

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE COTIZACIÓN PARA
LA EMPRESA DOBLAMOS S.A.**

ANA MARÍA OCHOA POSADA

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniera Industrial**

**Aquiles Ocampo González
Ingeniero Químico, Ph.D.**



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
ENVIGADO
2012**

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Doblamos S.A, por permitirme desarrollar este proyecto en sus instalaciones, especialmente a los asesores comerciales, los programadores de la producción, los gerentes y al personal de planta, que con su tiempo e información contribuyeron a la realización de este trabajo. Al ingeniero Aquiles Ocampo y a los otros miembros del GPC por su apoyo y acompañamiento durante el desarrollo del proyecto. A todos ellos, mil gracias.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	12
1. PRELIMINARES.....	13
1.1 Planteamiento del problema	13
1.1.1 Contexto y caracterización del problema	13
1.1.2 Formulación del problema	13
1.2 Objetivos del proyecto	14
1.2.1 Objetivo General.....	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3 Marco de referencia.....	14
1.3.1 Reseña histórica Doblamos S.A.	14
1.3.2 Conformado de metales	15
1.3.3 Industrias tipo Taller (Job – Shop)	21
1.3.4 Industria metalmecánica.....	22
1.3.5 Diseño de plantas.....	23
1.3.6 Método Delphi	24
2. METODOLOGÍA.....	26
3. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE TRABAJO	28
3.1 Descripción del método de operación de la empresa Doblamos S.A.	28
3.1.1 Área de corte y dobléz.....	28
3.1.2 Área de estructuras metálicas	31
3.2 Análisis de la situación actual de la planta.....	32
3.2.1 Análisis del área de corte y dobléz	32

3.2.2	Análisis del área de estructuras metálicas	40
3.3	Distribución de planta	50
3.3.1	Distribución inicial	50
3.3.2	Distribuciones propuestas	51
3.3.3	Distribución final	55
3.4	Oportunidades de mejora	56
3.4.1	Área de corte y dobléz.....	56
3.4.2	Área de estructuras metálicas	57
3.5	Piezas para el sistema.....	57
3.6	Clasificación de las piezas según tiempos de operación	59
3.6.1	Perfiles comunes	60
3.6.2	Bandejas	62
3.6.3	Piezas varias	64
3.6.4	Curvas.....	64
3.6.5	Volcos	68
3.7	Sistema de cotizaciones	68
3.8	METODOLOGÍA DE ACTUALIZACIÓN Y AJUSTE DEL SISTEMA.....	71
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	75
5.	CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES	76
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	77

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Rutas Identificadas	33
Tabla 2 Rutas por Calibres	34
Tabla 3 Kilos por máquina	34
Tabla 4 % de tiempo en operación por proceso	39
Tabla 5 Métodos de corte	41
Tabla 6 Ventajas y desventajas de la distribución inicial	51
Tabla 7 Cantidad de metros recorridos	54
Tabla 8 Ventajas y desventajas de la distribución final propuesta.....	55
Tabla 9 Piezas para el sistema	58
Tabla 10 Precios Corte y Dobleza para lámina HR	60
Tabla 11 Precios de corte y Dobleza para calibres mayores a 1/2".....	61
Tabla 12 Precios de Corte y Dobleza para lámina grabada	61
Tabla 13 Precios de Corte y dobleza para lámina inoxidable y aluminio	62
Tabla 14 Precio Bandeja HR, CR y Galvanizada	62
Tabla 15 Proceso Bandeja Inoxidable y Aluminio	63
Tabla 16 Proceso Bandeja en Alfajor	63
Tabla 17 Precio Caja de herramientas.....	64
Tabla 18 Curvas	65
Tabla 19 Ventaja según Calibres	66
Tabla 20 Valor por Kilos de cilindros.....	66
Tabla 21 Valor por Kilo de Curva doblada	67

Tabla 22 Precio para una canal	72
Tabla 23 Precio para un disco	72
Tabla 24 Precio para una platina	72
Tabla 25 Precio para un ángulo	73
Tabla 26 Precio para un cono	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Proceso de Corte por cizalla	16
Figura 2 Proceso de Dobleza entre formas	17
Figura 3 Doblado Deslizante	17
Figura 4 Punzonado o Troquelado.....	18
Figura 5 Proceso de Rolado	19
Figura 6 Proceso de Forjado	20
Figura 7 Proceso de laminado	21
Figura 8 Canal	36
Figura 9 Ángulo	37
Figura 10 Platina.....	37
Figura 11 Brida	37
Figura 12 Cono	38
Figura 13 Medidor de espesores	44
Figura 14 Prueba de Adherencia	45
Figura 15 Alimentadora	46
Figura 16 Granalladora	46
Figura 17 Mesas transversales	47
Figura 18 Sierra Taladro.....	48
Figura 19 Distribución inicial de la planta	50
Figura 20 Distribución área de estructuras y máquina Katenbach	52
Figura 21 Opción 1 distribución de planta.....	53

Figura 22 Opción 2 Distribución de Planta	53
Figura 23 Distribución Final Planta	55
Figura 24 Canal	58
Figura 25 Ángulo	58
Figura 26 Omega.....	58
Figura 27 Perfil Z	58
Figura 28 Perfil C.....	58
Figura 29 Peldaño	58
Figura 30 Marco Carrocías	58
Figura 31 Tablero	58
Figura 32 Bandeja	58
Figura 33 Caja herramientas.....	58
Figura 34 Caja baterías	58
Figura 35 Guarda Polvos	58
Figura 36 Cilindro	58
Figura 37 Platina.....	58
Figura 38 Bomper	58
Figura 39 Transición	58
Figura 40 Pantalla Inicial del Sistema	69
Figura 41 Lista de figuras	69
Figura 42 Pantalla para adicionar pieza.....	70
Figura 43 Cotización de la pieza.....	70
Figura 44 Cotización de una canal.....	71

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto desarrollar un sistema que permita a cualquier asesor comercial de la empresa Doblamos S.A, obtener cotizaciones confiables de las ordenes de productos, teniendo en cuenta los costos y tiempos de producción de cada uno de ellos, a la vez que los precios del mercado; para así, lograr una ventaja competitiva y garantizar su permanencia en el mercado.

La empresa Doblamos S.A, se vio obligada a sistematizar el método para obtener las cotizaciones de los productos, con el objetivo de brindar a los clientes los mismos precios por parte de los diferentes asesores comerciales y principalmente, para garantizar que los precios cobrados por los diferentes productos, fueran proporcionales a los tiempos productivos y los costos asumidos por la empresa, teniendo en cuenta los precios del mercado.

Para el desarrollo de este sistema, se realizó, en primer lugar, una recopilación de los productos fabricados con mayor frecuencia en la empresa. A continuación, se analizaron las posibles variaciones de cada una de las piezas y se procedió, a continuación, a realizar la toma de los respectivos tiempos de producción en la planta. Durante la toma de tiempos, se detectaron oportunidades de mejora en el método de operación de la planta y se planteó una nueva distribución de planta, para mejorar los tiempos y los flujos productivos.

Adicionalmente, se procedió a realizar el desarrollo del sistema, asignando los precios a los productos, con base en la información obtenida en la planta y los precios del mercado. Por último, se estableció una metodología para actualizar y ajustar el sistema, partiendo de los precios estimados por los diferentes asesores comerciales de Doblamos S.A. y los cobrados por la competencia y comparándolos con los arrojados por el sistema.

ABSTRACT

The purpose of this work is to develop a system that enables any business adviser from Doblamos S.A, to get reliable quotes from products, based on the costs, the production times and the market prices, so that the company can achieve a competitive advantage and ensure their stay in the market.

The company Doblamos S.A. was forced to systematize the method to get quotes for the products, with the aim of providing customers the same prices by different business advisors and mainly to ensure that the prices charged by different products were proportional to production times and costs borne by the company, taking into account market prices.

For the development of this system was performed, in first place, a collection of products manufactured with greater frequency in the company. Next, the variations of each piece were analyzed followed by taking the production times in the plant. During times taking, opportunities for improvement were detected in the method of operation of the plant and a new plant layout was raised to improve times and production flows.

Additionally, the development of the system proceeded, assigning prices to products, based on the information obtained in the plant and the market prices. Finally, a methodology was established to update and adjust the system, based on the prices estimated by different business advisors from Doblamos S.A. and those charged by competitors, comparing them with the ones given by the system.

INTRODUCCIÓN

El actual trabajo hace parte de un proyecto, realizado en conjunto con el GPC (Grupo de la productividad hacia la competitividad) de la Escuela de Ingeniería de Antioquia en la empresa Doblamos S.A. En este proyecto, se realiza un análisis profundo sobre el funcionamiento y las operaciones de la empresa, teniendo como objetivos principales, el rediseño de la planta de producción y el desarrollo de un sistema para realizar cotizaciones de diferentes productos.

Se presenta entonces, luego de observar la necesidad de sistematizar y estandarizar el método de cotización de los productos, una recopilación de las piezas manejadas en la empresa, las posibles variaciones de las mismas y un análisis de tiempos productivos; información tomada como base para establecer precios reales de los productos y generar una ventaja competitiva para la empresa.

En este informe del trabajo realizado se muestran los datos obtenidos de las diferentes observaciones y tomas de tiempos realizados en la planta, las oportunidades de mejora identificadas en la misma, la recopilación de la información histórica de la empresa y la implementación y actualización de un sistema que permite realizar cotizaciones confiables y de manera estándar para cualquier asesor comercial de la empresa Doblamos S.A.

1. PRELIMINARES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 Contexto y caracterización del problema

El sector metalmecánico, en Colombia, ha tenido un crecimiento considerable en los últimos años. Siendo éste proveedor de sectores como el de la construcción y el automotriz, ocupa un lugar muy importante en el crecimiento y desarrollo de la economía del país.

Doblamos S.A. es una empresa dedicada al diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas, así como a la prestación de servicios relacionados con productos derivados del acero. Se prestan servicios de corte con cizalla, corte con pantógrafo, doblado, punzonado y cilindrada de láminas de acero, a la vez que curvada de tubería, según requerimientos del cliente. Esta compañía lleva 28 años en el sector, presta sus servicios en tres sedes y cuenta con aproximadamente 190 trabajadores.

Debido a que la empresa es del tipo tienda taller (Job-shop), se presenta una gran variedad de productos y por lo tanto, existe una alta variabilidad en los procesos. El proceso que se sigue para producir una pieza es el siguiente: primero el asesor comercial toma el pedido del cliente con todas sus especificaciones, medidas y requerimientos, luego éste realiza una cotización y posteriormente una orden de producción de manera manual, la cual es programada también de manera manual y enviada a la planta de producción de la misma forma.

Como consecuencia de la manualidad de los procesos de ventas, se presenta una alta variabilidad en la forma de cotizar de los diferentes asesores comerciales, ya que no existe dentro de la empresa, un sistema tecnológico para este proceso. Por lo anterior se pueden presentar dos situaciones: que se cobre menos de lo que cuesta fabricar el producto o que se cobre un precio mucho más alto del indicado, lo cual representaría la posible pérdida de un cliente.

1.1.2 Formulación del problema

Debido a la variabilidad de precios percibida por los clientes, se requiere desarrollar un sistema que permita a cualquier asesor comercial de la empresa realizar una cotización. Con esto se logrará que los precios cobrados por las diferentes piezas no sean variables y estén basados en los precios reales de los productos, determinados por los tiempos de producción y por el mercado. De esta

forma, se garantizará la permanencia de la empresa a largo plazo, la disminución en la incertidumbre en las cotizaciones y la mejora de la competitividad en el mercado.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivo General

Estandarizar un método para cotizar trabajos en el momento de la oferta de servicio al cliente.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Crear una base de datos de las piezas que se realizan con más frecuencia en la empresa.
- Analizar las variaciones en los tiempos de producción de las diferentes piezas según sus dimensiones, su peso y la secuenciación de operaciones.
- Desarrollar un programa que establezca una relación entre la información anterior y determine el precio real del producto.
- Establecer una metodología de actualización y ajuste del sistema de cotizaciones.

1.3 MARCO DE REFERENCIA

1.3.1 Reseña histórica Doblamos S.A.

Doblamos S.A. fue creada el 31 de Julio de 1984 en Medellín. La empresa comenzó como un taller que prestaba el servicio de corte y doblaje de láminas de acero. Con el tiempo, la empresa fue creciendo y se adquirieron otras máquinas para prestar más servicios, como lo son el curvado de perfiles y la rolada de láminas para fabricar cilindros. La empresa continuó creciendo y en el año 1993 se abrió una sede en la ciudad de Sabaneta, ya que se detectó un mercado potencial en esta zona. La última sede que abrió la empresa fue la del barrio Caribe hace dos años, ya que se encontró la necesidad de satisfacer la demanda de esta zona.

Actualmente la empresa ofrece los servicios de corte y doblaje de láminas de acero hasta de seis metros, corte con pantógrafo, punzonado CNC, rolado de láminas y curvada de tubería y perfiles metálicos. También la empresa ofrece al cliente la opción de proveerle la materia prima para los diferentes procesos, que consta primordialmente de láminas de hierro CR y HR en el calibre solicitado por el cliente, láminas galvanizadas, en aluminio e inoxidable, tubería de cualquier tipo y perfiles comerciales como vigas y canales.

La empresa en el sector es reconocida primordialmente por la prestación de los servicios mencionados anteriormente. Hace aproximadamente 12 años se incursionó en un nuevo mercado y se creó una nueva área en la empresa que es la de estructuras metálicas.

Esto se creó con el fin de darle un valor agregado a la materia prima y de incursionar en un mercado interesante para la compañía. En esta área se realiza el diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas.

Dado que la empresa es del tipo tienda taller (Job-shop), presenta una gran variedad de productos y por lo tanto, existe una alta variabilidad en los procesos. Para poder mantenerse en el mercado, mejorando el servicio, la empresa visualiza la adopción de nuevas tecnologías para predecir los costos reales de los servicios solicitados por los clientes y su capacidad real de cumplimiento. La implementación de un sistema para cotizar basado en los costos, ofrece a la empresa una ventaja competitiva que le permite realizar cotizaciones confiables y de manera más ágil.

1.3.2 Conformado de metales

Los metales deben ser conformados en la zona de comportamiento plástico, superando el límite de fluencia del material, para así garantizar que la deformación sea permanente. Por esto, el metal debe ser sometido a esfuerzos superiores a sus límites elásticos. (ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA ECI, 2008)

Los procesos metálicos se clasifican en dos grupos, los de trabajo en frío y los de trabajo en caliente.

TRABAJO EN FRÍO

Este proceso se refiere al trabajo realizado a temperatura ambiente o menor. (ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA ECI, 2008). El material se deforma a temperaturas que están por debajo de la temperatura de recristalización. (Rosario, 2004). En este tipo de trabajo se debe aplicar un esfuerzo mayor que la resistencia de cedencia original de metal, produciendo a la vez una deformación.

El trabajo en frío muestra algunas ventajas con respecto al trabajo en caliente, entre las cuales se encuentran:

- Mejor precisión del conformado
- Menores tolerancias
- Mejores acabados superficiales
- Mayor dureza

Por otro lado, el trabajo en frío tiene algunas desventajas, ya que requiere la aplicación de fuerzas mayores para deformarse, puede presentar endurecimientos, a la vez que se ve limitado por la resistencia a la tensión del metal. (ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA ECI, 2008).

Algunos ejemplos de procesos con trabajo en frío son:

- Corte con cizalla: Este proceso de conformado mecánico, consiste en someter al metal a tensiones cortantes, superiores a su resistencia, para obtener la separación del material. Este corte se realiza por medio de la

utilización de dos cuchillas, una que está fija y la otra que se mueve y realiza la presión sobre el material, hasta desprenderlo. (Zarria, 2011)

En la imagen a continuación se muestra el proceso de corte por cizalla.

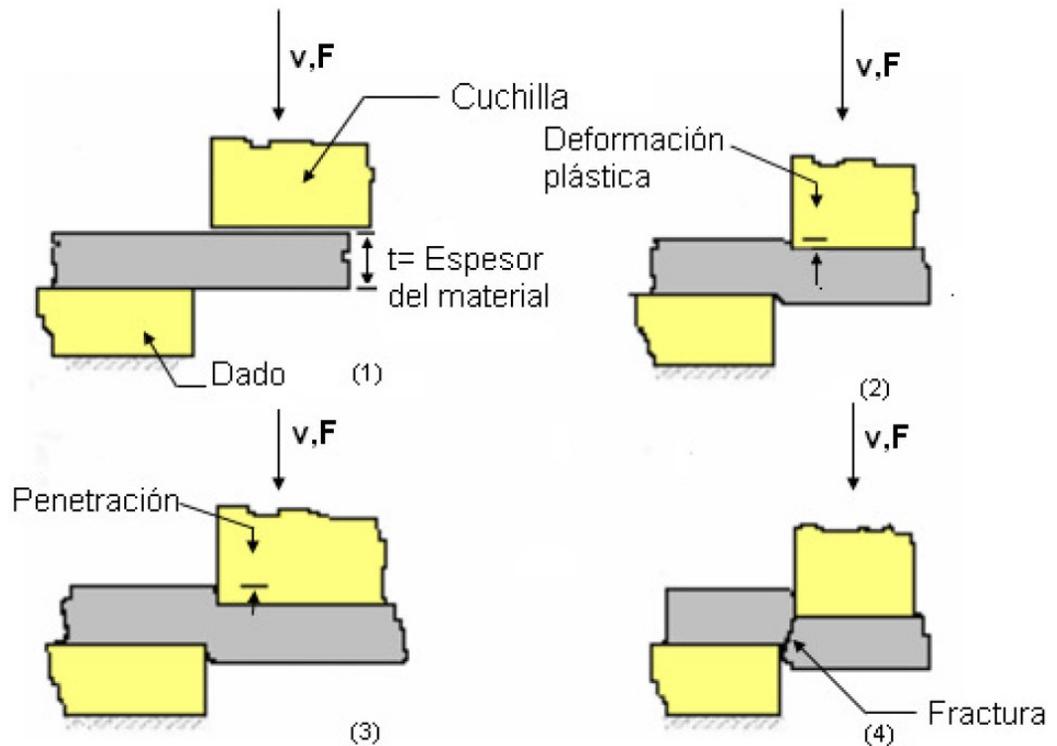


Figura 1 Proceso de Corte por cizalla ⁱ

➤ Dobléz

El proceso de doblar láminas metálicas, consiste en deformarlas alrededor de un determinado ángulo. Durante esta operación, las fibras externas de la lámina se encuentran en estado de tensión, mientras que las internas, en estado de compresión. En este proceso no se producen cambios en el espesor del material trabajado.

