



TESIS DE GRADO
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

INGENIERÍA DE PROCESOS Y PRODUCTOS
ELABORADOS CON PANELES METÁLICOS

Autor: Pablo Nicolás Damilano

Director de Tesis:

Ing. Mónica Luciola

2008

A mi familia y amigos

DESCRIPTOR BIBLIOGRÁFICO

En procesos de desarrollo de nuevos productos, la fuerte interrelación entre productos y procesos es causante de frecuentes iteraciones que insumen tiempo y una importante cantidad de recursos. El método para minimizar dichas iteraciones en la ingeniería del proyecto es el trabajo concurrente de las diferentes áreas involucradas. Este estudio trata los temas claves que deben ser considerados por equipos multidisciplinarios para optimizar proyectos de desarrollo de nuevos productos elaborados con paneles metálicos.

ABSTRACT

In processes of development for new products, the strong relationship between products and processes is cause of frequent iterations that consume time and an important amount of resources. The method to diminish these iterations in the project's engineering processes is the concurrent work of the different areas involved. This study treats the key subjects that must be considered by multidisciplinary teams to optimize projects of development for new products manufactured with metallic panels.

RESUMEN EJECUTIVO

Este trabajo estudia la íntima relación entre productos y procesos dentro de un sector particular de la industria, el dedicado a la fabricación de bienes con paneles metálicos. Se desarrollan conceptos teóricos y propuestas prácticas para lograr mayor eficiencia en las operaciones de una planta industrial de dicho sector en todas las etapas de diseño de productos y procesos.

La lectura de este trabajo puede seguirse a partir de dos ejes que son desarrollados en forma simultánea. Por un lado se explican diversos puntos genéricos que deben ser considerados en proyectos de desarrollo de nuevos productos. Esta línea del trabajo revela ineficiencias típicas y plantea diversas oportunidades de mejora para nuevos proyectos. Para comprender la aplicabilidad de estos conceptos en empresas del sector, se abre un segundo eje destinado a la ejemplificación.

Cada concepto mostrado en forma general es luego aplicado en forma concreta en el marco de un caso real de estudio donde se demuestra su validez y utilidad práctica. Dicho caso, al cual se hace referencia en este trabajo, corresponde a una empresa que debe realizar toda la ingeniería de productos y procesos para la fabricación de una familia de muebles metálicos. La actividad de la empresa en el caso de estudio es suficientemente representativa del sector de tal forma que las conclusiones obtenidas sean aplicables a otras empresas con bienes y procesos similares.

Este trabajo demuestra la relación existente entre la ingeniería de productos y de procesos en las industrias de paneles metálicos y con ello revela la conveniencia de encarar proyectos de desarrollo de nuevos productos desde la perspectiva de la ingeniería concurrente. Esto es, convocar a todas las áreas involucradas desde las primeras etapas del proyecto para resolver metas de diseño conflictivas y lograr una mejor concordancia entre productos y procesos.

Los procesos utilizados en industrias de paneles metálicos van ampliando sus posibilidades con el avance de la tecnología. En este trabajo se presentan y comparan alternativas de proceso tradicionales y automáticas con el fin de identificar ventajas y desventajas de cada una de ellas. Por ejemplo, se comparan equipos estándar con equipos automáticos tales como trenes de planchado y corte de bobinas, líneas de conformado automático, cadenas de pretratamiento y pintura con aplicación automática y máquinas de soldadura especiales.

EXECUTIVE BRIEF

This work studies the strong relationship between products and processes in a particular industry, the one dedicated to the manufacture of goods with metallic panels. Ways of improving the efficiency of an industrial plant of this sector are shown with theoretical and practical concepts that apply to the different stages of product and process design.

This work is conducted by two main axes which are developed simultaneously. One of these axes is the explanation of generic points that must be considered in projects of development for new products. This part of the work reveals typical inefficiencies and detects improvement opportunities in this kind of projects. In order to fully understand the applicability of these concepts in companies of this industry, this study provides examples organized as a second axe for reading.

Each concept explained is afterwards applied in the context of a real case of study where its validity and practical utility are demonstrated. This case corresponds to a company that must make all the product and process engineering to manufacture a metallic furniture family of products. The activity of the company in the case of study is sufficiently representative of the industrial sector to obtain useful conclusions for other companies with similar goods and processes.

This work demonstrates the existing relation between the product and process engineering in metallic panel industries and reveals the convenience of facing projects of development from the perspective of concurrent engineering. All the areas involved must be summoned since the early stages of the project to solve conflicting goals of design and to improve concordance between products and processes.

Processes used in metallic panel industries are extending their possibilities due to technological developments. Traditional and automatic alternatives for processes are studied in this work to identify advantages and disadvantages of each one. For example, standard equipment is compared to automatic equipment such as slitting lines for coils, automatic forming lines, pretreatment and painting lines with automatic application, and special welding machines.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos y alcances de este trabajo	1
1.2. Presentación del caso de estudio	4
2. DESARROLLO DE PRODUCTOS	7
2.1. Objetivos del diseño	7
2.2. Un proceso genérico para el desarrollo de productos	8
2.3. Desarrollo del concepto de nuevos productos.....	11
2.4. Tipos de proyectos de desarrollo de productos.....	14
3. DISEÑO PARA MANUFACTURA	17
3.1. Los costos de producción	17
3.2. Arquitectura de productos.....	21
3.2.1. Arquitectura de los productos del caso de estudio.....	22
3.3. Resistencia mecánica de los componentes.....	25
3.4. Estandarización de componentes y procesos.....	32
3.4.1. Ejemplo aplicado - Unificación de piezas en la familia de productos	34
3.4.2. Ejemplo aplicado - Perfiles de los refuerzos	43
3.4.3. Ejemplo aplicado - Troqueles de piezas similares	44
3.5. Entendimiento del proceso, sus restricciones y sus drivers de costos.....	45
3.5.1. Restricciones y consideraciones típicas de los procesos usados para paneles metálicos.....	46
3.5.2. Ejemplo aplicado - Diseño de la base del mueble 1.....	50
3.5.3. Ejemplo aplicado - Diseño del fondo del mueble 2	51
3.6. Alternativas de proceso para la empresa del caso de estudio	52
3.6.1. Alternativa A	53

3.6.2. Alternativa B	55
3.6.3. Alternativa C	57
3.6.4. Alternativa D	59
3.6.5. Proceso seleccionado: Alternativa C	61
3.7. Reservados.....	63
3.8. Rediseño componentes para eliminar etapas de procesamiento.....	65
3.8.1. Ejemplo aplicado - Diseño de los refuerzos.....	65
3.8.2. Ejemplo aplicado - Soldado de subconjuntos	66
3.9. Integración de partes	67
3.9.1. Ejemplo aplicado - Travesaño frontal de base del mueble 2	67
3.9.2. Ejemplo aplicado - Suplemento de puertas de mueble 1	69
3.10. Formato de compra de la materia prima	71
3.10.1. Chapa en paquetes	72
3.10.2. Minimización del scrap generado en guillotina.....	73
3.10.3. Chapa en bobinas y flejes.....	75
3.10.4. Minimización de la cantidad de anchos de bobina y flejes	76
3.10.5. Recomendaciones para el cálculo de los desarrollos de las piezas	79
3.11. Postergación de la diferenciación.....	82
3.11.1. Ejemplo aplicado - Patas de los muebles	83
3.12. Seguridad para los usuarios.....	84
3.13. Tercerización.....	85
3.14. Recomendaciones sobre la representación gráfica de piezas y productos.....	86
4. DIMENSIONAMIENTO DE PROCESOS	89
4.1. Generalidades sobre elección de procesos y tecnologías	89
4.2. Metodología de trabajo empleada y alcances de este capítulo.....	91
4.3. Procesos de conformado de la chapa.....	93
4.3.1. Conformado de paneles principales	93

4.3.2.	Conformado de paneles auxiliares	96
4.3.3.	Conformado de refuerzos.....	97
4.3.4.	Comparación de alternativas para conformado paneles principales y auxiliares	97
4.3.5.	Comparación de alternativas para conformado de refuerzos	113
4.4.	Procesos de pretratamiento y pintura.....	119
4.5.	Procesos de soldadura	121
4.5.1.	Soldadura de subconjuntos.....	121
4.5.2.	Comparación de alternativas de soldadura de subconjuntos	122
4.5.3.	Soldadura de piezas para armado final	128
4.5.4.	Dimensionamiento del puesto de armado final	129
4.6.	Factores a tener en cuenta respecto de los equipos.....	132
5.	CONCLUSIONES	133
6.	ANEXO – PLANOS DE PIEZAS Y SUBCONJUNTOS.....	137
7.	ANEXO - PROCESOS DE CONFORMADO	163
7.1.	Generalidades	163
7.2.	Corte de la chapa	165
7.2.1.	Conceptos generales	165
7.2.2.	Esfuerzo necesario para el corte.....	166
7.2.3.	Descripción de una matriz de corte	167
7.3.	Plegado.....	168
7.3.1.	Conceptos generales	168
7.3.2.	El proceso de plegado	168
7.3.3.	Situación de la superficie neutra de una chapa	169
7.3.4.	Esfuerzo necesario para el doblado	171
7.3.5.	Descripción de una matriz de doblado.....	172
7.4.	Prensas y máquinas para el trabajo de la chapa	174

8. ANEXO - PROCESOS DE SOLDADURA POR PUNTOS	177
8.1. Conceptos generales	177
8.2. Calor generado en la soldadura por puntos	178
8.3. Las máquinas de soldadura	179
9. ANEXO - PROCESOS DE PRETRATAMIENTO PARA PANELES METÁLICOS	183
9.1. Desengrase.....	183
9.2. Enjuagues.....	186
9.3. Lavados activantes	187
9.4. Fosfatizado.....	188
9.5. Lavados pasivantes	189
10. BIBLIOGRAFÍA	191

1. INTRODUCCIÓN

1.1. *Objetivos y alcances de este trabajo*

Tradicionalmente, las actividades de diseño y de manufactura han ocurrido de manera secuencial, más que de manera concurrente o simultánea. Los diseñadores dedican de esta forma un esfuerzo y tiempo considerables en el análisis de los componentes y en la preparación de dibujos detallados de las piezas. Estos dibujos y las especificaciones son enviados a los departamentos encargados de la manufactura, donde son revisados y se definen los procesos para su producción. Aunque este procedimiento parece lógico y sencillo en teoría, se ha encontrado en la práctica que es un procedimiento que desaprovecha los recursos.

En teoría, un producto podría fluir en una organización de un departamento a otro y de ahí directamente al mercado, pero en la práctica, comúnmente se presentan dificultades. Por ejemplo, un ingeniero de procesos puede desear alguna modificación en el producto para facilitar alguna operación. Estos cambios implican un replanteo de la etapa de análisis de diseño, a fin de asegurar que el producto siga siendo satisfactorio después de implementar las mejoras. Estas iteraciones insumen recursos y especialmente, tiempo.

La ingeniería concurrente, llamada también ingeniería simultánea, brinda una solución a este problema. La diferencia principal respecto del procedimiento tradicional es que todas las áreas están involucradas desde las primeras etapas de diseño, y con ello las iteraciones naturales se ven reducidas. La comunicación entre y dentro de las distintas áreas de trabajo es fundamental para llevar a cabo una planificación exitosa del proyecto.

A pesar de que el concepto de ingeniería concurrente parece lógico y eficiente, su implementación puede involucrar esfuerzo y tiempo considerables, cuando las personas convocadas no trabajan como un equipo o no comprenden ni aprecian sus beneficios reales. Para que tenga éxito la ingeniería concurrente se debe efectuar un trabajo en equipo multidisciplinario, utilizar todas las tecnologías disponibles y contar con el apoyo total de la gerencia. La aplicación de la ingeniería concurrente se está difundiendo pero queda aún mucho trabajo por hacer en este sentido, especialmente en el ámbito de las pequeñas y medianas industrias.

Este trabajo busca fomentar la aplicación de la ingeniería concurrente en industrias de esta envergadura. Se brindan diferentes ejemplos que ponen de manifiesto la relación existente entre la ingeniería de productos y la ingeniería de procesos, demostrando así la conveniencia de encarar nuevos proyectos desde la perspectiva de la ingeniería concurrente. Se muestra como partiendo del desarrollo de concepto de un nuevo producto se va avanzando con el diseño en forma progresiva, pasando de un diseño inicial a nivel sistema con la arquitectura de producto, a un diseño cada vez más detallado de las piezas y los subconjuntos. Entre las herramientas recomendadas para el diseño de producto se hace especial hincapié en la estandarización de componentes, la integración de partes, la postergación de la diferenciación y el rediseño de componentes para una mayor adecuación a los procesos elegidos. También se sugiere la consideración del outsourcing (o tercerización) como alternativa para piezas o procesos que convenga obtener de un proveedor en lugar de realizarlos internamente.

La elección de procesos y tecnologías para la elaboración de un nuevo producto requiere una cuidadosa selección de la materia prima y los equipos a utilizar. Generalmente se encuentran distintas alternativas competitivas, cada una con sus ventajas y desventajas, y para poder decidir entre ellas se deben analizar todas las implicancias operativas y de costo que tiene cada opción. Por ejemplo, esta situación suele encontrarse cuando se comparan alternativas manuales y automáticas de un mismo proceso, donde las variantes más automatizadas usualmente se caracterizan por requerir una mayor inversión inicial pero menor participación de mano de obra directa.

En este trabajo se toma como campo de estudio en particular el sector industrial dedicado a la fabricación de bienes con paneles metálicos. Esta categoría cubre un amplio rango de artículos de un gran número de industrias: bienes de uso (por ej.: armarios, estanterías, archivos, mesadas, escritorios), automotriz (por ej.: paneles laterales de camiones), construcción (por ej.: puertas, partes prefabricadas de paredes).

La fabricación de mobiliario metálico es una actividad comprendida dentro del sector de bienes de chapa conformada y a la vez representativa de pequeñas y medianas industrias que trabajan con paneles metálicos, en las cuales muchas veces el proceso de puesta en marcha de nuevos proyectos se realiza sin aplicar un adecuado proceso de ingeniería concurrente. Esto implica que, a partir de ineficiencias generadas en la ingeniería de producto y de procesos, se realicen inversiones innecesarias y se termine trabajando con operaciones más complicadas y con mayores costos.

Por otra parte, los muebles metálicos son testigos de los cambios que ha experimentado la producción de bienes de chapa conformada desde el trabajo artesanal hasta los métodos de producción en escala. Particularmente en este sector, es habitual que se empleen procesos con alta participación de mano de obra y poca automatización. Este trabajo cuestiona si los procesos elegidos tradicionalmente siguen siendo las alternativas más adecuadas en la búsqueda de la minimización de costos y la mejora de la calidad de los bienes producidos, requisitos ineludibles para mantenerse competitivo.

Los conceptos que se discuten en este trabajo toman como base para la ejemplificación un caso real de estudio centrado en una empresa que proyecta comenzar la producción de una línea de muebles metálicos constituidos por paneles de chapa. Se han modificado algunos datos con el fin de resguardar la confidencialidad de la empresa involucrada.

El caso de estudio es el medio elegido para la ejemplificación de conceptos que puedan ser útiles a otras empresas del mismo sector, con productos y procesos similares a los aquí enunciados. Se busca que las conclusiones sean lo más generales posibles justamente para facilitar su extrapolación a otros casos particulares.

Específicamente en este trabajo se evalúan procesos de corte de desarrollos, punzonado, despunte y plegado de chapa metálica fina (0.5 a 1.2 mm), pretratamiento de las superficies, aplicación de pintura por aspersion electrostática y unión entre piezas con soldadura por puntos. Dentro del sector de bienes de chapa son utilizados procesos y alternativas tecnológicas adicionales a los considerados en este trabajo. Por ejemplo, quedan como tema para futuras investigaciones procesos tales como el embutido, el perfilado, el curvado, el engrapado, etc.

A continuación se hace la presentación del caso de estudio que da marco a todos los ejemplos enunciados a lo largo de este trabajo.

1.2. Presentación del caso de estudio

Una empresa ha completado el desarrollo conceptual de los productos que desea comenzar a producir. La familia de bienes que desea fabricar está constituida por:

- Mueble metálico tipo 1.
- Mueble metálico tipo 2.
- Mueble metálico tipo 3.

El mix de producción deseado es:

Mueble	Mix
Tipo 1	50 %
Tipo 2	30 %
Tipo 3	20 %

A su vez cada uno de los muebles se desea comercializar con y sin patas de apoyo (se estima 50% de cada tipo).

La empresa debe realizar toda la ingeniería básica y de detalle de los productos y procesos productivos ya que no cuenta con información previa (con este proyecto está entrando en el mercado de los muebles metálicos).

En las figuras 1.1, 1.2 y 1.3 se muestran imágenes de bienes similares a los que esta empresa desea producir.



Figura 1.1. Mueble metálico tipo 1.



Figura 1.2. Mueble metálico tipo 2.



Figura 1.3. Mueble metálico tipo 3.

Se han determinado las especificaciones generales que deben cumplir los productos:

Mueble tipo 1

- Dimensiones (en mm): Ancho: 900 | Alto: 1800 | Profundidad: 450
- Material: Chapa LAF SAE 1010
- Espesor de chapa: 0.9 mm
- Pintura: Epoxi

Mueble tipo 2

- Dimensiones (en mm): Ancho: 1500 | Alto: 1800 | Profundidad: 450
- Material: Chapa LAF SAE 1010
- Espesor de chapa: 0.9 mm
- Pintura: Epoxi

Mueble tipo 3

- Dimensiones (en mm): Ancho: 900 | Alto: 1800 | Profundidad: 450
- Material: Chapa LAF SAE 1010
- Espesor de chapa: 0.9 mm
- Pintura: Epoxi

2. DESARROLLO DE PRODUCTOS

2.1. *Objetivos del diseño*

Antes de adentrarse en los detalles del diseño de procesos y productos de chapa conformada conviene tener en cuenta cuáles son los objetivos clave del diseño industrial en el desarrollo de un nuevo producto en general:

- **Utilidad:** La interacción de las personas con el producto debe ser segura, fácil e intuitiva.
- **Apariencia:** Formas, líneas, proporciones y color son usados para integrar un todo armónico.
- **Facilidad de mantenimiento:** Tiene que pensarse cómo se realizarán el mantenimiento y eventuales reparaciones al producto.
- **Bajo costo:** Las formas y otras características tienen un alto impacto en el herramental necesario y los costos de producción, y por eso se los debe considerar en el diseño.
- **Comunicación:** Los diseños deben comunicar la filosofía de diseño de la empresa y su misión a través de las cualidades de sus productos.

2.2. Un proceso genérico para el desarrollo de productos

Un proceso es una secuencia de pasos que transforman una determinada cantidad de inputs (o entradas) en una serie de outputs (o salidas). La mayor parte de las personas están familiarizadas con la idea de los procesos físicos, como los que se usan para preparar una torta o ensamblar un auto. Un proceso de desarrollo de producto es la secuencia de pasos o actividades que una empresa realiza para concebir, diseñar y comercializar un producto. Muchas de estas actividades son intelectuales y organizativas más que físicas. Algunas organizaciones definen y siguen un proceso de desarrollo preciso y detallado, mientras que otras ni siquiera son capaces de describir sus procesos.

Un proceso de desarrollo bien definido es útil por las siguientes razones:

- **Asegura la calidad del producto:** Un proceso de desarrollo especifica las fases que serán atravesadas en un proyecto de desarrollo y los checkpoints (puntos de avance claves) en el camino de su ejecución. Cuando las fases y checkpoints son elegidos en forma inteligente, el seguir el proceso de desarrollo se convierte en una forma de asegurar la calidad del producto resultante.
- **Facilita la coordinación del equipo dedicado al proyecto:** Un proceso de desarrollo bien articulado sirve de plan maestro, definiendo los roles de cada uno de los jugadores del equipo de desarrollo. Este plan le informa a los miembros del equipo cuando sus contribuciones serán requeridas y con quién deberán intercambiar información y materiales.
- **Mejora la capacidad de planificación:** Un proceso de desarrollo contiene etapas de distintas duraciones; la correcta elección de las secuencias entre ellas y sus momentos de ejecución da la duración del proceso completo de desarrollo.
- **Permite evaluar la gestión:** Un proceso de desarrollo definido es una herramienta que permitirá comparar los resultados que se van obteniendo en su ejecución con los que eran esperados, para de esta manera evaluar la efectividad de los esfuerzos aplicados en el proyecto e identificar áreas problemáticas.
- **Orienta hacia la mejora:** La documentación bien llevada del proceso de desarrollo a menudo permite identificar oportunidades de mejora.

Seis etapas componen un proceso genérico de desarrollo de un producto:

- **Planificación:** La planificación de una actividad suele llamarse también “fase cero” ya que precede a la aprobación del proyecto y el lanzamiento del proceso de desarrollo propiamente dicho. Esta etapa comienza con la estrategia corporativa e incluye un análisis de los cambios tecnológicos y de mercado. El resultado de la etapa de planeamiento es el plan de negocios, que especifica el mercado objetivo del producto, los objetivos de negocio, los supuestos que se han adoptado y las restricciones.
- **Desarrollo del concepto:** En esta etapa se identifican las necesidades del mercado objetivo, se generan y evalúan alternativas conceptuales de producto, y uno o más conceptos son seleccionados para seguir con el desarrollo y las pruebas. Un concepto es la descripción de la forma, función y características de un producto, y suele ser acompañado por un conjunto de especificaciones, un análisis de productos competitivos y una evaluación económica del proyecto.
- **Diseño a nivel sistema:** Esta etapa incluye la definición de la arquitectura del producto y la descomposición del producto en subsistemas y componentes. El proceso de producción suele ser definido también en esta etapa. El resultado de esta fase usualmente incluye planos de producto, especificaciones funcionales de cada una de las partes y un tentativo diagrama de procesos para su fabricación.
- **Diseño en detalle:** Esta fase incluye la realización completa de las especificaciones geométricas, de materiales y tolerancias de cada una de las partes junto con su identificación, tanto para piezas que serán fabricadas como las que serán compradas a proveedores. Se establece un plan de producción y se diseñan los equipos y las herramientas para la fabricación de las partes. Dos temas críticos de esta etapa son el detalle de los costos de producción y la adecuación de los procesos a los requerimientos.
- **Pruebas y aplicación de mejoras:** Aquí se construyen y evalúan varias versiones del producto. Los primeros prototipos suelen ser construidos con partes de igual geometría y materiales a los que serían usados en el proceso productivo pero no necesariamente se fabrican con los mismos procesos que serán usados a futuro. Pueden usarse también otro tipo de prototipos, con partes construidas con procesos iguales a los que se pretenderían usar pero con un proceso de ensamble de piezas distinto. Los prototipos pueden ser analizados por personal capacitado de la

empresa o también pueden ser entregados a clientes para que los prueben. El objetivo es recaudar la mayor cantidad posible de información sobre la performance de manera tal de identificar los cambios de ingeniería que requerirá el producto final.

- Ramp-up de producción: En esta etapa el producto ya es fabricado usando el sistema de producción pretendido. El propósito de esta etapa es entrenar a los operarios a la vez que se resuelven los problemas remanentes en los procesos productivos. Los productos fabricados en esta etapa a veces son entregados a clientes preferidos, siendo cuidadosamente evaluados para identificar imperfecciones. La transición del período de ramp-up al régimen de producción suele ser gradual. En algún punto de esta transición el producto es lanzado oficialmente y se vuelve disponible para su distribución masiva.

2.3. Desarrollo del concepto de nuevos productos

La etapa de desarrollo del concepto dentro del proceso de desarrollo de un nuevo producto demanda más coordinación entre funciones que otras etapas. En esta fase se deben realizar muchas actividades interrelacionadas, que rara vez pueden ser llevadas en forma secuencial, completando cada actividad antes de comenzar con la siguiente. Al realizar el desarrollo del concepto es muy frecuente la superposición de actividades y la necesidad de iteración.

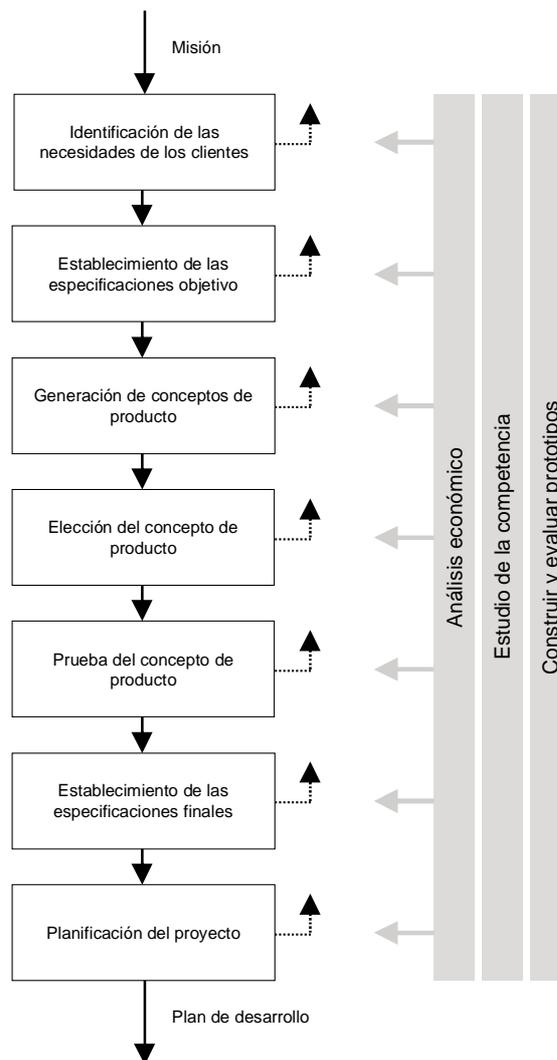


Figura 2.1. Las actividades de la fase de desarrollo del concepto [Ulrich & Eppinger, 2004].

Las líneas punteadas en la figura 2.1 indican la naturaleza incierta del progreso en el desarrollo de un producto. En prácticamente cualquier etapa, nueva información puede surgir o pueden encontrarse resultados que hagan al equipo volver atrás para repetir alguna actividad antes de proseguir. Esta repetición de

actividades por las que ya se había atravesado es conocida como iteración de desarrollo.

El proceso de desarrollo del concepto incluye las siguientes actividades:

- **Identificación de las necesidades del cliente:** El objetivo de esta actividad es entender las necesidades de los clientes y comunicárselas efectivamente al equipo desarrollador. Se debe tener un listado de las necesidades de los clientes cuidadosamente construido, organizado en forma jerárquica, con ponderaciones de importancia para varias o todas las necesidades.
- **Establecimiento de las especificaciones objetivo:** Las especificaciones dan una descripción precisa de lo que un producto debe hacer. Son la traducción de las necesidades de los clientes a términos técnicos. En principio se definen especificaciones objetivo, que representan las esperanzas o intenciones del equipo desarrollador. Más tarde esas especificaciones son adaptadas para ser consistentes con las restricciones impuestas por el concepto de producto elegido. El resultado de esta actividad es un listado de especificaciones objetivo medidas de alguna forma, con valores ideales y límites permisibles para cada especificación.
- **Generación de conceptos de producto:** El objetivo de la generación de conceptos es explorar las diferentes alternativas de conceptos de producto que pueden satisfacer las necesidades de los clientes. Esta actividad implica una mezcla de investigación del mercado, creatividad del grupo de trabajo en la resolución del problema y exploración de los muchos fragmentos de solución que genera el equipo de trabajo. Generalmente se obtienen con esta actividad unos 10 a 20 conceptos, típicamente representados con un esquema y una breve descripción de cada uno.
- **Elección del concepto de producto:** Esta actividad es donde varios conceptos de producto son analizados y eliminados progresivamente hasta identificar el o los conceptos más prometedores. Este proceso suele requerir iteraciones y puede iniciar nuevos conceptos o detonar cambios en alguno de los ya creados.
- **Prueba del concepto:** Uno o más conceptos son testeados para verificar que satisfaga las necesidades de los clientes y detectar si alguna especificación deberá ser corregida en las siguientes etapas de

desarrollo. Si la respuesta de los clientes no es buena, el proyecto de desarrollo debe ser revisado en sus anteriores etapas o terminado.

- Establecimiento de las especificaciones finales: Las especificaciones objetivo definidas anteriormente deben ser revisadas luego de que un concepto haya sido elegido y probado. En este punto, el equipo debe comprometerse a valores específicos de las especificaciones que reflejen las restricciones inherentes del concepto de producto, limitaciones técnicas y trade-offs entre costo y performance.
- Planificación del proyecto: En esta etapa final del desarrollo del concepto el equipo crea un detallado programa de desarrollo, buscando minimizar el tiempo de desarrollo e identificando los recursos que serán necesarios para realizar el proyecto.

El equipo, a menudo con el apoyo de un analista financiero, construye un modelo económico para el nuevo producto. Este modelo es usado para justificar la continuidad del programa de desarrollo y para resolver trade-offs específicos, como por ejemplo, entre costos de desarrollo y costos de manufactura. El análisis económico se da a lo largo de todas las actividades mencionadas anteriormente. Un primer análisis económico se realiza casi siempre antes de iniciar el proyecto de desarrollo, y a medida que se va disponiendo de más y mejor información se lo va completando y actualizando.

Entender los productos de la competencia es crítico para lograr un posicionamiento exitoso del nuevo producto y puede ser una rica fuente de ideas para el diseño del producto y su proceso de fabricación.

2.4. Tipos de proyectos de desarrollo de productos

Los proyectos de desarrollo de productos pueden clasificarse dentro de cuatro tipos:

- **Nuevas plataformas de producto:** Este tipo de proyectos requiere un mayor esfuerzo de desarrollo para crear una nueva familia de productos basada en una nueva plataforma común. La nueva familia de productos es orientada a mercado y categorías de productos similares.
- **Derivados de plataformas de producto ya existentes:** Estos proyectos extienden una determinada plataforma de producto para orientarse a los mercados con uno o más productos nuevos.
- **Mejoras incrementales a productos ya existentes:** Estos proyectos buscan agregar o cambiar algunas características de productos existentes para mantenerlos actualizados y competitivos.
- **Productos innovadores:** Estos proyectos generadores de productos o tecnologías de producción radicalmente distintas a las existentes pueden ayudar a encontrar nuevos mercados. Inherentemente se trata de proyectos más riesgosos; sin embargo, el éxito de largo plazo de una compañía puede depender de los que se aprende en estos importantes proyectos.

La plataforma de un producto es el conjunto de partes que son compartidos entre un conjunto de productos. Piezas y subconjuntos son a menudo las más importantes de estas partes. Una plataforma efectiva puede permitir crear más rápida y fácilmente una variedad de productos derivados, otorgándole a cada uno las características y funciones deseadas para un segmento de mercado particular.

Como los proyectos de desarrollo de plataformas puede llevar de 2 a 10 veces el tiempo y el presupuesto que proyectos de productos derivados, una firma no puede pretender con cada nuevo proyecto una nueva plataforma. La decisión estratégica crítica en esta etapa es si el proyecto desarrollará un producto derivado de una plataforma existente o si se desarrollará una nueva plataforma. Las decisiones acerca de plataformas de producto están muy relacionadas con avances tecnológicos de la compañía y a decisiones sobre las tecnologías empleadas en nuevos productos.

Dentro de las categorías de proyectos de desarrollo de productos, el caso de estudio se trata de la generación de una nueva plataforma de productos ya que la empresa quiere iniciar sus actividades en el rubro y no cuenta con una plataforma previa sobre la cual trabajar.

3. DISEÑO PARA MANUFACTURA

3.1. *Los costos de producción*

Las necesidades de los clientes y las especificaciones de producto son útiles al hacer el desarrollo del concepto de un producto. Sin embargo, durante las siguientes actividades de desarrollo es difícil llevar algunas necesidades y especificaciones al diseño de manufactura. Esto es porque:

- Decisiones sobre detalles en el diseño pueden generar impactos sustanciales sobre la calidad del producto y su costo.
- Pueden existir metas de diseño múltiples y conflictivas entre sí.
- Puede ser difícil encontrar una forma objetiva de comparar diseños alternativos.

El costo de manufactura es un determinante clave del éxito económico de un producto. En términos simples, el éxito económico depende del margen de ganancia ganado en cada venta del producto y en la cantidad de unidades del producto que la firma pueda vender. El margen es la diferencia entre el precio de venta del productor y el costo de fabricación. La cantidad de unidades vendidas y el precio de venta depende de varios factores, entre ellos la calidad del producto. Un diseño económicamente exitoso es por lo tanto el que asegura una excelente calidad de producto minimizando los costos de producción.

Lograr este tipo de metas no es sencillo y requiere equipos multidisciplinarios que integren los diferentes puntos de vista en el desarrollo de un producto. Para la efectiva comunicación entre disciplinas se debe compartir información de distintos tipos como:

- Esquemas, dibujos, planos, etc.
- Especificaciones de producto.
- Alternativas de diseño.
- Funcionamiento de procesos de producción de componentes.
- Funcionamiento de procesos de ensamble.

- Estimaciones de costos de manufactura.
- Volúmenes de producción y su proyección en el tiempo.

Al elegir conceptos de producto, el costo es un criterio fuerte entre los utilizados para tomar decisiones, aún cuando los costos con los que se dispone en esta etapa son solamente aproximados y subjetivos. Cuando las especificaciones de producto se definen, el equipo hace trade-offs entre las características deseadas de performance. Las estimaciones más precisas de costos recién pueden calcularse durante la etapa de diseño de detalle.

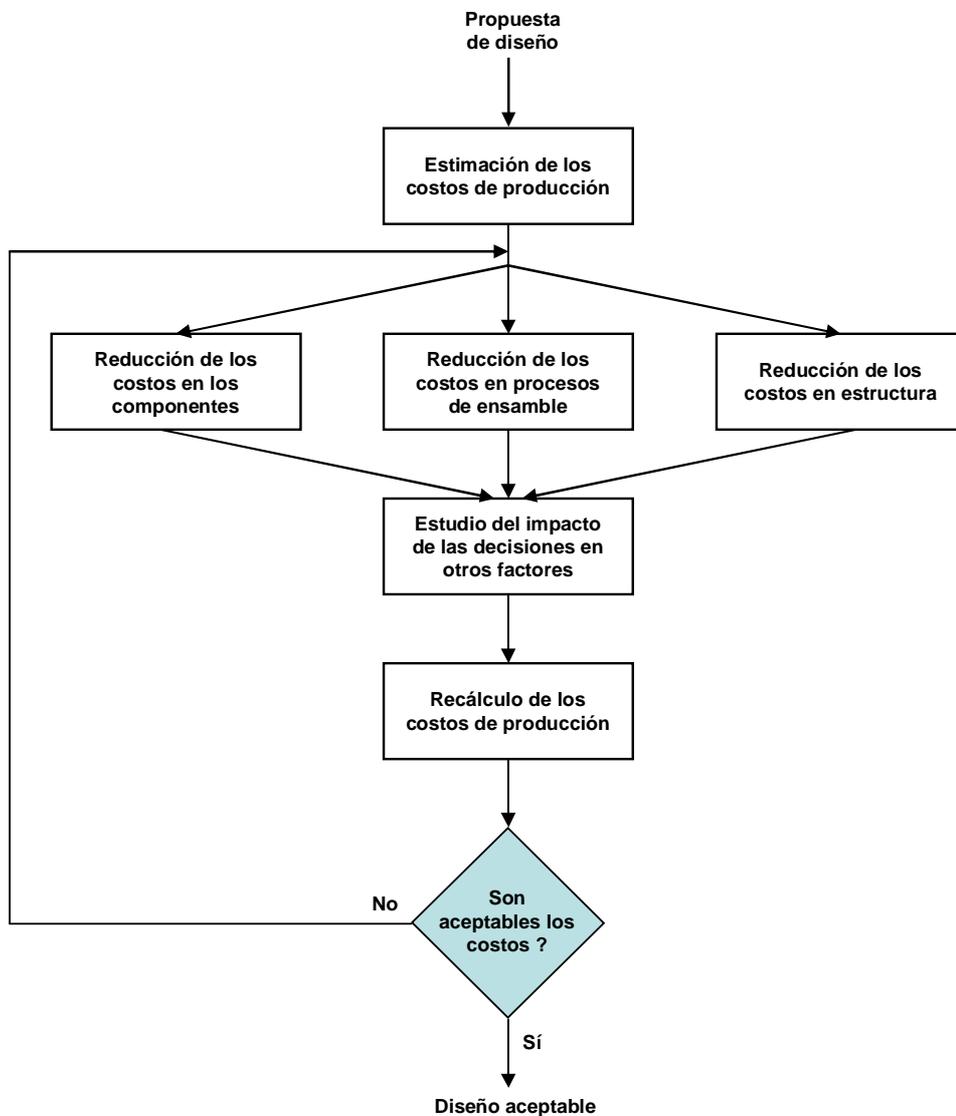


Figura 3.1. Una forma de encarar el diseño para manufactura [Ulrich & Eppinger, 2004].

El proceso de diseño comienza con la estimación del costo de manufactura del diseño propuesto (ver figura 3.1). Esto ayuda al equipo a determinar a nivel general cuáles son los aspectos del diseño – componentes, ensamble, apoyo – más costosos. Entonces, el equipo dirige su atención a las áreas apropiadas para mejorar la situación, entrando así en un proceso iterativo. No es extraño que se vuelvan a estimar los costos y se rediseñe el producto varias veces antes de tomar al producto como suficientemente bueno. Estas iteraciones pueden seguir realizándose incluso hasta el comienzo de la producción piloto. En algún punto el diseño es congelado; modificaciones posteriores son consideradas formalmente “cambios de ingeniería”.

Un sistema de manufactura puede ser estudiado como un modelo simple de entradas y salidas. Las entradas son materias primas, herramientas, equipos, componentes comprados, trabajo del personal, información, energía y servicios. Las salidas incluyen productos terminados y desperdicios. Los costos de manufactura son la suma de todos los gastos generados por los inputs del sistema y por la disposición de los desperdicios.

La medida generalmente usada para el costo de un producto es el costo unitario de producción, que se obtiene al dividir el total de los costos de producción de un período de tiempo por el número de unidades de producto producidas en ese período. Este concepto simple se complica en la práctica ya que no son claras las fronteras del sistema de producción, o sea cuáles son los costos atribuibles al producto.

El costo de componentes comprados puede ser estimado por comparación con otra parte de la cuál la firma tiene conocimiento del precio para los volúmenes de compras que se realizarían, o sino puede solicitarse un presupuesto a proveedores. Al obtener presupuestos, la estimación de las cantidades que serían demandadas es muy importante, ya que el precio de las unidades puede variar sensiblemente de acuerdo a las mismas. Algunos proveedores incluso pueden llegar a diseñar y fabricar una variación de un componente estandarizado si las cantidades son suficientemente altas como para justificarlo.

El costo de materias primas puede estimarse calculando la masa necesaria para la parte, adicionándole un scrap teórico, y multiplicándola por el costo (por unidad de masa) del material.

El costo de procesamiento incluye costos de mano de obra y de los equipos y herramientas usadas. La estimación del tiempo de procesamiento requiere experiencia con el tipo de equipamiento usado. El costo de herramientas se

calcula con el costo de la herramienta dividido el número de unidades que pueden ser procesados durante su vida útil.

Los productos hechos de más de una parte requieren un proceso de armado. Los costos de ensamble pueden calcularse sumando los tiempos estimados de cada operación de ensamble y multiplicando por el costo de la mano de obra (por unidad de tiempo). Los equipos y herramientas usadas en armado también generan costos que deben ser computados. Las operaciones de ensamble requieren entre 4 y 60 segundos cada una, dependiendo del tamaño de las partes, la dificultad de la operación y las cantidades a producir. Con altos volúmenes, los trabajadores pueden especializarse en un set particular de operaciones y pueden asistirse con herramientas y dispositivos auxiliares que faciliten su trabajo.

Por último existen otros costos que son más difíciles de adjudicar entre los distintos productos que puede tener una empresa. Entre ellos están los costos de manipuleo de materiales, aseguramiento de la calidad, estructura comercial, servicios, mantenimiento, etc.

Existen varias estrategias para minimizar el costo de los componentes, que es muchas veces el más significativo de todos los costos. En los próximos incisos se muestran varias estrategias en pos de este objetivo con su correspondiente ejemplificación montada sobre el caso de estudio.

3.2. Arquitectura de productos

La arquitectura de producto es la asignación de los elementos funcionales de un producto a las partes constructivas del producto. El propósito de la arquitectura de producto es definir las partes básicas de un producto en términos de qué hacen y cómo se relacionan con el resto de la partes.

Las decisiones sobre cómo dividir al producto en partes funcionales y cuánta modularización imponer en la arquitectura del producto están muy relacionadas a temas de gran importancia para la empresa: cambios en el producto, variedad de producto, estandarización de componentes, performance del producto, posibilidades y costos de fabricación y manejo del desarrollo de productos. La arquitectura de un producto por lo tanto está íntimamente relacionada con decisiones sobre estrategias de marketing y capacidades de producción.

Los componentes son las unidades físicas de construcción de un producto, pero su arquitectura es la que define como esas unidades se relacionan con la función del producto. La arquitectura por lo tanto define como un producto puede ser cambiado. El uso de modularización permite realizar cambios en elementos funcionales en forma aislada, sin necesariamente afectar el diseño de otros elementos. Productos construidos con arquitecturas modulares pueden ser más fácilmente modificados sin agregar grandes complejidades al sistema de producción.

La estandarización de componentes es el uso de un mismo componente en varios productos. Si un elemento realiza una o varias funciones que son útiles para varios productos se lo puede estandarizar, permitiendo fabricar este componente en mayor cantidad de lo que sería posible de otra forma. Esto lleva a disminuir los costos y aumentar la calidad.

Además de las implicancias en costo de la variedad de producto y la estandarización de componentes, la arquitectura de los productos también afecta directamente las posibilidades de diseñar componentes factibles de producir a bajos costos. Una importante estrategia de diseño para manufactura es la minimización del número de partes en un producto a través de la integración de componentes.

3.2.1. Arquitectura de los productos del caso de estudio

Yendo al caso de estudio, la arquitectura básica de los distintos productos que integran la familia de la empresa está definida de la siguiente manera:





En líneas generales se trata de muebles similares, teniendo todos 1 techo, 2 laterales, 1 fondo, 1 base y una determinada cantidad de estantes. Las funciones que cumplen estos componentes en los productos son:

- Base: Soporte del mueble vinculado con otras piezas estructurales, superficie de apoyo para objetos que se deseen guardar en el mueble, cerramiento inferior del mueble, tope y fijación a las puertas pivotantes en el mueble 1, guía para las puertas corredizas en el mueble 2.
- Techo: Cerramiento superior del mueble, vínculo de piezas estructurales (laterales y fondo), tope y fijación para las puertas pivotantes en el mueble 1, guía para las puertas corredizas en el mueble 2.
- Laterales: Cerramiento lateral del mueble, apoyo de los estantes, proveedor del punto de pivote de las puertas en el mueble 1 y sostenimiento de las mismas.
- Fondo: Cerramiento posterior del mueble.
- Estantes: Lugar de apoyo para objetos que se deseen guardar en el mueble, separador del espacio interno del mueble en compartimentos.

Todos estos componentes son subconjuntos integrados por más de una pieza. A cada uno de ellos le corresponde un panel principal que define al subconjunto y al cuál se le unen piezas adicionales que en este trabajo son llamadas paneles auxiliares.

Los paneles auxiliares (travesaños y suplementos) son piezas accesorias de los paneles principales y se agregan para dar rigidez a los subconjuntos, para permitirles cumplir alguna de sus funciones o para vincularlos entre sí.

La vinculación de las piezas se podría realizar con soldadura de puntos, soldadura de aporte, remaches, encastrés, etc. En este caso se supone que la empresa resuelve por políticas de proceso usar únicamente uniones con soldadura por puntos, dejando a tal fin en las piezas que sea necesario pestañas plegadas a 90°.

Recordando las especificaciones de los conceptos de producto se encuentra que las dimensiones de la estantería deseada equivalen a las del armario de abrir, lo que en principio ya sugiere una alta propensión a estandarizar partes entre estos productos. Las únicas diferencias remarcables a priori entre estos muebles son fruto de que uno lleve puertas pivotantes y el otro no; es decir, para el mueble 1, la necesidad de soldar bisagras en los laterales y puertas, y de diseñar techo y base para que cumplan la función de tope y lugar de anclaje para las puertas.

3.3. Resistencia mecánica de los componentes

Habiendo definido cuáles son los componentes de cada mueble a rasgos generales se puede empezar a analizar en detalle el diseño de cada uno de ellos. Primero se debe garantizar la resistencia mecánica de los componentes para que los productos cumplan su función primordial; en este caso, para que los muebles puedan resguardar bienes.

La utilización de paneles metálicos como los utilizados en el mobiliario metálico despierta preguntas sobre la rigidez de los mismos; las secciones de los paneles deben tener módulos de resistencia altos, en algunos casos capaces de soportar cargas de 100 kg/m^2 o más.

En el caso de los armarios metálicos el problema central es la resistencia de las piezas laterales, bases y fondos a solicitaciones de torsión. El mueble debe permanecer rígido y libre de cualquier tendencia a balancearse u otra forma de inestabilidad, lo cuál se dificulta por la inexistencia de piezas estructurales en la cara frontal del mueble. En algunos casos su inestabilidad también se ve acentuada por el hecho de que la base y el techo estén unidos a los paneles laterales y trasero por tornillos o encastrados dispuestos a determinados intervalos de distancia.

En la fabricación de paneles metálicos para estanterías y armarios se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Paneles usados como estantes deben cumplir con la mejor solución de compromiso entre peso del panel y momento de inercia respecto del eje horizontal del centro de gravedad.
- Paneles usados como bases de armarios tienen que ser diseñados para maximizar el momento de inercia polar con el menor peso posible.

Dos soluciones logran aumentar el momento de inercia respecto del eje horizontal del centro de gravedad:

- Plegar los bordes de la hoja metálica.
- Soldar refuerzos –generalmente entre uno y tres- con perfiles tipo Omega u otro.

Un panel típico usado para muebles metálicos es el ilustrado en la figura 3.2. Se propone ahora considerar uno o más refuerzos a un panel de un tamaño normal (tabla 3.1). Esta tabla muestra las características resistivas que poseen

distintas configuraciones de panel producidas al plegar bordes e incluir refuerzos de distintos anchos. Se muestra en cada caso el incremento generado.

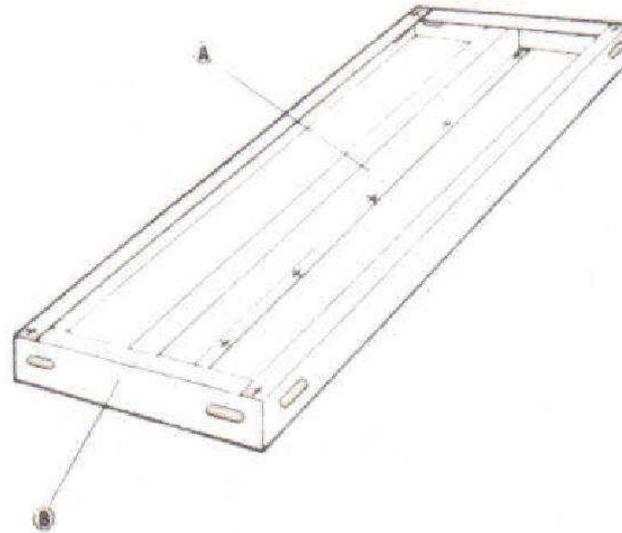


Figura 3.2. Configuración típica de paneles metálicos. (A) Refuerzos tipo costilla soldados por puntos a la pieza principal. (B) Bordes de pieza plegados con esquinas soldadas.

A los fines de realizar los cálculos teóricos, se supone que los refuerzos son parte del panel. Este supuesto puede ser objetado sobre la base que los refuerzos se encuentran unidos al panel sólo por puntos de soldadura espaciados. Sin embargo, los resultados obtenidos son muy cercanos a los valores reales debido a la cantidad de puntos que suelen utilizarse a lo largo del refuerzo y por la soldadura realizada en las esquinas plegadas. A partir de los resultados de la tabla 3.2 resultan claros los beneficios de la adición de pliegues y refuerzos.

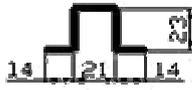
Configuración del panel Espesor de chapa 2 mm							
	B	A	wf	Jx-x	mf	Wx-x	sf
	mm	mm ²		10 ³ mm ⁴		10 ³ mm ³	
	Coordenada del centro de gravedad desde el plano del panel	Área de la sección	Factor de peso	Momento de inercia con respecto al eje horizontal del centro de gravedad	Factor de momento de inercia	Módulo de la sección con respecto al eje horizontal del centro de gravedad	Factor de módulo de la sección
a) 	3,5	1368	1,00	69,9	1,00	2,63	1,00
b) 	4	1400	1,02	86,2	1,23	3,14	1,19
c) 	5	1590	1,16	114,7	1,64	4,60	1,75
d) 	6	1780	1,30	144,1	2,06	6,00	2,28
e) 	7	1970	1,44	175,2	2,51	7,60	2,89

Tabla 3.1. Cambio en la resistencia de paneles por plegado de pestañas o soldado de refuerzos angostos.

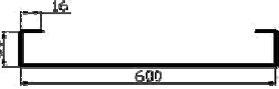
Configuración del panel Espesor de chapa 2 mm	 Refuerzos anchos						
	B	A	wf	Jx-x	mf	Wx-x	sf
	mm	mm ²		10 ³ mm ⁴		10 ³ mm ³	
Coordenada del centro de gravedad desde el plano del panel	Área de la sección	Factor de peso	Momento de inercia con respecto al eje horizontal del centro de gravedad	Factor de momento de inercia	Módulo de la sección con respecto al eje horizontal del centro de gravedad	Factor de módulo de la sección	
a) 	3,5	1368	1,00	69,9	1,00	2,63	1,00
b) 	4	1400	1,02	86,2	1,23	3,14	1,19
c) 	5,7	1630	1,19	136,8	1,96	5,65	2,15
d) 	7	1860	1,36	181,5	2,60	7,85	2,98
e) 	8	2090	1,53	198,7	2,84	8,90	3,38

Tabla 3.2. Cambio en la resistencia de paneles por plegado de pestañas o soldado de refuerzos anchos.

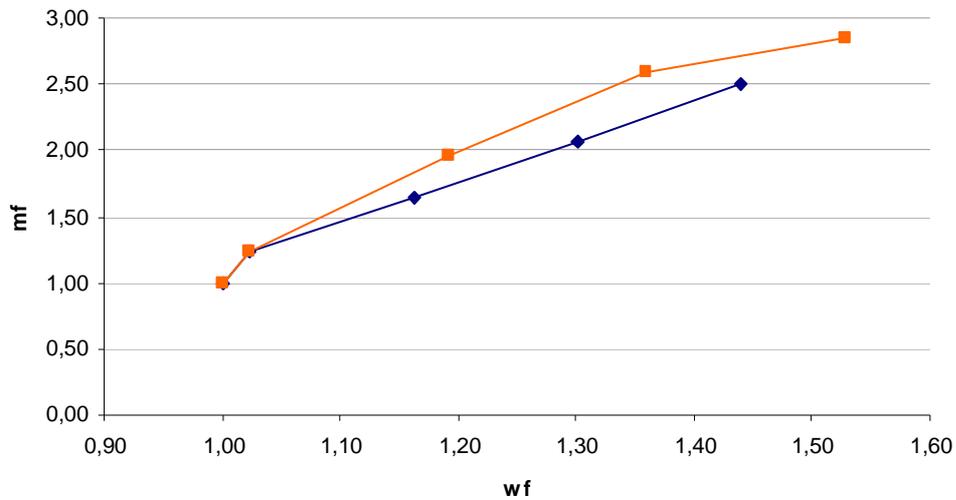


Gráfico 3.1. Cambio del momento de inercia al variar la sección (basado en las tablas 3.1 y 3.2)

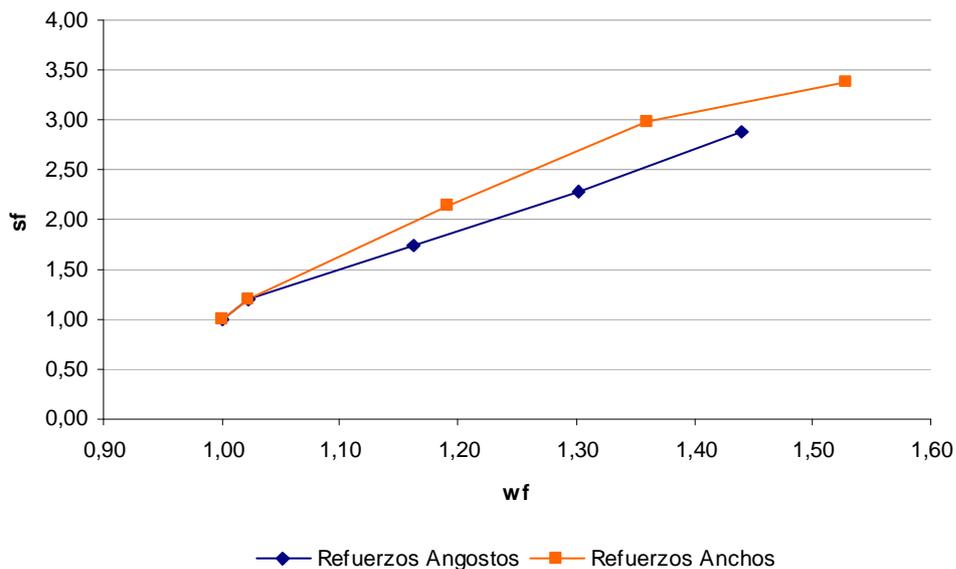


Gráfico 3.2. Cambio del momento de inercia al variar la sección (basado en las tablas 3.1 y 3.2)

Los resultados obtenidos para la configuración d con refuerzos anchos son particularmente significativos. A pesar de ser 5% más liviana que la configuración e de refuerzos angostos y de tener 2 en vez de 3 refuerzos, su momento de inercia (J_{x-x}) es mayor.

