

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA NUEVA LÍNEA DE PRODUCTOS
BASADA EN EL PRINCIPIO DE ROLLFORMING MEDIANTE EL
DESARROLLO DE UNA FLOR (O RODILLOS DE ARRASTRE),
PARA LA EMPRESA ALGAMAR S.A.**

EDUARDO JOSÉ SANTA URREA

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLÍN
2008

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA NUEVA LÍNEA DE PRODUCTOS
BASADA EN EL PRINCIPIO DE ROLLFORMING MEDIANTE EL
DESARROLLO DE UNA FLOR (O RODILLOS DE ARRASTRE),
PARA LA EMPRESA ALGAMAR S.A.**

EDUARDO JOSÉ SANTA URREA

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLÍN
2008

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA NUEVA LÍNEA DE PRODUCTOS
BASADA EN EL PRINCIPIO DE ROLLFORMING MEDIANTE EL
DESARROLLO DE UNA FLOR (O RODILLOS DE ARRASTRE),
PARA LA EMPRESA ALGAMAR S.A.**

EDUARDO JOSÉ SANTA URREA

**Trabajo de grado para optar por el
título de Ingeniero de Diseño de Producto**

Asesor:

**Marco Enrique Vega Enríquez
Ingeniero mecánico Universidad EAFIT**

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLÍN
2008**

Nota de aceptación

Presidente jurado

Jurado

Jurado

Jurado

Medellín, (__ / __ / 2008)

A mi padre por ser un verdadero ejemplo de honestidad.

A mi madre, ejemplo de verraquera, lucha y paciencia.

A mi novia, que ha estado conmigo en los más grandes momentos.

A don Marco, por haberme enseñado tanto. Real ejemplo de lo que significa ser un excelente jefe.

Y en especial, a mi Hermano Alfredo, ejemplo de ejemplos, sangre de mi sangre.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a ALGAMAR S.A. por darme la oportunidad de mostrar mis potenciales como profesional y acogerme como parte de su capital humano; a Marco por haber confiado ciegamente en mis capacidades y por haberme orientado en cada uno de los proyectos desarrollados dentro de la compañía; a cada uno de los partícipes de este proyecto, en general: Daniel Giraldo y Juan Manuel Loaiza, por su gran aporte como ingenieros de diseño; Tomás Cipriano, personal del centro de laboratorios universidad EAFIT, personal de producción Algamar S.A., Cimelca S.A., Aceros industriales Ltda., industrias Miller Ltda., Dimetal S.A.

Agradezco profundamente a todo el equipo de trabajo del departamento comercial de Algamar S.A. por ser más que compañeros de trabajo, por ser amigos, especialmente a Marco por ser paciente, por aconsejarme para ser cada día mejor en mi trabajo y confiar en mí a pesar de las circunstancias. ¡A TODOS USTEDES MUCHAS PERO MUCHAS GRACIAS!

¡PADRE, MADRE, HERMANO Y HERMOSA, FINALMENTE HOY SOY UN INGENIERO!

TABLA DE CONTENIDO

	PAG.
0. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1. <u>JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO</u>	4
1.1 Justificación en cuanto al diseño	4
1.2 Justificación en cuanto al mercado	5
2. <u>PROBLEMA</u>	7
2.1 En cuanto al proyecto	7
2.2 En cuanto al plan de negocio dentro de la compañía	8
3. <u>OBJETIVOS Y ALCANCES</u>	10
3.1 Objetivo general	10
3.2 Objetivos operacionales	10
3.3 Alcance y productos	11
4. <u>ANTECEDENTES</u>	12
4.1 Antecedentes de Algamar S.A.	13
4.2 Antecedentes y análisis del mercado	14
5. <u>REQUERIMIENTO DE LOS CLIENTES</u>	22

5.1	Requerimientos debidos a la ingeniería	22
5.2	Requerimientos debidos a requisición de compras	23
5.3	Requerimientos debidos a producción	24
5.4	Requerimientos debidos al almacén	25
5.5	Requerimientos debidos a las instalaciones	26
5.6	Requerimientos debidos al cliente final	27
6.	<u>PARTES DEL OBJETO DE ESTUDIO</u>	28
6.1	Partes de un módulo de estantería tipo D	28
6.2	Partes de un módulo de estantería tipo CFR	30
6.3	Configuración de rodillaría general para rolar entrepaño tipo D	31
6.4	Configuración de rodillaría general para rolar entrepaño tipo CFR	32
6.5	Configuración y partes generales de una Rollformer Machine	33
7.	<u>MARCO TEÓRICO</u>	40
7.1	Cálculo de perfiles estructurales	40
7.2	Cálculo de dureza para rodillos de arrastre	40
7.3	Criterio para la aplicación de elementos finitos	41
8.	<u>ESTADO DEL ARTE</u>	43
8.1	Proceso de diseño	43
8.2	Producto	44
8.3	Entrepaños de la competencia	48
8.4	Análisis de las compañías constructoras de maquinaria	50

9. DISEÑO DEL NUEVO ENTREPAÑO Y SU RESPECTIVO HERRAMENTAL	56
9.1 Exploración	56
9.2 Generación	83
9.3 Evaluación	98
9.4 Comunicación	149
10. CONCLUSIONES	151
10.1 Conclusiones metodológicas	151
10.2 Conclusiones de producto	152
10.3 Conclusiones de aprendizaje	153
11. RECOMENDACIONES	155
12. BIBLIOGRAFÍA	156
13. ANEXOS	158

LISTA DE GRÁFICOS Y FIGURAS

.....	PAG.
Gráfico 1: Tamaño del mercado Bogotá	15
Gráfico 2: Tamaño del mercado Medellín	15
Gráfico 3: Tamaño del mercado Cali	15
Gráfico 4: Tamaño del mercado Cartagena	16
Gráfico 5: Algamar S.A. en Almacenes Éxito Medellín	17
Gráfico 6: Algamar S.A. en Almacenes Éxito Medellín	17
Gráfico 7: Algamar S.A. en Almacenes Éxito Medellín	17
Gráfico 8: Algamar S.A. en Almacenes Carulla	18
Gráfico 9: Algamar S.A. en Almacenes Carrefour	18
Figura 1: Explosión de estantería tipo D	28
Figura 2: Explosión de estantería tipo CFR	30
Figura 3: Rodillos de arrastre a bandeja de entrepaño	31
Figura 4: Modelación rodillería de arrastre	31
Figura 5: Planta rodillería de arrastre para entrepaño CFR	32
Figura 6: Modelación rodillería de arrastre, entrepaño CFR	32
Figura 7: Motor Toshiva de 10 HP, 1740 RPM	33
Figura 8: Once estaciones de rolado	34
Figura 9: Dimensiones generales Rollforming Machine	34
Figura 10: Restricción en dimensión máx. fleje de lámina 170mm.	35
Figura 11: Distancia entre ejes de rodillos	35
Figura 12: Acabado superficial tipo “espejo”	36
Figura 13: Unidad uncoiler marca Haceb	37
Figura 14: Perfil en C siendo rolado por máquina	37
Figura 15: Punzón en vuelo marca Samco	38
Figura 16: Perfiles desarrollados por Industrias Miller	39

Figura 17: Detalle canal portaprecio, entrepaño tipo CFR	42
Figura 18: Entrepaño metálico para exhibición de licores	44
Figura 19: Entrepaño metálico con acople SW	45
Figura 20: Entrepaño metálico portateclados	45
Figura 21: Entrepaño metálico para teléfonos	46
Figura 22: Entrepaño metálico para herramientas	46
Figura 23: Entrepaño metálico para productos de belleza	47
Figura 24: Entrepaño metálico para productos de belleza	47
Figura 25: Entrepaños metálicos Madix	48
Figura 26: Entrepaños metálicos Darling	49
Figura 27: Entrepaños metálicos JM Romo	50
Figura 28: Diseño de perfil para transformación en rodillos	51
Figura 29: Vistas frontales de perfiles de lámina	51
Figura 30: Formado de lámina a través de rodillos	54
Figura 31: Diferentes herramientas elaboradas por Samco	55
Figura 32: Características de máquina	55
Figura 33: Caja negra	85
Figura 34: Caja transparente	86
Figura 35: Imagen comparativa de dos clases de entrepaño	87
Figura 36: Entrepaño metálico de altura – módulo	87
Figura 37: Entrepaño metálico de altura – módulo	88
Figura 38: Características de máquina	91
Figura 39: Principio fundamental del rolado de lámina	99
Figura 40: Rodillo en forma de V	99
Figura 41: Detalle de rodillo halador M11	100
Figura 42: Detalle frontal de los rodillos de guía MH 21,22	100
Figura 43: Detalle frontal de los rodillos de formado MH 61	101
Figura 44: Detalle frontal de los rodillos Afinadores MH 72,73	101
Figura 45: Detalle de lámina rolada	102
Figura 46: Modelación Perfil multiforma siendo rolado	103

Figura 47: Detalle de la dimensión D extremos del yunque	104
Figura 48: Corte lateral de bandeja para entrepaño tipo D	105
Figura 49: Detalle dobleces y ángulos canal portaprecio	106
Figura 50: Detalle de los dobleces contenidos en un entrepaño	106
Figura 51: Detalle Repisado perfecto	107
Figura 52: Desarrollo de lámina para entrepaño tipo D	108
Figura 53: Desarrollo de lámina para entrepaño tipo CFR	108
Figura 54: Desarrollos nominales de lámina para entrepaño	109
Figura 55: Desarrollo en flor para entrepaños repisados	110
Figura 56: Desarrollo en flor para refuerzo de entrepaño	110
Figura 57: Desarrollo de lámina para refuerzos repisados	111
Figura 58: Rodillería para entrepaño tipo D	112
Figura 59: Detalle de los dobleces que van a desarrollar en Simply	113
Figura 60: Coordenadas para dibujar los dobleces en Simply	114
Figura 61: Cuadro de diálogo y coordenadas, Simply	114
Figura 62: Cuadro para desarrollo en flor del perfil en C en Simply	115
Figura 63: Rodillos finales en 2D desarrollados en Simply	115
Figura 64: Detalle de ángulo agudo en sección lateral de rodillo	116
Figura 65: Detalle de un tercer rodillo	117
Figura 66: Detalle de una coyuntura anticorte en rodillo de arrastre	118
Figura 67: Detalle de las distancias importantes en un rodillo de arrastre	118
Figura 68: Detalle del elemento de identificación del rodillo de arrastre	120
Figura 69: Ubicación línea de Rodillos para rolar entrepaño tipo CFR	120
Figura 70: Isométrico y explosión de modelo blando	123
Figura 71: Muestra entrepaño repisado tipo D	124
Figura 72: Muestra entrepaño tipo CFR	124
Figura 73: Muestra rodillos MH 71	125
Figura 74: Herramental para rolado de entrepaño tipo D	126
Figura 75: Vista lateral izquierda de bandeja para entrepaño	127
Figura 76: Montaje para realización de pruebas. Tipo D	128

Figura 77: Módulo de pruebas de 1 probetas	129
Figura 78: Montaje para entrepaño tipo CFR	131
Figura 79: Montaje para realización de pruebas. Tipo CFR	132
Figura 80: Curvatura generada sobre la bandeja por una carga de 120 Kg	132
Figura 81: Montaje de probetas para entrepaño tipo CFR	133
Figura 82: Esfuerzo máximo de Bon Mises	135
Figura 83: Diseño de entrepaño repisado. Deformación y dirección	136
Figura 84: Identador ejerciendo presión en lámina de acero	138
Figura 85: Marcas detalladas en cada probeta	138
Figura 86: Marcas de indentación de diamante	139
Figura 87: Microscopio sobre marca de indentación	139
Figura 88: Marcas de indentación en pirámide	140
Figura 89: Identador ejerciendo presión	140
Figura 90: Marcas de indentación de diamante	140
Figura 91: Detalle de lupa para identificar marcas	141
Figura 92: Detalle de probetas	143
Figura 93: Detalle de probetas	143
Figura 94: Detalle de probetas	144
Figura 96: Detalle de entrepaño repisado tipo CFR	146
Figura 95: Detalle de rodillo M71 después de cementación	145
Figura 97: Detalles entrepaño tipo D	147
Figura 98: Detalles de rolado, entrepaño tipo CFR	148
Figura 99: Diagrama de flujo de metodología propuesta	151

LISTA DE TABLAS

.....	PAG.
Tabla 1: Total número de almacenes por ciudad	16
Tabla 2: Especificaciones técnicas de máquinas	53
Tabla 3: Matriz de usuario	57
Tabla 4: Relación de indicadores y necesidades	64
Tabla 5: Casa de la calidad	75
Tabla 6: Análisis DOFA entrepaños repisados	76
Tabla 7: Análisis DOFA rodillos de arrastre	80
Tabla 8: Proceso elaboración entrepaño Algamar S.A. diseño actual	89
Tabla 9: Proceso elaboración entrepaño Algamar S.A. diseño nuevo	90
Tabla 10: Valor comercial de un fleje de lámina 4x8	90
Tabla 11: Entrepaño Algamar S.A. Tiempo vs. N. de empleados	90
Tabla 12: Diseño nuevo. Tiempo vs. N. de empleados	91
Tabla 13: Tiempo mín. de preparación de superficies y acabados	92
Tabla 14: Tiempo en minutos, elaboración de entrepaño	92
Tabla 15: Costo mano de obra para producir entrepaño actual	92
Tabla 16: Costo mano de obra para producir entrepaño nuevo	93
Tabla 17: Costo de prod. Unidad de diseño nueva, sin unidad de corte	93
Tabla 18: Capacidad por turnos Algamar S.A.	94
Tabla 19: Operación supuesta con 1000 unidades producidas	94
Tabla 20: Temperatura de revenido para acero H13	95
Tabla 21: Temperatura de revenido para acero H13	96
Tabla 22: Dureza promedio después del revenido para AI SI D6	97
Tabla 23: Costo de aceros analizados	97
Tabla 24: Dimensiones y tolerancia de doblado para cada dobléz de entrepaño tipo D	107
Tabla 25: Puntos de medida en milímetros, de entrepaño	130

Tabla 26: Curvas de nivel Flexión vs. Tiempo	130
Tabla 27: Deformación promedio de bandeja en función del tiempo	134
Tabla 28: Flexión vs. Tiempo para entrepaño tipo CFR	134

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Plano entrepaño tipo D

Anexo 2: Plano entrepaño tipo CFR

Anexo 3: Planos de rodillos para rolar entrepaños tipo D y CFR

Anexo 4: Elemento de identificación de rodillo

Anexo 5: Análisis por elementos finitos

GLOSARIO

Repisado: doblar una lámina hasta el ángulo O. Vulgarmente: aplastar.

Góndola: mueble metálico para la exhibición de productos dentro de un establecimiento comercial. Estante, estantería.

Flor: nombre que se le da a la herramienta completa que forma un producto rolado, esquema general y gradual de cada uno de los perfiles metálicos que se emulan como doblados.

Entrepaño: elemento directo donde se ubican los productos a exhibir dentro de una góndola.

Coldrolled: inglés. Laminado en Frio, una característica del acero laminar que aumenta las propiedades físicas del acero al ser sometido a la deformación.

Refuerzos: fleje laminar doblado y principalmente de forma cónica que le permite al entrepaño ser resistente a la carga.

Rollformig: inglés. Doblar mediante rodillos.

Rollformer: inglés. Máquina de forma continua que dobla lámina mediante rodillos.

Plegado: doblado.

Plegadora: máquina de plegado.

Rolado: Lat. Doblar mediante rodillos

Canal porta precio: nombre que se le da al doblez frontal de los entrepaños que sirve para poner el perfil plástico portaprecio.

Retail: término de mercadotecnia utilizado para denominar negocios fuera del manejo a grandes economías de escala.

Superficies comerciales: centros comerciales, supermercados, etcétera.

TOC: siglas en inglés para *Theory of constraints*, teoría de restricciones.

Productos de línea: productos de la línea estándar de Algamar S.A.

Columna Tope: elemento vertical troquelado que sirve como el soporte de un módulo de estantería.

Sobrepatas: término que se da cuando el entrepaño base de una Góndola queda por encima de la pata de la columna.

Tubo acople: elemento vertical que une dos columnas de un módulo de góndola.

Cementado: método de temple del acero que consiste en endurecer la capa superficial del acero agregándole Carbono, mientras el núcleo permanece blando.

RESUMEN

Se muestra el diseño de una línea de entrepaños repisados para exhibición de productos en estanterías de supermercados más conocidas como *Góndolas*, que abarque un rango de cargas de 80 Kg a 130 Kg, aplicando la metodología de diseño de productos descrita por Nigel Cross, contribuyendo al aumento de la productividad y ahorro de materias primas en la empresa Algamar S.A.

Para el respectivo diseño del producto entrepaño repisado, es de suma importancia conocer cuál es el proceso de manufactura más rentable y eficaz para su elaboración, por consiguiente, el siguiente trabajo también busca diseñar una flor o lo que comúnmente se conoce como rodillos de arrastre como herramienta fundamental para su desarrollo.

Los entrepaños son elementos indispensables para el buen desempeño de una góndola. Los diseños actuales, demandan mejoras dadas las exigencias del mercado para aumentar la capacidad y velocidad, así mismo variaciones permanentes en los diseños estándar que afectan los costos, tiempos de producción y entrega.

La real diferencia de este proceso es que el producto base elaborado en lámina de acero 1020 Collrolled Cal 18, 20 y 22, parte de una sola hoja laminar, los refuerzos necesarios para garantizar que éste resista las cargas de los productos exhibidos, son elaborados de la misma hoja, a diferencia de todos los productos de la competencia, tanto nacional como internacional, que utilizan pequeños flejes doblados de distintos cortes laminares unidos al producto base por medio de soldadura.

Para dar el carácter de repisado, se hace pasar una lámina a través de rodillos secuenciales machos y hembras obligándola a copiar la forma de los mismos,

hasta dar las formas deseadas que permitan brindarle a la lámina rigidez y estructura, cumpliendo con del rango de cargas.

Para lograr este propósito se parte de: **i)** Un análisis comparativo, entre los diseños de entrepaños producidos por Algamar S.A. y otras compañías, **ii)** Un PDS que muestra el detalle de las especificaciones que debe contener el producto entrepaño, así como el herramental para su desarrollo, incorporando las demandas de los clientes directos e indirectos del producto, así como las normas técnicas; **iii)** Elaboración de bocetos y esquemas del entrepaño repisado y el herramental, evaluando diferentes alternativas de solución, a través de distintos métodos de diseño de productos. Se realizan la modelación en 3D y los análisis de elementos finitos, mediante software CAD\CAE que permitan asegurar la viabilidad técnica; **iv)** Un análisis de viabilidad que relacione las variables más importantes del proceso productivo, siempre en comparación del método convencional de manufactura utilizado en la compañía. **v)** Análisis de materiales para herramienta. **vi)** Es de gran utilidad en este tipo de desarrollos la utilización de modeladores para la fabricación de Rodillos de arrastre como *Simply Rollforming*, con capacidad de simular las características reales de los elementos y piezas de estudio. Después de efectuar el desarrollo del producto entrepaño se procede a: **vii)** Pruebas de carga estática al objeto real. **viii)** Análisis de dureza al herramental por parte de los laboratorios de la universidad.

0. INTRODUCCIÓN

Como profesional del pregrado de ingeniería de diseño de producto, la principal preocupación es dar valor agregado a la cadena productiva de una empresa. Dentro de Algamar S.A. ésta formación se ha dividido en los siguientes cuatro grupos:

- EL ÁREA DESARROLLO Y DISEÑO DE PRODUCTO
- EL ÁREA DE PRODUCCIÓN
- EL ÁREA DE VALORES Y CULTURA
- EL ÁREA DE MERCADEO Y GESTIÓN COMERCIAL

En este tipo de formación interdisciplinaria se concentra la capacidad de intercambiar conceptos e ideas con los diferentes entes de la cadena productiva, dándole un mejor resultado final al diseño, satisfaciendo las necesidades de los clientes.