Existen dos tipos de dobléz:

Entre formas: En este caso, la lámina es sometida a un proceso de deformación por medio de un punzón en forma de V y un dado que realiza la presión. Según el ángulo que se requiera, se determina el tipo de punzón, el dado y la cantidad de golpes que deben aplicarse a la pieza. (ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA ECI, 2008)

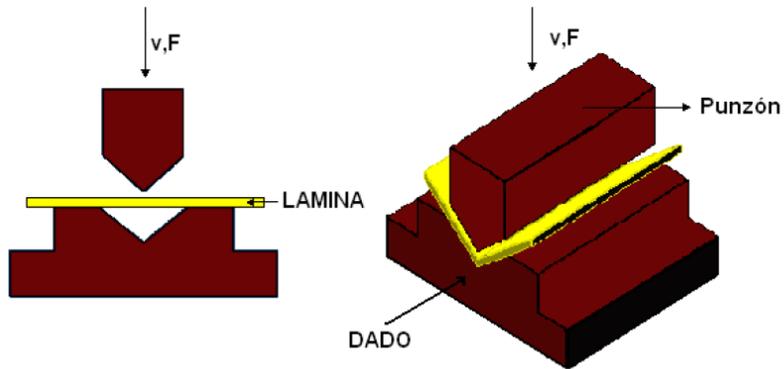


Figura 2 Proceso de Dobleza entre formas ⁱⁱ

Doblado deslizando: En este caso, una placa realiza una presión sobre la lámina metálica contra la matriz o dado, mientras que el punzón le ejerce una fuerza que se encarga de doblarla alrededor del borde del dado. Este proceso solo puede ser realizado para ángulos hasta de 90°. Los punzones y las matrices utilizadas, están determinadas por el ángulo y el radio requerido. (ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA ECI, 2008)

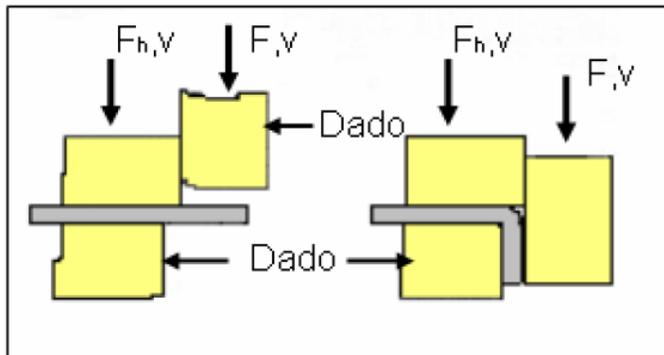


Figura 3 Doblado Deslizante ⁱⁱⁱ

➤ Troquelado o punzonado:

El punzonado es una operación mecánica con la cual, mediante herramientas especiales aptas para el corte se consigue separar una parte metálica de otra obteniéndose una figura determinada. (System Cover, 2012)

Este proceso consiste en someter las láminas a esfuerzos cortantes, por medio de un punzón y una matriz, que determinan la forma de la pieza.

Los parámetros que determinan la calidad de la pieza punzonada, son: los materiales de la matriz y del punzón, la lubricación, la velocidad y la fuerza con que se aplica el punzonado, el estado de afilación de las herramientas, la holgura y la luz formada entre el punzón y la matriz. (ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA ECI, 2008)

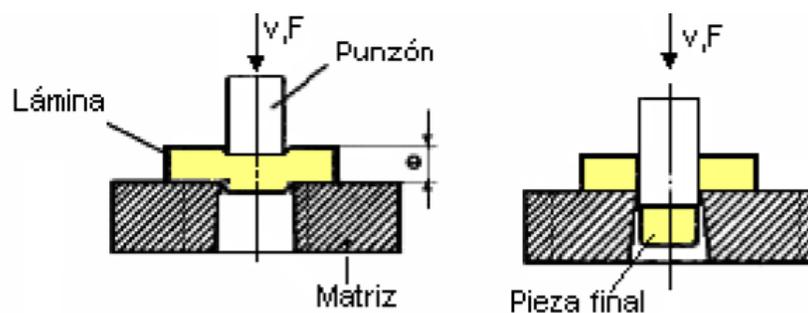


Figura 4 Punzonado o Troquelado^{iv}

➤ Rolado

El rolado es un proceso de doblado, en el cual el metal se ve obligado a tomar una forma diferente por medio de deformación plástica, debido a la aplicación de momentos de flexión. Para este proceso, el material doblado se ve obligado a tomar la forma de una curva por medio de tres o más rodillos con el fin de obtener piezas con geometrías cilíndricas.

Este proceso es utilizado principalmente para la fabricación de silos, tanques, cilindros y diferentes tipos de curvas de radios variables. (Iza, 2007)



Figura 5 Proceso de Rolado ^v

TRABAJO EN CALIENTE

En este tipo de trabajos, el material se deforma a temperaturas que están por encima de la temperatura de recristalización. (Rosario, 2004)

La mayor ventaja que presenta el trabajo en caliente sobre el trabajo en frío, es que permite la obtención de una deformación plástica casi ilimitada, permitiendo el conformado de piezas de gran tamaño, ya que el material cuenta con baja resistencia de cedencia y alta ductilidad.

Entre otras ventajas que se presentan con el trabajo en caliente están:

- Menores esfuerzos requeridos para deformar el material.
- El material no corre el riesgo de fracturarse, como sí lo hace en frío.
- Las propiedades del metal no se ven afectadas ya que no ocurren endurecimientos de partes.

Por otro lado, el trabajo en caliente puede presentar desventajas, como lo son: el alto costo y el acabado superficial y las tolerancias, que pueden ser más bajas que las del trabajo en frío. (ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA ECI, 2008)

Algunos ejemplos de trabajo en caliente son:

- Forjado

Este proceso puede ser realizado también en frío, pero se hace principalmente en caliente debido a la necesidad de reducir la resistencia para realizar la deformación del material. El forjado consiste en la aplicación de esfuerzos de compresión excediendo la resistencia de fluencia del material, por medio de dos dados, hasta adquirir la forma requerida.

Este proceso se puede realizar por medio de tres técnicas:

Forjado a dado abierto: En este caso el metal se comprime entre dos planos de modo que el material puede expandirse en las partes laterales.

Forjado en dado impresor: En este caso un dado con una forma determinada, ejerce una fuerza y comprime el metal, obligando el material a tomar la forma de los dados. En este caso también el material puede expandirse un poco hacia las partes laterales ocasionando rebaba.

Forjado sin rebaba: En este caso el dado rodea totalmente el metal, restringiendo la producción de rebabas. (ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA ECI, 2008)

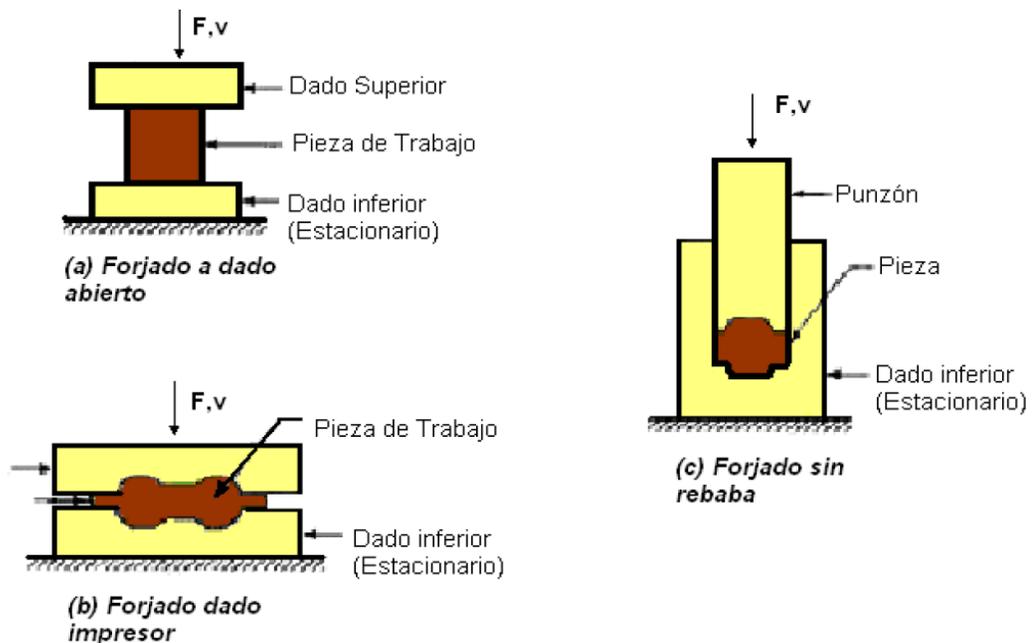


Figura 6 Proceso de Forjado ^{vi}

➤ Laminado

El proceso de laminado consiste en hacer pasar una masa metálica entre dos rodillos que giran en sentido inverso, para obtener la deformación de la misma. (Mecanica.com.es, 2008)

En este proceso se reduce el espesor de una pieza larga a través de fuerzas de compresión ejercidas por los rodillos, que giran apretando y halando la pieza entre ellos. (ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA ECI, 2008)

Esta operación puede ser realizada en frío o en caliente. Se realiza principalmente en caliente, debido a que de esta forma se obtiene una mejora importante en las características del material, reduciendo defectos y mejorando la estructura química. Por otro lado, realizando este proceso en frío, se pueden ver altamente afectadas las propiedades del material. (Mecanica.com.es, 2008)

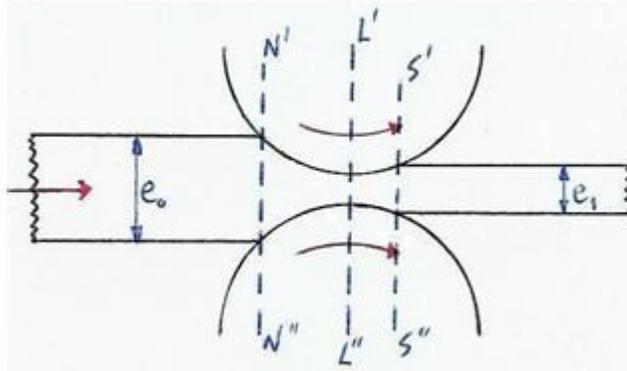


Figura 7 Proceso de laminado vii

“Este proceso comienza con una colada continua en donde se recalienta el acero en un foso de termodifusión, luego el acero pasa por una serie de rodillos que desbastan el material (proceso laminado) y finalmente la lámina es almacenada en rollos.” (ECI-ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA, 2008)

El material que más se utiliza para este proceso es el acero, también se laminan, pero en menor importancia el aluminio, el cobre y todas sus aleaciones.

Por medio de este proceso se fabrican las láminas de acero que sirven como materia prima para otros procesos en frío, como lo son el corte y el dobléz.

1.3.3 Industrias tipo Taller (Job – Shop)

En este tipo de sistema productivo se fabrica una gran variedad de productos diferentes, en volúmenes variables, que generalmente no llegan a ser muy altos. Se realizan piezas para pedidos determinados, según especificaciones y requerimientos del cliente y no se fabrican en serie.

Dada la alta variabilidad en los flujos de los procesos y en los productos fabricados en este tipo de empresas, se detecta una gran dificultad en la programación de la

secuenciación y la distribución de planta. El problema de programación y secuenciación en empresas tipo taller, conocidas como Job-shop (JSP) pertenece a una clase de problemas de optimización combinatoria conocido como NP-difícil. (Garey, Jhonson, & Sethi, 1976)

El problema JSP puede enunciarse como sigue: (Moradi, Fatemi Ghomi, & Zandieh, 2010) Un conjunto de n trabajos deben ser procesados en un grupo de máquinas m . Cada trabajo se compone de una secuencia predefinida de k operaciones. Cada máquina puede procesar solamente una operación a la vez durante una unidad de tiempo. Si una operación se puede procesar en más de una máquina, que tiene la misma función, dará lugar a un problema más complejo, conocido como el problema de job-shop flexible(FJSP). De acuerdo con esta característica, en una máquina se puede realizar más de un trabajo. Esta característica de la FJSP aumenta considerablemente la complejidad y dificulta la posibilidad de encontrar una solución óptima ni siquiera en forma aproximada. (Pinedo & Chao, 1999)

Para la solución de este tipo de problemas no existe un software específico, aunque ha sido objeto de innumerables estudios; sin embargo su solución es tan compleja que hasta el presente no se ha encontrado una solución general y el gran número de publicaciones que se reportan se limitan a soluciones de clases de problemas o particulares.

1.3.4 Industria metalmecánica

La cadena Siderúrgica y Metalmecánica está compuesta por la producción de acero y metales no ferrosos como el cobre y el aluminio y todos los productos metalmecánicos. (Dinero, 2011) Este sector comprende todo el proceso desde la obtención de la materia prima, el tratamiento para la creación los diferentes tipos de acero, los procesos de transformación en caliente para obtener productos comerciales como: varillas, láminas, tubos y perfiles comerciales; y, por último, el conformado de piezas procesadas en frío para finalmente, llegar a obtener diferentes productos de uso industrial o cotidiano, como son: elementos para la construcción, partes para la industria automotriz o para equipos de refrigeración.

Dado que el sector metalmecánico, es proveedor de insumos para industrias como la manufacturera, la automotriz, y la de la construcción, este ocupa un lugar de gran importancia para el crecimiento y desarrollo de la economía del país. La industria siderúrgica y metalmecánica en Colombia es la tercera por peso, del total del PIB del país. Esta representa el 11.7% de toda la producción manufacturera y en empleo aporta el 13.44%. (ANDI, 2011)

La producción siderúrgica en el país aumentó un 10% en el año 2011, con respecto al año anterior. Durante el 2010, la producción fue de 1,6 millones de toneladas, superando la del año 2007, que era considerado el mejor a la fecha,

con un incremento del 9,35%. La demanda, por su parte, creció un 25,34%, principalmente por el consumo de acero en el país llegando a más de 2,8 millones de toneladas. Entre enero y abril del 2011, la producción siderúrgica alcanzó los 587.723 toneladas, 10% más comparado con el mismo periodo del año anterior. (Dinero, 2011)

En el mundo también se ha dado un crecimiento tanto en el consumo como en la producción de acero en los últimos años. En el 2011 se dio un aumento en la producción de acero del 8% con respecto al año 2010. Se espera que en el 2012 el consumo de acero crezca entre un 5% y un 7% en el año 2012. (ANDI, 2011)

El aumento en la demanda y la producción de acero en el mundo se ha dado principalmente por la tendencia de construir en acero, esto debido a las propiedades que tiene este material como la flexibilidad, la sismo resistencia, entre otras ventajas que permiten que las construcciones más grandes y más reconocidas del mundo hayan sido realizadas con este producto.

1.3.5 Diseño de plantas

El proceso de diseño de plantas se puede definir de la siguiente forma: “La serie de etapas que es necesario llevar a cabo para localizar exactamente las máquinas y lugares de trabajo de una planta, así como también las áreas adicionales para las actividades complementarias de la producción como servicios, oficinas, almacenes, servicios al personal, etc.” (Upegui, 1979).

(Upegui, 1979) Propone 4 casos en los que se debe recurrir a un diseño de plantas:

- Relocalización de áreas dentro de una planta existente: En este caso ya se encuentran predeterminados los procesos, la producción, las máquinas y equipos y el personal a cargo, sólo es necesario garantizar el mejor flujo de producción posible.
- Ubicación de una planta o de un proceso completo dentro de un espacio definido: Se debe definir la producción, las máquinas, el personal, los flujos y todos los elementos que van a conformar el proceso productivo y que serán ubicados en un área delimitada.
- Ubicar una planta en una zona definida: Además de lo mencionado en el numeral 2, se debe determinar el área que ocupará la planta construida en el terreno.
- Diseñar una planta por completo: Se debe definir todo lo anterior y el lugar del terreno donde se construirá la planta.

El objetivo principal de la planificación de la distribución en planta consiste en permitir que los empleados y el equipo trabajen con mayor eficacia.

(Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C.) Esto va a garantizar que los costos operacionales de la planta serán los mínimos posibles tanto a corto como a largo plazo.

Los aspectos más importantes que se deben tener en cuenta en el momento de diseñar una planta son los siguientes: (Upegui, 1979) (Universidad de Castilla - La Mancha)

- Transporte mínimo recorrido de personas y materiales: En este caso se tiene en cuenta tanto la distancia recorrida como la eficiencia de los sistemas de transporte utilizados para mover los materiales.
- Circulación o flujo de materiales óptimo: Se debe alcanzar una ubicación de las áreas de trabajo, que garantice, en lo posible, que las operaciones estén ubicadas en la misma secuencia en que son producidas.
- Área ocupada: Se debe buscar que el área ocupada por los elementos de la planta sea la menor posible, para así conseguir un buen aprovechamiento de los espacios.
- Mantenimiento: Es necesario que la ubicación elegida para las máquinas y los procesos, faciliten las labores de mantenimiento y garanticen su agilidad.
- Comodidad, satisfacción y seguridad del personal: Garantizando estos 3 aspectos, se obtiene una mayor eficiencia en la producción del personal de la planta y se reducen costos por incapacidades o pérdida de tiempo.
- Flexibilidad: Se debe elegir un diseño de planta que permita realizar cambios sin necesidad de incurrir en costos elevados.