Los valores muestran que los momentos de inercia (J_{x-x}) resultantes de la inclusión de pliegues y refuerzos aumentan a medida que aumenta la distancia del centro de gravedad a la base del panel; es decir, a igualdad de área, la primer condición que debe ser satisfecha para obtener el máximo momento de inercia es que la mayor cantidad de material debe disponerse tan lejos como sea posible del eje horizontal que pasa por el centro de gravedad. Para cada caso de aplicación debería estudiarse puntualmente cuál es la decisión óptima entre resistencia y peso, realizando los cálculos específicos de la pieza y sus posibles configuraciones.

En cuanto a la maximización del momento de inercia polar con el menor peso posible, existen dos soluciones principales:

- Soldar refuerzos tipo Omega o tipo Z en los bordes de los componentes: Aquí también los incrementos en los momentos son función de la distancia al centro de gravedad, resultando conveniente de esta manera ubicar el material lo más lejos posible del centro de gravedad;
- Unir al panel con otros paneles de la estructura en todos los bordes en que sea posible.

Los efectos de este tipo de refuerzos sobre una pieza de tamaño típico pueden verse en la tabla 3.3. El siguiente tema a tratar sería los métodos de soldadura a utilizar, los cuales deben ser rápidos y económicos. Sobre este punto se desarrolla un inciso dentro del capítulo de dimensionamiento de procesos.

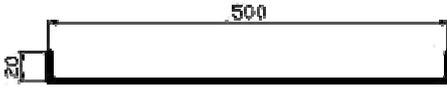
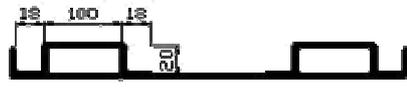
Configuración del panel Espesor de chapa 1mm	Momento polar de inercia 10^7 mm^4	Incremento %
	1,28	-
	2,26	77%
	2,45	91%
	2,95	130%

Tabla 3.3. Cambio en el momento polar de inercia de los paneles al plegar pestañas y soldar refuerzos.

Realizando el análisis de las resistencias mecánicas para cada una de las piezas se entiende que las piezas a reforzar son:

- Bases: Con travesaños tipo L en todos sus lados y, en el mueble 2, con un refuerzo tipo Omega ubicado transversalmente en la cara inferior de la misma. Ver Plano 8 en anexo.
- Laterales: Con dos refuerzos tipo Omega que a la vez estén dotados de pestañas para colgar de ellas los estantes. Ver Plano 24 en anexo.
- Puertas: Con un refuerzo tipo Omega dispuesto a lo alto de la pieza en el lado interior. Ver Plano 3 en anexo.
- Estantes: Con un refuerzo tipo Omega ubicado en la cara inferior de la pieza en forma longitudinal (a lo largo de su mayor dimensión). Ver en anexo Plano 16.

3.4. Estandarización de componentes y procesos

El principio de economías de escala aplica a la selección de componentes y procesos. A medida que el volumen de producción de un componente aumenta, el costo unitario del componente baja. La calidad y la performance suelen mejorar también al incrementar las cantidades producidas ya que el productor del componente puede invertir en aprendizaje y mejora del diseño del componente y su proceso de producción. Para un determinado volumen de producción de una serie de productos, los beneficios de mayores volúmenes de producción de componentes puede lograrse estandarizando componentes.

Algunas formas de estandarizar componentes son:

- Usar una misma pieza en más de un producto en vez de emplear piezas distintas pero similares para cada uno de ellos.
- Usar en cantidad una misma pieza en vez de emplear una serie de piezas distintas pero similares dentro un mismo producto.

Algunas formas de estandarizar procesos son:

- Igualar los perfiles de piezas.
- Igualar plegados teniendo en cuenta sus ángulos y distancias entre plegados consecutivos.
- Igualar geometrías de despuntes y punzonados.
- Unificar la forma de unión entre piezas (por ejemplo con pestañas de igual geometría)

Los beneficios de estandarizar componentes y procesos son:

- Circulación de menos tipos de materia prima, piezas y componentes, lo que significa mayor simplicidad en las operaciones en general.
- Ahorros en almacenes de MP.

- Ahorros en stocks intermedios.
- Ahorros en matricería.
- Ahorros de inversión en máquinas.
- Mejora en la calidad de las piezas por la experiencia ganada al aumentar la escala de producción.
- Fortalecimiento de la imagen de la familia de productos (los productos se asemejan más entre sí y pueden asociarse entre sí por su diseño).

3.4.1. Ejemplo aplicado - Unificación de piezas en la familia de productos

A partir de la arquitectura de los productos desarrollada con antelación se puede comenzar a efectuar un listado más detallado de las piezas que serían necesarias para fabricar cada uno de los productos de la empresa. En ausencia de información precisa se debe hacer la mejor aproximación posible en base a las especificaciones de los productos y a las conclusiones del desarrollo del concepto del producto.

En este caso las principales piezas a considerar serían las listadas en la tabla 3.4. Se han dejado de lado en este caso las piezas auxiliares que no están claramente definidas en la etapa inicial del diseño. Las dimensiones mayor y menor detalladas en la tabla corresponden a las medidas brutas especificadas de los muebles como mejor aproximación temporal disponible.

A los fines de poder identificar las piezas que deberían ser foco de atención, tanto para el análisis de estandarización como para otros futuros análisis es conveniente realizar un estudio ABC de la importancia que tienen cada una de las piezas respecto del total. Al hablar de importancia se hace referencia al impacto de la pieza en las operaciones de la planta industrial. Dos formas útiles de medir esta importancia son a través de indicadores tales como los kg con que la pieza contribuye al mueble mix (Indicador 1) y la cantidad de piezas de ese tipo por mueble mix (Indicador 2).

Estos indicadores se calculan para cada pieza como:

$$\text{Indicador 1} = P \times \sum (C_i \times M_i)$$

Fórmula 3.1. Cálculo del indicador de importancia en peso de una pieza (Indicador 1).

$$\text{Indicador 2} = \sum (C_i \times M_i)$$

Fórmula 3.2. Cálculo del indicador de importancia en cantidad de una pieza (Indicador 2).

donde

P : Peso de la pieza.

C_i : Cantidad de esa pieza en el mueble i .

M_i : Porcentaje que representa el mueble i en el mix de producción.

	Tipo de Mueble	Cantidad por mueble	Dimensión mayor aproximada	Dimensión menor aproximada	Superficie aproximada	Peso de pieza aproximado	Participac. del mueble en mix de producción
Tipo de pieza		u/mueble	mm	mm	m2	kg	%
Lateral izquierdo	1	1	1800	450	0,81	5,7	50%
Lateral derecho	1	1	1800	450	0,81	5,7	50%
Refuerzo p/ laterales	1	4	1800	100	0,18	1,3	50%
Fondo	1	1	1800	900	1,62	11,4	50%
Base	1	1	900	450	0,41	2,9	50%
Techo	1	1	900	450	0,41	2,9	50%
Estantes	1	4	900	450	0,41	2,9	50%
Refuerzo p/ estantes	1	4	900	100	0,09	0,6	50%
Puerta izquierda	1	1	1800	450	0,81	5,7	50%
Puerta derecha	1	1	1800	450	0,81	5,7	50%
Refuerzo p/ puertas	1	2	1800	100	0,18	1,3	50%
Lateral izquierdo	2	1	1800	450	0,81	5,7	30%
Lateral derecho	2	1	1800	450	0,81	5,7	30%
Refuerzo p/ laterales	2	4	1800	100	0,18	1,3	30%
Fondo	2	1	1800	1500	2,70	19,1	30%
Base	2	1	1500	450	0,68	4,8	30%
Refuerzo p/ base	2	1	450	100	0,05	0,3	30%
Techo	2	1	1500	450	0,68	4,8	30%
Estantes	2	6	750	450	0,34	2,4	30%
Refuerzo p/ estantes	2	6	750	100	0,08	0,5	30%
División	2	1	1800	450	0,81	5,7	30%
Refuerzo p/ división	2	4	1800	100	0,18	1,3	30%
Puerta izquierda	2	1	1800	750	1,35	9,5	30%
Puerta derecha	2	1	1800	750	1,35	9,5	30%
Refuerzo p/ puertas	2	2	1800	100	0,18	1,3	30%
Lateral izquierdo	3	1	1800	450	0,81	5,7	20%
Lateral derecho	3	1	1800	450	0,81	5,7	20%
Refuerzo p/ laterales	3	4	1800	100	0,18	1,3	20%
Fondo	3	1	1800	900	1,62	11,4	20%
Base	3	1	900	450	0,41	2,9	20%
Techo	3	1	900	450	0,41	2,9	20%
Estantes	3	4	900	450	0,41	2,9	20%
Refuerzo p/ estantes	3	4	900	100	0,09	0,6	20%

Tabla 3.4. Listado tentativo de piezas a fabricar previo a aplicar estandarización de componentes.

Calculados estos indicadores, puede luego calcularse la relación porcentual de cada pieza respecto del total haciendo:

$$\text{Indicador porcentual} = \text{Indicador} / \sum (\text{Indicador}_j)$$

Fórmula 3.3. Pasaje de los indicadores a valores porcentuales.

Ordenar las piezas de acuerdo a los indicadores porcentuales permite ver si existen distintos grados de importancia entre las piezas, dándose una distribución del tipo ABC con unas pocas significativas y muchas menos importantes, o si por el contrario se observa una importancia pareja entre piezas.

Las piezas más importantes son propensas a recibir soluciones específicas para ellas en cuanto a los procesos productivos. Mientras que las menos significativas es conveniente que se ajusten a procesos elegidos para las más importantes. Piezas poco significativas que no hagan a aspectos fundamentales del producto y que no se adecuen a los procesos de las piezas más importantes son propensas a ser compradas a terceros o motivan el desarrollo de un nuevo diseño con el cual ya no sean necesarias o que permita fabricarlas con los procesos ya elegidos.

Los indicadores de importancia para piezas mostrados son sólo una forma de encarar el análisis. Deben tomarse en cuenta también otro tipo de aspectos tales como la importancia funcional y estética de las piezas en el producto final. Para el caso de estudio, calculando los indicadores porcentuales de importancia en peso y en cantidad, y ordenando de mayor a menor las piezas se obtiene lo expresado en las tablas 3.5 y 3.6.

Tipo de pieza	Muebles	Importancia en peso	Acumulado
Fondo	1	8,3%	8,3%
Fondo	2	8,3%	16,6%
Estantes	1	8,3%	24,9%
Estantes	2	6,2%	31,1%
Puerta izquierda	1	4,1%	35,3%
Puerta izquierda	2	4,1%	39,4%
Puerta derecha	1	4,1%	43,5%
Puerta derecha	2	4,1%	47,7%
Lateral izquierdo	1	4,1%	51,8%
Lateral derecho	1	4,1%	56,0%
Refuerzo p/ laterales	1	3,7%	59,7%
Fondo	3	3,3%	63,0%
Estantes	3	3,3%	66,3%
Lateral izquierdo	2	2,5%	68,8%
Lateral derecho	2	2,5%	71,3%
División	2	2,5%	73,8%
Refuerzo p/ laterales	2	2,2%	76,0%
Refuerzo p/ división	2	2,2%	78,2%
Techo	1	2,1%	80,3%
Techo	2	2,1%	82,4%
Base	1	2,1%	84,4%
Base	2	2,1%	86,5%
Refuerzo p/ puertas	1	1,8%	88,3%
Refuerzo p/ estantes	1	1,8%	90,2%
Lateral izquierdo	3	1,7%	91,8%
Lateral derecho	3	1,7%	93,5%
Refuerzo p/ laterales	3	1,5%	95,0%
Refuerzo p/ estantes	2	1,4%	96,4%
Refuerzo p/ puertas	2	1,1%	97,5%
Techo	3	0,8%	98,3%
Base	3	0,8%	99,1%
Refuerzo p/ estantes	3	0,7%	99,9%
Refuerzo p/ base	2	0,1%	100,0%

Tabla 3.5. Importancia porcentual de las piezas en peso.

Tipo de pieza	Muebles	Importancia en cantidad	Acumulado
Refuerzo p/ laterales	1	8,6%	8,6%
Estantes	1	8,6%	17,2%
Refuerzo p/ estantes	1	8,6%	25,9%
Estantes	2	7,8%	33,6%
Refuerzo p/ estantes	2	7,8%	41,4%
Refuerzo p/ laterales	2	5,2%	46,6%
Refuerzo p/ división	2	5,2%	51,7%
Refuerzo p/ puertas	1	4,3%	56,0%
Refuerzo p/ laterales	3	3,4%	59,5%
Estantes	3	3,4%	62,9%
Refuerzo p/ estantes	3	3,4%	66,4%
Refuerzo p/ puertas	2	2,6%	69,0%
Lateral izquierdo	1	2,2%	71,1%
Lateral derecho	1	2,2%	73,3%
Fondo	1	2,2%	75,4%
Base	1	2,2%	77,6%
Techo	1	2,2%	79,7%
Puerta izquierda	1	2,2%	81,9%
Puerta derecha	1	2,2%	84,1%
Lateral izquierdo	2	1,3%	85,3%
Lateral derecho	2	1,3%	86,6%
Fondo	2	1,3%	87,9%
Base	2	1,3%	89,2%
Refuerzo p/ base	2	1,3%	90,5%
Techo	2	1,3%	91,8%
División	2	1,3%	93,1%
Puerta izquierda	2	1,3%	94,4%
Puerta derecha	2	1,3%	95,7%
Lateral izquierdo	3	0,9%	96,6%
Lateral derecho	3	0,9%	97,4%
Fondo	3	0,9%	98,3%
Base	3	0,9%	99,1%
Techo	3	0,9%	100,0%

Tabla 3.6. Importancia porcentual de las piezas en cantidad.

A partir de los resultados mostrados se puede concluir que la mayor parte del peso producido pasa por las piezas estructurales. Igualmente no son pocas las piezas que concentran la mayor proporción del peso, sino que se da una contribución relativamente pareja entre las piezas. Por otra parte, puede observarse que los refuerzos son en cantidad las piezas más importantes.

Haciendo un segundo listado de piezas a fabricar, pero esta vez estandarizando algunos componentes se obtiene la lista de la tabla 3.7.

Las estandarizaciones aplicadas en este caso son:

- el uso de laterales, techo, base, fondo, estantes y refuerzos del mueble 1 para el mueble 3.
- la unificación de los laterales del mueble 1 y 3, haciendo que los laterales izquierdos sean iguales a los derechos. Ver Planos 22 y 23 en anexo.
- la unificación de las puertas del mueble 1, haciendo iguales izquierdas y derechas salvo por los accesorios que deben tener las puertas derechas para poder cerrar con llave el mueble. Ver Planos 1, 2 y 3 en anexo.
- la unificación de las puertas del mueble 2, haciendo iguales izquierdas y derechas salvo por los accesorios que deben tener las puertas derechas para cerrar con llave el mueble. Ver Planos 4 y 5.

Tipo de pieza	Cantidad por mueble	Muebles	Dimensión mayor aproximada	Dimensión menor aproximada	Superficie aproximada	Peso de pieza aproximado	Participac. de el/los muebles en mix
	u/mueble		mm	mm	m ²	kg	%
Laterales	2	1 - 3	1800	450	0,81	5,7	70%
Refuerzo p/ laterales	4	1 - 3	1800	100	0,18	1,3	70%
Fondo	1	1 - 3	1800	900	1,62	11,4	70%
Base	1	1 - 3	900	450	0,41	2,9	70%
Techo	1	1 - 3	900	450	0,41	2,9	70%
Estantes	4	1 - 3	900	450	0,41	2,9	70%
Refuerzo p/ estantes	4	1 - 3	900	100	0,09	0,6	70%
Puertas	2	1	1800	450	0,81	5,7	50%
Refuerzo p/ puertas	2	1	1800	100	0,18	1,3	50%
Lateral izquierdo	1	2	1800	450	0,81	5,7	30%
Lateral derecho	1	2	1800	450	0,81	5,7	30%
Refuerzo p/ laterales	4	2	1800	100	0,18	1,3	30%
Fondo	1	2	1800	1500	2,70	19,1	30%
Base	1	2	1500	450	0,68	4,8	30%
Refuerzo p/ base	1	2	450	100	0,05	0,3	30%
Techo	1	2	1500	450	0,68	4,8	30%
Estantes	6	2	750	450	0,34	2,4	30%
Refuerzo p/ estantes	6	2	750	100	0,08	0,5	30%
División	1	2	1800	450	0,81	5,7	30%
Refuerzo p/ división	4	2	1800	100	0,18	1,3	30%
Puertas	2	2	1800	750	1,35	9,5	30%
Refuerzo p/ puertas	2	2	1800	100	0,18	1,3	30%

Tabla 3.7. Listado tentativo de piezas a fabricar luego de aplicar estandarización de componentes.

Los refuerzos son piezas con baja participación en peso (aproximadamente el 15%) pero alta participación en cantidad (cerca del el 45%). Esto y el hecho que potencialmente se pueda estandarizar su perfil dan la pauta de que es conveniente encarar procesos específicos para ellos. De hecho en este caso se puede unificar el perfil de los refuerzos haciendo variar entre ellos solamente la longitud según el tipo de pieza a reforzar e incluyendo, en el caso de los refuerzos de paneles laterales, pestañas especiales para colgado de los estantes. Esta unificación de perfil marca una importante disminución de la complejidad en las operaciones ya que permite fabricar todos los refuerzos a

partir de un mismo fleje y con la misma máquina -un balancín de alimentación automática por ejemplo-.

La evolución de las cantidades de tipos de piezas por categoría (paneles principales, paneles auxiliares y refuerzos) a medida que se avanza con el diseño se muestra en el gráfico 3.3 y la tabla 3.8. Al momento de definición de la arquitectura básica de los productos es la llamada etapa cero, mientras que etapa final es luego de realizar la ingeniería de detalle de los productos. Puede observarse que la cantidad de piezas básicas (paneles principales y refuerzos) disminuye fuertemente con el desarrollo del diseño aplicando estandarización (ver evolución de total* en la tabla 3.8). De hecho, se pasa de una situación inicial de 33 tipos de paneles principales y refuerzos que deben ser tratados en forma independiente a un total de 15, dando una disminución del orden del 55% en la cantidad de tipos de piezas teniendo en cuenta estas dos categorías. Cabe recordar que los paneles principales son las piezas más importantes en peso de los laterales, fondos, techos, bases, puertas y estantes.

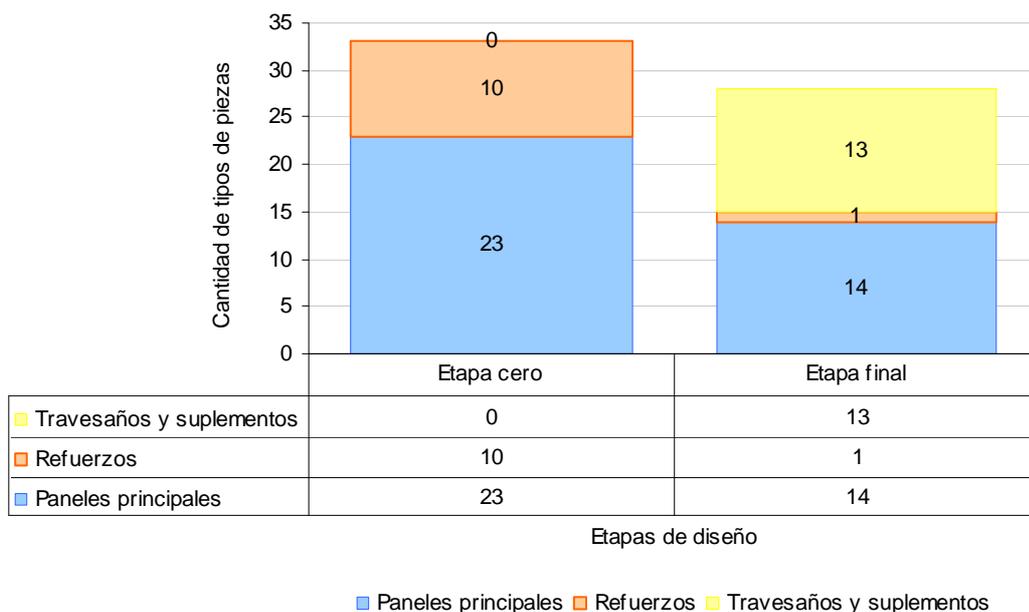


Gráfico 3.3. Evolución de las cantidades de tipos de piezas a medida que se avanzó en el diseño de los productos.

Con el diseño de detalle surgen piezas accesorias (travesaños y suplementos) que en las primeras etapas del proyecto no se pueden identificar ni cuantificar a pesar de ser de existencia certera. Esta es la razón por la que estas piezas no figuran en los primeros listados de piezas de las tablas 3.4 y 3.7. Al finalizar el diseño de los productos se encuentra que los paneles auxiliares no tienen una

gran importancia en peso pero si es considerable su importancia en cantidad (ver tabla 3.9) y la variedad en tipos de piezas (se encuentran 13 tipos distintos de paneles auxiliares, ver tabla 3.8).

Cantidad de tipos de piezas por etapa de diseño	Etapa cero	Etapa final	
Paneles principales	23	14	
Refuerzos	10	1	
Travesaños y suplementos	-	13	
Total*	33	15	-55%
Total	33	28	-15%
			Variación

Tabla 3.8. Cantidades de tipos de piezas por etapa de diseño del proyecto.

A medida que se avanza con el diseño deben ir recalculándose los indicadores propuestos de importancia en peso y cantidad. Si no existen cambios fundamentales en la arquitectura de los productos es esperable que los indicadores mantengan su magnitud dentro de un rango acotado. En el caso de estudio, comparando las importancias en peso y en cantidad entre la etapa cero de diseño y la etapa final se obtiene:

Grupo de piezas	Etapa cero		Etapa final	
	Importancia en peso	Importancia en cantidad	Importancia en peso	Importancia en cantidad
Paneles principales	83%	50%	82%	39%
Refuerzos	17%	50%	11%	39%
Travesaños y suplementos	-	-	6%	22%

Tabla 3.9. Importancia en peso y en cantidad de las categorías de piezas en las distintas etapas de diseño.

Los resultados obtenidos dan validez al uso de estos indicadores en etapas tempranas de diseño y reflejan la importancia de ir actualizándolos a medida que se avanza con el proyecto.

3.4.2. Ejemplo aplicado - Perfiles de los refuerzos

Los refuerzos son piezas muy importantes para la empresa del caso ya que se encargan de aumentar la resistencia mecánica de todos los paneles principales de los muebles sin aumentar el espesor de la chapa. A rasgos generales se trata de piezas de diferentes longitudes con perfiles tipo C, Omega u otros similares capaces de aumentar el momento de inercia de las secciones de los conjuntos panel-refuerzo.

Se trata de piezas funcionales, con una utilidad claramente estructural, abundantes en cantidad (cada panel principal debe tener al menos un refuerzo). La existencia de muchos tipos de refuerzos, y en el caso extremo, un refuerzo completamente distinto para cada panel, es indeseable por la complejidad que significaría operar con tal variedad en producción y por el impacto visual negativo que generaría en el mueble.

En el caso de estudio es factible la estandarización de todos los perfiles de los refuerzos en un único perfil tipo Omega. Los únicos refuerzos que debieran tener un tratamiento diferencial serían los refuerzos de laterales, que no sólo proveen de resistencia a los laterales sino que también sirven de apoyo para los estantes. Por esa razón, los refuerzos de laterales (y de la división del mueble 2) deben estar provistos de pestañas para el colgado de los estantes.

La unificación del perfil de los refuerzos implica que los desarrollos de todos los refuerzos tengan el mismo ancho, lo cual permite conformarlos a partir de flejes de ancho igual al de su desarrollo, simplificando las operaciones de corte de chapa. El diseño en particular del perfil de los refuerzos se desarrolla en el punto de rediseño de componentes para eliminar etapas de procesamiento.

3.4.3. Ejemplo aplicado - Troqueles de piezas similares

Entre los muebles de la empresa existen piezas que cumplen iguales funciones y con geometría similar. Puntualmente en el caso de los techos, las puertas y los estantes de todos los muebles se encuentra un posible foco de estandarización: los troqueles que se realizan sobre los desarrollos de estas piezas.

Los atributos de estas piezas que permiten evaluar dicha estandarización son:

- La forma en que se vincula la pieza con el resto de las piezas del mueble es la misma.
- Es deseable que algunas dimensiones de las piezas sean iguales para fortalecer la similitud entre los muebles del fabricante.
- Las piezas son en general simétricas.

A continuación se muestra una forma de llevar a cabo la estandarización de troqueles en estas piezas:

- Estandarización de los troqueles de techos (ver Planos 19, 20 y 21 en anexo): las piezas se pueden vincular con los laterales y el fondo con soldadura de puntos a lo largo de pestañas perimetrales de 15 mm y se puede dejar un marco visible de 40 mm en el mueble terminado (altura de los techos).
- Estandarización de los troqueles de puertas (ver Planos 1, 2, 4 y 5 en anexo): Las puertas pueden ser de igual ancho (20 mm) y tener ambas pestañas perimetrales de 15 mm para mejorar la resistencia de las piezas.
- Estandarización de los troqueles de estantes (ver Planos 14, 15, 16, 17 y 18 en anexo): Los estantes pueden colgarse de los laterales con pestañas de 20 - 10 mm plegadas y se pueden dejar pestañas reforzadoras de 20 - 10 - 5 mm en el frente y fondo de la pieza.

3.5. Entendimiento del proceso, sus restricciones y sus drivers de costos

Algunas partes pueden ser costosas solamente por no entender las capacidades, drivers de costos y restricciones de los procesos productivos. Por ejemplo, un diseñador puede especificar un plegado en una pieza, sin darse cuenta de que ese plegado puede significar una complicada operación adicional, o también puede especificar dimensiones con tolerancias extremadamente ajustadas, desentendiendo la dificultad de lograr tal precisión en la producción. Muchas veces estas características costosas de las partes ni siquiera son necesarias para la función pretendida de la parte, sino que surgen simplemente por desconocimiento. En general es posible rediseñar la parte para que logre la misma performance y evitando pasos de producción costosos. Sin embargo, para hacer esto el ingeniero diseñador necesita saber qué clase de operaciones son difíciles de realizar en producción y qué es lo que genera sus costos.

En algunos casos las restricciones de un proceso pueden ser transmitidas a los diseñadores en forma concisa, en la forma de reglas de diseño. Por ejemplo, se pueden comunicar materiales posibles de utilizar, espesores tolerados, mínimas y máximas dimensiones de las piezas, etc. Cuando esto es posible, los diseñadores pueden evitar exceder las capacidades normales de los procesos y por lo tanto, evitar incurrir en costos inusualmente altos.

Para algunos procesos, el costo de producir una parte es una simple función matemática de algún atributo (o driver de costo del proceso). Por ejemplo, un proceso de soldadura por puntos tiene un costo directamente proporcional al número y tipo de puntos realizados. Para procesos cuyas capacidades no son fácilmente descriptibles, la mejor estrategia es trabajar con personas que entiendan profundamente el proceso usado. Estos expertos de manufactura pueden aportar muchas ideas sobre cómo rediseñar los componentes para reducir los costos de producción.

3.5.1. Restricciones y consideraciones típicas de los procesos usados para paneles metálicos

A continuación se enumeran algunas restricciones y consideraciones típicas de cada uno de los procesos del caso de estudio, las cuales conviene tener en cuenta al realizar el diseño de los productos:

- Procesos de corte en guillotina
 - ◆ El costo de las guillotinas está relacionado con la fuerza de corte que son capaces de realizar. La fuerza de corte es mayor cuanto mayor es la longitud del corte, el espesor de la chapa o más resistente es el material al corte.
 - ◆ Las guillotinas tienen una longitud máxima de corte.
 - ◆ Los trenes de planchado y corte de bobinas tienen anchos, diámetros y pesos mínimos y máximos de bobina.
 - ◆ Los equipos de corte están diseñados para tipos y calidades de material específicos.
 - ◆ Cuando se desea usar bobinas para cortar los desarrollos de las piezas se debe estudiar la cantidad de tipos de bobinas que serían necesarias, ya que si el número de piezas distintas que se pueden cortar a partir de cada una de las bobinas es bajo se puede tener como resultado un innecesariamente alto stock de materia prima.

- Procesos de despunte
 - ◆ El costo de las máquinas y las matrices está relacionado con la fuerza de corte de la operación, razón por la cual es deseable que la fuerza sea lo más pequeña posible, lo cual se suele lograr minimizando los perímetros de los troqueles a despuntar.
 - ◆ Cada tipo distinto de despunte implica el uso de una matriz distinta capaz de realizarlo.

- ◆ La distancia entre troqueles puede tener restricciones de mínima y máxima de acuerdo con el diseño de la máquina, especialmente en el caso de operaciones automatizadas.
 - ◆ Los agujeros adicionales generados en las piezas para su colgado en cadenas (sobre las cuales se pueden realizar el pretratamiento y la pintura) tienen que estar a distancias cercanas a los despuntes para poder efectuarlos con la misma matriz, y la fuerza necesaria para realizarlos también debe ser considerada en el dimensionamiento de las máquinas despuntadoras.
- Procesos de plegado
 - ◆ Procesos de plegado que requieran la aplicación de mayores fuerzas necesitan el uso de máquinas y herramientas más costosas.
 - ◆ Las plegadoras tienen un máximo largo posible de doblado.
 - ◆ Los plegados de pestañas angostas, sobre todo en largas longitudes, son difíciles de lograr y requieren la aplicación de mayores fuerzas.
 - ◆ Se deben considerar radios mínimos de plegados correctamente dimensionados para que el material no se dañe en la operación. Estos radios de plegado dependen del ángulo que se desee lograr.
 - ◆ Los plegados a lo largo de largas longitudes –especialmente los de grandes ángulos como los plegados a 180°- son difíciles de lograr y sus tolerancias varían según la pieza y la máquina empleada.
 - ◆ Cuando se efectúa más de un plegado consecutivo sobre un mismo lado del desarrollo puede que se tengan que dejar distancias sucesivamente crecientes entre plegados para permitir el libre paso de las herramientas en la operación.
 - ◆ Las operaciones automáticas de plegado no siempre gozan de las flexibilidades de las operaciones en plegadoras universales.

- ◆ Las operaciones automáticas de plegado pueden imponer distancias mínimas y máximas entre plegados de lados opuestos de los desarrollos.

- Procesos de soldadura por puntos
 - ◆ Conviene que las partes a soldar se auto-alineen por su geometría, sin necesidad de topes auxiliares.
 - ◆ Las geometrías de las piezas deben permitir el fácil acceso de los picos de soldadura.
 - ◆ Es conveniente que las áreas a soldar no queden visibles en el producto terminado ya que luego de soldar puede notarse alguna ligera deformación remanente generada por los puntos. Si la soldadura no es realizada con los parámetros correctos se debe agregar una operación de emparejado de la superficie soldada.
 - ◆ Cuando se desea pintar antes de soldar, deben cubrirse las superficies a soldar de manera que no se pinte en esas zonas. Luego de soldar, esas zonas deben ser retocadas con pintura.

- Procesos de pretratamiento y pintura
 - ◆ Cuando se usan equipos automáticos, mayores tamaños de piezas implican mayores tamaños de equipos y por ende, equipos más caros.
 - ◆ Los equipos de pretratamiento y pintura se dimensionan para piezas de un determinado tamaño máximo.
 - ◆ Piezas más grandes implican el uso de mayores radios de giro en cadenas de transporte, con la consecuente pérdida de espacio en planta.
 - ◆ Se tiene que analizar la geometría de las piezas a pretratar y a pintar para mejorar la capacidad de escurrimiento, evitando el arrastre entre etapas de sustancias de pretratamiento, y para facilitar el proceso de pintura.

- ◆ Los paneles que se cuelgan en una cadena transportadora para ser pretratados y pintados deben contar con agujeros cuidadosamente diseñados que permitan colgar la pieza sin que ésta se deforme ante su peso y la presión de los sprays. Se debe buscar en lo posible que estos agujeros queden ubicados en lugares escondidos del producto terminado.
 - ◆ Se debe tener en cuenta el impacto de la orientación de las piezas al colgarlas en la ergonomía de las operaciones.
-
- Procesos de armado
 - ◆ Las partes deben ser, en la medida que sea posible, fácilmente manipulables, lo cual está muy relacionado con sus tamaños, formas y pesos. Los paneles metálicos pueden ser piezas difíciles de manipular a mano y se deben prever formas de facilitarlo, por ejemplo con dispositivos especiales.
 - ◆ Es conveniente que la parte sea colocada desde arriba, mejorando la visibilidad del operario.
 - ◆ Suelen ser necesarios dispositivos adicionales que colaboren a estabilizar la parte parcialmente armada para que no colapse.
 - ◆ Se facilita el armado cuando las piezas a unir se auto-alinean, por ejemplo con otras piezas que hagan de tope.
 - ◆ Es preferible que los componentes a ensamblar no tengan que ser orientados de una forma particular, evitando que el operario deba girarlos hasta encontrar la orientación adecuada.
 - ◆ Se debe buscar que el ensamble se realice en un movimiento simple y lineal.
 - ◆ Conviene postergar lo máximo posible el ensamble de las piezas que hagan a la diferenciación de los distintos productos para unificar procesos.

3.5.2. Ejemplo aplicado - Diseño de la base del mueble 1

Un mayor esfuerzo cortante implica el uso de máquinas de mayor fuerza, y por consiguiente, mayor inversión. Es conveniente entonces tratar de minimizar los tres factores intervinientes que determinan el esfuerzo de corte (perímetro a cortar, espesor del material y resistencia del material) en la medida en que esto no entre en conflicto con las especificaciones del producto. El más flexible de estos parámetros es el perímetro de corte, que es una característica particular de las piezas, mientras que el espesor de chapa usado y la resistencia de la misma son características compartidas entre muchas o todas las piezas (para contar con menos variedad de tipos y presentaciones de materia prima).

El análisis de minimización del esfuerzo de corte debe involucrar para cada máquina de corte la totalidad de las piezas a procesarse en ella centrandó la atención en las piezas más críticas, ya que pueden existir grandes diferencias entre los esfuerzos requeridos por cada pieza.

En el caso de estudio se desea realizar el despunte de todas las piezas en una única estación de corte con cuatro matrices intercambiables de posición regulable. Revisando las piezas más comprometidas se encuentra que la base del mueble 1 es la pieza que potencialmente requeriría un mayor esfuerzo. Una forma no apropiada de diseñar la pieza sería la integración de los travesaños frontal, trasero y laterales de la base con el cuerpo principal de la base (ver Plano 9 en anexo), mientras que un diseño apropiado es el propuesto en los Planos 6, 7 y 8 del anexo, con el que se logra eliminar la operación de despunte problemática.

Restaría repetir el análisis de fuerza requerida para despunte en otras piezas críticas, para evaluar si es conveniente efectuar un rediseño en ellas similar al hecho con la base.

A pesar de que se debe buscar un ahorro en la inversión en máquinas y herramientas, también se debe tener en cuenta que futuros cambios de diseño de las piezas o nuevos productos pueden tener requerimientos distintos a los de las piezas actuales, razón por la cual siempre es conveniente garantizarse un margen coherente de flexibilidad con los equipos elegidos.

3.5.3. Ejemplo aplicado - Diseño del fondo del mueble 2

Hay varias razones por las que no es deseable que las piezas sean de gran tamaño. Algunas de estas razones son que las piezas grandes son más pesadas, son más difíciles de manipular, requieren el uso de equipos más grandes, dificultan las operaciones de plegado y pueden ser poco resistentes (en el caso de paneles metálicos esto se da cuando la profundidad es significativamente menor que el ancho y el largo).

A priori, la pieza más grande de todas en el caso de estudio es el fondo del mueble 2. Se desea que el mueble sea de 1,5 m de ancho y 1,8 m de alto, lo cual define las dimensiones aproximadas de la pieza que sería usada para el fondo.

Teniendo en cuenta que con el diseño inicial propuesto para la pieza (ver Plano 13 del anexo) la pieza sería demasiado grande, se propone separarla en dos partes iguales (de unos 0,75 m de ancho cada una) que mantengan la forma de vinculación con el resto de la estructura del mueble (“encastre” con los laterales y soldadura con base y techo) pero que por su menor tamaño, sean más convenientes para el proceso productivo (ver Plano 12 en anexo).

3.6. Alternativas de proceso para la empresa del caso de estudio

Un primer análisis sugiere que el proceso productivo de la empresa puede adoptar varias configuraciones de acuerdo a las secuencias que se determinen entre los procesos.

En los diagramas de procesos de cada alternativa se indicó a uno de los lados el momento en el cuál se realiza la soldadura entre subconjuntos, lo cual determina un incremento notable en los volúmenes y pesos de los elementos a procesar. La soldadura en los subconjuntos entre sí determina que se pase a trabajar a partir de ese momento con el mueble terminado o casi-terminado.

3.6.1. Alternativa A

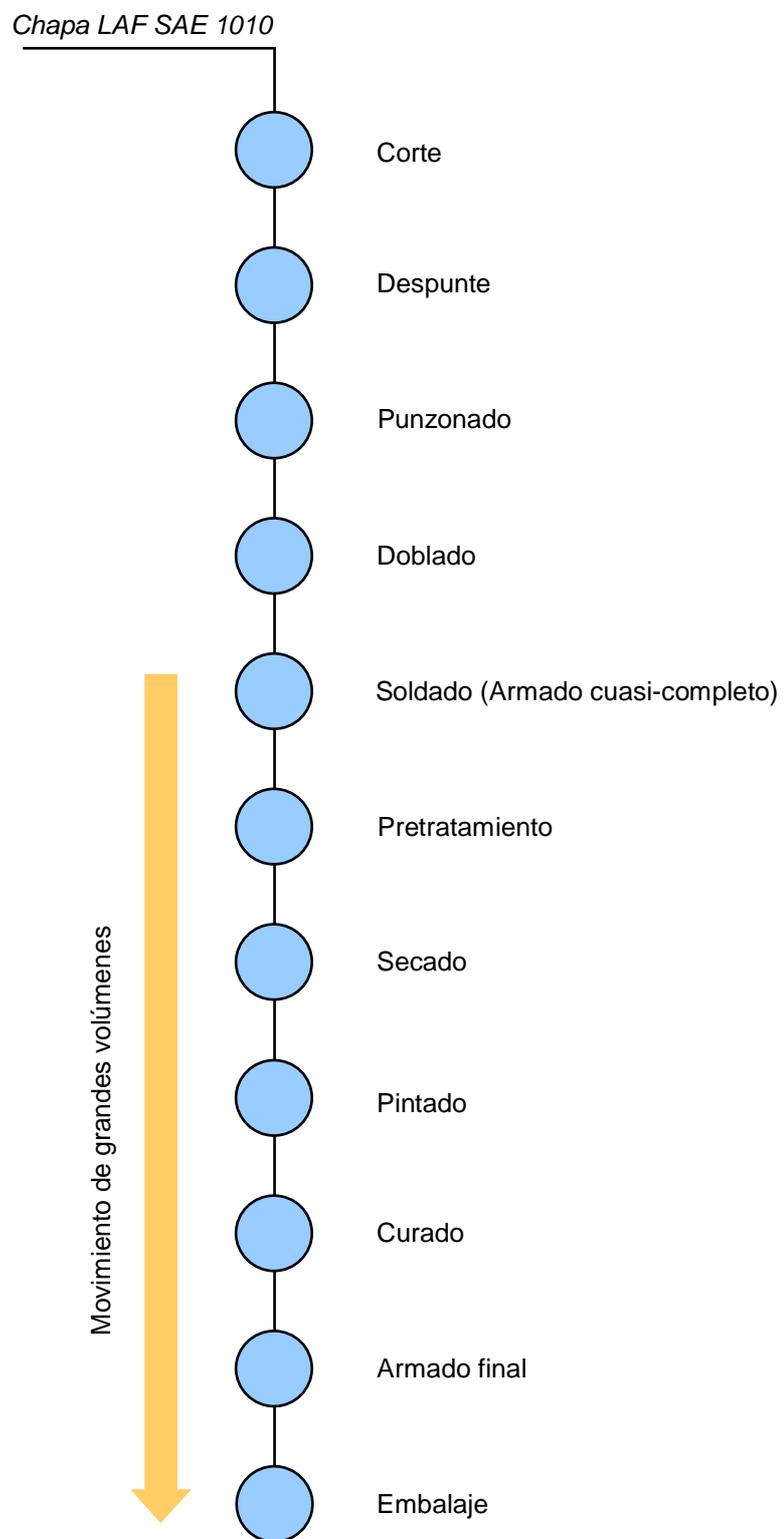


Figura 3.3. Esquema de la alternativa A de secuencia de procesos.

Esta opción consiste en obtener los desarrollos de cada pieza a partir de materia prima en hojas o bobinas, despuntar y/o punzonar los desarrollos según sea necesario y luego realizar los pliegues necesarios para completar el conformado de la pieza. A continuación soldar subconjuntos y conjuntos, armando prácticamente la totalidad de los productos antes de realizar los procesos de pretratamiento y pintura, y dejando para el armado final sólo en ensamble de pocas piezas menos significativas. Ver figura 3.3.

Ventajas

- Detección temprana de piezas defectuosas.
- Mayor consolidación de las operaciones de soldado.
- No se deben dejar reservados en las piezas (reservados: partes de la superficie que no deben ser pintadas para poder realizar posteriores operaciones de soldadura en ellas).

Desventajas

- Manipuleo de conjuntos voluminosos, pesados y complejos desde etapas tempranas del proceso.
- Mayor tamaño de equipos de pretratamiento.
- Mayor tamaño de equipos de pintura.
- Mayor arrastre de sustancias de pretratamiento por peor capacidad de escurrimiento de los conjuntos, en los pretratamientos que no son por trapeado.
- Efecto jaula de Faraday marcado en la aplicación de pintura electrostática.

3.6.2. Alternativa B

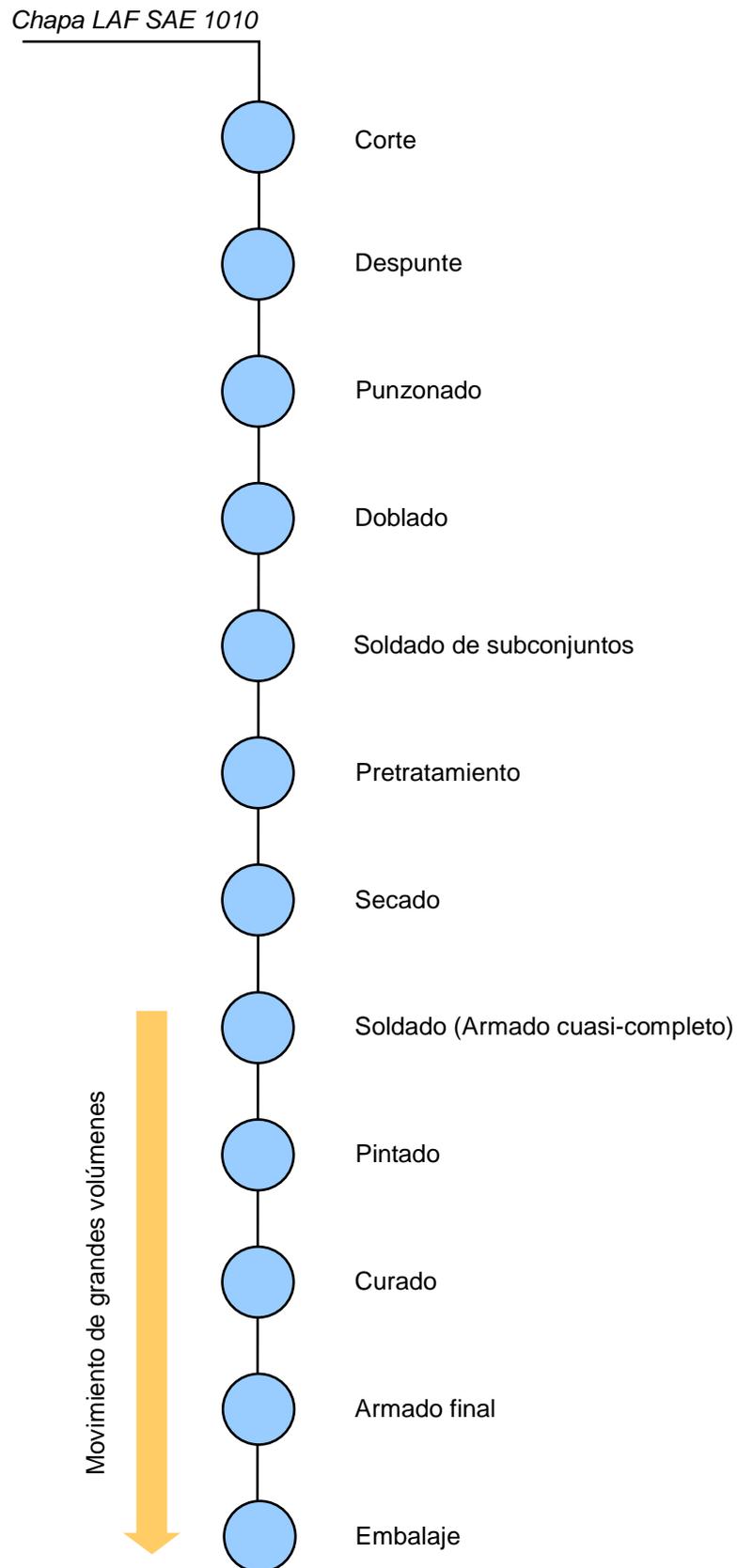


Figura 3.4. Esquema de la alternativa B de secuencia de procesos.

Esta variante se diferencia de su antecesora en la secuencia de soldado y pretratamiento, efectuando el soldado de subconjuntos con características de panel antes del pretratamiento. El soldado de conjuntos voluminosos se efectúa previo a la pintura, quedando para las últimas operaciones el armado final y el embalaje. Ver figura 3.4.

Ventajas

- Menor tamaño de los equipos de pretratamiento.
- Manipuleo de conjuntos menos voluminosos, pesados y complejos en pretratamiento.
- Menor arrastre de sustancias de pretratamiento por mejor capacidad de escurrimiento de los conjuntos.
- No se deben dejar reservados en las piezas (reservados: partes de la superficie que no deben ser pintadas para poder realizar posteriores operaciones de soldadura en ellas).

Desventajas

- Manipuleo de conjuntos voluminosos, pesados y de forma compleja desde etapas previas a la pintura, secado y armado.
- Mayor tamaño de equipos de pintura.
- Efecto jaula de Faraday marcado en la aplicación de pintura electrostática.
- La operación de soldado entre el pretratamiento y la pintura exige cuidados especiales en el manipuleo de las piezas para evitar que se arruine el trabajo de pretratamiento hecho sobre las mismas, manteniendo así la calidad del futuro acabado superficial.

3.6.3. Alternativa C

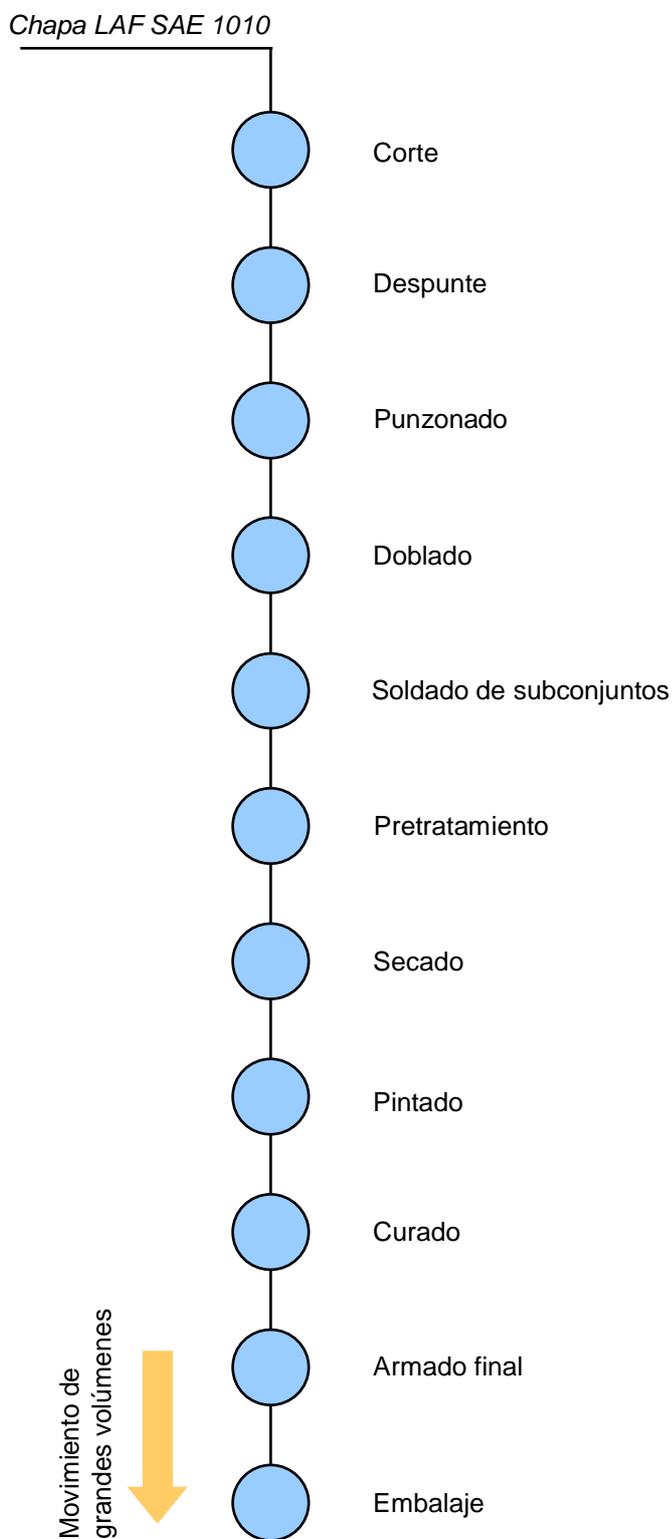


Figura 3.5. Esquema de la alternativa C de secuencia de procesos.

Con este esquema productivo (ver figura 3.5) se realiza luego del conformado de las piezas solamente el soldado de subconjuntos tipo panel, con el fin de colgar los mismos en un transportador aéreo tipo cadena que los transporta por los procesos de pretratamiento y pintura.

Ventajas

- Menor tamaño de los equipos de pretratamiento.
- Menor tamaño de los equipos de pintura.
- Manipuleo de conjuntos menos voluminosos, pesados y complejos en pretratamiento y pintura.
- Integración del pretratamiento y la pintura, realizándolas secuencialmente y optimizando el acabado logrado.
- Menor arrastre de sustancias de pretratamiento por mejor capacidad de escurrimiento de los conjuntos.
- Mejor aprovechamiento de la pintura.