Generalmente, cualquiera que sea el proyecto a desarrollar dentro de la compañía, va de la mano de todos los cuatro elementos de la cadena productiva, que va desde una cotización primaria a un análisis de productividad y posteriormente es debatido en un consejo multidisciplinario que comprende: personal administrativo, directivo, de producción, de mercadeo y lo más importante, teniendo siempre en cuenta el criterio del personal calificado que trabaja en planta en la toma de decisiones como entes directos de la transformación de la materia prima.

En este trabajo de grado busca recopilar el proceso de diseño de una línea de productos metálicos mediante el proceso de manufactura conocido como Rollforming para la empresa Algamar S.A. de Medellín desde la solución del problema, hasta las más relevantes decisiones de manufactura.

Diseño de producto como: entrepaños, bandejas para entrepaños, perfiles y flejes metálicos, partiendo desde el análisis de la lámina, constitución del acero coldrolled, etcétera.

También se establece el diseño del herramental para el juego de un par de líneas de rodillos de arrastre para dos referencias de producto: *entrepaño repisado de altura tipo D* de 973mm. de ancho x 400 mm. de profundidad y *entrepaño repisado de altura CFR* de 1303mm. de ancho x 415 mm. de profundidad, partiendo desde el análisis de los aceros pertinentes: grado herramienta, dureza y maquinado.

Es importante destacar que para este proceso se seguirá una adaptación de la metodología de diseño propuesta por la compañía, con variaciones complementarias propuestas por Nigel Cross en el libro “Métodos de diseño: estrategias para el diseño de productos”

La documentación de este proyecto constituye una importante fuente de información, muy útil para el departamento de diseño de Algamar S.A. al ser una guía para el desarrollo de nuevas soluciones, que mejoren el desempeño tanto de los productos como del herramental, consiguiendo expandir el portafolio de productos de la compañía.

Se debe constatar que este proyecto es propiedad intelectual de Algamar S.A. una vez sean cumplidas las leyes estipuladas por la Universidad EAFIT, La compañía puede alterar parcial o totalmente el contenido de este proyecto para beneficio individual, por tal motivo, el énfasis dado a este proyecto es el establecido por la ingeniería de diseño de producto.

Este trabajo muestra el proceso de diseño de dos referencias de entrepaños de altura para estantería metálica con capacidades de carga desde 80 Kg., hasta 130 Kg. (el equivalente a un entrepaño con carga completa de bolsas de arroz

de 5 Kg cada una). Estos entrepaños deben cumplir con las normas establecidas por diseño y desarrollo establecidos dentro de la compañía y con las exigentes especificaciones de los clientes, entre ellos: Almacenes Éxito, Carulla Vivero, Carrefour, Olímpica, Flamingo, Fallabella, Payless, entre otros. Además muestra el proceso de diseño de dos referencias de rodillos de arrastre para la formación de los mencionados entrepaños.

Con este diseño se pretende la estandarización y modularidad de los componentes que lo conforman, para disminuir los recursos necesarios en manufactura e instalación, definiendo cuál es el diseño que mejor se acomoda al entorno de la empresa, y así, hacer de Algamar S.A. una empresa más competitiva, con productos que satisfagan a todos sus procesos integradores y cumpliendo con las necesidades actuales del mercado.

1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para justificar correctamente este proyecto debemos ubicarnos en dos corrientes de igual importancia dentro de la compañía como son: el diseño y su posición frente a mercados competitivos a los cuales se enfrenta.

1.1 JUSTIFICACIÓN EN CUANTO AL DISEÑO

La propuesta de diseño que ha venido elaborando la compañía es netamente funcional, la aplicabilidad de sus estructuras metálicas responden a las exigencias de los clientes y especificaciones en cuanto a resistencia mecánica como: dureza, deformación, carga; tanto como del orden de capacidad de almacenamiento, apilabilidad, etc. Los costes de producción, tiempos muertos durante cada proceso y por consiguiente la optimización de los mismos, son el punto fundamental de estudio.

El avance de este proyecto basado en el método *Rollforming* será pues, desarrollar un sistema de rodillos que mediante la acción mecánica de una fuente de energía (motor), optimice el método convencional de doblado directo desarrollado en las máquinas plegadoras¹.

Actualmente el método de doblado funciona mediante la acción de eficientes máquinas plegadoras automatizadas de control numérico y alta estabilidad dimensional; lo que tenemos a favor en este caso, es que cada vez que se necesita un doblado, el operador se ve obligado a cambiar de posición la misma lámina, dándole vuelta y girándola hasta que dé el ángulo requerido. Cada vez

¹ Maquina de tipo industrial cuya función es el doblado de lámina metálica u / o polimérica.

que se repite este proceso se está sumando pequeñas unidades de tiempo que ocasionan mayor tiempo de producción total.

En muchos de los diseños desarrollados por la compañía se encuentran diferentes procesos involucrados como: corte, doblado y soldadura; se pretende hacer una posible integración de los tres procesos en uno solo. Se disminuye los costos de soldadura haciendo refuerzos y venas de la propia lámina base, garantizando resistencia a la carga y conservando las demás condiciones mecánicas. Este desarrollo conllevaría a un buen flujo del inventario dentro de la planta, agilizando el paso de inventarios por los diferentes puestos de trabajo y haciendo las líneas de evacuación más eficientes.

Los resultados financieros deberán mejorar, como consecuencia directa del ahorro de materia prima, facilitación de los procesos, ahorro de energía, optimización del espacio físico dentro de la planta, etcétera.

La empresa tendrá un sistema adecuado que le permitirá asignar los recursos económicos en función de las reales necesidades y objetivos fijados para la unidad de producción a la cual se le elabora su presupuesto operacional.

1.2 JUSTIFICACIÓN EN CUANTO AL MERCADO

La adopción de este sistema de formado a través de rodillos, tendrá efectos favorables para el mercado, dentro de los cuales se pueden mencionar:

- Cumplimiento con los tiempos de entrega para los pedidos de sus clientes, incrementando así su fidelidad.

- Disminución de los tiempos de montaje en operaciones de distribución de almacenes, esto debido a que el producto pierde un gran porcentaje de su peso real².
- Contribución a la innovación. En el mercado muy poco se conoce de este tema con relación a sistemas de exhibición.
- Exhibición del producto con buenas prestaciones mecánicas. Reconocimiento por parte de los clientes como producto con resistencia y durabilidad.

² Características de Producto empresarial. Ver anexos figura 5.

2. PROBLEMA

2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA EN CUANTO AL PROYECTO

ALGAMAR S.A., es una empresa del sector metalmecánico fundada en 1969, diseña y fabrica soluciones integrales de amoblamiento para cadenas de almacenes en el país y en el exterior.

Requiere desarrollar una máquina para doblar lámina, para ensamble de ciertos productos especializados, facilitar la función de la mano de obra y obtener tiempos de entrega relativamente más cortos. Actualmente la Empresa realiza dichos dobleces con máquinas especializadas que presentan las siguientes características: el proceso se desarrolla con base en una sola unidad de golpe, la cual conlleva a que si una pieza requiere de 14 dobleces, igualmente requerirá de 14 unidades de golpe.

Este proceso se puede optimizar utilizando una herramienta de forma continua llamada *Rollerformer*, la cual mediante un proceso llamado rolado³, hace pasar una lámina a través de unos dados o rodillos, obligándola a copiar de forma secuencial la silueta de los mismos. Lo más relevante del proceso, es la denominada *Flor*⁴, o lo que comúnmente se conoce como *rodillos de arrastre*, que deben estar específicamente diseñados para lograr formas complejas que otras máquinas dobladoras no alcanzan a desarrollar.

Algamar S.A., desea optimizar su producción incorporando una línea nueva de productos doblados mediante *rollforming* que comprende: entrepaños repisados⁵, biseles⁶, canales portaprecio⁷, entre objetos y aditamentos que mejoren la estética y diseño de los productos elaborados por la compañía.

³ Formación de grandes partes de lámina metálica en secciones curvas, por medio de rodillos.

⁴ Formado de rodillos de sección continua. Ver anexos figura 1.

⁵ Producto empresarial. Ver anexos figura 2.

Algamar S.A. se ha visto obligada a incorporar nuevas alternativas de diseño dentro de sus productos, debido al constante cambio en el mundo del *retail*⁶ Colombiano que exige nuevas alternativas en sistemas de exhibición de productos tales como: mercado, frutas y verduras, electrodomésticos, enlatados, etcétera.

Las cadenas de grandes superficies seleccionan aquellos proveedores que mejor interpreten sus necesidades de exhibición, lógicamente terminan por elegir a las compañías que mejor exalten las características físicas de sus productos.

Los clientes potenciales de Algamar S.A. buscan diferenciación para sus productos, factor al cual da inclusive más importancia, que al costo del producto mismo. Otro factor importante que tienen en cuenta para tomar la decisión, es los tiempos de entrega, que coincidan con las fechas de apertura programadas por las superficies comerciales.

La cadena Chilena *Falabella*⁹, viene posicionando por Suramérica sus cadenas de almacenes comerciales enfocados al entretenimiento y al abastecimiento de necesidades de tercer orden. Dicha compañía exige niveles de exhibición para sus productos, enfocados a resaltar los atributos físicos esenciales del producto y a llamar la atención de los consumidores a que por impulso sientan que el producto debe hacer parte de sus vidas.

Otro importante ejemplo es el caso de Almacenes *Éxito*¹⁰, esta cadena se expande por todo el territorio Colombiano con locales en áreas o zonas, donde las necesidades básicas de los consumidores pueden ser satisfechas. Esta

⁶ Producto empresarial. Ver anexos figura 3.

⁷ Producto empresarial. Ver anexos figura 4.

⁸ Término de mercadotecnia utilizado para denominar negocios fuera del manejo a grandes economías de escala

⁹ Empresa de entretenimiento Chilena

¹⁰ Reconocida empresa de supermercados a nivel nacional

empresa exige que los sistemas de exhibición sean lo más amable posible y presenten los productos al consumidor de una manera fácil y sencilla.

Algamar S.A., ofrece a estas compañías soluciones integrales de amoblamiento, dirigidas a satisfacer las necesidades particulares de cada cliente en especial. Para cumplir con los tiempos de entrega, la empresa actualmente cuenta con el personal idóneo capacitándose con base en los parámetros **TOC** “Teoría de restricciones”¹¹, teoría que formula amortiguadores que regulan la producción de la empresa en forma organizada, continua y sin interrupciones en el proceso.

Para garantizar dicho cumplimiento, la síntesis de los *productos de Línea*¹² satisface mejores condiciones dentro del layout de la compañía, agilizando procesos y evacuando inventarios de producción.

¹¹ Teoría de restricciones, descrita por primera vez por Eli Goldratt al principio de los 80

¹² Productos estándar dentro de la compañía

3. OBJETIVOS Y ALCANCES

3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una matriz de rodillos de arrastre mediante el principio de *Rollforming*, que sirva para optimizar una línea de productos para la empresa ALGAMAR S.A., contribuyendo al manejo de tiempos de entrega y la optimización de costos de producción.

3.2 OBJETIVOS OPERACIONALES

- Generar una alternativa al desarrollo de producto entrepaño repisado, biseles y geometrías complejas.
- Generar la rama o la denominada *Flor*, necesaria para la elaboración de los productos *rollformados*.
- Cumplir con las normas mínimas de seguridad necesarias para la elaboración de dicho proyecto, que posteriormente conlleva al desarrollo de la máquina industrial *rollformer*.
- Establecer y cumplir con parámetros tales como: cambios de referencias, mantenimiento, ergonomía, seguridad industrial.
- Contribuir con el buen nombre de la compañía mediante el desarrollo de nuevos productos.
- Participar en el proceso creativo que comprende la elaboración de bocetos hasta la realización de planos técnicos, órdenes de fabricación y costeo de productos.

- Realizar diferentes visitas (trabajos de campo), con el fin de conseguir información pertinente para el buen desarrollo del proyecto.

3.3 ALCANCE Y PRODUCTOS

- Diseñar y fabricar un prototipo de la Flor (rodillos de arrastre) y realizar las pruebas respectivas para garantizar su viabilidad.
- Presentar las memorias de cálculo del diseño, de modo que se garanticen los criterios de resistencia mecánica, capacidad y almacenamiento.
- Diseñar y elaborar como mínimo un producto de la compañía bajo el principio de *rollforming*, analizando los aspectos ya mencionados.
- Realizar un montaje de prueba del producto diseñado y entregar los respectivos resultados experimentales.
- Presentar los respectivos planos de la rodillería necesaria para la fabricación de los entrepaños repisados

4. ANTECEDENTES

Para garantizar que el proyecto sea beneficioso para la compañía se deben analizar los puntos críticos, o los puntos en donde sea necesario realizar dicho proceso. Las hipótesis que debemos formular y de las cuales se debe tomar ventaja son:

- Cómo hacer una breve reducción de los costos de producción (costo hora, unidad, máquina, hombre, operacionales).
- Qué tipos de productos serán susceptibles para ser diseñados bajo esta herramienta.
- Qué ventajas tiene un producto elaborado bajo esta herramienta, de uno elaborado por medio de una plegadora, desde varios puntos de vista como diseño, funcionalidad, rentabilidad, etc.
- Qué beneficios fuera de funcionales y estéticos deben cumplir dichos productos.
- Cómo contribuye la implementación de esta herramienta dentro del sistema operacional, al buen desarrollo de los procesos (planta física, ubicación, layout¹³, capacidad)
- Cómo desarrollar interface con el usuario: clara, de fácil acceso, manipulación y mantenimiento.

¹³ Termino que se utiliza para denotar Distribución

A partir del desarrollo del proyecto, es posible que nuevas hipótesis se generen, como validación de las anteriores o en contraposición de las ya mencionadas.

4.1 ANTECEDENTES DE ALGAMAR S.A.

Históricamente ALGAMAR S.A. poco ha trabajado sobre este tema, en cambio, se ha encargado de conseguir una gran fuerza de recursos. En este momento cuenta con alrededor de seis máquinas plegadoras, tres de las cuales son manipuladas mediante una interface digital, permitiendo una gran estabilidad dimensional. Sin embargo la compañía requiere de productos que por su geometría son desarrollados por terceros: *Demetal Ltda.*¹⁴, e *Industrias Miller Ltda.*, quienes cuentan con máquinas específicamente diseñadas para desarrollar geometrías complejas bajo el concepto de *Rollforming*.

A nivel demográfico, en Medellín también es relativamente escaso lo que se conoce de este concepto. Existen empresas enfocadas a un producto específico como lo es el formado de tejas metálicas, o el formado de canaletas y lagrimales para cornisas o entejados; en este último caso, este negocio se ve fuertemente atacado por aquellos pequeños negocios que a nivel informal trabajan la lámina, dándole forma por medio de preformas y golpes de almádana.

Otros negocios como el formado de marcos para puertas, ventanas, además de formación de tubería, han desarrollado sus propias máquinas, estudiando a partir del producto lo que ellos necesitan. En estos casos se pueden apreciar máquinas de regular factura, cumpliendo en el mejor de los casos con las necesidades de sus clientes.

¹⁴ Empresa de Medellín quien desarrolla para Algamar S.A perfilería. Ver anexos figura 3.

Algunas de las empresas más reconocidas que desarrollan productos bajo el concepto del *rollforming* en Colombia son: Industrias *Forling Ltda*, *Tejas de todas y tanques*, *Acesco S.A.*, *Demetálicos S.A.*

4.2 ANTECEDENTES Y ANÁLISIS DEL MERCADO.

¿Qué tipo de clientes tiene la compañía que se pueden beneficiar con este proyecto?

Algamar S.A, cuenta con una amplia participación del mercado de sistemas de exhibición, los que podemos clasificar en estos tres grupos:

- **Grandes superficies comerciales, supermercados, tiendas por departamento, almacenes de cadena:** este tipo de cliente es el que tiene un área comercial superior a 18.000 m² (metros cuadrados)
- **Almacenes en centros comerciales y/o en zonas rosas con alto flujo de gente:** este tipo de cliente es el que tiene un contacto más directo con el público, en donde puede explicar con más profundidad las características de los productos que ofrece.
- **Droguerías y minimercados:** son clientes que no tienen que hacer demasiado énfasis en la exhibición de sus productos pero en épocas de promociones o fechas especiales, sí podrán necesitar algún diseño innovador que les permita promocionar sus productos.

Tamaño del mercado de las grandes superficies en las 4 principales ciudades de Colombia:

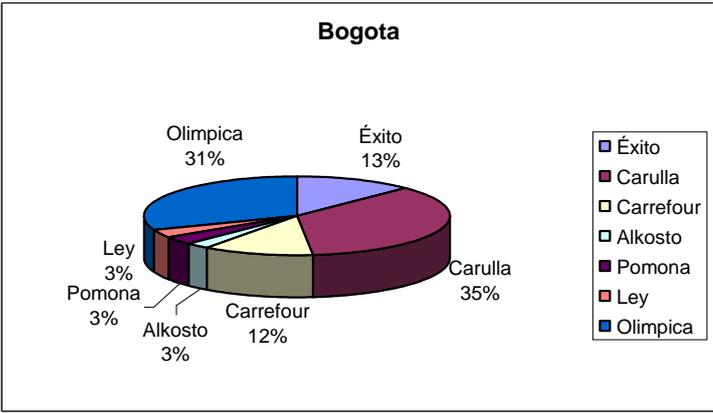


Gráfico 1: tamaño del mercado Bogotá

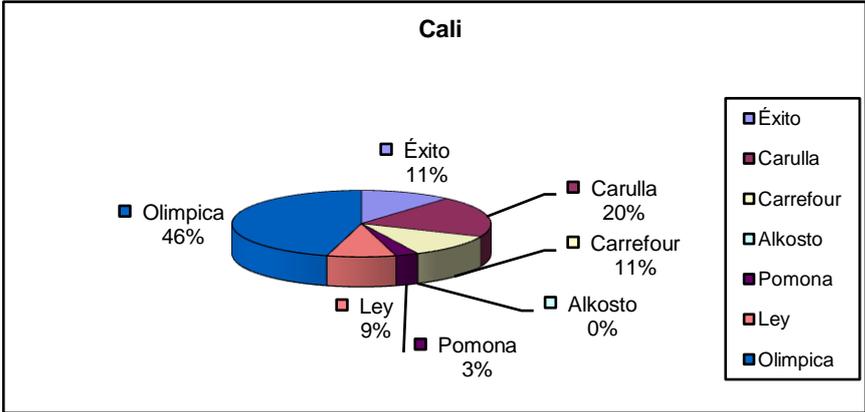


Gráfico 2: tamaño del mercado Cali

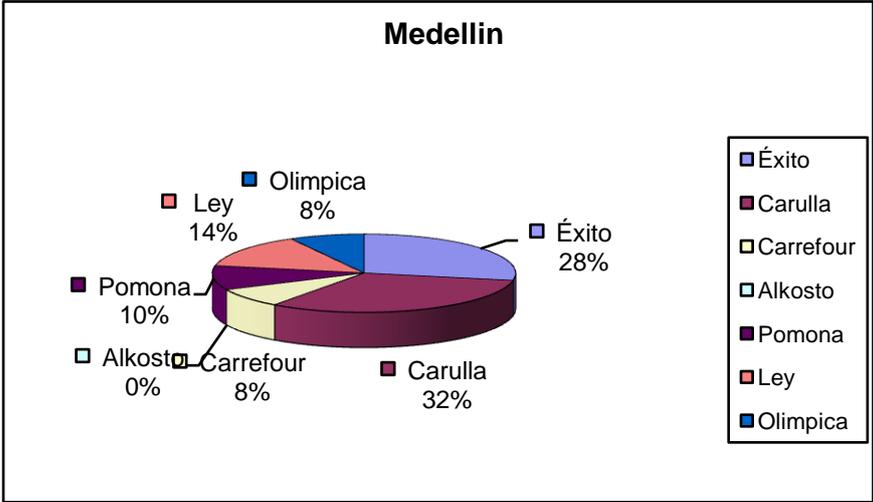


Gráfico 3: tamaño del mercado Medellín

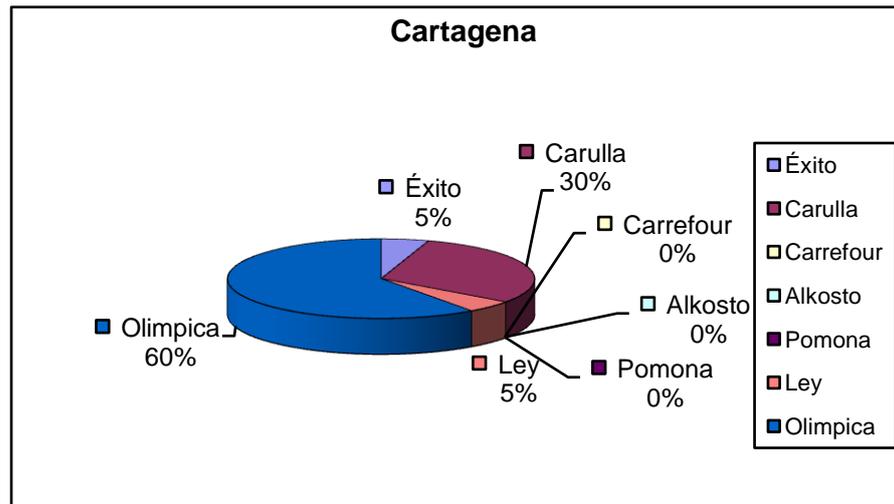


Gráfico 4: tamaño del mercado Cartagena

La empresa espera una participación en este sector de un 35% para el año 2008. Como ejemplo tendríamos que la participación esperada en almacenes Éxito de Medellín sería del 9.8% del total (28% x 35%).