Redistribución de planta: Es necesario recurrir a la redistribución de una planta cuando, debido a cambios en la organización, el diseño elegido inicialmente deja de ser eficiente y adecuado para las nuevas condiciones de la empresa.

Esto puede ser ocasionado por cambios en el volumen de producción, en la tecnología y los equipos, o en el producto. (Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C.)

1.3.6 Método Delphi

El método Delphi es definido como una “estructura de comunicación grupal dirigida y a distancia (vía postal o electrónica) que pretende facilitar el debate en torno a un objetivo específico con el objeto de orientar la toma de decisiones con base en previsiones de futuro (las cuales pueden ser resultado de un consenso o no). Permite la interacción asincrónica e implica anonimato en las respuestas y un

proceso de retroalimentación que permite a cada participante modificar juicios previos con base en la opinión grupal”. (Bas, 2004)

Otra manera en que puede ser definido este término es como “el método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo. (Linstone & Turrof, 1975)

Este método ha sido utilizado desde los años 60 en diversos campos, como lo son: la salud, la ciencia y la tecnología, la política, la gestión empresarial, entre otros.

Pasos para realizar un estudio por el método Delphi (Bas, 2004):

1. Definir objetivo
2. Seleccionar expertos: Personas que tengan un alto conocimiento acerca del tema objetivo.
3. Formación del Panel: El grupo de personas que se seleccionan para participar en el proyecto.
4. Circulación del primer cuestionario: Se realiza un estudio exploratorio que permita definir variables para la construcción del cuestionario.
5. Análisis cualitativo: En esta fase se determinan los acontecimientos concretos cuya previsión se va a cuantificar teniendo en cuenta las propuestas de la etapa 4 y el objetivo del estudio. Con esta información, se realiza el segundo cuestionario.
6. Circulación del segundo cuestionario: Este cuestionario se obtiene de la información de la fase anterior y se distribuye al panel de expertos.
7. Análisis preliminar: Se calcula la mediana de la información obtenida en el segundo cuestionario como un indicador de la tendencia central.
8. Reafirmación y argumentación: Se distribuye nuevamente el cuestionario número 2 con los resultados grupales obtenidos en la etapa anterior y se pide a cada experto su postura respecto al resto del grupo.
9. Repetición: En este punto se repiten los pasos 6, 7 y 8 hasta obtener una dispersión lo suficientemente pequeña como para considerar que los resultados no se modificarán en rondas posteriores, lo cual se toma como un consenso grupal.

Esta metodología es una forma sencilla, de bajo costo y eficaz para llegar a consensos y sacar provecho del conocimiento de los diferentes expertos que participan en el proceso.

2. METODOLOGÍA

Para desarrollar el sistema de cotizaciones para la empresa Doblamos S.A. fue necesario realizar un estudio profundo de los procesos que se siguen en la planta y tener en cuenta los tiempos de operación para determinar las variaciones en los precios de los productos.

El plan de trabajo desarrollado para alcanzar cada uno de los objetivos específicos planteados fue el siguiente:

Objetivo específico 1: Crear una base de datos de las piezas que se realizan con más frecuencia en la empresa.

Para alcanzar este objetivo se realizó una recopilación de las piezas fabricadas en la empresa en órdenes de producción de los últimos dos años. Estos datos fueron extraídos de los archivos físicos existentes en la empresa. Para completar la información se programaron reuniones con los asesores comerciales de la empresa y los encargados de programar la producción para compartir la información y completar los datos faltantes, para así garantizar que todas las piezas estuvieran contenidas en esta base de datos.

Objetivo específico 2: Analizar las variaciones en los tiempos de producción de las diferentes piezas según sus dimensiones, su peso y la secuenciación de operaciones.

Para alcanzar este objetivo fue necesario realizar un análisis del funcionamiento actual de la planta, tanto en el área de estructuras metálicas como en el área de servicios de corte y doblado. En este análisis se tomaron los datos de las variaciones en los tiempos de procesamiento de las diferentes piezas, para luego proceder a clasificar los diferentes tipos de productos estableciendo rangos de precios según el tipo de producto, el peso y sus dimensiones.

También hizo parte del desarrollo de este objetivo, la propuesta de una nueva distribución de planta, ya que llegará una máquina nueva a la empresa y era necesario garantizar que los tiempos de producción de las piezas no variaran por una disminución en los flujos de los procesos y en la eficiencia de las operaciones y se viera afectada la rentabilidad de la empresa.

Para la propuesta de una nueva distribución de planta, se analizaron las diferentes rutas que seguían los productos y los procesos más críticos dentro de la planta.

Objetivo específico 3: Desarrollar un programa que establezca una relación entre la información anterior y determine el precio real del producto.

Con la información obtenida en el objetivo específico número 2, se desarrolló un programa en Access que permitió que una persona eligiera un producto, ingresara las dimensiones de la pieza, y este programa arrojará el precio que debía cobrar por este producto.

Objetivo específico 4: Establecer una metodología de actualización y ajuste del sistema de cotizaciones.

Para desarrollar este objetivo se realizaron pruebas junto con los asesores comerciales, en las cuales se eligieron cinco productos y se utilizó el programa para determinar el precio de cada uno de ellos.

Se procedió a comparar el precio determinado por el sistema con el precio propuesto por los asesores comerciales y el precio cobrado en el mercado por el mismo producto. El precio del mercado se determinó cotizando este producto en cuatro empresas diferentes competidoras de Doblamos S.A.

Según los resultados de este análisis, se procedió a efectuar actualizaciones en la información ingresada al sistema para ajustarlo a los precios del mercado.

3. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE TRABAJO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE OPERACIÓN DE LA EMPRESA DOBLAMOS S.A.

La empresa Doblamos S.A. cuenta con dos unidades principales de negocio, las cuales son, el área de corte y dobléz y el área de estructuras metálicas. La planta de producción está repartida de manera que dos tercios están ocupados por las máquinas del área de corte y dobléz, y dos tercios se utilizan para la fabricación de las estructuras metálicas. Dado que la empresa adquirió una nueva máquina que va a ocupar un espacio considerable dentro de la planta, fue necesario proponer una nueva distribución que garantizara los flujos continuos y la máxima eficiencia de ambas áreas, y así, poder competir en el mercado manteniendo los precios de los productos sin afectar la rentabilidad de la empresa.

3.1.1 Área de corte y dobléz

En esta área se prestan servicios de transformación de láminas, vigas, canales, tubería y ángulos, según las necesidades de cada cliente, con material suministrado ya sea por Doblamos o por el cliente. Dado que la empresa realiza todos sus productos bajo pedido y según especificaciones del cliente, es del tipo tienda taller (Job-shop) y presenta una alta variabilidad en los procesos y una gran variedad de productos.

En esta área de servicios, se manejan los siguientes procesos:

- Corte Con cizalla
- Doblez
- Corte con pantógrafo
- Punzonado
- Curvado de perfiles
- Cilindrado

La materia prima principal con la cual trabaja esta área, son las láminas de acero, que se utilizan para fabricar diferentes perfiles y piezas según el requerimiento de cada cliente. También se trabaja con tubería, ángulos, vigas y canales, las cuales se utilizan principalmente para ser curvadas o perforadas.

Dentro de las láminas, se manejan diferentes tipos de material, como lo son: láminas hot rolled (laminado en caliente), láminas Cold rolled (Laminado en frío), láminas galvanizadas, láminas de aluminio y láminas en acero inoxidable.

Para la prestación de estos servicios Doblamos Cuenta con las siguientes máquinas:

Corte:

- Cortadora Durma CNC: Esta es una máquina de control numérico que realiza corte por medio de cizalla y tiene capacidad de cortar láminas de calibre hasta ½ pulgada de espesor (12 milímetros) y de largo hasta de 3 metros.
- Cortadora CML: Esta máquina realiza corte por medio de una cizalla y puede cortar piezas hasta de 6 metros de longitud y ½ pulgada (12,7 milímetros) de espesor.
- Cortadora Casanova: Esta máquina realiza corte con cizalla, tiene capacidad de cortar espesores hasta de 3/16 pulgadas (4,5 milímetros) y 2 metros de longitud.
- Pantógrafo CNC: Esta máquina puede cortar cualquier tipo de figura requerida y tiene capacidad de corte hasta espesores de 3 pulgadas (76,2 milímetros). Realiza corte en caliente.
- Punzonadora: Esta máquina puede perforar piezas hasta de 8mm de espesor y 6 metros de longitud.

Doblez:

- Dobladora CML 6 metros: Esta máquina tiene capacidad para doblar láminas de espesor hasta de 5/8 pulgada (15,8mm) y de longitud hasta de 6 metros.
- Dobladora Durma CNC: Esta es una máquina de control numérico que tiene la capacidad de doblar piezas de espesor hasta de ½ pulgada (12,7 milímetros) y de 3 metros de longitud.
- Dobladora Trumpf: Esta es una máquina de control numérico de mucha precisión y que tiene la capacidad de doblar piezas hasta calibre 12 (2,5 milímetros) y de 2 metros de longitud.

Curvado de perfiles:

- Curvadora Curvatrici: Esta curvadora está diseñada para curvar tubería hasta de 2 ½ pulgadas de diámetro y platinas y ángulos hasta de 2 ½ pulgadas de ancho
- Curvadora Faccin: Esta máquina tiene la capacidad de curvar platinas y ángulos con anchos mayores a 2 ½ pulgadas y tubería de diámetro mayor a 2 1/2" pulgadas. También sirve para curvar vigas y canales hasta de 4 pulgadas de ancho.

Rolado de láminas:

- Roladora Parmigiani: Esta roladora es la ideal para rolar cilindros de diámetros entre 2 y 2 ½ pulgadas, espesores hasta 3/16 pulgadas (4,5milímetros) y altura hasta de 1 metro.

- Roladora Webb: Esta roladora es la adecuada para rolar cilindros de diámetros grandes, según requerimientos del cliente. Tiene la capacidad de rolar cilindros hasta de 3 metros de diámetro utilizados para silos y tanques. Puede rolar espesores hasta de 1/2 pulgadas (12,7 milímetros) y altura hasta de 2 metros.

Proceso productivo

El proceso productivo que se sigue en el área de servicios metalmecánicos es el siguiente:

- El asesor toma el pedido del cliente y realiza la orden de producción de forma manual especificando gráficamente la geometría de la pieza, las medidas y las cantidades requeridas.
- El programador recibe la orden de producción y se dispone a sacar el desarrollo de la pieza¹ y asignar el retal o la lámina que se va a utilizar para cortar la pieza.
- El asistente de producción ubica la orden de producción en la máquina donde va a ser procesada para que el operario tenga acceso a ella.
- El operario toma la orden de producción, la lee con detenimiento, revisa el desarrollo de la pieza con su calculadora y procede a traer el retal o lámina que va a procesar. Para este último proceso se utiliza el puente grúa según el peso de la lámina, o puede ser transportado entre operario y ayudante, si la pieza no es muy pesada.
- El operario del primer proceso (la mayor parte de las piezas empiezan por el proceso de corte) ubica la lámina en la mesa de trabajo, mide con el flexómetro, traza con el trazador y procede a cortar la pieza.
- El operario y el ayudante del primer proceso llevan las piezas a la máquina donde va a tener lugar el siguiente proceso, si esta pieza no lleva más procesos, se procede a llevarla al almacenamiento de producto terminado. Este transporte se puede hacer de manera manual o por medio del puente grúa, según las dimensiones y el peso del material.
- Luego de que la pieza ha pasado por todos los procesos requeridos, el operario y el ayudante del último proceso llevan el material a la zona de almacenamiento de producto terminado y dejan la orden de producción en un

¹ Desarrollo de la pieza: Sumar las medidas internas de la pieza para así hallar las dimensiones con las cuales debe ser cortada la pieza, de modo que al doblarla, ésta contenga las medidas externas exactas requeridas por el cliente.

lugar determinado para ubicar los planos de los productos terminados de esa máquina.

- El encargado de Calidad revisa la pieza, y, si esta cumple con todos los requerimientos, libera el producto y le lleva la orden de producción al programador para descargar la orden, y que esta pueda pasar a ser facturada.

3.1.2 Área de estructuras metálicas

En esta área se realiza el diseño, cálculo, la fabricación y el montaje de estructuras metálicas requeridas por el cliente.

El proceso productivo que se sigue en esta área es el siguiente:

- El cliente realiza un requerimiento del servicio que necesita al encargado de la gestión comercial, el cual procede a evaluar la conveniencia de presentar la propuesta o desistir de hacerlo con base en los siguientes aspectos: objeto de la obra, disponibilidad de recursos humanos y físicos, plazo de ejecución y presentación de la oferta y antecedentes comerciales del cliente. En caso de que la decisión sea no presentar la oferta, se le avisa al cliente oportunamente.
- El requerimiento del cliente puede ser simplemente de un cálculo y un diseño de una estructura, o de realizar todo el proceso del cálculo, el diseño, la fabricación y el montaje de la estructura. En el primer caso, se cotiza con base en la cantidad de tiempo que se va a necesitar para realizar el diseño de la estructura teniendo como fuente de información el diseño arquitectónico suministrado por el cliente. En el segundo caso, se pasa la información a ingeniería y se procede con el diseño para cotizar la fabricación de la estructura.
- El departamento de ingeniería realiza el diseño de la estructura, teniendo en cuenta todas las condiciones del lugar donde se va a ubicar la estructura y las normas sismo resistentes.
- El departamento de ingeniería pasa el diseño de la estructura a los dibujantes, los cuales proceden a sacar las cantidades de materiales a utilizar según el proyecto, como lo son: vigas, tubería, tornillería, perfiles, platinas, ángulos, pintura y demás insumos requeridos para la realización de la estructura.
- Con base en los resultados anteriores y la información de precios disponible se procede a realizar un análisis de precios unitarios que incluya todos los costos de producción asociados al proyecto y con esto, se envía la cotización al cliente.
- En la medida que la cotización sea aprobada, el coordinador de proyectos y el calculista proceden a elaborar el cronograma en el cual se definen los tiempos requeridos para desarrollar el proyecto, desde la etapa de la elaboración de los planos por el área de dibujo hasta el montaje de la estructura.

- El ingeniero de diseño entrega a los dibujantes la información necesaria para la elaboración de los planos de proyecto, fabricación y montaje y estos se encargan de realizar todos los planos con base en los lineamientos sugeridos por el Coordinador de Ingeniería, dándole prioridad a aquellos elementos fundamentales detallados en el cronograma de la obra.
- Los planos son entregados al coordinador de producción el cual se encarga de coordinar el inicio y desarrollo de la producción, el cual comienza en el área de corte. En esta etapa se realiza el corte de vigas, tubería, varillas y demás piezas que se requieran, por medio de corte con plasma o corte con sierra.
- En caso de requerirlo las piezas son perforadas en taladro o en la punzonadora Geka.
- El proyecto continúa con el proceso de armado, en el cual un armador junto a un ayudante se encargan de armar la pieza según las especificaciones de los planos.
- Los soldadores proceden a soldar las piezas armadas previamente, en algunos casos las piezas soldadas se perforan con el taladro manual.
- Los ayudantes se disponen a escoriar la pieza soldada antes de ser trasladada al proceso de pintura.
- La pieza llega al área de pintura donde es sometida a un proceso de limpieza manual, luego procede a ser pintada y posteriormente despachada a la obra donde se realiza el montaje de la estructura.

3.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA.

La empresa Doblamos S.A. adquirió una máquina nueva, la cual consiste en una línea de corte, taladrado y granallado. Esta máquina va a ocupar un área considerable en la planta, por lo cual surgió la necesidad de rediseñar la planta, de modo que fuera factible acomodar esta máquina sin afectar la productividad y los flujos tanto del área de estructuras metálicas como de corte y doblado, a la vez que se aprovechara al máximo la capacidad y la eficiencia de esta máquina.

3.2.1 Análisis del área de corte y doblado

Flujos

Para sustentar el rediseño de la planta, se realizó, en primer lugar, una observación de los flujos que tienen lugar en la planta. Dado que la empresa es del tipo taller (Job-Shop), se presenta una alta variabilidad de productos y, por lo tanto, una cantidad considerable de procesos diferentes. Se detectó que para fabricar un producto se pueden utilizar diferentes máquinas que realizan el mismo proceso, esto da lugar a que no sea posible

determinar un flujo a simple vista para la fabricación de un producto determinado. Por ejemplo: una canal de calibre 3/16" y de largo de dos metros, puede ser cortada en cualquiera de las tres cortadoras que hay en la empresa y puede ser doblada ya sea en la dobladora de tres o en la de seis metros.

Para esto, se realizó un estudio durante un período de 20 días, en el cual se tomaron datos de todas las órdenes de producción y las piezas que se procesaron en la planta en este lapso de tiempo, en el cual se determinó cada uno de los productos en cuál máquina fue procesado.

Dada la alta variabilidad y la gran cantidad de rutas encontradas, se tomaron, para el análisis las rutas por las cuales pasa el 88,5% de los productos, las cuales son las más significativas. Estas rutas identificadas fueron las que se tuvieron en cuenta a la hora de proponer una distribución y se observan en la Tabla 1.

