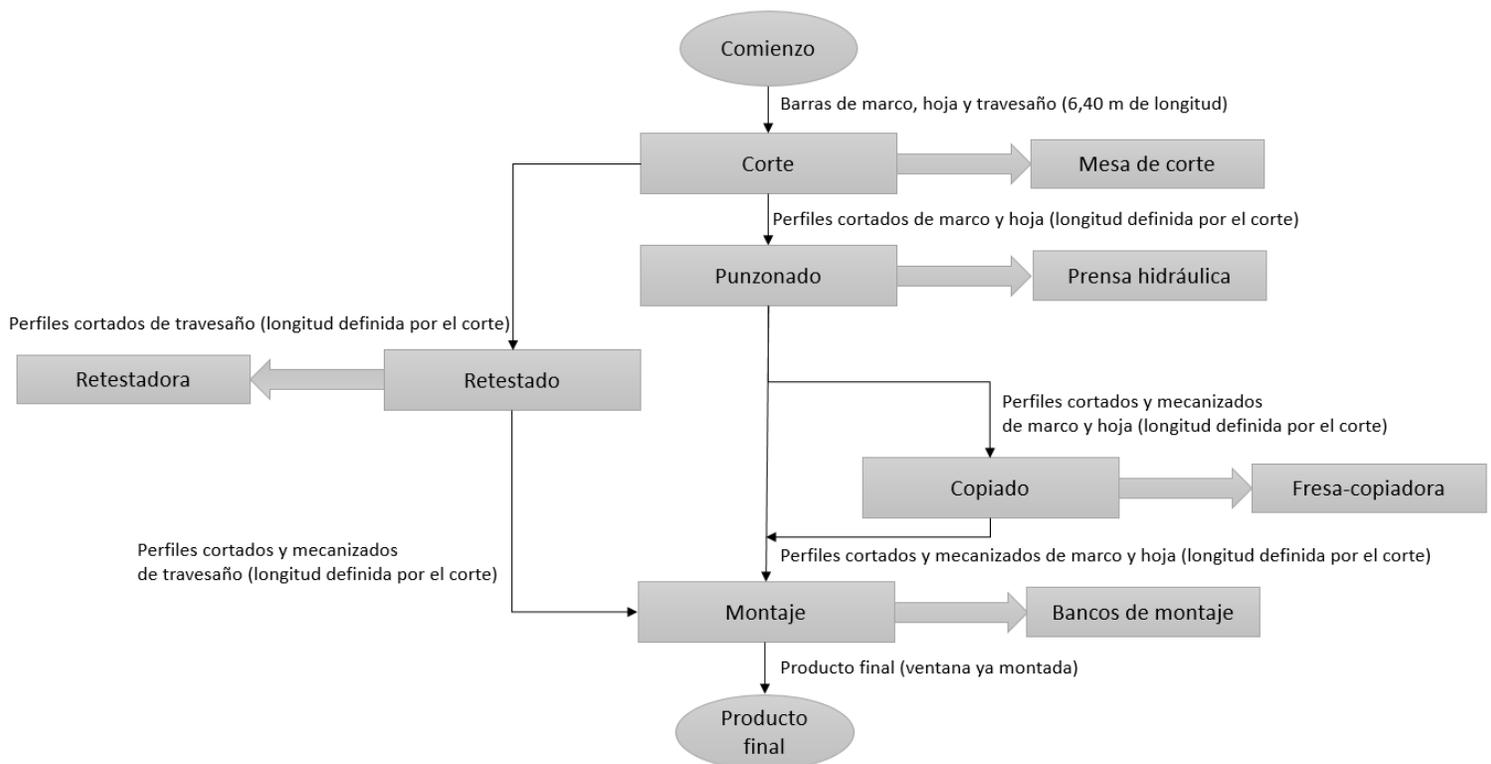


Figura 5. Diagrama de flujo de la línea actual.

En cuanto a los tiempos, se tendrán en cuenta tanto los de transporte de los materiales dentro del taller, como los de producción de cada máquina, incluyendo los tiempos no productivos en los que los operarios fijan el perfil en la máquina correspondiente. Estos datos serán suministrados por la empresa, ya que es la forma más exacta de conseguirlos.



3.2.1. Explicación de los tiempos de desplazamiento

Suponiendo que las barras ya están en el almacén de materia prima, ya que los tiempos de descarga y almacenaje de estas no se contemplaría en el tiempo empleado en la producción, primero se estimará el tiempo que se tarda en llevar las barras de dicho almacén a la mesa de corte.

Este movimiento podría ser uno de los más lentos al tener que desplazar barras de gran tamaño, pero gracias a la disposición de la mesa de corte al lado de este almacén únicamente será necesario deslizar estas hasta la máquina. En un mismo movimiento se pueden desplazar varias barras y almacenarlas en la cortadora, por lo que siendo la distancia entre dicho almacén y la mesa de corte de 4 metros, se tardará 10 segundos en trasladar varias barras.

El resto de movimientos entre las máquinas se hará con los perfiles ya cortados, y se desplazarán con la ayuda de carros, como el de la Figura 6¹, de donde se cogerán en cada máquina los perfiles necesarios para realizar la operación. El primer tiempo que se tendrá en cuenta para los carros es el que cuesta coger y dejar los perfiles ya cortados en este. Este tiempo será de 2 segundos por perfil, ya que el carro estará situado al lado de cada máquina. Los carros tienen una capacidad de almacenaje de hasta 150 perfiles, pero estos no se suelen cargar al 100% de su capacidad.



Figura 6. Carro para el transporte de perfiles.

Una vez cortados, los perfiles de marco y de hoja irán directamente a la prensa hidráulica, donde se realizarán los mecanizados necesarios para la colocación de las escuadras, de la cremona y del sistema de cierre. De la mesa de corte a las prensas hidráulicas hay unos 5 metros, considerando que es rápido el desplazamiento de los perfiles ya cortados en el carro, se tardará 10 segundos.



Por otro lado, los perfiles de travesaño, en el caso de que lo haya, pasarán directamente de la mesa de corte a la retestadora, ya que estos no requieren ningún tipo de mecanizado en la prensa. De la mesa de corte a la retestadora hay una distancia de 10 metros, lo que costará 15 segundos recorrerlos. Una vez acabado este mecanizado, estos perfiles de travesaño serán llevados de la retestadora a los bancos de montaje. Esta distancia es de 10 metros, y cuesta recorrerla unos 15 segundos. Una vez realizados los mecanizados correspondientes en la prensa hidráulica, si hay cerradura en la ventana, los perfiles de hoja y marco en los que se aloje la cerradura y el escudo pasarán por la fresa-copiadora (un perfil de marco, y un perfil de hoja por cada ventana). Este desplazamiento de la prensa a la copiadora son 10 metros, tardando 15 segundos en recorrerlos. El resto de los perfiles que no requieran este mecanizado serán llevados directamente de las prensas a los bancos de montaje, siendo esta distancia de 10 metros, la cual cuesta recorrerla 15 segundos. De la fresa-copiadora a los bancos de montaje hay igualmente 10 metros, tardando también unos 15 segundos en transportar los perfiles.

Estos tiempos se agruparán en la Tabla 1 para posteriormente ser utilizados en la Tabla 3.

Desplazamientos	Tiempos (seg)
Almacén- mesa de corte	10
Mesa de corte- Prensa hidráulica	10
Mesa de corte- Retestadora	15
Prensa hidráulica- Fresa copiadora	15
Prensa hidráulica- Mesas de montaje	15
Fresa copiadora- Mesas de montaje	15
Retestadora- Mesas de montaje	15

Tabla 1. Tiempos de desplazamientos utilizados en la Tabla 3.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
--	--	--

3.2.2. Explicación de los tiempos de cada máquina

Una vez analizados los tiempos de desplazamiento, interesa también comentar los tiempos de producción en cada máquina, teniendo en cuenta lo que tarda el operario en colocar la pieza, y lo que tarda en realizarse la operación. Inicialmente se comentará lo que se tarda en realizar una sola operación (el corte de un solo perfil, un solo punzonado...) en cada máquina, para después, en cada uno de los dos casos, sumar el total de tiempos. Cabe destacar que la preparación (colocación de la herramienta) de cada máquina es de unos 10 minutos, pero se partirá de la suposición de que las máquinas están ya preparadas para realizar los procesos, para así simplificar el análisis.

Comenzando con la mesa de corte, el operario tarda en colocar una barra de aluminio 10 segundos, fijándola con las mordazas de accionamiento hidráulico, 25 segundos en programar el control numérico; lo cual solo es necesario cada vez que cambie la medida, o el ángulo de corte; y una vez hecho esto la máquina tarda 6 segundos en cortar un perfil.

En cuanto a la prensa hidráulica, como ya se ha comentado, partimos de la suposición de que la matriz ya está correctamente montada, ya que para la fabricación de series del mismo modelo no es necesario cambiarla. Estas no requieren la fijación del material mediante mordazas, ni la programación de la máquina, por lo que solo se evaluará el tiempo que tarda el operario en colocar y realizar el punzonado en cada perfil. En esta máquina se tardan aproximadamente 6 segundos por cada golpe de matriz, incluyendo en este tiempo, lo que le cuesta al operario colocar el perfil en la matriz y hacer el punzonado.

Por otro lado, la retestadora, al igual que la máquina anterior, no necesita programación, y suponiendo que la herramienta ya está colocada, los tiempos serán el de colocación y fijación del travesaño con las mordazas, lo que a un operario le suele costar 10 segundos, y el tiempo de mecanizado, que es de 15 segundos por operación.



Para la fresa-copiadora, al igual que para la retestadora, solo se tendrán en cuenta el tiempo de colocación y fijación del perfil, y el tiempo que tarda en realizarse el proceso, que serán 10 y 30 segundos respectivamente.

Finalmente, sin entrar demasiado en detalle, ya que no se trata de una máquina, el tiempo total de montaje en los bancos es de 50 minutos. En este tiempo se incluye la unión de todos los perfiles entre sí, la colocación de todos los herrajes, mecanismos de cierre y de las gomas necesarias, y es similar para todos los modelos

Estos tiempos se agruparán en la Tabla 2 para posteriormente ser utilizados en la Tabla 3.

Proceso		Tiempos (seg)
Corte	Fijación	10
	Programación	25
	Proceso	6
Punzonado	Proceso	6
Retestado	Fijación	10
	Proceso	15
Fresado	Fijación	10
	Proceso	30
Montaje	Proceso	3000

Tabla 2. Tiempos de procesos utilizados en la Tabla 3.

Una vez definidos estos tiempos, se analizará la cantidad de cortes y demás procesos de mecanizado que se requieren para una sola ventana. Aparte, con la ayuda del programa “Ingnio”, se sacarán las hojas de corte mostradas en las Figuras 7, 8, 9, 10 y 11, para ver las medidas de corte de los dos modelos de ventana estudiados.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
--	--	--

Por último, el travesaño, mostrado en la Figura 9, al igual que la hoja mide algo menos de la anchura del marco. En las dos últimas se observa que quedan restos, debido a que está calculado para una sola ventana, pero posteriormente, con el mismo programa, se optimizará la cantidad de barras necesarias, para una serie de 50 ventanas, y que así queden la mínima cantidad de restos posibles.

Para este caso se requieren cuatro cortes para el marco, pero solo es necesario programarla dos veces, otros cuatro cortes para la hoja, igualmente con dos programaciones, y un corte para el travesaño, volviéndola a programar. Por otro lado, aunque en esta máquina entren las barras de 6.40 metros, será necesario fijar la barra en cada corte, por lo que serán necesarias tantas fijaciones como cortes se hagan.

Siguiendo con este caso en cada perfil ya cortado, tanto de marco como de hoja, serán necesarios dos punzonados, para la colocación de las escuadras, a excepción del perfil de la hoja donde vaya la cremona donde serán necesarios los dos punzonados ya comentados, y otros dos más para la colocación del mecanismo de cierre, y de la cremona.

También, al haber travesaño, este perfil tendrá que pasar por la retestadora, siendo necesarios dos mecanizados en este perfil, uno en cada extremo, junto con sus respectivas fijaciones.

Al no existir cerradura en este caso no es necesario el paso de ningún perfil por la fresa-copiadora, por lo que, el último paso será el montaje de la ventana en los bancos de montaje.



3.2.4. Procesos necesarios para el modelo con cerradura²

- Para el marco:

Longitud Barra: 6.400mm

Cantidad: 1

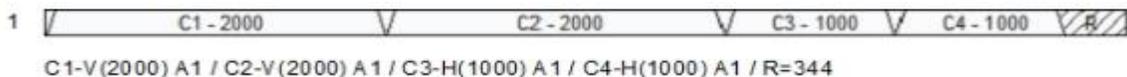


Figura 10. Medidas de corte en la barra de marco para la ventana con cerradura.

- Para la hoja:

Longitud Barra: 6.400mm

Cantidad: 1

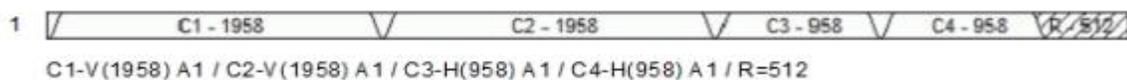


Figura 11. Medidas de corte en la barra de hoja para la ventana con cerradura.

En este caso el marco, mostrado en la Figura 10, se corta con la misma medida que en el caso anterior. Para la hoja, mostrada en la Figura 11, se corta, al igual que antes, con una medida algo menor que la del marco, pero en este caso la hoja es más alta ya que ocupa la totalidad del marco. Solo será necesaria una barra para el marco, y otra para la hoja, quedando menos restos en este caso ya que la hoja de esta ventana es de mayor tamaño. Al igual que en el otro caso, posteriormente, se optimizará la cantidad de barras necesarias para una serie de 50 ventanas.

Serán necesarios otra vez cuatro cortes para el marco, con dos programaciones, y otros cuatro cortes de hoja con otras dos programaciones. Al igual que en el caso anterior se necesitarán tantas fijaciones como cortes se realicen.

También al igual que en el primer caso serán necesarios el mismo número de punzonados en los perfiles del marco y de la hoja, dos por perfil a excepción del perfil de hoja donde vaya la cremona, y el mecanismo de cierre donde serán necesarios dos punzonados más.

Al no existir travesaño, no será necesario el uso de la retestadora.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
---	--	--

Como sí que hay cerradura en este modelo, se mecanizarán en la fresadora el perfil de la hoja donde se aloja la cerradura, y el perfil del marco donde se aloja el escudo. Se requerirá una fijación por cada perfil mecanizado.

Finalmente, los perfiles se llevarán al banco de montaje para para comenzar con el proceso de montaje de la ventana.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
--	--	--

3.2.5. Número de operarios en la línea actual

Ahora se comentará la mano de obra que hay actualmente. Esto no se comenta para cada uno de los modelos propuestos, ya que depende de la línea de producción y de la maquinaria que hay en ella, y no del modelo o serie de ventana que se esté fabricando.

En primer lugar, hay un operario en la mesa de corte, el cual debe tener conocimientos de programación, para poder programar el cnc (control numérico computarizado) de esta mesa. Aparte de operar esta máquina también se encarga de trasladar las barras de perfiles necesarias del almacén para comenzar el proceso de producción.

Por otro lado, hay un operario en las prensas hidráulicas, el cual se encargará de trasladar los carros para el transporte de perfiles desde la mesa de corte hasta las prensas, y de realizar los mecanizados en estas.

Para el resto de máquinas de mecanizado, la retestadora y la copiadora, únicamente hay un solo operario, para manejar ambas máquinas, ya que estas son utilizadas alternativamente, como ya se ha comentado.

Finalmente, en los bancos de trabajo es necesario un operario por cada uno de ellos, ya que es el proceso más lento de realizar, por lo tanto, hay seis operarios más.