Tabla 1

Superficies	Nº DE ALMACENES POR CIUDAD			
	Bogotá	Cali	Medellín	Cartagena
Grandes y medianas				
Éxito	15	4	14	1
Carulla	43	7	16	6
Carrefour	14	4	4	0
Alkosto	3	0	0	0
Pomona	4	1	5	0
Ley	4	3	7	1
Olimpica	37	16	4	12
Falabella	2	0	1	0
Total puntos de venta	122	35	51	20

Total número de almacenes por ciudad

¿Cuál es la participación de la compañía en el sector de grandes superficies?

Almacenes Éxito S.A. representó en 2007 un 12.40% del total de los ingresos de la empresa ALGAMAR S.A., como bien se sabe esta compañía se agrupa

en tres grandes superficies que son: Éxito, Ley y Pomona. A continuación se muestran las gráficas de participación que tiene la empresa ALGAMAR S.A. en cada uno de éstos y en el total de la compañía ÉXITO.

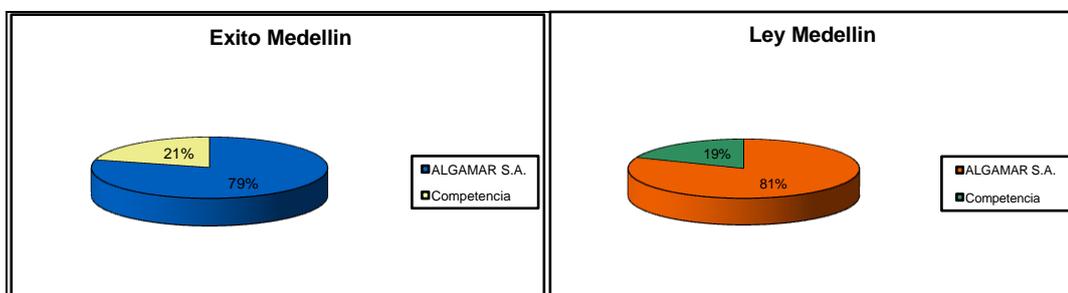


Gráfico 5,6: participación Algamar S.A. en Almacenes Exito Medellín

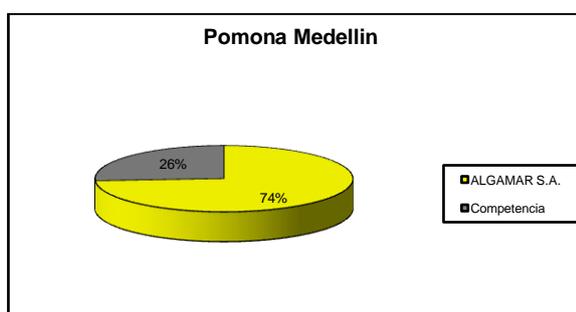


Gráfico 7: Participación Algamar S. A, Almacenes Éxito Medellín

CARULLA – VIVERO en 2007 representó 10.76% del total de las ventas, siendo la tercera empresa en orden de importancia para la empresa ALGAMAR S.A.

A continuación se muestra una grafica con la participación de ALGAMAR S.A. en los locales que CARULLA posee en la ciudad de Medellín, que son 18 en total.

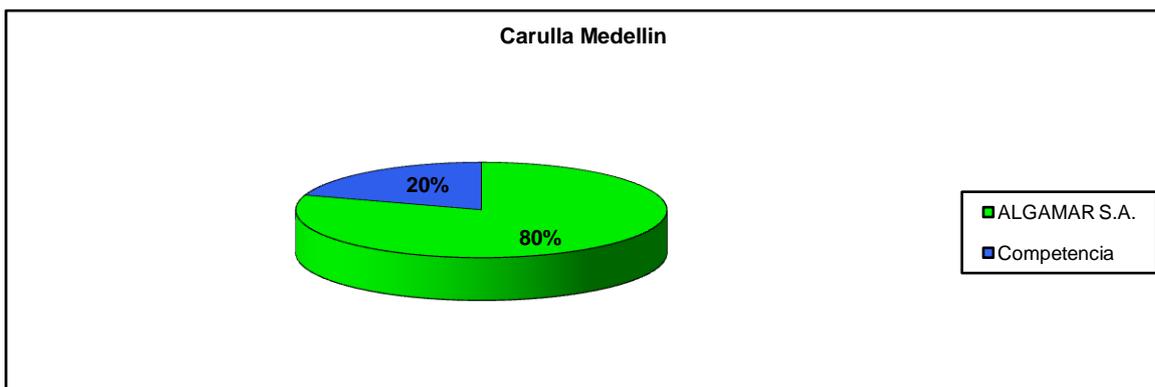


Gráfico 8: Participación Algamar S A, Almacenes Carulla.

Carrefour es uno de los principales clientes, ya que las superficies de los locales son muy grandes, por ende la inversión debe ser bastante alta. A continuación se muestra la participación de ALGAMAR S.A. en este cliente, en la ciudad de Medellín.

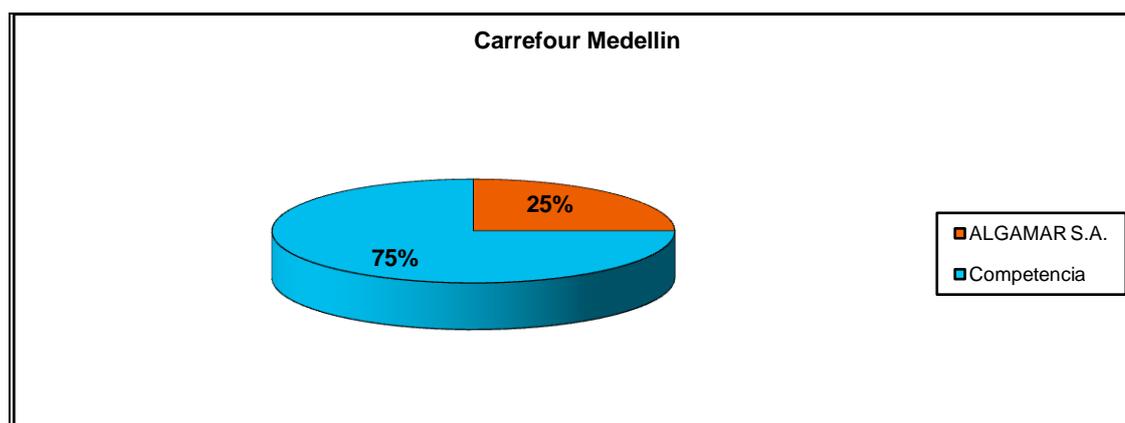


Gráfico 9: Participación Algamar S A, Almacenes Carrefour

¿Cuánto están dispuestos a invertir en nuevos proyectos?

Almacenes Éxito, firmó con Algamar S.A. 5 Proyectos con fechas de entrega para el primer trimestre del año 2008 por un valor de \$ 3000'000,000. MCL. A la fecha, aparte de estos proyectos, se han elaborado otros para la misma empresa por valor de \$700'000,000. MCL

¿Cuáles son las expectativas de este sector?

ÉXITO S.A.: Con el fin de fortalecer su liderazgo en el mercado colombiano y acelerar el desarrollo de sus nuevos negocios, la Junta Directiva de Almacenes Exito S.A. propondrá a la Asamblea General Ordinaria de Accionistas destinar el 48% de las utilidades a un dinámico plan de inversión en su actividad de comercio al detal y en nuevas líneas de negocio complementarios, cubriendo así un mayor número de necesidades de sus consumidores.

La empresa fortalece así su estrategia de crecimiento destinando la suma de \$62,921,546,861 al desarrollo de un ambicioso plan de inversiones, con el fin de consolidar su posición de líder en el mercado del comercio al detal y seguir generando valor para sus accionistas, mediante un programa de expansión que incluye la construcción de nuevos almacenes y centros comerciales, la integración y obtención de sinergias con Carulla Vivero, los planes de reconversión de formatos y remodelación de almacenes, así como la incursión y desarrollo en nuevos negocios tales como el crédito al consumo en Alianza con Sufinanciamiento, los viajes y la distribución de combustibles derivados del petróleo¹⁵.

CARREFOUR: La multinacional francesa Carrefour planea abrir este año 15 nuevos almacenes en Colombia con una inversión cercana a los 300 millones de dólares, para completar sesenta tiendas en el país.

Su presidente Frank Pierre, Carrefour Colombia, declaró que las nuevas tiendas se establecerán en Bogotá, Cali y Barranquilla, donde la cadena ya opera, así como en Valledupar y Duitama por primera vez.

¹⁵ Extraído de www.exito.com.co Noticias y novedades "Almacenes Exito desarrollará plan de inversiones por más de USD \$300 millones en 2008"

Carrefour, que cumple diez años de estar en Colombia, tuvo en el 2007 ventas brutas de cerca de 1.500 millones de dólares¹⁶.

FALABELLA: Los planes de expansión de la cadena Chilena contemplan la apertura de ocho tiendas más en los próximos cinco años, incluyendo una nueva en Medellín, abierta al público a mediados de octubre de este año, en el centro comercial San Diego y otra, a comienzos del 2008, en el barrio Modelia cerca al Carrefour de Hayuelos, en Bogotá.

La nueva sede, con una inversión aproximada de 15 millones de dólares, quedará en el centro comercial Imperial (que inaugura su segunda fase), en la localidad de Suba y contará con el mismo portafolio de productos que tiene su almacén del centro comercial Santa Fe¹⁷.

¿Cómo lograría Algamar S.A. Posicionar este tipo de productos en el sector de grandes superficies?

Se pretende introducir el producto como estrategia de atributos y características de diseño, manufacturación e ingeniería de valor¹⁸ entre ellas:

- Una mayor complejidad del producto
- Estandarización adicional de los componentes
- Mejora de aspectos funcionales del producto: excelente capacidad mecánica y disminución de carga visual como elemento de menos masa.
- Mejor diseño del puesto de trabajo y de su seguridad
- Mejor mantenimiento y (utilidad del producto)
- Solidez del diseño.

¹⁶ Extraído de www.carrefour.com.co Noticias y novedades “Carrefour abrirá 15 almacenes en Colombia con una inversión de USD \$300 millones en 2008”

¹⁷ Extraído de www.proexportcolombia.gov.co “Falabella abre segunda tienda en Bogotá”

¹⁸ “Best Practices Survey 1994; product definitions”, Target 11, N° 3 (Mayo-Junio de 1995), pp. 22 - 24

Algamar S.A. y el cliente analizan los diseños y sus especificaciones mediante el comité de diseño dispuesto por alguna de las dos organizaciones. Por ejemplo: Almacenes Éxito S.A. en calidad de contratistas firma proyectos con Algamar S.A. para sus distribuciones y amoblamientos muchas veces partiendo del layout elaborado por sus propios diseñadores, Por otra parte empresas como Carrefour han incursionado en otros esquemas de trabajo que le permiten a empresas como Algamar S.A. el control total del amoblamiento del local, dándole la posibilidad de introducir nuevas propuestas de producto estudiadas dentro de la compañía.

¿Cómo se benefician los clientes con este nuevo producto?

Beneficia a los clientes en cuanto que es un producto en sus características: menos costoso, de más agilidad de montaje, liviano y mecánicamente competitivo.

Además si se tiene un pedido supuesto de Carrefour de aproximadamente 3000 entrepaños de altura a sabiendas de que con el nuevo diseño se tiene un ahorro del 14%, vemos que:

<i>Unidades: 3000</i>	<i>Precio Algamar</i>
Entrepaño metálico Modulo Altura Tipo CFR	\$48436
Total	\$145'308,000 por proyecto
-14 % Nuevo diseño	\$124'964,880

El 14 % de ahorro del nuevo diseño se desglosará mas adelante de forma más detallada.

Asimismo, se tiene que el nuevo diseño posee un peso de 4.35 Kg. a comparación de 5 Kg. del diseño convencional.

5. REQUERIMIENTOS DE LOS CLIENTES

A pesar de que Algamar S.A. diseña productos enfocados al cliente final, es decir que el cliente es quien interactúa con estos, también debe tener en cuenta las necesidades de los clientes internos, es decir aquellos que hacen parte de la cadena productiva; estas necesidades se traducen finalmente en requerimientos medibles, los cuales conforman la entrada para el diseño a desarrollar. Para este caso particular, el cliente final no tiene conocimiento o interactúa directamente con las variables que pueda tener el herramental para la creación de los entrepaños repisados, pero sí necesita que dichos componentes al interactuar con los otros elementos que conforman una estantería, tengan un desempeño que se traduzca en resistencia y capacidad de carga, diseño confortable y seguro para los clientes.

Teniendo esto claro, es muy importante no dejar de lado los requerimientos de ninguno de los clientes, para lograr llegar a una propuesta que integre las soluciones requeridas.

5.1 REQUERIMIENTOS DEBIDOS A LA INGENIERÍA

El cambio constante de los diseños aumenta la demanda de horas/hombre. En caso de exceder la capacidad planeada de respuesta, la única forma de evitar retrasos es reasignando recursos de otras actividades. Además, los diseños deben entregarse en tiempos relativamente cortos, ocasionando una disminución del confort y el correcto desempeño del producto, pues algunos componentes se prueban en la marcha e incluso al momento de realizar el montaje del mobiliario. También es necesario crear planos de ensamble de cada diseño en particular y darle un acompañamiento a instalaciones para el montaje, afectando nuevamente los recursos de proceso.

Por esto se requiere:

- Disminución de diseños especiales.
- Adaptabilidad a las diferentes variables del diseño (cremalleras, soportes, columnas, acoples), sin hacer variaciones en los diseños que impliquen el uso excedido de recursos.
- Poca variabilidad de materiales en los diseños especiales. Esto ocasiona aumento del costo del producto.
- Componentes adicionales capaces de adaptarse al mayor número de configuraciones sin intervenir el diseño de manera considerable (sistemas modulares)

5.2 REQUERIMIENTOS DEBIDOS A REQUISICIÓN DE COMPRAS

El incremento de la demanda de equipos especiales, crea cambios constantes no solo en el diseño sino también en la cadena productiva. El caso de compras es importante saber, primordialmente cuales son los materiales a utilizar y en qué cantidades, los proveedores para dichos materiales y los procesos adicionales que se requieran. Los cambios constantes en los diseños y la poca disponibilidad de tiempo impiden generar requerimientos oportunos de material. (Normalmente se deben entregar los requerimientos de materiales para diseños especiales quince días antes de la entrega de planos a producción).

Por esto se requiere:

- Utilizar componentes y materiales comerciales nacionales y sólo en casos estrictamente necesarios utilizar fabricaciones por terceros.

- Minimizar el número de elementos, insumos y componentes importados.
- Poca variabilidad de materiales en los diseños especiales.

5.3 REQUERIMIENTOS DEBIDOS A PRODUCCIÓN

Cada diseño requiere un seguimiento detallado en planta, lo que no ocurre con los productos de línea estándar. Esto hace ineficiente el proceso, debido al manejo de muchas referencias, diferentes materiales y producto terminado; adicionalmente cada diseño debe tener su código para hacerle el debido seguimiento, lo cual dificulta más la tarea afectando el tiempo de entrega y propiciado la aparición de reprocesos que en ocasiones pueden ser costosos. También se hace necesario que cada diseño sea preensamblado en la planta antes de ser entregado al almacén, para verificar que ningún componente (nacional y/o importado) tenga inconvenientes; esto genera stock ocasionando pérdida de espacio útil de la planta.

Por esto se requiere:

- Componentes estándar.
- Manejo de pocas referencias, diferentes componentes según el cambio de equipo.
- Componentes modulares.
- Diseñar componentes que se puedan fabricar con las máquinas y herramientas actuales.
- Disminuir el número de partes a producir.

- En la utilización de láminas metálicas ColdRolled en su fabricación, evitar el cambio en los calibres de la lámina.
- Las piezas y sub-ensambles deben ser de fácil manipulación.
- Si se fabrican piezas y sub-ensambles deben ser de fácil manipulación.
- En la utilización de pintura electrostática, los productos deben disponer de una perforación de mínimo 10mm de diámetro.

5.4 REQUERIMIENTOS DEBIDOS AL ALMACÉN

La variedad en los diseños crea muchas referencias en los inventarios y cada vez que se requiera un componente nuevo hay que crear un nuevo código, aumentando las referencias y ocasionando problemas al recibir el producto terminado y despachado a su destino final. Sin embargo no se pretende cuestionar las políticas de la compañía respecto al manual del procedimiento comercial.

Por esto se requiere:

- Manejar la menor cantidad posible de códigos de producto terminado.
- Los sub-ensambles deben ser de fácil manipulación.
- Posibilidad de reasignación de componentes según los modelos, o en lo posible, independientemente de ellos.
- Componentes fáciles de almacenar.
- Dimensiones generales y peso para el empaque.

5.5 REQUERIMIENTOS DEBIDOS A LAS INSTALACIONES

Para el personal de instalaciones el tiempo es un factor crucial, pues, aparte que son el proceso final antes de la entrega definitiva al cliente; ocasionalmente deben instalar el equipo en un lapso menor por factores externos e internos y en el caso de diseños especiales, este tiempo se incrementa mucho más si cada vez que deben intentarlo, deben primero capacitarse en su ensamble, instalación y calibración, pues cada diseño difiere de los anteriores (aunque en algunos casos podrían tener características similares); entrenar un instalador para esta labor requiere de mucho tiempo y recursos.

Por esto se requiere:

- Componentes que pueden ser sub-ensamblados antes de la entrega a instalaciones.
- Los componentes no deben cambiar considerablemente su arquitectura al cambiar de especificaciones.
- Los componentes deben ensamblarse con herramientas básicas
- Los componentes no deben llevar uniones pernadas.
- Eliminar aristas vivas que puedan atentar contra el personal que manipula los diseños.
- Poder hacer fáciles reajustes en las medidas de la cama de rodillos o en el ensamble de referencias según sea necesario.

5.6 REQUERIMIENTOS DEBIDOS AL CLIENTE FINAL

Este es el último eslabón de la cadena, y es el que en definitiva disfrutara de lo logrado por todos los procesos anteriores; aunque para el cliente es indiferente como puedan ensamblarse todos los componentes de una estantería, el desempeño final es el que tendrá la última palabra. Es por eso que cada equipo debe tener las mismas cualidades de desempeño independientemente de las especificaciones de funcionamiento, capacidad, resistencia, entre otras.

Por esto se requiere:

- Disminuir el movimiento debido al mal ensamble.
- Diseño modular y apilable.
- Resistente y de alta capacidad de carga.