Tabla 1 Rutas Identificadas

RUTA		FRECUENCIA
CORTADORA 3 MTS	DOBLADORA 3 MTS	5,8%
CORTADORA 3 MTS		23,3%
PANTOGRAFO		8,5%
CORTADORA 6 MTS	DOBLADORA 3 MTS	9,5%
CORTADORA 6 MTS	DOBLADORA 6 MTS	5,4%
CORTADORA 6 MTS		8,1%
PANTOGRAFO	DOBLADORA 3 MTS	6,7%
PUNZONADORA	DOBLADORA 2 MTS	8,3%
PUNZONADORA		12,9%

Para las rutas significativas, se identificó el porcentaje de piezas de cada calibre que es fabricado en la misma, en la Tabla 2 se puede observar esta información.

Tabla 2 Rutas por Calibres

PROCESO		C24	C22	C20	C18	C16	C14	C12	1/8"	3/16"	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	25"
CORTADORA 3 MTS	DOBLADORA 3 MTS	0%	0%	1%	20%	14%	14%	18%	16%	11%	5%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
CORTADORA 3 MTS		0%	0%	47%	27%	1%	14%	2%	4%	3%	0%	0%	1%	1%	0%	0%	0%
PANTOGRAFO		0%	0%	0%	1%	1%	5%	0%	8%	14%	16%	11%	12%	9%	9%	12%	3%
CORTADORA 6 MTS	DOBLADORA 3 MTS	0%	0%	0%	0%	2%	48%	2%	25%	15%	3%	0%	4%	1%	0%	0%	0%
CORTADORA 6 MTS	DOBLADORA 6 MTS	0%	0%	0%	0%	1%	1%	19%	8%	28%	16%	18%	8%	2%	0%	0%	0%
CORTADORA 6 MTS		0%	0%	1%	0%	0%	4%	1%	10%	16%	17%	3%	21%	28%	0%	0%	0%
PANTOGRAFO	DOBLADORA 3 MTS	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	4%	92%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%
PUNZONADORA	DOBLADORA 2 MTS	0%	4%	7%	13%	22%	40%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PUNZONADORA		2%	0%	50%	36%	1%	1%	9%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

En la Tabla 3 se encuentra resumido el promedio de Kilos que se procesa diariamente en cada una de las máquinas. Estos datos se obtuvieron luego de realizar una observación durante 20 días, donde se calculó diariamente la cantidad de kilos que se procesaban en cada uno de los procesos.

Tabla 3 Kilos por máquina

MÁQUINA	PROMEDIO DE KILOS	PORCENTAJE
PANTÓGRAFO	2912,6	21%
CORTADORA 3 MTS	890,3	6%
DOBLADORA 6 MTS	2381,6	17%
CORTADORA 6 MTS	5309,1	38%
DOBLADORA 3 MTS	1078,8	8%
PUNZONADORA	594,1	4%
CILINDRADORA PEQUEÑA	77,0	1%
CILINDRADORA GRANDE	538,8	4%
DOBLADORA 2 METROS	193,0	1%
CURVADORA PEQUEÑA	33,6	0%
CORTADORA PEQUEÑA	138,0	1%

Los aspectos de más relevancia para la reubicación de las máquinas, según los datos obtenidos, fueron:

- Las cortadoras de tres (Durma) y seis metros (CML) y las dobladoras de tres (Durma) y seis metros (CML) debían estar ubicadas en posiciones muy cercanas, ya que el 20,71% del flujo de los productos se da entre estas cuatro máquinas.
- La punzonadora Trumatic y la dobladora de dos metros (Trumpf) también debían estar ubicadas una cerca de la otra, ya que entre estas se presenta un alto flujo de productos. En total, se halló que un 27,5% de las piezas analizadas pasan por el proceso de punzonado. De las piezas punzonadas, el 38% pasan por el proceso de doblaje. Y de las piezas que pasan por proceso de doblaje luego de ser punzonadas, el 89% son dobladas en la dobladora de dos metros (Trumpf).
- Para definir la ubicación de la lámina, ya que se manejan calibres desde 0,6mm hasta tres pulgadas (76,2mm), se tuvo en cuenta los calibres que se procesan con más frecuencia en cada una de las rutas. En la TABLA 2 están resumidos, para las rutas más significativas, los calibres que se manejan. Esta información fue determinante para ubicar las estanterías donde se almacena la lámina galvanizada, la inoxidable y la cold rolled, ya que éstas láminas se manejan en calibres delgados: desde calibre 22 (0,6mm) hasta calibre 12 (2,5mm). Como se puede observar en la tabla, los procesos donde se utilizan con mayor frecuencia estos calibres, son: el de punzonado, el de la cortadora de dos metros, y, en menor proporción, el de la cortadora y la dobladora de tres metros. El 100% de las piezas que se procesan en la punzonadora y la dobladora de dos metros, están en el rango de los calibres delgados, el 88% de las piezas que pasan únicamente por el proceso de corte de tres metros también se encuentra en este rango, al igual que el 66% de las piezas que pasan por la cortadora de tres metros y luego por la dobladora de tres metros.
- En la punzonadora se presenta un flujo considerable de piezas. Sin embargo, aunque se procesa una cantidad muy alta de productos, la cantidad de kilos procesados diariamente en esta máquina es muy bajita en comparación con la de otras máquinas como la cortadora y dobladora de seis metros o el pantógrafo. Esta información se resume en la TABLA 3 donde se puede apreciar el número de kilos que se procesa diariamente en el área de corte y doblaje. En la punzonadora se procesa únicamente el 4% de los kilos y en la dobladora de dos metros, donde se dobla la mayor parte de las piezas punzonadas, se procesa el 1%. Esta información fue relevante, ya que se determinó que las piezas procesadas en la punzonadora son piezas más livianas y de menor dimensión que las procesadas en otras máquinas, por lo tanto, su manejo y transporte se facilita debido a que no depende del puente grúa.
- En la TABLA 3 se puede observar que en el pantógrafo se procesan el 21% de los kilos producidos diariamente en el área de corte y doblaje. Esta información fue relevante en el momento de determinar la ubicación final de esta máquina, debido a la dificultad del manejo y transporte de las piezas procesadas en esta máquina, las cuales dependen del puente grúa. Por esto se determinó que esta máquina

debía ser ubicada de modo que las piezas no tuvieran que realizar recorridos grandes, debía estar cerca de la puerta de la bodega.

- En la cortadora y la dobladora de seis metros se procesa el 55% de los kilos producidos en el área de corte y doblado lo cual se puede apreciar en la TABLA 3. Esto confirma lo observado durante el estudio realizado en la planta, que las piezas procesadas en estas dos máquinas son de alta dificultad para transportar y manipular. Son piezas de dimensiones muy grandes, calibres muy gruesos y de mucho peso. Estas dos máquinas no fue posible moverlas debido a que están ancladas al piso, pero se tuvo en cuenta el espacio libre que debían tener alrededor, la disponibilidad del puente grúa y los tiempos de producción más altos que en el resto de las máquinas.

Tiempos y procesos

Otro aspecto determinante para el planteamiento de la redistribución de la planta, fueron los tiempos de producción de los diferentes procesos. Para obtener información acerca de estos aspectos, se realizó una observación durante 10 días, en la cual se tomó el tiempo que tomaba producir una pieza en cada uno de los procesos por los cuales pasaba.

Para esto, se eligieron cinco tipos de productos, los que se procesan con mayor frecuencia en la empresa, y se les realizó un seguimiento en cada una de las máquinas. Los productos que se eligieron para tomar los tiempos fueron:

- Canales:

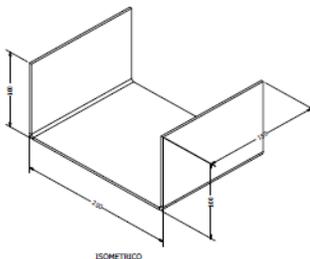


Figura 8 Canal ^{viii}

Estas piezas se cortan y luego pasan al proceso de doblado donde se les realizan 2 dobleces.

➤ Ángulos:

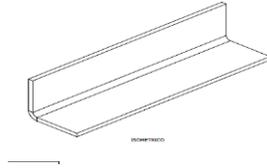


Figura 9 Ángulo^{ix}

Estas piezas son cortadas y luego pasan al proceso de doblez donde se les realiza un solo doblez.

➤ Platinas

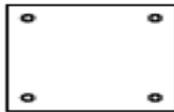


Figura 10 Platina^x

Una platina es una pieza que puede tener forma rectangular, cuadrada, o irregular según la necesidad del cliente. También puede llevar o no llevar perforaciones. Si la platina es rectangular o cuadrada y no lleva perforaciones, es cortada en la cortadora (cizalla) pero si lleva perforaciones o es de una forma irregular debe ser cortada sea en el pantógrafo o en la punzonadora (según el calibre y la cantidad de perforaciones).

➤ Discos y Bridas

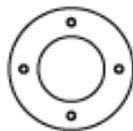


Figura 11 Brida^{xi}

Un disco es una platina en forma circular. Una brida (como se muestra en la imagen anterior) es un disco con una perforación en el centro. Tanto el disco como la brida puede llevar perforaciones

diferentes según la necesidad del cliente. Estas piezas son cortadas en el pantógrafo.

➤ Conos

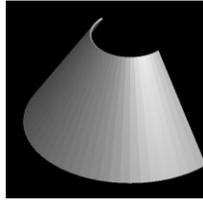


Figura 12 Cono ^{xii}

Estos elementos son cortados en 2 piezas en el pantógrafo y luego se pasan a doblar para conformar los dos cascos del cono.

Se tomaron los tiempos de producción de las piezas mencionadas anteriormente, de manera aleatoria, para obtener información de productos en diferentes dimensiones y calibres, para analizar de esta manera las variaciones en los tiempos de producción y analizar la eficiencia en cada uno de los procesos. Se analizaron en total 20 procesos en las diferentes máquinas.

Para cada una de las piezas se realizó un análisis detallado de la forma de operar de cada uno de los miembros del personal, en el cual se determinó todo el tiempo que se demoraba cada pieza en un proceso desde que el operario lee la orden de producción y revisa los planos, hasta que la pieza está en la máquina donde se llevará a cabo el siguiente proceso o, en caso tal, en el almacenamiento del producto terminado.

En este estudio se determinaron los tiempos que se tomaban los operarios para desplazarse de una máquina a otra, el tiempo que invertían en resolver dudas al inicio de un proceso, el tiempo que tardaban para cuadrar la máquina, en medir y trazar las piezas que iban a ser procesadas, en obtener y manipular el puente grúa, en transportar los retales o las láminas a ser utilizadas para la fabricación del producto, el tiempo que invertían en leer la orden de producción, revisar los desarrollos y ubicar el material en el proceso siguiente (en caso de existir) o en el lugar del producto terminado; en general, de otras actividades diferentes a la propia de estar operando su respectiva máquina. Por otro lado, se tomó el tiempo que ocupaba el operario realizando el proceso propio de su máquina.

Luego de analizar esta información, se llegó a determinar el porcentaje del tiempo, para cada proceso, que invertía el operario en operar la máquina. En la tabla 4, se encuentra resumido, para cada tipo de proceso, el tiempo de operación.

Tabla 4 % de tiempo en operación por proceso

PROCESO	% DE TIEMPO OPERANDO
CORTE	37%
DOBLEZ	53%
PANTÓGRAFO	64%
CURVADO	77%
CILINDRADO	70%

Como se puede observar, en los procesos de corte y dobléz, el porcentaje de utilización o de operación de la máquina es muy bajo (37% y 53% respectivamente). En estos procesos se detectó que la mayor parte del tiempo se invierte en trazar las piezas, lo que ocasiona una cantidad considerable de tiempos muertos en las máquinas.

Para el proceso de corte, el operario debe trasladar la materia prima (retal o lámina) desde el lugar donde esté ubicada hasta su puesto de trabajo para procesarla. Esta actividad, en algunas ocasiones, le toma mucho tiempo al operario, ya sea porque debe utilizar el puente grúa para mover una sola lámina o un arrume de láminas, o porque no le fue asignada una lámina para cortar la pieza, lo que tiene como consecuencia, que el operario se vea obligado a realizar un recorrido largo buscando un retal del cual pueda cortar la pieza.

Por otro lado, en el proceso de corte es necesario trazar la lámina antes de cortarla. Para esta actividad, el operario mide con la cinta métrica la lámina o el retal, realiza el trazo del lugar donde va a cortar con un rallador² y luego procede a cortar. Dependiendo del tamaño y de la cantidad de las piezas que va a cortar, este proceso debe realizarse en repetidas ocasiones.

Para el proceso de dobléz, es indispensable realizar el proceso de trazado para demarcar el punto donde se va a dar el golpe para realizar el dobléz de la pieza. Este proceso se realiza de la misma manera que en el proceso de corte. En algunas piezas, como los conos o transiciones, este proceso ocupa aproximadamente el 50% del tiempo de procesamiento, ya que es necesario demarcar los puntos donde se van a ubicar los dobleces para darle la forma de una curva a la pieza.

La eficiencia en el proceso del dobléz también se ve altamente afectada por las dimensiones de las piezas, ya que algunas de ellas son de un grado de dificultad alto de manipulación, y, en algunas ocasiones, es necesario contar con el puente grúa o con un mínimo de tres personas para doblar una pieza.

En el corte con pantógrafo la mayor parte del tiempo se invierte en manipular las piezas con el puente grúa, ya que, como se mencionó anteriormente, la mayoría de las piezas cortadas en el pantógrafo son piezas de calibres muy gruesos y muy pesadas que requieren el uso de este elemento.

² Rallador: Es una especie de lápiz metálico, de punta metálica que se usa para trazar la lámina de hierro.

En el proceso de cilindrado, la mayor parte del tiempo se invierte en manipular las piezas, ya que con frecuencia se procesan cilindros muy grandes (de diámetros hasta de dos metros) que requieren la utilización de un puente grúa durante todo el proceso de cilindrado.

En el proceso de curvado de tubería y perfiles, el porcentaje de utilización de las máquinas es el más alto, ya que en este proceso, la mayor parte del tiempo en el cual no se está operando la máquina, se usa para realizar el montaje de los dados que se van a utilizar para curvar la pieza.

Como conclusión de estas observaciones y de este análisis de los tiempos de los procesos, se detectaron dos grandes cuellos de botella, que son, el proceso de trazado y la dependencia del puente grúa.

El proceso de trazado es un proceso que le toma mucho tiempo a los operarios y durante el cual la máquina está parada. Esto genera muchos tiempos muertos en la planta.

El puente grúa es considerado un cuello de botella ya que esta área solo cuenta con 2 puentes grúas para los procesos de: corte con pantógrafo, corte, doblado y cilindrado, además, que estos se usan también para descargar los carros que traen material para ser procesado. Esto genera que por momentos algunas máquinas deban permanecer paradas ya que no tienen disponible el puente grúa, lo cual genera tiempos muertos altos en la planta.

3.2.2 Análisis del área de estructuras metálicas

En esta área, a diferencia del área de corte y doblado, las rutas que siguen las piezas para ser procesadas y formar las estructuras, no son de una variación muy alta. Esto es debido a que la mayor parte de los procesos se realizan siempre en las mismas zonas, como lo son, armado, soldadura y pintura, las variaciones se dan principalmente en el proceso de corte. De igual manera, a pesar de seguir las mismas rutas, los tiempos de procesamiento sí tienen una alta variabilidad dado que todos los productos son muy diferentes y fabricados para cada obra según los requerimientos del respectivo cliente.

Para la fabricación de estos productos, se sigue la siguiente ruta de procesos:

- La materia prima (Vigas, ángulos, varillas, canales, platinas y tubos) entra a la planta y es descargada y almacenada por medio de un puente grúa, el cual está a cargo de un operario, encargado de realizar únicamente la función del manejo y manipulación del puente grúa y especialista en realizar esta tarea.
- Proceso de Corte: El material que va a ser cortado, llega al lugar donde va a ser procesado por medio del puente grúa. En este primer paso, se cortan las distintas materias primas requeridas para la obra. La zona y la manera como es realizado este proceso de corte, están determinados por el tipo de material que se vaya a cortar, el cual puede variar entre: la sierra sin fin, el plasma o el proceso de oxicorte. La elección del método de corte está determinada principalmente por el ancho del material y el calibre.

Tabla 5 Métodos de corte

CALIBRE	ANCHO	MÁQUINA
0-1/2" (12,7mm)	15-20 Centímetros	Sierra sin fin
0-3/4" (19,05mm)	Ancho >20 centímetros	Plasma
Espesor > 3/4" (19,05mm)	Ancho > 20 centímetros	Oxicorte

En la Tabla 5 se encuentra determinado el tipo de proceso de corte que sigue cada pieza, según el ancho y el calibre.

En este paso, en caso de ser requerido, según el tipo de soldadura que se vaya a aplicar y las especificaciones de la estructura, se realizan los procesos de biselado y colillado de la materia prima.

- Luego de que las piezas estén cortadas, estas pueden pasar directamente a la zona de armado o pueden pasar al proceso de perforación. Esta decisión, de si las piezas son perforadas inmediatamente después del corte o después de estar armadas o, incluso soldadas, depende de la disponibilidad del armador.
Si el armador se encuentra disponible en este momento, las piezas pasan a ser armadas inmediatamente después del corte y luego del armado un operario se desplaza hacia esta zona y perfora las piezas en este lugar con un taladro.

En caso contrario, cuando el armador se encuentra ocupado, las piezas salen del proceso de corte e inmediatamente un operario se dirige hacia esta zona y perfora las piezas por medio de un taladro. Las platinas son las únicas piezas que no se perforan en esta zona, ya que estas se procesan en la punzonadora Geka, que es una punzonadora manual que realiza diferentes tipos de perforaciones por medio de una matriz y de un punzón.

No todas las piezas requieren ser perforadas. Cuando el material está listo, cortado y, en caso de requerirse, perforado, es transportado, por medio del puente grúa, a la zona de armado.