Desventajas

- Se deben dejar reservados en las piezas (reservados: partes de la superficie que no deben ser pintadas para poder realizar posteriores operaciones de soldadura en ellas).
- Es necesario realizar retoques de pintura luego del armado para cubrir los reservados (que antes no han sido pintados).
- Hay que prever agujeros en los subconjuntos para que puedan ser colgados, y diseñarlos para que en lo posible no resulten visibles en el producto terminado.

3.6.4. Alternativa D

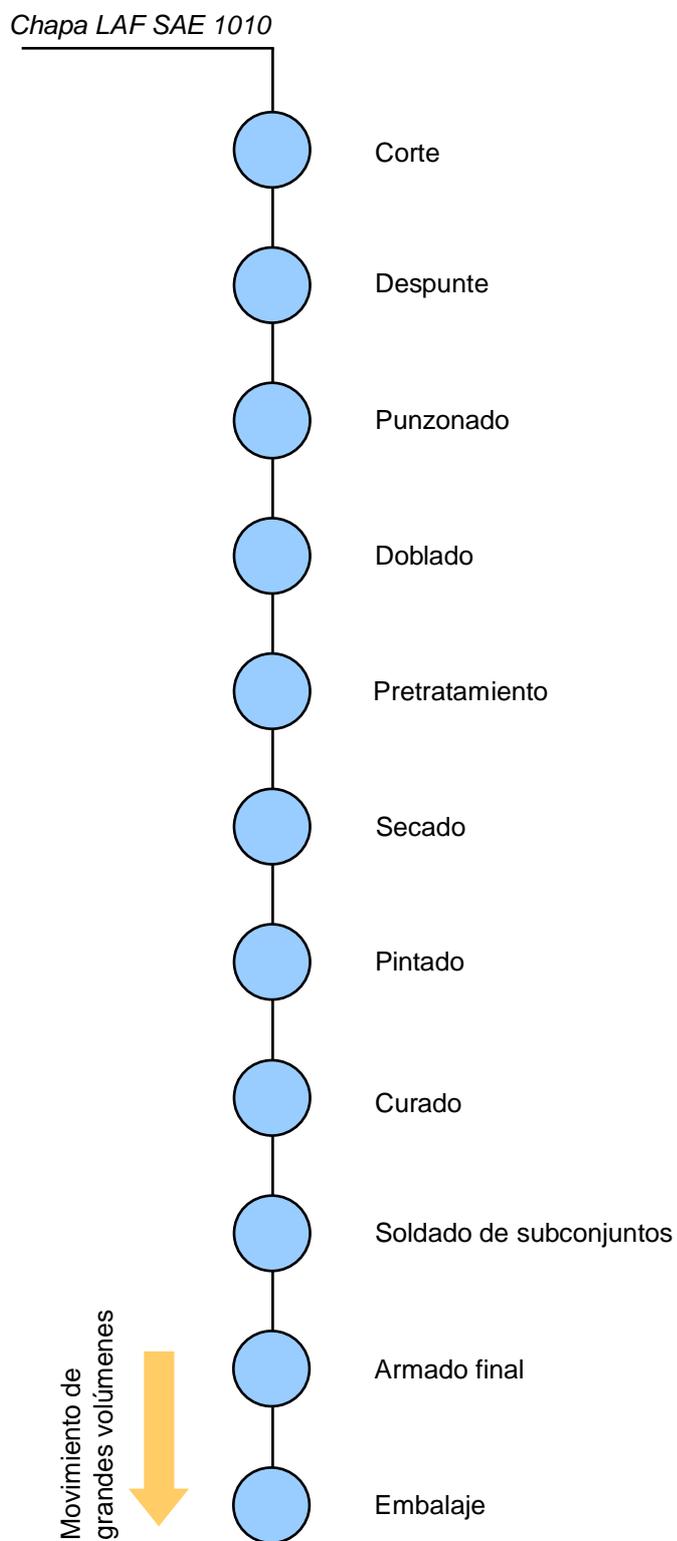


Figura 3.6. Esquema de la alternativa D de secuencia de procesos.

La última opción a considerar es realizar el pretratamiento y la pintura pieza para las piezas por separado en vez de hacerlo por subconjuntos (ver figura 3.6). Esta alternativa suele ser impracticable debido a las desventajas que se detallan a continuación.

Ventajas

- Consolidación de los procesos de soldadura.
- Menor tamaño de los equipos de pretratamiento y de pintura.
- Manipuleo de conjuntos aún menos voluminosos, pesados y complejos en pretratamiento y pintura.
- Integración del pretratamiento y la pintura, realizándolas secuencialmente y optimizando el acabado logrado.
- Menor arrastre de sustancias de pretratamiento por mejor capacidad de escurrimiento de las piezas separadas respecto de los subconjuntos.
- Mejor aprovechamiento de la pintura.

Desventajas

- Manipuleo de un número significativamente mayor de piezas en las etapas de pretratamiento, pintura y armado, ya que deben ser procesadas individualmente y no agrupadas en subconjuntos como en otras alternativas, implicando también el uso de equipos de mayor tamaño.
- Se deben dejar más reservados en las piezas que en la alternativa C ya que hay mayores lugares que deben permanecer sin pintura por ser futuros puntos de unión entre piezas.
- Es necesario realizar retoques de pintura luego del armado para cubrir cada uno de los reservados (partes que no han sido pintadas para poder soldar).
- Hay que prever agujeros en un mayor número de piezas para que puedan ser colgadas, y buscando diseñarlos para que no resulten visibles en el producto terminado.

3.6.5. Proceso seleccionado: Alternativa C

La elección de la alternativa C se sustenta en el siguiente análisis de sus ventajas y desventajas respecto de las otras alternativas planteadas:

- El manipuleo de conjuntos menos voluminosos, pesados y complejos en pretratamiento y pintura facilita las operaciones y permite un mayor aprovechamiento de los materiales a aplicar (químicos de pretratamiento y pintura). En la tabla 3.10 se muestra la comparación de distintos indicadores entre la situación previa y posterior al armado (o soldadura entre subconjuntos). Es deseable trabajar con subconjuntos en planta en la mayor cantidad de procesos posible, dejando para sólo unos pocos procesos la necesidad de trabajar con los muebles armados.
- El tamaño requerido de los equipos para procesar piezas y subconjuntos planos disminuye notablemente respecto del tamaño de equipos para procesar subconjuntos voluminosos, con el consecuente ahorro de inversión, espacio en planta y de energía en el caso del horno de curado.
- La integración de los procesos de pretratamiento y pintura es más sencilla trabajando con subconjuntos en vez de muebles armados. Dicha integración se puede realizar fácilmente con la instalación de una única cadena transportadora que transporte a los subconjuntos a lo largo de los procesos, eliminando así necesidades de transporte con zorras u otros medios equivalentes entre operaciones.
- Al trabajar con piezas planas existe la posibilidad de emplear reciprocadores y por ende, automatizar los procesos de pretratamiento y pintura. En caso de optar por la aplicación manual, existe igualmente la posibilidad futura de virar a una aplicación automatizada con la compra de algunos equipos pero manteniendo muchos de los equipos ya instalados para la alternativa manual.
- La ubicación de los agujeros para colgado de los subconjuntos es un desafío más a tener en cuenta en el diseño de los productos; puede requerir tiempo adicional de ingeniería de producto pero no debería ser una barrera para la consideración de esta alternativa de proceso.
- Si bien es necesario realizar retoques de pintura luego del armado para cubrir los reservados (que antes no han sido pintados), las superficies a

pintar en etapa de retoque son una pequeña fracción del total de m^2 a procesar y no generan diferencias en el acabado de la superficie.

Tabla comparativa entre situación antes y después de armado		Sub conjuntos	Muebles armados	Factor de incremento
Peso promedio	kg/u	6	70	10,8
Máximo peso	kg/u	12	107	8,0
Volumen promedio	dm ³ /u	16	875	52,2
Máximo volumen	dm ³ /u	32	1215	37,4
Volumen total*	m ³ /día	19	87	3,5

Tabla 3.10. Comparación de indicadores claves entre los subconjuntos y los muebles armados, mostrando los incrementos generados en el proceso de armado. *El volumen total es la cantidad de m³ a mover diariamente y fue calculado para una producción de 100 muebles/día.

Nótese que al postergar el armado de los muebles al final del proceso se mueve un volumen total menor en piezas; las operaciones que trabajan con subconjuntos deben procesar 19 m³ de piezas por día cada una mientras que las operaciones que trabajan con muebles casi completos o armados trabajan con 87 m³ de piezas por día cada una.

Existen otras alternativas de proceso que han sido omitidas. Por ejemplo, no se nombraron las variantes de proceso que parten de chapa de acero electrozincada con fosfatizado. A los fines de comparar las alternativas, el uso de este tipo de materia prima no hubiera generado diferencias en la secuencia de procesos respecto de las alternativas mostradas, que parten de chapa LAF con terminación semi-mate. La utilización de chapa electrozincada, limpia y protegida de la oxidación eliminaría los procesos de pretratamiento en planta y generaría ahorros de mano de obra e inversión en equipos, además de evitarse la producción de efluentes líquidos que deben ser tratados para no afectar al medio ambiente. Se desestimó el uso de chapa electrozincada por no tener certezas en cuanto a la capacidad de entrega de los proveedores de estos materiales (en la actualidad existen demoras significativas en la entrega).

3.7. Reservados

En el inciso anterior donde se plantean las alternativas de proceso para la empresa del caso de estudio se hace referencia en repetidas oportunidades al uso de reservados en los casos en que se desea pintar las piezas o subconjuntos antes de realizar ciertas operaciones de soldadura. Se explicará en este punto con mayor detalle de que se trata el uso de reservados.

La soldadura por puntos de dos láminas metálicas requiere, por la naturaleza del proceso, que las superficies de los elementos a unir se encuentren limpias y sin recubrimientos como lo es la pintura. En algunos casos puede ser deseable trabajar en los procesos de pretratamiento y pintura con piezas y subconjuntos planos en vez de trabajar sobre el producto totalmente armado. Cuando esto es así, el hecho de realizar procesos de soldadura con posterioridad a los procesos de pretratamiento y pintura implica la necesidad de cubrir las superficies donde se soldará (reservados). Esta protección puede realizarse con una cintas, imanes o sopapas de silicona sobre zonas de pequeño tamaño sin generar inconvenientes en la calidad de la soldadura.

Se ha ensayado con resultados positivos el pintado con reservados. En las figuras 3.7 a 3.10 se muestran imágenes correspondientes a pruebas funcionales hechas a fines de evaluar la factibilidad de uso de los reservados.

Las piezas o subconjuntos, luego de ser pintadas con los correspondientes reservados deben pasar por una estación donde se quitan las protecciones para luego sí soldar los subconjuntos. Una vez hecha la soldadura se debe emparejar y limpiar la superficie en caso de que exista alguna irregularidad remanente fruto del proceso de unión. La superficie estará de esta forma en condiciones de recibir el retoque de pintura que cubrirá la zona donde no se ha pintado aún si la zona es visible. En el caso de zonas no visibles no es necesario el retoque debido a la estabilidad de la superficie a posteriori de la cocción de la pintura (se generan óxidos de hierro estables) y a las exigencias de resistencia a la corrosión del producto.

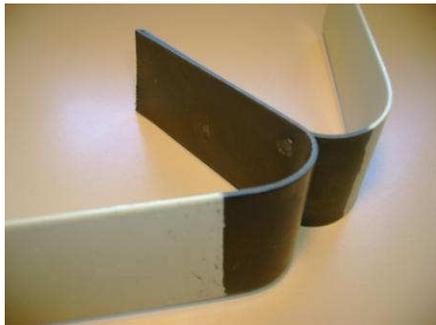


Figura 3.7.



Figura 3.8.

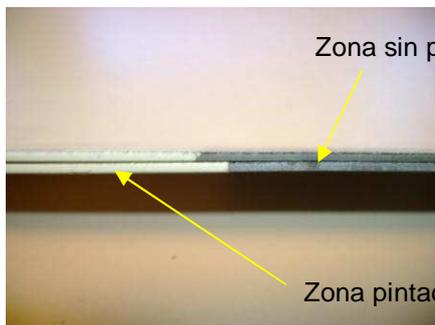


Figura 3.9.

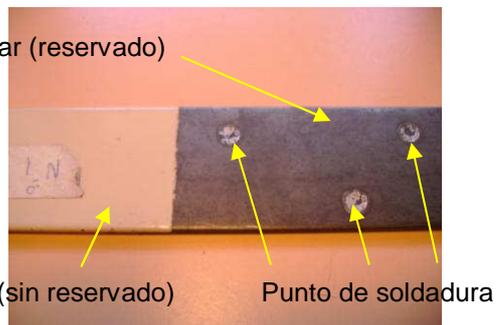


Figura 3.10.

Figuras 3.7 a 3.10. Fotografías de los resultados obtenidos en pruebas funcionales para estudio sobre la factibilidad de uso de reservados.

3.8. Rediseño componentes para eliminar etapas de procesamiento

Una cuidadosa revisión del diseño propuesto puede llevar a sugerencias de rediseño que pueden generar simplificación del proceso productivo. Reducir el número de pasos en el proceso de fabricación de una parte suele también reducir costos. En algunos casos, muchas operaciones pueden eliminarse en sustitución de un paso productivo alternativo.

3.8.1. Ejemplo aplicado - Diseño de los refuerzos

Como se ha mencionado anteriormente, se puede tomar un único perfil común para todos los refuerzos y ajustar el largo a las necesidades de cada refuerzo en particular, pero la pregunta es entonces qué perfil escoger. Algunas alternativas de perfiles para refuerzos se ilustran en la figura 3.11.

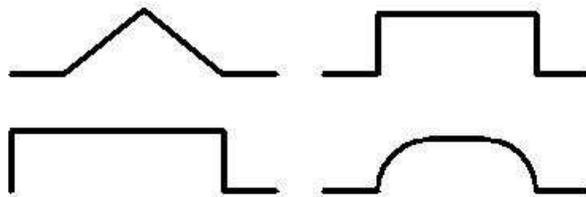


Figura 3.11. Algunas configuraciones típicas de refuerzos

De por sí, el hecho de que una de las aplicaciones de los refuerzos sea en los laterales, en los que se debe proveer a los refuerzos de pestañas para colgar los estantes, sugiere que se escojan refuerzos tipo Omega.

Más allá de las dimensiones, algunas variantes de Omega son de bordes con ángulos marcados y otras son más redondeadas. La elección del primer tipo implica la aplicación de dos golpes de plegadora (y golpes de muescado en los refuerzos de laterales para las pestañas) para conformarlos mientras que el uso de configuraciones del segundo tipo (perfil inferior derecho de la figura) permite realizar todas las operaciones de conformado en un único balancín de

alimentación automática y matrices de corte con sistemas de fijación que permitan colocarlas y retirarlas fácilmente de acuerdo a la pieza a procesar. Algunos de los refuerzos pueden verse con mayor detalle en los planos 25 y 26 del anexo.

3.8.2. Ejemplo aplicado - Soldado de subconjuntos

Pintar por separado los paneles de los refuerzos no es una alternativa lógica ya que implicaría dos etapas de pintura, una previa a la soldadura y otra posterior a la soldadura para recubrir las zonas donde se aplican los puntos de unión. Además, para que las zonas de unión no se pinten en la primera etapa se tienen que cubrir, lo cual es una operación que no agrega valor. Tampoco agrega valor pintar zonas de los paneles que sean tapadas con los refuerzos.

Ante esta situación resulta aconsejable realizar la soldadura de los subconjuntos panel-refuerzo antes de los procesos de pretratamiento y pintura. Así, si bien se agrega una operación de soldadura luego del conformado de las piezas se logran las siguientes ventajas:

- Menor cantidad de piezas a manipular a partir del soldado de subconjuntos: en lugar de mover un panel y su refuerzo por separado se mueve un subconjunto panel-refuerzo.
- Se deben dejar menos zonas sin pintar para futura soldadura.

La geometría de los refuerzos dificulta un poco más el escurrimiento del pretratamiento pero no llega a ser un problema considerable si se contempla el problema en la etapa de diseño de las piezas.

De igual forma a lo expresado en los párrafos anteriores para los refuerzos, se puede pensar una solución idéntica para otras piezas accesorias como travesaños, correderas y suplementos en general que son propensas a soldarse a los paneles principales antes del pretratamiento y la pintura. En general, las características comunes que sugieren tratarlos de esta forma son que se trata de piezas comparativamente pequeñas y que no aumentan en forma significativa el volumen ocupado por los paneles principales.

Algunos ejemplos de subconjuntos del tipo pieza-refuerzo pueden verse en los Planos 3, 10, 16 y 24 en el anexo correspondiente.

3.9. Integración de partes

Si una parte no parece ser necesariamente independiente es candidata a integrarse físicamente con una o más otras partes. El resultado de esto puede ser un componente más complejo ya que debe integrar las diversas geometrías que poseían las partes por separado. Sin embargo, las partes integradas:

- No tienen que ser ensambladas, sino que el “armado” de su geometría se logra en el proceso de fabricación.
- Generalmente son menos costosas que la fabricación por separado de las partes que las conforman, por ejemplo por ahorros en herramental, por menor tiempo de proceso total o por menor scrap.
- Permiten que la relación entre características geométricas sea controlada en el proceso de fabricación de la parte en vez de en la operación de ensamble, lo que da un control más preciso de las dimensiones.

La integración de partes no es siempre una estrategia aconsejable y puede entrar en conflicto con otras formas de minimización de costos.

3.9.1. Ejemplo aplicado - Travesaño frontal de base del mueble 2

La base del armario corredizo tiene como función adicional a la estructural y a la de apoyo de objetos que se deseen resguardar en el mueble, la de sostener y guiar el movimiento de las puertas corredizas.

Del análisis de muebles de la competencia se observa que el diseño de la parte frontal de la base es la mostrada en la figura 3.12 donde el panel principal de la base (B-02) se une por soldadura a un travesaño frontal integrado por tres piezas (S-08, G-03 y G-02), siendo este travesaño el encargado de ejercer las función de guía para las puertas, y el conjunto base-travesaños quien resiste el peso de las mismas.

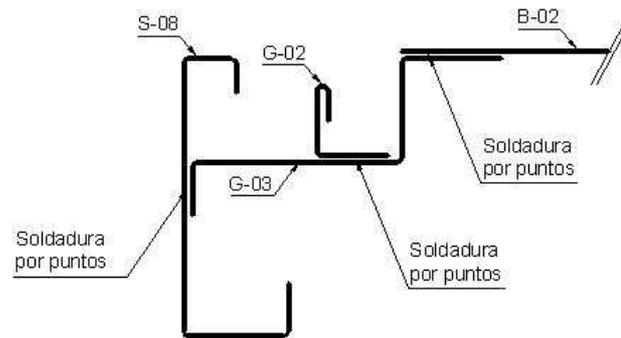


Figura 3.12. Alternativa A para configuración del travesaño frontal de la base del mueble 2. La figura corresponde a la vista lateral derecha de la sección media de la base.

Una alternativa a este diseño sería la conformación del travesaño frontal de la base a partir de una única chapa como se muestra en la 3.13.

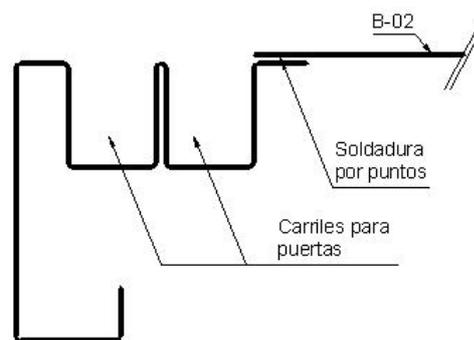


Figura 3.13. Alternativa B para configuración del travesaño frontal de la base del mueble 2. La figura corresponde a la vista lateral derecha de la sección media de la base.

La alternativa B tiene ventajas respecto de la A:

- Menor cantidad de piezas.
- Menor generación de scrap en corte de desarrollos.
- Necesita menor cantidad de puntos de soldadura.
- La colocación de las piezas para soldado es más fácil, las piezas se alinean entre sí.

3.9.2. Ejemplo aplicado - Suplemento de puertas de mueble 1

Las puertas pivotantes del mueble 1 tienen que poder ser trabadas con llave. El tambor se suele ubicar en una sola de las puertas (la derecha) y gracias a la geometría de las piezas, al trabar la puerta derecha se bloquea el movimiento de la izquierda.

Del análisis de la competencia se observa que el diseño es el mostrado en la figura 3.14. La desventaja de esta configuración es que implica tener dos tipos distintos de puertas (un modelo de puerta izquierda P-01 y otro de puerta derecha P-02) con distintos desarrollos, lo cual iría contra el principio de aplicar estandarización en las piezas más importantes.



Figura 3.14. Vista de arriba de la sección transversal de las puertas tal como se encontrarían en el mueble con la alternativa A (no a escala).

Al hablar de igualdad entre piezas en este ejemplo se hace referencia a igualdad de desarrollos, despuntes y plegados requeridos; no se tienen en cuenta los punzonados necesarios para la colocación del mecanismo de cerradura con llave (no mostrados en las figuras).

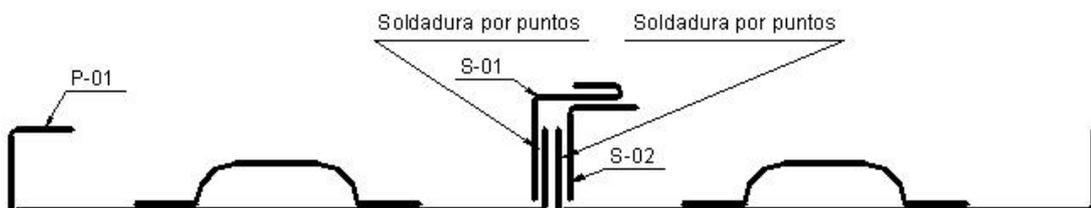


Figura 3.15. Vista de arriba de la sección transversal de las puertas tal como se encontrarían en el mueble con la alternativa B (no a escala).

Debido a que la zona conflictiva es la parte de topes (donde la puerta derecha, cuando está cerrada, frena el avance de la puerta izquierda) se podría considerar una configuración del estilo de la figura 3.15. Esta forma de encarar el problema resuelve la cuestión de unificación de puertas, siendo las puertas izquierdas igual a las derechas, pero requiere la fabricación de dos nuevas piezas (S-01 y S-02) que se deben soldar una a cada una de las puertas.

Una forma de integrar a S-01 y S-02 en una sola pieza sería como se esquematiza en la figura 3.16 con la pieza S-03. Con esta propuesta se tendrían modelos iguales de puerta (P-01) para la izquierda y la derecha hasta la etapa de soldadura de S-03 y de las bisagras creando sólo una nueva pieza.

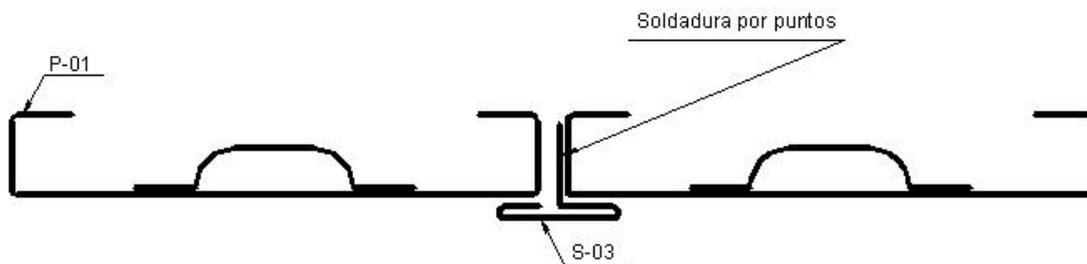


Figura 3.16. Vista de arriba de la sección transversal de las puertas tal como se encontrarían en el mueble con la alternativa C (no a escala).

3.10. Formato de compra de la materia prima

Una vez hecho el listado de piezas a fabricar y conociendo sus desarrollos se puede encarar el análisis de conveniencia entre los distintos formatos de materia prima.

La chapa de acero puede adquirirse en diversas formas según resulte conveniente. Éstas son:

- En paquetes
 - ◆ De tamaños estándar
 - ◆ De tamaños a pedido
- En bobina
 - ◆ De ancho estándar
 - ◆ De ancho a pedido
- En flejes
 - ◆ De ancho estándar
 - ◆ De ancho a pedido

3.10.1. Chapa en paquetes

El pedido de chapa en paquetes con dimensiones a pedido tiene un precio con recargo por dicho servicio pero por otra parte disminuye la generación de scrap y evita la realización de operaciones de corte, con el consecuente posible ahorro en guillotinas, mano de obra, stocks intermedios, transportes y mano de obra. La diferencia entre las diversas posibilidades puede notarse en la tabla 3.11:

Operaciones y movimientos según compras de chapa en hojas	Chapas a medida	Chapas estándar
Bajar paquete	X	X
Llevar paquete a depósito	X	X
Llevar paquete a guillotina	-	X
Colocar hoja en guillotina	-	X
Llevar hojas a stock intermedio	-	X
Llevar hojas de depósito a despunte	X	X

Tabla 3.11. Comparación de operaciones y movimientos según el tipo de compras de chapa en hojas.

El manipuleo de los paquetes y semielaborados se efectúa por medio de autoelevadores y zorras principalmente.

La cantidad de guillotinas a adquirir depende del volumen de piezas que se conformen a partir de chapas y de las dimensiones de la materia prima comprada.

3.10.2. Minimización del scrap generado en guillotina

Cuando se opta por comprar hojas metálicas de tamaño estándar existen diferencias entre las dimensiones de las mismas y las de los desarrollos de las piezas que se desean conformar a partir de ellas. De no efectuarse un uso racional de la materia prima se puede incurrir en la generación de excesivo desperdicio. Por ello, se debe estudiar la mejor disposición de los desarrollos en la superficie de las hojas metálicas para realizar el proceso de corte.

Es muy importante prestar atención no sólo a la geometría de los desarrollos sino también a su participación en el mix productivo de la empresa y al tamaño de los lotes de producción; todos ellos son factores que condicionan las posibilidades de combinación de distintos desarrollos una misma hoja. Algunas formas de combinación de desarrollos en hojas se muestran en las figuras 3.17 y 3.18.

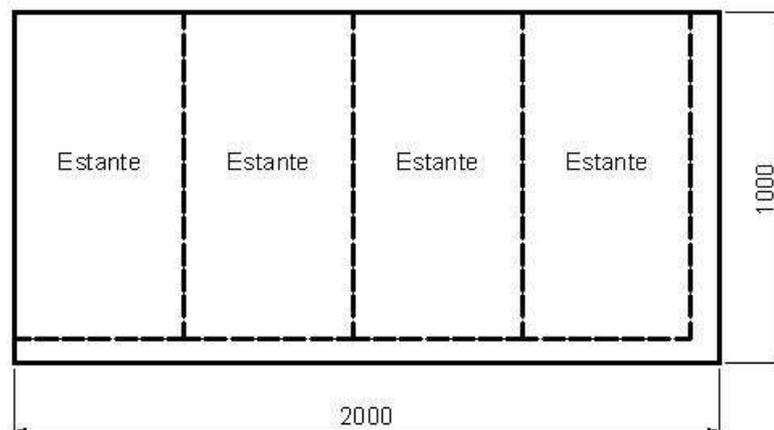


Figura 3.17. Repetición del desarrollo de una misma pieza en una hoja de chapa.

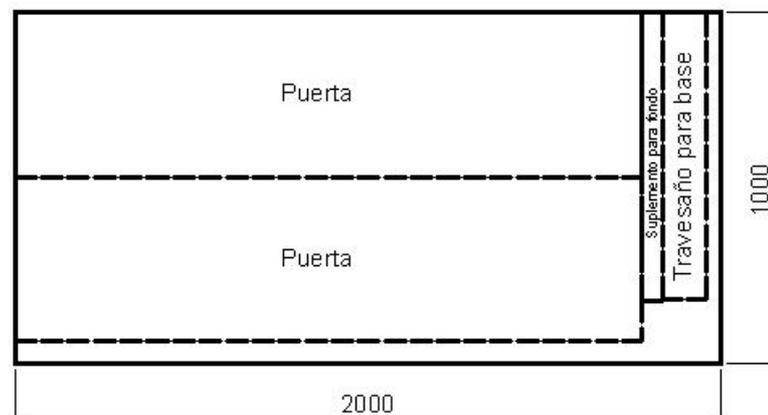


Figura 3.18. Disposición del desarrollo de más de un tipo de pieza sobre una hoja de chapa.

Una vez encontrada la forma de distribución óptima de los desarrollos de las piezas en la superficie de las hojas se tiene que evaluar económicamente si el uso de chapas de tamaño estándar es la opción más conveniente contra el uso de chapas tamaño a pedido. Al hacerlo se debe tener en cuenta:

- El costo de la materia prima
- El uso de guillotinas (horas máquina y cantidad de equipos necesarios)
- Las HH requeridas para operaciones de corte en guillotina.
- Las HH y los equipos necesarios para movimientos de material de stock a guillotina y de guillotina a stock.
- Los niveles de inventario requeridos, plazos de entrega y riesgos de desabastecimiento.

Como se ha mencionado anteriormente se puede optar por alternativas que contemplen una combinación de chapa de tamaño estándar y a pedido.

3.10.3. Chapa en bobinas y flejes

Las bobinas se caracterizan por traer mayor cantidad de material por unidad que los paquetes de chapas, haciéndolas más indicadas para piezas (o grupos de piezas de igual ancho) de alta importancia en peso (ver inciso 3.4.1).

En caso de que la cantidad y variedad de piezas a conformar sea muy grande es muy probable que aunque se opte por procesar algunas de las piezas a partir de bobinas, exista una fracción para la que sea más conveniente usar chapa en hojas por su menor importancia en peso procesado.

Operaciones y movimientos de chapa en bobinas	Alternativa A	Alternativa B
Descargar bobina	X	X
Llevar bobina a depósito	X	X
Llevar bobina de depósito a máquina	X	X
Colocar bobina en máquina	X	X
Cortar cantidad deseada	X	X
Zunchar	X	-
Tomar bobina de máquina	X	-
Llevar bobina sobrante a depósito	X	-
Llevar hojas a stock intermedio	X	X

Tabla 3.12. Comparación de operaciones y movimientos para alternativas de procesamiento de chapa en bobinas.

Es posible trabajar de acuerdo con las dos alternativas citadas en la tabla 3.12. Sin embargo, a modo de ejemplo, el manipuleo y traslado de bobinas de 7 Tn debe efectuarse por puente grúa, y por cada vez que la bobina va al depósito de materia prima con remanentes del proceso de corte se acumulan largos tiempos improductivos debido a las operaciones de zunchado, toma de máquina y traslados de máquina a depósito y de depósito a máquina. Se sugiere por lo tanto no retirar las bobinas del equipo de corte para realizar corte de la misma en distintas etapas; se recomienda cortar la totalidad de la bobina una vez que se la carga en el equipo de corte.

3.10.4. Minimización de la cantidad de anchos de bobina y flejes

Como se ha mencionado anteriormente el uso no racionalizado de la materia prima en forma bobina puede llevar a niveles de stock innecesariamente altos. Con el fin de evitar esto se propone un método que permite hacer una primera aproximación en el estudio de factibilidad de uso de bobinas como materia prima. Luego, para tener una conclusión definitiva se tiene que complementar esta perspectiva revisando el resto de los impactos que genera esta forma de trabajar en las operaciones y en los costos.

El primer paso de este procedimiento es hacer un listado completo de las piezas que serían conformadas a partir de bobina donde figure al menos la siguiente información de cada una:

- Identificación de la pieza (código y descripción por ejemplo).
- Participación en el mix productivo.
- Dimensiones del desarrollo en ancho y largo con diseño actual.

Hecha la lista se deben buscar valores recurrentes de los desarrollos sin importar si los mismos corresponden a anchos o largos; es decir, se deben comparar los dos valores dimensionales de las piezas con los de las otras en búsqueda de valores lo más similares posibles. Probablemente se encontrará que aunque no existan muchas coincidencias exactas existan ciertos rangos de valores que se repitan para varias piezas. Es conveniente separar a las piezas por grupos de características similares para facilitar el procedimiento. No se deben tener en cuenta las dimensiones que queden fuera de las especificaciones de ancho de bobina ofrecidas por los proveedores o que impliquen dificultades no deseables en los sistemas de manipuleo (por pesos o dimensiones excesivas).

Aplicado al caso de estudio se tendría una tabla como la siguiente:

Tipo de pieza	Cantidad por mueble	Muebles	Importancia en peso	Importancia en cantidad	Largo	Ancho	Consumo mensual	Duración de la bobina específica
	u/mueble		% del peso procesado	% del nro. de piezas	mm	mm	Tn/mes	Días
Lateral	2	1 - 3	13,0%	4,7%	1787	561	10,8	14
Estante	4	1 - 3	11,6%	9,3%	931	480	9,6	13
Fondo	1	1 - 3	10,1%	2,3%	1760	891	8,4	28
Puerta corrediza	2	2	8,5%	2,0%	1783	863	7,1	32
Puerta	2	1	7,7%	3,3%	1778	469	6,4	19
Fondo	2	2	7,4%	2,0%	1760	762	6,2	32
Estantes	6	2	5,6%	6,0%	784	430	4,7	24
Techo	1	1 - 3	3,7%	2,3%	1003	563	3,0	48
Base	1	1 - 3	2,9%	2,3%	1070	420	2,4	45
Lateral izquierdo	1	2	2,9%	1,0%	1787	584	2,4	63
Lateral derecho	1	2	2,8%	1,0%	1787	559	2,3	63
Techo	1	2	2,5%	1,0%	1603	553	2,0	71
División	1	2	2,0%	1,0%	1746	413	1,7	65
Base	1	2	1,6%	1,0%	1500	377	1,3	76

Tabla 3.13. Identificación de medidas similares entre desarrollos para unificación y uso de bobinas.

Encontradas las similitudes (potenciales unificaciones de bobinas) se tiene que evaluar la flexibilidad de las dimensiones del desarrollo, lo cual se hace indicando las medidas mínimas y máximas de ancho y largo que podría tener el desarrollo de la pieza (si se cambiara su geometría) manteniendo su concepto y función, y sin afectar el diseño de otras piezas. Con esto se pueden definir los anchos de bobina que podrían ser utilizados y las piezas que le corresponderían a cada una.

Para cada bobina se tiene que estimar su grado de utilización, lo cual se puede hacer con un indicador como la duración de bobina (cantidad de días de producción de piezas se obtienen a partir de una bobina, ver fórmula 3.4). Este indicador se puede contrastar con las duraciones de bobina que se tendrían si se usara una bobina distinta para cada pieza (columna duración de la bobina específica en la tabla anterior).

Duración de la bobina específica =

*(Peso de la bobina específica * 21,7 días/mes) / Consumo mensual*

Fórmula 3.4. Días de duración de una bobina en planta.

Aclaración: El peso de la bobina específica es el peso de una bobina de ancho igual al ancho (o al largo en algunos casos) del desarrollo de la pieza en cuestión. Los días de duración de bobina están calculados como días operativos.

En el caso de estudio es posible modificar las piezas de manera de unificar sus anchos en 6 medidas diferentes y se puede estimar la duración cada una de las bobinas resultantes. Así se obtienen valores muy inferiores a los obtenidos en la tabla precedente para cada pieza por separado (ver tabla 3.14 y comparar con tabla 3.13).

Ancho de bobina	mm	560	420	770	475	880	377
Peso de bobina aproximado	Tn	6,7	5,0	9,2	5,7	10,6	4,5
Consumo mensual	Tn/mes	20,6	4,1	10,8	16,0	15,5	1,3
Duración de la bobina	días	7	27	19	8	15	76

Tabla 3.14. Cálculo de la duración de bobinas de acuerdo a su consumo.

El consumo más rápido de las bobinas permite operar con niveles de stock más bajos que puedan adaptarse a las políticas de inventario de la compañía. Queda para otro análisis la conveniencia de usar bobinas para piezas (como la base del mueble 2) que consumen poca materia prima y no son de ancho unificable con otra/s pieza/s. En esos casos se pueden aceptar los elevados días de giro o se pueden buscar formas alternativas como la compra de hojas de tamaño a pedido o la incorporación de guillotinas auxiliares.

3.10.5. Recomendaciones para el cálculo de los desarrollos de las piezas

En las primeras etapas de diseño es esperable que existan muchas y radicales modificaciones en el diseño de las piezas. Por esta razón es muy importante que quién se encargue del cálculo de los desarrollos de la pieza tenga en todo momento la última información referida a la geometría de las piezas.

Una forma útil de mantener la información actualizada es mediante el uso de planillas de cálculo. Con ellas se pueden recalcular rápidamente los desarrollos de las piezas asignando celdas independientes a cada una de las variables que determinan las dos dimensiones del desarrollo, o sea poniendo en celdas separadas las distancias entre plegados, radios de curvatura y ángulos de plegado en una y otra dirección de la chapa.

Para los cálculos se debe definir cuál será la forma de especificar las cotas de la pieza; es decir, si se fijarán las distancias entre pliegues (longitudes sin deformar, ver figura 3.19 a la izquierda) o si se fijarán las distancias “de afuera a afuera” de la pieza conformada (ver figura 3.21 a la derecha). Dependiendo de la geometría de las piezas y de sus pliegues puede resultar más conveniente una forma o la otra. Para piezas con pliegues de solamente de 90° y 180° es recomendable usar las medidas “de afuera a afuera”.

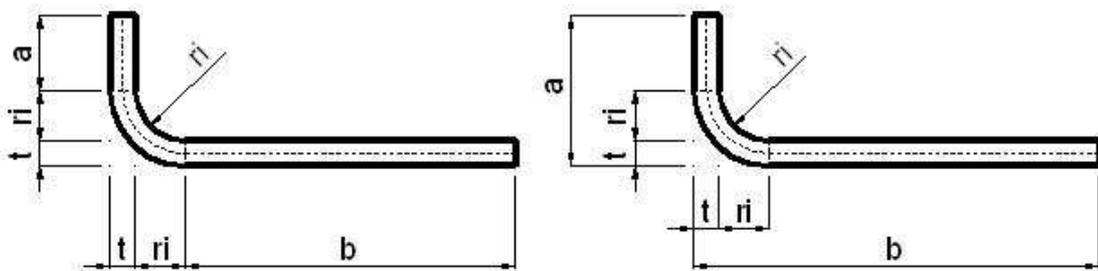


Figura 3.19. Formas de especificar las cotas de la pieza.

A continuación se muestra a modo de ejemplo el cálculo del desarrollo del lateral del mueble 1 (ver Plano 23 en anexo), lo cual sugiere una forma de organizar los cálculos de desarrollos en una planilla de cálculos:

Espesor de chapa	mm	0,90
Posición del eje neutro	mm	0,45

Desarrollo en dirección X	mm	561
----------------------------------	----	------------

Nro. de pliegue		1	2	3	4	
Cota de la pieza conformada	mm	25	40	450	35	15
Factor de corrección por pliegue	mm	-1,7	-1,7	-1,7	1,3	
Holgura	mm	3,1	3,1	3,1	6,1	
Radio interno de pliegue	mm	1,5	1,5	1,5	1,5	
Ángulo de pliegue	°	90	90	90	180	
Cota del desarrollo	mm	24	38	448	35	16

Desarrollo en dirección Y	mm	1787
----------------------------------	----	-------------

Nro. de pliegue		1	2	
Cota de la pieza	mm	15	1760	15
Factor de corrección por pliegue	mm	-1,7	-1,7	
Holgura	mm	3,1	3,1	
Radio interno de pliegue	mm	1,5	1,5	
Ángulo de pliegue	°	90	90	
Cota del desarrollo	mm	14	1758	14

La holgura L se calcula de igual forma que se ha explicado anteriormente. El factor de corrección por pliegue es igual a:

$$F = L - 2 \cdot (r_i + t)$$

Fórmula 3.5. Factor de corrección para cálculo de desarrollos.

donde

F : Factor de corrección por pliegue en mm.

L : Holgura del pliegue en mm.

r_i : Radio interior del pliegue en mm.

t : Espesor de la chapa en mm.

Para determinar las distancias entre pliegues en el desarrollo se debe repartir en forma pareja el factor de corrección F entre las cotas contiguas al pliegue. Es importante tener en cuenta las tolerancias de proceso, presentando los resultados del cálculo con la cantidad de cifras significativas que sea pertinente.

La ayuda visual de los colores indica cuáles son las celdas a definir por el usuario (amarillas) y cuáles son calculadas automáticamente por el programa (sin sombreado) una vez definidas las fórmulas.

Es conveniente tener una hoja de cálculo similar para cada pieza dentro del mismo libro y crear una hoja adicional donde se resuman todos los desarrollos de pieza en una misma tabla, facilitando posteriores análisis de optimización en el uso de la materia prima.

Cuando se trabaja con este tipo de herramientas resulta indispensable definir un sistema de referencia aceptado y entendido por todos los miembros del equipo diseñador que permita definir en forma clara y unívoca las dimensiones de las piezas. En productos como los muebles metálicos de este caso se puede definir un conjunto de ejes cartesianos ubicándolos con origen de coordenadas en algún extremo del mueble armado y usando las direcciones que ellos dan para especificar las cotas de las piezas como se ha mostrado en el ejemplo.

3.11. Postergación de la diferenciación

Cuando una firma ofrece muchas variantes de un mismo producto o cuando las composiciones de dos o más productos se diferencian solamente a partir de algunos detalles, la definición de las arquitecturas de los productos es clave. En esos casos la postergación de la diferenciación de un producto o de sus componentes dentro del proceso productivo puede generar sustanciales ventajas.

Por ejemplo, se pueden reducir costos y bajar necesidades de stock. Esto se debe a que se logra tener los mismos semielaborados para varios productos durante más etapas del proceso productivo, pudiéndose así trabajar con lotes más grandes dentro de la planta.

Postergando la diferenciación se necesitan menos stocks intermedios para compensar fluctuaciones en la demanda del producto terminado. Hay menor aleatoriedad en la necesidad de elementos básicos del producto de la que hay para componentes diferenciadores del producto. De hecho, en muchos casos, la demanda de diferentes versiones de un producto está correlacionada en forma negativa, o sea, cuando la demanda de una versión es alta, es posible que la demanda de otra versión del producto sea baja.

Dos principios de diseño son necesarios para poder postergar la diferenciación:

- La diferenciación de los elementos o los productos debe estar concentrada en una o pocas áreas. Para poder lograr la diferenciación mediante uno o pocos procesos, los atributos diferenciales deben estar definidos por uno o pocos elementos.
- El producto y el proceso de producción deben estar diseñados de forma tal que los elementos diferenciales puedan ser agregados sobre el final del proceso. Aunque los atributos diferenciales del producto correspondan a una sola parte, la postergación de la diferenciación puede no ser posible. Esto se debe a que restricciones del proceso productivo de los componentes o del armado final pueden requerir que este elemento diferencial sea integrado tempranamente en el proceso.

El planteo de este tipo de propuestas debe ser tenido en cuenta siempre y cuando la postergación no traiga ninguna consecuencia adversa en la performance de los productos.

3.11.1. Ejemplo aplicado - Patas de los muebles

Como se planteó en la presentación del caso, la empresa desea ofrecer toda su gama de productos con la posibilidad de que los muebles lleven o no patas para su apoyo.

Independientemente del diseño geométrico de las patas, se trata de elementos auxiliares que deben soldarse a la base de los muebles en cada una de sus esquinas. Si la empresa soldara las patas a la base en etapas de prearmado con el fin de pretratar y pintar todo el conjunto en forma completa debería mantener stocks de bases prearmadas, pretratadas y pintadas con y sin patas. Alternativamente, si se postergara la diferenciación de los muebles en cuanto a patas respecta, las bases que circularían por las plantas de prearmado, pretratamiento y pintura serían de un solo tipo, lográndose tener un solo tipo de semielaborado. En ese caso, las patas se integrarían de ser necesario en la etapa de armado final y luego de su soldadura restaría únicamente hacer un retoque de pintura para las zonas de unión.

3.12. Seguridad para los usuarios

Al usuario deben llegar productos seguros que cumplan con el deber general de no lesionar ni poner en peligro ni su salud ni su integridad física. Entre las metas del diseño de productos, el objetivo de evitar peligros y riesgos a los usuarios es primario; es decir, tiene más importancia que otros objetivos. En la mayoría de los países el fabricante es considerado responsable de cualquier lesión causada por el producto que el usuario no pueda prever fácilmente. La responsabilidad puede incluir responsabilidad de indemnización a la persona que haya sufrido daño.

Para productos fabricados con paneles metálicos estos son los riesgos más significativos a tener en cuenta:

- **Riesgos de rotura:** La ruptura un producto no sólo significa el fin de su utilidad, sino que también sus piezas rotas o desarmadas pueden también implicar un peligro físico al usuario o a la gente cerca.
- **Materiales dañosos:** Los productos que implican un contacto cercano o prolongado con personas deben ser libres de las pinturas tóxicas y otras sustancias perjudiciales.
- **Peligros mecánicos:** Los peligros mecánicos resultan principalmente de los bordes afilados y de las piezas móviles. Las láminas que cortan deben ser protegidas escondiéndolas o protegiéndolas con topes de goma por ejemplo.
- **Riesgo de incendios:** El riesgo depende de la manera que se utiliza el producto y de los materiales empleados en la fabricación del producto más allá de la chapa.
- **Accidentes a los niños pequeños:** A menudo es difícil reducir el riesgo de accidentes de este tipo con modificaciones en los productos pero debe pensarse la forma de minimizarlo por ejemplo, evitando que partes pequeñas de los productos usados en hogares se puedan llegar a aflojar.

Es difícil que el diseñador evite todos los peligros mecánicos que puedan ocurrir en el uso del producto porque los riesgos dependen mucho de la manera que se utiliza el producto. Algo puede, sin embargo, ser hecho estudiando estadísticas e informes de accidentes y observando cómo los productos se están utilizando.

3.13. Tercerización

Se puede optar por realizar todas las actividades que generan valor agregado dentro de la empresa o se pueden realizar algunas dentro y otras fuera de la empresa. En el segundo caso se habla de tercerización de aquellas actividades que se hace fuera de la empresa.

Llevado este concepto a empresas que trabajan con paneles metálicos las posibilidades son muy variadas. Más allá de la posibilidad de tercerizar actividades no productivas y de apoyo a producción, existen varias formas de tercerizar actividades productivas en estas empresas. Por ejemplo, pueden tercerizarse la producción de piezas, procesos de subarmado y procesos de pretratamiento y pintura.

Se puede encontrar mucha bibliografía referida a la tercerización u outsourcing y no es un objetivo de este trabajo entrar de lleno en este tema. Simplemente se sugiere la consideración de esta alternativa analizando cuáles son las actividades que conviene hacer internamente (actividades claves o estratégicas del negocio) y cuáles es mejor tercerizar, o sea, cuándo hacer y cuándo comprar. Las principales ventajas de la tercerización son mayor flexibilidad para adaptarse a cambios, el acceso a mejores tecnologías y costos muchas veces equiparables a los de “hacer en casa”.

Las ventajas de la tercerización dependen de un conjunto complejo de factores. La decisión debe estar basada en un cuidadoso análisis estratégico, de los costos de las actividades (comparando de costos entre “hacer” y “comprar”), de la relación con los proveedores y de su confiabilidad.

3.14. Recomendaciones sobre la representación gráfica de piezas y productos

En los procesos de ingeniería de nuevos proyectos se tiene que intercambiar fluidamente toda la información referida al diseño entre los especialistas de las distintas áreas involucradas en el proyecto. Esto no es tarea fácil y requiere que se maneje con mucho cuidado el material gráfico, que en definitiva es el que condensa todos los detalles del diseño físico de los productos.

El dibujo técnico tiene por finalidad la interpretación unívoca del elemento representado para todos aquellos que comprendan dicho idioma. La forma, dimensiones, construcción y terminación de un objeto pueden ser descriptas con exactitud y claridad. Como todo idioma se basa en reglas o normas que tienen que ser estudiadas para poder interpretar un dibujo o transmitir un diseño a través de él.

A lo largo de un proceso de desarrollo se usan representaciones gráficas de distinto tipo para explicar por medio de líneas y superficies variables de piezas, conjuntos, procesos de montaje, esquemas de funciones, etc. Algunas de las formas de representación utilizadas son croquis (realizados a mano alzada, detallando medidas y otras características como para generar documentos aptos para fabricación), dibujos de vistas, cortes, secciones y otros datos (usualmente realizados a escala), modelos tridimensionales y planos que resumen toda la información necesaria.

Por las características geométricas de los paneles metálicos, en los que muchas veces hay una o dos dimensiones preponderantes (ancho y/o largo) mientras que la/s restante/s son mucho menores (profundidad por ejemplo), suele ser conveniente usar dibujos no a escala o a escala con tramos recortados. En las figuras 3.20 y 3.21 puede apreciarse la mayor facilidad de interpretación de la pieza al recortar una parte plana y acentuar la atención en los detalles de los bordes.

Puede que existan personas dentro del equipo que no interpreten fácilmente la información de los planos. En esos casos es conveniente capacitar a las personas en los principios del dibujo técnico y ayudar la visualización de las piezas con bocetos de vistas y perspectivas (ver figura 3.22), y con imágenes tridimensionales (ver figura 3.23) como las que pueden generarse por software. Para evitar confusiones es útil emplear distintos colores que diferencien entre sí las piezas.

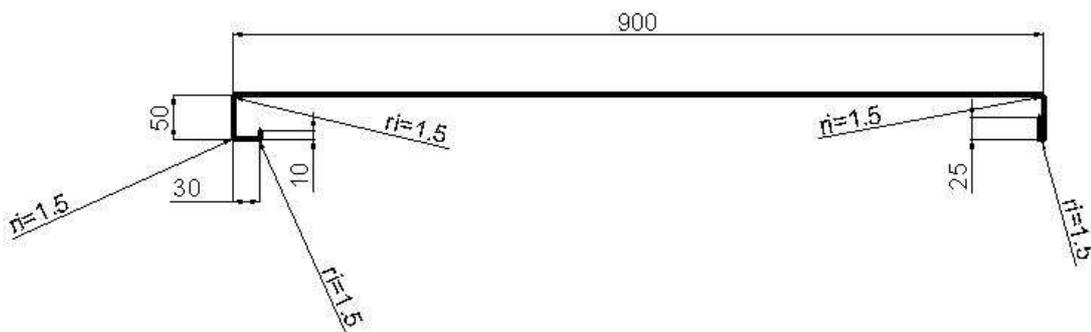


Figura 3.20. Vista superior de una pieza realizada a escala.

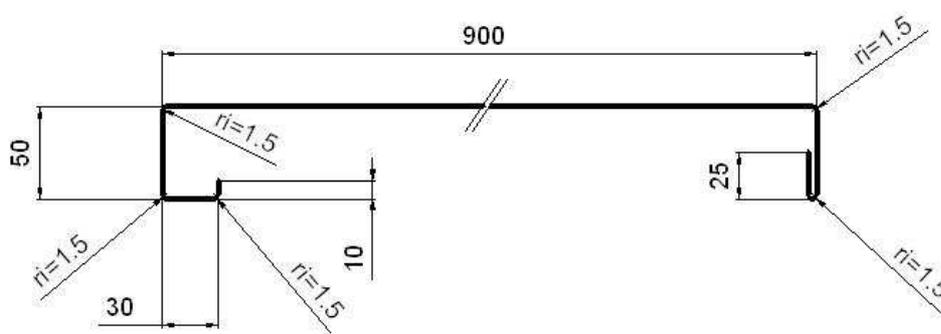


Figura 3.21. Vista superior de una pieza realizada a escala pero recortando en el dibujo un tramo plano de la chapa y aumentando el foco en los bordes.

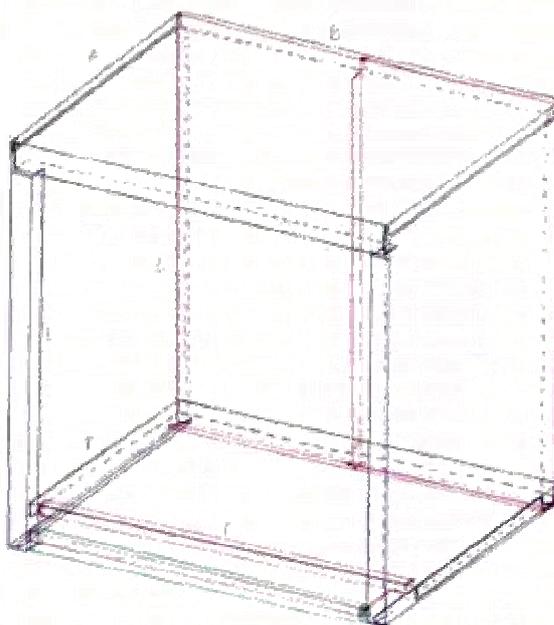


Figura 3.22. Boceto en perspectiva hecho a mano alzada.