6. PARTES DEL OBJETO DE ESTUDIO

6.1 PARTES DE UN MÓDULO DE ESTANTERÍA TIPO D

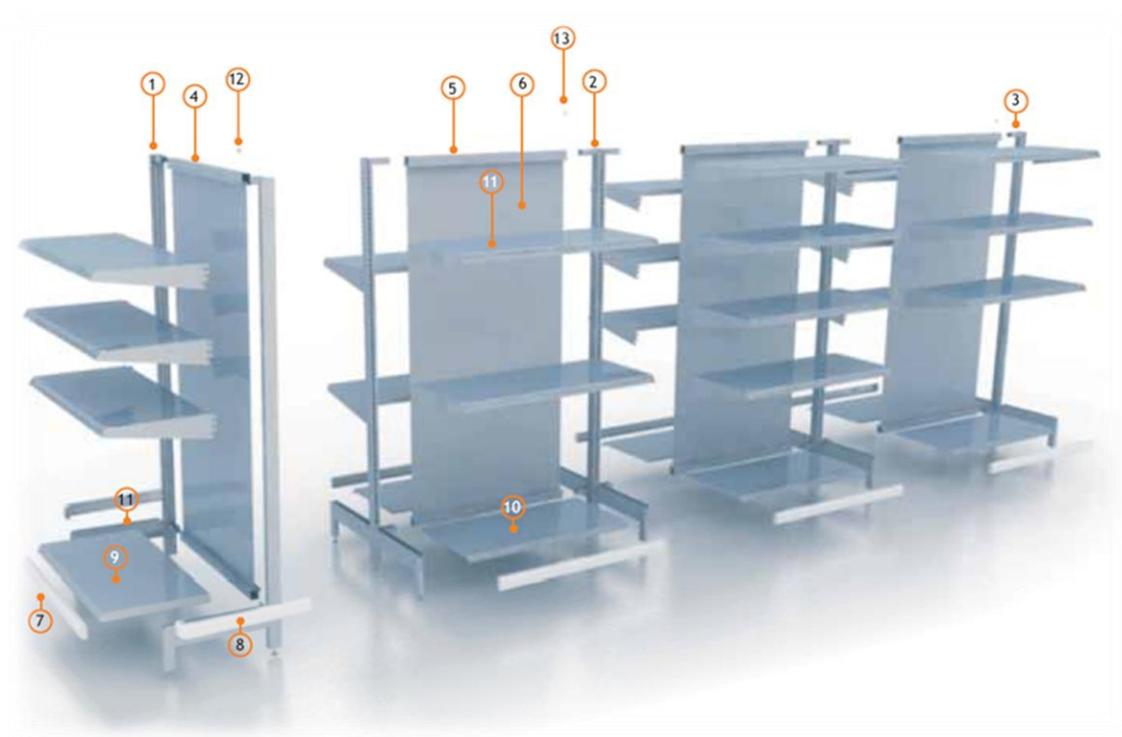


Figura 1: Explosión de estantería tipo D, archivos Algamar S.A.

1. Columna tope derecha ó izquierda tipo D con bisel triple, con soportes para entrepaño base metálico sobrepatas y pata troquelada para bomper con pata de altura de 195 mm.
2. Columna central tipo D con bisel triple, con soportes para entrepaño base metálico sobrepatas y pata troquelada para bomper con pata de altura 195 mm.

3. Columna terminal tipo D con bisel triple, con soportes para entrepaño base metálico sobrepatas y pata troquelada para bomper, pata de altura de 195 mm.
4. Tubo acople tope en tubería cuadrada de 1-1\2" Cal 20. Con bisel triple.
5. Tubo acople módulo en tubería cuadrada de 1-1\2" Cal 20 con bisel triple.
6. Panel metálico liso con ó sin perforaciones para módulo ó tope Cal 20-22.
7. Bomper metálico para tope ó módulo frontal protector.
8. Bomper metálico lateral derecho ó izquierdo para tope con ezquinero incluido.
9. Entrepaño metálico base tope piramidal con dos refuerzos en lámina Cal 20.
10. Entrepaño metálico base módulo, con 2 refuerzos y canal portaprecio.
11. Entrepaño metálico altura tope ó módulo de tres posiciones con dos soportes, dos refuerzos y canal portaprecio.
12. Tornillo cabeza hexágonal de 5\16" x 2" para asegurar tope.
13. Tornillo cabeza hexágonal de 5\16" x 1\2".

6.2 PARTES DE UN MÓDULO DE ESTANTERÍA TIPO CFR



Figura 2 : Explosión de estantería tipo CFR, archivos Algamar S.A.

1. Columna tope derecha ó izquierda tipo CFR, con soportes para entrepaño base metálico sobrepatas y con pata de altura de 195 mm.
2. Panel fraccionado con modulación de cremallera troquelada tipo CFR, en lámina metálica Cal 20 – 22.
3. Acople superior troquelado en lámina metálica Cal 20 – 22.
4. Entrepaño metálico base tope tipo CFR con dos refuerzos y canal portaprecio en J en lámina Cal 20.
5. Entrepaño metálico base módulo tipo CFR con dos refuerzos y canal portaprecio en J en lámina Cal 20.
6. Entrepaño metálico altura tope ó módulo, tipo CFR dos refuerzos y canal portaprecio en J.

7. Soporte tipo CFR para entrapaño metálico.

6.3 CONFIGURACIÓN DE RODILLERÍA GENERAL PARA ROLAR ENTREPAÑO TIPO D

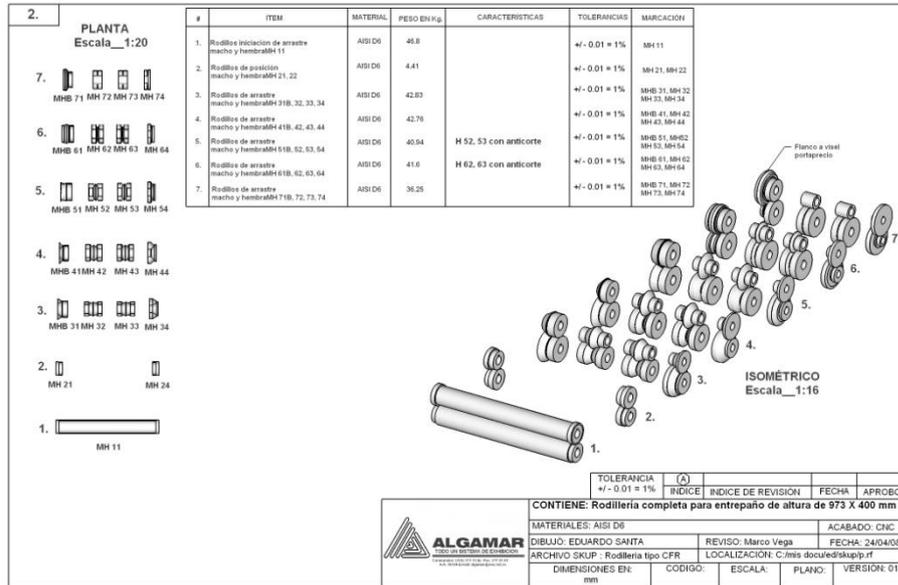


Figura 3: Configuración general para rodillos de arrastre a bandeja de entrapaño. Modelaciones Eduardo Santa.

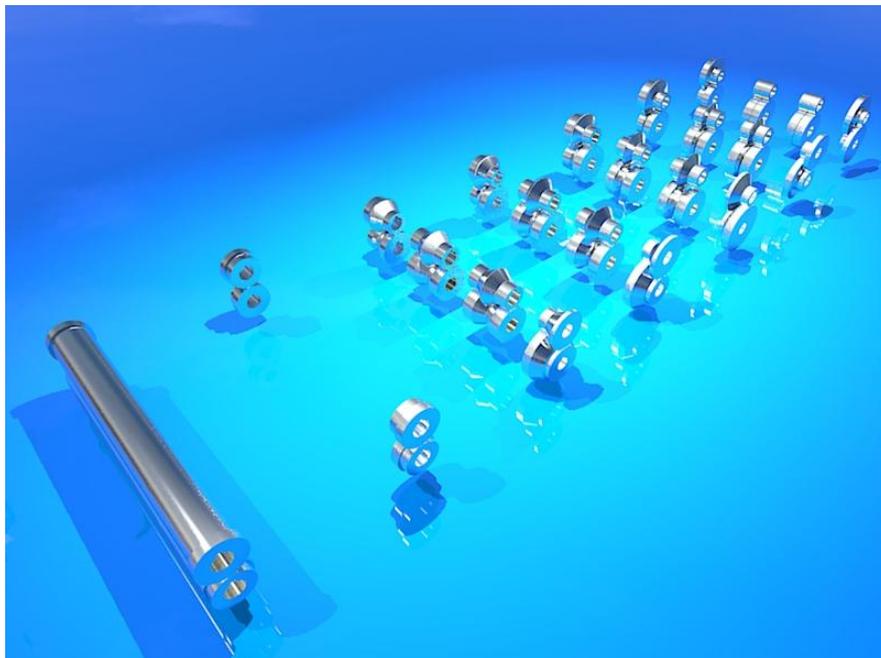


Figura 4: Modelación para rodillería de arrastre para rolar bandeja de entrapaño. Modelaciones Eduardo Santa

6.4 CONFIGURACIÓN DE RODILLERÍA GENERAL PARA ROLAR ENTREPAÑO TIPO CFR

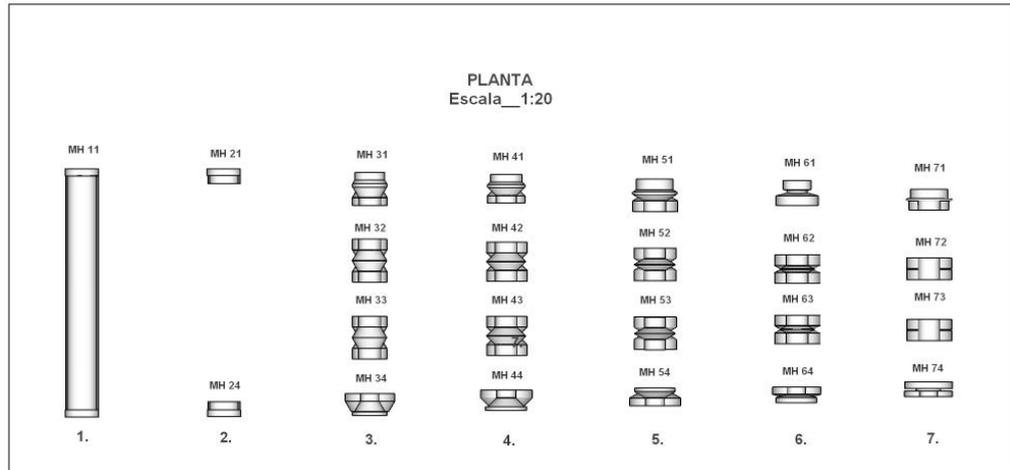


Figura 5: Planta rodillaría de arrastre para bandeja de entrepaño tipo CFR

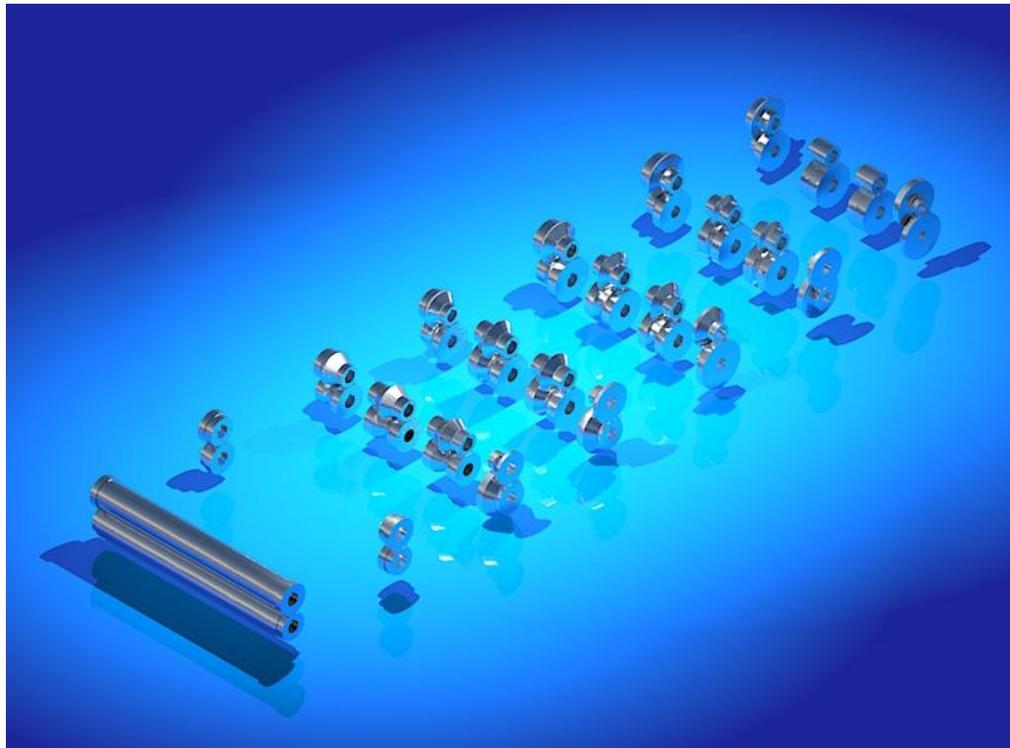


Figura 6: Modelación para rodillaría de arrastre para rodar bandeja de entrepaño tipo CFR.

Nótese en la figuras 4 y 6 que se trata de un juego par de rodillos machos y hembras por cada uno de los dobleces que se pretenda dar a la lámina.

6.5 CONFIGURACIÓN Y PARTES GENERALES DE UNA ROLLFORMER MACHINE.

Los siguientes parámetros fueron tomados de un trabajo de campo realizado en la empresa *Industrias metálicas Miller*, con quienes Algamar S.A. sostiene negocios como: fabricación de herramientas, y algunos proyectos de tercerización.

6.5.1 Parámetros de la máquina

Velocidad de rolado (m/seg): 5 M/min = 1M/ Cada 12 Seg (-)

Revoluciones del motor (Rev/min): 1740 RPM Motor; Reales 750 RPM

Potencia: 440 Voltios, 1740 RPM, 10 HP



Figura 7. Motor Toshiva de 10 HP, 1740 RPM Fotografías cortesía industrias metálicas Miller.

Tipo de conservación de energía: NO

Tipo de PLC: NO

Número de estaciones de rolado: 11 estaciones unitarias, con tornillo de graduación para alturas, dos estaciones guía.



Figura 8. Once estaciones de rolado entre ellas dos guías que eliminan el movimiento horizontal (fotografía cortesía de Industrias metálicas Miller)

Potencia de Motor hidráulico: NO

Transductor: NO

Peso de la maquina: 1800 Kg.

Medidas nominales:

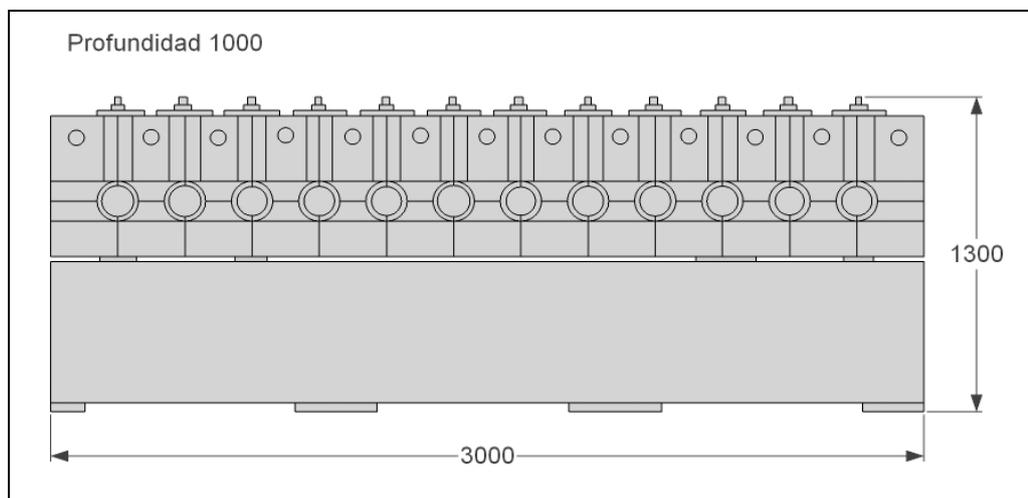


Figura 9. Dimensiones generales unidad. De Rolado Rollforming machine

6.5.2 Parámetros de la herramienta

Principales Restricciones: Dimensiones del Producto, ángulos agudos en inferiores a 90° en sentido anti horario, dimensión máxima del fleje de lámina 170 mm.

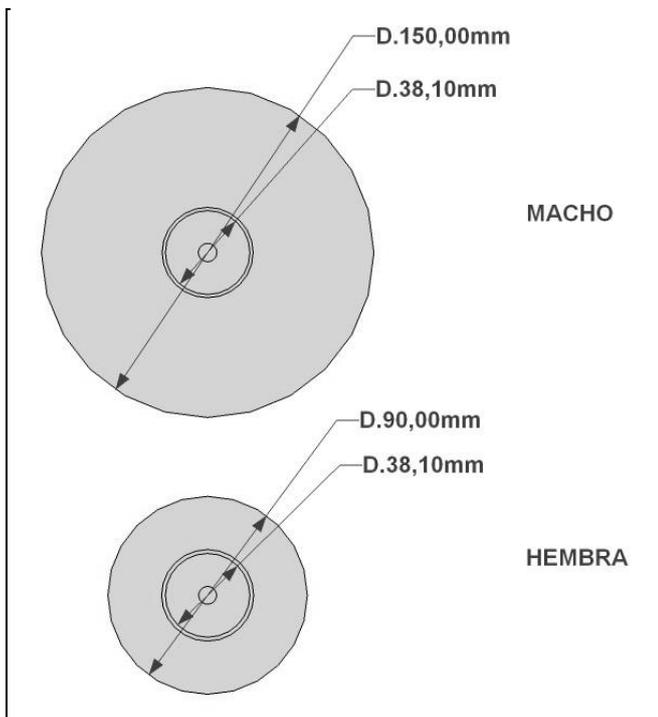


Figura 10. Restricción en dimensión máxima del fleje de lámina 170 mm (Fotografía cortesía de Industrias metálicas Miller)

Tipo de materiales: No tiene restricciones de materiales, más bien diferencias en cuando a costos, tipo de tratamientos térmicos, peso de la herramienta, maquinabilidad, etcétera.

Diámetro del eje: 38,1 mm = 1 ½ IN

6.5.3 Distancia entre el eje y la cresta



Macho: 55,95 mm
Hembra: 25, 95 mm

Figura 11. Distancia entra el eje y la cresta de los rodillos macho y hembra para un perfil de tipo C.

Tipo de material de la herramienta: Acero 1020

Tipo de Tratamiento Térmico de la Herramienta: Cementado

Tipos de desgaste de la Herramienta: pérdida dimensional ocasionada por la fricción, presentación de estrías que pueden afectar la superficie del objeto, efecto barril en las esquinas.

Peso de la herramienta: 5 +/- 6 Kg. entre el macho y la hembra

Tipo de acabado: CNC



Figura 12. Acabado superficial tipo “espejo” producto de las herramientas de CNC. (Fotografía cortesía de Industrias Metálicas Miller)

Presencia de rodillos de transición, guías, bujes, etcétera: NO

6.5.4 Características del uncoiler

Capacidad de Carga: 500 Kg. Marca Haceb

Tipos de bobinas: Leyder, cold rolled

Tipo de motor: NO

Velocidad: La misma del arrastre de lámina.

Otros: NO



Figura 13. Unidad uncoiler marca Haceb, capacidad 500 Kg. (Fotografías cortesía Industrias metálicas Miller)



6.5.5 Características de rolado

Tipo de materiales: todos, excepto el aluminio con restricciones de forma.