- La planta cuenta con tres zonas de armado, en las cuales hay tres operarios encargados de realizar este proceso. Estos son las personas que más conocimiento poseen sobre interpretación de planos y estructuras. Este proceso es crítico, ya que es el que determina la forma de la

estructura y es la base para el proceso de soldadura, por esto se requiere tener personal altamente calificado para realizarlo.

Este proceso consiste en dejar punteada³ la pieza y marcar los puntos donde se deben hacer perforaciones de la estructura ya armada. El proceso de armado, ya que solo se cuenta con tres operarios para esta función, es el que determina las rutas del proceso, como se explicó previamente en el proceso de corte. Se busca aprovechar al máximo este recurso, que esté trabajando el 100% del tiempo y que realicen la menor cantidad de desplazamientos posibles.

En el proceso de armado, se puede trabajar de dos maneras, dependiendo de la pieza:

En algunos casos, cuando se trabaja con columnas, vigas y correas⁴, se trabaja sobre el material, este se va midiendo, trazando y procesando, de la misma forma en que se traza una lámina.

En otros casos, cuando se está armando una cercha, se realiza primero un trazo en el piso, con esto se fabrica una plantilla y se realiza el resto de la producción con base a la plantilla.

En el armado, se unen las piezas cortadas en el área de estructuras metálicas con las platinas cortadas en el área de corte y dobléz.

- Luego de estar armada la estructura, ésta es revisada por el personal de calidad, y, en caso de cumplir con las especificaciones, es liberada y trasladada al proceso de soldadura.

La estructura es transportada de la zona de armado a la zona de soldadura por medio del puente grúa. En esta zona se procede a aplicar la soldadura requerida para la pieza en proceso. En la empresa se manejan diferentes tipos de soldadura, según los requerimientos de cada obra; entre estas están:

- Soldadura mig 0,035
- Soldadura mig 0,045
- Soldadura fluxcored 0,45
- Soldadura fluxcored 1/16

Los tiempos de aplicación de la soldadura son altamente variables ya que dependen del procedimiento que se especifique para cada obra. Este procedimiento es determinado por unos cálculos y unos diseños que realiza el departamento de ingeniería junto con el departamento de calidad, que

³ Puntear: Adicionar puntos de soldadura.

⁴ Correas: Perfiles en C utilizados en la construcción principalmente como soporte de fachada en los edificios y como soporte de tejas en las estructuras metálicas.

garantizan que la aplicación de la soldadura va a cumplir con los requerimientos de la estructura que se está fabricando.

Por último, luego de estar soldada la pieza, esta es sometida a un proceso de escoriación, por medio del cual se elimina la escoria que queda de la aplicación del cordón de soldadura, para luego ser llevada a la zona de pintura. Las personas encargadas de realizar este trabajo, van directamente a la pieza para que esta no tenga que ser desplazada.

- Cuando la estructura está soldada, esta es descargada, por medio del puente grúa, en el área de pintura, donde es sometida, inicialmente a una limpieza para luego ser pintada. En este proceso, se elimina la grasa que contenga el material para garantizar que la estructura esté completamente limpia y que se obtenga una buena adherencia de la pintura.

Existen diferentes tipos de limpieza, los cuales dependen de qué tan contaminado venga el material y el tipo de limpieza que se requiera para la obra.

Según el grado de limpieza que se requiera, estos procedimientos están clasificados desde SP1, hasta SP10. En la empresa, se manejan principalmente, tres tipos de limpieza: SP3, SP6 y SP10.

Los procesos que se siguen para limpiar el material, están determinados por la clasificación de la limpieza, como se muestra a continuación:

- Para SP6 y SP10 se realiza el proceso de sand blasting, el cual es procesado por terceros, ya que la empresa, actualmente no tiene forma de realizar este proceso.
- Para SP3 se realiza un proceso de limpieza manual mecánica, el cual recibe este nombre debido a que es aplicado manualmente por los operarios por medio de retazos de tela o trapos. En este proceso, se aplican diferentes químicos para limpiar el material, como son: Cristalfos, thinner, neroxy y jabón industrial.

En algunos casos, dependiendo del grado de contaminación del material, es necesario gratear y lijar antes de aplicar los químicos ya mencionados.

Luego de realizar la limpieza, se revisa el material para garantizar que no tenga nada de grasa, con lo cual se busca evitar desprendimiento de la pintura. Si el material está limpio, se inicia el proceso de pintura.

Todas las obras requieren la aplicación de una barrera o un anticorrosivo. Al pintor se le determina el espesor con el que debe ir aplicado este tipo de pintura. En la empresa se manejan espesores, para barrera y anticorrosivo, de 2, 3 y 4 mills.

Cuando la obra lleva acabado, un segundo tipo de pintura (color), los espesores que se manejan son de 4, 5 y 6 mills.

Para la aplicación de la pintura se usa:

Equipo Herless: Este es utilizado para altos volúmenes de producción. Funciona con diferentes boquillas dependiendo del espesor de la pintura.

Pistolas: Se usan para piezas más pequeñas, para darle un mejor aprovechamiento a la pintura, ya que aunque es un proceso más lento, no se desperdicia pintura.

Luego de estar pintada la pieza, se debe esperar 48 horas para proceder a hacer las pruebas de calidad y medir el grado de adherencia de la pintura. En la empresa se realizan dos tipos de pruebas para medir la pintura:

- Prueba de espesores: Esta prueba es realizada por medio de un aparato llamado medidor de espesores, como se muestra en esta imagen, este mide la cantidad de mills que tiene la pintura.



Figura 13 Medidor de espesores ⁵

- Prueba de adherencia: Esta se hace por medio de un bisturí y cinta adherente. Se realiza un corte con bisturí en la pieza en forma de cruz, como se muestra en la imagen, y luego se adhiere un tramo de cinta. Si la cinta muestra un resultado como el de la imagen, en el cual se desprende únicamente la cruz, la pieza es liberada por calidad, en caso de que se desprenda más cantidad de pintura, la pieza no es liberada por calidad y es necesario reprocesar. Cuando la pieza es liberada, se procede a programar el despacho y a enviar el material a la obra

⁵ Imagen del medidor de espesores usado en la empresa. Suministrada por el proveedor.

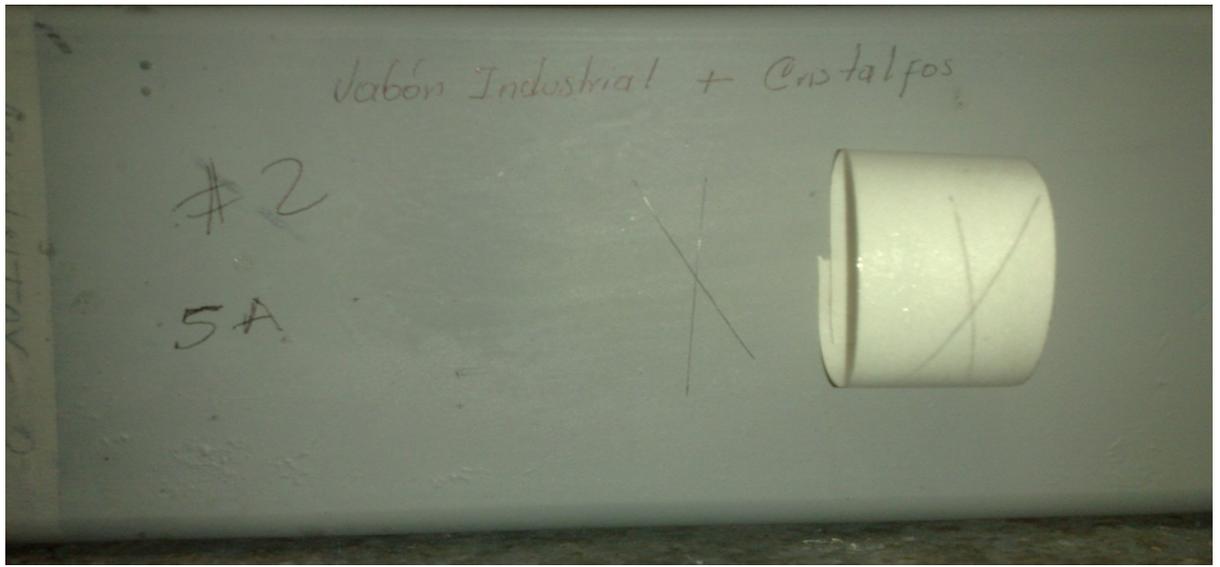


Figura 14 Prueba de Adherencia⁶

MÁQUINA GRANALLADORA, SIERRA Y TALADRO

Este tren de procesos de granallado, sierra y taladro, es la nueva adquisición de la empresa. Esta máquina, consiste en una línea de procesos para limpiar por medio de una granalladora, cortar por medio de una sierra y perforar por medio de un taladro, piezas utilizadas para el montaje de estructuras metálicas como los son: vigas, tubos, canales, varillas y platinas.

Esta máquina consta de 4 partes principales:

Alimentadora: Esta es una mesa de rodillos en la cual se ubica la materia prima que va a entrar al proceso de granallado con capacidad para recibir material de largo hasta de trece metros. En la imagen a continuación se puede observar la mesa por medio de la cual ingresa el material al proceso de granallado.

⁶ Foto real de una prueba realizada en la empresa Doblamos S.A.



Figura 15 Alimentadora ⁷

Granalladora: En esta máquina se realiza la limpieza del material por medio de unas bolas de acero que golpean la pieza con una velocidad determinada, según el grado de limpieza que se quiera obtener.

La granalla se configura según el tipo de limpieza requerido, el cual puede variar desde SP1 hasta SP10.

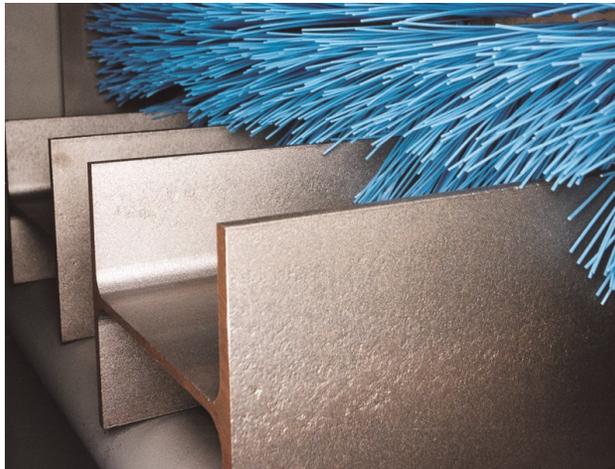


Figura 16 Granalladora ⁸

⁷ Mesa de rodillos de entrada a la granalladora. Foto real suministrada por el proveedor.

Como se puede observar en la imagen anterior, las piezas salen de la granalladora completamente limpias, listas para el proceso de pintura.

Las piezas, luego de ser granalladas, deben ser armadas y soldadas en aproximadamente 72 horas, para evitar que la pieza vuelva a oxidarse antes de ser pintada, esto para el clima de Medellín. La cantidad de tiempo que puede pasar la pieza, luego de granallada, sin que se oxide, depende de la humedad, y el clima del lugar.

Trasegadora o mesas transversales: Esta parte de la máquina, consiste en unas mesas de rodillos, ubicadas en paralelo una frente a la otra, para ubicar el material que sale de la granalladora y va a ser cortado y perforado.

Estas mesas son necesarias ya que la eficiencia de la granalla es aproximadamente 2.5 veces más alta que la del proceso de corte. Esto se da debido a que, a diferencia de la granalladora, donde se pueden procesar varias piezas a la vez, en el taladro solo es posible procesar una pieza a la vez.

En estas mesas se ubica el material mientras espera a ser pasado al proceso de corte y perforado en la sierra-taladro. También es útil para sacar piezas que sólo pasan por el proceso de granallado y no por el de corte y perforado.

En la imagen a continuación, se observan unas vigas que están siendo transportadas de una mesa de rodillos a la otra.



Figura 17 Mesas transversales⁹

Sierra- Taladro: En esta etapa se realiza, primero la perforación de la pieza por medio de un taladro, e inmediatamente el corte del material en la sierra. Para este proceso, se le

⁸ Imagen real de una pieza saliendo del proceso de granallado suministrada por el proveedor Katenbach.

⁹ Foto suministrada por el proveedor de Katenbach de unas mesas transversales.

ingresan al sistema las medidas y la ubicación de las perforaciones y el lugar del corte, con esta información, la máquina realiza todos los procesos automáticamente.



Figura 18 Sierra Taladro¹⁰

Ventajas de la utilización de la máquina Katenbach:

- Se va a eliminar el proceso de limpieza manual que se realiza antes de la pintura, ya que las piezas, como ya se explicó, salen completamente limpias del proceso de granallado y listas para la aplicación de cualquier tipo de pintura.
- El proceso de Sand Blasting, que anteriormente se realizaba por medio de terceros, se va a realizar en la empresa, ya que la granalladora tiene la capacidad para realizar este tipo de limpieza.
- El transporte de las piezas que son cortadas y perforadas, que anteriormente requería la utilización del puente grúa y muchos desplazamientos, se va a remplazar por un desplazamiento más corto y más rápido, que se hace por medio de la utilización de las mesas de rodillos alimentadoras y transversales.
- Se van a eliminar reprocesos causados por no conformidades en las perforaciones manuales, ya que esta máquina realiza perforaciones de

¹⁰ Foto real suministrada por el proveedor Katenbach.

excelente calidad y programadas por medio de planos. Lo mismo va a suceder con el corte por medio de la sierra.

- Actualmente se procesan al mes aproximadamente 80 toneladas en la planta. La máquina tiene la capacidad de procesar hasta 400 toneladas al mes, por lo cual se espera aumentar la producción mensual de la planta.
- Se espera prestar el servicio de limpieza por medio de granallado, por lo cual se crea un nuevo mercado para la empresa.

3.3 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

3.3.1 Distribución inicial

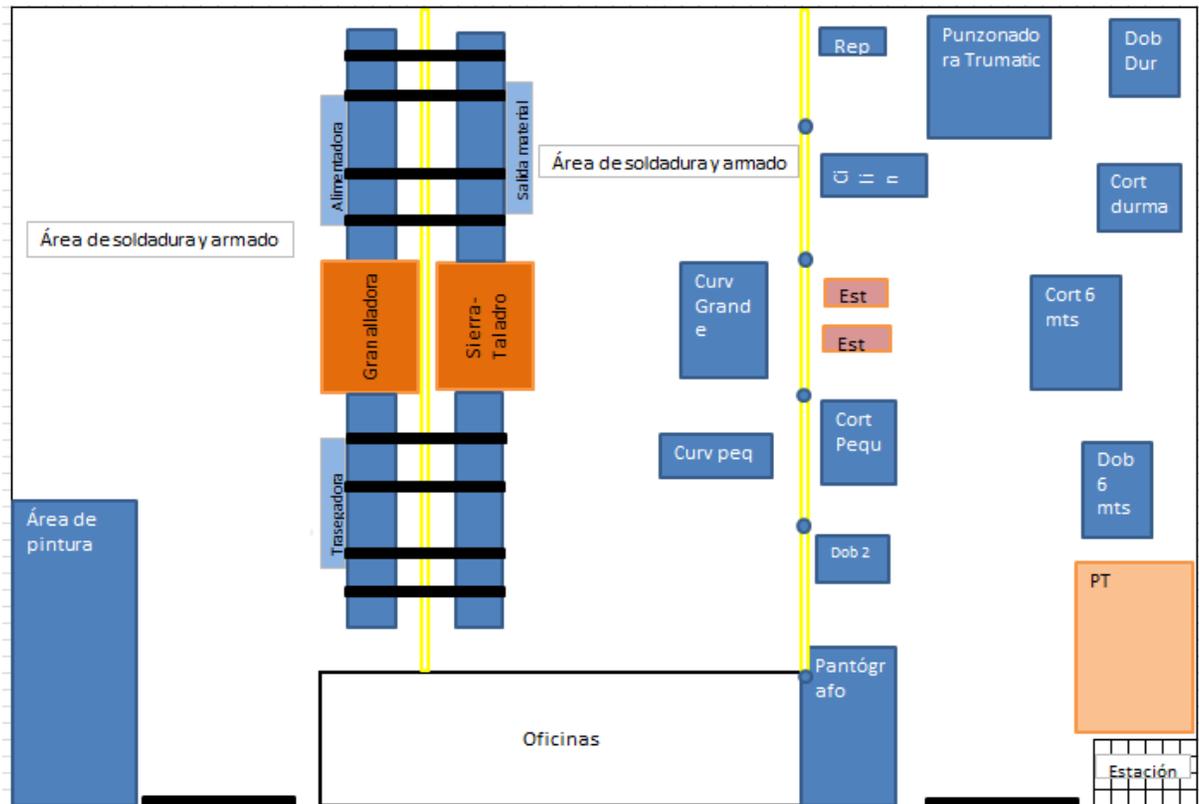


Figura 19 Distribución inicial de la planta ¹¹

Sustentación

La distribución que la empresa había pensado implementar inicialmente para ubicar la máquina Katenbach, se había planteado, principalmente, sobre el hecho de que la nave derecha de la planta correspondía únicamente, al área de corte y doblado, por lo tanto la máquina debía ser ubicada en las 2 naves restantes (izquierda y centro). Por este hecho, el diseño de la máquina se había realizado como se muestra en el plano, dividiendo el tren en 2 líneas paralelas, donde el material entraba y salía por el mismo punto, la mesa alimentadora, como se puede observar en el plano. En la tabla a continuación se explican las ventajas y las desventajas de esta distribución.