En total actualmente hay nueve operarios en la línea de producción, número que variará con la implementación de la nueva maquinaria.



3.3. Estudio de los tiempos para una serie de 50 ventanas

Los tiempos explicados hasta ahora sirven para hacerse una idea de cómo es el proceso para cada uno de los modelos. En este apartado se estudiarán los tiempos de producción de la línea, de los dos modelos, para una serie de 50 ventanas, así pudiendo justificar el uso de todos los bancos de trabajo que hay.

Para comenzar con este análisis, inicialmente, con la ayuda del programa “Ingno”, ya utilizado anteriormente, se optimizará la cantidad de barras necesarias para ambos modelos, para así ahorrar el máximo material posible. Esta optimización queda así:

Para el modelo de una hoja practicable con fijo inferior:

- Marco:

Longitud Barra: 6.400mm

Cantidad: 50

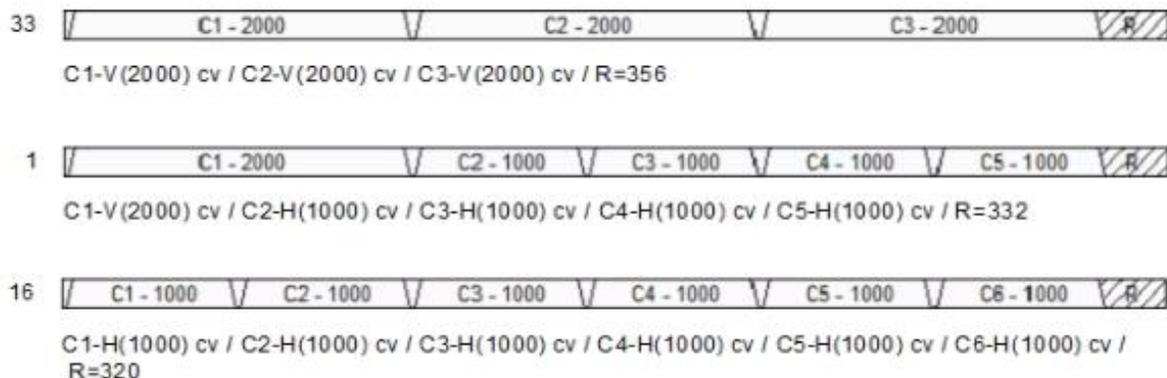


Figura 12. Corte de barras de marco para 50 ventanas con travesaño.

En el caso del marco en este modelo serán necesarias 50 barras cortadas de las tres formas distintas que se representan en la Figura 12, 33 de la primera forma, 1 de la segunda, y 16 más de la tercera.



- Hoja:

Longitud Barra: 6.400mm

Cantidad: 34

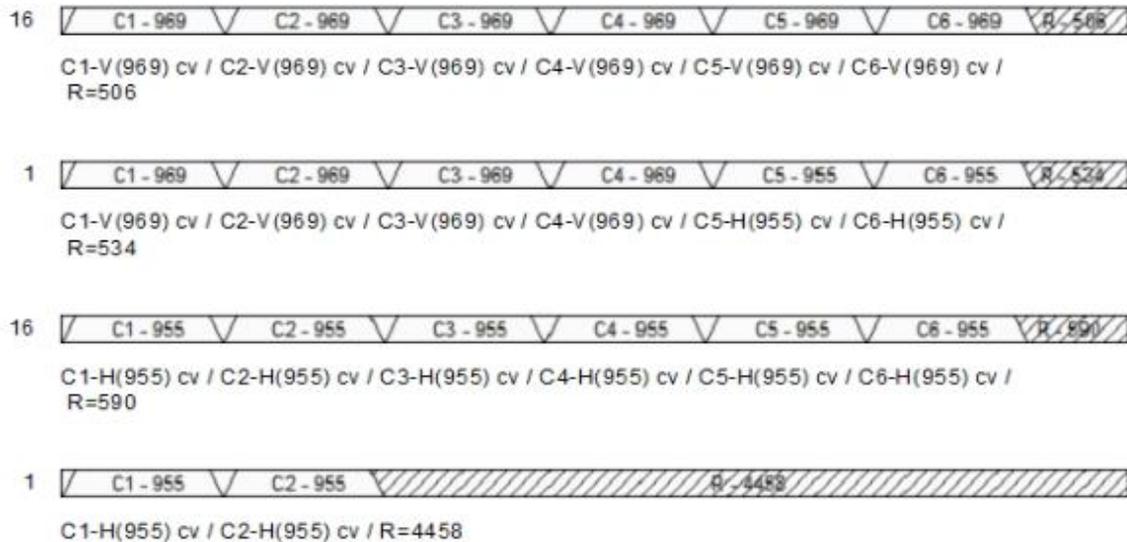


Figura 13. Cortes de barras de hoja para 50 ventanas con travesaño.

A diferencia de para el marco, en la hoja de este modelo sí que se optimiza la cantidad de barras, siendo necesarias solo 34. Estas irán cortadas como se muestra en la Figura 13.

- Travesaño:

Longitud Barra: 6.400mm

Cantidad: 9

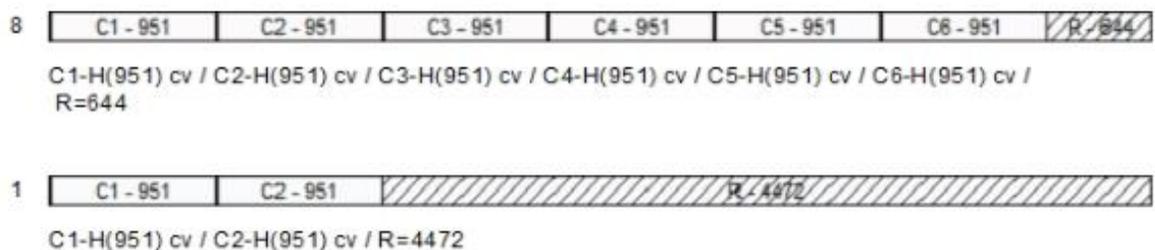


Figura 14. Cortes de barras de travesaño para 50 ventanas con travesaño.

Finalmente, para el travesaño sólo serán necesarias 9 barras cortadas de la manera que se muestra en la Figura 14.



Para el modelo de una hoja practicable con cerradura:

- Marco:

Longitud Barra: 6.400mm

Cantidad: 50

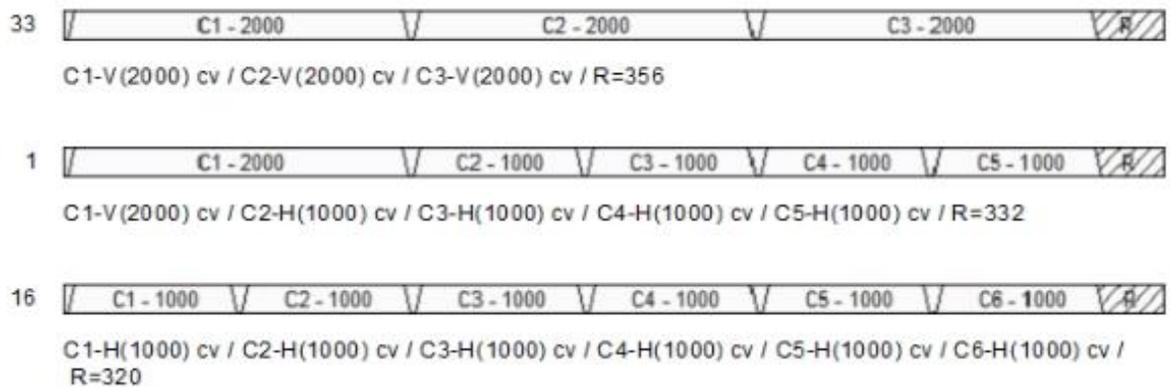


Figura 15. Cortes de barras de marco para 50 ventanas con cerradura.

Al igual que en el otro modelo de ventana, se necesitarán 50 barras de marco cortadas de igual manera, como muestra la Figura 15.

- Hoja:

Longitud Barra: 6.400mm

Cantidad: 50

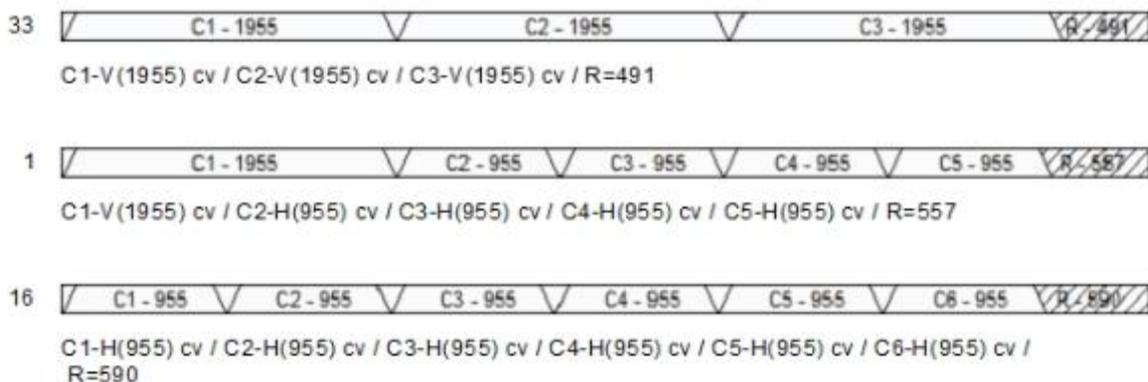


Figura 16. Cortes de barras de hoja para 50 ventanas con cerradura.

En este caso al ser la hoja de mayor tamaño que en el modelo anterior, serán necesarias más barras de hoja, en concreto 50 cortadas de la manera que indica la Figura 16.



Sabiendo la cantidad de barras que serán necesarias para cada modelo, ahora se analizarán la cantidad de veces que se realiza cada proceso, ya que los tiempos son los explicados anteriormente.

Para el primer modelo serán necesarias 93 barras, y para el segundo modelo serán necesarias 100 barras. Estas barras se podrán desplazar y almacenar en la mesa de corte de 10 en 10 siendo necesarios así solo 10 desplazamientos en ambos modelos.

Continuando con el proceso de la mesa de corte, serán necesarios, como ya se ha explicado anteriormente, tantos cortes y fijaciones como perfiles conformen la ventana. El primer modelo está conformado por 9 perfiles (4 de hoja, 4 de marco y 1 de travesaño), y siendo 50 ventanas, serán necesarios 450 cortes y fijaciones. El segundo modelo está conformado sólo por 8 perfiles, por lo que serán necesarios 400 cortes y fijaciones en esta máquina. En cuanto a las programaciones, serán necesarias tantas como perfiles con diferentes medidas o ángulos de corte haya. Por tanto, para el primer modelo serán necesarias 5 y para el segundo 4 programaciones.

En cuanto a los desplazamientos, una vez realizado el corte, para el modelo con travesaño, se desplazarán los perfiles de marco y de hoja, de la mesa de corte a la prensa hidráulica, y los perfiles de travesaño de la mesa de corte a la retestadora. De esta manera, teniendo los carros una capacidad de 150 perfiles, de la mesa de corte a la prensa, serán necesarios 3 viajes, ya que son 8 perfiles de marco y de hoja por ventana, es decir 400 perfiles en total. Por otro lado, de la mesa de corte a la retestadora solo será necesario un viaje, ya que habrá 50 perfiles de travesaño.

Finalmente, cada uno de estos carros se llevarán de la máquina en la que estaban a los bancos de trabajo, siendo así necesarios 4 viajes (3 de la prensa, y 1 de la retestadora a los bancos de trabajo).

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
--	--	--

Para el modelo con cerradura, una vez se realiza el corte, los perfiles de marco y de hoja se separan en diferentes carros, por un lado, los que después del punzonado necesiten un proceso de copiado, y por otro lado los que tras el punzonado no necesiten este proceso de copiado.

De esta manera, habiendo al igual que en el otro caso 400 perfiles en total, 100 de estos irán en un carro, que serán los que requieren el proceso de copiado, en concreto un perfil vertical de marco y otro perfil vertical de hoja por ventana. Los 300 perfiles restantes irán en dos carros.

Por tanto, de la mesa de corte a la prensa hidráulica serán necesarios 3 viajes de carros, y de la prensa hidráulica, una vez realizado el punzonado, será necesario 1 viaje a la fresa-copiadora. Finalmente, cada uno de estos carros se llevarán de la máquina en la que estaban a los bancos de trabajo, siendo así necesarios 3 viajes (2 de la prensa, y 1 de la copiadora a los bancos de trabajo).

Cabe destacar que cada uno de estos viajes se realiza en un carro de transporte de perfiles diferente, para que no haya que esperar a que se vacíen los carros para comenzar con otro viaje.

En cuanto a la prensa hidráulica serán necesarios los 18 punzonados por ventana, explicados en el apartado anterior, es decir, 900 punzonados en total para cada uno de los modelos.

Para el caso del modelo con fijo, en la retestadora serán necesarios el mismo número de fijaciones que de operaciones de retestado. Siendo en total 50 travesaños, y siendo necesario realizar la operación por sus dos caras, será necesario realizar esto 100 veces.

En el caso del modelo con cerradura, en la fresa-copiadora serán necesarios 2 mecanizados por ventana, uno en la hoja y otro en el marco, siendo un total de 50 ventanas, serán necesarios 100 fresados, y por lo tanto habrá que realizar 100 fijaciones de perfiles.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
---	--	--

Finalmente, para los bancos de trabajo serán necesarios en total 4 viajes para el modelo con travesaño, y 3 viajes para el modelo con cerradura, como ya se ha comentado, desde cualquier máquina de mecanizado, ya que están todas a la misma distancia y los tiempos son los mismos.

En estos, el tiempo total de montaje se calculará como si solo se utilizara un solo banco, para posteriormente poder calcular el número de bancos que serían necesarios en la línea para que esté equilibrada la zona del corte y mecanizado con la zona de los bancos.

Con todo esto explicado, se recogerán todos los datos en la Tabla 3 y así obtener los tiempos totales de la fabricación de esta serie en ambos modelos.

Para cada modelo en la tabla se indica, en la primera columna el tiempo que cuesta hacer una sola operación, en la segunda la cantidad de veces que se repite cada una, y en la tercera el tiempo que se tarda en realizar todas las operaciones, para así, finalmente, obtener el tiempo de mecanizado, por un lado, el tiempo de montaje en cada banco por otro, y finalmente el tiempo total de producción, en segundos y en minutos.