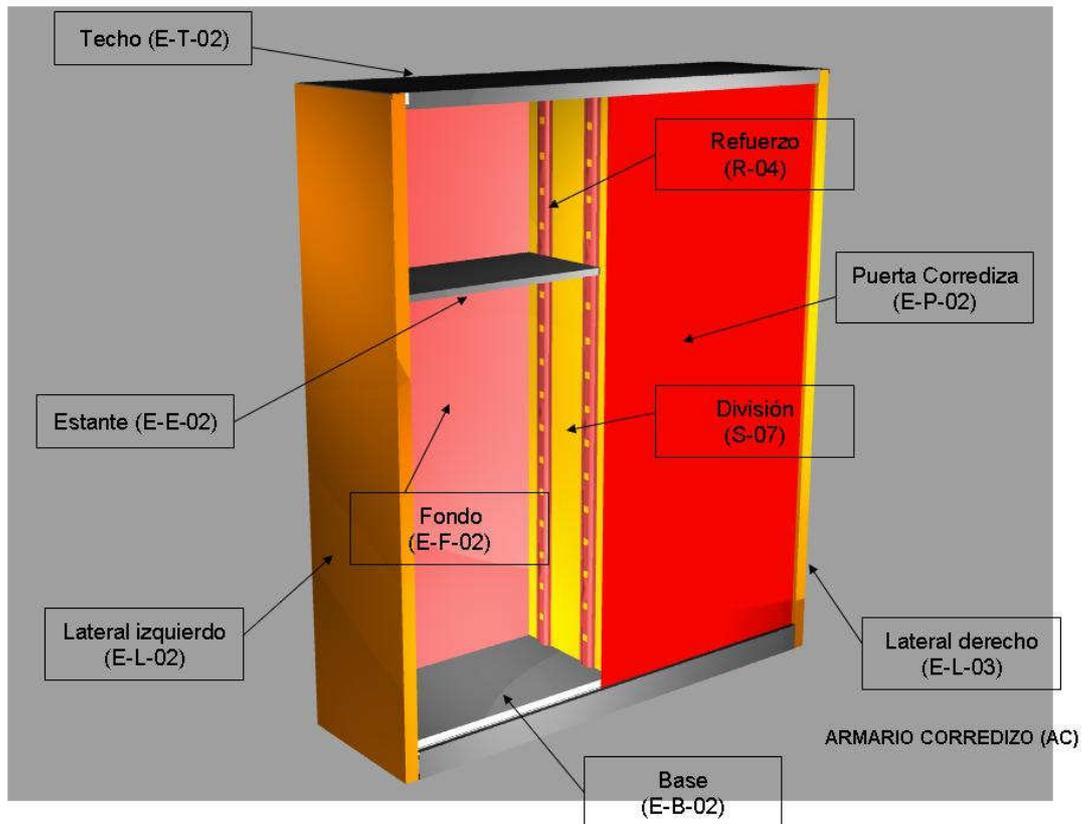


Figura 3.23. Render elaborado a partir de un modelo tridimensional hecho a computadora.

4. DIMENSIONAMIENTO DE PROCESOS

4.1. *Generalidades sobre elección de procesos y tecnologías*

Al encararse un proyecto de desarrollo de nuevos productos, la elección de los procesos y las tecnologías a utilizar debe sustentarse en un análisis técnico-económico de las alternativas. Las principales variables a considerar en la selección son:

- Económicas
- Adecuación a los requerimientos técnicos del producto (por ej. tolerancias)
- Flexibilidad
- Elasticidad
- Obtención de elementos de mantenimiento
- Disponibilidad y costos de los insumos
- Disponibilidad de la mano de obra
- Impacto de la tecnología en otros procesos
- Impacto de la tecnología en stocks y tamaño de lotes

Los elementos de orden cualitativo son tan relevantes como los económicos a los fines de elegir la mejor tecnología para el proyecto. Los más comunes son la flexibilidad de la tecnología (capacidad de ser empleada en la producción de bienes alternativos), la elasticidad de la tecnología (compatibilidad del rango productivo con el plan de producción y posibilidad de expansión), el acceso a repuestos y mantenimiento, los antecedentes de uso de dicha tecnología, el espacio y volumen físico requerido, el grado de automatización, etc.

Al comparar distintas alternativas se deben tener en cuenta los niveles de producción pues suele suceder que los costos de producción no varíen

linealmente respecto del volumen. El costo de producción de un producto en general baja al aumentar el volumen producido. Este fenómeno es conocido como economía de escala, y en el caso de los componentes fabricados se da por dos razones básicas: los costos fijos se dividen entre más unidades y los costos variables bajan porque la empresa puede justificar el uso de más grandes y eficientes procesos y equipos.

El tamaño del proyecto tendrá una incidencia directa sobre las inversiones, costos y nivel de operación, o sea, sobre ingresos por ventas y por lo tanto sobre la rentabilidad del proyecto. Para definir el tamaño se debe tener en cuenta tanto la demanda inicial esperada como su proyección a futuro, a fin de que el tamaño atienda no sólo la situación de corto plazo sino que sea óptimo frente al dinamismo de la demanda.

4.2. Metodología de trabajo empleada y alcances de este capítulo

Basándose en la alternativa C de proceso para la fabricación de los muebles (ver figura 3.5), se puede integrar toda la información de los procesos para las distintas alternativas y piezas en una matriz donde las columnas corresponden a las distintas piezas y las filas son asignadas a los distintos equipos. Esta matriz suele ser denominada matriz de balance de masas y permite, una vez registradas todas las operaciones, estimar las horas máquina necesarias. En función de las horas máquina empleadas y de los roles de los equipos se pueden estimar también las horas hombre requeridas, la dotación, las inversiones en equipamiento y la saturación de recursos.

No es objetivo de este capítulo establecer la configuración óptima de la planta para el caso de estudio ya que, como se ha mencionado anteriormente, existen otros aspectos subjetivos que deben ser considerados en la elección por ser igualmente válidos que los aspectos objetivos, pero que están íntimamente relacionados con políticas y estrategias de cada empresa en particular. Lo que se pretende mostrar con este apartado es la manera en que impacta el uso de distintas tecnologías y distintos volúmenes de producción en indicadores como inversión requerida, MOD necesaria, cantidades de equipos y su aprovechamiento, para así poder extraer conclusiones que puedan ser utilizadas en análisis de otros proyectos.

Como punto de partida para el dimensionamiento de los procesos se analizan individualmente cada una de las piezas, evaluando y cuantificando las operaciones necesarias de corte, despunte, punzonado y plegado. Al hacerlo se debe tener en cuenta que dicha cuantificación de las operaciones depende de la tecnología utilizada para realizarlos. Por ejemplo, para el corte de desarrollos de las piezas, dependiendo si se los corta en una guillotina estándar a partir de hojas o si se los corta en un tren de planchado a partir de bobinas, la cantidad de golpes no es la misma. De igual manera a lo expresado para el corte se deben asumir las diferencias correspondientes para los restantes procesos de corte y estampado.

En los resultados que se exponen durante los siguientes puntos se asumen niveles de producción desde los 20 a los 200 muebles/día, respetando siempre el mix de productos planteado en la presentación del caso y trabajando 1 o 2 turnos diarios. Se opta por no calcular un eventual tercer turno para encuadrar el estudio en escenarios más acordes a la mayoría de las pymes.

Supuestos generales de cálculo:

- Los tiempos operativos de cada operación considerados en este análisis son los tiempos requeridos para realizar las operaciones incluyendo tiempos destinados a preparaciones y ajustes,.
- Se contemplan en los tiempos paradas menores y tiempos muertos, suplementos por necesidades personales, fatiga e imponderables, así como perdidas de eficiencia no superiores al 20%.
- El pretratamiento y la aplicación de pintura considera que el mismo debe ser realizado de ambos lados, por lo que por cada m² de chapa resultará 2 m² de chapa a procesar.

4.3. Procesos de conformado de la chapa

Las alternativas de conformado a considerar en el caso de la empresa productora de muebles metálicos son distintas combinaciones de formas de obtención de los desarrollos de las piezas y de su posterior estampado, según se los realice en forma manual o automática. Las operaciones manuales requieren la dedicación de MOD para toda su realización mientras que las operaciones automáticas sólo requieren operarios para la carga y descarga de los equipos.

Antes de comenzar con el análisis de dimensionamiento de los procesos de conformado de chapa para la empresa productora de mobiliario metálico, se deben remarcar las consideraciones tomadas al realizar el estudio.

En el caso de estudio se divide a la totalidad de las piezas a fabricar en tres grandes categorías: paneles principales, paneles auxiliares y refuerzos.

4.3.1. Conformado de paneles principales

De distintas combinaciones de procesos manuales y automáticos para el conformado de los paneles principales surgen cuatro alternativas principales que se muestran en los diagramas de proceso de las figuras 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4.

Para las operaciones de corte de los desarrollos de los paneles principales se proponen dos alternativas: una denominada manual y otra automática. El corte manual de desarrollos se realiza con guillotinas estándar (ver figuras 4.1 y 4.3, con alternativas 1 y 3 respectivamente). En cambio, el corte automático propuesto es el trabajo de la chapa a partir de bobinas que se cargan en trenes de planchado y corte, donde se las procesa sin necesidad de operaciones manuales (ver figuras 4.2 y 4.4, con alternativas 2 y 4 respectivamente).

Asimismo, para el estampado de paneles principales se proponen dos alternativas: una denominada manual y otra automática. La manual consiste en el uso de dispositivos neumáticos para despunte y punzonado, y de plegadoras universales (ver figuras 4.1 y 4.2, con alternativas 1 y 2 respectivamente). El estampado automático en cambio se realiza con líneas automáticas de conformado, integradas por módulos de despunte y punzonado, plegado

transversal y plegado longitudinal (ver figuras 4.3 y 4.4, con alternativas 3 y 4 respectivamente). Estos trenes pueden tener módulos automatizados de carga de desarrollos (como se consideró en este caso) y van trasladando las piezas por las sucesivas operaciones con un conveyor tipo cinta transportadora.

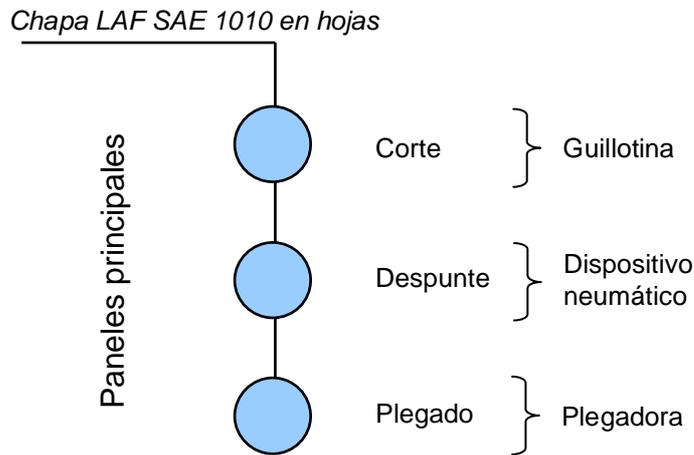


Figura 4.1. Alternativa 1 de conformado de paneles principales – Corte y estampado manual.

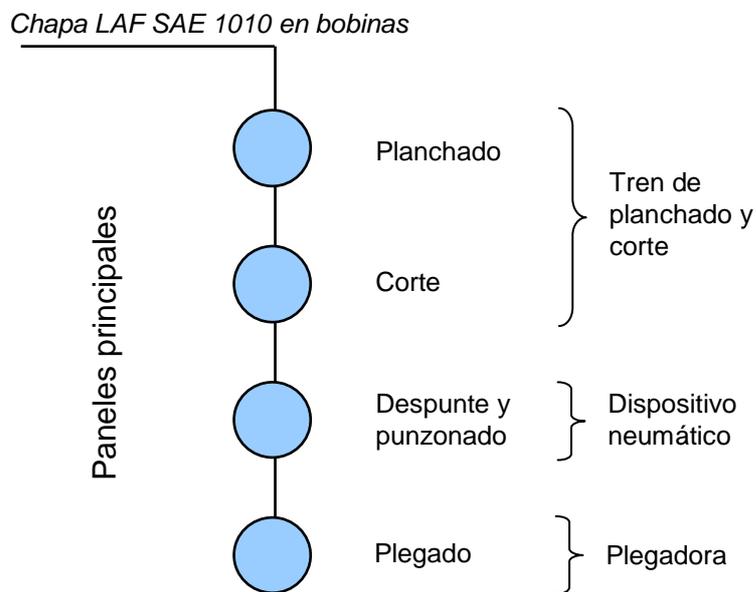


Figura 4.2. Alternativa 2 de conformado de paneles principales - Corte automático y estampado manual

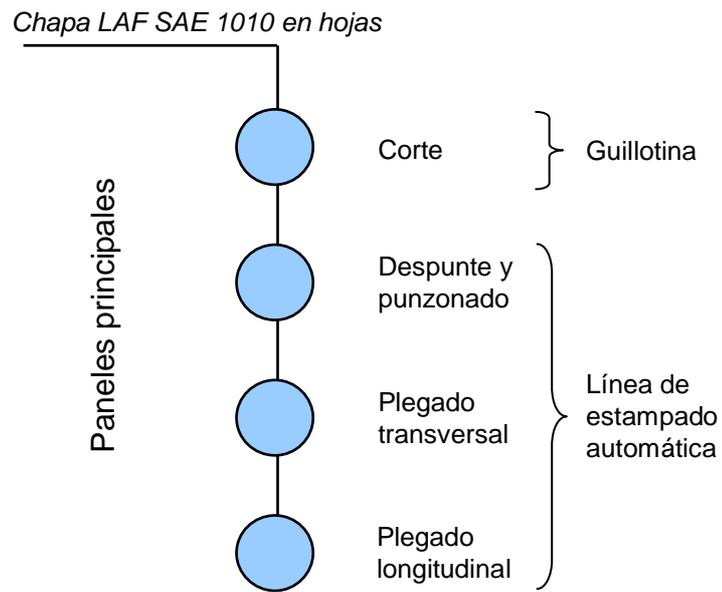


Figura 4.3. Alternativa 3 de conformado de paneles principales – Corte manual y estampado automático.

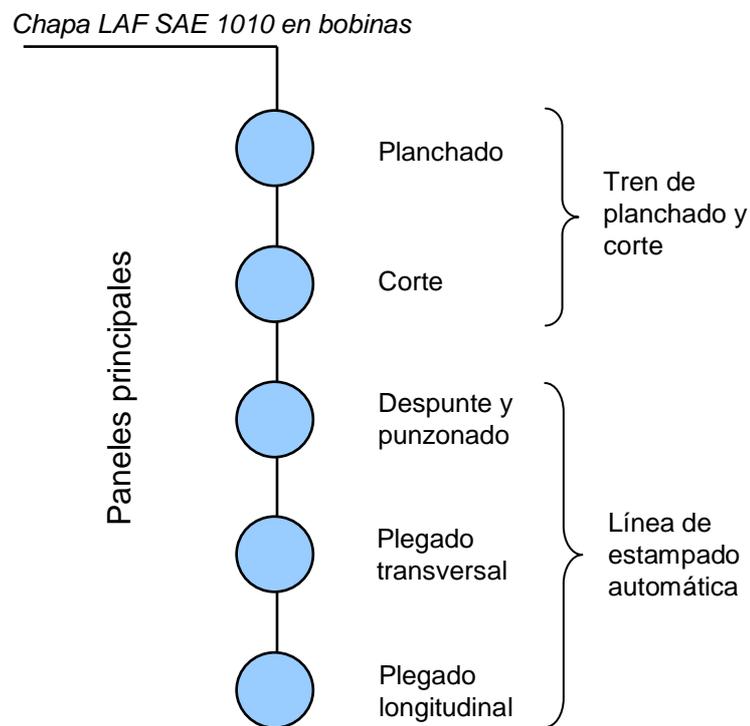


Figura 4.4. Alternativa 4 de conformado de paneles principales – Corte y estampado automáticos.

4.3.2. Conformado de paneles auxiliares

Los paneles auxiliares son piezas de superficies notablemente menores a las de los paneles principales, con una dimensión (el largo) marcadamente mayor a la otra (el ancho). Los valores bajos de ancho (a lo sumo 350 mm) imposibilitan el estampado de estas piezas en las líneas automáticas usadas para los paneles principales. Sumado a esto, las diferencias geométricas encontradas entre los paneles auxiliares implican que, a diferencia de los refuerzos, no se los pueda estandarizar generalizadamente en el ancho de sus desarrollos.

Por ende, el corte de desarrollos para paneles auxiliares no resulta conveniente con trenes de planchado y corte de flejes, sino que debe realizarse en guillotinas estándar. El estampado, condicionado por el mismo tipo de restricciones debe ser realizado con equipos estándar como dispositivos neumáticos y plegadoras con herramienta intercambiable y adecuado a cada una de las piezas.

El diagrama de procesos de conformado propuesto para los paneles auxiliares es para todos los casos el mostrado en la figura 4.5.

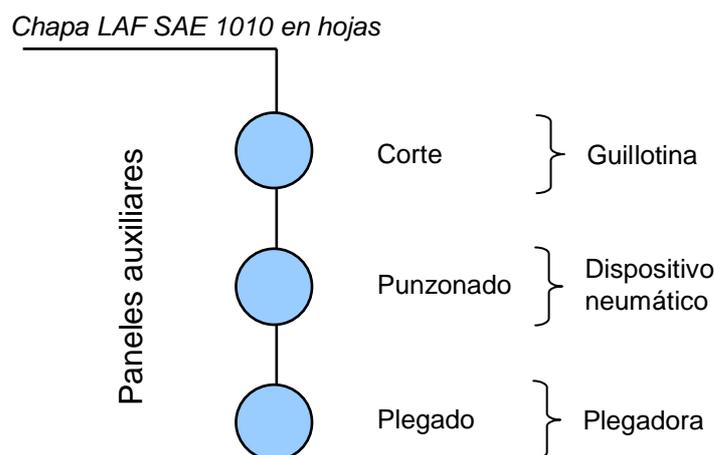


Figura 4.5. Conformado de paneles auxiliares

4.3.3. Conformado de refuerzos

Los refuerzos son piezas de geometría similar entre sí como se ha explicado en puntos anteriores. Esto y su sencilla geometría alientan el uso de maquinaria específica para ellos, con menores niveles de inversión en equipos y requerimientos de MOD. Así, su proceso de conformado queda representado por la figura 4.6.

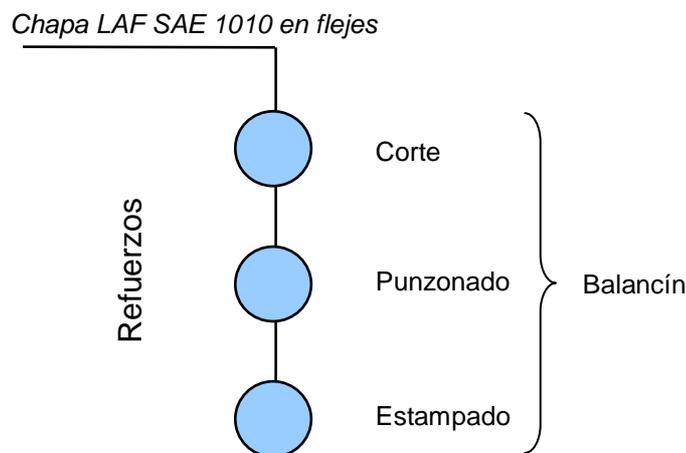


Figura 4.6. Conformado de refuerzos

Un proceso alternativo sería un similar al utilizado para los paneles auxiliares (ver figura 4.5), integrado por etapas de corte de desarrollo en guillotinas, plegado de los perfiles en plegadoras y estampado de pestañas en dispositivos neumáticos (si correspondiese).

4.3.4. Comparación de alternativas para conformado paneles principales y auxiliares

Partiendo de las alternativas enumeradas anteriormente para conformado de paneles principales y auxiliares se elaboran cuatro alternativas para la planta de conformado de la empresa productora de muebles. Dado que se asume una única posibilidad tecnológica para los paneles auxiliares, las cuatro alternativas surgen de las distintas formas de conformado de los paneles principales, lo cual significa:

- Alternativa 1
 - ◆ Paneles principales conformados como indica la figura 4.1.
 - ◆ Paneles auxiliares conformados como indica la figura 4.5.
- Alternativa 2
 - ◆ Paneles principales conformados como indica la figura 4.2.
 - ◆ Paneles auxiliares conformados como indica la figura 4.5.
- Alternativa 3
 - ◆ Paneles principales conformados como indica la figura 4.3.
 - ◆ Paneles auxiliares conformados como indica la figura 4.5.
- Alternativa 4
 - ◆ Paneles principales conformados como indica la figura 4.4.
 - ◆ Paneles auxiliares conformados como indica la figura 4.5.

Teniendo en cuenta la posibilidad de compartir máquinas para distintos tipos de piezas, cada alternativa requiere el siguiente equipamiento:

Alternativa 1

Guillotina
Dispositivo neumático
Plegadora universal

Alternativa 2

Tren de planchado y corte
Guillotina
Dispositivo neumático
Plegadora universal

Alternativa 3

Guillotina
Línea de conformado automática
Dispositivo neumático
Plegadora universal

Alternativa 4

Tren de planchado y corte
Guillotina
Línea de conformado automática
Dispositivo neumático
Plegadora universal

En las tablas 4.1 y 4.2 se muestran las bases de cálculo de la matriz balance de masas.

CORTE DE PANELES PRINCIPALES Y AUXILIARES	Estándar de operación	Rol	Inversión por equipo	Inversión adicional en matricería
	seg/golpe	oper./equipo	U\$\$/equipo	U\$\$
Alternativas 1 y 3				
Guillotina	20	2	55.000	-
Alternativas 2 y 4				
Tren de planchado y corte	25	1	150.000	-
Guillotina	20	2	55.000	-

Tabla 4.1. Supuestos de cálculo para los equipos de corte asignados a paneles principales y auxiliares en las distintas alternativas.

CONFORMADO DE PANELES PRINCIPALES Y AUXILIARES	Estándar de operación	Rol	Inversión por equipo	Inversión adicional en matricería
	seg/golpe	oper./equipo	U\$\$/equipo	U\$\$
Alternativas 1 y 2				
Dispositivo neumático (despunte y punzonado)	20	2	5.000	20.000
Plegadora universal	20	2	55.000	20.000
Alternativas 3 y 4				
Línea de conformado automático	NA	1	302.000	20.000
Cargador automático	9		50.000	-
Dispositivo neumático	13		55.000	20.000
T salida material	9		NA	NA
Doblado longitudinal	10		110.000	-
T salida material	9		NA	NA
Doblado transversal	10		70.000	-
Cinta transportadora	NA		17.000	-
T salida material	9		NA	NA
T cambio de herramental	15		NA	NA
Dispositivo neumático (punzonado)	20	2	5.000	1.000
Plegadora universal	20	1	55.000	20.000

Tabla 4.2. Supuestos de cálculo para el resto de los equipos de conformado asignados a los paneles principales y auxiliares en las alternativas manual y automática.

Realizando los cálculos de necesidades de equipos, MOD e inversiones para la alternativa 1 se obtienen los resultados expuestos en los gráficos 4.1, 4.2 y 4.3. Las inversiones en equipos para 1 y 2 turnos de trabajo (1T y 2T respectivamente) corresponden a las cantidades de equipos requeridos multiplicados por sus valores unitarios, indicados en las tablas 4.1 y 4.2.

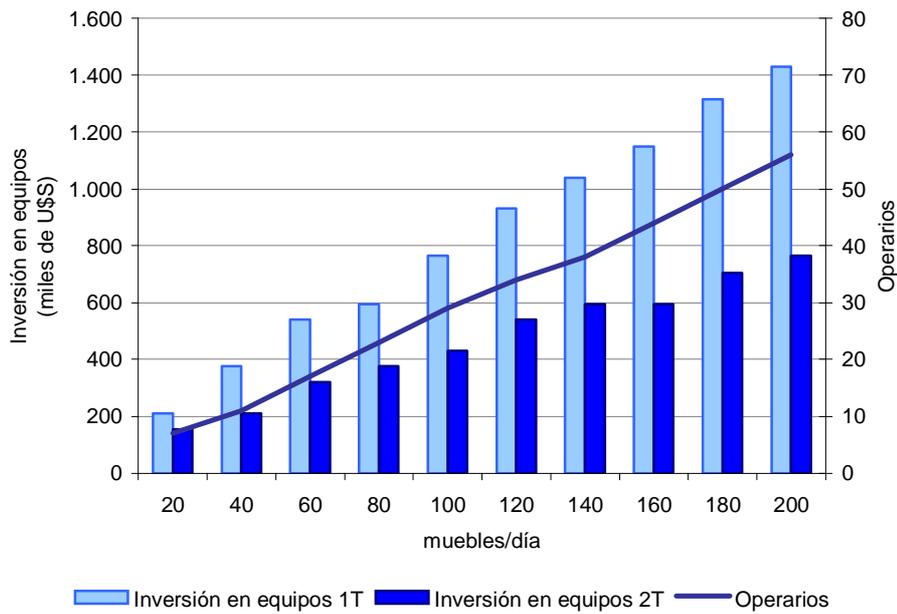


Gráfico 4.1. Inversiones y cantidades de operarios en conformado de paneles principales y auxiliares con alternativa 1 para distintos niveles de producción con 1 y 2 turnos diarios.

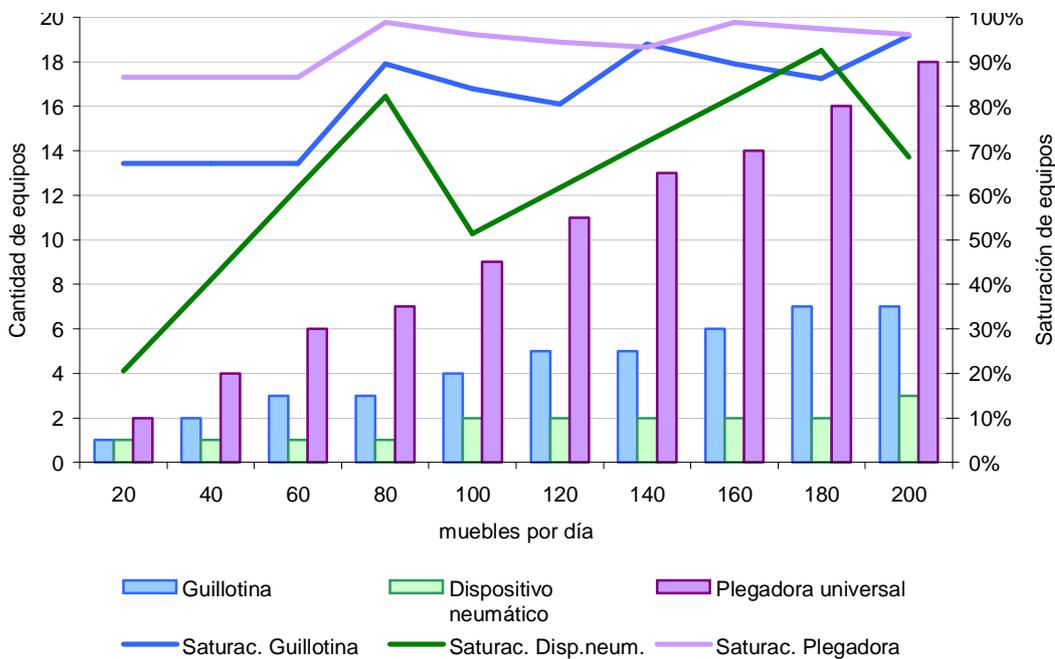


Gráfico 4.2 Cantidades de equipos y saturación en conformado de paneles principales y auxiliares con alternativa 1 para distintos niveles de producción trabajando 1 turno diario.

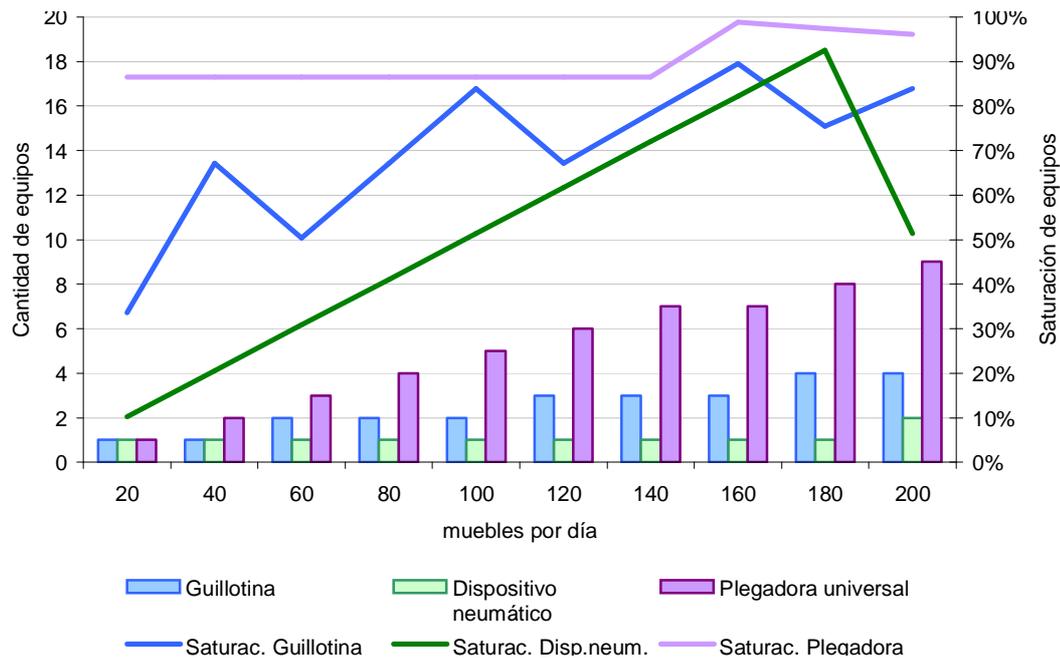


Gráfico 4.3. Cantidades de equipos y saturación en conformado de paneles principales y auxiliares con alternativa 1 para distintos niveles de producción trabajando 2 turnos diarios.

El procedimiento realizado para la alternativa 1 se repite para las restantes alternativas, manteniendo el mismo orden para la presentación de resultados. En todos los casos se expone primero el gráfico correspondiente a la cantidad de operarios y los niveles de inversión en máquinas para 1 y 2 turnos. Luego se muestran en dos gráficos las cantidades de equipos para 1 y 2 turnos diarios. En dichos gráficos se agrega como indicador la saturación de los equipos, que representa la proporción de horas en que se utilizan cada uno de los equipos respecto de la cantidad total de horas disponibles (teniendo en cuenta las horas operativas para 1 o 2 turnos diarios).

Una vez presentados los resultados para las cuatro alternativas de conformado se resumen las inversiones y los requerimientos de MOD en gráficos integradores y se comparan las inversiones de las alternativas manuales y automáticas de corte y de estampado. Como cierre de este capítulo se enuncian las conclusiones extraídas del análisis de los resultados.

Para la alternativa 2 (ver página 97) se obtiene:

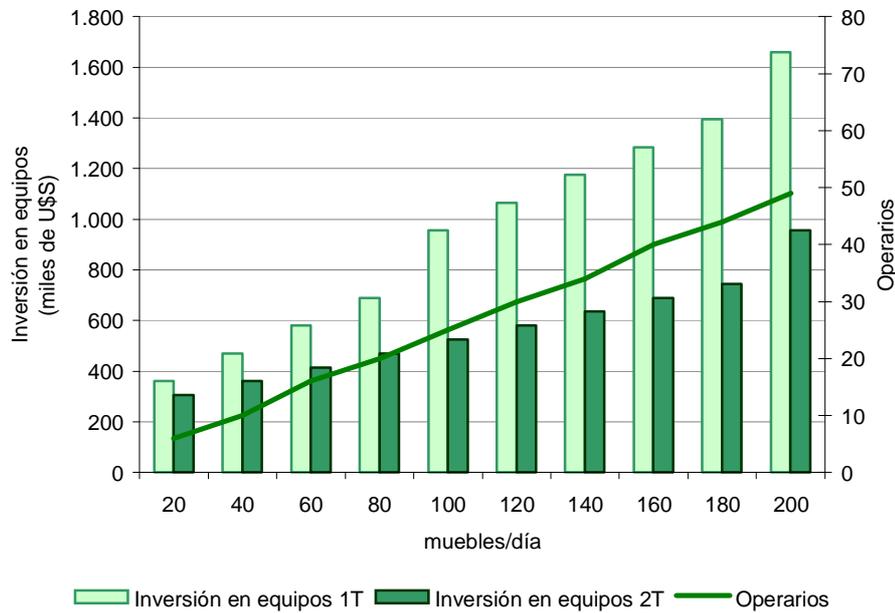


Gráfico 4.4. Inversiones y cantidades de operarios en conformado de paneles principales y auxiliares con alternativa 2 para distintos niveles de producción con 1 y 2 turnos diarios.

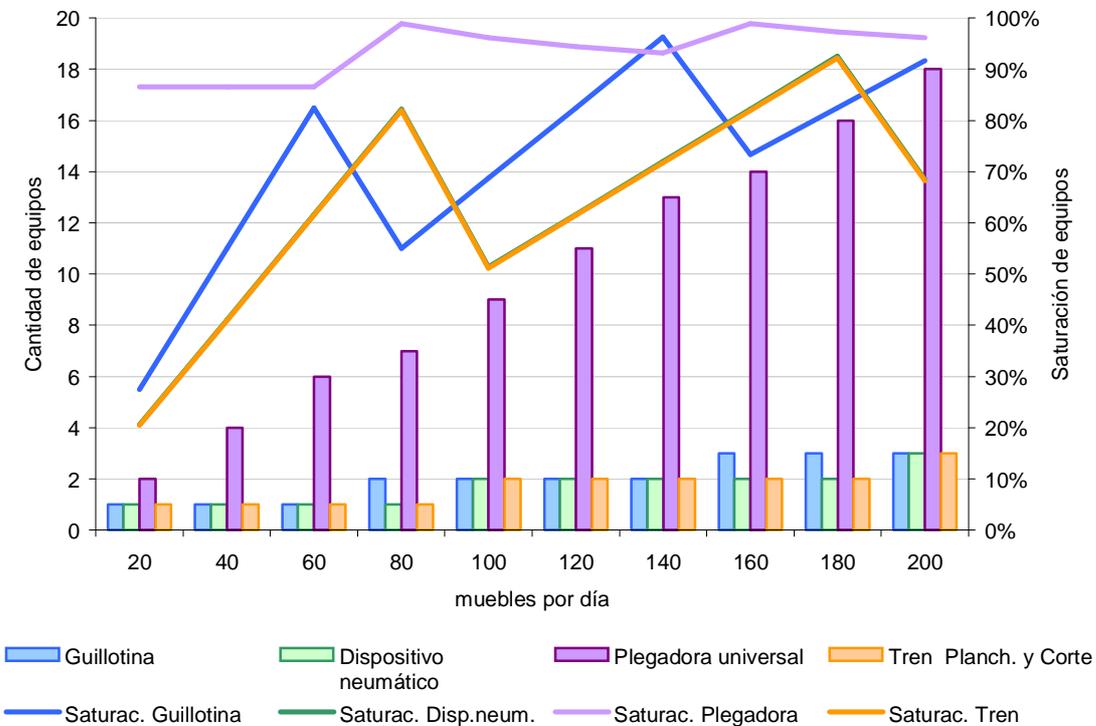


Gráfico 4.5. Cantidades de equipos y saturación en conformado de paneles principales y auxiliares con alternativa 2 para distintos niveles de producción trabajando 1 turno diario.

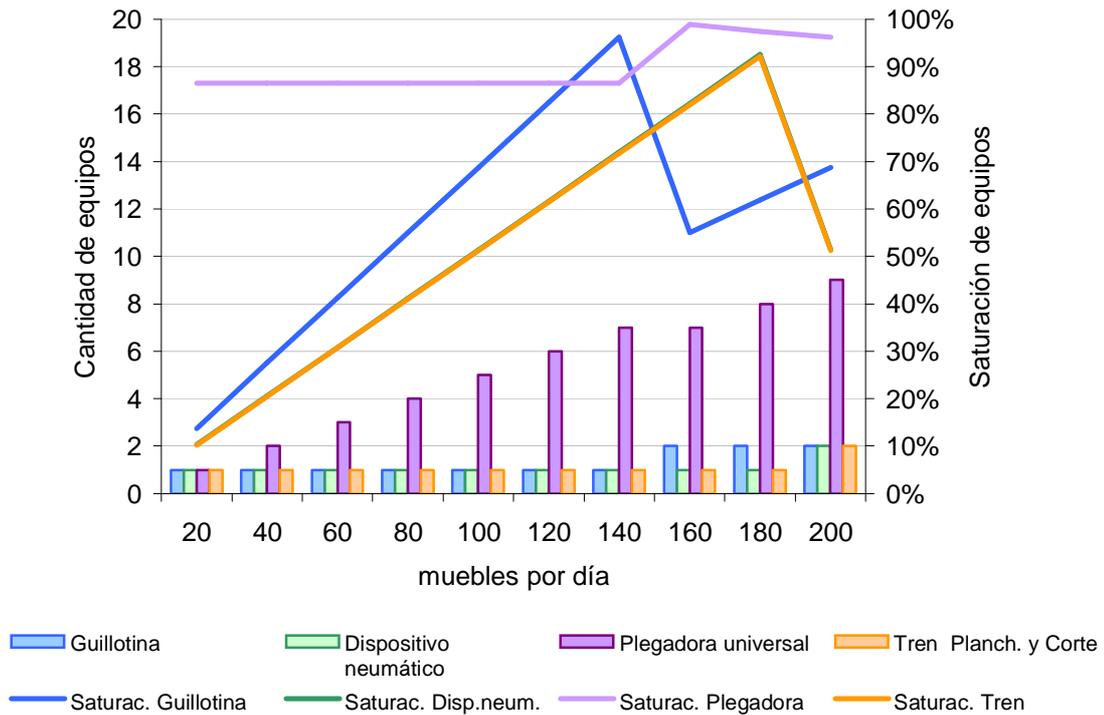


Gráfico 4.6. Cantidades de equipos y saturación en conformado de paneles principales y auxiliares con alternativa 2 para distintos niveles de producción trabajando 2 turnos diarios.

Para la alternativa 3 (ver página 97) se obtiene:

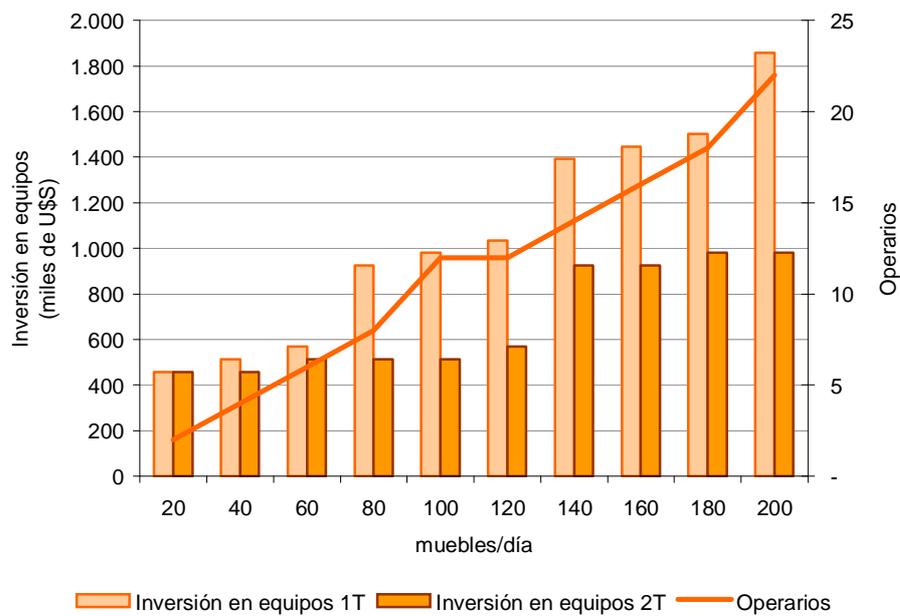


Gráfico 4.7. Inversiones y cantidades de operarios en conformado de paneles principales y auxiliares con alternativa 3 para distintos niveles de producción con 1 y 2 turnos diarios.

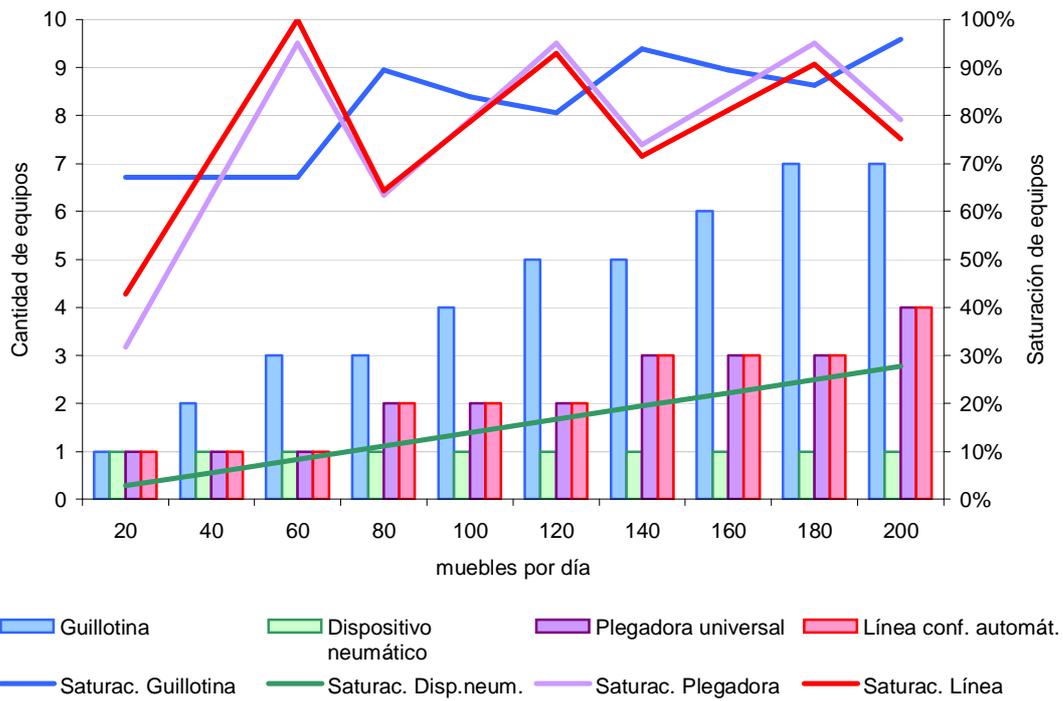


Gráfico 4.8. Cantidades de equipos y saturación en conformado de paneles principales y auxiliares con alternativa 3 para distintos niveles de producción trabajando 1 turno diario.

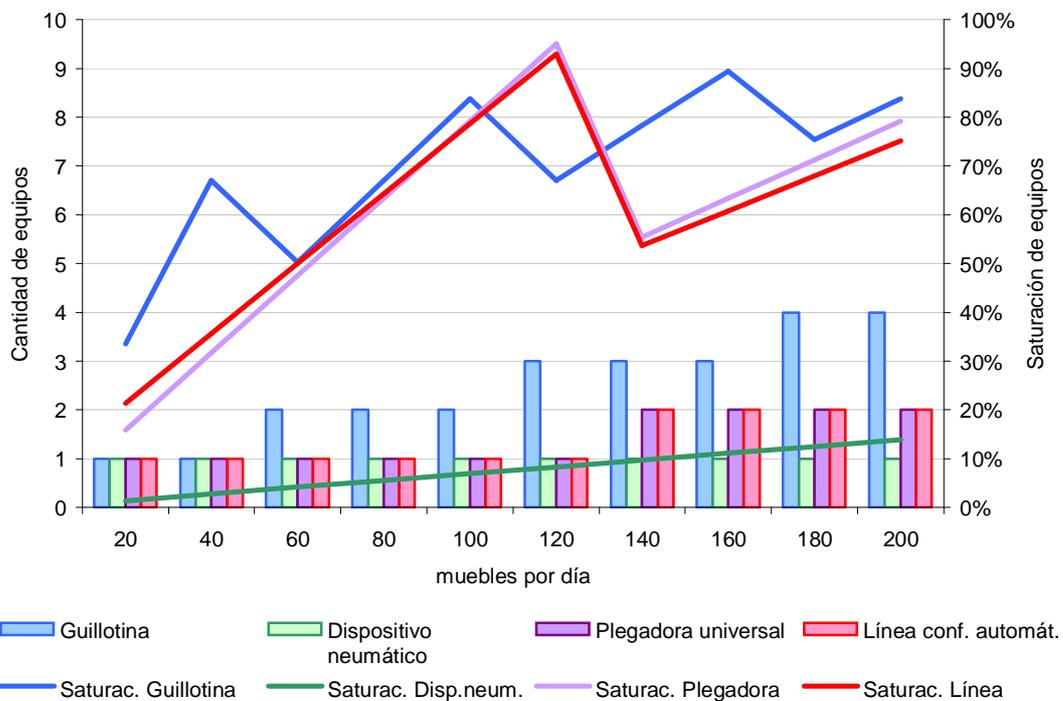


Gráfico 4.9. Cantidades de equipos y saturación en conformado de paneles principales y auxiliares con alternativa 3 para distintos niveles de producción trabajando 2 turnos diarios.

Para la alternativa 4 (ver página 97) se obtiene:

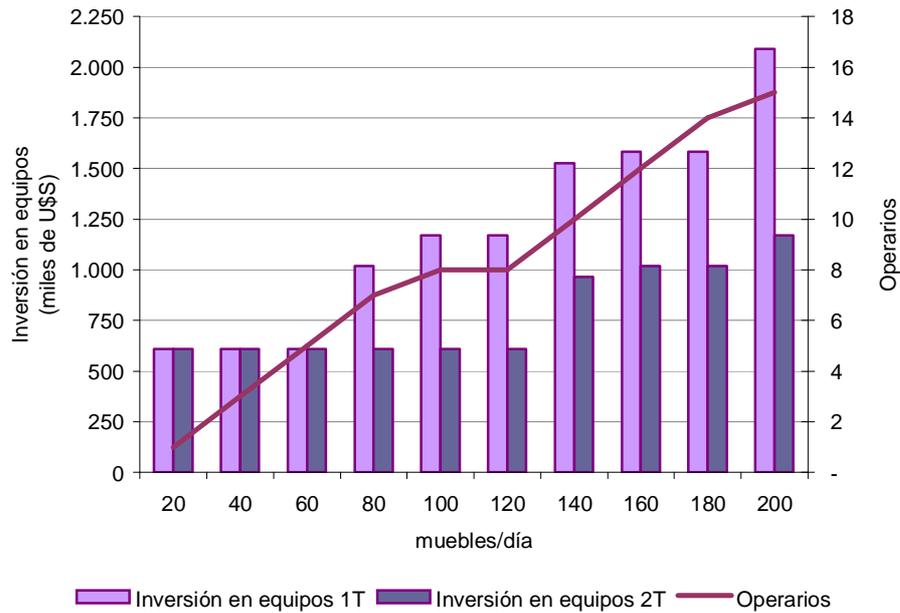


Gráfico 4.10. Inversiones y cantidades de operarios en conformado de paneles principales y auxiliares con alternativa 4 para distintos niveles de producción con 1 y 2 turnos diarios.

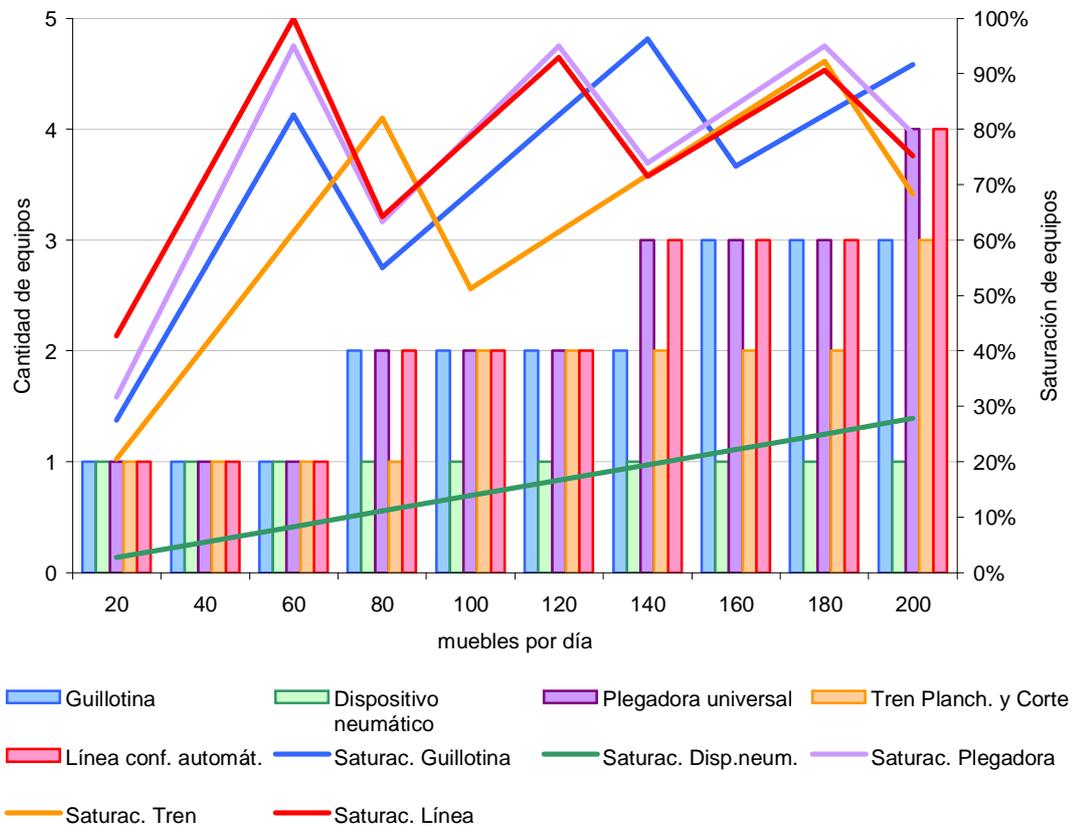


Gráfico 4.11. Cantidades de equipos y saturación en conformado de paneles principales y auxiliares con alternativa 4 para distintos niveles de producción trabajando 1 turno diario.

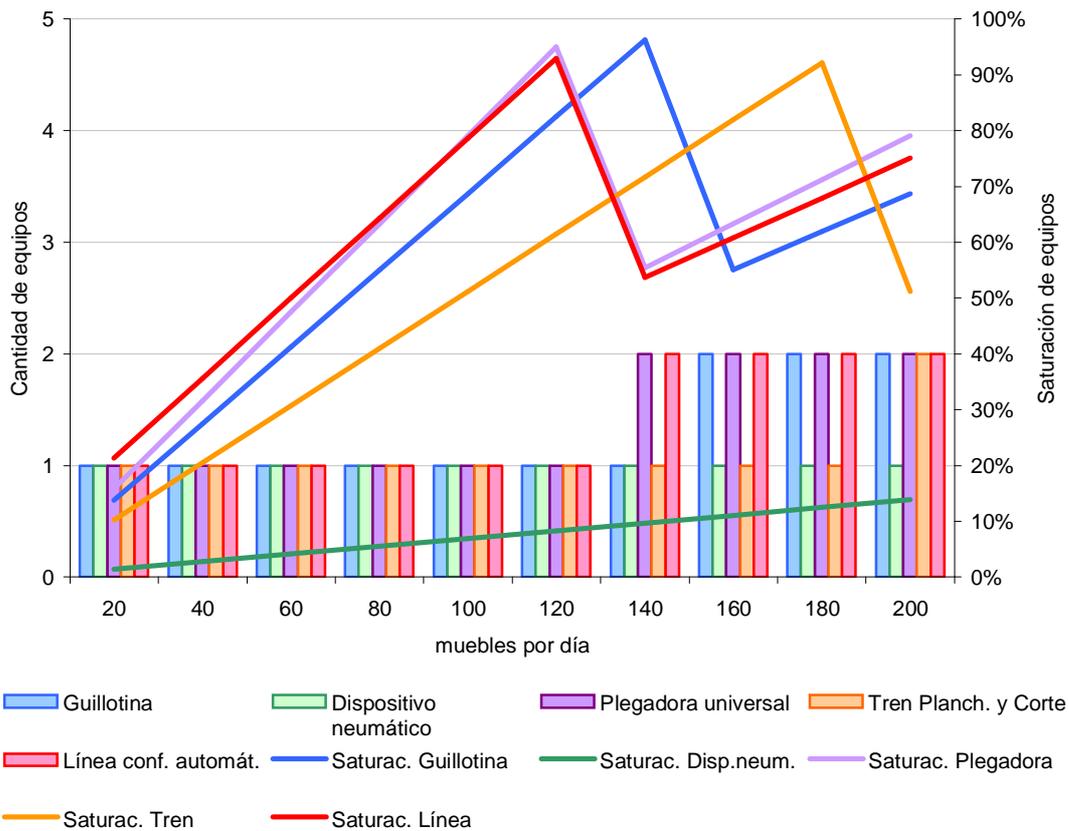


Gráfico 4.12. Cantidades de equipos y saturación en conformado de paneles principales y auxiliares con alternativa 4 para distintos niveles de producción trabajando 2 turnos diarios.