Calibres: Hasta 2.5 mm = Cal 12

Diámetros pertinentes: +/- 1 – 1.25 mm

Principales Restricciones: Tamaño de la lámina Máx. 180 mm

Tipo de sistema de enfriamiento: Aceite en presencia de fricción



Figura 14: perfil en C siendo rolado por la maquina (Fotografía cortesía de Industrias metálicas Miller)

Sistema de corte: Troquel en vuelo, por el momento se utiliza el fleje cortado a las medidas necesarias (1200 x 140 mm)

Sistema de punzonado: Troquel en vuelo



Figura 15. Punzón en vuelo marca Samco, para corte y troquelado de lámina (Fotografías cortesía de Industrias metálicas Miller)

6.5.6 Características del material entregado

Defectos visibles: Estrías en calibres mayores al 20, efecto banana (memoria de forma), producto poco simétrico.

Tipo de marcas visibles: Estrías

Tolerancia y estabilidad dimensional: “+/- 1 mm”

Característica y estado de material defectuoso: Asimétrico, defecto por memoria de rolado.

6.5.7 Respuesta de la máquina

Ruido excesivo: Si, se necesita protección auditiva

Calor: NO

Consumo de energía promedio (\$): NS / NR

Errores comunes que presenta la maquina: Solo calibración, pero es error humano

6.5.8 Costos

Costo promedio metro de material rolado: En este momento se tiene un contrato con industrias Metálicas Miller por dos productos, en el siguiente Gráfico se muestra las dos referencias, los distintos calibres de lámina y el respectivo precio en unidad de medida.

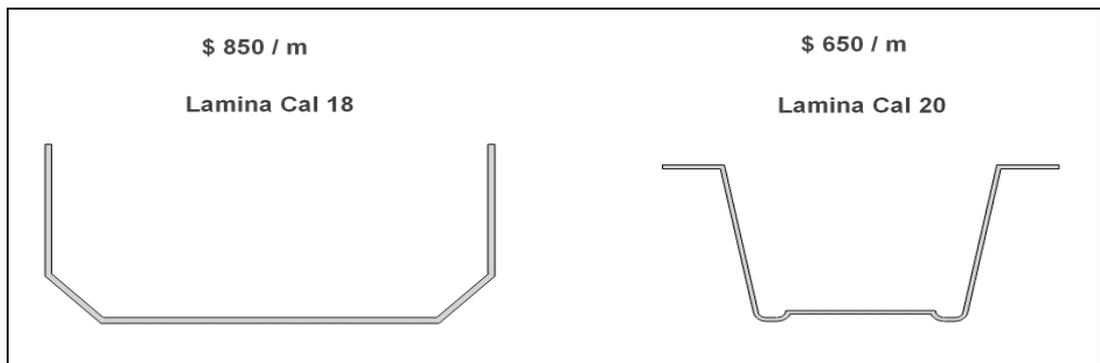


Figura 16. Perfiles desarrollados por Industrias Metálicas Miller para Algamar S.A.

Costo de la maquina: \$ 120'000.000 = USD 66.082

6.5.9 Observaciones

- Trabajan dos técnicos en la maquina uno que alimenta y otro que recibe.
- No posee guías integradas
- La ubicación de la maquina en la planta es contra la pared ocupando el menor espacio posible.

7. MARCO TEÓRICO

7.1 Cálculo de perfiles estructurales

Para el diseño de los entrepaños repisados se debe considerar el cálculo de perfiles especialmente el de viga en cantiléver. El cálculo de columnas no aplica para este diseño porque no hay ningún elemento que tenga longitud mayor a diez (10) veces su longitud transversal menor.

El cálculo de vigas se aplica para los perfiles que conforman el módulo de Góndola principal, que estén sometidos a “cargas verticales aplicados en el centro del punto de corte de la sección transversal y/o momentos flectores aplicados sobre cualquier plano que contenga el eje longitudinal de la viga.

Estos cálculos pueden ser necesarios al momento de calcular el tipo de viga específica para la solución propuesta.

7.2 Cálculo de dureza para rodillos de arrastre.

La elección perfecta para el material de herramienta es fundamental para el correcto funcionamiento de la maquina Rollformer debido a que los rodillos de arrastre deben tener por lo menos una relación de dureza de cuatro a uno con respecto a la lámina a tratar.

En este caso la lámina de estudio es acero 1020 Coldrolled la cual contiene bajos niveles de Carbono, para que la herramienta deforme la lámina sin preocupaciones, se necesitan aleaciones bajas de acero con zirconio, berilio, molibdeno, etcétera. Mejorando notablemente las propiedades y características mecánicas de la herramienta, disminuyendo las imperfecciones superficiales debidas a la fricción y manteniendo una buena estabilidad dimensional.

Al utilizar un acero con dureza superior a la lámina en grado 5, se debe considerar el diseño de la cresta de doblado minuciosamente ya que puede generar problemas como: corte involuntario de la lámina, o arranque considerable de viruta. (Mas adelante veremos en consideraciones de diseño el concepto de coyuntura anticorte para aceros de dureza superior)

7.3 Criterios para la aplicación de elementos finitos

El análisis de elementos finitos o FEA (siglas en inglés) permitirá estudiar las piezas diseñadas bajo unas condiciones de restricción definidas (condiciones de fronteras) y sometidas a carga ya establecidas. Estos análisis arrojan resultados importantes para la toma de decisiones en el proceso de diseño, pues muestra un claro panorama del comportamiento del componente, por donde puede fallar, cuales son los concentradores de esfuerzos, las deformaciones máximas y el factor de seguridad, como resultados más significativos para el caso del entrepaño.

Por esto es necesario tener presente los siguientes criterios al momento de hacer el análisis:

- Definir correctamente las condiciones de frontera: se refiere a tener muy bien definidas las restricciones que tendrá la pieza al momento de ser sometida a cargas. Estas condiciones deben ser lo más aproximado posible al fenómeno real para poder tener resultados relevantes.
- Diseñar que no tengan formas irregulares, pues estas pueden crear problemas al momento de la generación de malla, guiando el análisis por dos caminos: en el primero no puede generarse la malla por las mismas irregularidades geométricas encontradas; en el segundo análisis muestra resultados que desvían la realidad; un ejemplo de este último caso es la aparición de concentradores de esfuerzos en lugares donde no deben estar.

- La característica más importante del módulo de elementos finitos en el trabajo con lámina metálica u formatos laminares menores al calibre 12 es la estructura tipo Shell¹⁹, como la imagen que se ilustra a continuación.

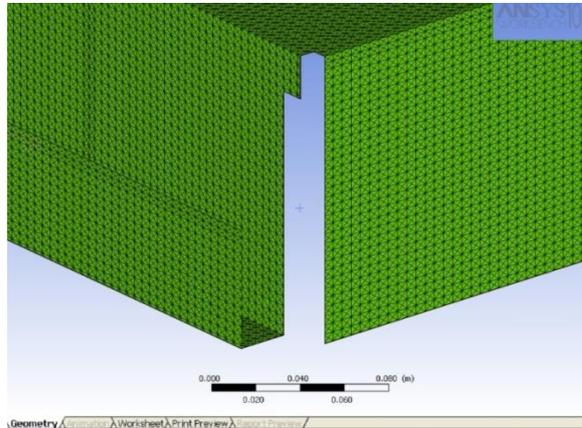


Figura 17. Detalle del canal portaprecio de entrepaño tipo CFR en estructura tipo Shell, y malla hexaédrica con un element Size de 1 mm.

NOTA. El modelador toma la geometría superficial del objeto y simula el calibre sin la necesidad de ver profundidad.

El éxito del análisis radica en su mayoría en el diseño de la pieza; entre más aproximada al objeto real mucho mejor, pero en algunas ocasiones se generan problemas debido a exceso de agujeros, detalles, chaflanes, etcétera., que desembocan en problemas de generación de malla. En estos casos hay que rediseñar el elemento de estudio en geometrías más simples pero que conserven la forma inicial.

- Finalmente es muy importante verificar las características de la malla con la que se hará el análisis; el refinamiento de ésta es muy importante en el momento de la simulación del fenómeno real; mientras menos fina el resultado es menos confiable porque se crean estructuras rígidas que pueden cambiar las características y el comportamiento real.

¹⁹ Consideración para estructuras sobre Lamina Metálica

8. ESTADO DEL ARTE

8.1 PROCESO DE DISEÑO

Dentro de la formación del IDP, se estudian metodologías de diseño de productos propuestas por autores diferentes, las cuales guían todo el proceso y entregan como resultado la solución a una necesidad planteada inicialmente. Estas metodologías parten de un elemento muy importante para el IDP llamado PDS, el cual define claramente cuáles son las prestaciones y requerimientos que debe cumplir la solución propuesta.

Podría decirse que todas tienen en común: una etapa de recolección previa de información para la creación del listado de requerimientos (PDS), una conceptualización de la necesidad, una creación de propuestas o lluvias de ideas, evaluación de propuesta y puesta a punto de la mejor alternativa; la diferencia radica en que en cada una de ellas el proceso de desarrollo de cada etapa del proceso y las herramientas que se manejan son diferentes.

Estas metodologías son muy utilizadas en los países desarrollados, y evidencia de ello son productos mejor definidos que responden a necesidades y clientes muy bien definidos.

En el caso de nuestro país, su utilización es aún escasa, por lo que es difícil encontrar procesos de diseño claramente definidos, que sigan una estructura coherente, que parta de una necesidad específica con necesidades y requerimientos plenamente identificados y que puedan dar como resultado una propuesta que satisfaga notablemente a los clientes.

Dentro de ALGAMAR S.A. podría definirse el siguiente proceso de diseño de nuevos proyectos:

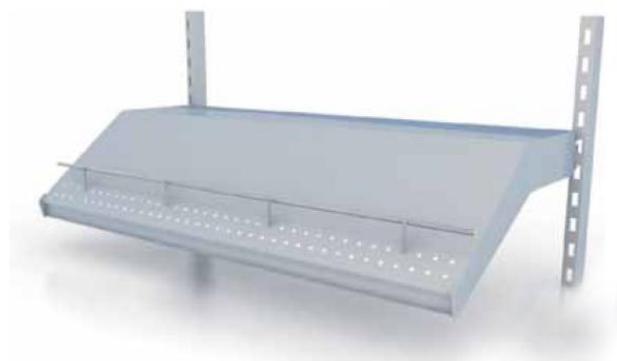
- Definición de la necesidad.
- Definición de premisas de diseño (datos que no pueden omitirse dentro del diseño).
- Generación y estudio de la alternativa.
- Diseño de la propuesta solución (Aquí puede incluirse el diseño de detalle).
- Fabricación del prototipo y puesta a punto.

8.2 PRODUCTO

8.2.1 Entrepaños de altura En Algamar S.A.

A través de los años, Algamar S.A. ha utilizado diferentes tipos de entrepaños, en los cuales se han tomado como referencia diseños de otros fabricantes (extranjeros), más los desarrollos hechos por el equipo de diseñadores de la misma compañía. A continuación se ilustrarán los más importantes.

8.2.2 Entrepaño metálico recto e inclinado para exhibición de licores con acople a cremallera



ALTURA	ANCHO	PROFUNDIDAD
300	973/1220	410
ACABADO		
Pintura horneable		

Dimensiones nominales en mm

Figura 18. Entrepañó Metálico para exhibición de licores

Este entrepañó versátil es propicio para mantener los Vinos inclinados, para que no pierdan sus propiedades, además de agregar elegancia y estilo.

8.2.3 Entrepañó metálico con acople a panel SW.



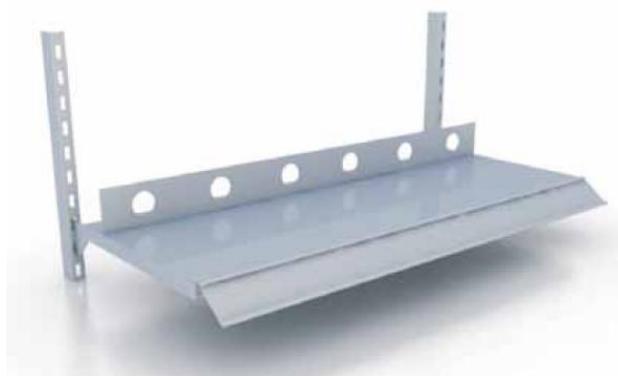
ANCHO	PROFUNDIDAD
485	400
ACABADO	
Pintura horneable	

Dimensiones nominales en mm

Figura 19. Entrepañó Metálico con acople SW.

Este entrepañó es ideal cuando se tienen paneles de madera para su empotramiento, especial para exhibición de productos de belleza u otros productos de pequeñas dimensiones.

8.2.4 Entrepáño metálico para portateclados.



ALTURA	ANCHO	PROFUNDIDAD
100	485 973	500

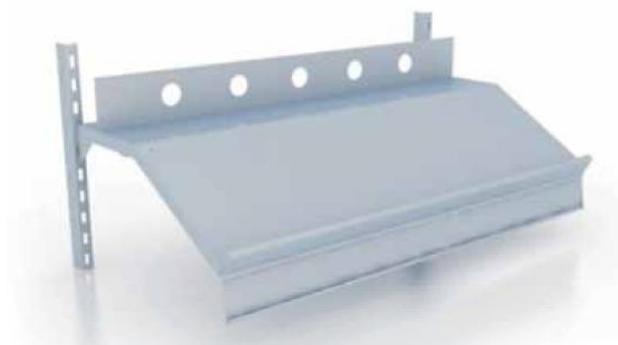
ACABADO
Pintura horneable, Madera

Dimensiones nominales en mm

Figura 20. Entrepáño Metálico para portateclados

Este entrepáño es ideal para la exhibición de productos tecnológicos, en especial, para la exhibición de portateclados, ubicado en la zona inferior de las estanterías de monitores y PC's.

8.2.5 Entrepáño metálico recto e inclinado para exhibición de teléfonos con acople a cremallera.



ANCHO	PROFUNDIDAD
485 973	435

ACABADO
Pintura horneable

Dimensiones nominales en mm

Figura 21. Entrepáño Metálico para teléfonos

Este estilizado entrepáño permite la interacción del cliente con el producto, además crea una exhibición más dinámica y limpia. Elaborado en Lámina Cal 20 y 12 para los soportes.

8.2.6 Entrepañó metálico para exhibición de herramientas con acople a cremallera.



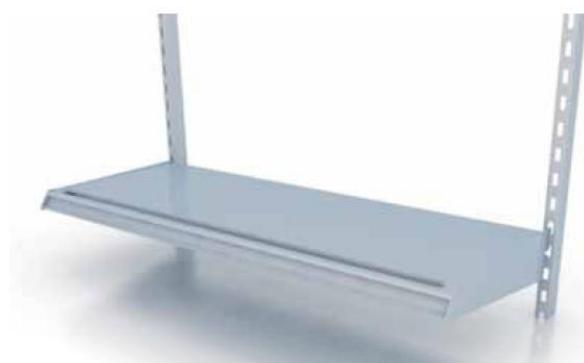
ALTURA	ANCHO	PROFUNDIDAD
300	973/1220	400
ACABADO		
Pintura horneable		

Dimensiones nominales en mm

Figura 22. Entrepañó Metálico para Herramientas

Este entrepañó posee una mampara que resalta las características físicas del producto, siendo el producto como tal lo más importante de la exhibición

8.2.7 Entrepañó metálico de altura iluminado para productos de belleza. (Cosméticos, shampoo, etcétera.)



ANCHO			PROFUNDIDAD
973	1172	1220	300/355
ACABADO			
Pintura horneable			

Dimensiones nominales en mm

Figura 23. Entrepañó Metálico para Productos de belleza.

La canaleta frontal de este entrepañó posee un tubo de neón de 32 Vatios, lo que provee de iluminación a los productos, resaltando las características físicas de los mismos.

8.2.8 Entrepañó metálico de altura con canal acrílico iluminado.

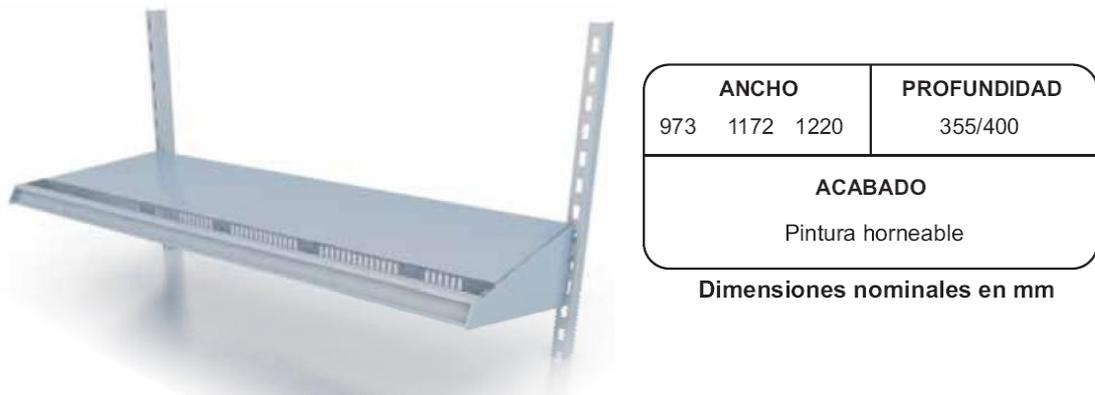


Figura 24. Entrepañó Metálico para Productos de belleza.

Utilizado también en la exhibición de licores y productos de belleza, posee una franja acrílica que refracta la luz, resaltando las características de los productos.

Todos los entrepaños descritos anteriormente son susceptibles de ser rediseñados bajo el principio de Rollforming, la mayoría de ellos actualmente son fabricados en maquina plegadora, con refuerzos y soportes pegados a la bandeja por medio de soldadura.

8.3 ENTREPAÑOS DE LA COMPETENCIA

Existe gran número de compañías que como Algamar S.A. trabajan en la fabricación de sistemas integrales de exhibición, entre las más reconocidas y las que han logrado mayores avances se destacan:

8.3.1 Madix

Esta empresa norteamericana especializada en la fabricación y venta de productos para la exhibición ha desarrollado sus elementos entrepaños en cortes laminares con refuerzos soldados a la bandeja.

A modo de observación los Entrepuestos de *Madix* podrían ser integrados en el objetivo de la disminución de piezas y procesos de producción.



Figura 25. Entrepuestos Metálicos Madix (Fuente: Madixinc.com).

8.3.2 Darling

Esta empresa norteamericana ha desarrollado en el transcurso de los años diseños de góndolas y estanterías con altos estándares de calidad y tecnología, algo han explorado en el tema de entrepaños repisados, pero no por medio del principio Rollforming.



Figura 26. Entrepuestos Metálicos Darling (Fuente: Ladarling.com)

8.3.3 J.M. Romo

Esta empresa Mexicana con más de treinta años de experiencia es la líder en servicios de exhibición de su país y cuenta con una capacidad de más de 1500 empleados, han desarrollado grandes avances de material de exhibición.



Figura 27. Entrepaños Metálicos JM. Romo (fuente: jmromo.com)

8.4 ANÁLISIS DE COMPAÑÍAS CONSTRUCTORAS DE MAQUINARIA.

Es de vital importancia tener presente el tipo de industria que existe alrededor del tema del rolado, así como el tipo de maquinaria que estas compañías ofrecen. Teniendo mayor acogida en el tipo de maquinaria para el procesamiento del metal, compañías del continente asiático, entre ellas:

8.4.1 Cherng Ji Industrial Co. Ltd.

Es una industria de manufactura y exportación de carácter profesional enfocada a toda clase de maquinas para el rolado de lámina. Localizada en Taiwán desde 1978.

- **Diseño:** Todas las herramientas necesarias para la construcción de máquinas, son diseñadas a precisión con programas de diseño asistido por computador como: Autodesk Mechanical Desktop y Pro Engineer.