Procesos	Tiempos para el modelo de una hoja practicable con fijo inferior				Tiempos para el modelo de una hoja practicable con cerradura			
	Tiempo unitario (seg)	Cantidad	Tiempo total (seg)	Tiempo en min	Tiempo unitario (seg)	Cantidad	Tiempo total (seg)	Tiempo en min
Mesa de corte								
Traslado de barras del almacén a la mesa de corte	10	10	100		10	10	100	
Fijación de las barras	10	450	4500		10	400	4000	
Programación de la máquina	25	5	125		25	4	100	
Proceso de corte	6	450	2700		6	400	2400	
Movimiento de perfiles al carro	2	450	900		2	400	800	
Prensa hidráulica								
Traslado del carro de la mesa de corte a la prensa	10	3	30		10	3	30	
Movimiento de perfiles del carro a la prensa	2	900	1800		2	900	1800	
Proceso de punzonado	6	900	5400		6	900	5400	
Movimiento de perfiles de la prensa al carro	2	900	1800		2	900	1800	
Retestadora								
Traslado del carro de la mesa de corte a la retestadora	15	1	15		-	-	-	
Movimiento de perfiles del carro a la retestadora	2	50	100		-	-	-	
Fijación de perfiles	10	100	1000		-	-	-	
Proceso de retestado	15	100	1500		-	-	-	
Movimiento de perfiles de la retestadora al carro	2	50	100		-	-	-	
Fresa-copiadora								
Traslado del carro de las prensas a la copiadora	-	-	-		15	1	15	
Movimiento de perfiles del carro a la copiadora	-	-	-		2	100	200	
Fijación de los perfiles	-	-	-		10	100	1000	
Proceso de copiado	-	-	-		30	100	3000	
Movimiento de perfiles de la copiadora al carro	-	-	-		2	100	200	
Tiempo total de mecanizado			20.070,00	334,50			20.845,00	347,42
Bancos de montaje								
Traslado del carro de la fresa-copiadora/prensas a los bancos	-	-	-		15	4	60	
Traslado del carro de la retestadora/prensas a los bancos	15	4	60		-	-	-	
Movimiento de perfiles del carro a los bancos	2	450	900		2	400	800	
Proceso de montaje de la ventana	3000	50	150000		3000	50	150000	
Tiempo total de montaje			150.960,00	2.516,00			150.860,00	2.514,33
Tiempos totales			171.030,00	2.850,50			171.705,00	2.861,75

Tabla 3. Cálculo de tiempos de una serie de 50 ventanas en la línea actual.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
--	--	--

Con estos datos se calcula la media que costaría el proceso de corte y mecanizado de cada ventana:

Para el modelo de una hoja practicable con fijo inferior:

$$\begin{aligned}
 \textit{Tiempo medio de mecanizado de una ventana} &= \\
 &= \frac{\textit{Tiempo total de mecanizado}}{\textit{Número de ventanas fabricadas}} = \\
 &= \frac{334.5 \textit{ minutos}}{50 \textit{ ventanas}} = 6.69 \textit{ minutos}
 \end{aligned}$$

Para el modelo de una hoja practicable con cerradura:

$$\begin{aligned}
 \textit{Tiempo medio de mecanizado de una ventana} &= \\
 &= \frac{\textit{Tiempo total de mecanizado}}{\textit{Número de ventanas fabricadas}} = \\
 &= \frac{347.42 \textit{ minutos}}{50 \textit{ ventanas}} = 6.95 \textit{ minutos}
 \end{aligned}$$

Por otro lado, se calculará el tiempo medio de montaje para una ventana.

Para el modelo de una hoja practicable con fijo inferior:

$$\begin{aligned}
 \textit{Tiempo medio de montaje de una ventana} &= \\
 &= \frac{\textit{Tiempo total de montaje}}{\textit{Número de ventanas fabricadas}} = \\
 &= \frac{2516 \textit{ minutos}}{50 \textit{ ventanas}} = 50.32 \textit{ minutos}
 \end{aligned}$$

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
--	--	--

Para el modelo de una hoja practicable con cerradura:

Tiempo medio de montaje de una ventana =

$$\frac{\textit{Tiempo total de montaje}}{\textit{Número de ventanas fabricadas}} =$$

$$\frac{2514.33 \textit{ minutos}}{50 \textit{ ventanas}} = 50.29 \textit{ minutos}$$

Sumando los dos tiempos calculados para cada modelo obtendremos el tiempo medio de fabricación de una ventana.

Ahora se calculará el número de bancos que puede abastecer esta línea de producción para ambos modelos.

Para el modelo de una hoja practicable con fijo inferior:

$$\textit{Número de bancos} = \frac{\textit{Tiempo total de montaje}}{\textit{Tiempo total de mecanizado}} =$$

$$\frac{2516 \textit{ minutos}}{334.5 \textit{ minutos}} = 7.52 \textit{ bancos}$$

Para el modelo de una hoja practicable con cerradura:

$$\textit{Número de bancos} = \frac{\textit{Tiempo total de montaje}}{\textit{Tiempo total de mecanizado}} =$$

$$\frac{2514.33 \textit{ minutos}}{347.42 \textit{ minutos}} = 7.24 \textit{ bancos}$$

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
--	--	--

En ambos modelos este cálculo sale algo más de 7, por lo que se necesitarían 8 bancos de montaje para que la línea este equilibrada y no haya ningún tiempo de espera, es decir, en esta línea, con los 6 bancos que hay, la parte de la línea encargada del corte y mecanizado de los perfiles, generará perfiles más rápido de lo que los 6 bancos pueden fabricar ventanas.

En la nueva línea, que se analizará en el siguiente capítulo, se repetirán estos cálculos, por un lado, para poder hacer una comparación de tiempos, y por otro, para ver cuantos bancos serían necesarios, y si es posible equilibrar la línea para que no haya tiempos de espera.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
--	--	--

3.4. Problemas de la línea

En este apartado se comentarán los principales problemas que podría haber en la línea para, posteriormente, ser analizados y, si es posible, solucionarlos.

Comenzando a hablar de las máquinas que hay actualmente en la planta surgen dos problemas.

El primero está en el grupo de máquinas encargadas del corte y el mecanizado de los perfiles, ya que, a excepción de la mesa de corte, el resto de las máquinas no son tan modernas, y funcionan con procesos muy manuales, lo que aumenta los tiempos de producción.

El segundo está en el grupo encargado del montaje manual, es decir, los bancos de trabajo, ya que es un proceso totalmente manual, lo que lo hace el proceso más lento y restrictivo de toda la línea de producción, y a la vez el que más operarios requiere.

Finalmente, el último problema que hay en esta línea está en el transporte de material entre las máquinas, el cual se realiza en los carros de transporte especiales para perfiles. Al existir tantos puestos de trabajo será necesaria una gran cantidad de desplazamientos, aumentando así los tiempos de producción.



4. Nueva línea de producción

Una primera opción de mejora sería la sustitución de los bancos de montaje, debido a que este es el proceso más lento de toda la línea de producción, por maquinaria automatizada, pero al tratarse de un proceso totalmente manual en el que existen muchos factores a tener en cuenta, es necesario el criterio del operario que la monta. Por esto actualmente no existe maquinaria automatizada en este sector que se encargue de realizar este trabajo.

Así que lo que se estudiará es sustituir la maquinaria de mecanizado, intentando reducir los tiempos de producción, y en caso de conseguirlo y que fuera necesario, aumentar el número de bancos de montaje para equilibrar la línea, y no generar cuello de botella. Para sustituir esta maquinaria existen muchas opciones más modernas y automatizadas. Por tanto, una manera de reducir los tiempos totales, es disminuyendo los tiempos de desplazamiento y fijación de los perfiles en cada una de las máquinas. Si se sustituye cada una de las máquinas por una versión de ellas más nueva, estos tiempos de desplazamiento se mantendrían igual, por lo que la manera de reducirlos es sustituyendo varias máquinas del proceso de mecanizado por una que haga todos los procesos.

Una opción, de este tipo de maquinaria, es sustituir todas las máquinas de mecanizado (mesa de corte, prensas hidráulicas, fresa-copiadora y retestadora), por un solo centro de mecanizado con control numérico. Este se encargaría de realizar los cortes de los perfiles de aluminio, y a la vez de realizar todos los mecanizados necesarios en cada uno de los perfiles. De esta manera se eliminarían todos los tiempos de desplazamiento de material entre estas máquinas y se reduciría el número de veces que hay que fijar las piezas en las máquinas.



A continuación, se mostrarán diferentes opciones posibles y se elegirá una. Dos grandes marcas de maquinaria dedicada a este sector son Daser Global³ y Emmegi⁴. De entre estas dos marcas se optará por buscar un centro de mecanizado de Emmegi, ya que la empresa ya conoce la marca, debido a que la mesa de corte es de dicha marca. Otro motivo para seleccionar esta marca es que la empresa ya ha tenido contacto con el servicio técnico, el cual existe en España, y se sabe que es bueno. Por último, gracias a tener contacto con la marca, y con alguna otra empresa del sector que dispone de máquinas parecidas a estas, los tiempos de mecanizado podrán ser suministrados de algún caso real.

Dentro de la propia marca existen varias opciones de centros de mecanizado. A continuación, se evaluarán tres opciones y se elegirá una.

Las tres posibles opciones son los centros de mecanizado “Satellite XL” (Figura 17)⁵, “Quadra L1” (Figura 18)⁶ y “Quadra L2” (Figura 19)⁷.

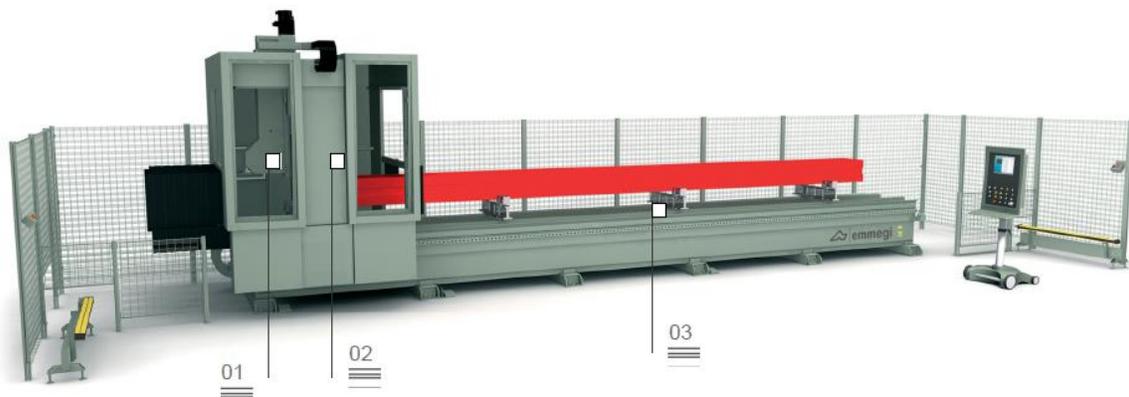


Figura 17. Centro de mecanizado “Satellite XL”.

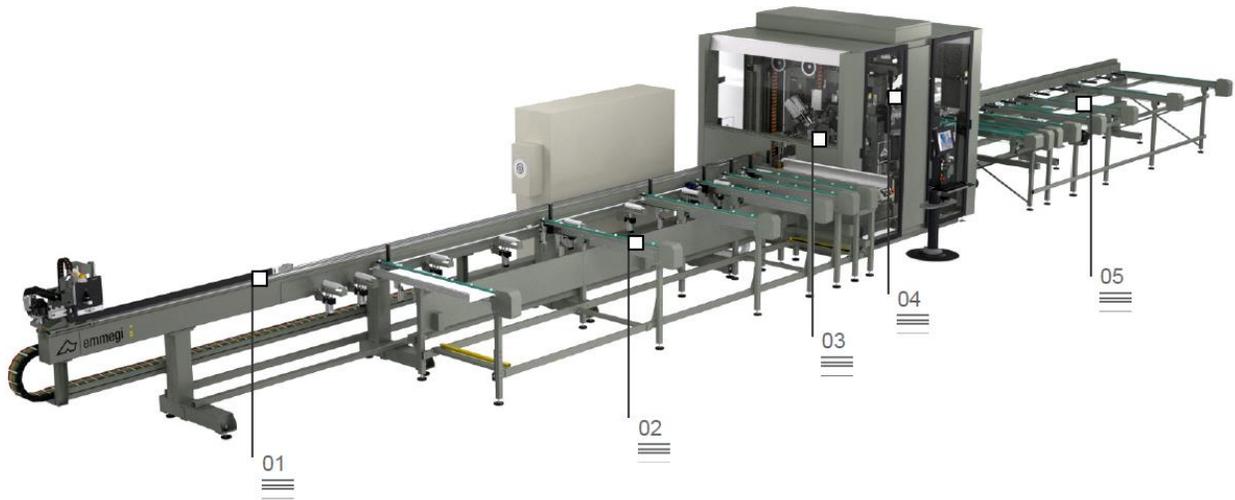


Figura 18. Centro de mecanizado "Quadra L1".

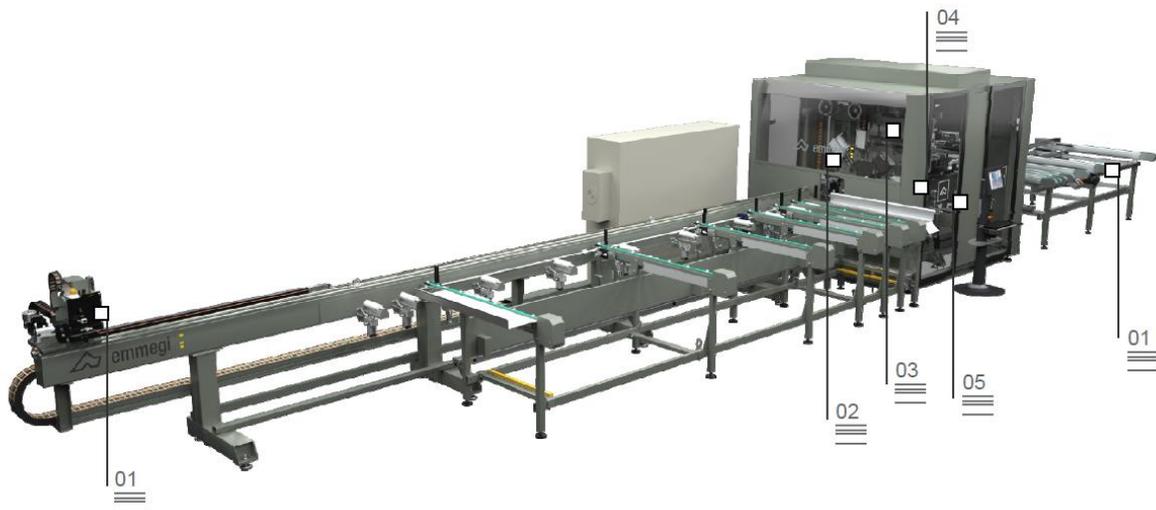


Figura 19. Centro de mecanizado "Quadra L2".

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
---	--	--

A continuación, en la Tabla 4, se mostrarán los datos que se han empleado para la comparación de las máquinas, y que posteriormente se comentarán.

	Satellite XL	Quadra L1	Quadra L2
Almacén de carga de barras	No	Si	Si
Almacén de descarga de perfiles	No	Si	Si
Módulo de fresado	Si	Si	Si
Potencia del módulo de fresado (kW)	10	5,6	5,6
Número de superficies que puede mecanizar	3	4	4
Módulo de corte	Si	Si	Si
Módulo de retestado	No	No	Si

Tabla 4. Comparación de los centros de mecanizado.

Con la información necesaria de las tres máquinas, la mejor opción para esta línea es el modelo “Quadra L2”. Esto se debe a que en comparación con el modelo “Satellite XL”, los otros dos modelos cuentan con un almacén automatizado tanto de carga como de descarga, mientras que la otra no cuenta con ningún almacén, lo cual podría aumentar tiempos ya que mientras la máquina está realizando algún proceso, el operario encargado de su manipulación no podría estar alimentando la máquina con más barras. Por otro lado, el módulo de fresado del modelo “Satellite XL” solo puede trabajar sobre tres caras de los perfiles mientras que los otros dos modelos pueden trabajar sobre las 4 caras sin necesidad de recolocar los perfiles, lo que podría conllevar un aumento en los tiempos de producción.

Entre los modelos “Quadra L1” y “Quadra L2” se elige el segundo debido a que este, aparte del módulo de fresado y el de corte, cuenta con un módulo de retestado lo que permitiría sustituir todas las máquinas de corte y mecanizado de la línea.

En cuanto a potencias de las máquinas, para comprobar si serán capaces de mecanizar el aluminio, no se profundizará demasiado, ya que estas marcas, y estos modelos están diseñados para trabajar en este sector, por lo que se presupone que serán capaces de mecanizar este material.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
---	--	--

La única diferencia en este aspecto es que el modelo “Satellite XL”, en su módulo de fresado posee 10 kW de potencia, mientras que los otros modelos solo poseen 5,6 kW de potencia en este módulo. Esto se debe a que el primer modelo está diseñado tanto para trabajar carpintería de aluminio, como de PVC. Para mecanizar carpintería de PVC necesitará más potencia ya que los perfiles de este tipo de carpintería poseen un alma de hierro para darles rigidez. Como en esta empresa solo se trabajan los cerramientos de aluminio, esto no será un factor considerado para la elección de la máquina.