¹¹ Fuente Propia

Tabla 6 Ventajas y desventajas de la distribución inicial

VENTAJAS	DESVENTAJAS
No se ve afectada el área de corte y doblez, por lo tanto no requiere modificaciones.	Se utiliza la misma mesa de rodillos, la alimentadora, para la entrada y la salida de materiales de la máquina Katenbach, lo que genera un cuello de botella considerable.
El material para ser procesado en el área de estructuras metálicas, entra y sale por la puerta de la nave izquierda, por lo que sólo se requiere usar los puentes grúas de esta nave para mover el material, como se hace actualmente.	La mesa alimentadora por donde entra el material también se debe usar para transportar material armado de la nave central a la nave izquierda, lo que afecta todavía más el flujo de entrada de la granalladora.
	La eficiencia de la granalladora no se puede utilizar al 100% ya que no puede estar entrando constantemente material a la máquina porque está condicionada por la salida de material y el transporte de la nave del medio a la izquierda.
	El flujo de materiales del área de estructuras metálicas no es óptimo, ya que el espacio está interrumpido por la máquina Katenbach. (Para piezas que se deben pasar de la nave central a la izquierda)

3.3.2 Distribuciones propuestas

➤ Área de estructuras metálicas y máquina nueva

Lo que primero se definió en la redistribución de la planta fue la ubicación de la máquina Katenbach. Inicialmente, como se puede observar en el plano de la distribución inicial de la planta, la máquina estaba ubicada entre la nave central y la nave izquierda de la planta y la materia prima para ser procesado debía entrar y salir por la misma mesa de rodillos.

El aspecto más relevante que definió la decisión de reubicar la máquina en este nuevo lugar, fue el de la inversión realizada por la empresa para la adquisición de esta nueva máquina. Ya que esta inversión es tan alta y puede traerle tantos beneficios a la empresa, se buscó reubicar y rediseñar la máquina de manera que se explotara al máximo su capacidad. El resto de las máquinas, se reubicaron, luego de tener definido lo anterior.

Como se puede observar en el plano a continuación, la máquina se rediseñó de modo que el material ingresara por una parte y saliera por otra

diferente, de modo que no se limitara el ingreso de materia prima a la máquina granalladora. Para esto se ubicó, una mesa de rodillos alimentadora en la nave derecha, y otra en la nave izquierda para el material que sale procesado de la sierra-taladro.

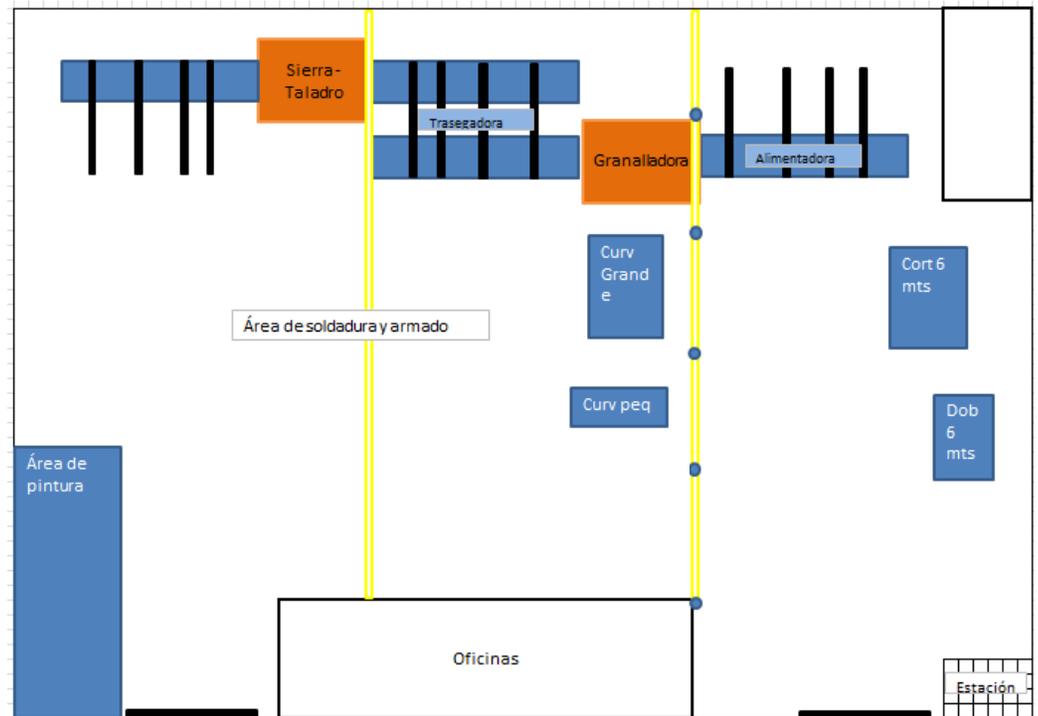


Figura 20 Distribución área de estructuras y máquina Katenbach ¹²

➤ Área de corte y dobléz

Para el rediseño de esta área se analizaron dos opciones diferentes. Estas se plantearon, teniendo en cuenta todos los datos encontrados durante el estudio de los flujos, las máquinas y los procesos que se llevan a cabo en la planta.

OPCIÓN 1

¹² Fuente Propia

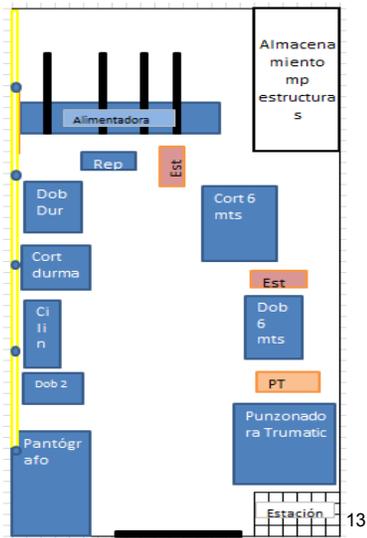


Figura 21 Opción 1 distribución de planta

OPCIÓN 2

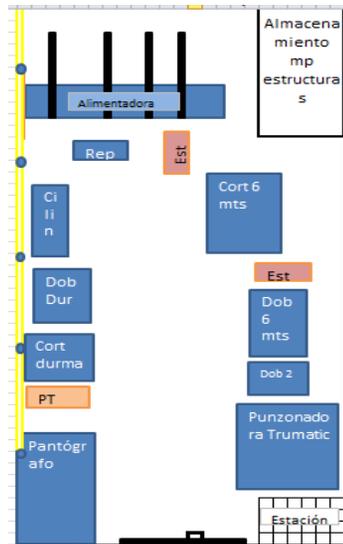


Figura 22 Opción 2 Distribución de Planta

¹³ Fuente Propia

¹⁴ Fuente Propia

Para definir la distribución final del área de corte y doblado, se analizó la cantidad de metros que debe recorrer un producto que pasa por una ruta determinada, desde que entra la materia prima a la planta, hasta que sale el producto terminado. Teniendo en cuenta, la frecuencia de ocurrencia de las rutas ya mencionadas anteriormente, se determinó un promedio de metros recorridos para cada una de las opciones como se muestra a continuación en la TABLA 7.

Tabla 7 Cantidad de metros recorridos

RUTA		FRECUENCIA	OPCIÓN 1		OPCIÓN 2	
			METROS /RUTA	TOTAL MTS	METROS /RUTA	TOTAL MTS
CORTADORA 3 MTS	DOBLADORA 3 MTS	5,80%	72	4,176	49	2,842
CORTADORA 3 MTS		23,30%	56	13,048	40	9,32
PANTOGRAF O		8,50%	32	2,72	32	2,72
CORTADORA 6 MTS	DOBLADORA 3 MTS	9,50%	84	7,98	72	6,84
CORTADORA 6 MTS	DOBLADORA 6 MTS	5,40%	66	3,564	66	3,564
CORTADORA 6 MTS		8,10%	65	5,265	65	5,265
PANTOGRAF O	DOBLADORA 3 MTS	6,70%	69	4,623	56	3,752
PUNZONAD ORA	DOBLADORA 2 MTS	8,30%	40	3,32	34	2,822
PUNZONAD ORA		12,90%	27	3,483	27	3,483
METROS TOTALES RECORRIDOS			OPCIÓN 1	48,179	OPCIÓN 2	40,608

Se escogió para la distribución final de la planta la opción dos, ya que era la que menos metros recorridos por ruta contenía.

3.3.3 Distribución final

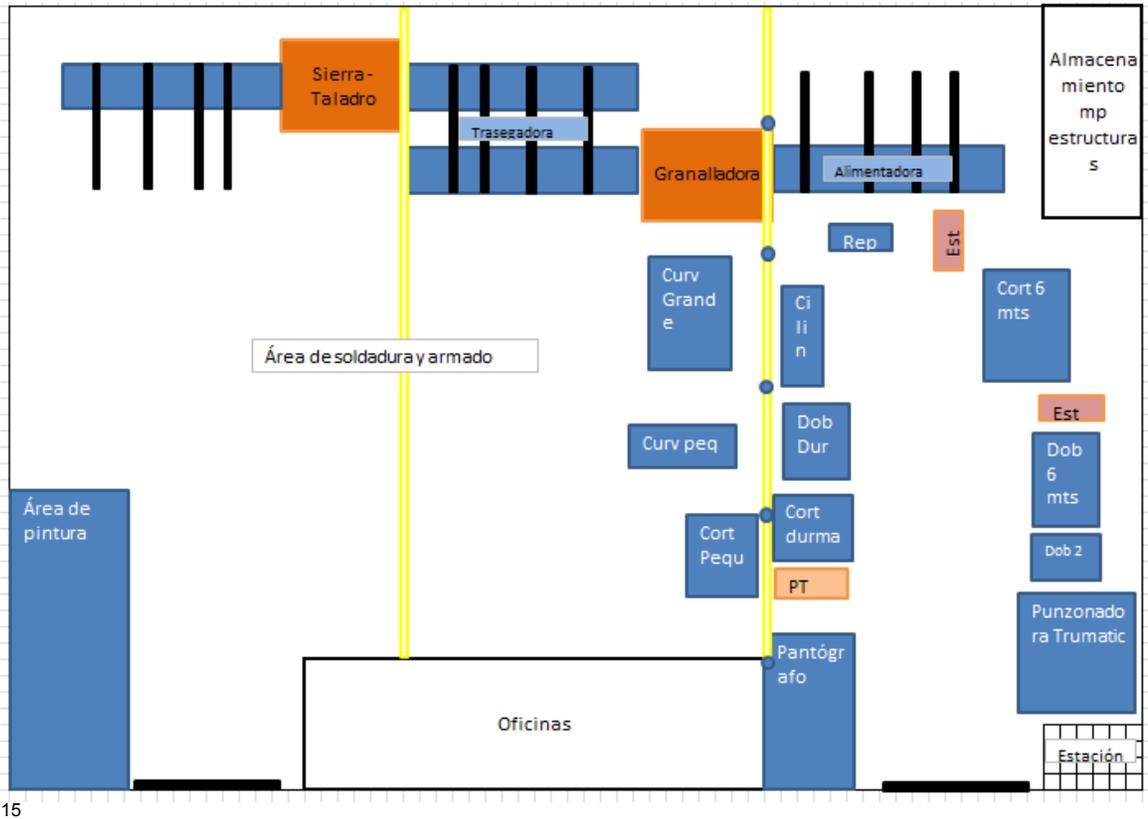


Figura 23 Distribución Final Planta

Tabla 8 Ventajas y desventajas de la distribución final propuesta

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Se va a utilizar la capacidad de la máquina granalladora al 100% ya que con este diseño no tiene limitaciones, lo que facilita que se pueda prestar este servicio por separado.	El área de corte y doblaje se verá reducida y el material tendrá que ser almacenado, ya no en una sola zona, sino en varias zonas de la planta. Solo se definió un espacio de producto terminado al frente del pantógrafo, el resto de material tendrá que ubicarse al frente de las máquinas.
Se va a contar con un espacio más amplio para armar y soldar las piezas para estructuras metálicas, por lo cual el espacio ya no será limitante si la	Será necesario mover varias máquinas, entre ellas la punzonadora, la cortadora y la dobladora durma y la dobladora de 2 metros para reubicarlas.

¹⁵ Fuente Propia

producción aumenta con la utilización de la máquina Katenbach.	
El flujo para los procesos de estructuras metálicas será mucho más óptimo, ya que los materiales entran por la nave de la derecha, son procesados en la nave central y en la izquierda, y por último pasan al área de pintura y salen por la puerta de la nave izquierda.	La frecuencia de utilización del puente grúa de la nave derecha, donde están ubicadas las máquinas de corte y doblado, aumentará, lo que puede afectar la eficiencia de algunas máquinas que requieren de su utilización para ciertas piezas. Esto lleva a que será necesario fabricar un semipórtico al lado de la cilindadora grande, para que esta máquina role piezas grandes sin necesidad de usar el puente grúa.
Con esta distribución se cumplen todas las condiciones para aumentar la producción de estructuras metálicas y fabricar estructuras de mayor peso y mayor tamaño, que es a lo que le apunta la compañía a corto plazo.	

3.4 OPORTUNIDADES DE MEJORA

Luego de analizar los resultados obtenidos durante el análisis y la observación del funcionamiento y los flujos de la planta, se detectaron oportunidades de mejora tanto para el área de corte y doblado como para el área de estructuras metálicas.

3.4.1 Área de corte y doblado

Problema detectado

Para esta área se detectó que las principales causas de los tiempos muertos de la planta están en la dependencia del uso del puente grúa, en el tiempo de trazado de las piezas y en los desplazamientos para la búsqueda de los retales y las láminas para cortar las piezas.

Solución propuesta

Como solución a este problema se propuso separar los procesos de trazado, tanto para el área de corte como para el área de doblado, de los procesos de operación de corte y doblado. Se determinó, dado que estas operaciones son fundamentales y son las que determinan el tiempo de procesamiento y la calidad de una pieza, que se debe optar por escoger los operarios más especializados, que posean más conocimientos y más experiencia, para desempeñar el proceso de trazado.

Beneficios:

- Se libera tiempo de operación de la máquina ya que se pueden realizar ambos procesos en simultáneo.
- Solo se tiene una persona, el trazador, encargada de utilizar los retales y las láminas, lo que hace que esta persona tenga siempre presente la ubicación de los retales y no se pierda tiempo.
- La persona encargada del puente grúa ya no tiene la necesidad de estar alimentando ambas mesas de corte al mismo tiempo, ya que solo alimenta la mesa de trazado, con lo cual se organiza la utilización del puente grúa.

3.4.2 Área de estructuras metálicas

Problema detectado

En el área de estructuras metálicas se detectó que el cuello de botella más importante es el de la operación del puente grúa. Esto se da debido a que, como se explicó anteriormente, para el movimiento de piezas siempre es necesario utilizar este elemento.

Solución propuesta

Se propuso cambiar el método de operación en los procesos de armado y soldadura, ya que actualmente se desplazan las piezas de la zona de armado a la zona de soldadura en lugar de desplazarse las personas. Se determinó que no debe haber zonas únicamente para cada proceso, sino zonas donde esté ubicado el material y que los operarios se desplacen con sus equipos para realizar un proceso u otro.

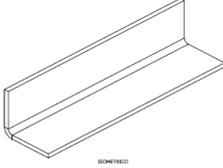
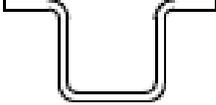
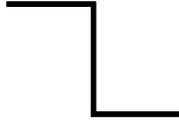
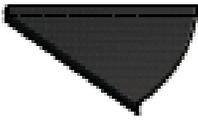
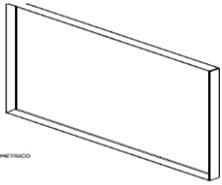
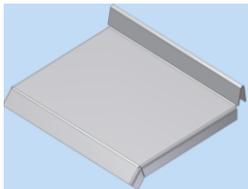
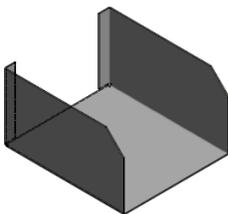
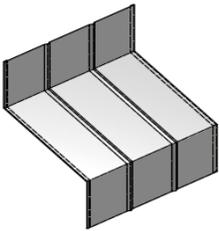
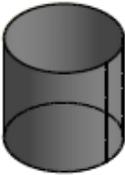
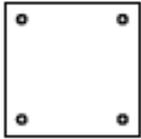
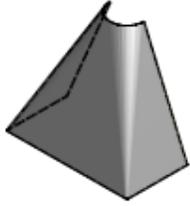
Beneficios:

- Se libera tiempo del puente grúa y se agilizan los procesos ya que mover una pieza de una zona a otra con el puente grúa es mucho más complicado y requiere más tiempo que mover una persona junto con su equipo de soldadura.
- Se ahorra energía ya que se utiliza menos el puente grúa.

3.5 PIEZAS PARA EL SISTEMA

Teniendo como fuente la información histórica de órdenes de producción de la empresa realizadas en el último año, se recopiló las piezas fabricadas con frecuencia en la compañía. A continuación, se mostrarán ejemplos de algunas de las piezas mencionadas.

Tabla 9 Piezas para el sistema

 <p>Figura 24 Canal</p>	 <p>Figura 25 Ángulo</p>	 <p>Figura 26 Omega</p>	 <p>Figura 27 Perfil Z</p>
 <p>Figura 28 Perfil C</p>	 <p>Figura 29 Peldaño</p>	 <p>Figura 30 Marco Carrocerías</p>	 <p>Figura 31 Tablero</p>
 <p>Figura 32 Bandeja</p>	 <p>Figura 33 Caja herramientas</p>	 <p>Figura 34 Caja baterías</p>	 <p>Figura 35 Guarda Polvos</p>
 <p>Figura 36 Cilindro</p>	 <p>Figura 37 Platina</p>	 <p>Figura 38 Bomper</p>	 <p>Figura 39 Transición</p>

3.6 CLASIFICACIÓN DE LAS PIEZAS SEGÚN TIEMPOS DE OPERACIÓN

Luego de analizar las variaciones en los tiempos de producción de las diferentes piezas, se detectó que los aspectos que determinan la dificultad y la demora del tiempo de operación de una máquina para la fabricación de un producto son:

- Dimensiones: Desarrollo y longitud
- Calibre
- Geometría de la pieza
- Tipo de lámina
- Procesos

Según esto, se agruparon las piezas mencionadas en el punto anterior, y se determinaron las variaciones de los precios.