Globalmente, para las cuatro alternativas de conformado de paneles principales y auxiliares, trabajando 1 o 2 turnos diarios se obtienen los siguientes niveles de inversión:

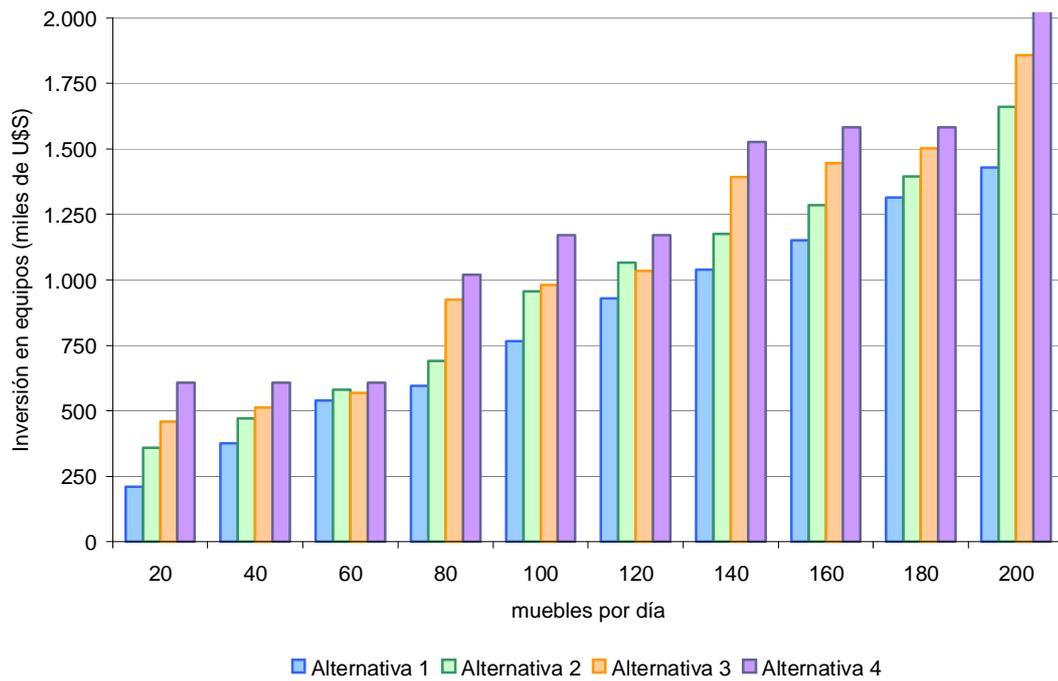


Gráfico 4.13. Inversión en equipos de conformado para paneles principales y auxiliares con las alternativas propuestas para distintos niveles de producción trabajando 1 turno diario.

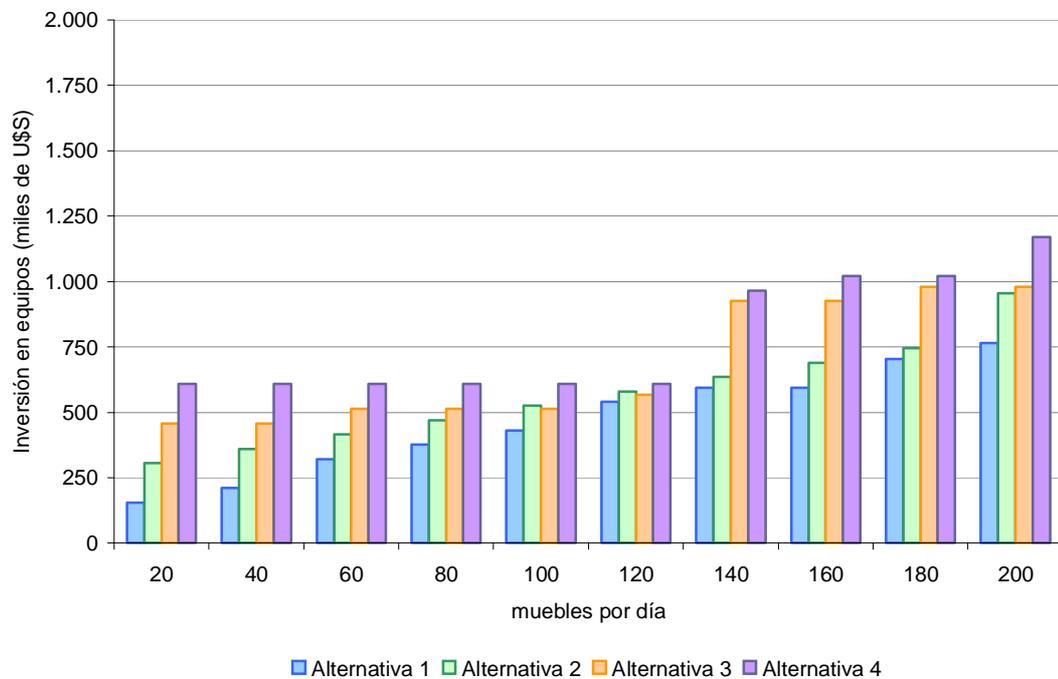


Gráfico 4.14. Inversión en equipos de conformado para paneles principales y auxiliares con las alternativas propuestas para distintos niveles de producción trabajando 2 turnos diarios.

Comparando las cantidades de operarios necesarios para cada una de las cuatro alternativas:

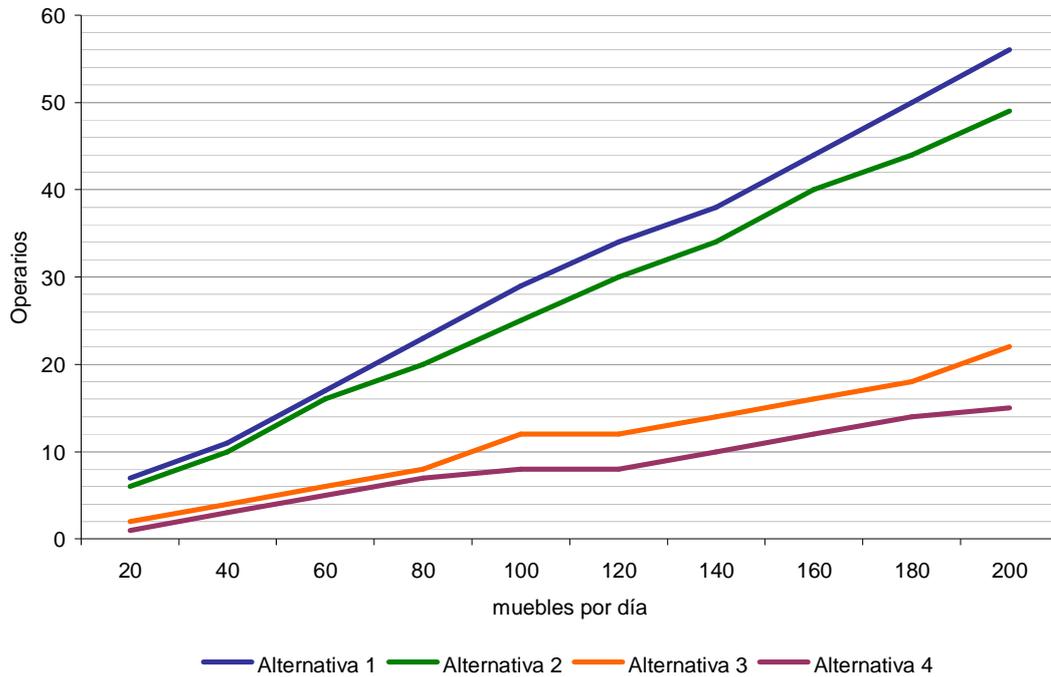


Gráfico 4.15. Cantidad de operarios para conformado de paneles principales y auxiliares con las alternativas propuestas para distintos niveles de producción.

Comparando las dos alternativas propuestas de corte (manual y automático, ver página 99) con 1 y 2 turnos diarios:

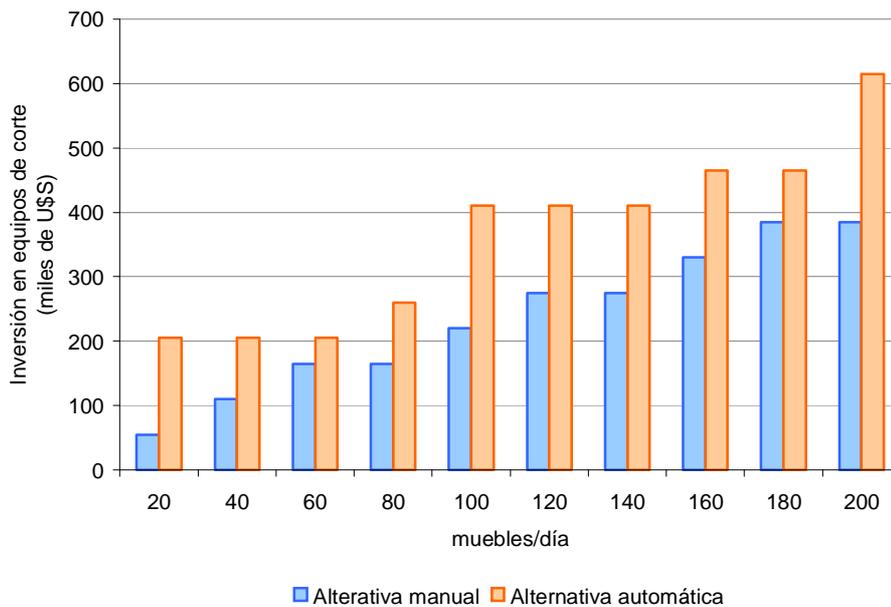


Gráfico 4.16. Comparación de inversión en corte para alternativas manual y automática trabajando 1 turno diario.

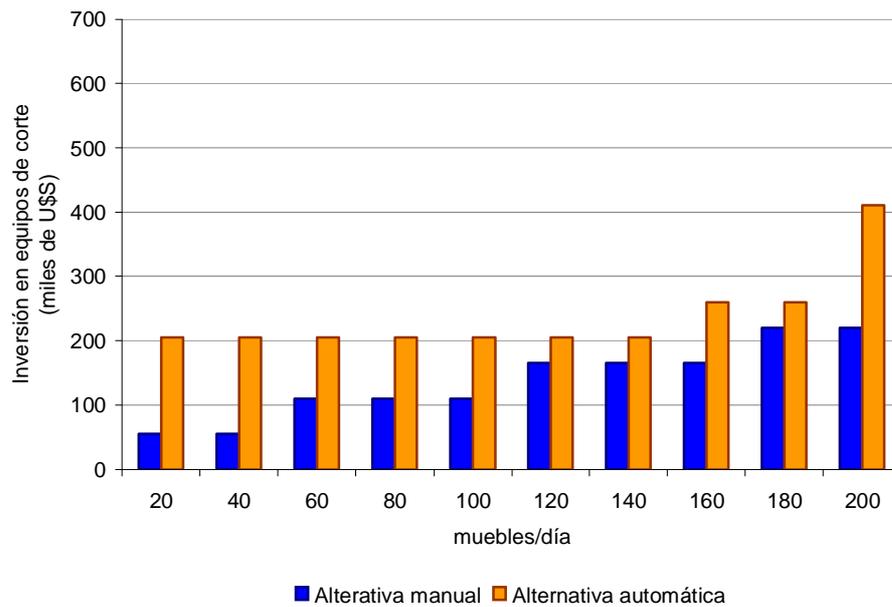


Gráfico 4.17. Comparación de inversión en corte para alternativas manual y automática trabajando 2 turnos diarios.

La alternativa manual de corte es la utilizada en las alternativas 1 y 3 de conformado, mientras que la alternativa automática es la de las alternativas 2 y 4. Nótese que la alternativa automática debe incluir equipos manuales (guillotinas) para el corte de los desarrollos de los paneles auxiliares ya que los mismos no pueden ser procesados en el tren de planchado y corte.

Para estampado, comparando las alternativas manual y automática (ver página 99):

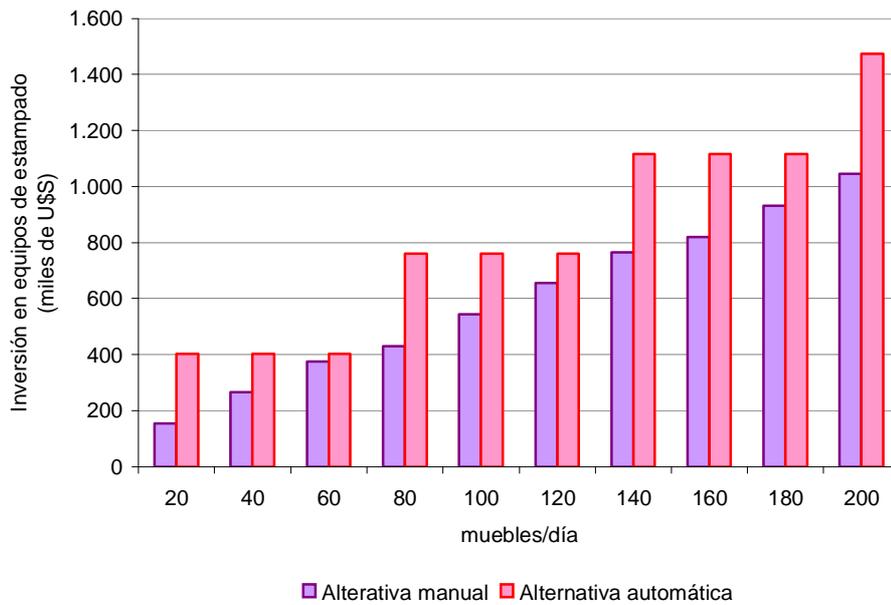


Gráfico 4.18. Comparación de inversión en estampado para alternativas manual y automática trabajando 1 turno diario.

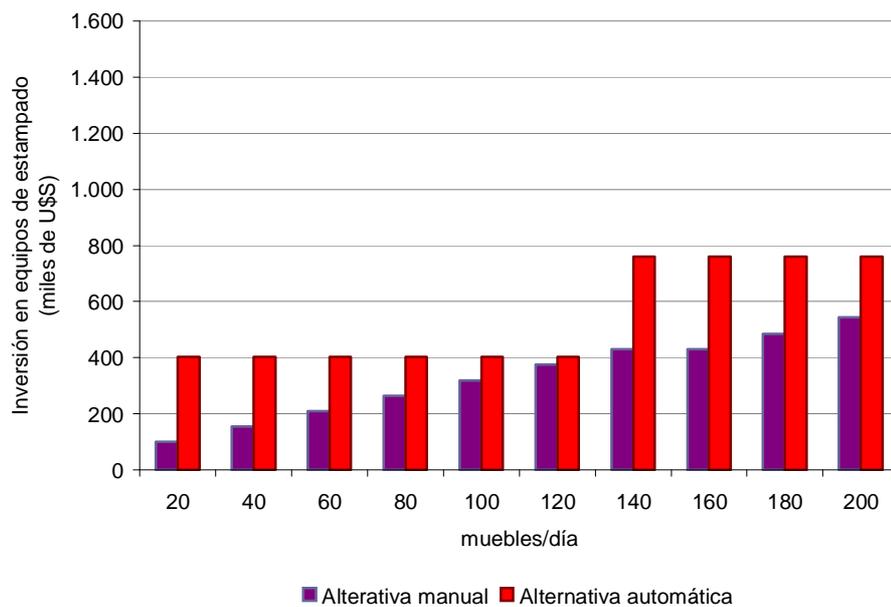


Gráfico 4.19. Comparación de inversión en estampado para alternativas manual y automática trabajando 2 turnos diarios.

La alternativa manual de estampado es la utilizada en las alternativas 1 y 2 de conformado, mientras que la alternativa automática es la correspondiente a las alternativas 3 y 4.

A partir de los resultados obtenidos puede concluirse que:

- A medida que aumenta el grado de automatización de las operaciones se incrementa el valor de los equipos. Para todos los niveles de producción la alternativa 4 es la de mayor inversión en equipos y la alternativa 1 es la de menor inversión (aproximadamente 65% de la inversión para alternativa 4). Las alternativas 2 y 3 se ubican con valores intermedios (aproximadamente 75% y 85% de la inversión de la alternativa 4 respectivamente), requiriendo la alternativa 2 en la gran mayoría de los casos menos inversiones en máquinas de conformado que la alternativa 3, lo cual indica que la automatización de procesos de corte (pasar de corte en guillotinas estándar a corte de bobinas en trenes de planchado y corte) requiere menos inversiones que la automatización de procesos de estampado.
- Los equipos automáticos ofrecen por equipos mayor capacidad productiva que los equipos manuales. Esto hace que en la mayoría de los casos se encuentre una menor saturación de equipos en las alternativas automáticas. Esta ociosidad les da flexibilidad para absorber incrementos en las cantidades.
- Trabajando 1 turno diario, las alternativas manuales, generalmente con mayor saturación de equipos, requieren inversiones en equipos para cada incremento en la capacidad productiva. Contrario a lo encontrado en las alternativas automáticas, las capacidades ociosas de las alternativas manuales son bajas, con las ventajas y desventajas que ello tiene. Puede verse en los gráficos de inversiones, equipos y MOD como las alternativas manuales tienen una pendiente positiva prácticamente constante, generando incrementos directamente proporcionales a los aumentos de producción. Asimismo, en los gráficos de las alternativas automáticas puede verse ellas no tienen una pendiente constante fruto de la ociosidad de capacidad; los saltos de capacidad productiva se dan en forma más discreta, no tan continuos como los saltos de las alternativas manuales.
- La saturación de los procesos no es homogénea. Los procesos de plegado en este caso son los procesos críticos que más rápidamente se saturan y por lo tanto son los generadores de la mayor proporción de las inversiones. Le siguen en criticidad los procesos de corte de desarrollos. Los despuntes y punzonados tienen comparativamente un menor grado de saturación. Las diferencias de utilización de los equipos puede verse en las distintas pendientes de los gráficos de cantidades de equipos. Los equipos más críticos presentan mayores pendientes en dichos gráficos y

los incrementos en las cantidades se dan en forma más continua que en el resto de los equipos. Los equipos menos críticos tienen aumentos más discretos fruto de su baja saturación.

- A medida que aumenta el grado de automatización disminuyen las necesidades de MOD. Para todos los niveles de producción se encuentra que la alternativa con mayor cantidad de operarios es la número 1, seguida por la alternativa 2, la 3 y la 4 sucesivamente. Existe una marcada diferencia entre los requerimientos de MOD de las alternativas 3 y 4 (35% y 30% de los requerimientos de la alternativa 1 respectivamente) respecto de las alternativas 1 y 2. La alternativa 2 necesita aproximadamente el 90% de la cantidad de operarios de la alternativa 1.
- La apertura del segundo turno de producción genera grandes ahorros en las inversiones para muchos de los escenarios; esto es cuando se deberían comprar equipos adicionales si se trabajara un solo turno. En los gráficos de equipos le corresponden a estos volúmenes de producción baja saturación con 1 turno por la ociosidad generada al comprar un nuevo equipo. Como consecuencia de estos ahorros, todas las curvas de 2 turnos se ven más aplanadas y discretas que las de 1 turno.
- A pesar de optar por alternativas automáticas, se debieron incluir equipos manuales adicionales para procesar piezas que no era factible procesar en equipos automáticos. Las piezas condicionantes de este caso son los paneles auxiliares, que no pueden cortarse en los trenes de planchado y corte de los paneles principales, ni pueden conformarse en la línea automática.
- Dado que a mayor grado de automatización de procesos corresponden más inversiones en equipos y menor necesidad de personal en planta se debe analizar para cada caso particular la conveniencia de las distintas tecnologías considerando todos los aspectos técnico-económicos, ya cuantitativos y subjetivos, que se han mencionado.
- Analizando las posibilidades de automatización en corte y en estampado en forma separada se encuentra que, dependiendo del nivel productivo que tenga la planta, las diferencias de inversión entre las alternativas manuales y automáticas pueden pasar de ser poco significativas a muy significativas. Esto marca la importancia de conocer con la mayor precisión posible cuál será la proyección de demanda del proyecto.

4.3.5. Comparación de alternativas para conformado de refuerzos

Conviene analizar la mejor forma de conformar los refuerzos en forma separada ya que como se ha dicho anteriormente, integran un grupo de piezas de características similares entre sí y de marcada importancia en la cantidad total de piezas producidas por la empresa. Por esta razón no se han tomado en cuenta los refuerzos en el inciso anterior de comparación de alternativas. Los supuestos de cálculo para las alternativas manual y automática de conformado de refuerzos se muestran en las tablas 3.3 y 3.4.

CORTE Y CONFORMADO DE REFUERZOS	Estándar de operación	Rol	Inversión por equipo	Inversión adicional en matricería
Alternativa Manual	seg/golpe	oper./equipo	U\$S/equipo	U\$S
Guillotina para refuerzos	20	2	55.000	-
Dispositivo neumático	4	1	5.000	5.000
Plegadora universal	20	1	55.000	10.000

Tabla 4.3. Supuestos de cálculo para los equipos de conformado de refuerzos en alternativa manual.

CORTE Y CONFORMADO DE REFUERZOS	Estándar de operación	Estándar de operación	Rol	Inversión por equipo
Alternativa Automática	seg/golpe	golpes/m	oper./equipo	U\$S/equipo
Balancin automático	3	6,0	1	65.000

Tabla 4.4. Supuestos de cálculo para los equipos de conformado de refuerzos en alternativa automática.

La presentación de los resultados sigue en este capítulo el mismo orden utilizado en el capítulo anterior. Primero se muestran los requerimientos de MOD e inversiones para 1 y 2 turnos diarios. Luego se especifican en gráficos separados las cantidades de equipos con su respectiva saturación para 1 y 2 turnos diarios.

Planteando el conformado manual de refuerzos se obtiene:

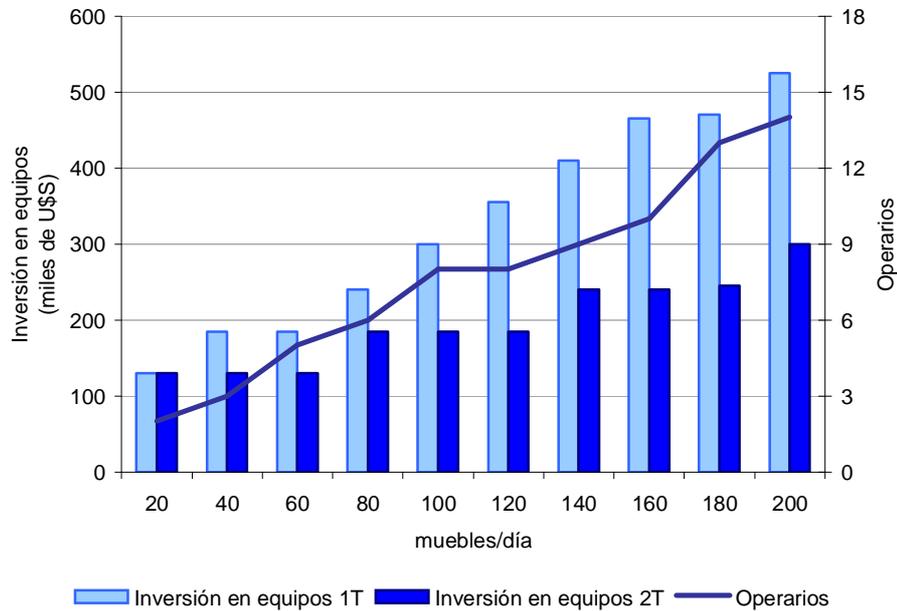


Gráfico 4.20. Inversiones y cantidades de operarios en conformado de refuerzos con alternativa manual para distintos niveles de producción con 1 y 2 turnos diarios.

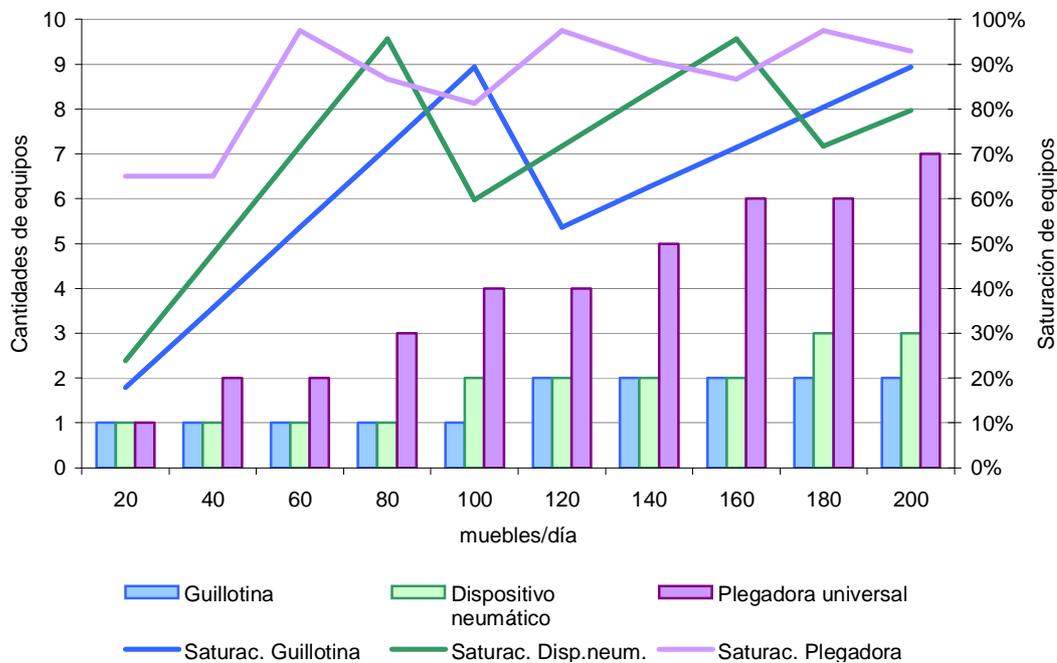


Gráfico 4.21. Cantidades de equipos y saturación en conformado de refuerzos con alternativa manual para distintos niveles de producción trabajando 1 turno diario.

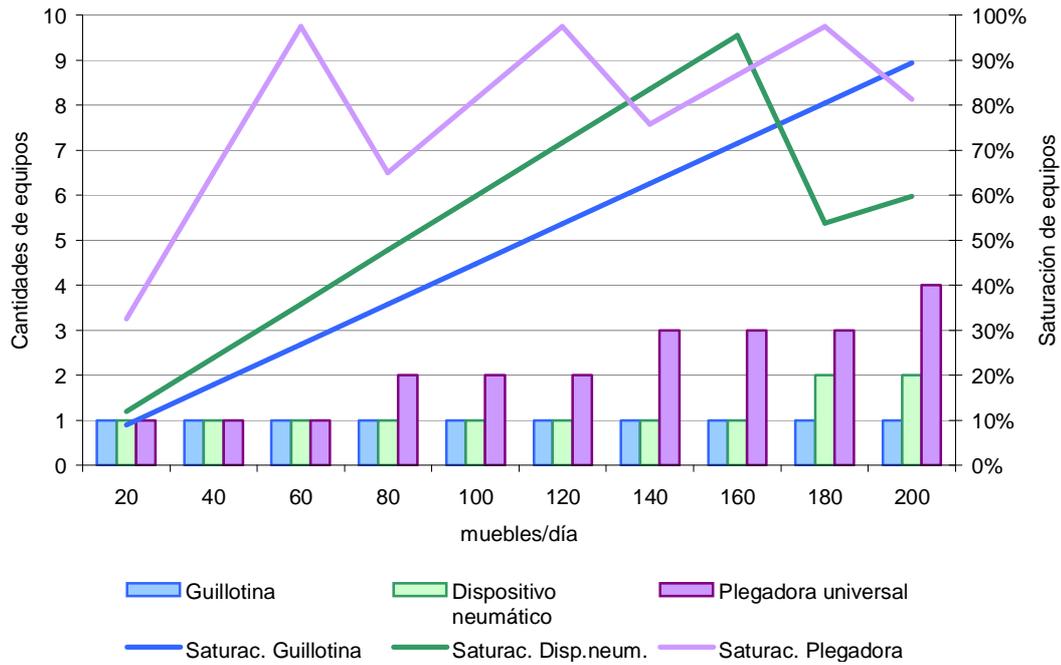


Gráfico 4.22. Cantidades de equipos y saturación en conformado de refuerzos con alternativa manual para distintos niveles de producción trabajando 2 turnos diarios.

Planteando el conformado automático de refuerzos se obtiene:

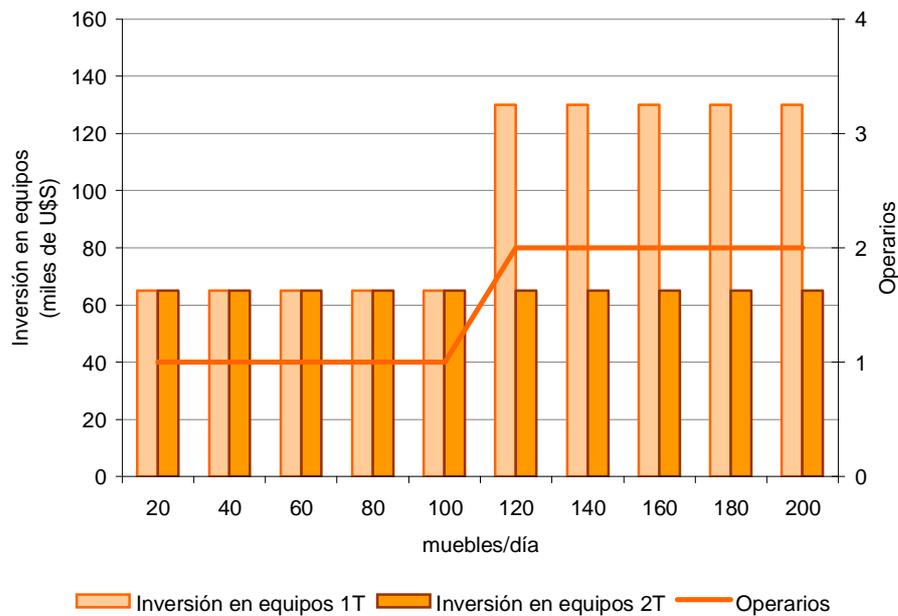


Gráfico 4.23. Inversiones y cantidades de operarios en conformado de refuerzos con alternativa automática para distintos niveles de producción con 1 y 2 turnos diarios.

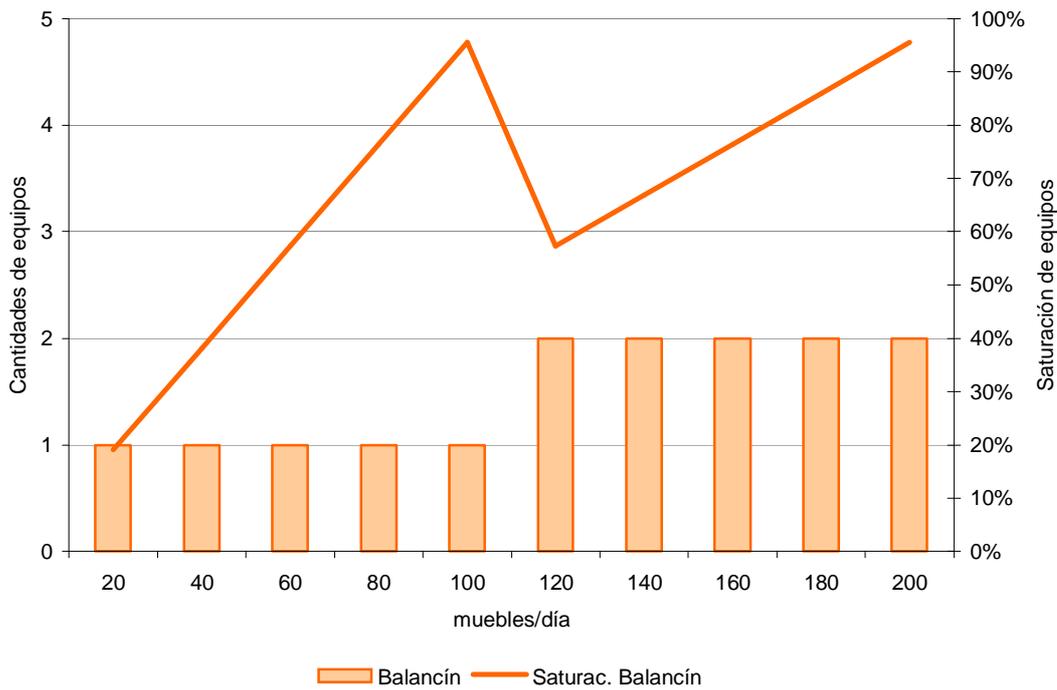


Gráfico 4.24. Cantidades de equipos y saturación en conformado de refuerzos con alternativa automática para distintos niveles de producción trabajando 1 turno diario.

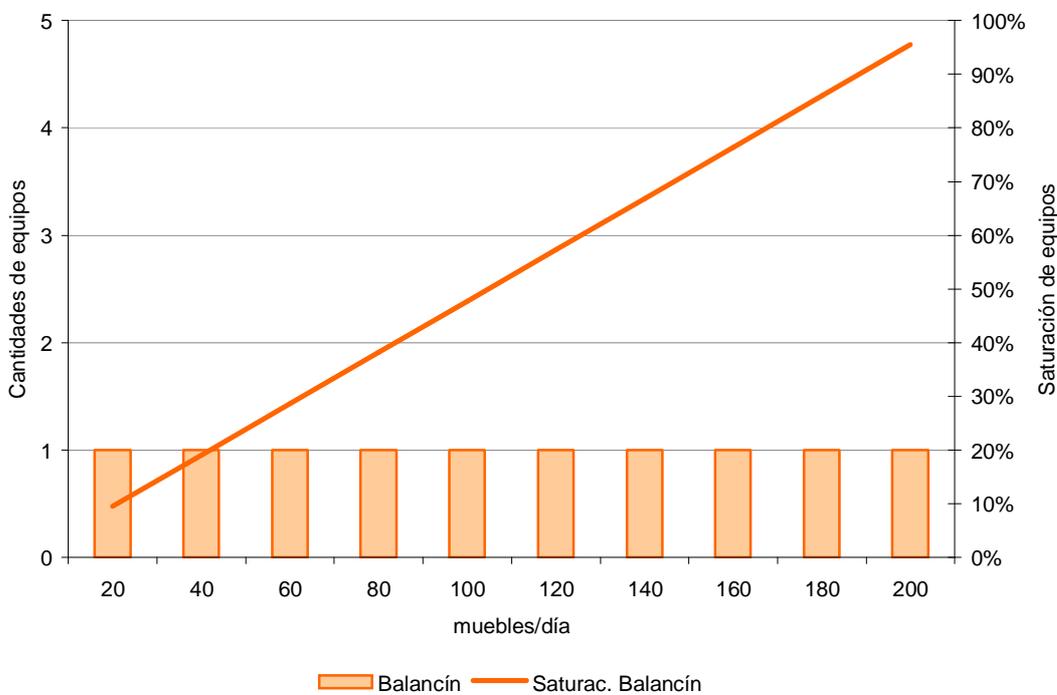


Gráfico 4.25. Cantidades de equipos y saturación en conformado de refuerzos con alternativa automática para distintos niveles de producción trabajando 2 turnos diarios.

Resumiendo los resultados de las alternativas manual y automática para 1 y 2 turnos diarios:

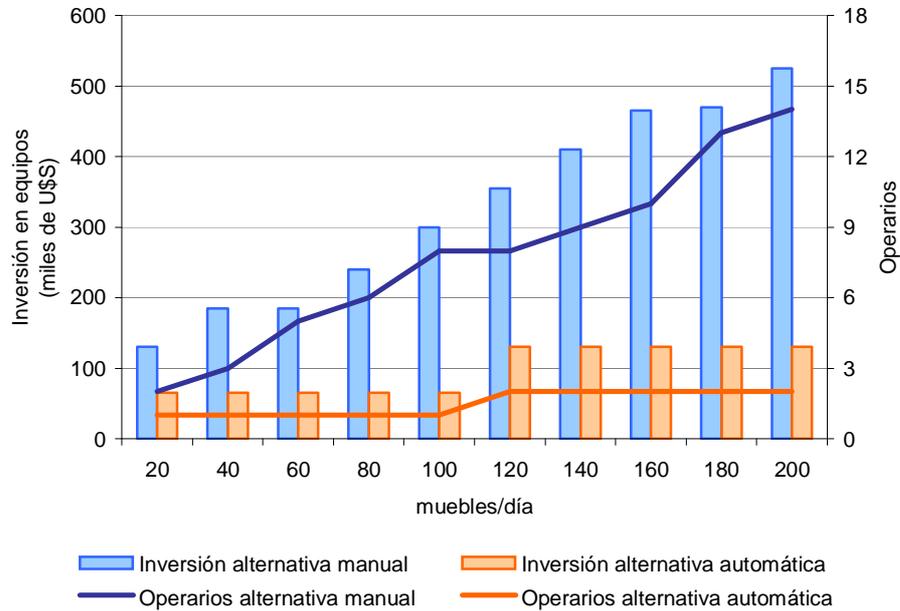


Gráfico 4.26. Comparación de alternativas de conformado de refuerzos para distintos niveles de producción trabajando 1 turno diario.

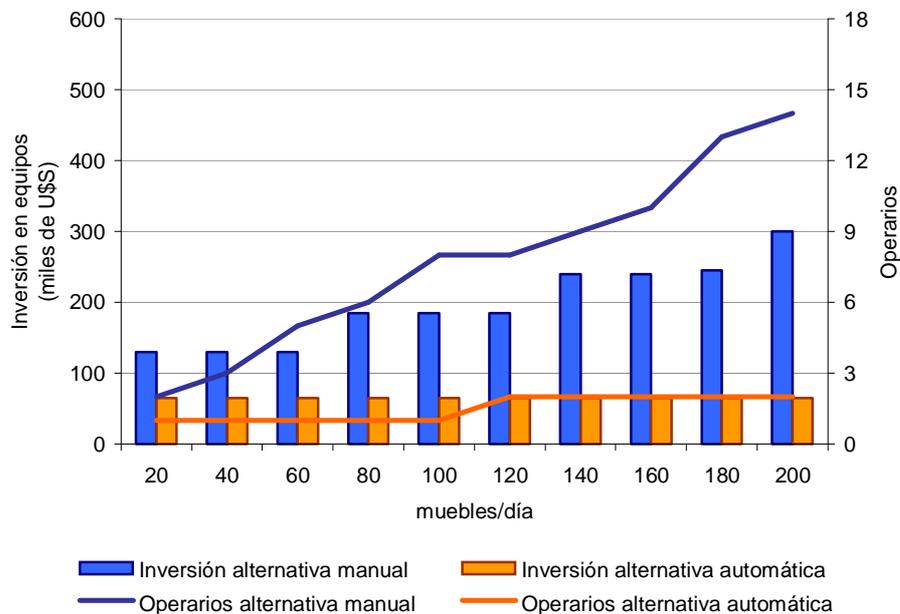


Gráfico 4.27. Comparación de alternativas de conformado de refuerzos para distintos niveles de producción trabajando 2 turnos diarios.

A partir de los resultados obtenidos puede concluirse que:

- A diferencia de lo encontrado para los procesos de conformado de los paneles principales y auxiliares, en el caso de los refuerzos, la alternativa automática (con balancines de alimentación automática) requiere menores inversiones (aproximadamente el 35% de la alternativa manual) para todos los niveles de producción
- La variante automática ofrece por equipo mayor capacidad productiva que los equipos manuales. Esta ociosidad les da mayor flexibilidad para absorber incrementos en las cantidades a producir.
- Trabajando 1 turno diario, la alternativa manual requiere inversiones en equipos (especialmente en plegadoras) para prácticamente cada incremento en la capacidad productiva.
- La saturación de los procesos no es homogénea. Los procesos de plegado en este caso son los procesos críticos de la alternativa manual. Son los que más rápidamente se saturan y por lo tanto son los generadores de la mayor proporción de las inversiones.
- A medida que aumenta el grado de automatización disminuyen las necesidades de MOD. Los requerimientos de MOD de la alternativa automática están entre el 15% y el 50% de los requerimientos de la alternativa manual, dependiendo del nivel de producción.
- La apertura del segundo turno de producción genera ahorros en las inversiones, pero no tan notables como los encontrados en el conformado de los paneles principales y auxiliares.
- Dado que a la alternativa automática de conformado de refuerzos corresponden menores inversiones en equipos y menor necesidad de personal en planta se recomienda su elección por sobre la alternativa manual. La utilización de guillotinas, dispositivos neumáticos y plegadoras para conformado de refuerzos en común con los paneles principales y auxiliares no hubiese cambiado la situación en forma notoria para la mayoría de los casos ya que, como puede verse en las curvas de saturación de las máquinas (gráfico 4.21), no hay una marcada capacidad ociosa en los equipos que permita un aprovechamiento significativo en otra tarea que no sea el conformado de refuerzos.

4.4. Procesos de pretratamiento y pintura

Una vez conocida la geometría de las piezas se deben calcular las dimensiones de los subconjuntos. Debido a que en todos los casos los subconjuntos del caso están integrados por un panel principal al cual se le sueldan los paneles auxiliares y refuerzos correspondientes, las medidas de los subconjuntos no difieren en gran medida de las dimensiones de los paneles principales. En las primeras aproximaciones de cálculo se puede asumir que dichos valores son iguales.

Con las medidas y geometrías de los subconjuntos se evalúa su correcta disposición de colgado en la cadena de pretratamiento y pintura. La posición de los subconjuntos en la cadena determina la cantidad de metros lineales que deben ser procesados por día. Al decir metros lineales se hace referencia a la suma de los anchos de los subconjuntos al colgarlos (la altura de los subconjuntos colgados no se tiene en cuenta en este cálculo pero sí en otros). Sumando a este valor los espacios que deben dejarse entre piezas, y afectando al resultado por un factor de ocupación de la cadena (se adoptó un factor del 80% en este caso) se obtienen los metros que debe avanzar la cadena por día. Dividendo esta distancia por las horas diarias disponibles se obtiene la velocidad de cadena requerida.

Esta velocidad de cadena determina la configuración de todos los equipos de pretratamiento y pintura. A mayor velocidad se deben colocar más reciprocadores para la aplicación del pretratamiento y de la pintura, y aumenta la superficie ocupada. El aumento de espacio se debe a que aumenta la longitud necesaria para desengrase, enjuague, fosfatizado, enjuague, pasivado, secado, curado de pintura y carga y descarga de piezas en la cadena (a igual tiempo para realizar una operación, si aumenta la velocidad también aumenta la distancia recorrida).

La cantidad de m^2 a procesar, y las alturas y geometrías de los subconjuntos colgados en la cadena también inciden en el diseño de los equipos y deben tomarse en cuenta.

Dado que los procesos de pretratamiento y pintura son diseñados prácticamente a medida de las necesidades del proyecto se recomienda solicitar a empresas especializadas en el rubro sobre distintas configuraciones de proceso posibles, sus características y costos.

En principio las formas de aplicación de pretratamiento más comunes son: inmersión, spray y sistemas combinados. Existe y es usado en la actualidad el

pretratamiento por trapeado. No se recomienda la elección de este proceso ya que implica más MOD, menor resistencia a la corrosión y menor calidad del acabado superficial en el producto terminado.

Existen varias posibilidades para procesos de pintura. Los principales son aspersion electrostática (manual y automática), inmersión y sopleado de pintura líquida. La pintura por inmersión deja durante el escurrimiento líneas de colado, dando una mala terminación superficial al producto terminado. El sopleado manual tiene poca capacidad de recuperación de material y emplea pinturas de base solvente, las cuales implican mayor contaminación y riesgos en la planta (son inflamables). La pintura electrostática en polvo no sólo evita estos inconvenientes sino que también es una alternativa tecnológica atractiva por su flexibilidad en cuanto a posibilidades de diseño de proceso. Los procesos de pintura en polvo se pueden automatizar de acuerdo a los requerimientos del proyecto y los niveles de inversión disponibles; se trata de una tecnología económicamente competitiva con fuertes ventajas respecto de las otras.

La selección de determinada pintura depende de los requisitos específicos de la aplicación, que en el caso de los paneles metálicos suelen ser de resistencia a las acciones químicas de los productos de limpieza y del ambiente en general. A diferencia del atomizado convencional, en el que se puede perder hasta 70% de la pintura, en la aplicación electrostática se puede perder sólo 10%. Sin embargo, con este método es difícil cubrir oquedades hondas y esquinas, por lo que en el diseño de los productos y de los procesos se debe tener en cuenta esta desventaja para que no genere problemas en la calidad del producto.

Para el caso de estudio se opta por un sistema continuo de pretratamiento por spray y pintura electrostática en polvo, disponiendo una cadena común donde se cuelgan los subconjuntos soldados. Los mismos recién son descolgados una vez que han sido pintados, la pintura ha curado y las piezas están a temperatura adecuada para ser manipuladas. Como se ha mencionado en otro capítulo de este trabajo, la integración de los procesos elimina necesidades de transporte de las piezas entre procesos y genera, al trabajar con piezas planas (subconjuntos), la posibilidad de emplear reciprocadores y por ende, automatizar los procesos de pretratamiento y pintura. En caso de optar por la aplicación manual, igualmente esta forma de trabajo permite virar a una aplicación automatizada con la compra de algunos equipos, manteniendo muchos de los equipos ya instalados para la alternativa manual.

4.5. Procesos de soldadura

4.5.1. Soldadura de subconjuntos

La soldadura de subconjuntos, tal como se muestra en el diagrama de procesos de la alternativa elegida (alternativa C, ver figura 3.5), es el proceso a realizar una vez que las piezas ya han sido conformadas. El fin de la soldadura de subconjuntos es integrar a los paneles principales los paneles auxiliares y refuerzos que les correspondan, para así poder simplificar los posteriores procesos de pretratamiento y pintura.

Dado que no todas las piezas tienen la misma forma de vinculación con otras, se deben analizar las geometrías de las mismas y los procesos de soldadura en particular para cada una de ellas.

En el caso de estudio se encontraron 3 tipos de unión:

- Soldadura tipo 1: Uniones entre paneles principales y refuerzos.
- Soldadura tipo 2: Uniones entre paneles principales y paneles auxiliares con línea de puntos en cara principal del panel principal.
- Soldadura tipo 3: Uniones entre paneles principales y paneles auxiliares con línea de puntos en cara secundaria del panel principal.

Existen muchas tecnologías de soldadura pero para este análisis se consideran solamente distintas posibilidades de soldadura por puntos. Para ver más información al respecto remitirse al anexo correspondiente de este trabajo.

Se pueden considerar dos formas básicas de realizar el ensamble de los subconjuntos:

- Con equipos de soldadura manuales.
- Con equipos de soldadura especiales.

La alternativa manual de soldadura consiste en la utilización de equipos capaces de realizar un punto de soldadura por vez. Si bien se trata de equipos más estándar que los especiales, se requiere un grado de adecuación al tipo de soldadura que realizan y por ello, se contemplan tres tipos distintos de estaciones de soldadura manual (uno para cada tipo de soldadura de subconjuntos).

Como segunda alternativa para la soldadura de subconjuntos existe la posibilidad de utilizar equipos de soldadura diseñados a medida capaces de realizar por “golpe de máquina” toda la línea de puntos de soldadura correspondiente a la unión de dos piezas.

Dado que a cada tipo de proceso de soldadura de subconjuntos corresponde un tratamiento particular, los mismos fueron considerados en forma separada para su dimensionamiento en cantidades de equipos, mientras que los operarios se consideraron comunes a todos los procesos (polivalencia de los operarios para procesos de soldadura de subconjuntos).

En muchos casos las dimensiones de los paneles principales alcanzan valores cercanos a los 2 metros. Por esta razón se plantean puestos de trabajo de dos operarios. De esta forma, el posicionamiento y la descarga de piezas se realizan en forma conjunta, mientras que la aplicación de los puntos de soldadura es llevada a cabo en forma simultánea por ambos operarios dotando a cada uno de un equipo de soldadura manual.

4.5.2. Comparación de alternativas de soldadura de subconjuntos

Para el dimensionamiento de los procesos de soldadura de subconjuntos se asume:

SOLDADURA DE SUBCONJUNTOS	Estándar de operación	Rol	Inversión por equipo
	seg/golpe	oper./equipo	U\$/equipo
Con equipos manuales			
Soldadora de puntos tipo 1	6	2	6.000
Soldadora de puntos tipo 2	4	2	6.000
Soldadora de puntos tipo 3	4	2	6.000
Con equipos especiales			
Soldadora de subconjuntos tipo 1	40	2	250.000
Soldadora de subconjuntos tipo 2	40	2	95.000
Soldadora de subconjuntos tipo 3	40	2	120.000

Tabla 4.5. Supuestos de cálculo para los equipos manuales y especiales de soldadura de subconjuntos.

Utilizando equipos manuales para todos los tipos de uniones enumerados anteriormente se obtiene:

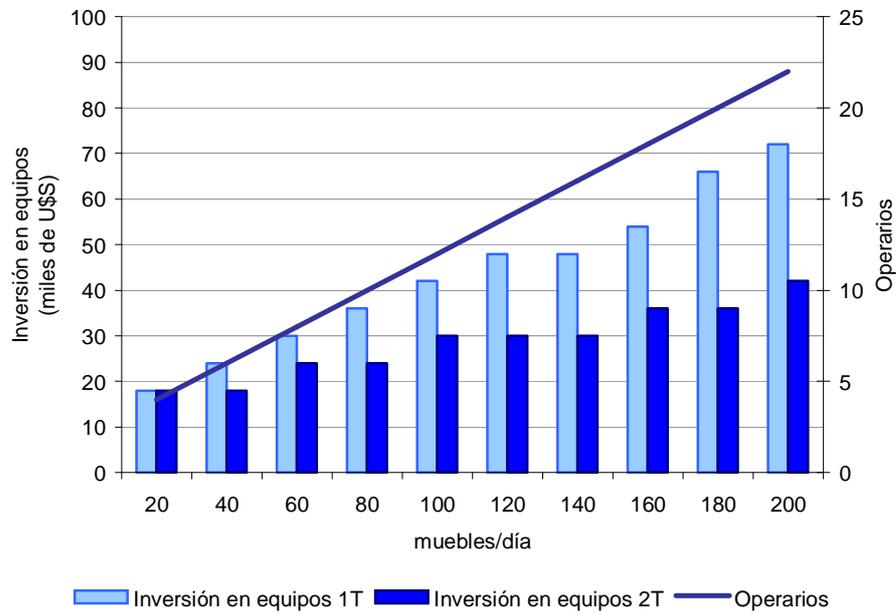


Gráfico 4.28. Inversiones en equipos manuales y cantidades de operarios en soldadura de subconjuntos para distintos niveles de producción con 1 y 2 turnos diarios.