En el Anexo IV se proporcionará más información acerca del centro de mecanizado seleccionado.



4.1. Estudio de la nueva línea de producción

Una vez seleccionada y descrita la nueva máquina, al igual que en el punto anterior, se comentarán los tiempos de producción realizando nuevamente una tabla donde se recogerán todos los tiempos para poder ser analizados. Para comenzar con el análisis se volverá a realizar un diagrama de flujo de la nueva línea (Figura 20).

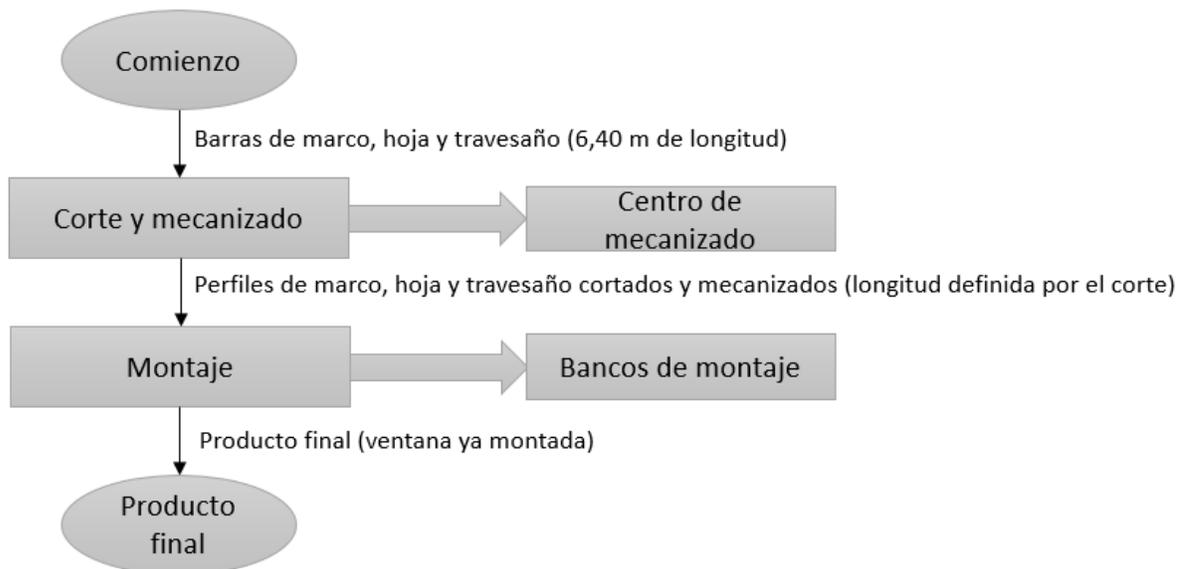


Figura 20. Diagrama de flujo de la nueva línea.

Al haber menos máquinas en esta nueva distribución el diagrama de flujo queda mucho más reducido siendo realizados los cuatro primeros procesos de la línea anterior en la misma máquina. En este caso se eliminan todos los desplazamientos entre máquinas, quedando así solo el traslado de las barras del almacén al centro de mecanizado, el movimiento de perfiles del centro de mecanizado a los carros de transporte, el traslado de dicho carro a los bancos de montaje, y la descarga de este carro en los bancos.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
---	--	--

Todos estos tiempos se mantienen igual ya que las distancias entre estos movimientos son similares a los de la línea anterior.

También se ha eliminado la manipulación de los perfiles por los operarios en las máquinas de mecanizado, es decir, dar la vuelta a estos perfiles en las máquinas, lo que también reducirá los tiempos.

En cuanto a los tiempos de los procesos, estos cambiarán con respecto a la línea anterior. Una vez están las barras en el centro de mecanizado, el primer paso es programarlo. Esta programación, costará más tiempo ya que esta nueva máquina realizará más procesos, aunque con una sola programación se puede procesar una serie larga de barras si los procesos en estas son iguales. Esta nueva máquina tendrá ya predefinidos los mecanizados que hay que realizar para cada una de las series de ventana, por lo que solo será necesario definir las medidas de la ventana a fabricar, y con eso procesará una serie del número de ventanas que se le indique. Esta programación será aproximadamente de unos 60 segundos. Una vez programada la máquina, esta se encargará de fijar las barras de 6.40 metros de longitud, según el proceso que se vaya a realizar, lo que tardará unos 10 segundos por barra. Durante el proceso de la máquina, estas fijaciones variarán de posición según donde se vaya a mecanizar o cortar la barra, pero estos tiempos no se tienen en cuenta ya que se realizan durante el propio proceso.

Una vez fijadas estas barras comenzará el proceso. Primero la barra pasará por el módulo de fresado, donde se realizarán el mecanizado que corresponde a las prensas hidráulicas, es decir, las aperturas para las escuadras y la apertura y cajado para la cremona y el mecanismo de cierre, y en caso de que sea necesario el mecanizado que corresponde a la fresa-copiadora. Este proceso es de 90 segundos, excepto en el caso de que exista cerradura en la ventana que ocupa 100 segundos, siendo necesario sólo la mecanización de 2 barras para los dos modelos, de las que de una saldrán los 4 perfiles de marco, y de la otra los 4 perfiles de hoja. En caso de los travesaños no será necesario ningún mecanizado en este módulo.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
---	--	--

Seguidamente, se cortan los perfiles con los mecanizados ya hechos, o los travesaños, pero en este caso no se cortan ambos lados del perfil a la vez al sólo contar con un módulo de corte, por lo que habrá el doble de cortes que en la máquina anterior. Cada uno de estos cortes dura lo mismo, unos 6 segundos.

Por otro lado, una vez realizado el corte en los travesaños, la máquina cuenta con un módulo de retestado al final, que se encarga de realizar esta operación. Esta operación cuesta realizarse 10 segundos por cada cara de travesaño que se retesta.

Finalmente, los perfiles ya preparados para su montaje son almacenados en el almacén automático de piezas finalizadas, de donde se trasladan a los carros de transporte para ser llevados a los bancos de montaje. En estos bancos el proceso y los tiempos son iguales que los de la línea anteriormente explicada.



4.2. Estudio de los tiempos para una serie de 50 ventanas

Ahora se estudiará el proceso para una serie de 50 ventanas, finalmente realizando otra tabla donde se indicarán los tiempos para la producción de esta serie. Para este caso se utilizará la misma optimización de barras que se ha usado en la línea anterior, mostrada para el modelo con fijo en las Figuras 12, 13 y 14, y para el modelo con cerradura mostrada en las Figuras 15 y 16.

En primer lugar, el traslado inicial de las barras del almacén al centro de mecanizado, es igual que para la anterior línea a la mesa de corte, siendo posible desplazar hasta 10 barras, tardando 10 segundos por cada movimiento. Por tanto, como en el caso anterior se realizarán 10 desplazamientos hasta el centro.

Como ya se ha explicado anteriormente sólo será necesario programar una vez el centro de mecanizado para cada uno de los dos modelos, ya sea para una sola ventana o para una serie más larga de ventanas como es este caso. Como en esta máquina sólo es necesario fijar la barra entera en vez de cada perfil, será necesaria la fijación de 93 barras para el modelo con fijo (50 de marco, 34 de hoja y 9 de travesaño), mientras que será necesaria la fijación de 100 barras para el modelo con cerradura (50 de marco y 50 de hoja), tal como se muestra en la optimización del capítulo anterior.

Por otro lado, será necesario mecanizar 84 barras en el modelo con fijo (50 de marco y 34 de hoja) ya que los travesaños no requieren mecanizado en el módulo de fresado, y 100 barras en el modelo con cerradura (50 de marco, y 50 de hoja).

Tras el mecanizado, las barras pasan por el módulo de corte, donde para las 50 ventanas, son necesarios 2 cortes por cada perfil que se requiere, es decir el doble de cortes, de los que se requerían en la mesa de corte de la línea anterior.



Finalmente, los travesaños pasan por el último módulo del centro donde se retestan, lo cual requiere 2 operaciones para cada travesaño, siendo 50 perfiles de travesaño, serán necesarias 100 operaciones.

Una vez preparados todos los perfiles para su montaje, al igual que en la anterior línea de producción, estos se mueven a los carros, en total 450 movimientos para los modelos con travesaño, y 400 para los modelos sin travesaño, para ser llevados a los bancos de montaje, siendo en estos el proceso igual que en la anterior línea. En este caso serán necesarios 4 viajes de carros, ya que todos los perfiles irán hasta los bancos de montaje desde la misma máquina.

Con todo esto explicado, la tabla (Tabla 5) quedará así:

<u>Procesos</u>	Tiempos para el modelo de una hoja practicable con fijo inferior				Tiempos para el modelo de una hoja practicable con cerradura			
	Tiempo unitario (seg)	Cantidad	Tiempo total (seg)	Tiempo en min	Tiempo unitario (seg)	Cantidad	Tiempo total (seg)	Tiempo en min
Centro de mecanizado cnc								
Traslado de barras del almacén al centro de mecanizado	10	10	100		10	10	100	
Programación de la máquina	60	1	60		60	1	60	
Fijación de las barras en el centro de mecanizado	10	93	930		10	100	1000	
Proceso de mecanizado de las barras	90	84	7560		100	100	10000	
Proceso de corte de los perfiles	6	900	5400		6	800	4800	
Proceso de retestado de los perfiles	10	100	1000		0	0	0	
Movimiento de perfiles del centro al carro	2	450	900		2	400	800	
Tiempo total de mecanizado			15.850,00	264,17			16.660,00	277,67
Bancos de montaje								
Traslado del carro del centro a los bancos	15	4	60		15	4	60	
Movimiento de perfiles del carro a los bancos	2	450	900		2	400	800	
Proceso de montaje de la ventana	3000	50	150000		3000	50	150000	
Tiempo total de montaje			150.960,00	2.516,00			150.860,00	2.514,33
Tiempos totales			166.810,00	2.780,17			167.520,00	2.792,00

Tabla 5. Cálculo de tiempos de una serie de 50 ventanas en la nueva línea de producción.



Para este caso, al igual que en la línea anterior, el proceso de montaje en los bancos se calcula como si sólo se utilizara uno en la línea para posteriormente calcular cuántos serían necesarios para equilibrar la línea.

Con estos datos se volverá a calcular, el tiempo de corte y mecanizado medio por cada ventana.

Para el modelo de una hoja practicable con fijo inferior:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo medio de una ventana} &= \frac{\text{Tiempo total de mecanizado}}{\text{Número de ventanas fabricadas}} = \\ &= \frac{264.17 \text{ minutos}}{50 \text{ ventanas}} = 5.28 \text{ minutos} \end{aligned}$$

Para el modelo de una hoja practicable con cerradura:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo medio de una ventana} &= \frac{\text{Tiempo total de mecanizado}}{\text{Número de ventanas fabricadas}} = \\ &= \frac{277.67 \text{ minutos}}{50 \text{ ventanas}} = 5.55 \text{ minutos} \end{aligned}$$

Por otro lado, se calculará el tiempo medio de montaje para una ventana.

Para el modelo de una hoja practicable con fijo inferior:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo medio de montaje de una ventana} &= \\ &= \frac{\text{Tiempo total de montaje}}{\text{Número de ventanas fabricadas}} = \\ &= \frac{2516 \text{ minutos}}{50 \text{ ventanas}} = 50.32 \text{ minutos} \end{aligned}$$



Para el modelo de una hoja practicable con cerradura:

Tiempo medio de montaje de una ventana =

$$\frac{\textit{Tiempo total de montaje}}{\textit{Número de ventanas fabricadas}} =$$
$$\frac{2514.33 \textit{ minutos}}{50 \textit{ ventanas}} = 50.29 \textit{ minutos}$$

Comparando con la línea de producción inicial, en el corte y mecanizado se reducen los tiempos significativamente, aproximadamente en 1.5 minutos en ambos modelos, mientras que los tiempos de montaje en los bancos se mantienen prácticamente iguales, ya que no hay ninguna modificación en esta parte de la línea. Esto conlleva un aumento de la productividad en el corte y mecanizado de los perfiles.

Debido a este aumento de productividad, los 6 bancos de montaje que hay en la línea no serán suficientes, y al no poder sustituir este proceso por uno más rápido, la solución será aumentar el número de bancos que hay en la línea, para así poder equilibrarla.

A continuación, se calculará la cantidad de bancos que es capaz de abastecer esta nueva máquina:

Para el modelo de una hoja practicable con fijo inferior:

$$\textit{Número de bancos} = \frac{\textit{Tiempo total de montaje}}{\textit{Tiempo total de mecanizado}} =$$
$$\frac{2516 \textit{ minutos}}{264.17 \textit{ minutos}} = 9.52 \textit{ bancos}$$

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
---	--	--

Para el modelo de una hoja practicable con cerradura:

$$\begin{aligned}
 \text{Número de bancos} &= \frac{\text{Tiempo total de montaje}}{\text{Tiempo total de mecanizado}} = \\
 &= \frac{2514.33 \text{ minutos}}{277.67 \text{ minutos}} = 9.06 \text{ bancos}
 \end{aligned}$$

Para esta nueva línea serían necesarios 10 bancos de montaje trabajando a la vez, para que no generen cuello de botella en la línea, 4 más que en la línea anterior.

Finalmente, para comprobar si es posible este aumento de bancos, se estudiará la distribución en planta de la línea con la nueva máquina y con los 10 bancos, para comprobar si con el espacio disponible serían posibles estas modificaciones. También se estudiarán la cantidad de operarios que serán necesarios en la línea.



4.3. Estudio de la distribución en planta para la nueva línea

En primer lugar, se calculará la superficie que sería necesaria en la planta, para comprobar si sería posible la implementación de la nueva máquina, junto con los 10 bancos de trabajo.

Para comprobar esto, a continuación, se calculará la superficie total (S_t) que ocupan la máquina, los bancos y los almacenes.⁸

Primero se calculará la superficie estática (S_e), que es la superficie ocupada por cada máquina.

$$S_e = \text{largo} \times \text{ancho}$$

Una vez calculada esta, se calculará la superficie de gravitación (S_g), que es la superficie reservada para los operarios que trabajan con las máquinas. En esta fórmula n es el número de lados accesibles de la máquina durante el trabajo.

$$S_g = S_e \times n$$

Con estas dos ecuaciones se calculará la superficie de evolución (S_v), que es la superficie reservada entre puestos de trabajo para el desplazamiento del personal y manutención. En esta fórmula K es un coeficiente experimental que depende del tipo de industria. Para la industria mecánica K vale 2.

$$S_v = K \times (S_e + S_g)$$

Finalmente, la superficie total (S_t) es la suma de las tres anteriores.

$$S_t = S_e + S_g + S_v$$



Con esto explicado se calculan estas superficies para las máquinas, y añadiendo el tamaño de los almacenes que, como ya se ha comentado, ocupan aproximadamente entre los dos $210 m^2$, se comprueba que no supere los $1000 m^2$ que tiene de tamaño la nave. En la Tabla 6 se muestran estos cálculos.

<u>Máquinas</u>	Centro de mecanizado cnc	Bancos de montaje (x10)	Almacenes(x2)	Total
Medidas en metros de cada máquina (Largo x Ancho)	22 x 2	2,5 x 1,5	15 x 7	
Se (m2)	44,00	37,5	-	
Sg (m2)	44,00	150,00	-	
Sv (m2)	176,00	375,00	-	
St (m2)	264,00	562,5	210	1036,50

Tabla 6. Estudio de la distribución en planta con 10 bancos.

Como se observa, la superficie total necesaria entre el centro de mecanizado, los bancos de montaje, y los almacenes supera los $1000 m^2$ disponibles de la nave, por lo que no sería posible incluir esta línea.