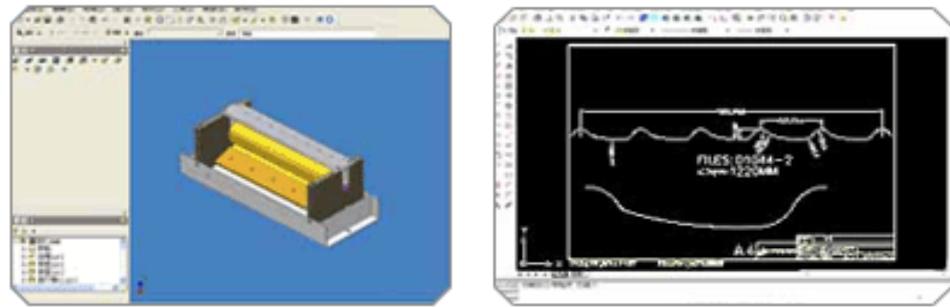


Figura 28. Diseño de un perfil metálico para su posterior transformación en rodillos de arrastre

- Con más de 20 años de experiencia, esta industria fabrica las máquinas a partir de especificaciones, se diseñan justamente acorde a los dibujos de perfil (Figura 29) y otro tipo de especificaciones técnicas, como: Espesor del material a rolar, módulo de elasticidad del material a rolar, dureza del material a rolar, tamaño del fleje a rolar, etcétera.

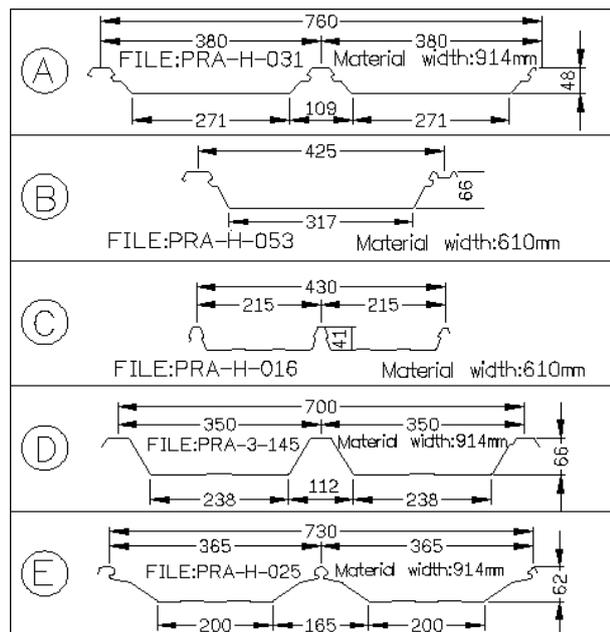


Figura 29. Vistas frontales de perfiles de lámina, para el desarrollo de rodillos de arrastre. Nótese el desarrollo del perfil, cómo va de 610mm, a un ancho nominal de 430mm a 425mm (Figura B y C).

➤ **Características:**

- Después del trabajo de rolado con este tipo de máquinas, la apariencia superficial de la lámina queda extremadamente lisa y libre de imperfecciones.
- Además de la máquina *rollforming* como tal, la compañía ofrece los equipos necesarios de toda la línea, como uncoiler, cortadora longitudinal y unidad de halado.
- Sistema completo de control computarizado.
- Fácil operación. Este tipo de máquinas reconocen longitud y cantidad de lámina suministrada, en su panel de control.
- 1 año de garantía

➤ **Composición de la línea del proceso:**

- Sistema hidráulico de cabeza simple para uncoiler.
- Unidad principal de formado.
- Sistema de corte hidráulico con sistema automático de longitud.
- Sistema de panel de control numérico por PLC.

8.4.2 Xinxiang Tianfeng Machinery Manufacture Co. Ltd.

Es una compañía líder en manufactura de maquinaria para lámina de acero bobinado, de rolado en frío, configuración de mecanismos, líneas de producción automáticas y placas de acero laminado.

- **Diseño:** productos con características de alta eficiencia y alta flexibilidad a bajos costos de producción, siempre siguiendo las exigencias de los clientes, de acuerdo a sus necesidades específicas, durante todo el proceso de diseño y desarrollo de los diferentes perfiles y maquinaria.

Tabla 2. Algunas especificaciones técnicas de varios modelos de máquinas a desarrollo de perfiles (calibre, tamaño de la cubierta, potencia en Kw)

No.	Model	Width (mm)	Thickness	Cover width (mm)	Size[L*W*H]	Powe[kw]	Plate model
8	TFY76-475	600	0.4-0.8	475	10264*974*170	5.5	
9	TFY51-380-760	1000	0.35-0.6	760	13400*1500*1630	11	
10	TFY50-373	600	0.4-0.6	373	13370*1024*1330	4	
11	TF35-370	600	0.45-0.6	370	7494*1544*1570	4	
12	TFY48-410-820	1000	0.4-0.6	820	12200*1380*1400	7.5	
13	TF90-333-666	1000	0.6-1.2	666	16500*2900*1010	15	
14	TF15-140-840	1000	0.3-0.8	840	10300*1460*850	4	
15	TF10-150-900	1000	0.3-0.8	900	6640*1300*1300	4	
16	TF66-394-788	1000	0.4-0.6	788	10687*1400*962	7.5KW	
17	TF15-248-992	1200	0.3-0.6	992	12570*1787*1102	7.5KW	

➤ **Características:**

- Acabados lisos y libres de cizalla
- Capacidad de desarrollar formas complejas hasta de más de 30 pliegues.
- Manejo de distintos materiales como latón, lámina de zinc, acero laminado al frío y al caliente, acero inoxidable.
- Llas máquinas pueden tener unidad de corte a longitud predeterminada, unidad de bobinado, unidad de halado.
- Panel de control por PLC.

8.4.3 Samco Machinery Ltd.

Es un equipo de talentosos y experimentados ingenieros y diseñadores que utilizan lo último en tecnología de computadoras. Modelación 3D CAE CAM que permite el pleno análisis estructural sobre todo el equipo antes del ensamble.

- **Diseño:** Samco, en su departamento eléctrico, permite un control completo sobre el diseño y la fabricación. El ingeniero mecánico e

ingeniero eléctrico pueden integrar sin problemas sus diseños. En el actual entorno de la industria, los sistemas de control eléctrico desempeñan un papel cada vez mayor en la supervisión, y la mejora de los procesos de fabricación.

➤ **Características:**

- Opción variable para hacer cualquier tipo de perfil, viene con balsas apilables, lo que permite mejor optimización del espacio incrementando el crecimiento y la flexibilidad.
- Corta a la longitud en la línea de velocidad en lugar de apagar y arrancar.
- Posibilidades de cambio de referencia ajustando fácilmente diferentes rodillos de arrastre, para un perfil diferente.
- Variador de velocidad que le permite al operador cambiar la velocidad en cualquier punto durante el proceso de perfilado.
- Control de longitud que permite al operador cambiar la longitud, el orden y la cantidad de los rodillos por celda.



Figura 30. Formado de lámina a través de los rodillos. Nótese el tamaño del banco, aproximadamente 2 veces la longitud de la bandeja.

- Samco enfatiza en la importancia de los adecuados dados de formado como herramientas para el éxito de cualquier operación de los metales. El diseño adecuado y la precisa mano de obra va dentro de todo el set de rodillos que ellos ofrecen, lo que significa

que tiene menos problemas, aumento de la calidad de los productos y aumento de los beneficios.



Figura 31. Diferentes herramientas elaboradas por Samco, nótese la rodillería de la imagen de la izquierda, es un sólido de revolución completo, mientras en las otras dos imágenes, son juegos de herramientas machos y hembras.

8.4.4 Zhang Jiang Gang Saibo Science And Technology Co Ltd.

Comprometida en la industria del acero estructural durante muchos años y dedicado a la elaboración de máquinas para estructuras de acero con tecnología profesional y a precios razonables, esta empresa provee la mejor oferta en máquinas para sus clientes. En particular, son un importante exportador en el ámbito de la estructura de acero de construcción, y pueden proporcionar un servicio profesional, de alta calidad, a través del diseño y la instalación.

➤ **Características:**



Main motor power	5,5 KW
Hydraulic motor power	2,2 KW
Roll stand	20
Formed speed	10 m/min
Uncoil	500mm/600mm
Thickness	0,4 - 0,8mm
Size	12 x 1 x 1,35 m
Machine weight	10 T
Material of cutter	CR 12
Transducer	ABB
PLC	SIEMENS ST 200

Figura 32. Algunas de las características que presenta este tipo de máquinas diseñadas por esta compañía, entre ellas: potencia del motor principal, número de estaciones de rolado, velocidad del rolado, etcétera.

9. DISEÑO DEL NUEVO ENTREPAÑO Y SU RESPECTIVO HERRAMENTAL

Una vez concluido el análisis de los antecedentes de la compañía, los requerimientos básicos de los usuarios y los diferentes tipos de entrepaños de Algamar S.A. y otros fabricantes, se propone desarrollar una metodología, la cual se basa en la propuesta por Nigel Cross en su libro METODOS DE DISEÑO. Esta metodología consta de cuatro pasos, lo cuales requieren ciertas actividades que a su vez arrojan información de entrada para la etapa siguiente.

Cabe anotar que también se utiliza medios experimentales y herramientas de diseño conceptual para evaluación de resultados como QFD y análisis DOFA.

9.1 EXPLORACIÓN

La fase de exploración se refiere a todo el proceso desde que se conoce el problema (necesidad), pasando por una investigación (Búsqueda de la información) de los productos sustitutos, productos similares y todos los deseos y demandas que requiere el (los) usuario(s) final(es), para tener más fuentes para la creación del PDS y así, acotar el diseño y continuar con la siguiente etapa.

9.1.1 Clarificación de objetivos

En este punto se conocen las condiciones de la empresa y cuáles son las necesidades frente al diseño de los entrepaños repisados y su respectivo herramental de fabricación. Es importante, entonces, clarificar los objetivos que tiene el diseño de este nuevo producto. Estos objetivos o propósitos del producto, constituyen la mezcla de fines abstractos y concretos que el diseño debe tratar de satisfacer o alcanzar.

En el árbol de objetivos se expresan los propósitos del producto en orden jerárquico, de manera que si se lee de izquierda a derecha responde la pregunta de cómo se puede lograr el objetivo de mayor nivel; si se lee de derecha a izquierda responde el por qué se incluye un objetivo de nivel inferior. Adicional a esto, los objetivos de nivel inferior pueden comunicarse con otros objetivos de manera que se puedan ver las relaciones y la importancia de ciertos objetivos.

9.1.2 Necesidades de los usuarios

Después de conocer las condiciones básicas y propósitos del producto, se pasan a enumerar los principales usuarios a los cuales se dirige el producto y sus principales necesidades, las cuales son la base principal para la construcción del PDS. Así mismo, se pueden encontrar nuevas condiciones de diseño que no se tuvieron en cuenta en el árbol de objetivos, las cuales se incluyen en el mismo.

9.1.3 PDS (Product Design Specification)

Después de conocer toda la información anterior, se define el PDS que permitirá acotar el diseño del objeto de estudio y no perder tiempo valioso en la etapa de generación, al concebir propuestas que finalmente no cumplan con lo requerido por la compañía.

- **Sistema de rodillos para el formado de lámina**

Tabla 3. Matriz de usuario

1	FUNCIONAMIENTO		Importancia 1 - 5	
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
1.1	Correcto funcionamiento		5	5
1.2	Que todos los ejes se muevan en una misma dirección	4		
1.3	Que la lámina se deslice suavemente	5		

1.4	Que el movimiento varíe, respecto a la complejidad del perfil	4	4	
1.5	Que utilice el mínimo de energía	4	5	
1.6	Que funcionen por si solos		3	
1.7	Que tenga al menos el mínimo rango de refrigeración	4	4	
1.8	Que se auto abstenga		3	
1.9	Que se Auto regule (termostato, velocímetro, Moto reductores)	4	4	
2	Ambiente			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
2.1	Que sus componentes estén elaborados en materiales anticorrosivos			5
2.2	Que sea adaptable en ambientes expuestos a humedad			5
2.3	Que cumpla con las mínimas normas técnicas y legales de la compañía	4		4
2.4	Identificable en estado de movimiento			5
2.5	Identificable en estado apagado			5
2.6	Que se encuentre acorde a las otras maquinas existentes dentro de la compañía	4	4	
3	Vida del producto			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
3.1	Que tenga una vida máxima de 25 años	4	4	
3.2	Que los materiales sean resistentes a las inclemencias del uso y del abuso		5	5
3.3	Que en el transcurso de su vida útil sean muy pocos los cambios en cuanto a mantenimiento	4	4	
3.4	Que sus componentes tengan una vida útil del de 15 años		5	5
4	Vida de servicio			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
4.1	Que trabaje de forma continua durante los turnos de trabajo necesarios		5	4
4.2	Que el sistema garantice que dichos materiales sean resistentes		5	4
5	Vida útil			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
5.1	Que cumpla con las consideraciones de Vida del Producto y Vida en servicio			5
6	Referente a Costos			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
6.1	Que sea elaborada en base a costos moderados		5	4

6.2	Que los costos no sean superiores a un 25% del valor de un equipo comercial	4	5	
6.3	Que los materiales sean maquinables y de precios económicos		5	5
6.4	Que muchos de los componentes sean elaborados de maquinaria reciclada		5	4
6.5	Que las fuente de energía utilizada no sea muy costosa	5		4
6.6	Que el mantenimiento represente bajos costos	4	5	4
7	Calidad			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
7.1	Muy buenos acabados		5	4
7.2	Garantizar buenos materiales de ingeniería		5	4
7.3	Simetría, Factura			5
7.4	Baja vibración	5	5	4
7.5	Materiales aislados de corrientes eléctricas	4		4
8	Mantenimiento			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
8.1	Fácil mantenimiento			5
8.2	Mínimo de partes que sean susceptibles de ser cambiadas		5	
8.3	Que el mantenimiento involucre procesos y herramientas de fácil consecución		5	4
8.4	Que el manteniendo sea rápido y seguro	4		4
8.5	Que no tenga que hacerse mantenimiento		4	
8.6	Que regule el mantenimiento preventivo por si mismo		4	
9	Mercado			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
9.1	Que los productos desarrollados sean lo más competitivos dentro del mercado actual	5	5	5
9.2	Posibilidades de comercialización	4		5
9.3	Convenios estratégicos con otras compañías de tecnología similar		4	
9.4	Productos de fácil acceso en el mercado	5		5
10	Empaque			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
10.1	Que tenga una cubierta protectora contra polvo y humedad cuando no se esté utilizando.	3	5	
11	Restricciones de peso y tamaño			

No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
11.1	Que sea liviano		5	4
11.2	Que no sea muy aparatoso		5	4
11.3	Que los componentes No sean de grandes tamaños		5	4
11.4	Que los rodillos No sean muy pesados facilitando montaje y transporte	4	5	
11.5	Que tenga el tamaño pertinente para que sea ubicada en la planta física de la compañía		5	4
11.6	Que cumpla con las normas técnicas de ergonomía del usuario	5		5
12	transporte			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
12.1	Que tenga un sistema de asa para poder trasportarse	3	4	
12.2	Que tenga rodachinas para facilitar el desplazamiento	3	4	
12.3	Que sea modular para facilitar el despiece	5	5	5
12.4	Que sea lo suficientemente pequeño como para que pueda ser transportado en el volco de una camioneta	4	5	
13	Procesos de manufactura			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
13.1	Que la mayoría de sus partes estén elaboradas por los métodos convencionales de manufactura como: torno fresa, mecanizado CNC"	4		4
13.2	Que garantice un buen sistema de ensamble		5	4
13.3	Ajustes y tolerancias		5	5
13.4	Motores (eléctricos, hidráulicos)			5
13.5	Transmisión (moto reducción, caja, poleas bandas)			5
14	Estética			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
14.1	Que maneje los colores apropiados a las normas de presentación de Maquinas			5
14.2	Que los colores se puedan ajustar a los emblemas corporativos	4	5	
14.3	Que las interfaces metálicas tengan acabados tipo espejo	5	5	
14.4	Manejar pinturas electrostáticas resistentes a la fricción y al impacto.	4	4	4
14.5	Que sea acorde a la estructura física de la planta	4	5	4
15	Ergonomía			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS

15.1	Que tenga las normas pertinentes de ergonomía manejadas para maquinas industriales			5
15.2	Fácil manipulación	4	5	
15.3	Fácil acceso a sistemas de inserción (tornillos, pernos, tuercas)		5	4
15.4	Ergonomía de mantenimiento	4	5	
16	Requerimientos del cliente			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
16.1	Que sea lo suficientemente flexible para que se puedan hacer ajuste de modificaciones			5
16.2	Que sea un producto rentable y económico	4	5	5
17	Competencia			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
17.1	Que sea resistente a la copia y espionaje		5	4
17.2	Que garantice mejores resultados que los productos de la competencia	5	5	4
17.3	que sea un producto muy competente para nuestro mercado	5	5	4
17.4	Que sea una propuesta diferente a la desarrollada por la competencia		5	
17.5	que se pueda mediante este servicio realizar diferente proyectos industriales	4	5	
18	Calidad y confiabilidad			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
17.1	Que sea un producto duradero y resistentes			5
17.2	Que sea percibido como producto de calidad y de altas prestaciones mecánicas	5		4
17.3	Que no varíe en dimensiones y que presente siempre la misma línea para el cliente.	5		4
19	Especificaciones estándar			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
19.1	Que se puedan utilizar herramientas estándar para su mantenimiento	5		5
19.2	Que en lo máximo utilice inserciones industriales de tipo estándar (tornillos, tuercas, arandelas, pernos)	5		5
19.3	Fuentes de energía tipo industrial (eléctrica, mecánica, hidráulica, neumática, batería)	5		5
19.4	Que cumpla con los estándares de calidad adscritos a la compañía.	5		5
19.5	Que cumpla con los estándares de seguridad industrial.	5		5
20	Restricciones de la			

compañía				
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
20.1	Que cumpla con los requisitos legales e industriales de la compañía	5		5
20.2	Que este dentro de los parámetros de producción manejados por la compañía (turnos de trabajo)	4		5
20.3	Que no consuma mucha energía		5	4
20.4	Que no produzca mucho ruido		5	4
20.5	Que no ocupe mucho espacio dentro de la planta física		5	4
20.6	Que no genere Stock o inventarios en el puesto de trabajo	4	5	
20.7	Que agilice el flujo de inventarios	4	5	
20.8	Que contribuya con la preservación del medio ambiente		5	
21	Procesos			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
21.1	Proceso flexible; de fácil cambio de referencias	4		4
21.2	Proceso en línea por medio de un uncloiler o bovina de lámina	4		
21.3	Corte	4		4
21.4	Plegadora extra encargada de dar remate	5		
21.5	Punzonado; troquel, mascado		5	
21.6	Soldadura continua		5	
21.7	Proceso de automatizado		5	
21.8	Proceso por control numérico		5	
22	Seguridad			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
22.1	Que sea contra riesgos de accidentes			5
22.2	Que tenga la forma europea para control y manipulación de Maquinas	4	5	
22.3	Que este provisto de un control que mantenga a los operarios siempre con las manos ocupadas		5	4
22.4	Que se detenga cuando no tenga lámina para ser rolada		5	4
22.5	Que invite a los operarios a usar los sistemas de protección como: gafas, tapones auditivos y otros sistemas de protección		5	5
22.6	Que en lo posible siempre lleve a la mano el manual de procedimientos del sistema, calibración y sistema en curso.	5		5
23	Pruebas			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS

23.1	Que se le permitan hacer las pruebas pertinentes como: resistencia, dureza, flexión vs. Elongación, corrosión.	5		5
23.2	Que se puedan realizar pruebas de tipo cíclico y tipo ensayo error para conocer el estado de producto.	5		5
23.3	Que las pruebas realizadas arrojen datos precisos dentro de los rangos pertinentes.	5	5	5
24	Legalidad			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
24.1	Que cumpla con todos los parámetros legales pertinentes a patentes y registros de productos industriales y comerciales.		5	5
24.2	Que cumpla con todos los parámetros pertinentes a la implementación y uso de tecnología dentro de la compañía		5	5
24.3	Que cumpla con las mínimas especificaciones legales referente a seguridad industrial		5	5
25	Instalación			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
25.1	Que tenga la opción de anclarse a una base de trabajo o estar suelta para diferentes topes de ubicación		5	
25.2	Que se pueda instalar con herramientas de tipo convencional	5	5	
25.3	Fácil ubicación de fuentes eléctricas			5
25.4	Fácil acceso a componentes susceptibles de cambio			5
25.5	Que cumpla con el espacio designado por la plante física para su posterior ubicación.	4		4
26	Documentación			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
26.1	Que cumpla con toda la documentación legal vista en Legalidad, seguridad y restricciones del Mercado		5	5
26.2	Que posea un catalogo u una guía o manual de usuario	5		5
27	Disposición			
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS
27.1	El sistema debe estar disponible para ser utilizado de forma continua durante todo un turno de trabajo			5
27.2	La guía de usuario debe estar disponible para todos los usuarios del sistema	5		5
27.3	El sistema debe estar en perfectas condiciones antes de cada operación		5	4

27.4	El sistema debe informar cuando no está en condiciones de operación por medio de un indicador (electrónico, termino, vascular)		5	4
TOTAL		267	364	378

Nota: Muchas de las necesidades pueden relacionarse como deseos o como demandas. Esta matriz está elaborada bajo necesidades, deseos y demandas del usuario en este caso Algamar S.A.