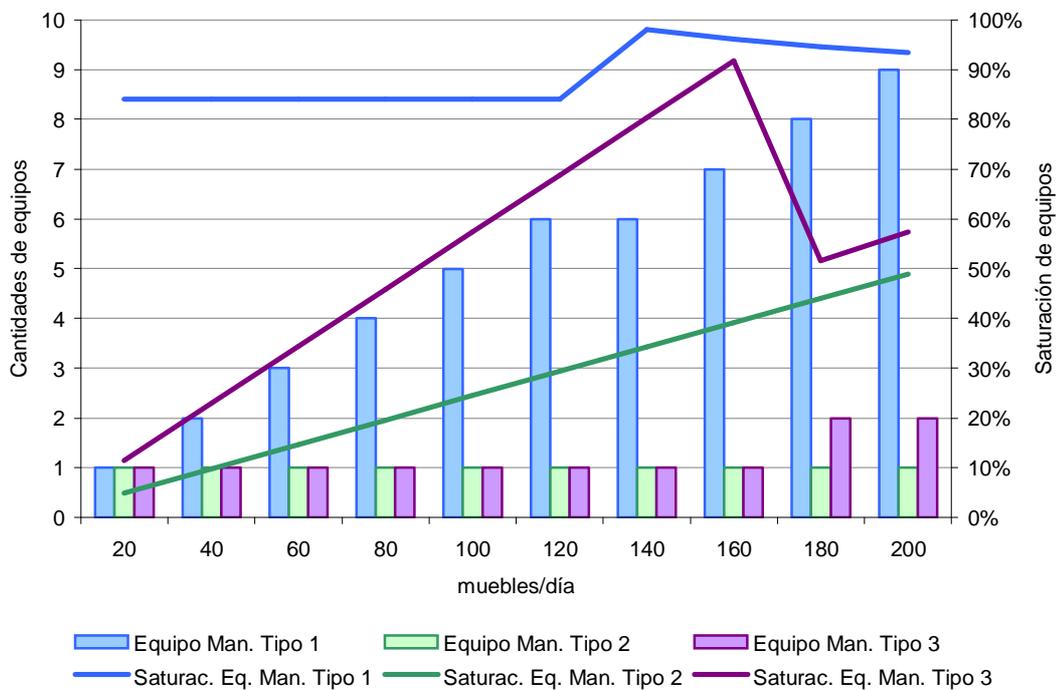


Gráfico 4.29. Cantidades de equipos manuales y su saturación en soldadura de subconjuntos para distintos niveles de producción trabajando 1 turno diario.

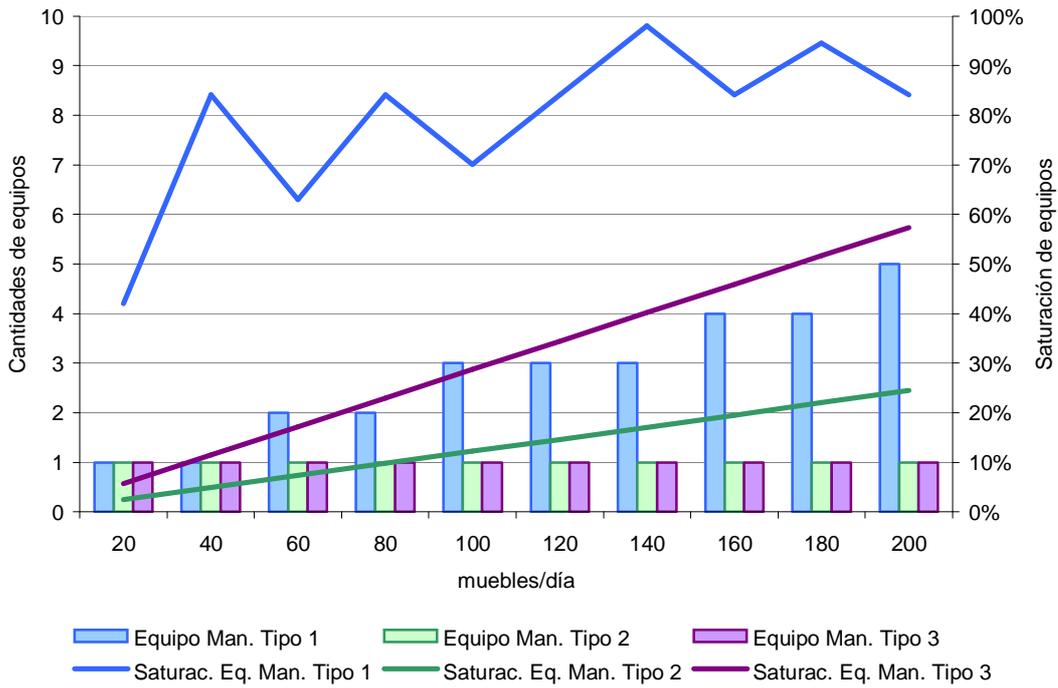


Gráfico 4.30. Cantidades de equipos manuales y su saturación en soldadura de subconjuntos para distintos niveles de producción trabajando 2 turnos diarios.

Por otra parte, empleando todos equipos especiales:

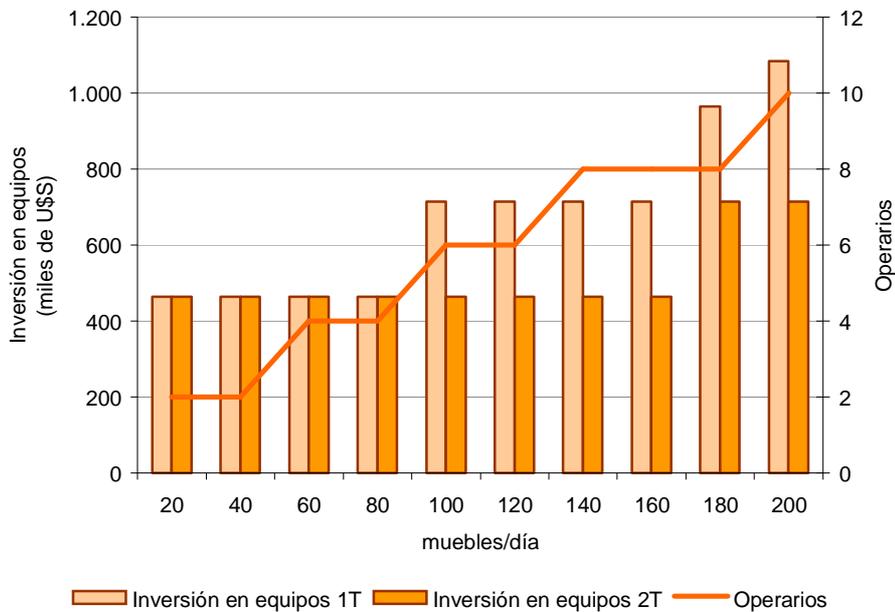


Gráfico 4.31. Inversiones en equipos especiales y cantidades de operarios en soldadura de subconjuntos para distintos niveles de producción con 1 y 2 turnos diarios.

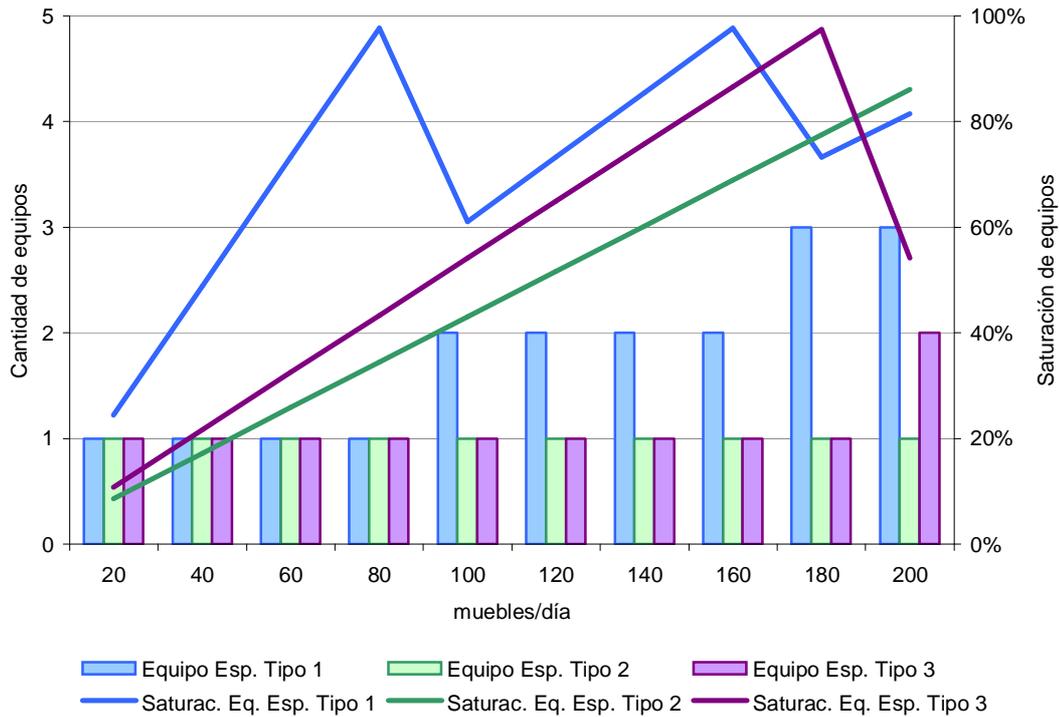


Gráfico 4.32. Cantidades de equipos especiales y su saturación en soldadura de subconjuntos para distintos niveles de producción trabajando 1 turno diario.

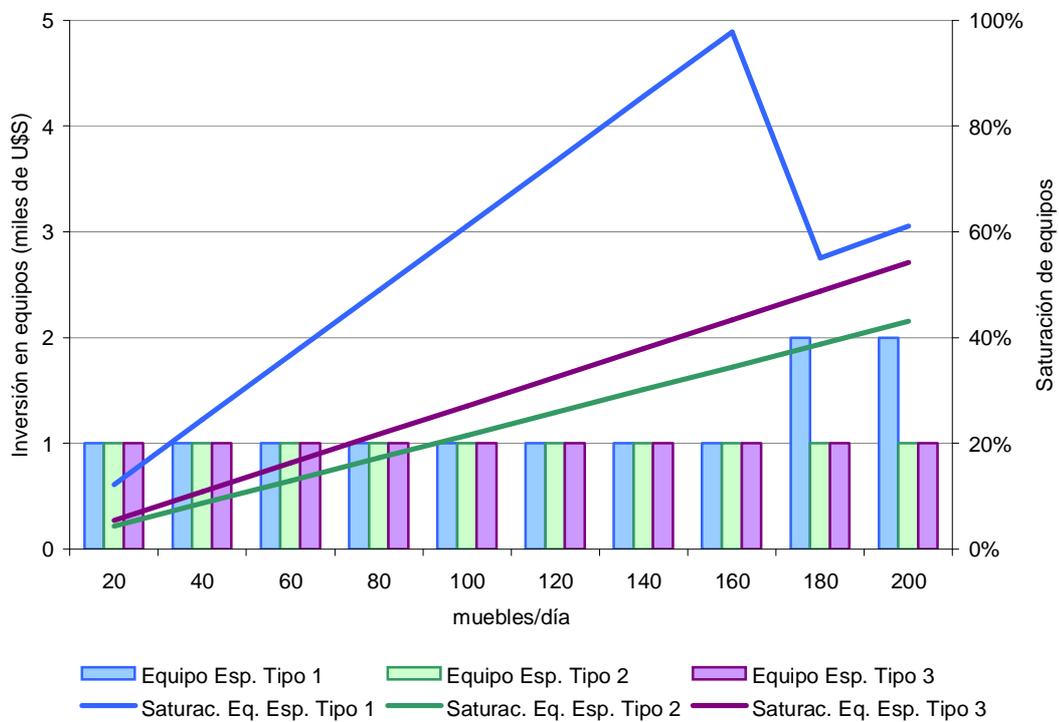


Gráfico 4.33. Cantidades de equipos especiales y su saturación en soldadura de subconjuntos para distintos niveles de producción trabajando 2 turnos diarios.

A partir de los resultados obtenidos puede concluirse que:

- La utilización de equipos especiales aumenta notablemente las inversiones a pesar de que las cantidades de equipos sean equiparables. Para todos los niveles de producción, ya sea con 1 o 2 turnos diarios la alternativa de equipos especiales requiere más inversiones que la alternativa manual (que representa sólo casi el 10% de la otra alternativa). Esta diferencia se debe al mayor valor por equipo de las máquinas especiales respecto de las máquinas manuales.
- Los equipos especiales, no ofrecen en todos los casos mayor capacidad productiva que los equipos manuales de soldadura (como sí sucedía en los procesos de corte y estampado). La saturación de los equipos manuales y especiales es pareja en el caso de las soldaduras de subconjuntos tipo 2 y 3 como puede verse en las gráficos 4.29, 4.30, 4.32 y 4.33. Sólo en el caso de las soldaduras tipo 1 se encuentra una diferencia de capacidad productiva a favor de la máquina especial. Esta máquina, de mayor valor que el resto de los equipos especiales, es capaz de realizar más puntos de soldadura por golpe de máquina (suelda las dos líneas de puntos correspondientes a la unión panel principal- refuerzo en forma simultánea). En consecuencia, las cantidades de equipos necesarios para soldaduras tipo 1 son menores para la alternativa especial.
- Las soldaduras tipo 1 son las más importantes para la empresa del caso de estudio porque a cada panel principal le corresponde al menos un refuerzo (soldadura tipo 1), pero no siempre un suplemento o un travesaño (soldaduras tipo 2 y 3). Adicionalmente, por las características de cada uno de los procesos de soldadura, las soldaduras tipo 1 generan la mayor saturación de equipos en la mayoría de los casos.
- El uso de equipos manuales de un punto de soldadura por vez aumenta las necesidades de MOD. Para todos los niveles de producción se encuentra que esta alternativa requiere aproximadamente el doble de la cantidad de operarios que serían necesarios con los equipos especiales. Esta gran diferencia se sustenta en las soldaduras tipo 1, que al requerir para la alternativa manual mayor cantidad de equipos, por el personal que es asignado a ellos, aumenta la cantidad de operarios en planta.
- La independencia de los distintos procesos de soldadura entre sí motiva al análisis de conveniencia de las alternativas tecnológicas en forma separada. Así, por ejemplo, para este caso existe una alternativa muy importante a tener en cuenta que es la compra de equipos especiales

para las soldaduras tipo 1 y equipos manuales para soldaduras tipo 2 y 3. Trabajando de esta forma se tendría una mejor compensación del capital invertido para la máquina en ahorros de MOD.

- La apertura del segundo turno de producción genera ahorros en las inversiones para muchos de los escenarios (cuando trabajando 2 turnos se evita la compra de equipos que se deberían comprar si se trabajara un solo turno). En los gráficos de equipos le corresponden a estos volúmenes de producción baja saturación con 1 turno por la ociosidad generada al comprar un nuevo equipo. Los ahorros en compras de equipos hacen que todas las curvas de 2 turnos se vean más aplanadas y discretas que las de 1 turno.

4.5.3. Soldadura de piezas para armado final

El proceso de armado final para la alternativa seleccionada parte de los subconjuntos que ya han sido pintados. Siendo todos ellos piezas de geometrías a grandes rasgos planas, se deben tener en cuenta formas de mantener estable la estructura del mueble a medida que se lo va ensamblando. Este proceso puede ser realizado en mesas de armado con mecanismos de sujeción que afirmen los subconjuntos a medida que se los va integrando a la estructura del mueble, antes que su vinculación por soldadura les permita mantenerse en posición por sí mismos.

La principal operación a realizar en el armado final es la soldadura de los subconjuntos entre sí. La misma puede ser realizada con soldadoras manuales con picos diseñados para las distintas configuraciones de las piezas. Debido a que las restricciones espaciales y geométricas de la soldadura en el armado final son más marcadas que las de los procesos previos de soldadura (para armado de los subconjuntos) tiene menos sentido el planteo de una alternativa automática o con equipos especiales de varios puntos por vez.

Por las mismas razones de índole ergonómica mencionadas anteriormente para los puestos de soldado de subconjuntos (piezas de gran tamaño), los puestos de armado final deben estar dimensionados para el trabajo coordinado de al menos 2 operarios. Un procedimiento de armado genérico para los 3 muebles del mix sería por ejemplo:

- Colocación del fondo sobre mesa.
- Unión de los conjuntos laterales al fondo (uno por vez).
- Verificación de la posición de los estantes, asegurando la perpendicularidad entre estantes y laterales.
- Unión del conjunto base.
- Unión del conjunto techo.
- Colocación de las puertas reforzadas, soldando las bisagras correspondientes si correspondiese.
- Colocación de los estantes dentro del mueble.

4.5.4. Dimensionamiento del puesto de armado final

Dado que el proceso de armado final es más complicado que la soldadura de los subconjuntos por la necesidad de ir afirmando la estructura a medida que se la arma para que no colapse y permita el trabajo a los operarios, se asumen mayores tiempos para las operaciones de soldado en armado final. Los supuestos de cálculo se muestran en la tabla 4.6:

ARMADO	Estándar de operación	Rol	Inversión por equipo
	seg/golpe	oper./equipo	U\$\$/equipo
Mesa de armado	12	2	10.000

Tabla 4.6. Supuestos de cálculo para los equipos de soldadura en armado final.

A partir de estos valores se estiman las cantidades de equipos, operarios e inversiones necesarias para los distintos niveles de producción:

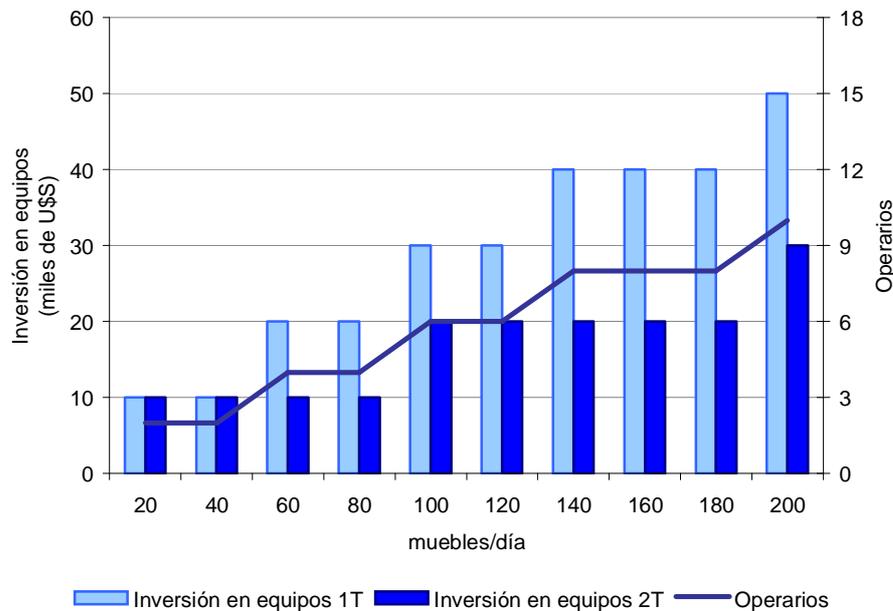


Gráfico 4.34. Inversiones en mesas de armado final para distintos niveles de producción con 1 y 2 turnos diarios.

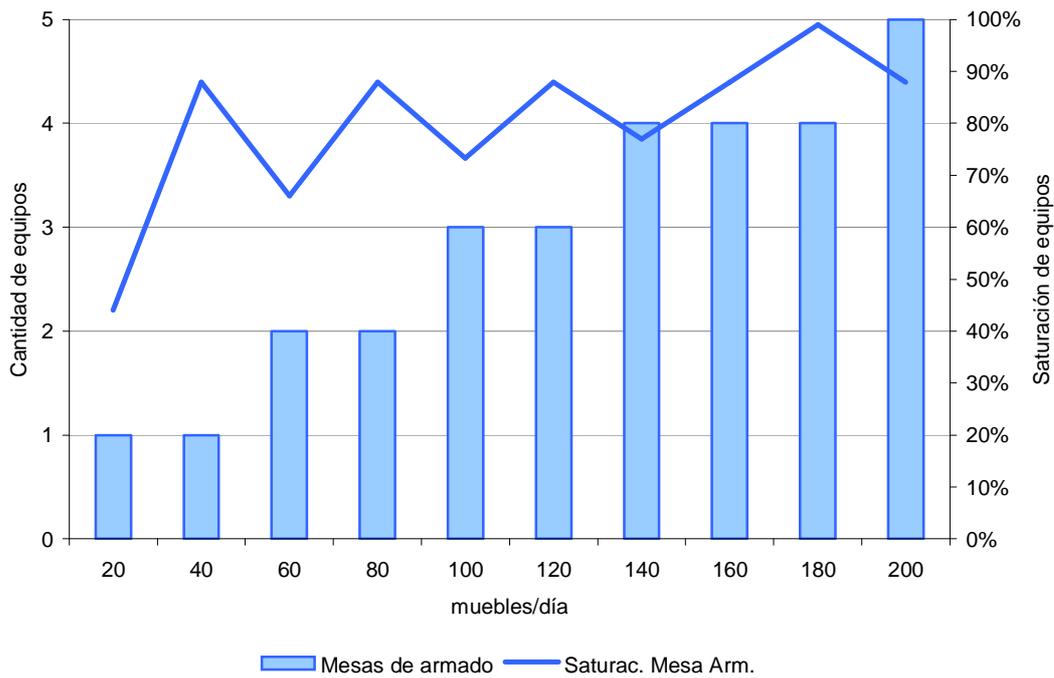


Gráfico 4.35. Cantidades de mesas de armado final para distintos niveles de producción trabajando 1 turno diario.

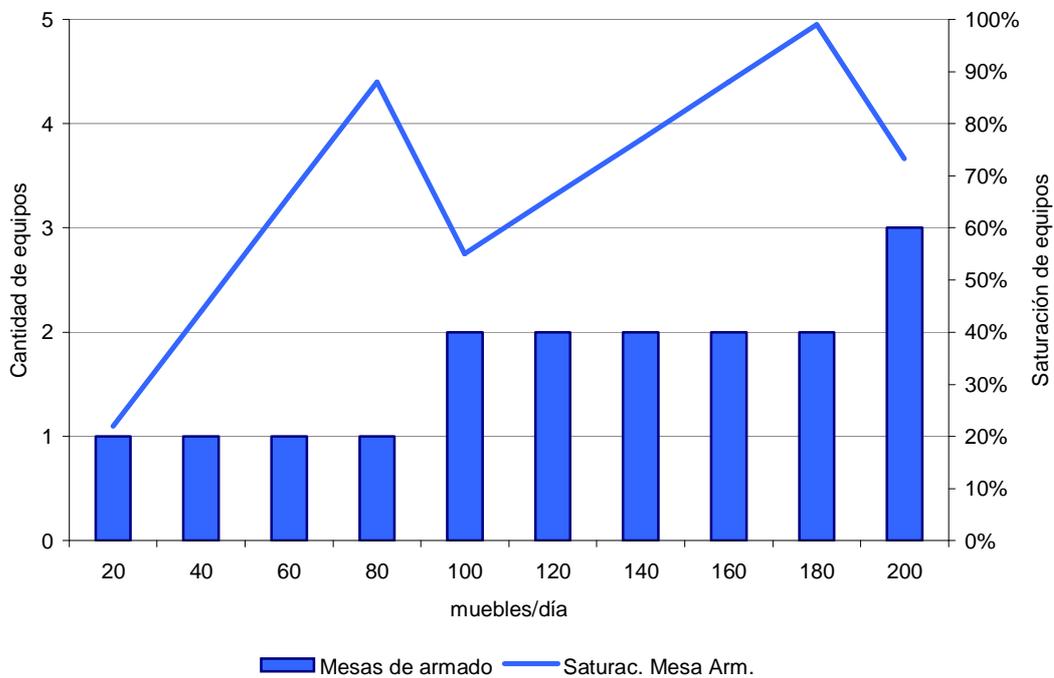


Gráfico 4.36. Cantidades de mesas de armado final para distintos niveles de producción trabajando 2 turnos diarios.

En este caso la alternativa mostrada es única ya que para el armado final de este mix de muebles la consideración de una alternativa automatizada implicaría el uso de robots con brazos mecánicos con un alto grado de libertad en los movimientos, lo cual llevaría a inversiones prohibitivas para el tipo de proyecto de que se trata.

Por tratarse de equipos manuales de soldadura, capaces de realizar un punto por vez, las inversiones en mesas de armado no alcanzan comparativamente los montos de otros procesos. Cabe remarcar que la inversión por equipo que figura en la tabla 4.6 incluye los dispositivos auxiliares necesarios para realizar el armado (mesa de trabajo, fijaciones para piezas, etc.).

4.6. Factores a tener en cuenta respecto de los equipos

Ampliando la lista enumerada en el comienzo de este capítulo, se mencionan algunos de los principales factores a tener en cuenta en la elección de equipos:

- Dimensiones, peso y cargas dinámicas.
- Especificaciones de funcionamiento.
- Inversiones iniciales.
- Costos operativos.
- Vida útil.
- Valor residual.
- Ciclo de vida de la tecnología.
- Instrucciones de uso – Capacitación.
- Flexibilidad y elasticidad para la producción.
- Setup: forma de programación y selección de programas.
- Requerimientos de insumos y materias primas.
- Servicios: agua, electricidad, gas, aire comprimido, etc.
- Plan de montaje.
- Fundaciones y requisitos estructurales.
- Requerimientos de mantenimiento.
- Repuestos: consumibles y componentes.

Este listado busca ampliar el espectro de criterios más allá de los aspectos en los que se ha hecho foco a lo largo del capítulo de dimensionamiento de procesos, vale decir, cantidades de equipos, su aprovechamiento, inversiones y requerimientos de MOD. Como se ha mencionado, la elección de tecnologías es una decisión compleja y debe contemplar todos los aspectos cuantitativos y cualitativos de cada una de las posibilidades.

5. CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se demuestra cómo la ingeniería de productos y de procesos están íntimamente relacionadas en las industrias de paneles metálicos. Por esta razón, para la elaboración de nuevos productos es recomendable contar con un proceso de desarrollo bien definido desde la perspectiva de la ingeniería concurrente, convocando desde las primeras etapas de los proyectos a todas las disciplinas que estén involucradas en la toma de decisiones.

La comunicación entre y dentro de las disciplinas es fundamental para el éxito de los proyectos. Con el trabajo conjunto de las distintas áreas se minimizan las iteraciones naturales del proceso de desarrollo, lo cual resulta en un mejor aprovechamiento de los recursos. La comunicación entre las áreas de la empresa permite detectar la existencia de metas de diseño conflictivas entre sí como primer paso para la búsqueda de una meta común. Adicionalmente, cuando participan todas las disciplinas en cada una de las etapas del desarrollo se logra la mejor concordancia entre productos y procesos ya que se toman en forma compartida decisiones sobre detalles de diseño que puedan generar impactos significativos sobre la calidad del producto y de su costo.

Más allá del diseño y de las especificaciones de un producto, el primer paso para lograr un producto más competitivo es el entendimiento de los procesos utilizados para su fabricación. Frecuentemente pueden realizarse ajustes en el diseño de producto que no impliquen cambios en su uso y desempeño pero si permitan grandes simplificaciones o ahorros en los procesos de fabricación.

Por ejemplo, en este trabajo se demuestra que mediante el uso de refuerzos en cantidades y disposiciones especialmente estudiadas puede aumentarse la resistencia mecánica de los paneles permitiendo un uso más racionalizado de los materiales y evitando aumentar el espesor de chapa, lo cual además de aumentar el consumo de materia prima implica el uso de equipos más caros.

A través de la estandarización de componentes y procesos se pueden lograr una importante simplificación en las operaciones de planta y notables ahorros en stocks, matricería y maquinaria fruto de las economías de escala de los elementos estandarizados. Aplicando estandarización en el caso de estudio se logra desde la arquitectura de producto una disminución del 55% en la cantidad de tipos de piezas. Además, las posibilidades de estandarización no se limitan a piezas sino que también puede aplicarse a troqueles de despunte y de

punzonado, geometrías de plegado y perfiles de refuerzos con resultados beneficiosos.

Una forma útil de orientar la tarea de diseño en las primeras etapas de diseño de los productos es ponderar la importancia relativa de cada una de las piezas en la actividad productiva. Con ello se puede centrar la atención en las piezas más críticas. En este trabajo se proponen dos indicadores de importancia de las piezas (importancia en cantidad e importancia en peso) que demuestran ser válidos para tal fin siempre y cuando se vayan actualizando a medida que se avanza con el diseño de los productos.

En la mayoría de los casos existen diferentes alternativas tecnológicas para cada uno de los procesos productivos, cada una con sus restricciones y drivers de costos. Muchos de los procesos que tradicionalmente se realizan en forma manual van adquiriendo posibilidades de automatización con niveles de inversión inicial generalmente superiores pero capaces de generar importantes ahorros de mano de obra directa.

En el caso de estudio se escoge una alternativa que consiste en la realización de las etapas de pretratamiento y de pintura sobre subconjuntos planos en lugar de aplicarse sobre conjuntos voluminosos. Dicha alternativa implica grandes beneficios tales como el manipuleo de conjuntos más pequeños y livianos, un mejor aprovechamiento de los materiales a aplicar, la posibilidad de integrar fácilmente los procesos de pretratamiento y de pintura, y la posibilidad de automatizar dichos procesos.

En los procesos de conformado de este caso, fruto de la variedad geométrica de las piezas, se encuentra que ciertas operaciones requieren la utilización de equipos manuales aunque se intente optar por alternativas automáticas en todos los procesos. Esto se debe a la menor flexibilidad de los equipos automáticos frente a los equipos manuales. Sin embargo y como excepción a esta premisa, se adoptan equipos automáticos específicos para el conformado de los refuerzos (piezas destinadas a fortalecer los paneles) debido a su importante escala de producción.

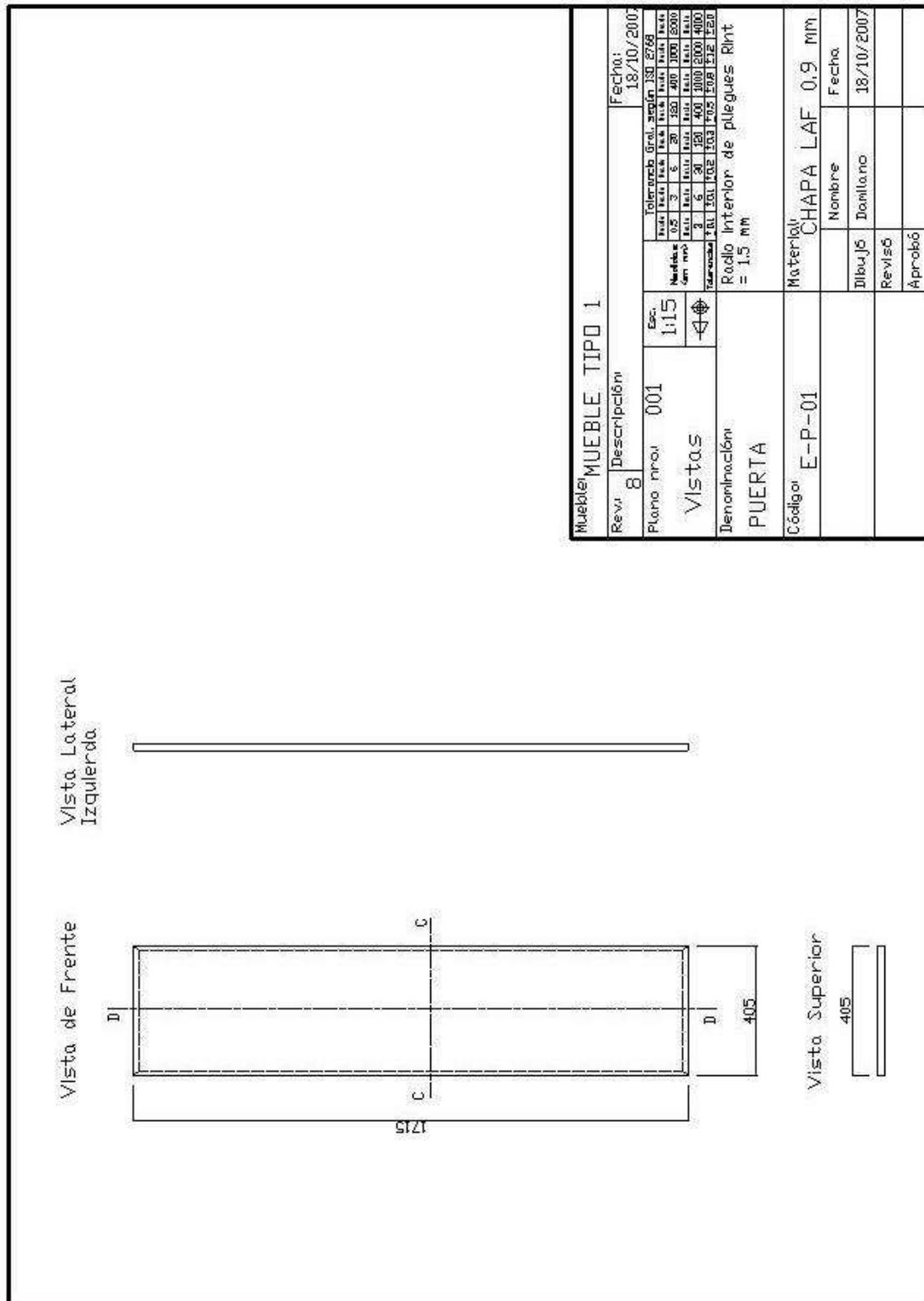
La soldadura de piezas se puede categorizar según distintos tipos de unión. De esta manera pueden encontrarse grupos de uniones con características similares para las que pueden plantearse soluciones tecnológicas específicas. Particularmente en este tipo de industria el tipo de unión más representativo y potencialmente optimizable es el encontrado entre los paneles y sus respectivos refuerzos. Por los volúmenes de producción que pueden llegar a alcanzar este tipo de uniones es aconsejable considerar para ellas el uso de máquinas capaces de realizar varios puntos de soldadura en forma simultánea.

En máquinas de este tipo, un único golpe de máquina realiza la totalidad de los puntos de soldadura correspondientes a la unión de un panel y con su refuerzo. En otros tipos de uniones con menor escala los procesos de soldadura manuales resultan una alternativa más atractiva.

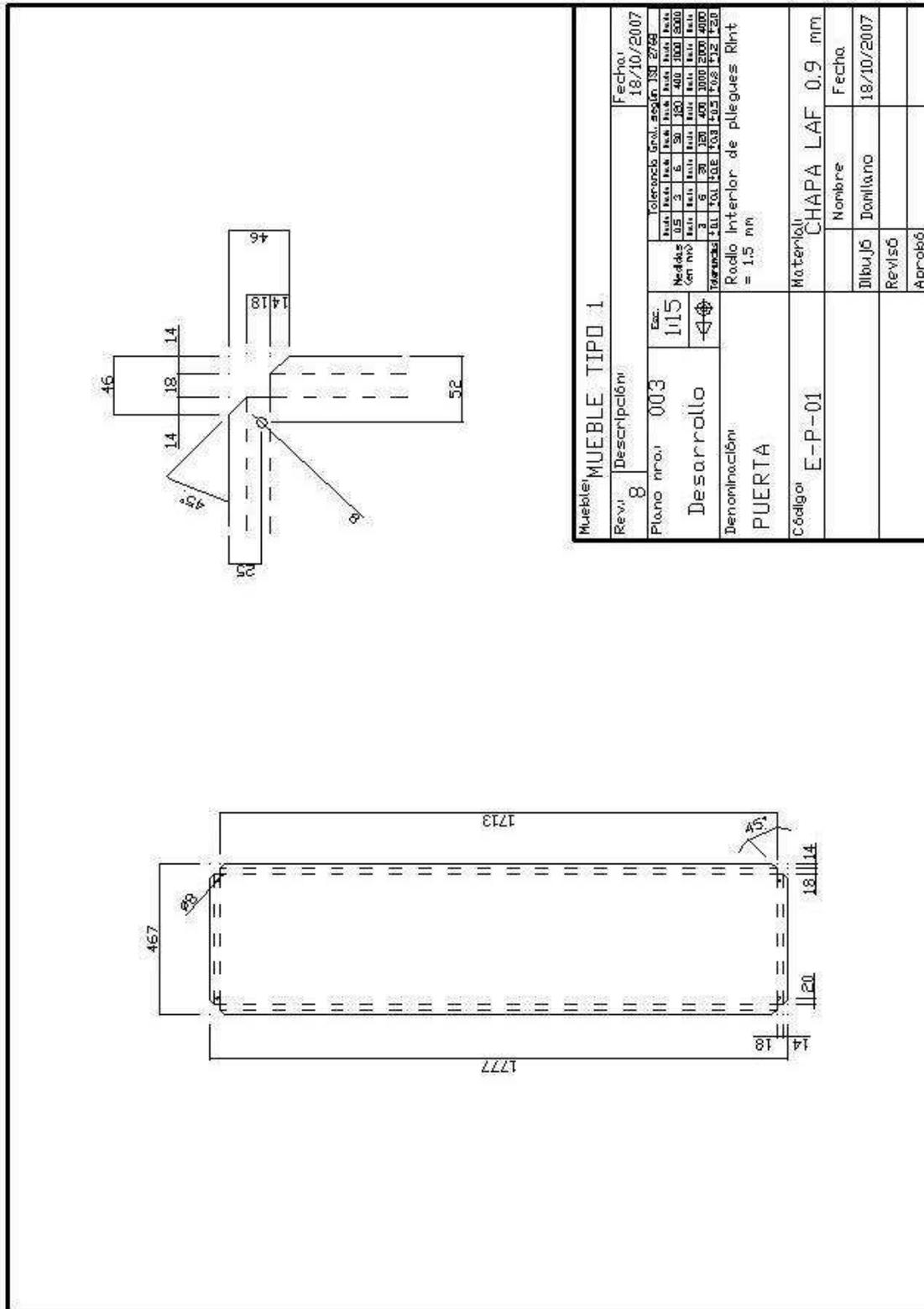
La elección entre las alternativas para todo tipo de procesos requiere un cuidadoso análisis técnico-económico de cada una teniendo en cuenta todos los criterios cualitativos y cuantitativos que hacen a la decisión. Los aspectos cuantitativos se deben ir ajustando conforme evolucione el desarrollo del proyecto ya que a medida que se avanza en las definiciones de producto y de procesos se va contando cada vez con información más detallada. En este trabajo también se pone en evidencia lo importante que resultan la flexibilidad y la elasticidad de las tecnologías elegidas, entendiendo tales atributos como las capacidades futuras de adaptarse a nuevos productos o a nuevas planes de producción y escalas de proyecto. Al momento de la toma de decisión se debe contar con la información más actualizada, con el objeto de prever y evitar la aparición a posteriori de nuevas restricciones o de mayores costos.

6. ANEXO – PLANOS DE PIEZAS Y SUBCONJUNTOS

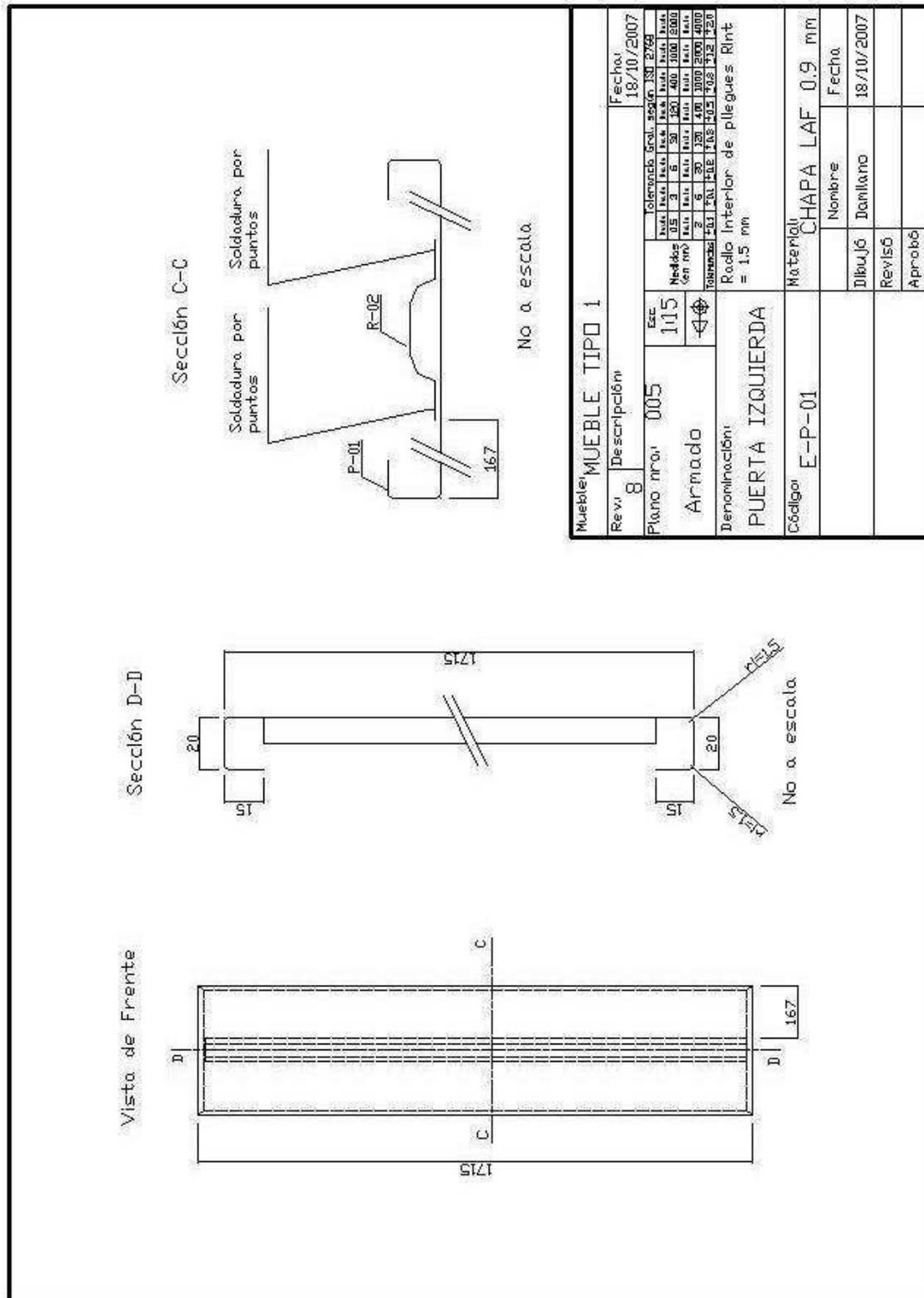
Plano 1. Vistas de la puerta del mueble tipo 1



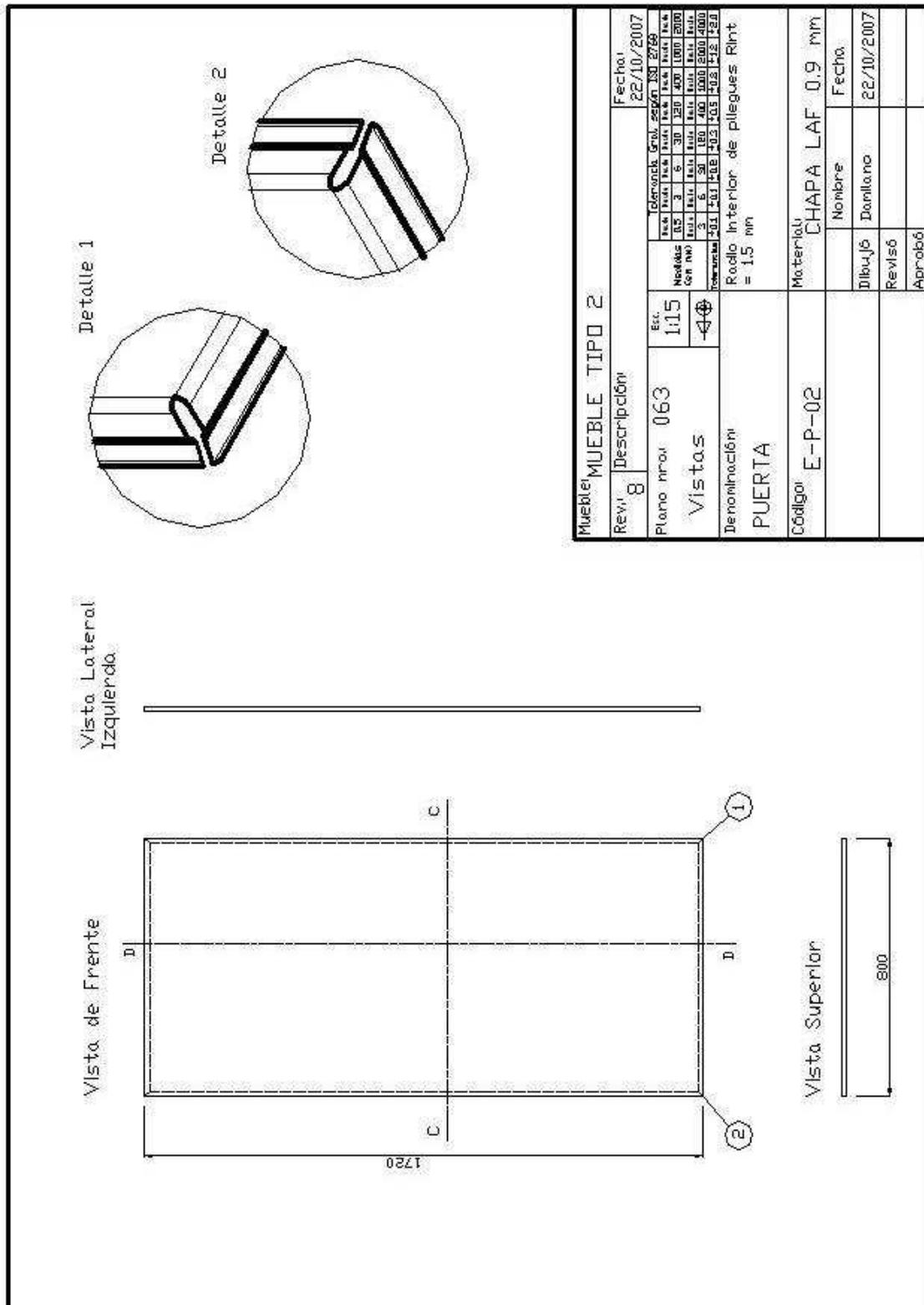
Plano 2. Desarrollo de la puerta del mueble tipo 1



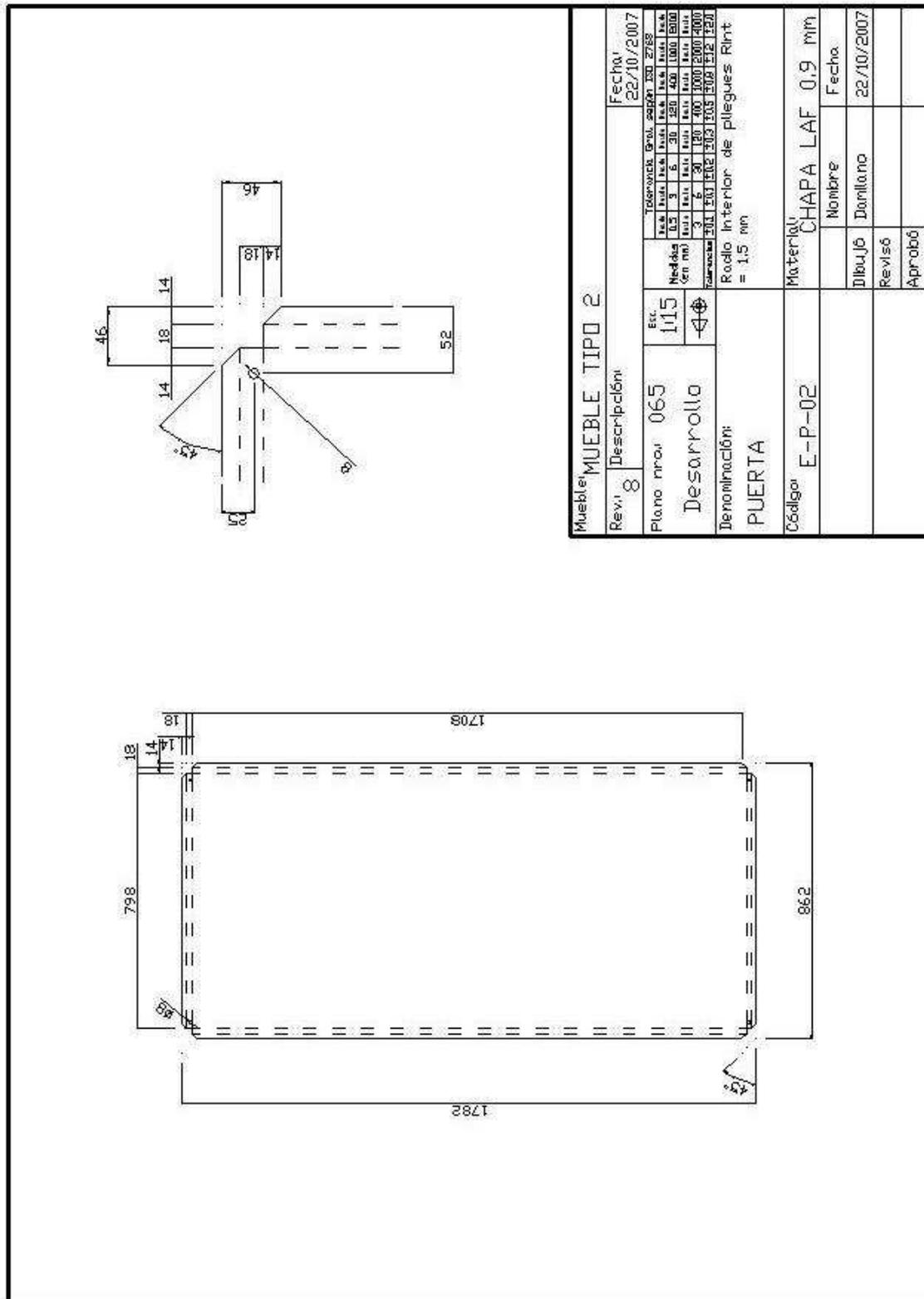
Plano 3. Vistas del subconjunto puerta del mueble tipo 1



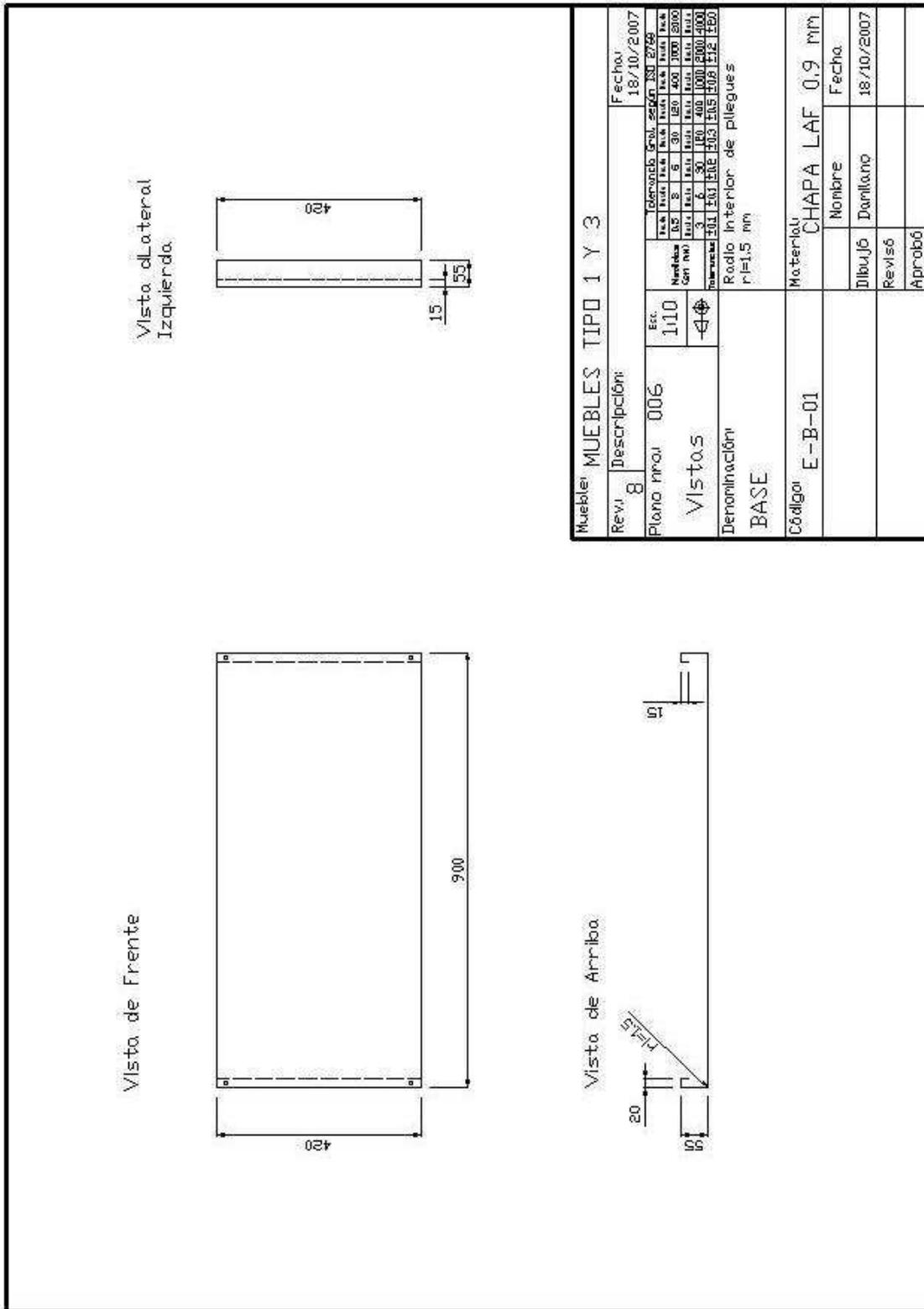
Plano 4. Vistas de la puerta del mueble tipo 2