Como supera por poco el espacio disponible se, volverá a calcular la superficie total ocupada por las máquinas y por los almacenes, pero en este caso con sólo nueve bancos. Este cálculo se muestra en la Tabla 7.

<u>Máquinas</u>	Centro de mecanizado cnc	Bancos de montaje (x9)	Almacenes(x2)	Total
Medidas en metros (Largo x Ancho)	22 x 2	2,5 x 1,5	15 x 7	
Se (m2)	44,00	33,75	-	
Sg (m2)	44,00	135,00	-	
Sv (m2)	176,00	337,50	-	
St (m2)	264,00	506,25	210	980,25

Tabla 7. Estudio de la distribución en planta con 9 bancos.



En este caso, incluyendo 9 bancos de trabajo, sí que sería posible implementar esta línea.

La reducción de bancos respecto a los calculados podría generar esperas de material entre el centro de mecanizado y estos bancos, lo que ocasionaría un volumen de material acumulado.

Debido a que hay necesidad de mantenimiento y se produce acumulación de restos de material en el centro de mecanizado, el tiempo sobrante de este operario se empleará en la retirada de contenedores llenos de este material, y el posicionamiento de nuevos contenedores vacíos, así como el mantenimiento de este. De esta manera se evitará esta acumulación.

Ahora, pasando a estudiar la disposición de la distribución en planta, con la ayuda de AutoCAD, podría ser similar a la de la línea anterior, en U, por los mismos motivos que en la línea anterior, como se muestra en la [Figura 21](#).

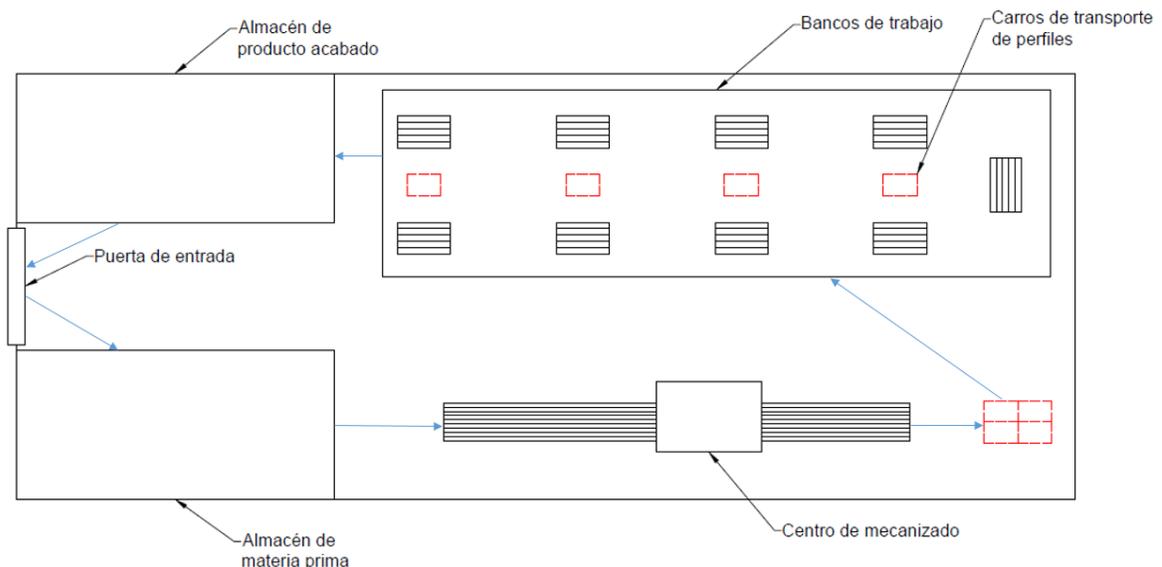


Figura 21. Distribución en planta de la nueva línea con la dirección del proceso.



Esta distribución en planta sería una estimación, ya que la posición en la que se han colocado los bancos podría variar. Por otro lado, los almacenes y el centro de mecanizado, sí que se colocarían como se muestra en la Figura 21.

Por otro lado, en la Figura 22, se muestra la distribución en planta, pero indicando las medidas de cada una de las partes de la línea.

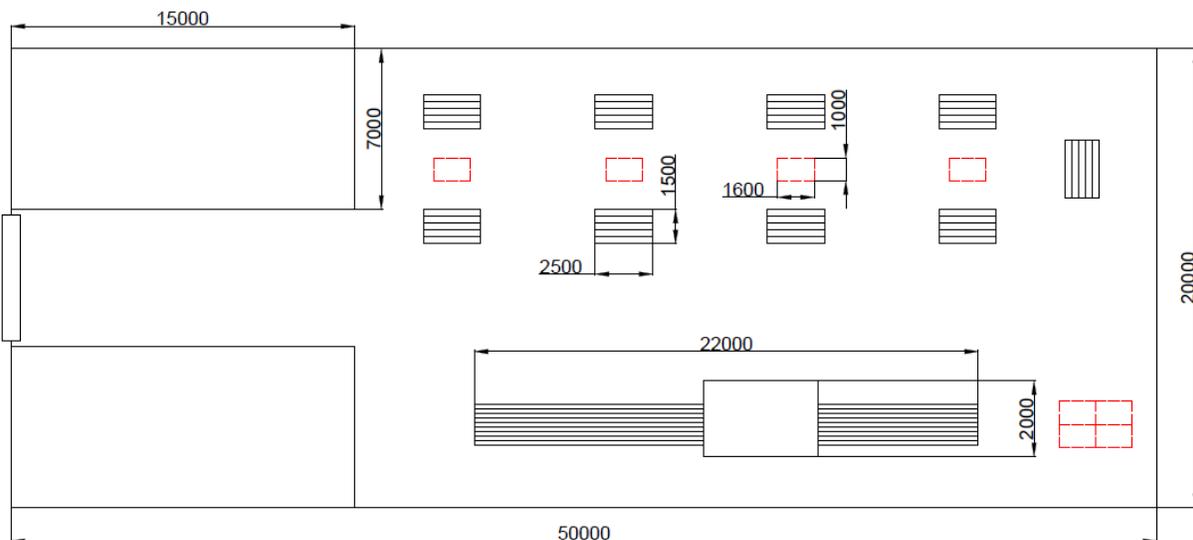


Figura 22. Distribución en planta de la nueva línea con medidas.

En las Figuras 21 y 22 se muestran también marcados en rojo los carros de transporte usados en la línea. Por un lado, hay cuatro localizados entre los bancos de trabajo, abasteciendo cada uno de los lados de los carros al banco correspondiente, a excepción del carro de la derecha que abastecerá a tres bancos de montaje, por lo que irá con mayor carga de material. Debido a esta distribución de los bancos, hay 4 metros entre los bancos de arriba y los de abajo, por lo que estos carros, teniendo unas dimensiones de 1.6 metros de largo y 1 metro de ancho, no tendrían ningún problema de espacio.



Por otro lado, los carros localizados al lado del centro de mecanizado se deben a la forma en la que se quiere trabajar en la empresa, con esta nueva línea, que es una producción en cadena y continua, tal y como trabaja en la línea actual. Por esto, el centro de mecanizado deberá comenzar a trabajar antes que los bancos de montaje para preparar la primera serie y que así estén continuamente abastecidos.

Esto generará que haya una acumulación de material de una serie entera, entre el centro de mecanizado y los bancos. Aproximadamente estas series tendrán un volumen de material de entre 400 y 450 perfiles, y suponiendo que no se cargan los carros al máximo de su capacidad se supone que harán falta 4 carros acumulados. Quedando entre el centro de mecanizado y la pared final de la nave un espacio de 7 metros no existirá ningún problema de espacio, ya que almacenando los carros con la disposición mostrada en las Figura 21 y 22, ocuparían 3.2 de estos 7 metros.

Finalmente, para terminar de estudiar la nueva línea de producción se analizará la cantidad de operarios que se requieren. Por un lado, el centro de mecanizado necesita un solo operario, con conocimiento de programación, para controlar esta máquina, y para estar continuamente abasteciéndola de barras, desplazándolas del almacén de materia prima al centro. Este operario podría ser el que se encargaba anteriormente de la manipulación de la mesa de corte, debido a que ya tiene conocimientos de programación de máquinas.

Por lo tanto, en la parte de la línea encargada del corte y mecanizado de perfiles se ahorrarán dos operarios, ya que en la línea estudiada anteriormente había tres operarios.

También, al igual que en la línea inicial, será necesario un operario por banco de montaje, es decir, en total 9, los cuales se encargarán de ir a buscar los perfiles suministrados por el centro de mecanizado, trasladarlos a los bancos, y ya allí, del montaje de la ventana.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
---	--	--

Por otro lado, en esta parte de la línea encargada del montaje de las ventanas en los bancos, serán necesarios 3 operarios más que en la línea anterior, que podrían ser los dos operarios ahorrados en la otra parte de la línea, y la contratación de uno nuevo.

En total serán necesarios 10 operarios en esta nueva línea, uno más que en la línea anteriormente estudiada.



5. Comparativo de las dos líneas estudiadas

A continuación, para finalizar el trabajo, se compararán las dos líneas estudiadas y se comentarán los resultados obtenidos.

En cuanto a los tiempos hay dos aspectos que comentar, por un lado, el tiempo empleado en el corte y mecanizado de los perfiles, y, por otro lado, el tiempo empleado en el montaje manual de las ventanas en los bancos de trabajo.

Se comparan los tiempos de corte y mecanizado para una serie de 50 ventanas de la línea actual, con los de la nueva línea planteada, para observar la diferencia de estos. Esta comparación se muestra en la Tabla 8.

	Tiempo total de mecanizado (min)	
	Modelo de una hoja practicable con fijo inferior	Modelo de una hoja practicable
Línea de producción inicial	334,50	347,42
Línea de producción nueva	264,17	277,67
Aumento de producción (%)	27%	25%

Tabla 8. Comparación de tiempos de corte y mecanizado entre las dos líneas estudiadas.

Esta disminución de tiempos, como ya se ha comentado, implica un aumento de la producción. Para el modelo con travesaño esta disminución de tiempo es del 27% y para el modelo con cerradura esta disminución es algo menor, del 25%.

Principalmente esto se debe a la desaparición de la mayoría de los desplazamientos entre las máquinas, y a la eliminación de la fijación de los perfiles en cada una de las máquinas, ya que antes era necesario fijar cada uno de los perfiles para su proceso de corte, o fijarlos en las máquinas una vez cortados, y ahora solo es necesario fijar las barras de 6.40 metros de longitud una vez para ya obtener los perfiles cortados y mecanizados.



Por otro lado, comparando los tiempos de montaje en los bancos, estos se mantienen iguales, es decir, el tiempo que se tarda en montar una ventana en cada uno de estos se mantiene igual, al no haber modificado esta parte de la línea.

Con la disminución de tiempos en la parte de la línea encargada del corte y del mecanizado de los perfiles, teóricamente, se ha conseguido aumentar la cantidad de los bancos de 6 a 9, es decir, se ha conseguido un aumento de la producción del 50%, únicamente con la contratación de un operario más en la línea.

Ahora, comentando los operarios necesarios en las dos líneas estudiadas, en la primera, como ya se ha comentado, se necesitan 3 operarios en la parte de la línea donde se realiza el corte y el mecanizado de los perfiles, mientras que en la segunda línea es necesario un solo operario, ya que solo hay una máquina. Por lo tanto, en esta parte de la línea inicial hay dos trabajadores más de los que se necesitan en la línea nueva. Estos dos operarios podrían dedicarse al montaje de ventanas en los bancos de trabajo, debido al aumento de estos que hay entre la línea inicial y la nueva. Aun así, en la primera línea había 6 bancos, por lo tanto 6 operarios, y en la segunda línea hay 9 bancos que, contando con los 6 operarios anteriores, más los dos operarios que anteriormente se dedicaban a las operaciones de mecanizado, suman 8 operarios. Es decir, sería necesaria la contratación de un operario más para así poder cubrir todos los puestos de trabajo que hay en la nueva línea.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
--	--	--

6. Conclusiones finales

El objetivo principal de este trabajo era analizar la línea de producción con la que trabaja actualmente la empresa, para posteriormente buscar un posible cambio en esta, y estudiar, si en temas de productividad, sería viable este cambio, es decir, analizar si sería posible una reducción de tiempos que lleve a mejoras en el proceso productivo.

Desglosando este objetivo en función de los aspectos estudiados, y los resultados finales alcanzados se ha llegado a lo siguiente:

Como se puede observar en la Tabla 8 del Capítulo 5, teóricamente, se han conseguido disminuir significativamente los tiempos en el proceso de preparación de las barras de aluminio (corte y mecanizado), mediante la sustitución de la maquinaria que hay en la línea actual por un centro de mecanizado. En cuanto al proceso de montaje, no ha sido posible reducir el tiempo empleado, ya que se trata de un proceso completamente manual, para el cual actualmente no existen máquinas automatizadas que lo agilicen. Por esta razón en esta parte de la línea se decidió aumentar el número de bancos de montaje, para en vez de reducir tiempos, aumentar la capacidad de producción y así hacer frente a la mayor producción de perfiles de la nueva máquina. Como se comenta en el Capítulo 5, este aumento de producción es del 50%, al haber incluido 9 bancos. En este caso, lo ideal, según los cálculos realizados al final del Capítulo 4.2, habría sido la implementación de 10 bancos de trabajo para no generar ninguna espera entre el puesto de corte y mecanizado, y los puestos de montaje, es decir para equilibrar correctamente la línea. Debido al tamaño de la nave con la que cuenta la empresa, no se pudieron incluir los 10 bancos tal como se muestra en la Tabla 6 del Capítulo 4.3.



En cuanto a los operarios, el objetivo era abaratar costes de producción, lo que se traduce en tener la menor cantidad de operarios sin disminuir la productividad. En este estudio, en la parte de la línea encargada del corte y mecanizado de los perfiles, se ha reducido la cantidad de operarios de 3, que había en la línea actual de la empresa, a 1, pero en la parte encargada del montaje de las ventanas se ha pasado de necesitar 6 a 9 operarios.

Reubicando los 2 operarios que se han reducido en la primera parte de la línea, y empleándolos en el montaje de ventanas, solo sería necesaria la contratación de un operario. En conclusión, en este caso no se abaratarían los costes de producción al no disminuir la cantidad de operarios, pero se aumentaría un 50% la productividad con un solo operario más.

Durante la realización del trabajo han surgido los siguientes problemas:

Al inicio del trabajo surgieron dos problemas a resolver. El primero fue sobre que modelos de ventanas se iba a realizar el estudio, ya que, como se explica, en el Anexo I existen muchos modelos de ventanas. Al final, por los motivos que se detallan en el Capítulo 2, se decidió estudiar la línea para un modelo con una hoja practicable, y un fijo inferior, y para otro modelo con una hoja practicable y cerradura, ya que son modelos sencillos y muy comunes en los proyectos de obra habitacional, y con ellos además se justifica el uso de todas las máquinas.

El segundo problema que surgió fue sobre la cantidad de ventanas que analizar en una serie. Finalmente se decidió estudiar ambas líneas para la fabricación de una serie de 50 ventanas, que como se explica en el Capítulo 2, se debe a que los proyectos de edificación en la ciudad de Zaragoza, son de entre 40 y 60 viviendas normalmente, por lo que una media son 50 unidades iguales (por ejemplo, una ventana de cocina que es una unidad por vivienda). Si hubiera ventanas repetidas de 2 o 3 unidades por vivienda (por ejemplo, dormitorios), se podrían hacer 2 o 3 series de fabricación de 50 unidades.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
--	--	--

Debido a los problemas de la línea actual de la empresa descritos en el Capítulo 3.4, y con los motivos explicados en el inicio del Capítulo 4, se decidió sustituir la maquinaria de corte y mecanizado por un centro de mecanizado que se encargará de realizar todas estas operaciones. De aquí surgió un problema, la elección de este centro. Esto se debe a que existen muchas marcas, y en cada marca varios modelos.