Con un total de 378 puntos en las demandas, estas se vuelven objetos de estudio.

Tabla 4. Relación de indicadores y necesidades

1 Funcionamiento		Importancia 1 - 5			INDICADOR MÉTRICO	Units
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
1.2	Que todos los ejes se muevan en una misma dirección	4			Velocidad aprox. 0,25 m /s.	m/s
1.3	Que la lámina se deslice suavemente	5			Velocidad aprox. 0,25 m /s.	m/s
1.4	Que el movimiento varíe, respecto a la complejidad del perfil	4	4		Velocidad aprox. 0,25 m /s.	m/s
1.5	Que utilice el mínimo de energía	4	5		Energía eléctrica, mecánica	Kw/h
1.6	Que funcionen por si solos		3		Movimientos temporizados	m/s
1.7	Que tenga al menos el mínimo rango de refrigeración	4	4		Refrigerante controlado para cada unidad	m/s
1.9	Que se Auto regule (termostato, velocímetro, Moto reductores)	4	4		Medida térmica , velocidad de la lámina, revoluciones por segundo	TC°, m/s, rev/s
2 Ambiente						
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
2.3	Que cumpla con las mínimas normas técnicas y legales de la compañía	4		4	Normas técnicas	ISO 9000, 14000
2.6	Que se encuentre acorde a las otras maquinas existentes dentro de la compañía	4	4		Producción por hora	Unid/h
3 Vida del producto						
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
3.1	Que tenga una vida máxima de 25 años	4	4		Duración en términos de tiempo	t

3.3	Que en el transcurso de su vida útil sean muy pocos los cambios en cuanto a mantenimiento	4	4		> costos de mantenimiento	\$
6 Referente a Costos						
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
6.2	Que los costos no sean superiores a un 25% del valor de un equipo comercial	4	5		> Costos de elaboración	\$
6.5	Que las fuente de energía utilizada no sea muy costosa	5		4	> Costos de servicios públicos	\$/ t
6.6	Que el mantenimiento represente bajos costos	4	5	4	> Costos de mantenimiento	\$
7 Calidad						
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
7.4	Baja vibración	5	5	4	Oscilaciones por segundo	Ocs/s
7.5	Materiales aislados de corrientes eléctricas	4		4	Cargas eléctricas mínimas	v
8 Mantenimiento						
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
8.4	Que el manteniendo sea rápido y seguro	4		4	Ahorro tiempo	\$/ t
9 Mercado						
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
9.1	Que los productos desarrollados sean lo más competitivos dentro del mercado actual	5	5	5	Percepción del cliente, precios de venta	\$
9.2	Posibilidades de comercialización	4		5	Percepción del cliente, precios de venta	\$
9.4	Productos de fácil acceso en el mercado	5		5	Producto asequible	\$
10 Empaque						
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
10.1	Que tenga una cubierta protectora contra polvo y humedad cuando no se esté utilizando.	3	5		Costos por adicionales	\$
11 Restricciones de peso y tamaño						
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
11.4	Que los rodillos No sean muy pesados facilitando montaje y transporte	4	5		Menos peso en los materiales	Kg.
11.6	Que cumpla con las normas técnicas de ergonomía del usuario	5		5	Altura, largo, profundidad.	m
12 transporte						
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
12.1	Que tenga un sistema de asa para poder trasportarse	3	4		Trasladar de un lado a otro	m
12.2	Que tenga rodachinas para facilitar el desplazamiento	3	4		Trasladar de un lado a otro	m
12.3	Que sea modular para facilitar el despiece	5	5	5	Mantenimiento en unidad de tiempo	t
12.4	Que sea lo suficientemente pequeño como para que pueda ser transportado en el volco de una camioneta	4	5		Trasladar de un lado a otro	m
13 Procesos de manufactura						

No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
13.1	Que la mayoría de sus partes estén elaboradas por los métodos convencionales de manufactura como: torno fresa, mecanizado CNC"	4		4	Cortos de elaboración por unidad de tiempo	\$ / t
14 Estética						
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
14.2	Que los colores se puedan ajustar a los emblemas corporativos	4	5		Costos de elaboración	\$
14.3	Que las interfaces metálicas tengan acabados tipo espejo	5	5		Cortos de elaboración por unidad de tiempo	\$ / t
14.4	Manejar pinturas electrostáticas resistentes a la fricción y al impacto.	4	4	4	Costos de elaboración	\$
14.5	Que sea acorde a la estructura física de la planta	4	5	4		
15 Ergonomía						
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
15.2	Fácil manipulación	4	5		Buenos tiempos de operación	\$
15.4	Ergonomía de mantenimiento	4	5		Altura, largo, profundidad.	m
16 Requerimientos del cliente						
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
16.2	Que sea un producto rentable y económico	4	5	5	Alta rentabilidad y economía	\$
17 Competencia						
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
17.2	Que garantice mejores resultados que los productos de la competencia	5	5	4	Ganancia de nuevos mercados	NA
17.3	Que sea un producto muy competente para nuestro mercado	5	5	4	Costo del producto y precio de venta	\$ / Unid
17.5	Que se pueda mediante este servicio realizar diferente proyectos industriales	4	5		Ganancia de nuevos mercados	NA
18 Calidad y confiabilidad						
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
17.2	Que sea percibido como producto de calidad y de altas prestaciones mecánicas	5		4	Altos coeficientes de resistencia	lb/pul ²
17.3	Que no varíe en dimensiones y que presente siempre la misma línea para el cliente.	5		4	Altura, largo, profundidad.	m
19 Especificaciones estándar						
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
19.1	Que se puedan utilizar herramientas estándar para su mantenimiento	5		5	> Costos de mantenimiento	\$
19.2	Que en lo máximo utilice inserciones industriales de tipo estándar (tornillos, tuercas, arandelas, pernos)	5		5	> Costos de mantenimiento	\$
19.3	Fuentes de energía tipo industrial (eléctrica, mecánica, hidráulica, neumática, batería)	5		5	> Costos de elaboración	\$

19.4	Que cumpla con los estándares de calidad adscritos a la compañía.	5		5	Normas técnicas	ISO 9000, 14000
19.5	Que cumpla con los estándares de seguridad industrial.	5		5	Normas de seguridad	NA
20	Restricciones de la compañía					
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
20.1	Que cumpla con los requisitos legales e industriales de la compañía	5		5	Normas técnicas	ISO 9000, 14000
20.2	Que este dentro de los parámetros de producción manejados por la compañía (turnos de trabajo)	4		5	< Producción por unidad de tiempo	Unid/h
20.6	Que no genere Stock o inventarios en el puesto de trabajo	4	5		< Producción por unidad de tiempo	Unid/h
20.7	Que agilice el flujo de inventarios	4	5		< Producción por unidad de tiempo	Unid/h
20.8	Que contribuya con la preservación del medio ambiente		5		0 desperdicios, producción más limpia	NA
21	Procesos					
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
21.1	Proceso flexible; de fácil cambio de referencias	4		4	> Costos de mantenimiento	\$
21.2	Proceso en línea por medio de un uncoiler o bovina de lámina	4			Arrastre de la lámina velocidad aprox. 0,25 m /s.	m/s
21.3	Corte	4		4	Corte de la lámina velocidad aprox. 0,25 m /s.	m/s
21.4	Plegadora extra encargada de dar remate	5			Plegado de la lámina velocidad aprox. 0,25 m /s.	m/s
22	Seguridad					
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
22.2	Que tenga la forma europea para control y manipulación de Maquinas	4	5		Normatividad europea para la manipulación de maquinas de tipo industrial.	ANSI
22.6	Que en lo posible siempre lleve a la mano el manual de procedimientos del sistema, calibración y sistema en curso.	5		5	Elemento visible	NA
23	Pruebas					
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
23.1	Que se le permitan hacer las pruebas pertinentes como: resistencia, dureza, flexión vs. elongación, corrosión.	5		5	Esfuerzos de fluencia y velocidades de deformación	S ^ (-1)
23.2	Que se puedan realizar pruebas de tipo cíclico y tipo ensayo error para conocer el estado de producto.	5		5	Oscilaciones por segundo	Ocs/s
23.3	Que las pruebas realizadas arrojen datos precisos dentro de los rangos pertinentes.	5	5	5	Deformación volumétrica en el trabajo de metales	todas
25	Instalación					
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		

25.2	Que se pueda instalar con herramientas de tipo convencional	5	5		Producto asequible	\$
25.5	Que cumpla con el espacio designado por la plante física para su posterior ubicación.	4		4	Normas técnicas de la compañía	ISO 9000, 14000
26	Documentación					
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
26.2	Que posea un catalogo u una guía o manual de usuario	5		5	Elemento visible	NA
27	Disposición					
No	ÍTEM	NECESIDADES	DESEOS	DEMANDAS		
27.2	La guía de usuario debe estar disponible para todos los usuarios del sistema	5		5	Elemento visible	NA
TOTAL		267	159	159		

Nota. Como indicadores y necesidades con un total de 267 puntos, en estas se centra el objeto del estudio.

9.1.4 Despliegue de la función de calidad (QFD)

El despliegue de la función de calidad (quality function deployment) se refiere tanto a la determinación de lo que se va a satisfacer al cliente, como la traducción de dichos deseos en diseños objetivos. Dicha información se integra, a continuación en el diseño de producto en fase de desarrollo.

Una de las herramientas del QFD es la casa de la calidad. La casa de la calidad consiste en una técnica de graficas que sirve para definir la relación existente entre los deseos del cliente y el producto (o servicio).

Para constituir la casa de la calidad, debemos dar seis pasos fundamentales:

1. Determinar los deseos de los clientes
2. Determinar como el bien/ servicio satisfará las necesidades del cliente.
3. Relacionar los deseos del cliente con los modos "cómos" del producto (construir una matriz, que muestre esta relación).

4. identificar las relaciones entre los cómo de la empresa (como quedan vinculados nuestros cómo).
5. Realizar escalas de importancia (utilizar las escalas y ponderaciones del cliente según la importancia en las relaciones mostradas en la matriz, calcule sus escalas de importancia).
6. Evaluar los productos competidores (como satisfacen los deseos del cliente los productos de la competencia). Esa evaluación, se basaría en la investigación del mercado.

Del PDS, desplegamos todas las necesidades de la compañía y hacemos un barrido hasta llegar a las necesidades más relevantes. (Calificadas en orden de importancia en 4 y 5). Estas necesidades comprenden los parámetros más importantes dentro del rango de necesidades como: funcionamiento, ambiente, calidad, Costos, vida útil de producto, mantenimiento, mercado, empaque, restricciones peso - tamaño, transporte, procesos de manufactura, estética, ergonomía, confiabilidad, referentes, estándares, competencia, procesos, seguridad, pruebas, instalación, documentación, y disposición.

Entre estas las más importantes:

- Que todos los ejes se muevan en una misma dirección.
- Que la lámina se deslice suavemente.
- Que el movimiento varíe, respecto a la complejidad del perfil.
- Que utilice el mínimo de energía.
- Que tenga al menos el mínimo rango de refrigeración.

- Que cumpla con las mínimas normas técnicas y legales de la compañía.
- Que tenga una vida máxima de 25 años.
- Que en el transcurso de su vida útil sean muy pocos los cambios en cuanto a mantenimiento.
- Que los costos no sean superiores a un 25% del valor de un equipo comercial.
- Que la fuente de energía utilizada no sea muy costosa.
- Que el mantenimiento represente bajos costos y seguridad.
- Baja vibración.
- Materiales aislados de corrientes eléctricas.
- Que los productos desarrollados sean lo más competitivos dentro del mercado actual.
- Que los rodillos No sean muy pesados facilitando montaje y transporte.
- Que cumpla con las normas técnicas de ergonomía del usuario.
- Que sea modular para facilitar el despiece.

- Que la mayoría de sus partes estén elaboradas por los métodos convencionales de manufactura como: torno fresa, mecanizado CNC".
- Que las interfaces metálicas tengan acabados tipo espejo.
- Manejar pinturas electrostáticas resistentes a la fricción y al alto impacto.
- Que sea acorde a la estructura física de la planta.
- Que garantice mejores resultados que los productos de la competencia.
- que se pueda mediante este servicio realizar diferente proyectos industriales.
- Que sea percibido como producto de calidad y de altas prestaciones mecánicas.
- Que no varíe en dimensiones y que presente siempre la misma línea para el cliente.
- Que se puedan utilizar herramientas estándar para su mantenimiento.
- Que en lo máximo utilice inserciones industriales de tipo estándar (tornillos, tuercas, arandelas, pernos)
- Fuentes de energía tipo industrial (eléctrica, mecánica, hidráulica, neumática, batería).

- Que cumpla con los estándares de calidad adscritos a la compañía.
- Que cumpla con los estándares de seguridad industrial.
- Que cumpla con los requisitos legales e industriales de la compañía.
- Que no genere Stock o inventarios en el puesto de trabajo.
- Que contribuya con la preservación del medio ambiente.
- Proceso flexible; de fácil cambio de referencias.
- Que en lo posible siempre lleve a la mano el manual de procedimientos del sistema, calibración y sistema en curso.
- Que se le permitan hacer las pruebas pertinentes como: resistencia, dureza, flexión vs. elongación, corrosión.
- Que se puedan realizar pruebas de tipo cíclico y tipo ensayo error para conocer el estado de producto.
- Que las pruebas realizadas arrojen datos precisos dentro de los rangos pertinentes.
- Que cumpla con el espacio designado por la plante física para su posterior ubicación.
- La guía de usuario debe estar disponible para todos los usuarios del sistema

Atributos del producto (traducción de necesidades) cómo: a esto es que se debe enfocar los objetivos del proyecto.

Funcionamiento: energía eléctrica, producción de troqué necesario que permita arrastrar la lámina, funcionamiento simétrico

Medio ambiente: contribución a la producción más limpia, correcto uso de la electricidad, programación de la producción.

Calidad: acabados tipo espejo, tolerancias no mayores al +/- 1%, materiales y especificaciones.

Costos: disminuir los costes por proceso, disminuirlos costes por fabricación.
Vida útil: 25 años de servicio como mínimo,

Mantenimiento: utilización de pernos, prisioneros, cuñas y tornillos sin complicaciones, no bridas.

Mercado: distribuidores oficiales de material para herramientas, precios de introducción al mercado inferiores al promedio.

Empaque: estructura apilable.

Restricciones peso tamaño: manipulación bajo parámetros de seguridad

Transporte: que en lo posible sea lo menos pesado, características adecuadas para los materiales de herramientas.

Procesos de manufactura: torno, fresadora, CNC, cortes por laser, procesos térmicos especiales para los aceros grado herramienta.

Estética: acabado punto espejo.

Ergonomía: cumplir con lo estipulado con las normas estándar para manipulación de herramientas, no tan grandes que no se pueda hacer uso de las dos manos para cambiar una referencia.

Estándares: utilización mínima de herramientas, procesos convencionales de mantenimiento.

Competencia: Que sea en lo posible lo mas diferente a lo que la competencia este comercializando, que compita en calidad y precio.

Al final de este informe aparece de forma detallada la caracterización del QFD en forma de Anexo.

Tabla 5. Casa de la calidad
Rodillos de arrastre.

- ⊖ Mucha relación 5
- ⊙ Relación media 3
- ⊕ Poca relación 1

LO QUE LA COMPAÑÍA DESEA	Escala de importancia	Energía eléctrica	Producción de torque necesario que permita arrastrar	Funcionamiento simétrico	Contribución a la producción más limpia	Correcto uso de la electricidad	Acabados tipo espejo	Programación de la producción.	Tolerancias no mayores al +/- 1	Materiales y especificaciones.	Disminuir los costos por fabricación	Disminuir los costos por proceso	26 años de servicio como mínimo	Utilización de pernos, prisioneros, cuñas y tornillos al	Distribuidores oficiales de material para herramientas	Precios de introducción al mercado inferiores al prom	Estructura apilable	Manipulación bajo parámetros de seguridad	Que en lo posible sea lo menos pesado	Características adecuadas para los materiales de herrz	Torno, fresadora, CNC, cortes por laser.	Procesos típicos especiales para los aceros grado h	Normas estándar para manipulación de herramientas	Pueden hacer uso de las dos manos para cambiar una	Utilización mínima de herramientas	Procesos convencionales de mantenimiento.	Que sea en lo posible lo mas diferente a lo de la comp	Que compile en calidad y precio.	
Todos los rodillos en un mismo eje de rotación	4		⊙	⊙																									
Deslizamiento suave de la lamina	4		⊙	⊙																									
El movimiento varie, respecto a la complejidad del perfil	4		⊙	⊙																									
Utilización mínima de energía	4		⊙	⊙																									
Mínimo rango de refrigeración	4		⊙	⊙																									
Normas técnicas y legales de la compañía	4		⊙	⊙																									
Vida útil máxima de 25 años	4		⊙	⊙																									
Pocos cambios en cuanto a mantenimiento	4		⊙	⊙																									
Costos no superiores al 25% del valor de un equipo comercial	4		⊙	⊙																									
Fuente de energía económica	5		⊙	⊙																									
Bajos costos de mantenimiento y seguridad	4		⊙	⊙																									
Baja vibración	5		⊙	⊙																									
Materiales aislados de corrientes eléctricas	4		⊙	⊙																									
Productos competitivos dentro del mercado	5		⊙	⊙																									
Rodillos livianos para facilitar el montaje y el transporte	4		⊙	⊙																									
Normas técnicas de ergonomía del usuario	5		⊙	⊙																									
Diseño modular para facilitar el despiece	5		⊙	⊙																									
Métodos convencionales de manufactura como: torno fresa, mecanizado CNC	4		⊙	⊙																									
Interfaces metálicas con acabados tipo espejo	5		⊙	⊙																									
Pinturas electrostáticas resistentes a la fricción y al alto impacto.	4		⊙	⊙																									
Acorde a la estructura física de la planta	4		⊙	⊙																									
Mejores resultados que los productos de la competencia	5		⊙	⊙																									
Servicio para realizar diferente proyectos industriales	4		⊙	⊙																									
Producto de calidad y de altas prestaciones mecánicas	5		⊙	⊙																									
Dimensionalmente estable	5		⊙	⊙																									
Herramientas estándar para su mantenimiento	5		⊙	⊙																									
Inserciones industriales de tipo estándar (tornillos, tuercas, arandelas, pernos)	5		⊙	⊙																									
Fuentes de energía tipo industrial (eléctrica, mecánica, hidráulica, neumática, batería)	5		⊙	⊙																									
Estándares de seguridad industrial.	5		⊙	⊙																									
No Stock, inventarios en el puesto de trabajo	4		⊙	⊙																									
Preservación del medio ambiente	5		⊙	⊙																									
Proceso flexible: de fácil cambio de referencias	4		⊙	⊙																									
Manual de procedimientos del sistema, calibración y sistema en curso	5		⊙	⊙																									
Pruebas como: resistencia, dureza, flexión vs. elongación, corrosión.	5		⊙	⊙																									
Pruebas tipo cíclico, ensayo error para conocer el estado de producto.	5		⊙	⊙																									
Espacio dentro de la planta física	4		⊙	⊙																									
ESCALA DE IMPORTANCIA		134	97	62	252	196	90	108	100	224	136	120	215	198	127	50	131	129	92	103	126	154	103	164	148	186	94	92	

NOTA: Este cuadro relaciona Las necesidades del proyecto con los requerimientos técnicos necesarios para su elaboración.