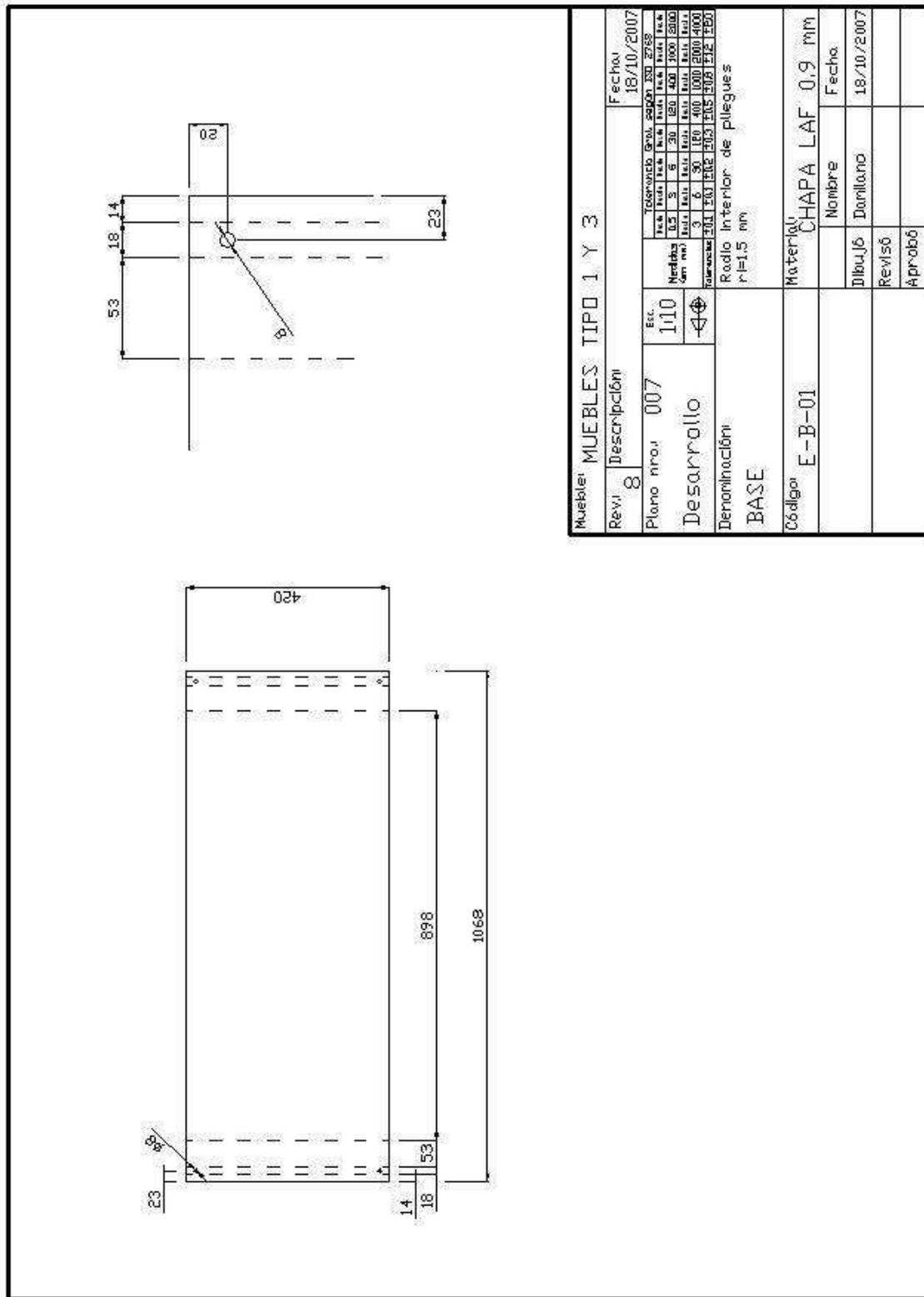
Plano 5. Desarrollo de la puerta del mueble tipo 2



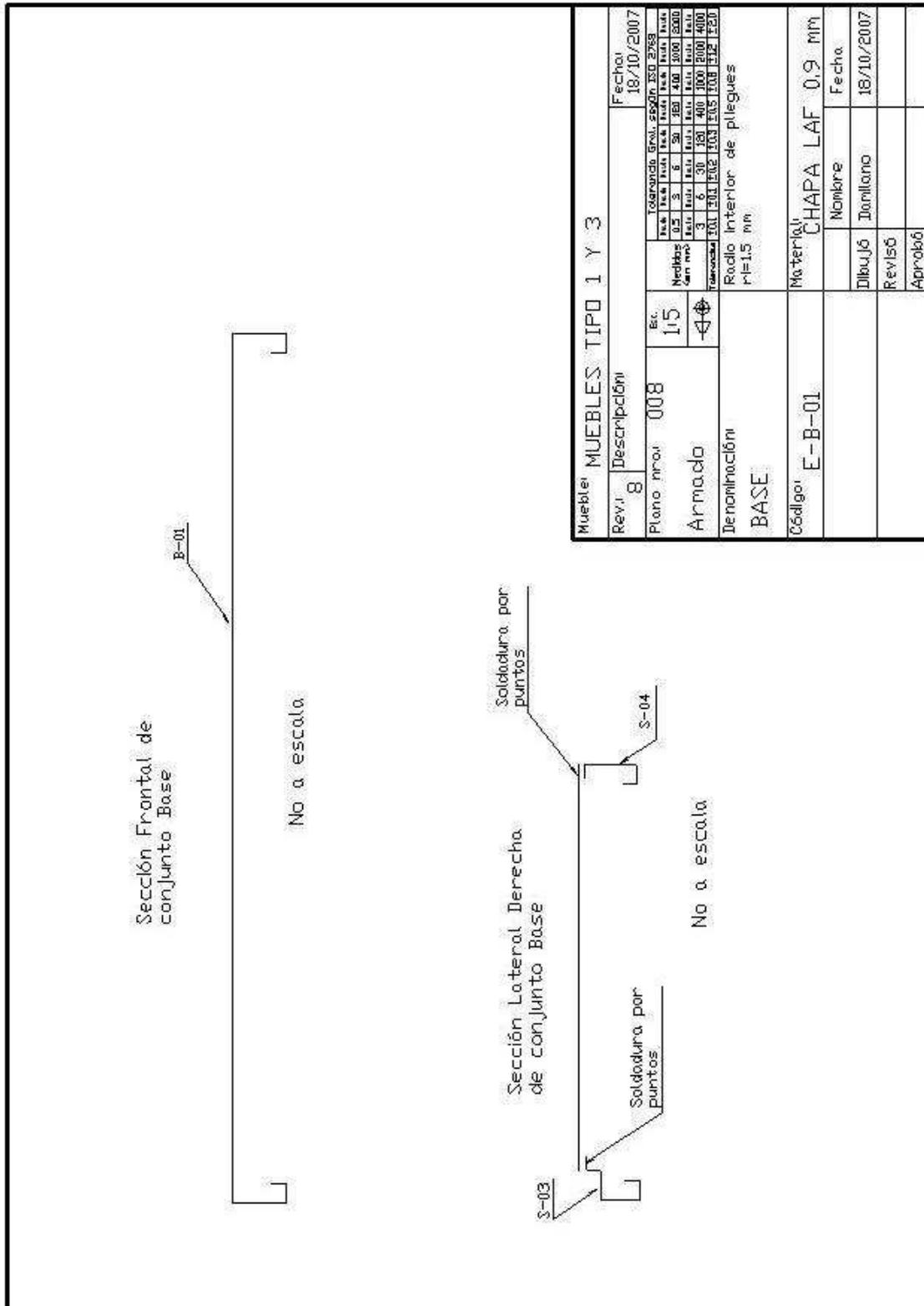
Plano 6. Vistas de la base de los muebles tipo 1 y 3



Plano 7. Desarrollo de la base de los muebles tipo 1 y 3



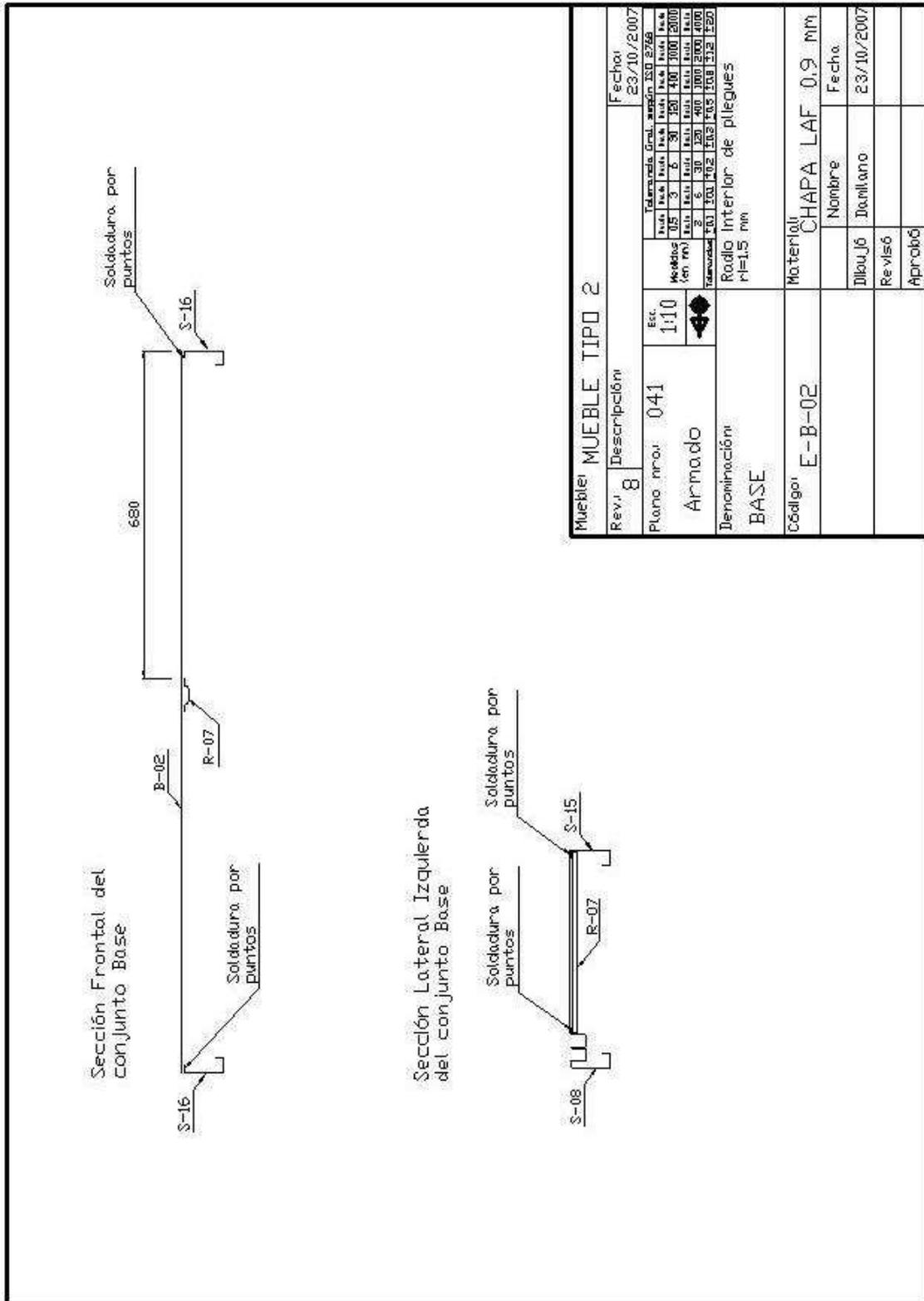
Plano 8. Vistas del subconjunto base de los muebles tipo 1 y 3



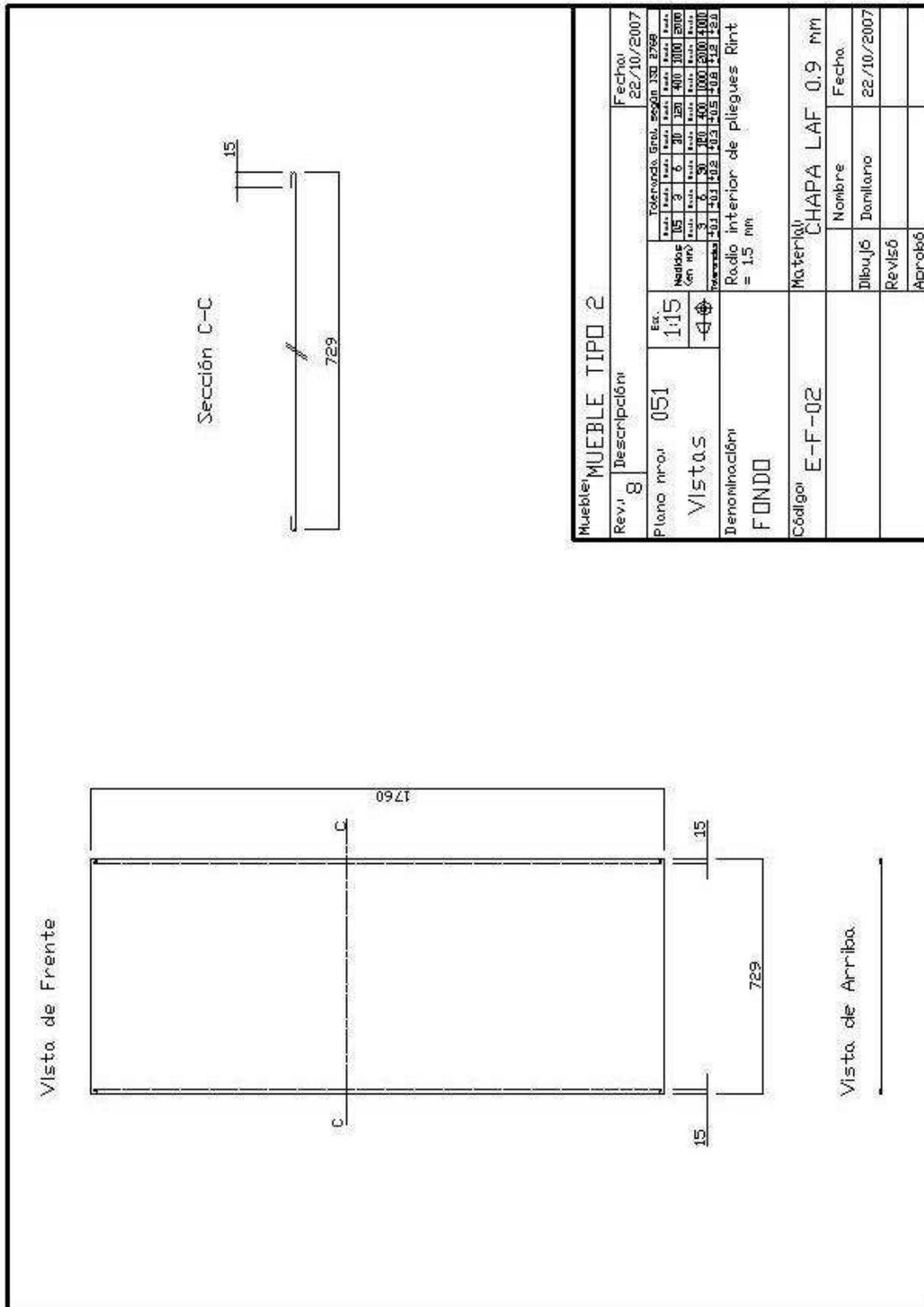
Plano 10. Vistas del subconjunto base del mueble tipo 2

Mueble: MUEBLE TIPO 2		Fecha: 23/10/2007																																																																																																																																																																	
Rev. 1	8	Descripción:																																																																																																																																																																	
Plano nro:	097	Esc:	1:10																																																																																																																																																																
Apodo:	Apodo	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TOTALIZADO</th> <th colspan="2">GRUPO</th> <th colspan="2">ESTADO</th> <th colspan="2">ESTRUC.</th> </tr> <tr> <th>NO.</th> <th>DESCR.</th> <th>NO.</th> <th>DESCR.</th> <th>NO.</th> <th>DESCR.</th> <th>NO.</th> <th>DESCR.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>03</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>04</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>05</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>06</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>07</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>08</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>09</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> </tbody> </table>		TOTALIZADO		GRUPO		ESTADO		ESTRUC.		NO.	DESCR.	NO.	DESCR.	NO.	DESCR.	NO.	DESCR.	03	3	6	30	320	400	1000	2000	04	3	6	30	320	400	1000	2000	05	3	6	30	320	400	1000	2000	06	3	6	30	320	400	1000	2000	07	3	6	30	320	400	1000	2000	08	3	6	30	320	400	1000	2000	09	3	6	30	320	400	1000	2000	10	3	6	30	320	400	1000	2000	11	3	6	30	320	400	1000	2000	12	3	6	30	320	400	1000	2000	13	3	6	30	320	400	1000	2000	14	3	6	30	320	400	1000	2000	15	3	6	30	320	400	1000	2000	16	3	6	30	320	400	1000	2000	17	3	6	30	320	400	1000	2000	18	3	6	30	320	400	1000	2000	19	3	6	30	320	400	1000	2000	20	3	6	30	320	400	1000	2000
TOTALIZADO		GRUPO		ESTADO		ESTRUC.																																																																																																																																																													
NO.	DESCR.	NO.	DESCR.	NO.	DESCR.	NO.	DESCR.																																																																																																																																																												
03	3	6	30	320	400	1000	2000																																																																																																																																																												
04	3	6	30	320	400	1000	2000																																																																																																																																																												
05	3	6	30	320	400	1000	2000																																																																																																																																																												
06	3	6	30	320	400	1000	2000																																																																																																																																																												
07	3	6	30	320	400	1000	2000																																																																																																																																																												
08	3	6	30	320	400	1000	2000																																																																																																																																																												
09	3	6	30	320	400	1000	2000																																																																																																																																																												
10	3	6	30	320	400	1000	2000																																																																																																																																																												
11	3	6	30	320	400	1000	2000																																																																																																																																																												
12	3	6	30	320	400	1000	2000																																																																																																																																																												
13	3	6	30	320	400	1000	2000																																																																																																																																																												
14	3	6	30	320	400	1000	2000																																																																																																																																																												
15	3	6	30	320	400	1000	2000																																																																																																																																																												
16	3	6	30	320	400	1000	2000																																																																																																																																																												
17	3	6	30	320	400	1000	2000																																																																																																																																																												
18	3	6	30	320	400	1000	2000																																																																																																																																																												
19	3	6	30	320	400	1000	2000																																																																																																																																																												
20	3	6	30	320	400	1000	2000																																																																																																																																																												
Denominación:	BASE	Radio interior de pliegues r=15 mm																																																																																																																																																																	
Código:	E-B-02	Material: CHAPA LAF. 0,9 mm																																																																																																																																																																	
		Nombre:	Fecha:																																																																																																																																																																
		Dibujó:	23/10/2007																																																																																																																																																																
		Revisó:																																																																																																																																																																	
		Aprobó:																																																																																																																																																																	

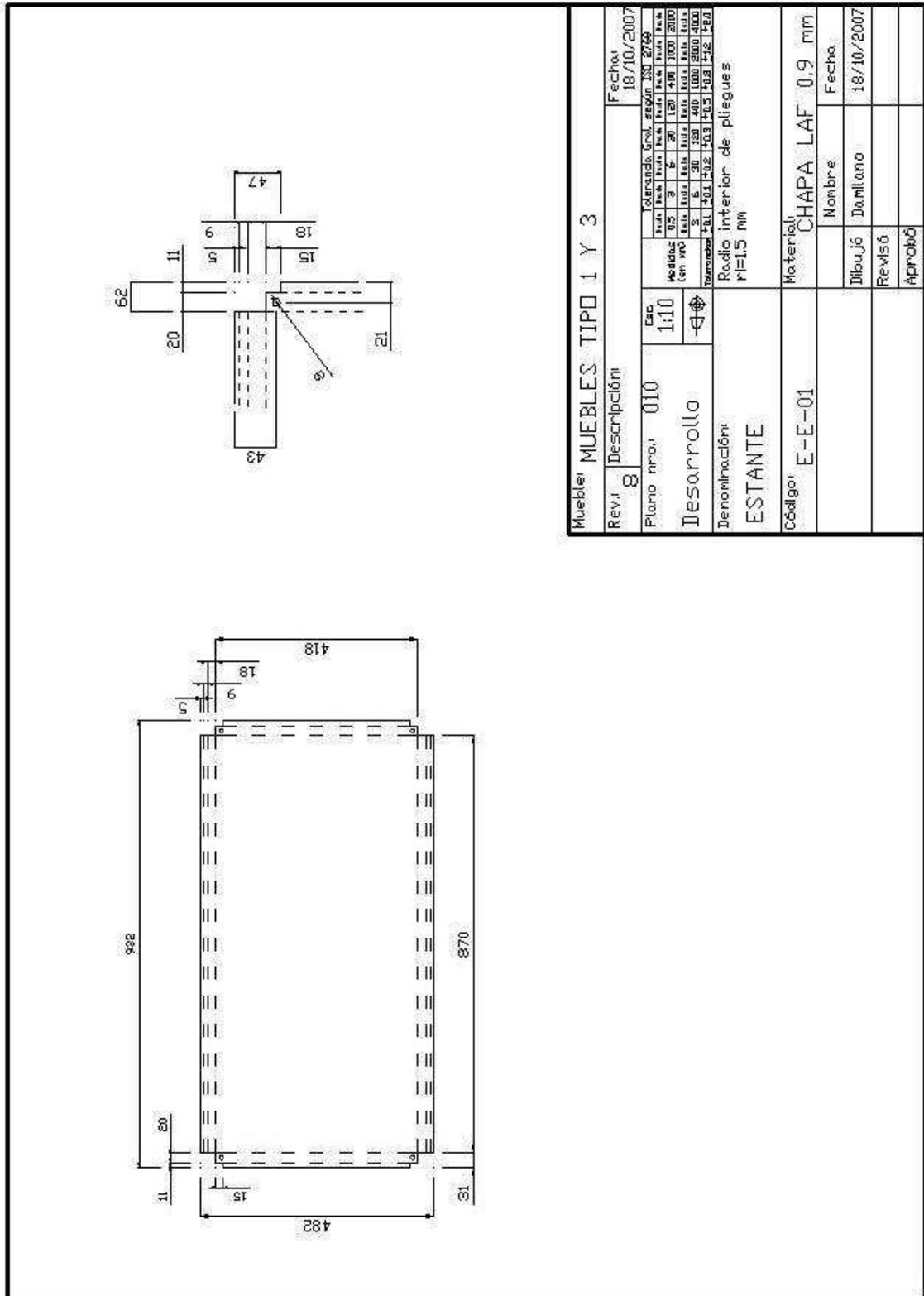
Plano 11. Secciones del subconjunto base del mueble tipo 2



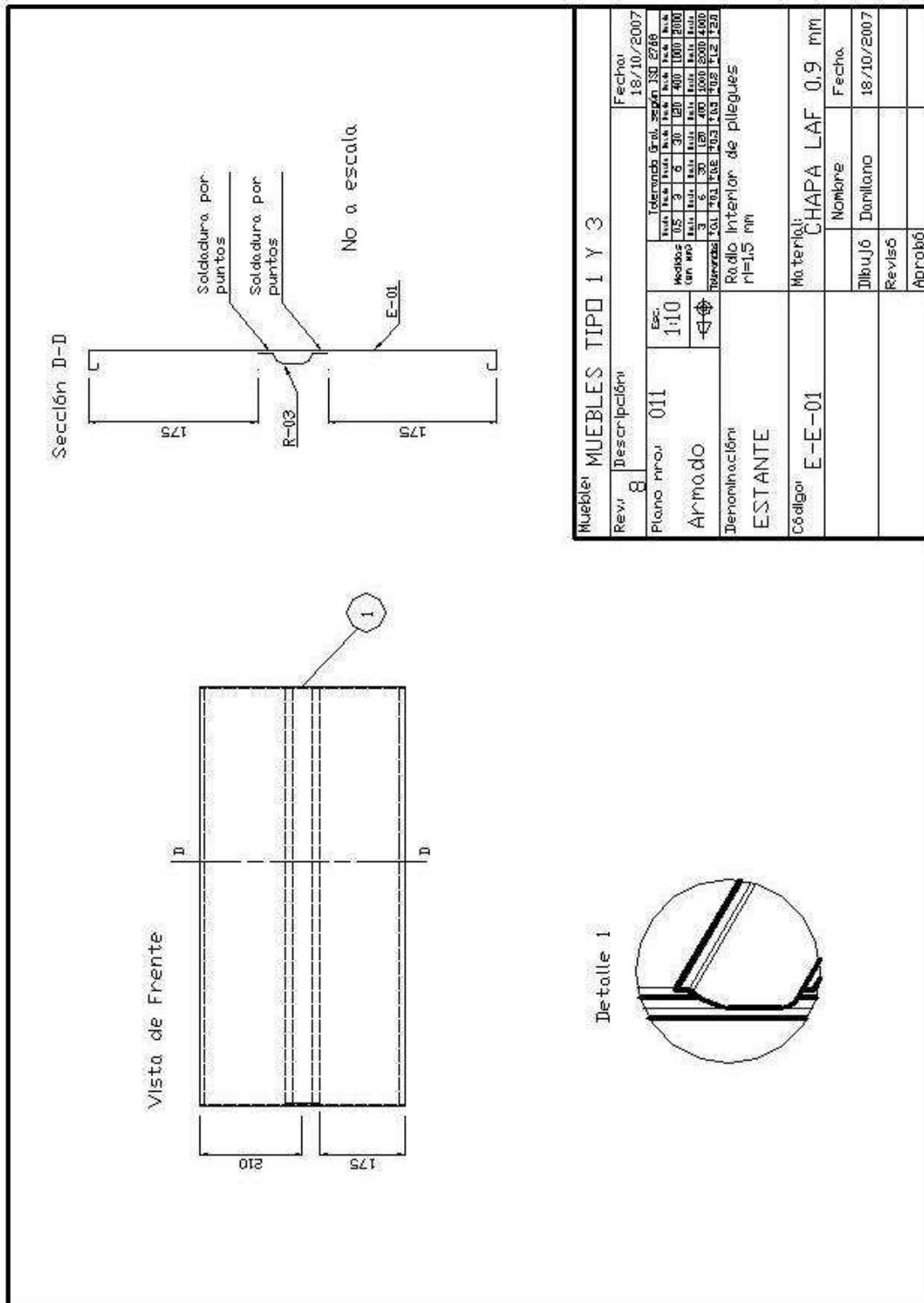
Plano 12. Vistas del fondo del mueble tipo 2



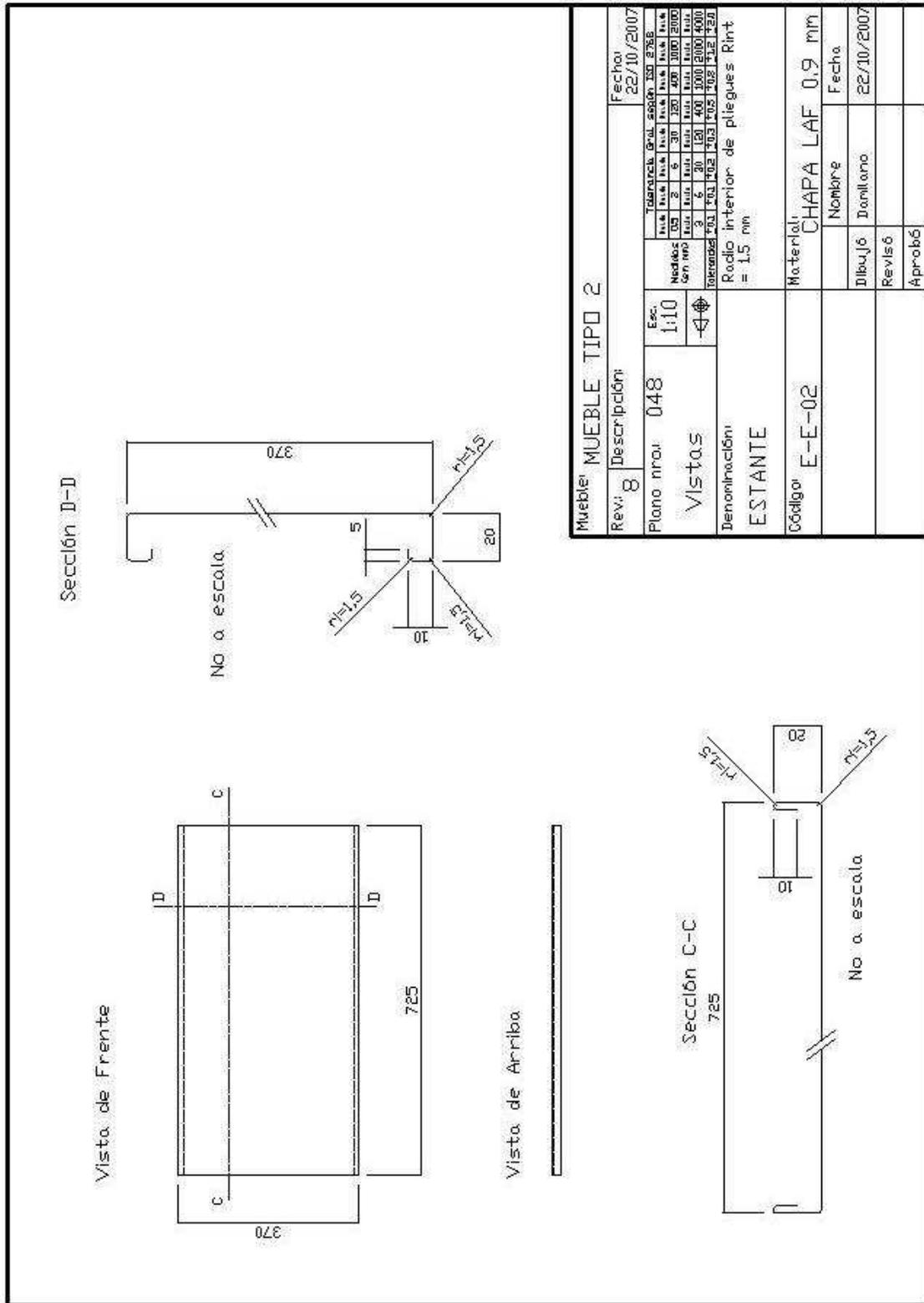
Plano 15. Desarrollo del estante de los muebles tipo 1 y 3



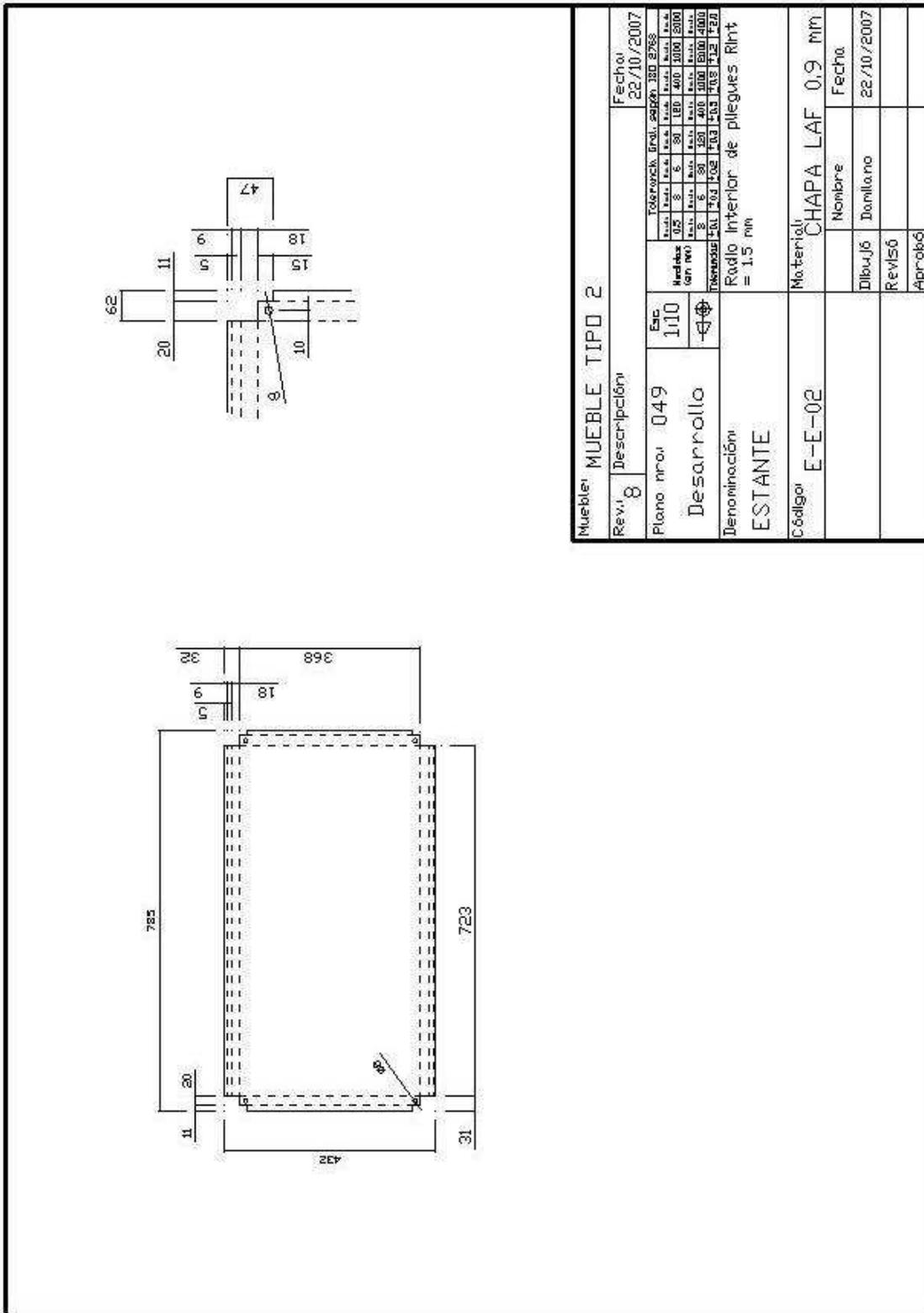
Plano 16. Vistas del subconjunto estante de los muebles tipo 1 y 3



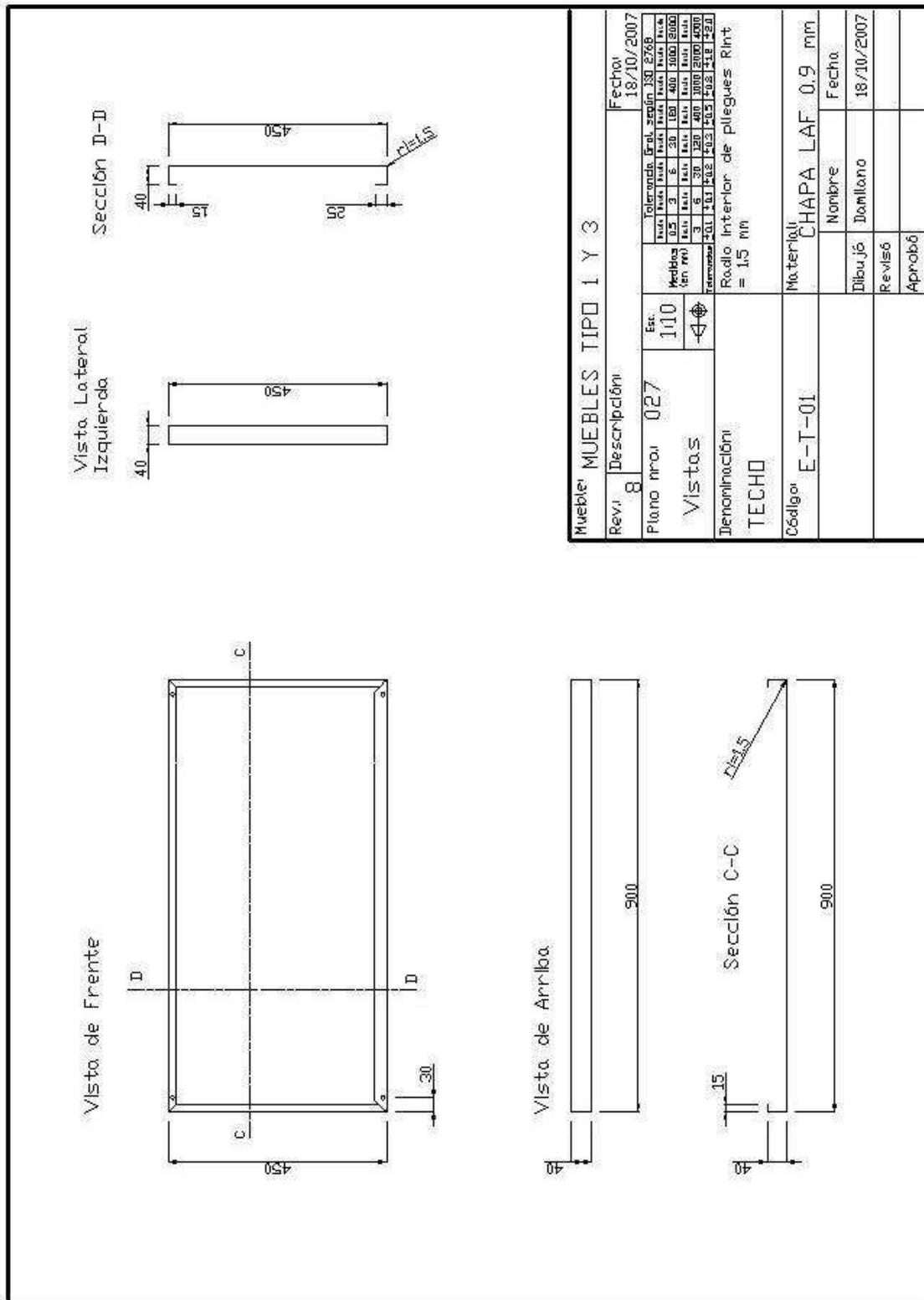
Plano 17. Vistas del estante del mueble tipo 2



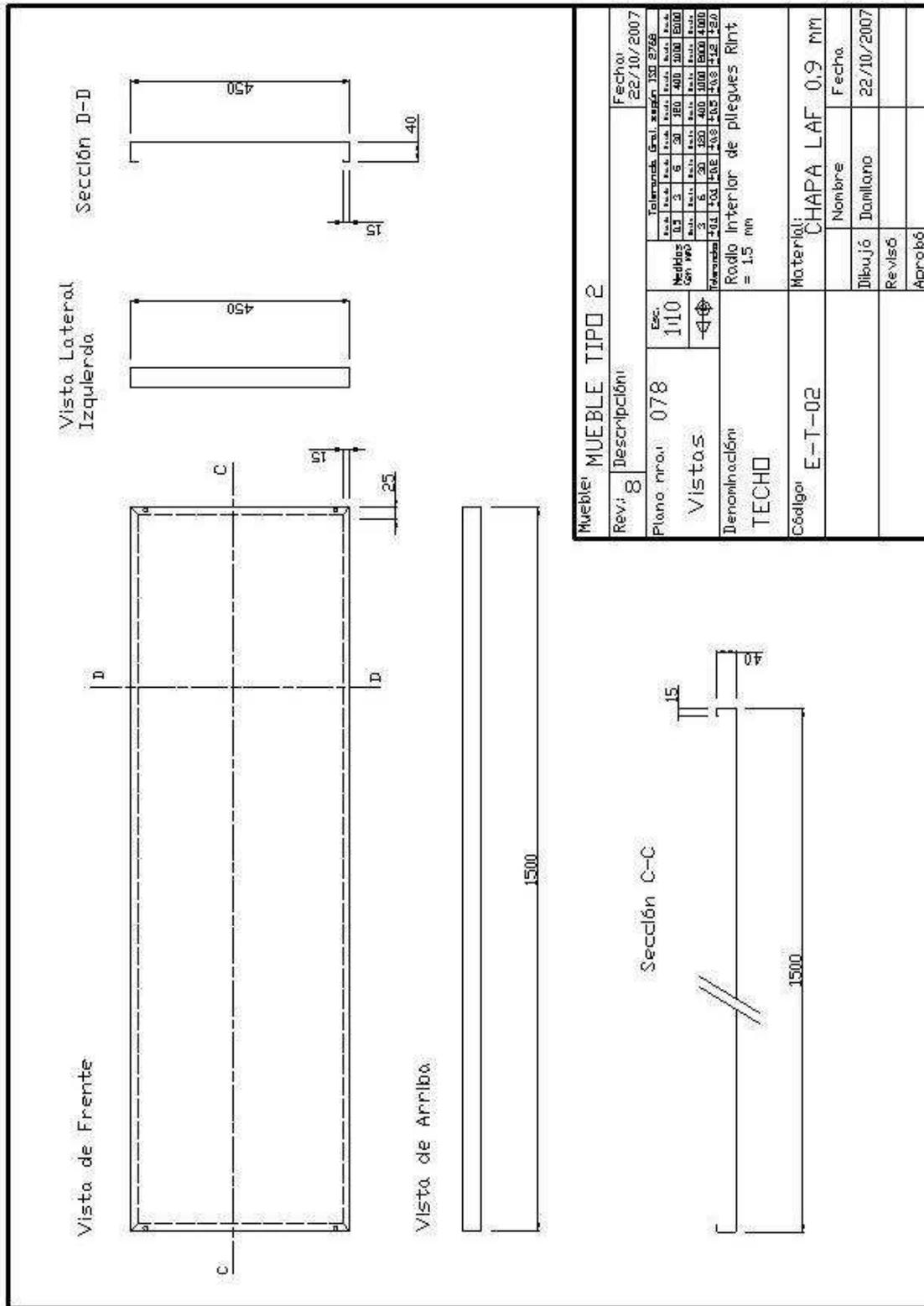
Plano 18. Desarrollo del estante del mueble tipo 2



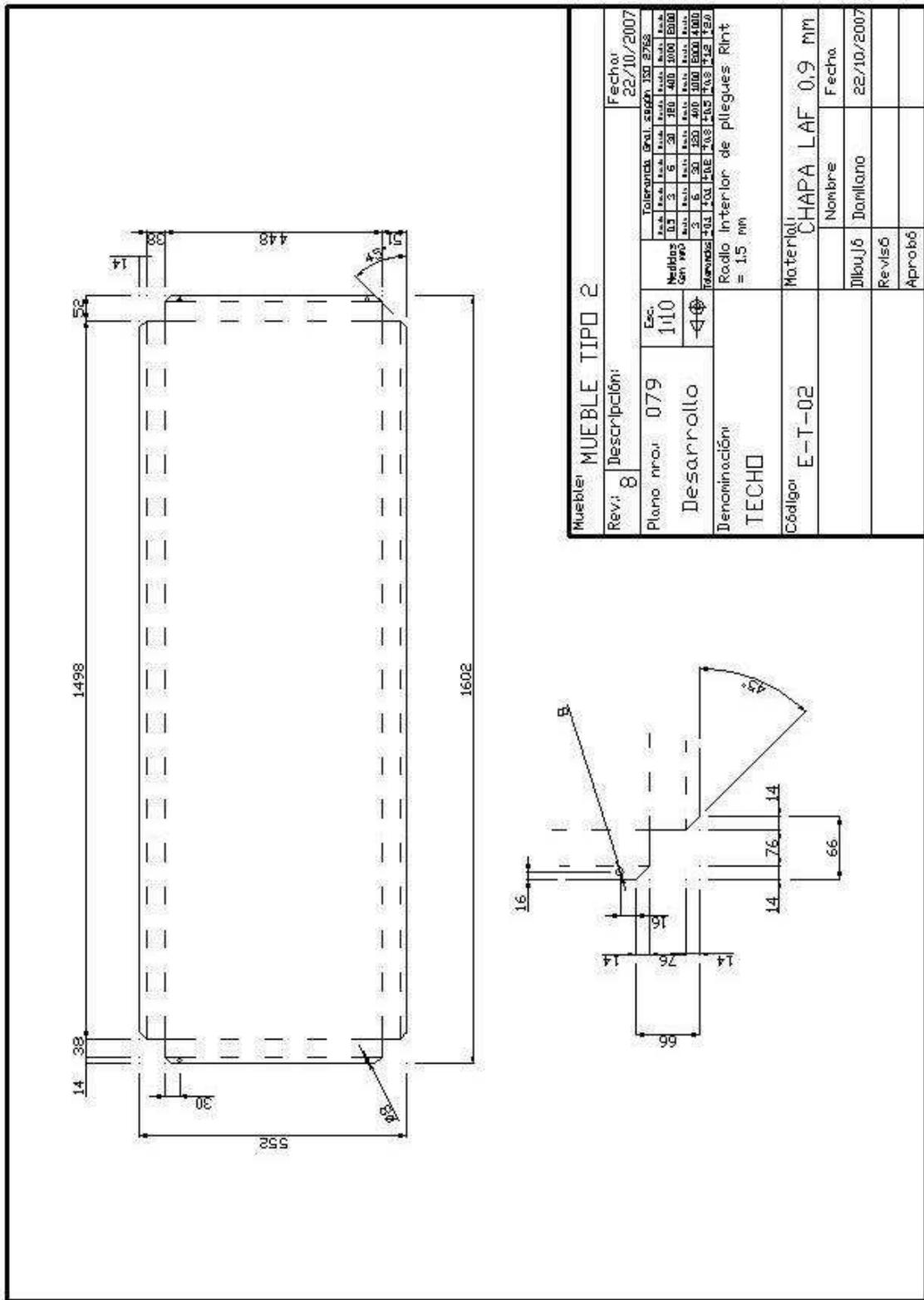
Plano 19. Vistas del techo de los muebles tipo 1 y 3



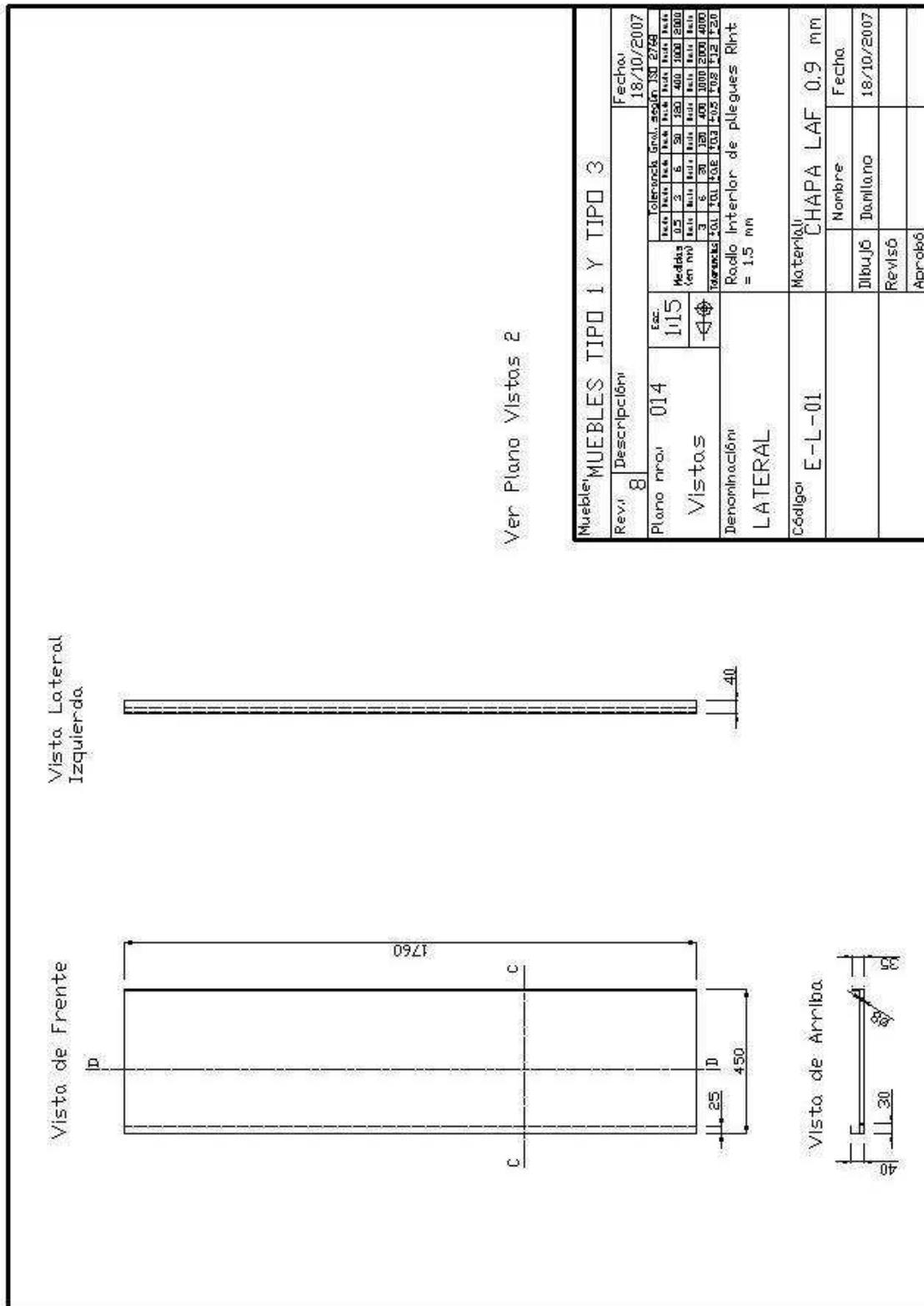
Plano 20. Vistas del techo del mueble tipo 2



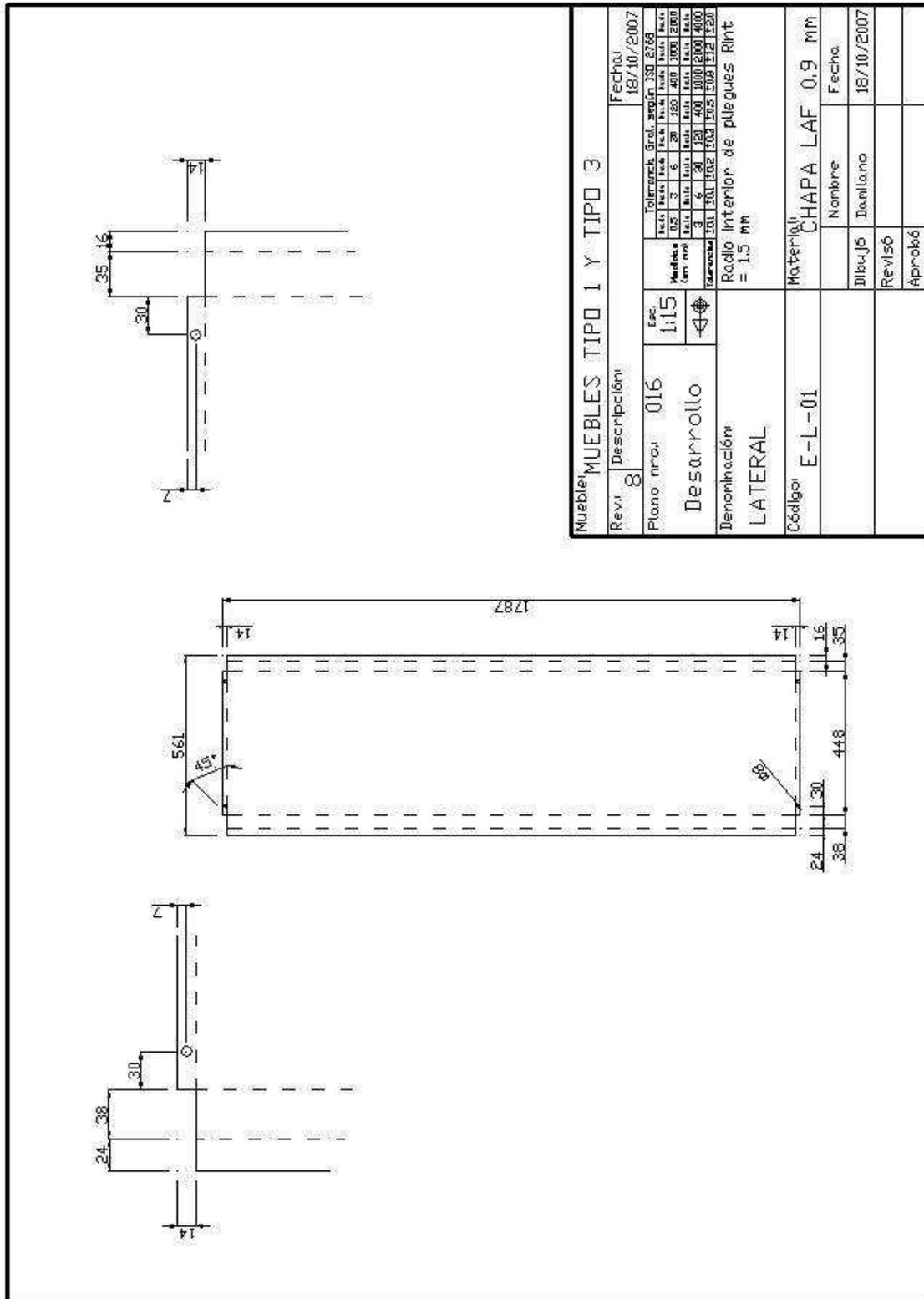
Plano 21. Desarrollo del techo del mueble tipo 2