Al final se decidió por la marca “Emmegi”, ya que, al ser la mesa de corte de dicha marca, la empresa ya la conocía, sabiendo que tienen un buen servicio técnico en el país, por si existiera algún contratiempo.

Dentro de esta marca, se eligió el modelo “Quadra L2”, debido a que era el único que contaba un módulo de retestado, ya que todos los modelos de esta máquina contaban con un módulo de fresado y uno de corte al igual que este. Aparte este modelo también cuenta con una segunda cuchilla de corte más pequeña, para realizar cortes de mayor precisión, y por si aparecieran problemas con la otra.

Finalmente, una vez realizado el trabajo, se comentarán algunos posibles estudios a realizar.

Con todo este estudio sobre la línea de producción, y dado que se ha conseguido un aumento de productividad con la nueva línea, en el caso de que la empresa estuviera interesada en realizar el cambio propuesto, un posible estudio posterior sería el análisis económico de la empresa, analizando el coste de la sustitución de la maquinaria, para comprobar si económicamente esto sería posible.

También, tras este trabajo, si se realiza el cambio, otro estudio sería comprobar en qué fecha sería viable realizar el cambio de la línea para generar el mínimo de pérdidas posibles, ya que durante el cambio de esta será necesario un parón en la producción.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
--	--	--

Bibliografía

1. Emmegi - Carro para el transporte de perfiles. <https://www.emmegi.com/es/producto/carros/stack>.
2. Fundación Federico Ozanam - Instituto Aragonés de Empleo - Fabricación mecánica: Carpintería de Aluminio.
3. Daser Global. <https://daserglobal.com/>.
4. Emmegi. <https://www.emmegi.com/es/home>.
5. Emmegi - Satellite XL. <https://www.emmegi.com/es/producto/centros-de-mecanizado/satellite-xl>.
6. Emmegi - Quadra L1. <https://www.emmegi.com/es/producto/centros-de-mecanizado/quadra-l1>.
7. Emmegi - Quadra L2. <https://www.emmegi.com/es/producto/centros-de-mecanizado/quadra-l2>.
8. Tema 3. Distribución en planta - Asignatura de Sistemas de Fabricación. (2020).
9. Partes de una ventana. <https://www.metalicasoleta.com/partes-de-una-ventana/>.
10. Tipos de apertura de ventanas. <https://gitecnico.com/elegir-las-ventanas-de-tu-casa/>.
11. Cortizo. Catálogo Cor 60.
12. Emmegi - Cortadora de doble cabezal. <https://www.emmegi.com/es/producto/tronzadoras-de-doble-cabezal/classic-magic>.
13. Strong Bull - Prensa hidráulica. <https://strongbull.es/producto/pnmo-4-tm/>.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
---	--	--

14. Industrias AZ - Fresa-copiadora.
<http://www.industriasaz.com/esp/maquinaria/retestadoras-fresadoras/FC-400>.
15. Tronzadoras MG - Retestadora.
<https://www.suministrosgame.es/producto/retestadora-mg-rafre-cr-m/>.
16. Industrias AZ - Banco de ensamblado manual.
<http://www.industriasaz.com/esp/maquinaria/bancos-de-trabajo/MTM-4000>.



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

**ANÁLISIS Y MEJORA
DEL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE UNA
VENTANA DE ALUMINIO**

Trabajo de Fin de Grado

Alumno:
Álvaro Yus Argón

ANEXOS



Anexo I: Descripción de una ventana de aluminio

Todas las ventanas de aluminio están compuestas principalmente por un marco y una hoja tal y como se observa en la [Figura 23](#)⁹.



Figura 23. Representación partes de una ventana.

El marco es el elemento fijo que sujeta la ventana al muro a través del premarco (que es una estructura rectangular, fabricada en madera, metal o aluminio, que se coloca en el tabique para definir el hueco necesario para la ventana), y donde van sujetas las hojas.

Por otro lado, la hoja es el elemento móvil de la ventana, cuyo movimiento se permite a través de los herrajes. Dentro de los herrajes están las bisagras que permiten el giro de la hoja y la cremona, que es el mecanismo que abre y cierra la ventana. Estos herrajes están también señalados en la [Figura 23](#). Hay diferentes tipos de herrajes que permitirán diferentes aperturas de la hoja, por ejemplo, practicables ([Figura 24](#))¹⁰, oscilobatientes ([Figura 25](#))¹⁰ o correderas ([Figura 26](#))¹⁰.



Apertura Practicable

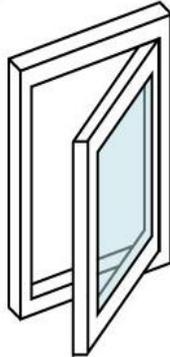


Figura 24. Ventana con apertura practicable.

Apertura Oscilobatiente

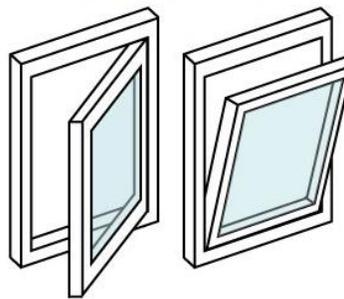


Figura 25. Ventana con apertura oscilobatiente.

Apertura Corredera

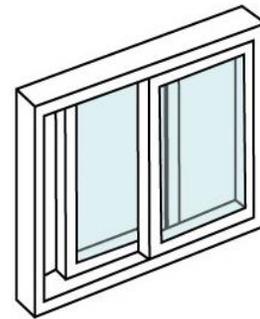


Figura 26. Ventana con apertura corredera.

Aparte de estos herrajes, también puede existir una cerradura en la ventana, que se encargara de bloquear el cierre de esta mediante una llave.

En la hoja se encuentra alojado el vidrio, encargado de dejar pasar la luz, sujeto a esta por medio de los junquillos, designados en la [Figura 23](#), que son perfiles de aluminio colocados a lo largo del perímetro del vidrio, clipados en la hoja.

En el caso de que la ventana tuviera un fijo (parte de la ventana con vidrio, pero sin hoja, es decir, permite el paso de luz, pero no es una parte móvil como las hojas) y hojas (abatibles o correderas), emplearemos tres tipos de perfiles, el marco perimetral y el perfil de hoja, ya descritos, y se añade otro perfil llamado travesaño que divide la parte fija de las hojas, representado en la [Figura 27](#).

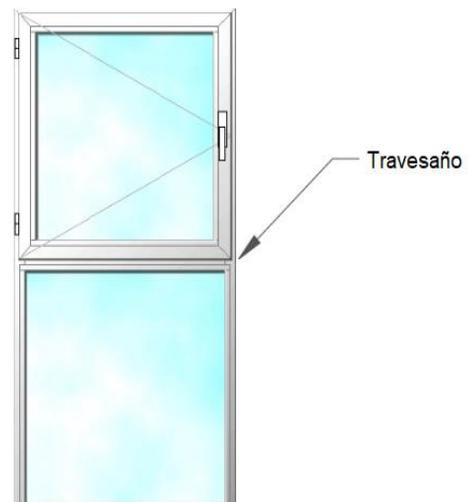


Figura 27. Representación de una ventana con travesaño y fijo inferior.



Aparte de todo esto, en algunas ocasiones las ventanas también pueden tener persiana, vierteaguas en la parte inferior de esta, para canalizar el agua, o solapes (perfil de aluminio utilizado para ocultar la unión entre el tabique o baldosa y la ventana).²

Esta empresa trabaja principalmente con tres proveedores distintos (Cortizo, Itesal y Alugom), teniendo cada uno de ellos sus propios modelos de perfiles y series para fabricar ventanas.

Aparte de las series, ya comentadas, también existen configuraciones diferentes, y algunas de estas complicaría más la producción de la ventana. Estas configuraciones, por ejemplo, podrían ser: una ventana de dos hojas practicables (Figura 28), una ventana de una hoja practicable con un fijo lateral (Figura 29), una ventana de dos hojas correderas (Figura 30) o una ventana de una hoja oscilobatiente con un fijo inferior (Figura 31).

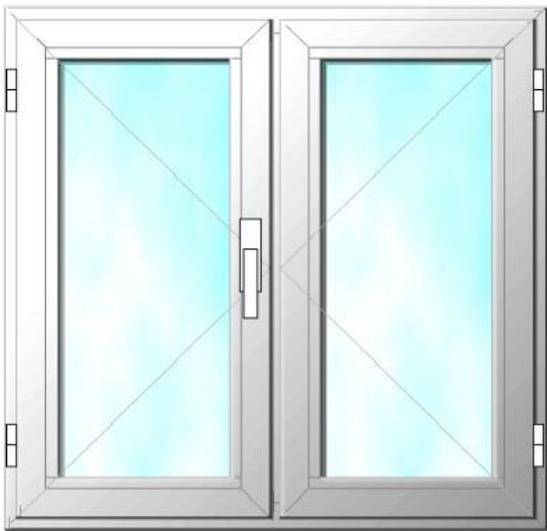


Figura 28. Modelo de ventana con dos hojas practicables.



Figura 29. Modelo de ventana con una hoja practicable y un fijo lateral.



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

**ANÁLISIS Y MEJORA
DEL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE UNA
VENTANA DE ALUMINIO**

Trabajo de Fin de Grado

Alumno:
Álvaro Yus Argón

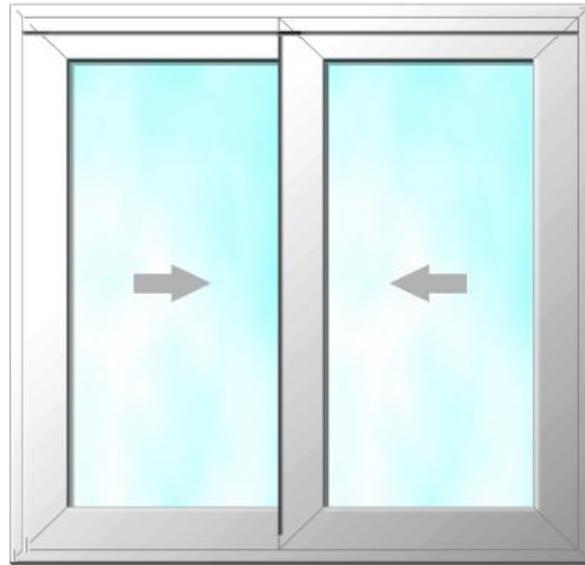


Figura 30. Modelo de ventana con dos hojas correderas.

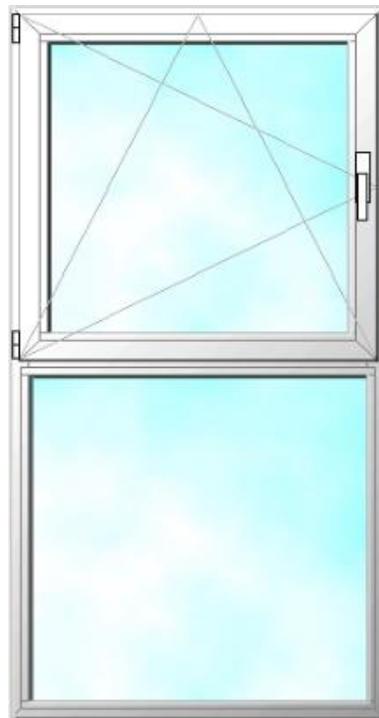


Figura 31. Modelo de ventana con una hoja oscilobatiente y fijo inferior.



Anexo II: Proceso general de producción de una ventana de aluminio^{2,11}

El proceso comienza con la recepción de materias primas, las cuales son barras ya extrusionadas de aluminio, con una medida de 6.40 metros, la cual es siempre fija y definida por el proveedor. Cuando estas llegan, se almacenan al lado de la entrada, en los propios embalajes en los que vienen, ya que estos se pueden apilar unos encima de otros, optimizando así el espacio.

Una vez almacenados los perfiles requieren ser cortados, tanto los perfiles de hoja, como los de marco, y el travesaño en el caso de ser necesario, a la medida definida en la oficina técnica, según la medida de la ventana en obra. Se cortan a inglete, es decir, a 45 grados, para así poder ser unidos conformando la hoja o el marco, a excepción del travesaño que se corta a 90 grados, para así poder ser atornillado al marco en el interior de la ventana. El tamaño total de la ventana está definido por el perímetro exterior del marco, por esto la medida de corte del marco será la medida de alto y ancho del hueco en el que se coloca la ventana. Con cada medida de marco los fabricantes de perfiles definen para cada serie de fabricación las medidas de corte de hojas y travesaños, por lo que la medida de corte de estos tendrá unos descuentos marcados con respecto a la medida del marco. Este proceso es similar para las dos configuraciones de ventana estudiadas, diferenciándose en que la medida de corte de las hojas será diferente, al ser la hoja del modelo con fijo más pequeña, y en que para una se requerirá el corte de un travesaño y en la otra no.

Tras cortar los perfiles, estos necesitan una serie de mecanizados para poder ser ensamblados entre sí y así poder conformar la ventana.



Primero los perfiles del marco y de la hoja requieren una serie de aberturas en sus extremos, mostradas en la [Figura 32](#)¹¹, para permitir la colocación, y el apriete de unas escuadras de fijación, junto con unas escuadras de alineación para alinear los perfiles, situadas en las esquinas del marco y de las hojas, tal y como se observa en la [Figura 33](#)¹¹.

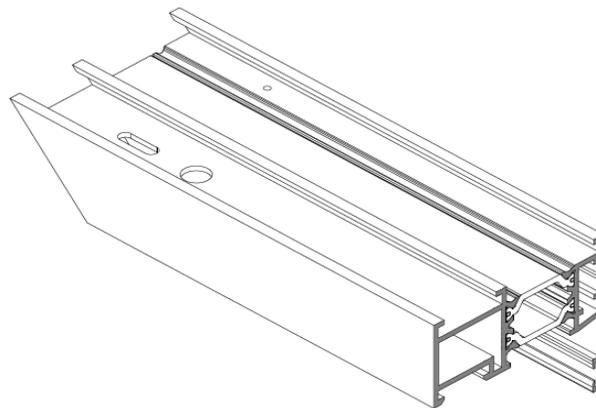


Figura 32. Mecanizados de las aperturas para las escuadras.

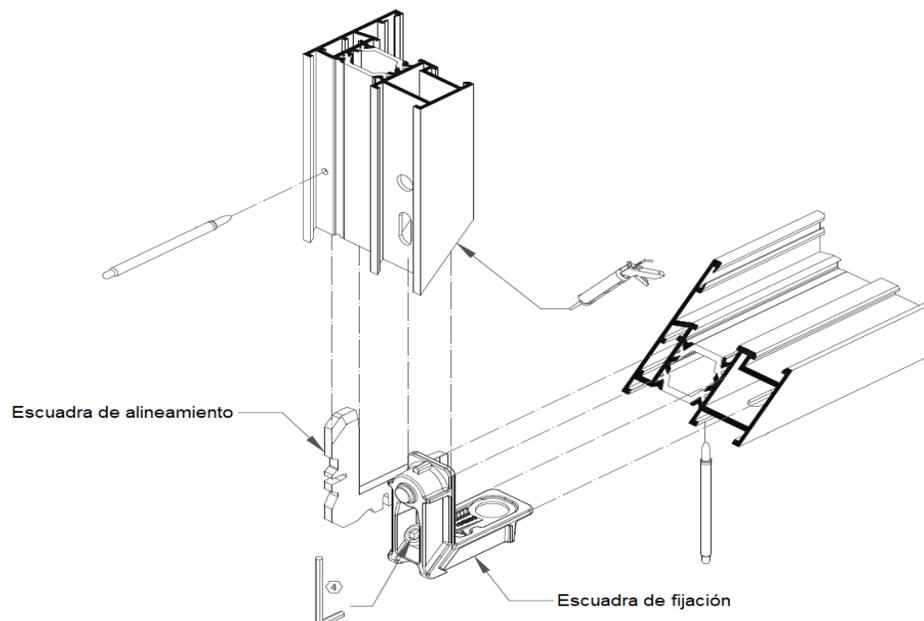


Figura 33. Proceso de colocación de las escuadras.