Se determinaron cinco grupos de piezas que, por su geometría y el tipo de procesos que llevan, tienen tiempos de producción similares, los cuales son:

- Perfiles comunes: Estas son las piezas que se fabrican con mayor frecuencia en la empresa y son: Canales, ángulos, omegas, perfiles en Z, perfiles en C, marcos de carrocería, tableros y platinas. Estas piezas llevan los procesos de corte y dobléz.
- Bandejas: Estas piezas se realizan también con alta frecuencia. Llevan los procesos de corte con cizalla, corte con plasma y dobléz.
- Piezas varias: Estas son piezas que no se manejan con tanta frecuencia como las anteriores. Son piezas que llevan procesos diferentes, por lo cual fue necesario analizarlas por separado. Entre estas están: Caja y tapa de herramientas, caja y tapas de baterías, guardapolvos y tanques.
- Curvas: Estas piezas se hacen regularmente en la empresa y son las que más tiempo toma producirlas y las de mayor dificultad. Estas son: Abrazaderas, arcos o curvas, cilindros, conos, transiciones y codos.
- Volcos: Estas piezas llevan tiempos de procesamiento muy largos, ya que tienen geometrías complicadas, llevan muchos procesos y, generalmente, se hacen en dimensiones grandes.

Luego de examinar las variaciones que pueden tener las piezas contenidas en los diferentes grupos, se concluyeron parámetros para determinar el precio de los diferentes procesos.

3.6.1 Perfiles comunes

Para todas estas piezas se determinaron rangos de precios según el calibre, el tipo de material y el largo.

Dado que los precios determinados para cada proceso son información confidencial de la empresa Doblamos S.A, en este trabajo se muestra únicamente la variación que existe según el calibre y el largo de las piezas. Se tomó como valor unitario el menor precio cobrado para cada pieza.

Para piezas en lámina HR (Hot Rolled), CR (Cold rolled) y galvanizadas, se determinaron precios de corte con cizalla y dobléz como se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10 Precios Corte y Doblez para lámina HR

CALIBRE	CORTE Y DOBLEZ HR y GALVANIZADA		
	0-1000	1001-3000	3001-6000
C24-C20	1,00	1,25	7,50
C18-C14	1,25	1,25	7,50
C12	1,25	1,50	10,00
1/8"	2,25	2,25	17,50
4 mm- 3/16"	5,00	5,50	21,25
1/4"	6,25	8,25	27,50
5/16"	8,75	17,50	40,00
3/8"	11,25	22,50	60,00
1/2"	16,25	32,50	74,50

Para la tabla anterior, se tomó como base el tiempo que se demora una pieza en el menor calibre que se puede procesar para este tipo de lámina, y se determinaron las variaciones según al aumento de los calibres y la longitud de la pieza. Como se puede observar, se dividieron las piezas en 3 rangos de longitudes diferentes, 0-1 metro, de 1,001-3 metros y de 3,001-6 metros.

Para los calibres 5/8", 3/4" y 1", se determinaron los precios de doblez mostrados en la tabla 11. Para estos calibres no se determinaron precios de corte con cizalla, ya que estos calibres sólo es posible cortarlos con pantógrafo, proceso que se analizó por separado.

Tabla 11 Precios de corte y Dobleza para calibres mayores a 1/2"

CALIBRE	DOBLEZ
5/8"	50,00
3/4"	62,50
1"	125,00

Para piezas en lámina Grabada o alfajor, se determinaron precios de corte y doblez como se muestran, a continuación, en la TABLA 12.

Tabla 12 Precios de Corte y Dobleza para lámina grabada

CALIBRE	CORTE Y DOBLEZ	
	0-1000	1001-3000
C 14-C12	1,00	1,00
1/8"-3/16"	1,67	2,00
1/4"	1,67	2,67

Para la tabla anterior, se tomó como base el tiempo que se demora una pieza en el menor calibre que se puede procesar para este tipo de lámina, y se determinaron las variaciones según al aumento de los calibres y la longitud de la pieza. Como se puede observar, se dividieron las piezas en 2 rangos de longitudes diferentes, 0-1 metros y de 1,001-3 metros.

Con respecto a los precios de los procesos de corte y doblez en lámina HR, se realizó un aumento aproximado del 175% para los precios en lámina alfajor.

Para piezas en lámina inoxidable y en aluminio, se determinaron precios de corte y doblado como se muestran en la TABLA 13.

Tabla 13 Precios de Corte y doblado para lámina inoxidable y aluminio

CALIBRE	CORTE Y DOBLEZ		
	0-1000	1001-3000	3001-6000
C24-C20	1,00	1,00	1,00
C18-C14	1,25	1,00	1,00
C12	1,25	1,20	1,33
1/8"	2,25	1,80	2,33
4 mm- 3/16"	5,00	4,40	2,83
1/4"	6,25	6,60	3,67

Para las láminas en inoxidable y aluminio, como se puede observar, se determinaron tres rangos de longitud. Con respecto al precio de los procesos en lámina HR se realizó un aumento del 350%.

3.6.2 Bandejas

Estas piezas llevan tres procesos: corte, doblado y corte con plasma. Para estas se determinaron precios del proceso completo según el calibre, las dimensiones y la geometría de la pieza, determinada principalmente por la cantidad de pestañas que esta tenga. En la TABLA 14 se muestran los precios del proceso para bandejas de una pestaña establecidos para láminas HR, CR y Galvanizada.

Tabla 14 Precio Bandeja HR, CR y Galvanizada

CALIBRE	PROCESO BANDEJA HR, CR y GALV	
	0-1000	1001-6000
C24-C14	1,00	1,50
C12	1,71	2,57
1/8"-1/4"	2,29	3,43
5/16"-3/8"	3,57	5,36
1/2"	4,29	6,43

Para bandejas de una pestaña en inoxidable y en aluminio, se determinaron las variaciones con respecto al precio base, que es el menor para láminas HR, CR y Galvanizadas, como se muestra a continuación en la TABLA 15.

Tabla 15 Proceso Bandeja Inoxidable y Aluminio

CALIBRE	PROCESO BANDEJA INOX Y ALUM	
	0-1000	1001-6000
C24-C14	1,50	2,25
C12	2,57	3,86
1/8"-1/4"	3,43	5,14
5/16"-3/8"	5,36	8,04
1/2"	6,43	9,64

Para bandejas de una pestaña en lámina grabada o alfajor, se determinaron las variaciones con respecto al precio base, que es el menor para láminas HR, CR y Galvanizadas, como se muestra a continuación en la TABLA 16.

Tabla 16 Proceso Bandeja en Alfajor

CALIBRE	PROCESO BANDEJA ALF	
	0-1000	1001-6000
C24-C14	1,15	1,73
C12	1,97	2,96
1/8"-1/4"	2,63	3,94
5/16"-3/8"	4,11	6,16
1/2"	4,93	7,39

Para bandejas de doble pestaña, se determinó que se debe cobrar el doble del precio del proceso de bandeja con una pestaña. Esto para todos los tipos de lámina.

Para Bandejas repisadas, se realiza una aumento del 10% al precio de las bandejas de doble pestaña, ya que realizar este doblez es mucho más complejo y requiere más tiempo que el doblez de la pestaña normal.

3.6.3 Piezas varias

➤ Caja y tapa de herramientas

Estas piezas se vienen manejando en la empresa como un producto estándar, el cual se mantiene en inventario y se manejan medidas previamente determinadas. Para estas piezas se determinaron precios para los diferentes tipos de cajas, incluyendo las 2 partes, la caja y la tapa.

Tanto las medidas del perfil como el calibre (1/8") son siempre iguales para las cajas y las tapas de herramienta, la medida que varía en este tipo de piezas es la longitud, que puede ir desde 400 milímetros hasta 800 milímetros.

En la TABLA 17 se muestra la variación en los precios, teniendo como base, el precio mínimo, que es el de la caja de herramientas de 400 milímetros.

Tabla 17 Precio Caja de herramientas

Longitud (milímetros)	Precio
400	1,00
450	1,06
500	1,13
600	1,38

➤ Caja y tapa de baterías:

Estas piezas solo se manejan en calibres de 3/16" la caja y de calibre 12 la tapa.

Para estos productos, se tomaron los mismos precios de los procesos que para los perfiles comunes, y se aumentó un 5% por el corte con plasma necesario para colillar la pieza.

➤ Guardapolvos

Para estos productos, se tomaron los mismos precios de los procesos que para los perfiles comunes, y se aumentó un 10% al precio final del producto por la dificultad del dobléz.

3.6.4 Curvas

Dentro de este tipo de piezas, se incluyeron tanto los cilindros como las diferentes curvas que se producen en la empresa. Según las capacidades de las máquinas roladoras, se determinaron los rangos, según el calibre y el radio de las piezas que pueden ser fabricadas por medio del proceso de rolado y las que deben ser fabricadas en la dobladora por medio de pequeños golpes para darle la forma de la curva a la pieza.

En la tabla a continuación, están clasificadas las diferentes curvas, determinando la máquina en la que deben ser procesadas, y si deben ser pre-curvadas o llevar ventaja¹⁶.

Tabla 18 Curvas

CALIBRE/RADIO	0-75	75-200	200-399	400 en adelante
C24	Dobladora	Cilindradora: LONGITUD MÁXIMA 1500. Más de 1500 Dobladora	Cilindradora: LONGITUD MÁXIMA 1500. Mas de 1500 Dobladora	Cilindradora: longitud máxima 1500.
C22				
C20				
C18				
C16	Dobladora	Cilindradora: LONGITUD MÁXIMA 1500. Más de 1500: Dobladora. Pre-curvada	Cilindradora: LONGITUD MÁXIMA 1500. Más de 1500: Dobladora.	Cilindradora: longitud máxima 3000
C 14				
C12	Dobladora	Cilindradora: LONGITUD MÁXIMA 1500. Mas de 1500: Dobladora. Pre-curvada	Cilindradora: LONGITUD MÁXIMA 1500. Mas de 1500: Dobladora. Pre-curvada	Cilindradora: longitud máxima 3000
1/8"				
4 mm				
3/16"				
1/4"	Dobladora Con Ventaja	Dobladora	Cilindradora: LONGITUD MÁXIMA 1500. Mas de 1500 Dobladora. Pre-curvada	Cilindradora: Longitud máxima 3000. Pre-curvada
5/16"	Dobladora Con Ventaja	Dobladora Con Ventaja	Dobladora Con Ventaja	Dobladora Con Ventaja
3/8"				
1/2"	Dobladora Ventaja	Dobladora Ventaja	Dobladora Ventaja	Dobladora Ventaja
5/8"				
3/4"				
1"				

¹⁶ Pre-curvado: Se realizan unos golpes de dobladora en los extremos de la pieza que va a ser rolada, para garantizar que ésta quede totalmente curva, ya que la máquina, por su capacidad, no alcanza a rolar totalmente esta parte de la pieza. Ventaja: Se corta la pieza un poco más grande que la medida del desarrollo, y luego de rolarla, se cortan los extremos. Esto también se hace para garantizar que la pieza quede totalmente curva.

Esta información es importante ya que se debe tener en cuenta en el momento de determinar el precio de la pieza. Los precios para piezas roladas son inferiores a los precios de las piezas que deben ser fabricadas por medio de golpes de dobladora, esto debido a que las piezas dobladas requieren de un trazado para cada golpe y el proceso de doblez es más complejo y toma más tiempo que el del cilindrado. También es importante tener en cuenta cuáles piezas pueden hacerse roladas pero necesitan de un pre-curvado o una ventaja, ya que esto también aumenta, en el primer caso, el tiempo de fabricación y en el segundo, la cantidad de material requerido para la fabricación de la pieza.

En la TABLA 19 se muestra la ventaja, en milímetros que debe tener la pieza, en caso de ser requerida, para rolarla según el calibre.

Tabla 19 Ventaja según Calibres

CALIBRE	VENTAJA
4 mm	40 MM
3/16"	
1/4"	
5/16"	60 MM
3/8"	100 MM
1/2"	
5/8"	140 MM
3/4"	
1"	

Para las piezas que se rolan en la cilindradora, se determinaron valores por kilo según el calibre de cada pieza. En la TABLA 20 se muestran las variaciones de los precios por kilo según va aumentando el calibre. (No se muestran los valores reales de los precios, ya que esta información es confidencial de la empresa).

Para las piezas que requieren de un pre-curvado, se realizó un aumento en el precio del producto del 25% ya que este proceso es lento y requiere de un trazo y de varios golpes de dobladora.

Tabla 20 Valor por Kilos de cilindros

CILINDROS	
Calibre	Valor kilo
C20- 3/8"	1,00
1/2"	1,33
5/8"	2,22
3/4"	2,44
1"	2,78

Para los cilindros que deben fabricarse en la dobladora, se determinó el mismo precio por kilo que para los conos. Ya que estos productos llevan el mismo proceso, ambos deben ser trazados y curvados por medio de golpes de dobladora.

➤ Conos y transiciones

Para las curvas que deben fabricarse en la dobladora y los conos, se determinó un valor del proceso por kilo equivalente al 278% del valor del kilo rolado en la cilindradora, para calibres desde C20 hasta 1/2". Para calibres desde 5/8" hasta 1" se realizó un aumento menor, ya que estas piezas tienen pesos muy altos y con este incremento se cubre el valor requerido por el proceso. En la tabla 21, se puede apreciar el valor del kilo doblado, teniendo como base el precio del kilo rolado en cilindradora. (Kilo rolado en cilindradora = 1).

Tabla 21 Valor por Kilo de Curva doblada

Calibre	Precio kilo
C20-1/2"	2,78
5/8"	1,75
3/4"	1,82
1"	1,60

Para transiciones, se determinó un precio por kilo procesado, aumentando un 48% al valor del kilo de los conos, ya que el doblado de esta pieza es más complejo que la del cono.

➤ Abrazadera:

Ya que la abrazadera lleva dos procesos, rolado y doblado en las puntas, se determinó que para cobrar esta pieza se deben tomar los precios previamente determinados para estos procesos y se realiza un aumento del 10% al precio de la pieza, ya que el doblado de esta pieza, es más delicado que el doblado de un perfil común.

➤ Codos:

Para estas piezas, se manejan los mismos precios que para las transiciones. Esto se determina luego de analizar el tiempo de producción requerido para la fabricación de esta pieza, que es muy alto y similar al de las transiciones. Esta pieza requiere de tres procesos diferentes: corte con pantógrafo, rolado y soldadura.

3.6.5 Volcos

Para estos productos se determinaron precios por procesos, que varían según el calibre y la longitud de cada una de las piezas.

Los precios se determinaron según la dificultad y el tiempo de producción requerido y son diferentes para cada una de las piezas.

3.7 SISTEMA DE COTIZACIONES

Durante el desarrollo de este trabajo, la empresa determinó la necesidad de extender el alcance de la aplicación, de manera que ésta permitiera, aparte de determinar los precios de los productos, almacenar la información y realizar un seguimiento a la producción. Por lo anterior, se contó con la participación de un experto en programación para el desarrollo del sistema requerido por la empresa.

La aplicación fue desarrollada en Microsoft Access 2007 debido al bajo costo de licenciamiento y a la gran potencialidad que esta brinda. Este programa fue diseñado a nivel de formularios, los cuales fueron creados a partir de la información explicada previamente en el desarrollo de este trabajo.

Cuando un asesor comercial va a realizar una orden de producción, ingresa al sistema y este muestra una pantalla como se muestra a continuación; en la cual debe ingresar, en primer lugar, los datos del cliente, la fecha y la hora de entrega y las observaciones adicionales.

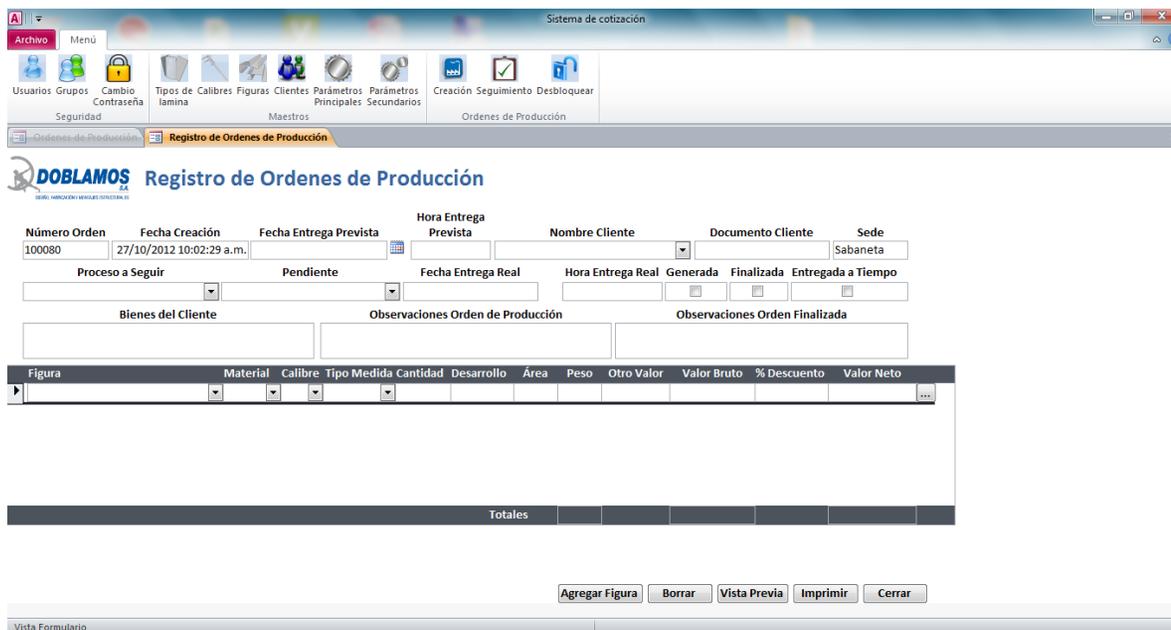


Figura 40 Pantalla Inicial del Sistema¹⁷

Luego, el asesor comercial debe elegir la opción “Agregar Figura”, en esta el sistema muestra una pantalla como se observa a continuación, en la cual están las diferentes figuras tales como las mencionadas en el numeral 3.5, entre las cuales el asesor elige el producto requerido por el cliente.