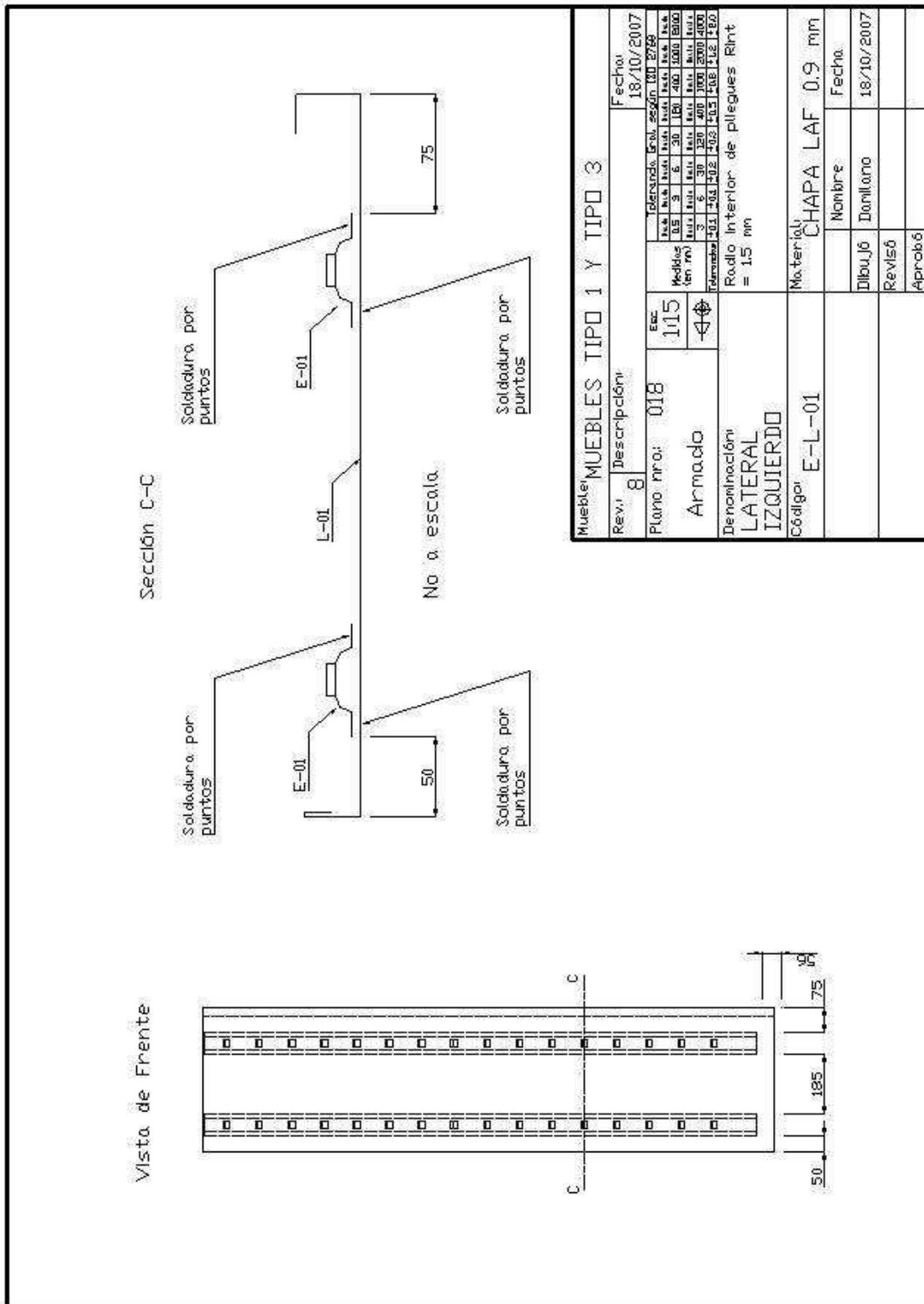
Plano 22. Vistas del lateral de los muebles tipo 1 y 3



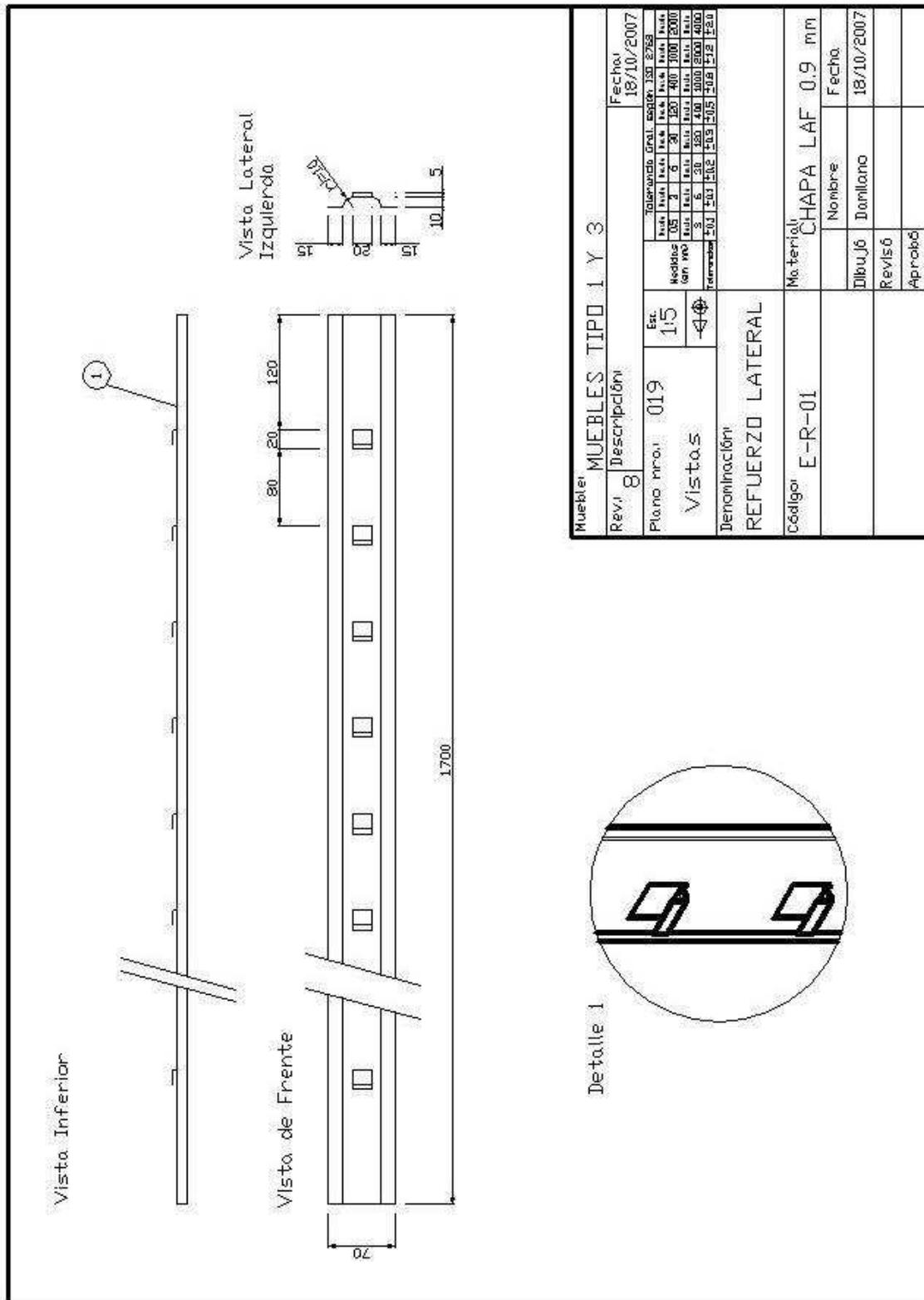
Plano 23. Desarrollo del lateral de los muebles tipo 1 y 3



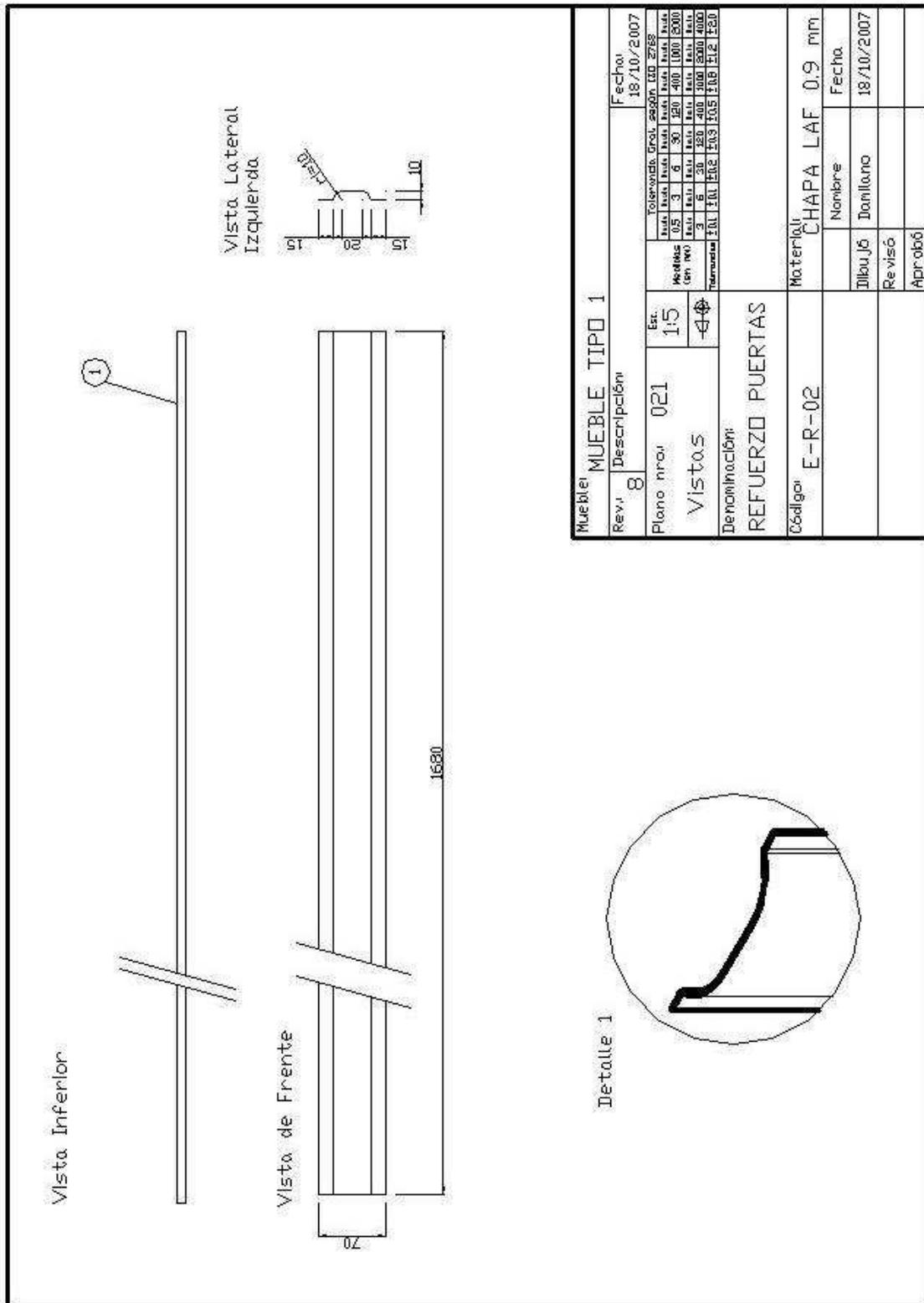
Plano 24. Vistas del subconjunto lateral izquierdo de los muebles tipo 1 y 3



Plano 25. Vistas del refuerzo para lateral de los muebles tipo 1 y 3



Plano 26. Vistas del refuerzo para puertas del mueble tipo 1



7. ANEXO - PROCESOS DE CONFORMADO

7.1. Generalidades

Se define como estampado al conjunto de operaciones a las cuales, sin generar virutas, se somete una chapa plana transformándola, con el fin de obtener una pieza de forma geométrica propia, sea ésta plana o hueca. En otros términos, la chapa es sometida a una elaboración plástica. La realización práctica de estas operaciones se logra mediante dispositivos especiales llamados matrices, según sus fines, sobre máquinas denominadas corrientemente prensas. Las operaciones del estampado de la chapa generalmente se subdividen en fases de:

- Corte
- Plegado y curvado
- Embutido

En este trabajo se desarrolla solamente la teoría de las operaciones de corte y plegado, ya que son las que están relacionadas con el caso de estudio. Igualmente, muchas de las consideraciones propuestas dentro de este documento son extrapolables a otros casos con distintos procesos de conformado de chapa, tales como de bordonado, ribeteado, perfilado y engrapado.

Las operaciones de corte y plegado se hacen generalmente en frío con matrices montadas en máquinas dotadas de movimiento rectilíneo alternativo. Para obtener una pieza acabada de chapa a veces basta con recurrir a una sola de las operaciones; en especial cuando se da este caso se trata de un proceso de corte. Pero no siempre es posible alcanzar este objetivo con una sola fase de trabajo, porque frecuentemente y según los casos se impone la necesidad de recurrir por lo menos a dos de las fases.

Cualquier fase, según las necesidades requeridas, podría sufrir una subdivisión en un determinado número de operaciones auxiliares y semejantes para definir operación por operación. Este caso se da con frecuencia para las piezas huecas obtenidas mediante el procedimiento de embutir.

El ciclo del estampado, que consiste en una sucesión ordinaria de operaciones tecnológicas que transforman parte de una chapa plana en una pieza de forma

definida, depende de diversos factores como la forma de la pieza a obtener, de sus dimensiones y del material que constituye la chapa que se va a trabajar. Todos estos factores deben ser considerados al mismo tiempo en la etapa de diseño del proceso productivo.

En el estudio del ciclo de trabajo de un determinado elemento, es bueno prever la posibilidad y el modo de construir las matrices ya que, adoptando simples y eficaces métodos de trabajo, se puede obtener el máximo rendimiento con el mínimo de operaciones. Sin embargo, muchas veces, según la forma y el tipo del objeto a obtener, es oportuno aumentar el número de operaciones de trabajo con otras operaciones intermedias.

7.2. Corte de la chapa

7.2.1. Conceptos generales

El corte de la chapa es una operación mecánica con la cual, mediante herramientas especiales, se consigue separar una parte metálica de otra obteniéndose instantáneamente una figura determinada. Es una operación que resulta casi siempre ligada al proceso del estampado propiamente dicho.

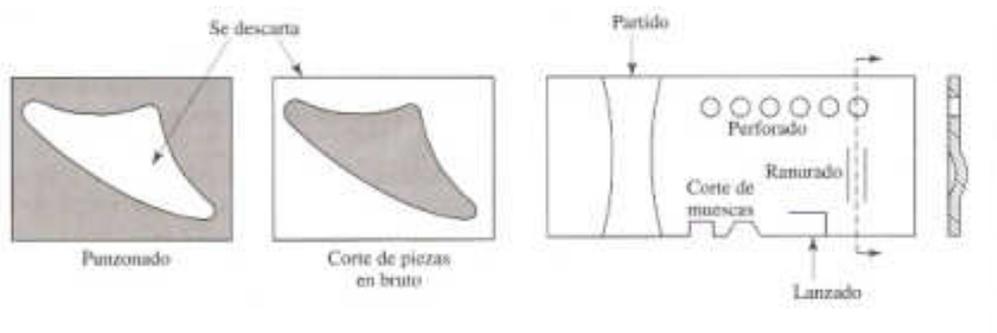


Figura 7.1. Procesos de corte de chapa [Kalpakjian y Schmid, 2002].

El punzón, con la presión que ejerce sobre la plancha, completa su labor con una compresión del material, dando lugar a una deformación plástica del medio interpuesto; se origina, en una primera fase, un vientre cóncavo (ver figura 7.2). Luego el punzón, encontrando libre el camino en la matriz, prosigue su acción ocasionando una expansión lateral del medio plástico, sin remontar el material. El esfuerzo de compresión se convierte, un instante, igual a la resistencia al corte. En estas condiciones, sobreviene un brusco desgarramiento con el que el trozo de plancha sujeto al punzón se separa del resto y cae al fondo de la matriz. Para que pueda ser cortada con punzón de acero templado, la chapa de hierro debe tener un espesor menor o igual al diámetro del punzón mismo.

Con el corte se separa simplemente, mediante útiles adecuados, un trozo de chapa sin alterar el espesor. Este tipo de operación evita la necesidad de que el operario conozca el dibujo y los errores de interpretación de las cotas que ello acarrea. Además, se elimina la necesidad de repetir el recortado a mano y se realiza la operación de un modo rápido y sencillo, pudiéndose confiar a operarios no especializados.

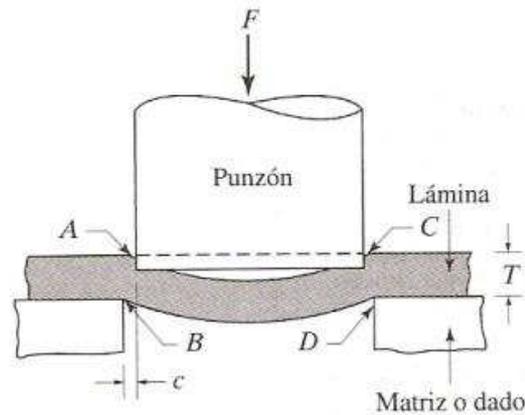


Figura 7.2. Acción del punzón en el proceso de corte de chapa [Kalpakjian y Schmid, 2002].

7.2.2. Esfuerzo necesario para el corte

El punzón, en el momento de tomar contacto con la chapa, inicia sobre el material su acción de compresión seguida de la del corte. En todo el contorno del punzón y de la matriz, sobreviene una presión continua de parte del punzón y una reacción por parte del material. El punzón, continuando en su descenso, presiona con su cabeza una porción de chapa y la separa completamente del resto; esto se debe a la acción de los filos cortantes de la herramienta, tal como ocurre similarmente durante el corte con tijeras. En esta acción se vence a la chapa con un esfuerzo superior a sus posibilidades de resistencia molecular interior; en otras palabras, se logra la rotura del material por esfuerzo cortante, a pesar de haber habido una reacción en todo el contorno de la figura y en todo el espesor de la chapa.

El esfuerzo cortante necesario puede determinarse por:

$$Q = p \cdot t \cdot \sigma_t$$

Fórmula 7.1. Esfuerzo de corte.

donde

p : Perímetro de la figura en mm.

t : Espesor de la chapa en mm.

σ_r : Carga de rotura por tracción en kg/mm².

σ_t : Carga de rotura del material por cortadura en kg/mm²

$$3/4 \sigma_r < \sigma_t < 4/5 \sigma_r$$

Q : Esfuerzo cortante total necesario en kg.

7.2.3. Descripción de una matriz de corte

El corte de la chapa se realiza mediante el empleo de útiles especiales denominados matrices de corte. En la figura 7.2 está representada esquemáticamente una matriz sencilla. Ésta se compone de dos partes fundamentales: el punzón y la matriz propiamente dicha.

El punzón, según su sección, define el contorno de la pieza a cortar. El filo de corte lo constituye el perímetro exterior del punzón y el perímetro interior del agujero de la matriz. Una matriz completa se compone además de un bloque o mazo que actúa de guía del punzón que tiene por objeto crear un pasillo por el que se hace deslizar la tira o cinta de chapa a cortar, de un sistema de tope destinado a fijar el paso según el cual debe avanzar la tira de chapa por cada carrera del órgano móvil de la prensa. Por cada carrera vertical del elemento móvil de la prensa y, naturalmente del punzón, se realiza la operación de corte. De esto se deduce que este sistema admite la repetición continua del proceso, gracias al cual se puede obtener –admitiendo igual destreza y realizándolo con dispositivos mecánicos- una eficaz y regular producción continua de piezas iguales.

7.3. Plegado

7.3.1. Conceptos generales

Las operaciones de plegado, curvado, arrollado, bordonado, cercado, perfilado y engrapado ocupan un lugar importante en el ciclo productivo del estampado siendo todas operaciones de doblado, ya que muchos objetos, después de haber sufrido la primera operación de corte, deben someterse a una o varias de estas fases. Durante estas operaciones es necesario evitar que la chapa experimente un alargamiento puesto que, de producirse éste, se obtendría una variación de espesor en la chapa. Estas operaciones consisten por consiguiente en variar la forma de un objeto de chapa sin alterar su espesor de forma que todas las secciones permanezcan constantes.

Para que no se originen variaciones de espesor es necesario un estudio racional de las herramientas y una regulación exacta de la carrera. En la producción en grandes series y en el caso de que un elemento deba sufrir varias pasadas, será necesario estudiar las fases que pueden resolverse con las estampas adaptadas para múltiples operaciones.

El doblado es una de las operaciones más comunes de formado y en el caso de los paneles metálicos se lo usa con dos fines principales:

- Impartir rigidez a la pieza aumentando su momento de inercia.
- Generar de pestañas que permiten la soldadura entre piezas.

7.3.2. El proceso de plegado

El plegado es la operación más sencilla después de la del corte. Para las operaciones de doblar en general, es necesario tener en cuenta los siguientes factores: el radio de curvatura y la elasticidad del material. El radio mínimo de plegado que evita la formación de grietas suele expresarse en función del espesor. Para cada material esta relación mínima entre espesor y radio cambia; en aceros de distinto tipo se tienen radios mínimos de plegado que varían desde 0,5 a 6 veces el espesor, dependiendo de la dureza del material.

Concluida la acción deformante que ha originado el doblado, la pieza tiende a volver a su forma primitiva en proporción tanto mayor cuanto más duro es el material de la chapa. Este fenómeno llamado restitución se debe a la propiedad que poseen los cuerpos de ser elásticos. Por este motivo al construir las matrices se fija, por tanteo, un ángulo de doblado más acentuado para que, una vez que haya cesado la presión, consiga dar a la pieza el ángulo deseado.

A veces, antes de terminar por completo una pieza es necesario efectuar más fases de doblado (ver figura 7.3), que pueden realizarse con varias matrices o con una sola dependiendo de la forma de la pieza o la posibilidad de realización que ésta ofrece, y de la cantidad de piezas a obtener.

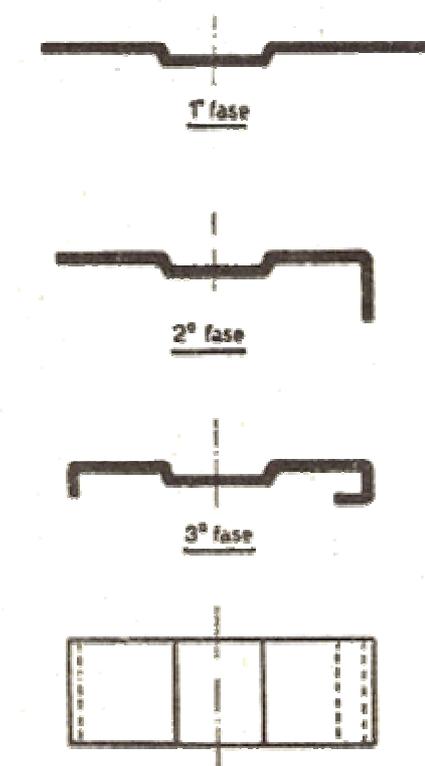


Figura 7.3: Doblado en fases [Rossi, 1960].

7.3.3. Situación de la superficie neutra de una chapa

Para obtener un elemento doblado primero es necesario realizar la operación de corte de su desarrollo. Este desarrollo es la superficie metálica necesaria para luego de realizada la operación obtener la pieza deseada. Si bien es una

superficie puede ser considerado por secciones transversales para su dimensionamiento.

De las nociones de resistencia de los materiales se sabe que en la sección transversal de un sólido en flexión existe una línea en la cual la fibra correspondiente no se ve estirada ni comprimida. Esta línea se llama neutra y por el hecho de no deformarse es la que interesa para el cálculo del desarrollo lineal de la pieza. Esta línea no siempre se haya en la mitad exacta de la chapa a doblar, sino que toma una posición diferente según la calidad del material.

En los casos en que es preciso saber la posición de la línea neutra, es muy útil realizar un ensayo práctico con un trozo de chapa del mismo material que se empleará en la fabricación en serie. A tal efecto se prepara un trozo de chapa de longitud c y de un espesor t . Después de haber doblado la chapa como en la figura 7.4 se buscan prácticamente los valores a , b y r . Con estos valores se sigue el examen analítico para la determinación de la distancia y de la fibra interior.

$$y = \frac{2c - 2a - 2b - \pi r}{\pi}$$

Fórmula 7.2. Distancia de la fibra interior.

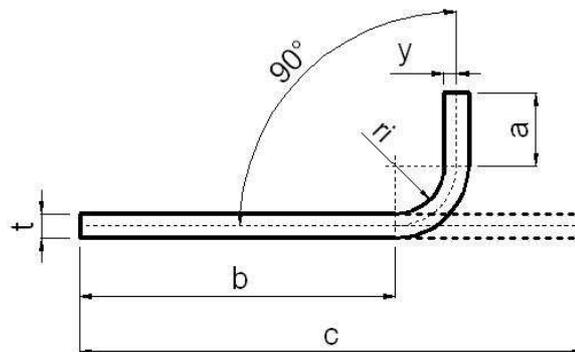


Figura 7.4: Tira de chapa sometida a una prueba de doblado para definir la posición de la línea neutra.

Después de haber localizado la posición seguida por la línea neutra, se puede calcular la longitud o desarrollo del elemento doblado. La sección transversal de este último contiene siempre una serie de líneas quebradas mixtas. El cálculo del desarrollo, referido a la teoría de las líneas, en la posición neutra, se realiza considerando por separado las correspondientes líneas sencillas y

aplicando el cálculo geométrico corriente. Finalmente se hace la suma de los valores hallados para obtener el desarrollo total de la línea mixta.

La holgura de doblado (L) es la longitud del eje neutro en el doblado y se calcula como:

$$L = \alpha \cdot (r + y)$$

Fórmula 7.3. Holgura de doblado

donde α es el ángulo de doblado. O sea, una vez calculados cada uno de los L para una sección del desarrollo se los suma a las partes sin plegar para obtener el largo total necesario de esa sección.

Para el caso ideal, el eje neutro está en el centro del espesor de la lámina, dando $y = 0,5 t$. En la práctica se sugieren distintas aproximaciones dependiendo del autor:

- $y = 0,33 t$ para $r < 2 t$ e $y = 0,5 t$ para $r > 2 t$
- $y = 0,5 t$ para $t < 1 mm$ e $y = 0,33 t$ para $t > 1 mm$

Cuando la chapa doblada tiene contracurvas se considera para los cálculos que la línea neutra se sitúa en cada pliegue, hacia la curva interior.

7.3.4. Esfuerzo necesario para el doblado

El esfuerzo necesario para la deformación de una chapa metálica puesta sobre una matriz de doblado se determina la fuerza necesaria con las fórmulas corrientes para cada caso particular. El procedimiento usado es igualar el momento flector de la fuerza exterior al momento flector reactivo interior del material. En el caso más tradicional:

$$P = \frac{k \cdot \sigma_f \cdot b \cdot t^2}{W}$$

Fórmula 7.4. Esfuerzo para doblado para pliegue con aplicación de la fuerza en punto equidistante a los apoyos.

En donde

P : Fuerza necesaria para el doblado en kg.

σ_f : Esfuerzo de fluencia del material en kg/mm^2 .

b : El ancho de la tira (la longitud del doblado) en mm.

t : Espesor de la chapa en mm.

W : Distancia en mm entre los apoyos.

k : Factor de esfuerzo.

El factor k está usualmente comprendido entre 0,3 y 1,3, dependiendo del tipo de matriz de plegado utilizado. Para mayor precisión en el cálculo se debe conocer el tipo de plegado deseado y la matriz con la que se lo efectuará.

7.3.5. Descripción de una matriz de doblado

El doblado de piezas de chapa se realiza mediante herramientas especiales denominadas matrices de doblado. Estas matrices, según su construcción, pueden ser también aptas para curvar.

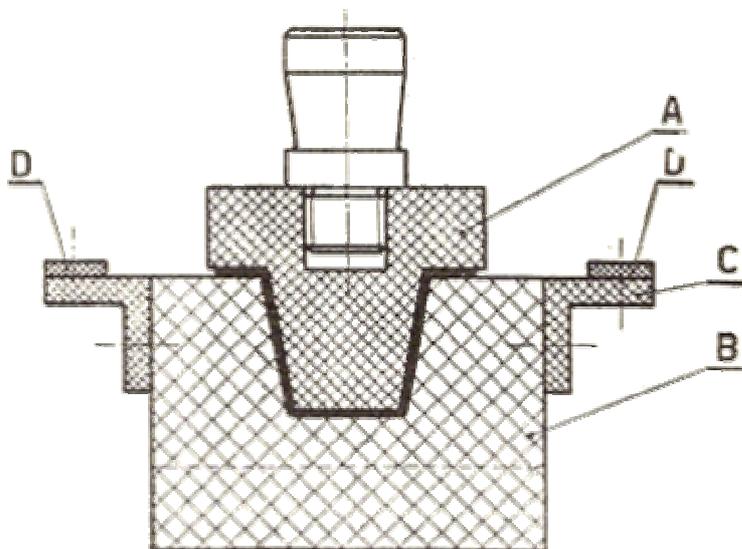


Figura 7.5: Esquema de una matriz sencilla de doblado.

Una matriz de doblado, en su expresión más simple, se representa en la figura 7.5. Se compone de dos partes esenciales: una superior A llamada macho y una inferior B llamada hembra. Completan la matriz dos escuadras laterales C que llevan dos piezas D o bien dos pernos de posición, necesarios para introducir en su punto el elemento de chapa previamente cortado. Macho y hembra en la matriz de doblado corresponden al punzón y matriz en la matriz de corte. Existen otras formas de plegado, como por ejemplo la ilustrada en la figura 7.6, que se pueden adecuar a los requerimientos de la operación.

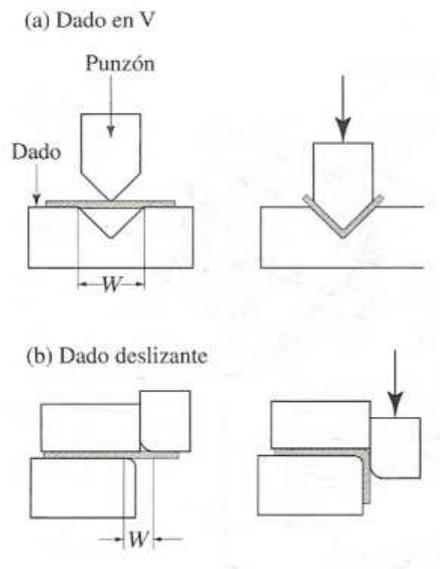


Figura 7.6: Esquema de una matriz sencilla de doblado.

7.4. Prensas y máquinas para el trabajo de la chapa

Las transformaciones físicas que puede sufrir una chapa o una tira metálica pueden ser generadas por trabajos de corte, doblado y embutido. La operación de doblar puede tomar varios aspectos, así por ejemplo, un plegado amplio se convierte en un curvado; un curvado a lo largo de un borde se convierte en un bordonado; un bordonado que recubra un alambre se convierte en un cercado y así sucesivamente. Las distintas formas de obtención, los varios aspectos y caracteres tecnológicos han inducido a la construcción de numerosos tipos de máquinas. La subdivisión genérica que comprende a todos los tipos es la siguiente:

- Máquinas de movimiento rectilíneo alternativo (con carro).
 - ◆ Prensas de excéntrica.
 - ◆ Prensas de fricción.
 - ◆ Prensas hidráulicas y de aire comprimido.
 - ◆ Tijeras de guillotina.
 - ◆ Dobladoras rectas.
- Máquinas de movimiento giratorio continuo (con rodillos).
 - ◆ Laminadoras
 - ◆ Aplanadoras
 - ◆ Tijeras circulares
 - ◆ Dobladoras
 - ◆ Curvadoras
 - ◆ Bordonadoras
 - ◆ Cercadoras
 - ◆ Perfiladoras

Particularmente dentro de la familia de las presas, excluyendo a algunos tipos especiales, las presas pueden ser de simple efecto o de doble efecto. En ambos casos, en relación con su funcionamiento la hay sin dispositivos especiales de alimentación o de distribución automática, con alimentador automático lineal de la tira de chapa, con alimentador automático de revolver y con distribuidor automático.

Cada máquina de las reseñadas admite diversos tipos constructivos que están en relación a las exigencias requeridas. La elección de la máquina adecuada para fabricar una determinada pieza se hace en relación a la forma constructiva de la pieza, sus dimensiones y la cantidad de piezas que deben producirse.

Las máquinas con dispositivos automáticos de alimentación o distribución están indicadas en general para las grandes producciones en serie. Los dispositivos de alimentación automática lineal o de revolver pueden montarse en las presas corrientes.

8. ANEXO - PROCESOS DE SOLDADURA POR PUNTOS

8.1. Conceptos generales

En los procesos de soldadura en estado sólido, a diferencia de los procesos de soldadura por fusión, no está presente la fase líquida (fundida). El principio de la soldadura en estado sólido se demuestra fácilmente con un ejemplo. Si se ponen dos superficies limpias en contacto atómico entre sí bajo la presión suficiente (y sin películas de óxido y otros contaminantes), producen una unión fuerte. Al aplicar calor externo la unión mejora por difusión. Los pequeños movimientos interfaciales en las superficies que se tocan de las dos piezas que se unen perturban las superficies, rompen las capas de óxido y generan superficies nuevas y limpias. Este mecanismo mejora la resistencia de la unión. El calor se puede generar por fricción, por explosión o por resistencia eléctrica, con es el caso de la soldadura por puntos.

La categoría de soldadura por resistencia abarca varios procesos en los que el calor requerido para soldar se produce mediante la resistencia eléctrica a través de los dos componentes que se unen. Estos procesos tienen grandes ventajas como por ejemplo no requerir electrodos consumibles, gases de protección o fundentes.

En la soldadura de puntos por resistencia las puntas de dos electrodos opuestos, cilíndricos y sólidos tocan dos láminas metálicas, y el calentamiento por resistencia produce un punto de soldadura. Para obtener una buena unión se aplica presión hasta que se elimina la corriente y es esencial el control exacto y la sincronización de la corriente eléctrica y la presión.

La soldadura por puntos es el proceso de soldadura por resistencia más sencillo y de uso más frecuente. Se puede hacer mediante un solo par o varios pares de electrodos, y la presión necesaria se aplica por métodos mecánicos o neumáticos.

8.2. Calor generado en la soldadura por puntos

El calor generado en la soldadura por resistencia se calcula con la ecuación general

$$H = I^2 \cdot R \cdot T$$

Fórmula 8.1. Calor necesario para soldar por resistencia.

donde

H: Calor generado en J.

I: Corriente en A.

R: Resistencia en Ω .

T: Tiempo de paso de corriente en segundos.

La ecuación se modifica con frecuencia para que represente a la energía realmente disponible para la soldadura, incluyéndole un factor K que representa las pérdidas de energía por radiación y conducción. Entonces la ecuación se transforma en $H = I^2 \cdot R \cdot T \cdot K$, donde el valor de K es menor a 1. El aumento real de temperatura en la unión depende del calor específico y de la conductividad térmica de los metales que se van a unir.

La resistencia total en los procesos de soldadura de puntos es la suma de la resistencia de los electrodos, los contactos entre electrodos y piezas, las partes que se van a soldar y el contacto entre las piezas a unir.

La resistencia de la unión depende de la rugosidad y la limpieza de las superficies de los materiales. Por consiguiente, se debe remover el aceite, la pintura y las capas gruesas de óxido antes de soldar. No es crítica la presencia de capas uniformes y delgadas de óxido y otros contaminantes.

El punto de soldadura tiene en general de 6 a 10 mm de diámetro. La superficie de este punto tiene una ligera penetración manchada. Las corrientes van de 3.000 a 40.000 A, y el valor depende de los materiales que se usan y de sus espesores.

8.3. Las máquinas de soldadura

Los paneles metálicos, llamados así por tener profundidades significativamente menores a sus largos y anchos, pueden tener un sinnúmero de formas, ya sea con el fin de obtener una mayor fuerza o para distinguir un producto del de los competidores.

La soldadura por puntos se usa mucho en la fabricación de piezas con paneles metálicos. Algunas configuraciones comúnmente usadas se encuentran ilustradas en las figuras 8.1 y 8.2.

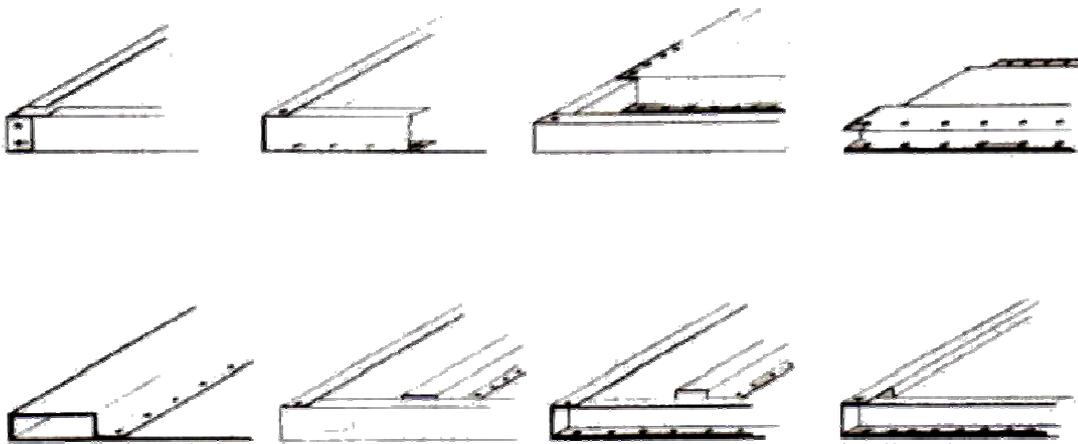


Figura 8.1: Algunas configuraciones típicas en paneles metálicos.

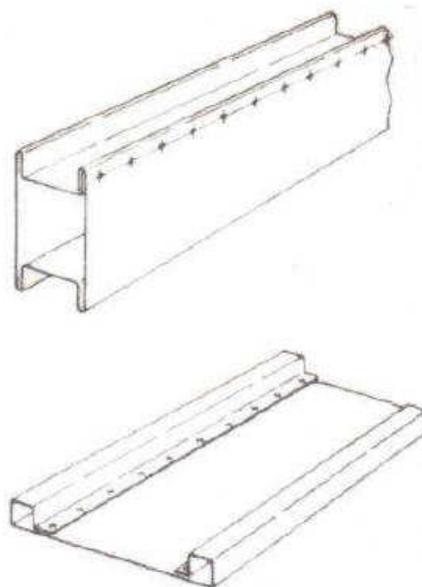


Figura 8.2: Ejemplos típicos de secciones que requieren sellado lateral con una serie de puntos de soldadura.

La existencia de tal variedad de formas y el hecho de que las superficies a soldar estén en una gran variedad de posiciones ha resultado en el desarrollo de cuatro tipos básicos de unidades soldadoras:

- Soldadoras de brazo oscilante.
- Soldadoras especiales para perfiles C o secciones.
- Soldadoras de refuerzos.
- Soldadoras para perfiles L.

La forma y condición de las puntas de los electrodos y la accesibilidad de los lugares son factores importantes en la soldadura por puntos. Existe una diversidad de formas de electrodos para soldadura por puntos en aquellas áreas difíciles de alcanzar.

Las máquinas se han estandarizado e incluyen las siguientes características comunes:

- Conexiones macho-hembra que confieren mayor resistencia.
- Mordazas y trabas rápidas.
- Elementos intercambiables para distintas tareas.
- Operación doble: neumática e hidrodinámica.
- Circuito de refrigeración con agua.
- Electrodo de fácil cambio.



Figura 8.3: Ejemplos de soldaduras para las que se usan soldadoras pivotantes.

Debido al uso de componentes estandarizados, las máquinas de soldadura pueden, dentro de ciertos límites, ser diseñadas a medida para satisfacer las necesidades del usuario con el grado de automatización requerido.

Los tres tipos básicos de máquina usados son:

- Semiautomáticas con unidades de soldadura verticales.
- Semiautomáticas como las primeras con el agregado de brazos pivotantes para soldar esquinas o secciones con ángulo.
- Automáticas con posibilidad de realizar un movimiento automático de las piezas a través de conveyors.

9. ANEXO - PROCESOS DE PRETRATAMIENTO PARA PANELES METÁLICOS

9.1. *Desengrase*

Es un proceso del tratamiento de superficies anterior a la etapa de conversión química previa al pintado de una superficie, y difiere de otros procesos de desengrase realizado en industrias entre etapas de una operación como por ejemplo desengrase de motores, desengrase previo a electrodeposición, etc.

Desde este punto de vista se trata de desengrases que pueden ser con soluciones alcalinas (las más utilizadas en procesos de pretratamiento), en fase vapor, mediante solventes emulsionables, con emulsiones, difase, ácido o con detergentes neutros.

Las acciones que cada componente de un moderno baño de desengrase realiza en la superficie del metal a tratar son:

- **Acción mecánica:** Se renueva la capa líquida en los alrededores de la pieza o superficie metálica tratada para incrementar la velocidad y la eficacia de la limpieza. Esta acción mecánica se puede llevar a cabo mediante agitación de la dilución desengrasante o por traslación de la propia pieza o superficie metálica a desengrasar. En la práctica este efecto se puede conseguir por agitación con aire comprimido, por ultrasonidos, por dispositivos mecánicos adecuados, por pulverización del desengrase o por desprendimiento gaseoso.
- **Acción humectante:** Se denomina así al poder que poseen ciertos compuestos, llamados tensioactivos, de disminuir la tensión superficial de una solución y aumentar la aptitud de esta disolución para desplazar los aceites y grasas fluidificados de la superficie del metal.
- **Acción emulsionante:** Siguiendo a la humectación, el efecto de emulsionar consiste en dispersar dos líquidos inmiscibles entre sí, suspendiendo por ejemplo el aceite, en forma de finas gotas, en el seno de la solución limpiadora.
- **Acción solubilizante:** Se denomina acción solubilizante al poder que debe poseer un agente tensioactivo para aumentar la solubilidad de ciertos tipos de suciedades (aceites y grasas) en un determinado medio.

- **Acción saponificante:** Se denomina acción saponificante a la reacción producida entre los iones hidroxilo (OH^-) de una base alcalina disuelta en agua y los glicéridos (aceites orgánicos conteniendo ácidos grasos, reactivos), dando lugar a su descomposición en ácidos grasos, quienes se combinan con el metal alcalino de la base formando jabones. La saponificación se ve favorecida por aumentos en la temperatura, razón por la cual la mayoría de las soluciones desengrasantes se emplean a temperaturas relativamente altas.
- **Acción defloculante o peptizante:** Se llama así al efecto que producen cierto tipo de compuestos químicos, quienes logran poner en suspensión en la solución desengrasante a las partículas sólidas incluidas en las grasas que impregnan la superficie de un metal, impidiendo que esas partículas de suciedad se depositen nuevamente sobre la superficie metálica tratada. De este modo, la suciedad se mantiene como una dispersión, impidiendo que se aglomere y se redeposite después sobre la superficie metálica.
- **Acción secuestrante:** Se denomina acción secuestrante al efecto producido por ciertos compuestos químicos, llamados por ello “secuestrantes”, de fijar los iones metálicos (entre ellos el calcio y el magnesio del agua dura y otros metales pesados) dando compuestos solubles en agua y evitando con ello el que dichos iones metálicos reaccionen con la suciedad existente y den lugar a compuestos insolubles (jabones metálicos por ejemplo).

En principio las formas aplicación más comunes empleadas son: inmersión, spray y sistemas combinados.

Inmersión. En este caso la acción mecánica es mínima, si bien se puede aumentar mediante agitación mecánica o por aire comprimido.

Los desengrasantes por inmersión requieren mayor cantidad de detergentes que los empleados por spray, y una mayor alcalinidad. También requieren mayores tiempos de tratamiento, generalmente entre 4 y 5 minutos, con mayores temperaturas de trabajo (85-90°C) si bien en líneas continuas la tendencia es llegar a 60°C. Las concentraciones habituales para inmersión neta son del orden del 5% para productos en polvo.

Spray. La acción mecánica es energética, provocada por la pulverización de la solución sobre la pieza. Los chorros se logran mediante el empleo de picos o

boquillas del tipo veejet de caudales variables generalmente entre 10 y 15 l/min. Las presiones de trabajo se ubican entre 1.5 y 2.5 kg/cm².

Las temperaturas son menores (55-65°C), pero se debe formular adecuadamente el balance de tensioactivos para que la formación de espuma sea la mínima posible.

Los tiempos de tratamiento disminuyen estando habitualmente en el orden de los 2 minutos.

Las concentraciones de trabajo también son menores variando generalmente entre 0.5 y 1.5%.

Inmersión – Spray. Es una combinación de los dos sistemas anteriores. En el desengrase por spray, por mejor que se encuentren diseccionados los picos, es difícil llegar al 100% de la superficie con eficacia, sobre todo en piezas de geometría compleja, en la inmersión este problema no existe pero la acción mecánica es mínima por lo que el proceso es más lento. Un proceso inmersión-spray combina las mejores características de ambos sistemas.

9.2. Enjuagues

A la mayor parte de las personas que trabajan en la industria de los tratamientos de superficies no se les escapa la importancia fundamental que posee el agua corriente y los enjuagues que con ella se realizan. De un buen enjuague depende, en muchas ocasiones, el éxito o el fracaso de todas las operaciones posteriores. Sin embargo existen todavía personas que no dan la debida importancia a una operación tan simple como parece enjuagar, que se convierte entonces en una de las frecuentemente mal efectuadas.

Por ello es básico conocer cuál es el fundamento teórico del enjuague y en qué principios físicos se basa, así como qué criterios deben seguirse al proyectar el tamaño y la forma de las cubas de enjuague y el sistema operativo empleado.

Cualquier estudio sobre la problemática de los enjuagues debe tener en cuenta una serie de principios básicos:

- Calidad y cantidad del agua empleada.
- Destino final del efluente: Vertido a red general, purificación y vertido, tratamiento y reciclaje, etc.
- Geometría de los objetos a ser enjuagados.

Se ha demostrado que el volumen de líquido arrastrado depende fundamentalmente de los siguientes factores: la forma de colocar los objetos en los soportes y en el interior del baño, la velocidad de extracción, la temperatura, la densidad, la viscosidad, la tensión superficial, la forma de los objetos, el tiempo de escurrido y la velocidad de transferencia. La circulación forzada o agitación que se imponga a la cuba acelera este proceso. De esta forma, cuando los objetos son retirados están mojados y arrastran consigo una película de concentración mucho más diluida que la que arrastraron al entrar en el enjuague.

Si bien es fundamental la renovación de los enjuagues tampoco se debe perder de vista otros dos factores importantes: el ahorro de agua y la contaminación, porque no necesariamente un mayor caudal significa mayor eficiencia.

9.3. Lavados activantes

La dimensión de los cristales de fosfato, el peso de capa y el tiempo de fosfatación dependen en gran medida de la cantidad de centros de nucleación, por lo que se hace necesario una etapa de activación con el objetivo de restituir y aumentar dichos centros.

Las principales ventajas que se obtiene con este aumento son:

- Aumentar el número de cristales de fosfato por unidad de superficie.
- Disminuir el tamaño de los cristales.
- Reducir el peso de capa.
- Disminuir el tiempo de fosfatación.

Este fenómeno de activación se consigue incorporando al agua de enjuague previo al fosfato y en algunos casos al desengrase, productos a base de fosfato de titanio que generan una suspensión coloidal con un contenido de titanio de aproximadamente 15 – 20 ppm.

9.4. Fosfatizado

El fosfato aumenta la protección anticorrosiva y brinda anclaje a los acabados orgánicos. Esto se logra ya que el fosfato:

- Deja en la superficie una condición no alcalina. Restos de alcalinidad podrían provocar graves problemas debido a la saponificación de alguno de los vehículos utilizados en las primeras etapas con la consiguiente pérdida de adherencia.
- Promueve una relativa homogeneidad en la textura de la superficie mejorando la uniformidad de los tratamientos posteriores, por ejemplo la pintura.
- Incrementa el área superficial a un valor por encima del cual los sistemas de fuerzas atractivas que provocan la adhesión pueden actuar.
- Genera capilaridades y microcavidades, con lo cual se logra un perfecto entramado entre la pintura y la superficie, y por otra parte le confiere excelentes medios para retener aceites protectores y lubricantes.
- Actúa como protección del metal ante un caso de rayadura o picadura, a la vez que evita el avance de la corrosión por debajo de la película de pintura al producirse ese daño.
- Aísla el metal de la corrosión electroquímica.

Los parámetros fundamentales relativos a la composición de un baño de fosfatizado son el pH, la concentración y el tipo de acelerantes. El funcionamiento de un baño y la calidad del estrato fosfático pueden ser profundamente influenciados con la presencia de aditivos.

9.5. Lavados pasivantes

Cantidad de ensayos han demostrado que los mejores resultados por lo que anticorrosión y adherencia de pintura se refiere, solo se obtienen si a la superficie tratada se la lava con una solución acuosa pasivante. Esta mejora puede explicarse porque el enjuague pasivante permite:

- Una pasivación electroquímica del metal.
- Obstruir los espacios intercristalinos.
- Conseguir un fuerte reticulado de la capa de pintura, directamente al metal.
- Eliminar fosfato “parásito”.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Kalpakjian S. y Schmid S. 2002. 4ta Edición. Manufactura. Ingeniería y Tecnología. Editorial Prentice Hall. ISBN 970-26-0137-1.
- Groover, M. 1997. Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, Procesos y Sistemas. Editorial Prentice Hall.
- Vazquez, M. 2000. 4ta Edición. Resistencia de Materiales Vazquez M. Editorial Noela.
- Meyers, F. 2000. Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil. Prentice Hall.
- Winston, W. 2005. 4ta Edición. Investigación de Operaciones. Aplicaciones y Algoritmos. Editorial Thomson Learning.
- Rossi, M. 1960. 5ta Edición. Estampado en frío de la chapa. Editorial Hoepli.
- Ulrich, K. y Eppinger, S.D. 2004. 3ra Edición. Product design and development. Editorial Mc Graw Hill. ISBN 0-07-247146-8.
- Industrias Químicas Car-LA S.A. Información técnica.
- Fernández Flores, G. 1980. 8va Edición. Soldadura y Metalurgia. Editorial Continental.
- Sule, D.R. 2001. Instalaciones de manufactura. Editorial Thomson Learning.
- Smith, W. 3ra Edición. Ciencia e Ingeniería de Materiales. Editorial Mc Graw Hill. ISBN 844-8129-56-3.