Seguidamente, en el perfil de la hoja donde se encuentra el mecanismo de cierre, se mecanizan tres agujeros, uno para colocar la cremona, y dos para los tornillos que la fijan, y un cajeadado, que debe coincidir con el agujero anterior, para unir estas al mecanismo de cierre. En la [Figura 34](#)¹¹ se muestra la colocación de la cremona y del mecanismo de cierre, como los mecanizados necesarios.

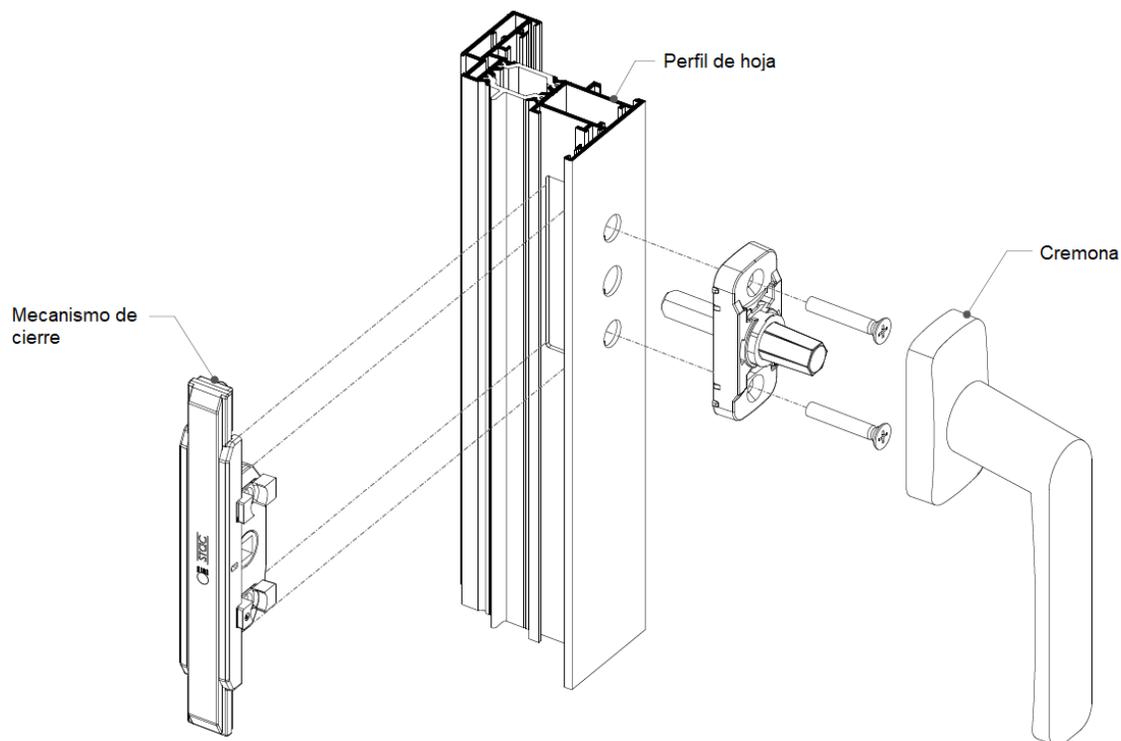


Figura 34. Mecanizado de los agujeros para la colocación de la cremona y del mecanismo de cierre.

Si la ventana cuenta con cerradura, también se mecanizará un agujero con la forma de la cerradura como se muestra en la [Figura 35](#)¹¹, el cual al igual que el agujero de la cremona conectará con el del cajeadado ya comentado. También se realizará otro mecanizado en el perfil del marco correspondiente donde se alojará el escudo, mostrado en la [Figura 36](#)¹¹, en el cual entrarán las pestañas de la cerradura para impedir la apertura.

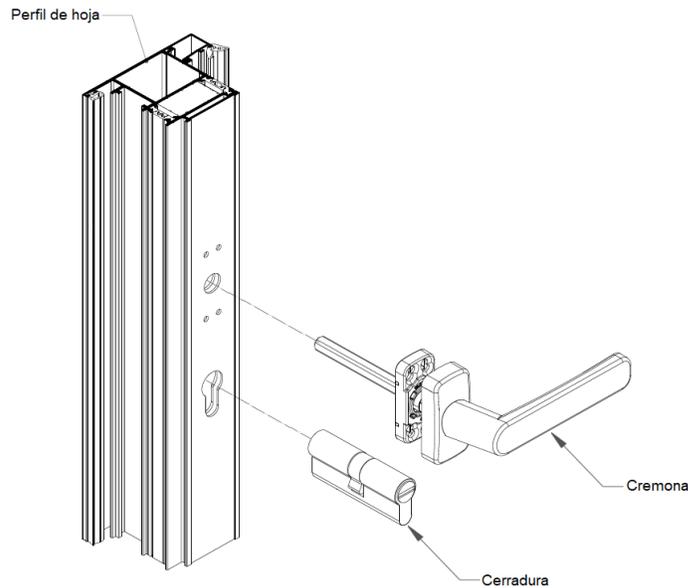


Figura 35. Mecanizado de los agujeros para la colocación de la cremona y de la cerradura.

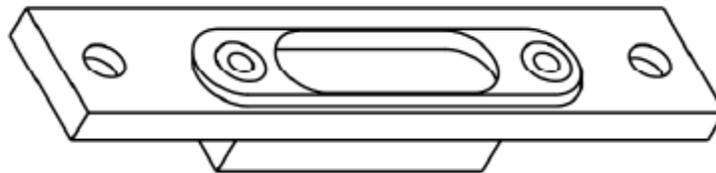


Figura 36. Representación del escudo de la cerradura.

Para finalizar el mecanizado se realizan una serie de mordidas en los extremos del perfil del travesaño, en el caso de que lo haya, para que este pueda ser colocado y unido correctamente al marco.

El travesaño se une al marco por medio de un tope de aluminio el cual va atornillado con el marco y con el travesaño, tal como se ve en la [Figura 37](#)¹¹.

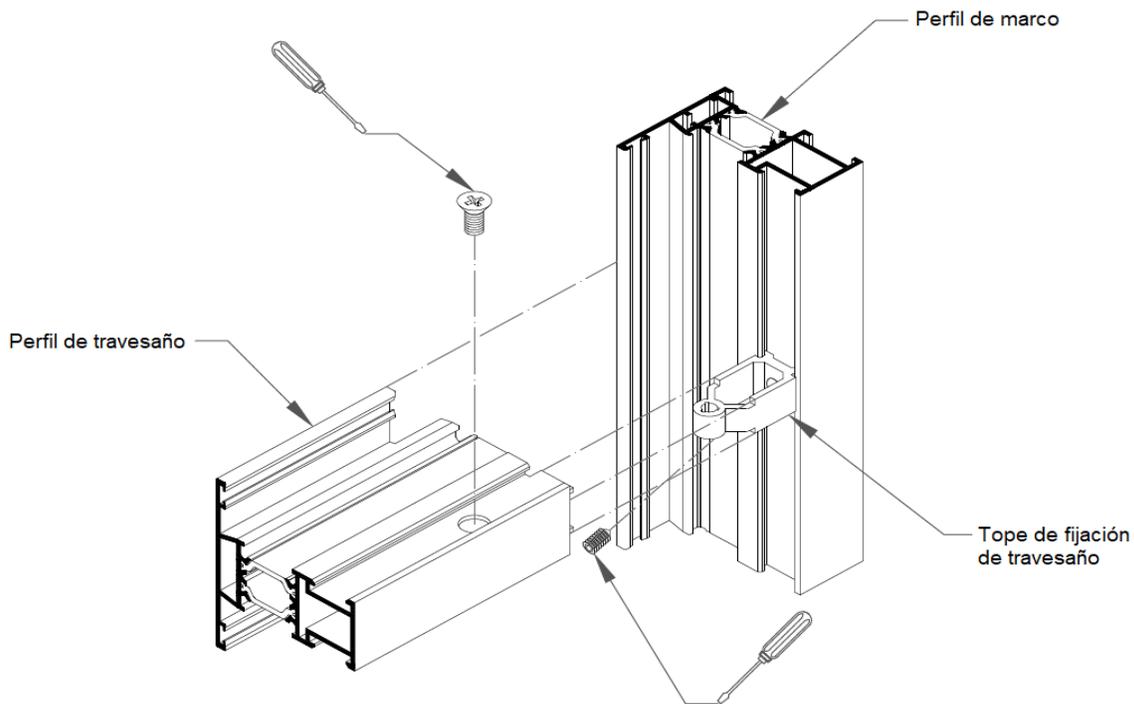


Figura 37. Unión de travesaño con marco.

Antes de unir los perfiles entre sí, conviene montar la cremón, el sistema de cierre, y la cerradura en el caso de que la haya, en el perfil que va a hacer la función de cerrar la ventana, ya que así será más sencilla su manipulación.

Una vez montado esto, sólo queda unir los perfiles entre sí para conformar la ventana. Primero, se unen los perfiles del marco, y los perfiles de las hojas entre sí por medio de las escuadras de fijación y de alineamiento. En el caso de haber un travesaño, este se coloca y se fija antes de terminar de conformar el marco, ya que sino este no se podría colocar. Mientras se unen los perfiles de la hoja, en una ranura que estos tienen, se coloca una goma de sellado, donde irá en contacto la hoja con el marco para que la ventana esté sellada correctamente al cerrarse.



Una vez terminado esto, se unen las hojas al marco por medio de las bisagras, las cuales no van atornilladas, sino que van fijadas mediante unos sistemas de apriete que permiten la regulación de la hoja respecto al marco para así alinearlos correctamente. Esta unión se muestra en la Figura 38¹¹.

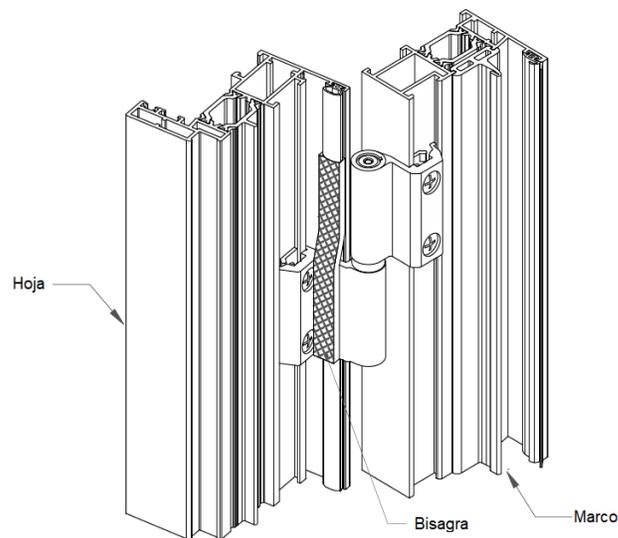


Figura 38. Unión de bisagras con perfil de hoja y de marco.

En el caso de que se exija en la ventana, se montará la persiana, los solapes o el vierteaguas. Finalmente, si se requiere se montará el vidrio de la ventana fijándolo con los junquillos y normalmente sellándolo con silicona o con gomas.



Anexo III: Máquinas de la línea de producción actual

A continuación, se explicará detalladamente el funcionamiento, y las especificaciones de cada una de las máquinas utilizadas durante el proceso.

Mesa de corte de doble cabezal

Esta máquina, mostrada en la [Figura 39](#)¹², es el modelo “Grafite magic new 450 TU/S” de la marca EMMEGI, es una tronzadora de doble cabezal electrónica con movimiento automático de un cabezal móvil mediante un motor accionado por control numérico. También tiene un control neumático del ángulo en que cortan los discos.



Figura 39. Mesa de corte.

La máquina tiene unas dimensiones de 7 metros de largo, para poder alojar los perfiles de aluminio, y de 1 metro de ancho.

En cuanto a la herramienta utilizada por la máquina, esta cuenta con dos cabezales de corte, mostrados en la [Figura 40](#), para así cortar ambos extremos del perfil a la vez, ahorrando así mucho tiempo de colocación, ya que si se le tuviera que dar la vuelta al perfil para cortar el otro extremo se tardaría mucho más en hacer la misma operación. Estos cabezales están equipados cada uno con una sierra circular de corte de 450 mm de diámetro.



En cuanto a los utillajes, esta máquina cuenta con dos topes de accionamiento hidráulico, uno vertical y otro horizontal, en cada cabezal de corte, para fijar correctamente el perfil antes de ser cortado. Estos se muestran en la Figura 41.



Figura 40. Cabezales de corte de la mesa de corte.



Figura 41. Mordazas de la mesa de corte.



Prensa hidráulica

Uno de los procesos de mecanizado es el punzonado, que en este caso se realiza con la prensa “PNMO 4TM” (Figura 42¹³), de la marca Strong Bull, en la cual se acopla una matriz que depende de la serie de cada proveedor que se está fabricando. Esta máquina es de accionamiento hidráulico, que se maneja mediante un pedal. Tiene un tamaño de 0,617 metros de ancho por 0,458 metros de largo. En esta línea cuentan con 2 prensas hidráulicas, para ahorrar tiempos de montaje y desmontaje de las matrices, aunque para este estudio solo se tendrá en cuenta una de ellas. En la Figura 43 se muestran distintas matrices utilizadas en esta planta.



Figura 42. Prensa hidráulica.



Figura 43. Matrices para diferentes series.

La matriz tiene diferentes posiciones. Por un lado, tiene una posición, para marco y otra para hoja, para mecanizar las aberturas donde se fijan las escuadras y, por otro lado, tiene otra posición para realizar el agujero de la cremona y el cajado para el sistema de cierre de la ventana. Estas posiciones se pueden ver en la Figura 44.