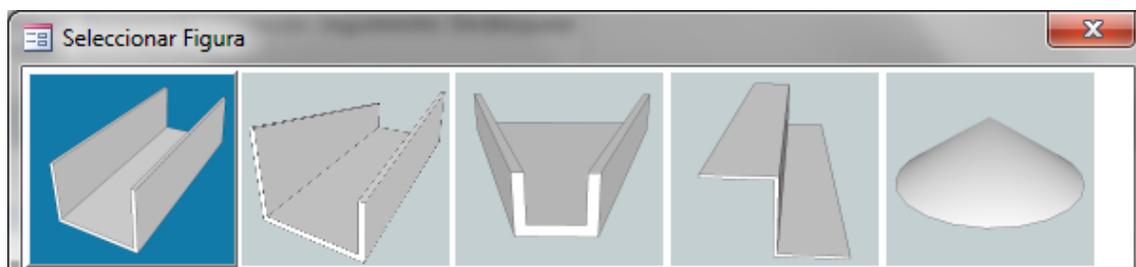


Figura 41 Lista de figuras¹⁸

Después de seleccionar la pieza requerida por el cliente, el asesor procede a ingresar la información del producto. El sistema muestra una pantalla como se observa a continuación, en la cual se elige: el tipo de lámina, el calibre, el tipo de medida (si es interior o exterior), la cantidad de unidades, la cantidad de cortes y las medidas de la pieza, junto con la longitud.

¹⁷ Imagen tomada del sistema desarrollado en este proyecto.

¹⁸ Imagen tomada del sistema desarrollado en este proyecto.



Figura 42 Pantalla para adicionar pieza¹⁹

Por último, luego de que el asesor haya ingresado todas las medidas de la pieza, el sistema, con los parámetros ya explicados en el numeral 3.6. procede a determinar el precio del producto, como se muestra en la siguiente imagen.

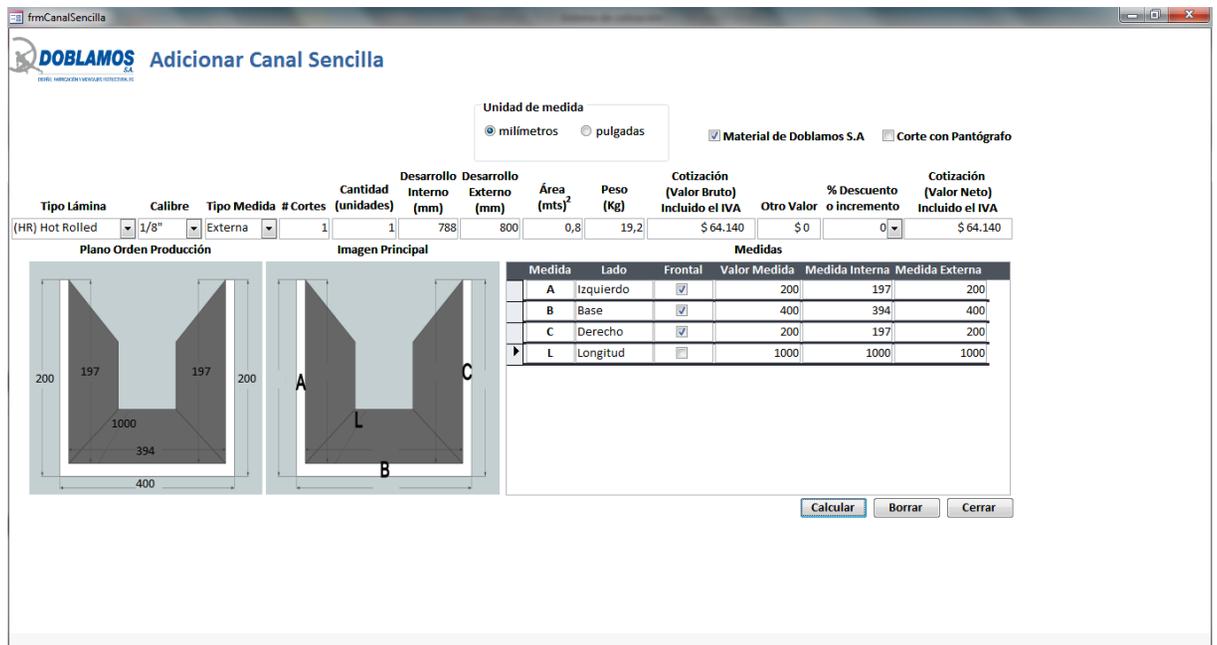


Figura 43 Cotización de la pieza²⁰

¹⁹ Imagen tomada del sistema desarrollado en este proyecto.

²⁰ Imagen tomada del sistema desarrollado en este proyecto.

3.8 METODOLOGÍA DE ACTUALIZACIÓN Y AJUSTE DEL SISTEMA

Para comprobar que los precios arrojados por el sistema son competitivos, se implementó una metodología para comparar los precios de la aplicación con los de los competidores directos. Como prueba se escogieron cinco productos fabricados con alta frecuencia en la empresa y se compararon los precios de la aplicación con los precios determinados por un asesor comercial de cada una de las sedes de Doblamos y los de cuatro competidores de la compañía.

Al ser esta información confidencial de la empresa, sólo se autorizó mostrar los precios reales para una de las piezas, para las otras piezas, se mostrarán únicamente los porcentajes de las variaciones teniendo como base el precio arrojado por el sistema.

Los productos elegidos para esto fueron: una canal sencilla, una platina, un disco, un ángulo y un cono.

➤ Canal sencilla

DOBLAMOS S.A. Adicionar Canal Sencilla

Unidad de medida: milímetros pulgadas Material de Doblamos S.A. Corte con Pantógrafo

Tipo Lámina	Calibre	Tipo Medida	# Cortes	Cantidad (unidades)	Desarrollo Interno (mm)	Desarrollo Externo (mm)	Área (mts ²)	Peso (Kg)	Cotización (Valor Bruto) Incluido el IVA	Otro Valor	% Descuento o incremento	Cotización (Valor Neto) Incluido el IVA
(HR) Hot Rolled	5/16"	Interna	0	1	300	332	0,7	42,6	\$ 141.800	\$ 0	0	\$ 141.800

Medidas

Medida	Lado	Frontal	Valor Medida	Medida Interna	Medida Externa
A	Izquierdo	<input checked="" type="checkbox"/>	50	50	58
B	Base	<input checked="" type="checkbox"/>	200	200	216
C	Derecho	<input checked="" type="checkbox"/>	50	50	58
L	Longitud	<input type="checkbox"/>	2000	2000	2000

Botones:

Figura 44 Cotización de una canal²¹

PRECIOS OBTENIDOS POR LOS ASESORES Y LA COMPETENCIA

²¹ Imagen tomada del sistema desarrollado en este proyecto.

Tabla 22 Precio para una canal

EMPRESA	PRECIO (Variación)
Doblamos Centro	\$135.000 (-5%)
Doblamos Sabaneta	\$142.000 (0%)
Doblamos Caribe	\$138.500 (-2%)
Competidor 1	\$147.555 (4%)
Competidor 2	\$140.000 (-1%)
Competidor 3	\$141.000 (-1%)
Competidor 4	\$145.000 (2%)

Tabla 23 Precio para un disco

EMPRESA	PRECIO
Doblamos Centro	-4%
Doblamos Sabaneta	10%
Doblamos Caribe	-4%
Competidor 1	21%
Competidor 2	13%
Competidor 3	10%
Competidor 4	21%

Tabla 24 Precio para una platina

EMPRESA	PRECIO
---------	--------

Doblamos Centro	0%
Doblamos Sabaneta	4%
Doblamos Caribe	4%
Competidor 1	10%
Competidor 2	4%
Competidor 3	11%
Competidor 4	19%

Tabla 25 Precio para un ángulo

EMPRESA	PRECIO
Doblamos Centro	-2%
Doblamos Sabaneta	1%
Doblamos Caribe	-1%
Competidor 1	2%
Competidor 2	-4%
Competidor 3	9%
Competidor 4	13%

Tabla 26 Precio para un cono

EMPRESA	PRECIO
---------	--------

Doblamos Centro	-3%
Doblamos Sabaneta	6%
Doblamos Caribe	3%
Competidor 1	11%
Competidor 2	7%
Competidor 3	2%
Competidor 4	16%

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Con la implementación del sistema de cotizaciones en la empresa se logró sistematizar el proceso de cotizaciones y de creación de órdenes de producción en un 100%, ya que este proceso anteriormente se hacía de forma manual.
- Al analizar las variaciones de los precios arrojados por el sistema en relación a los precios cobrados en las diferentes sedes y en la competencia, se estableció un rango del 10% de descuentos o aumentos en el precio que puede elegir el asesor comercial, según su criterio. Los precios cobrados en este rango, garantizan la competitividad de la empresa en el mercado y satisfacen los costos de producción de la empresa.
- Con la sistematización de las órdenes de producción, se logra el almacenamiento de la información de la empresa de forma más organizada, lo que conlleva a que se pueda acceder a esta con mayor facilidad, para obtener información histórica e implementar planes y estrategias de mercadeo y ventas basados en la misma.
- Al implementar la aplicación para cotizar los productos en toda la empresa, se obtiene la estandarización de los precios de las tres sedes. Con esto se presta un mejor servicio al cliente, ya que se garantiza que siempre se le cobrará un precio estándar en la empresa Doblamos S.A, independiente del asesor comercial o la sede con la cual se comunique.
- Con la utilización de este sistema de cotizaciones, se eliminan los errores en cobros por parte de los asesores comerciales. Esto era ocasionado por equivocaciones frecuentes por parte de los asesores en el momento de calcular los kilos y el precio de las piezas de manera manual. También se garantiza que un asesor comercial nuevo que ingrese a la empresa, sin importar su experiencia, pueda brindar a los clientes cotizaciones confiables que no pongan en riesgo la rentabilidad de la misma.
- Al implementar este sistema como mecanismo para la creación de las órdenes de producción de la empresa, se facilita de manera significativa el trabajo de los asesores comerciales de la empresa Doblamos S.A, ya que anteriormente, ellos tenían que hacer de manera manual las siguientes operaciones: el cálculo de los kilos de las piezas por medio de una calculadora y unas fórmulas, el dibujo de cada pieza que iba a ser producida y la estimación de los precios mediante listas de precios escritas en tablas manuales. Al tener este sistema se libera aproximadamente un 30% del tiempo de los asesores, el cual puede ser utilizado para atender nuevos clientes.

5. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

La implementación del sistema de cotizaciones en la empresa Doblamos S.A. trae muchos beneficios para la empresa, tanto para los asesores comerciales como para la dirección comercial y la gerencia de la empresa. Esto debido a que con esta aplicación, se tiene un acceso de mayor facilidad a las órdenes de producción que hace cada uno de los asesores comerciales diariamente en la empresa, se controlan los precios cobrados y se puede monitorear la producción de manera sistemática.

Dado que el sistema está creado a partir de formularios, los precios del kilo y de los diferentes procesos pueden ser modificados por la gerencia, en caso de requerirse, por cambios en el mercado.

Se recomienda a la empresa Doblamos S.A. estar revisando periódicamente los precios arrojados por el sistema y compararlos con los precios cobrados por los competidores. La implementación de esta metodología de ajuste y actualización del sistema, permite a la empresa poder competir con precios en el sector metalmecánico y mantenerse vigente a largo plazo.

Por último, se recomienda a la empresa utilizar este sistema como base para la implementación de futuras aplicaciones relacionadas con el mismo, que permitan obtener informes acerca de estadísticas de ventas y producción, útiles para el análisis del comportamiento de las ventas en la empresa, para el trazo de metas a corto y largo plazo y para la evaluación y seguimiento de los diferentes asesores comerciales.

Para la realización de este proyecto se emplearon diferentes herramientas de la ingeniería industrial que tenían como objetivo aumentar la eficiencia en los diferentes procesos de la empresa, tanto en la planta como en las operaciones de ventas y gerenciales. Estos aspectos se vieron reflejados especialmente en la propuesta de la distribución de planta, que contribuye a la generación de valor en la empresa ya que esta fue el resultado de un análisis en profundidad del funcionamiento de la planta que garantizó que la máquina adquirida se explotara al máximo, a la vez que lograba la mayor eficiencia en la ubicación de las otras máquinas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ANDI. (23 de Agosto de 2011). *ANDI*. Recuperado el 2012, de www.andi.com.co/pages/prensa
- Bas, E. (2004). *Megatendencias para el siglo XXI Un estudio Delfos*. México D.F.: FCE.
- Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C. (s.f.). *Universidad politecnica de Valencia*. Recuperado el 5 de 8 de 2012, de <http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/4%20Distribucion%20en%20planta.pdf>
- Dinero, R. (10 de 2011). *Revista Dinero*. Obtenido de www.dinero.com/negocios/articulo/produccion-siderurgica-aumento
- ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA ECI. (2008). Conformado de metales. *Cusro de materiales*. Edición 2008.
- Garey, M., Jhonson, D., & Sethi, R. (1976). The complexity of flow shop and job shop scheduling. *Math Oper Res*.
- Igarza, R. (2008). Recuperado el 5 de 8 de 2012, de robertoigarza.files.wordpress.com/2008/10/metodo-delphi-f.doc
- Iza, B. S. (Mayo de 2007). Dimensionamiento y construcción de una roladora manual para laboratorio. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Linstone, H., & Turrof, M. (1975). *The Delphi method, techniques and applications*. Addison Wesley Publishing.
- Mecanica.com.es. (2008). *Mecanica.com.es*. Obtenido de <http://www.mecanica.com.es/Laminacion.htm>
- Moradi, E., Fatemi Ghomi, S., & Zandieh, M. (2010). An efficient architecture for scheduling flexible job-shop with machine availability constraints. *AdvManufTechnol*.
- Pinedo, M., & Chao, X. (1999). *Operations Scheduling with applications in Manufacturing and Services*. New York: McGraw-Hill.
- Rosario, L. M. (29 de 08 de 2004). Obtenido de http://academic.uprm.edu/lrosario/page/4055_clases/deformacion.htm
- System Cover. (2012). *Estil Construction*. Obtenido de www.systemcover.com/descarga/60.doc

Universidad de Castilla - La Mancha. (s.f.). *www.ingenieriarural.com*. Recuperado el 5 de 8 de 2012, de http://www.uclm.es/area/ing_rural/AsignaturaProyectos/Tema5.pdf

Upegui, L. M. (1979). *Administración y producción*. Medellín: Editorial Bedout, S.A.

Zarria, F. J. (Noviembre de 2011). Implementación de un sistema de aire comprimido en la automatización de la cizalla manual del taller de procesos de producción mecánica. Quito: Escuela politécnica Nacional.

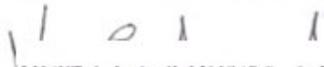
-
- ⁱ Imagen tomada de la fuente (ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA ECI, 2008)
 - ⁱⁱ Imagen tomada de la fuente (ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA ECI, 2008)
 - ⁱⁱⁱ Imagen tomada de la fuente (ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA ECI, 2008)
 - ^{iv} Imagen tomada de la fuente (ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA ECI, 2008)
 - ^v Imagen tomada de la página web de la empresa Sugimat de España.
 - ^{vi} Imagen tomada de la fuente (ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA ECI, 2008)
 - ^{vii} Imagen tomada de la fuente (Mecanica.com.es, 2008)
 - ^{viii} Fuente propia
 - ^{ix} Fuente Propia
 - ^x Fuente propia
 - ^{xi} Fuente Propia
 - ^{xii} Fuente Propia



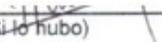
ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA

ACTA DE EVALUACIÓN FINAL DE TRABAJO DE GRADO

Fecha: (dd/mm/aa)	23 de noviembre de 2012								
Nombre del proyecto:	Desarrollo de un sistema de cotización para la empresa Doblamos S.A.								
Director del proyecto:	Aquiles Ocampo								
<table border="1"> <tr> <td>Nombre del estudiante</td> <td>Programa académico</td> </tr> <tr> <td>Ana María Ochoa Posada</td> <td>Ingeniería Industrial</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>		Nombre del estudiante	Programa académico	Ana María Ochoa Posada	Ingeniería Industrial				
Nombre del estudiante	Programa académico								
Ana María Ochoa Posada	Ingeniería Industrial								
Nombre del Jurado:	Jaime Sánchez								
Evaluación del proyecto: Espacio exclusivo para jurado									
<input type="checkbox"/> No aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado sin mención <input type="checkbox"/> con Mención Pública <input type="checkbox"/> con Mención honorífica <input type="checkbox"/> Trabajo laureado									
Justificación del reconocimiento: (Artículo 28 del Acuerdo 11: "El director del Programa presentará el acta final de evaluación al Consejo Académico, donde consta la solicitud de mención especial debidamente justificada y el Consejo determinará si se otorga o no"). La justificación debe tener mínimo 500 palabras.									


 DIRECTOR DEL PROGRAMA
 Jorge Enrique Sierra Suárez


 DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO
 Aquiles Ocampo


 JURADO (Si lo hubo)
 Jaime Sánchez

JURADO (Si lo hubo)