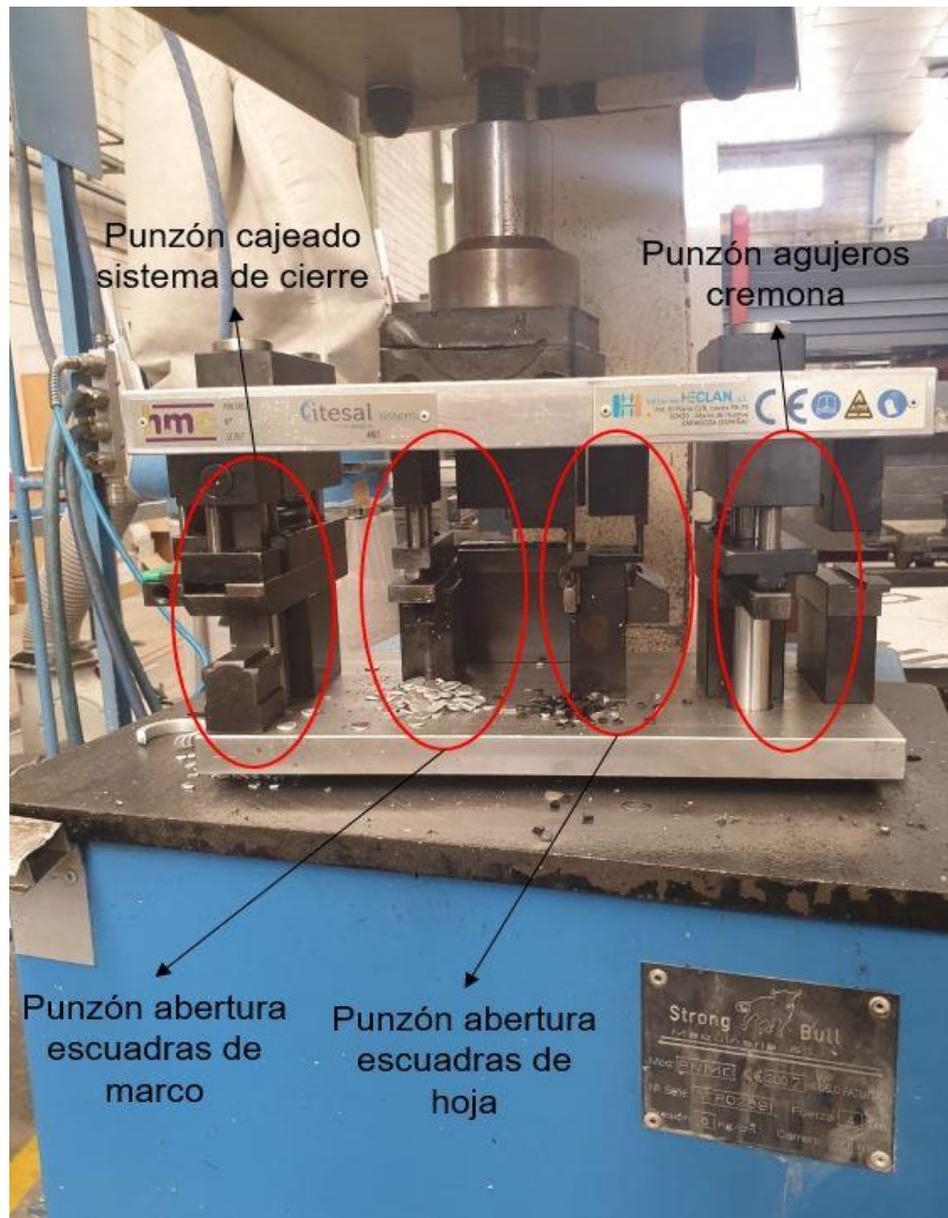


Figura 44. Posiciones matriz prensa hidráulica.

 <p>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</p>	<p>ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA VENTANA DE ALUMINIO</p>	<p><u>Trabajo de Fin de Grado</u></p> <p>Alumno: Álvaro Yus Argón</p>
--	--	--

A continuación, se definirán los tamaños de los punzones de la matriz mostrada en la [Figura 44](#). Estos serán de diferentes tamaños según la serie para la que está diseñada la matriz, aunque esta variación será pequeña. En la posición para realizar los agujeros de la cremona hay 3 punzones, uno central de sección redonda de 12 mm de diámetro para realizar el agujero donde se coloca la cremona, y dos de sección redonda de 10 mm de diámetro para realizar los agujeros donde se colocan los tornillos que sujetan la cremona. Por otro lado, el punzón para realizar el cajeado en el perfil del marco es de sección rectangular y tiene un tamaño de 90x10 mm. Las posiciones para realizar las aperturas de las escuadras contienen dos punzones cada una, con la forma de los mecanizados de la [Figura 32](#). Por un lado, para el marco, tiene el punzón de sección circular un diámetro de 10 mm, y el otro punzón tiene un tamaño de 8x17 mm, mientras que, para la hoja, el punzón de sección redonda tiene un diámetro de 8 mm y el otro punzón un tamaño de 6x17 mm.



Fresadora-Copiadora

Otro proceso de mecanizado, ya comentado anteriormente, es el fresado para realizar la apertura donde se aloja la cerradura y el mecanismo de bloqueo de cierre de la ventana. Este proceso se realiza con la fresadora-copiadora "FC-400", de la marca "Industrias AZ", mostrada en la [Figura 45](#)¹⁴. Su tamaño es de 0,8 metros de ancho por 0,66 de largo. Esta va acompañada por una plantilla, mostrada en la [Figura 46](#), con la forma de las aperturas, que al igual que las matrices de la prensa, son suministradas por el proveedor.



Figura 45. Fresa-copiadora.



Figura 46. Plantilla de la fresa-copiadora.

Por otro lado, esta máquina cuenta también con dos mordazas horizontales, de accionamiento hidráulico, y un tope final para la correcta fijación de los perfiles en la máquina. Todos estos utillajes se muestran en la [Figura 47](#).

La herramienta con la que funciona esta máquina es una broca, especial para aluminio, que puede ser de 5, 6 y 8 milímetros de diámetro, como la mostrada en la [Figura 48](#).



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

**ANÁLISIS Y MEJORA
DEL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE UNA
VENTANA DE ALUMINIO**

Trabajo de Fin de Grado

Alumno:
Álvaro Yus Argón



Figura 47. Utillajes de la fresa-copiadora.



Figura 48. Herramienta de la fresa-copiadora.



Retestadora

Para finalizar los procesos de mecanizado, está la retestadora, que únicamente se utiliza en el caso de que exista un travesaño en la ventana, para realizar las aberturas necesarias para que este encaje correctamente en el marco de la ventana. La máquina utilizada en este caso es la retestadora “MG-RAFRE-CR”, de la marca “Tronzadoras MG”, mostrada en la Figura 49¹⁵. Sus dimensiones son las mismas que la de la copiadora.

Esta máquina cuenta con una serie de topes, uno de final de carrera para no mecanizar más de lo necesario, dos laterales para fijar el perfil del travesaño en una posición correcta, y finalmente uno superior para evitar el movimiento del perfil durante el mecanizado. Estos topes se muestran en la Figura 50.



Figura 49. Retestadora.

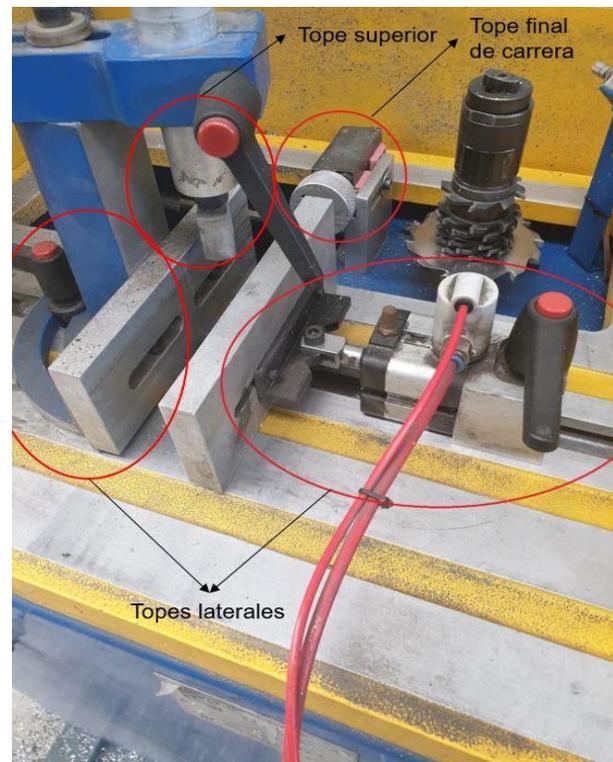


Figura 50. Utillajes retestadora.



Por otro lado, la herramienta que utiliza esta máquina es una fresa, que dependiendo de la serie para la que está diseñada tendrá diferentes tamaños de diferentes diámetros. Estas fresas están compuestas por varios discos de corte de diferentes diámetros separados por unas arandelas (de 32 mm de diámetro interior, y de 45 mm diámetro exterior) de diferentes alturas para realizar el mecanizado necesario para que el travesaño encaje en el marco. En la fresa mostrada en la [Figura 51](#), los diámetros de los discos de corte son de 110, 70, 70 y 70 mm de diámetro empezando por el de abajo. En la [Figura 52](#) se muestra una representación del alzado de esta fresa.



Figura 51. Herramienta retestadora.

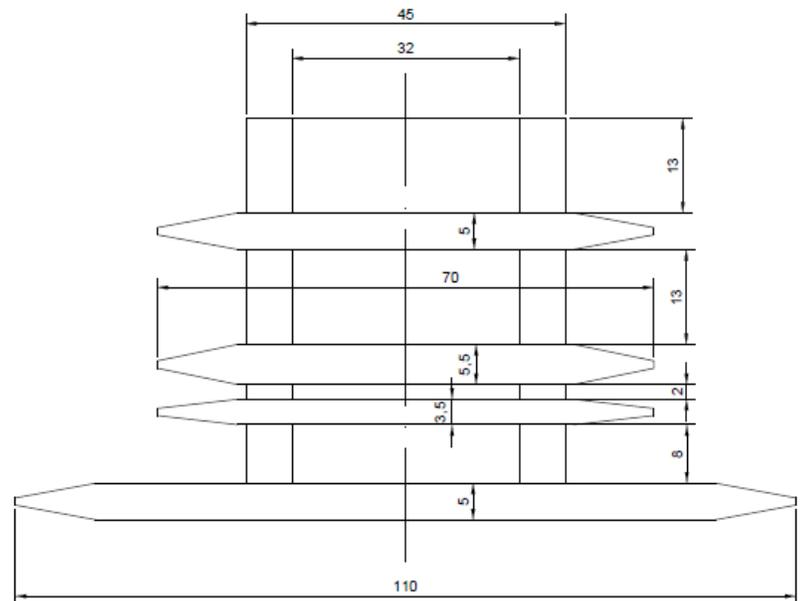


Figura 52. Representación alzado fresa de la retestadora.



Banco para el ensamblado manual

Por último, aunque no se trata de una máquina, se analizarán los bancos, ya que gran parte de la producción de una ventana se realiza aquí. Los perfiles ya cortados y mecanizados pasan por estos bancos de ensamblado, donde todo el proceso es manual, lo que lo hace uno de los procesos más lentos en la producción. En estos se unen los perfiles entre sí, y se colocan todos los herrajes para conformar la ventana ya terminada. En caso de ser necesario también se montarán aquí los solapes, la persiana, los vierteaguas y los vidrios. En este caso se emplea el banco de trabajo “MTM-4000”, de la marca “Industrias AZ”, como el que se muestra en la [Figura 53](#)¹⁶, que con sus apoyos completamente extendidos tiene una dimensión de 2.5 metros de largo y 1 metro de ancho. En esta línea se cuenta con 6 bancos de trabajo, ya que sino, al ser los demás procesos más rápidos que este se haría cuello de botella en la línea, aunque al igual que las prensas, sólo se tendrá en cuenta uno de ellos.



Figura 53. Banco de montaje.



Anexo IV: Datos del centro de mecanizado de la nueva línea⁷

En concreto la máquina seleccionada es el centro de mecanizado “QUADRA L2” mostrada en la Figura 54.



Figura 54. Máquina nueva “Emmegi Quadra L2”.

El tamaño total de esta máquina es de 22 metros de longitud, teniendo en cuenta los propios almacenes automáticos, por 2 metros de ancho, que es lo que ocupa la cabina donde se encuentran todas las herramientas.



Esta máquina es capaz de mecanizar las cuatro caras de cada perfil gracias al módulo para fresar (Figura 55) que cuenta con 4 unidades de trabajo equipadas con diferentes electromandriles de diferentes diámetros, pudiendo así hacer los trabajos de las prensas y de la fresa-copiadora. Estos ejes permiten mecanizar los perfiles en cualquiera de sus 4 caras.



Figura 55. Módulo de fresado.

Una vez realizado esto, el centro de mecanizado podrá cortar las barras gracias a un módulo de corte que cuenta con dos cuchillas, una principal vertical de 600mm y otra secundaria horizontal de 350mm para cortes de mayor precisión (Figuras 56 y 57).

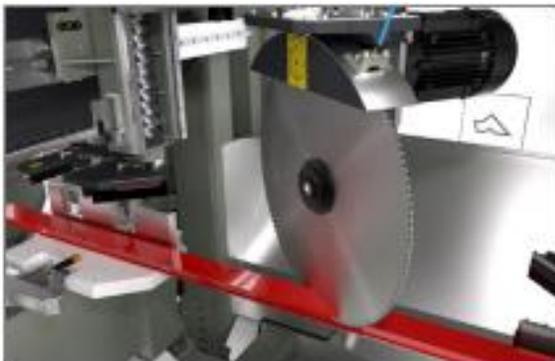


Figura 56. Cuchilla de corte vertical.



Figura 57. Cuchilla de corte horizontal.

Finalmente, también cuenta con un módulo de retestado (Figura 58) para realizar el mecanizado del que se encargaría la retestadora. Este módulo va equipado con la misma herramienta que la retestadora de la línea anterior. De esta manera quedarán los perfiles tanto de la hoja, como del marco, como del travesaño ya finalizados para su montaje en los bancos de montaje.



Figura 58. Módulo de retestado.



Aparte de esto también cuenta con un almacén automático, y un sistema de empuje para alimentar la máquina (Figura 59), que está diseñado para albergar barras de hasta 7,5 metros, medida más que suficiente para este caso ya que las barras son de 6,4 metros de longitud. Además, también cuenta con un almacén automatizado para la descarga de piezas trabajadas de una longitud de 4 metros como máximo, espacio también suficiente.

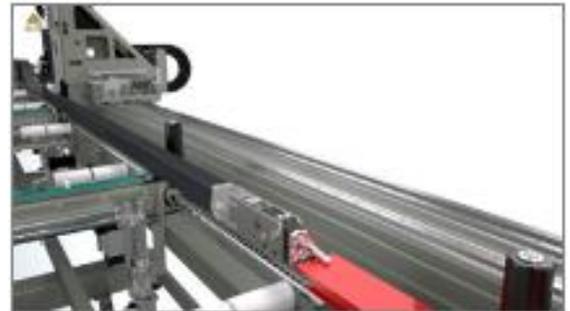


Figura 59. Almacén automático de carga.

En la Figura 60 se muestra la ficha técnica con los datos del centro de mecanizado “Quadra L2” para añadir algo más de información de la ya explicada acerca de la máquina.

CARRERAS DE LOS EJES	
EJE Y (transversal) (mm)	402
EJE Z (vertical) (mm)	395
EJE A (rotación de la rangua)	0° - 360°
EJE U (posición de la barra) (mm)	9.660
EJE H (movimiento vertical de la unidad de corte vertical) (mm)	627
EJE P (movimiento transversal de la unidad de corte vertical) (mm)	880
EJE ZG (movimiento vertical de la unidad de corte horizontal) (mm)	190
EJE YL (movimiento transversal de la unidad de corte horizontal) (mm)	1300
EJE YF (movimiento transversal de la unidad de retestado) (mm)	1300
EJE B (extractor) (mm)	790
UNIDAD DE FRESADO	
Unidad de rotación electromandriles en la rangua	0 - 360°
Electromandriles con sistema de enfriamiento con aire	4
Número máximo de unidades de trabajo	6
Desprendimiento del campo de trabajo de los electromandriles por medio de guía sobre patines con recirculación de esferas	o
Potencia máxima en S1 (kW)	5,6
Velocidad máxima (revoluciones/min.)	24.000
Enganche herramientas	ER 32
UNIDAD DE CORTE	
Diámetro de la cuchilla de widia de la unidad de corte vertical (mm)	600
Ángulos de corte de la unidad vertical (mm)	-48° - 245°
Potencia del motor trifásico de la cuchilla de la unidad de corte vertical (kW)	3
Diámetro de la cuchilla de widia de la unidad de corte horizontal (mm)	350
Ángulos de corte de la unidad horizontal (mm)	-45° - +45°
Potencia del motor síncrono de la cuchilla de la unidad de corte vertical (kW)	0,85
Preparación para start automático del aspirador de virutas (mm)	•
UNIDAD DE FRESADO	
Medidas máximas del grupo de fresas: diámetro por altura (mm)	200 x 130
Velocidad máxima de rotación (rpm)	8.000
Diámetro del tubo portafresas (mm)	27 - 32
FUNCIONAMIENTO	
Fresado, corte y retestado de la pieza directamente desde el perfilado entero	•

Figura 60. Ficha técnica centro de mecanizado “Quadra L2”.