Los valores de la escala de importancia, están sujetos a valores ponderados del PDS, anexo a este Gráfico los valores finales de la tabla dan cuenta de la escala de importancia que los diseñadores deben tener a la hora de concebir un producto novedoso.

The house roof (el techo de la casa) relaciona entre si los requerimientos de mayor grado de importancia.

Tabla 4: Especificaciones como: el correcto uso de electricidad, materiales y especificaciones, larga vida en servicio, utilización de pernos, procesos convencionales de mantenimiento, refacciones estándar, contribución a la producción más limpia, son los factores de mas importante dentro de la evaluación, mientras otras especificaciones como: tipo de energía, programación de la producción, disminuir los costos por proceso etcétera. Permanecen en un segundo grado de importancia. Por último las relaciones de menor valor llamadas LIR (Less important relationships) son las que llevan menor enfoque dentro de la investigación.

9.1.5 Análisis DOFA entrepaños repisados

La siguiente DOFA relaciona las Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas para el producto Entrepaños repisados, de esta relación se extraen las principales fortalezas y oportunidades que junto con las especificaciones del cliente PDS, le darán valor agregado al producto.

Tabla 6. Análisis DOFA entrepaños repisados

ÍTEM	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	FORTALEZAS	AMENAZAS
Tamaño	Que por errores de fabricación las dimensiones del producto no sean congruentes con los pedidos del cliente. Malas apreciaciones del diseño pueden generar incrementos dimensionales aparentes en el producto, así estos estén diseñados bajo parámetros minuciosos.	A mayor cantidad de dimensiones mayor numero de posibilidades de llegar a las necesidades específicas del cliente.	Aprovechamiento del espacio. Aprovechar las propiedades de carga visual	Perdida de negocios a raíz de producto mal dimensionado. Producto proveniente de la competencia con características como: (producto estilizado, y poco aparatoso, quiebre de las aristas vivas, etcétera.) Más aplicación del diseño en sus productos.
Vida en servicio	Que el producto no tenga las características mecánicas adecuadas para aguantar como mínimo 80 Kg. de peso. Que los materiales seleccionados no tengan las propiedades fisicoquímicas necesarias para la elaboración de un producto.	Ofrecer al cliente no solo el producto como tal, sino también sus características mecánicas, así el cliente se da una idea de cuánto puede resistir en condiciones normales y extremas de abastecimiento.	El mismo repisado provee a la bandeja del entrepaño características mecánicas idóneas para resistir cargas superiores al promedio. Las pinturas utilizadas proveen al producto de altas prestaciones, estas evitan que la lámina se oxide, raye y pierda dichas propiedades.	Un producto más resistente y con más prestaciones mecánicas que el comercializado por la compañía. Que la competencia además de ofrecerle al cliente el producto le anexe una carta con graficas técnicas como ensayos de dureza Brinell, esfuerzos Vs. deformación, colapso, etcétera.

Ergonomía	Que le entrepaño no tenga ningún tipo de arquitectura en voladizo, esto genera que el operario e usuario tenga que utilizar las dos manos, o peor aun la ayuda de otras dos. La no utilización de las normas antropométricas de trabajo, esto le genera al operario esfuerzos y lesiones innecesarias	Que la compañía incursione en las nuevas políticas sobre seguridad y ergonomía del usuario	Productos de fácil manipulación, ya que los entrepaños elaborados por la compañía por lo general están compuestos de ensamblajes simples. Por no ser un producto de grandes tamaños ni de altos valores de masa son susceptibles de ser manipulados con mayor facilidad.	Producto ergonómico proveniente de la competencia.
Materiales	Materiales vigentes sin tratamientos térmicos, carentes de propiedades mecánicas. Posible fractura del soporte debido a cargar superiores y vencimiento de momentos de inercia.	Incursionar en tecnologías apreciativas para el tratamiento de materiales metálicos como: un horno de mufla o recosidos para aceros de bajo contenido de carbono	Lámina ColdRolled, aceros de bajo carbono maleables, maquinables y auto resistentes cada vez que se estiran las moléculas en un doblez. Por no tratarse de un acero especial se consigue con cualquier distribuidor a muy buenos precios (Lámina 4x8 Cal 20 \$ 2300 Kg.)	Aplicaciones a diferentes materiales a tratamientos térmicos especiales. Introducción de producto a mayor precio pero con más aplicaciones mecánicas.
Producción	Que el método de manufactura sea el más complicado que el método tradicional, en esto se refiere a: (tiempos, costos, materias primas, acabados, embalaje)	Mayor salida de producto gracias a menores tiempos de ejecución. Aprovechamiento de recursos en otras aéreas de la empresa que necesitan ser atendidas.	Menores tiempos de ejecución. Ahorro de materias primas. Ahorros de recursos humanos " en beneficio productivo"	Ultimas tecnologías en maquinaria y software. Diferentes aplicaciones de dirección de la producción. Operaciones del sector servicios (mas reconocimiento hacia la posición dominante de los trabajos y decisiones de esta área)

Comercialización	Introducción no exitosa del producto. Precios de venta superiores al promedio. Falta de atributos de producto.	Expandir nuevos mercados. Ampliar el portafolio del producto elaborados bajo este principio de manufactura. Tratar de expandir el número de unidades producidas.	Accesorios comercial interactiva. Respaldo y normatividad ISO. Conservar la homogeneidad del producto (producto sin el mayor número de variaciones). Experiencia Knowhow. Cubrimiento e instalación (no solo regional)	Más participación de la compañía, abarcando nuevos mercados y mejores garantías postventa.
Apariencia estética	Mala aplicación de los acabados estéticos. Producto no conforme a satisfacción de los clientes. Lámina oxidada, mal pintada, rayada, mal dimensionada.	Mayor introducción del diseño en los productos de la compañía. Expandir mercados siguiendo las tendencias de otros países.	Maquinas especiales que ofrecen mayor variedad de acabados estéticos. Maquinaria especial que permite mejores tolerancias y ajustes para que denoten productos de alta calidad. Comité especializado en realizar mejoras de los productos existentes, cada vez mas ajustándose a las necesidades de los clientes	Más diseño. Más variedad de acabados. Mayos ajuste y tolerancias.
peso	Que el producto fuera lo suficientemente liviano para generar desconfianza en el cliente, o por el contrario fuera tan pesado que el cliente lo vería como un elemento aparatoso.	Con la disminución en el uso de materias primas, se pueden introducir los productos al mercado a precios menores del promedio actual. Mayor número de unidades producidas en un turno de trabajo.	5.6 Kg. (entrepaña convencional vs. 4.4 Kg. (entrepaña repisado). Los tiempos de instalación, transporte y montaje se verían afectados por un producto más liviano. Reducción de carga para los colaboradores y reducción de esfuerzos innecesarios.	Producto proveniente de la competencia con características favorables concernientes al peso, además de precios de introducción inferiores al promedio.

seguridad	Ojo con las normas de ergonomía y trabajo en el puesto de fabricación. Materiales inapropiados que conlleven a daños por colapso. Malos ajustes, ensamblajes, etcétera. Bordes afilados, lámina sin desperfilar.	Incursionar en nuevos mercados ofreciendo mayor seguridad en riesgos. Mejor opción por certificados en producción más limpia como Cleaner producción sheafer, o ISO 14000	Contar con programas como plan de emergencias y evacuación de accidentes. Políticas de seguridad adscritas a la compañía. Contar con 37 personas en distintas áreas como: nivel operativo, emergencias y estratégico para el plan de emergencias Algamar S.A.	Producto de la competencia con más aceptación por seguridad. Más incursión de políticas de seguridad y ergonomía.
------------------	--	---	---	---

Nota: Es de suma importancia fortalecer las debilidades de la matriz extrayendo las oportunidades y ratificando las fortalezas de los entreaños repisados.

9.1.6 Análisis DOFA rodillos de arrastre

La siguiente DOFA relaciona las Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas para el diseño del herramental, de esta relación se extraen las principales fortalezas y oportunidades que junto con las especificaciones del cliente PDS, le darán valor agregado al producto.

Tabla 7. Análisis DOFA Rodillos de arrastre

ÍTEM	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	FORTALEZAS	AMENAZAS
Tamaño	Herramienta sobredimensionada, muy grande y aparatosa, que no facilite operaciones, ni cambios de referencia. Más de dos herramientas para realización de ajustes y demás.	Herramientas más livianas en montaje. Herramienta más pequeña menor posibilidad de riesgos profesionales. Herramientas más livianas garantizan mayor agilidad en el proceso, torques mayores.	Mayor torque. Aprovechar los espacios. A mayor tamaño de la herramienta mayor debe ser la potencia, fuerza y reducción del motor de la maquina. Agilidad, ahorro de tiempos, menos operarios de mantenimiento.	Otras compañías ofreciendo producto con este tipo de tecnología. Producto de la competencia con mayor paquete de productos elaborados en Rollformig. Rodillos de menores dimensiones realizando la misma labor.
Vida en Servicio	Que los materiales se debiliten con el uso perdiendo propiedades mecánicas, acabados rugosos, deformación estética de la lámina. Que los materiales contraigan algún tipo de corrosión.	Más tiempos de producción sin dificultades. Vida útil de la herramienta superior al promedio. Adaptar diferentes estrategias de dirección de producción. Aumento de unidades producidas.	Materiales apropiados para el desarrollo de herramientas tales como: Aceros especiales de grado herramienta, con tratamientos térmicos para larga duración en servicio. Largas producciones de bandejas para entrepaño metálico	Mayor número de unidades vendidas por la competencia debido a que tienen mayor numero de producidos. Diferentes estrategias de dirección de producción para aumentar la productividad en las estaciones de trabajo.
Ergonomía	Herramientas carentes de asa o algún tipo de agarre lo que dificulta la manipulación de los mismos. Tamaños suficientemente grandes que no sean posibles de manipularse con las manos. Tan pesados que se necesiten cuatro manos para poder cambiar una referencia.	Aplicar diseño para la ergonomía, manipulación e interfaz con el usuario. Que la compañía incursione en las nuevas políticas sobre ergonomía del usuario.	Basado en supuestos. Que se fortalezca los valores de masa, y dimensionales, ya que estas serian las fortalezas de mayor peso a la hora de ponderar resultados	Producto con mejores características (manipulación, ensambles, utilización de herramientas, peso, tamaño, etcétera.).

Materiales	Materiales vírgenes sin tratamientos térmicos carentes de propiedades mecánicas. Posible fractura del rodillo debido a los altos esfuerzos por contactos. Las altas fricciones pueden debilitar los materiales de las herramientas además de producir oxidación por calor.	Incursionar en tecnologías apreciadas para el templado de materiales metálicos como: un horno de mufla o recosidos para aceros de bajo carbono. A mayor propiedades de los materiales, mejor desempeño y mantenimiento preventivo.	AISI (01, L6, S7, D6, A2, D2, H13). Resistencia a la tracción aproximada de 600 a 780 N/mm ² , dureza Brinell Max: 225 a 300 HB, dureza Rockwell C: 50 - 65 RC a diferentes tipos de templado (aire, aceite). Maquinables antes del tratamiento térmico.	Herramientas elaboradas por la competencia en aceros especiales que garanticen una mejor calidad en el producto. Más participación de la competencia, abarcando nuevos mercados y mejores garantías postventa.
Producción	Que el método de manufactura sea más complicado que el método tradicional, en esto se refiere a : (tiempos, costos, materias primas, acabados, embalaje)	Mayor salida de producto gracias a menores tiempos de ejecución. Aprovechamiento de recursos en otras áreas de la empresa que necesitan ser atendidas	Menores tiempos de ejecución. Ahorro de materias primas. Ahorros de recursos humanos "en beneficio del productivo". Configuración orientada al proceso, se puede hacer frente simultáneamente a una amplia variedad de productos o servicios.	Ultimas tecnologías en maquinaria y software. Diferentes aplicaciones de dirección de la producción. Operaciones del sector servicios (mas reconocimiento hacia la posición dominante de los trabajos y decisiones de esta área)
Comercialización	Que el método de manufactura sea poco eficaz a la hora de solucionar las necesidades de los clientes	Expandir nuevos mercados. Ampliar el portafolio de productos elaborados bajo estos principios de manufactura. Tratar de expandir el número de unidades producidas	Solo basado en supuestos: accesoria comercial interactivo. Respaldo y normatividad ISO. Conservar la homogeneidad del producto (producto sin el mayor número de variaciones). Experiencia Knowhow. Cubrimiento instalación (no solo regional)	Ultimas tecnologías en maquinaria y software. Diferentes aplicaciones de dirección de la producción. Operaciones del sector servicios (mas reconocimiento hacia la posición dominante de los trabajos y decisiones de esta área)

Apariencia estética	Acabados superficiales insatisfactorios (producto agrietado, corrosión superficial, oxidación por calor)	Mayor introducción del diseño en los productos de la compañía. Expandir los mercados siguiendo las tendencias de otros países	Mayor tolerancia y ajustes. Mayor estabilidad dimensional. Mayor calidad en el acabado superficial de la lámina. Mayor implementación de I + D en los productos de la compañía.	Más diseño, más variedad de acabados. Mayor ajuste y tolerancias.
peso	Herramienta sobredimensionada, muy grande y aparatosa, que no facilite operaciones, ni cambios de referencia. Más de dos herramientas para realización de ajustes y demás.	Herramientas más livianas en montaje. Herramienta más pequeña menor posibilidad de riesgos profesionales. Herramientas más livianas garantizan mayor agilidad en el proceso, torques mayores.	Mayor torque. Aprovechar los espacios. A mayor tamaño de la herramienta mayor debe ser la potencia, fuerza y reducción del motor de la máquina. Agilidad, ahorro de tiempos, menos operarios de mantenimiento.	Otras compañías ofreciendo producto con este tipo de tecnología. Producto de la competencia con mayor paquete de productos elaborados en Rollformig. Rodillos de menores dimensiones realizando la misma labor.
Seguridad	Ojo con las normas de ergonomía y trabajo en el puesto de fabricación. Materiales inapropiados que conlleven a daños por colapso, malos ajustes, ensambles, etcétera. Bordes afilados, lámina sin desperfilar. Como son herramientas sometidas a grandes esfuerzos, se debe tener mayor conciencia del trabajo como interfaz hombre máquina.	Incursionar en nuevos mercados ofreciendo mayor seguridad en riesgos. Mejor opción por certificados en producción más limpia como Cleaner Production Sheaffer ISO 14000	Contar con programas como plan de emergencias y evacuación de accidentes. Políticas de seguridad adscritas a la compañía. Contar con 37 personas en distintas áreas como: nivel operativo, emergencias y estratégico para el plan de emergencias Algamar S.A.	Producto de la competencia con más aceptación por seguridad. Más inclusión de políticas de seguridad y ergonomía.

9.2 GENERACIÓN

La fase de generación parte del PDS, el despliegue de la función de calidad QFD y análisis DOFA desarrollado en la etapa de Exploración, para iniciar con los aspectos básicos del diseño (Diseño conceptual), como las cajas morfológicas, análisis de productividad del proyecto y análisis de las materias primas a utilizar. Todo esto ayudará a seleccionar un concepto de la solución y posteriormente podrá generar alternativas (generación de alternativas de solución), que finalmente podrán ser validadas con respecto al PDS para no perder el tiempo en la evaluación de alternativas que no sean viables. Esta etapa también se puede comenzar a partir de una solución ya establecida, la cual debe ponerse a punto o rediseñarse según los requerimientos anteriormente definidos.

9.2.1 Diseño conceptual

En esta etapa se trata de clarificar todas las funciones esenciales que un tipo de solución debe satisfacer.

Para este caso se analizará la persecución de flujos sobre el sistema de rodillos de formado.

9.2.1.1 Caja Negra

La caja negra representa la función principal de un sistema técnico y permite ver como esa función principal transforma las entradas en Salidas del sistema. Permite a su vez delimitar el problema de diseño y el proceso que permite transformar las entradas del sistema, ya sean de materia, energía o información, en salidas.

El sistema de rodillos tiene 2 funciones Principales.

- Doblar y obligar a una lámina a copiar el contorno exterior de los rodillos de arrastre, por donde ella se desplace.
- Transportar una lámina de un lugar a otro cambiándole su forma.

Las entradas de sistema son las siguientes:

- Lámina troquelada y cortada Acero Coldrolled 1020 Cal 20 (0.9mm): esta se desplaza por toda la banca de rodillos tomando su forma, la lámina repisada debe llegar hasta el final de la banca pasando por los rodillos finales de calibración.
- Motoreductor: Quizás lo más importante del proceso de Rolado, ya que regula las revoluciones a las cuales giran los rodillos para producir el correcto arrastre que se necesita en una perfecta operación de rolado.
- Rodillo de eje: transmite la energía mecánica del Motoreductor a los rodillos de arrastre.
- Start: Inicio de operación de Rolado.

Las salidas del sistema son las siguientes:

- Lámina troquelada, cortada y doblada Acero Coldrolled 1020 Cal 20 (0.9mm): La materia una vez sale del proceso toma el nombre de Bandeja para entropaño.
- Energía de pérdida: manifestaciones seguidas a la transformación de la energía.

- Calor, marca y texturas: Todo tipo de información que arroja el producto final
- Lectura de presión: Señal de temperatura que indica el estado del proceso, para no generar desgaste por calor.

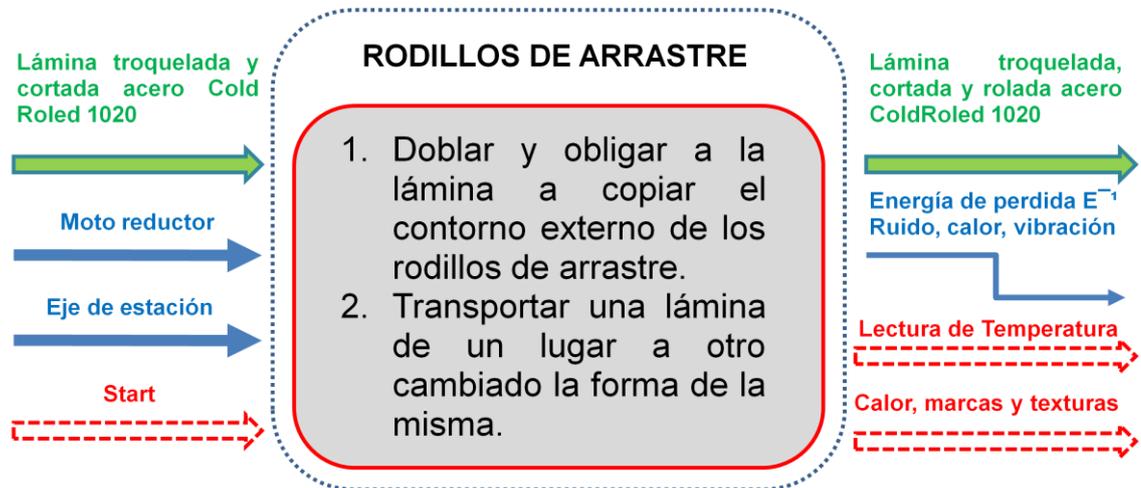


Figura 33. Caja negra.

9.2.1.2 Caja transparente

Después de definidas las entradas y las salidas, es necesario entrar a la caja negra y perseguir todos los flujos para así conocer como es el proceso de transformación de esas entradas.

En esta caja transparente Figura 34. Se puede ver todo el flujo desde que entra hasta que sale y por qué funciones pasa. Esta subdivisión de funciones debe satisfacer la función principal.

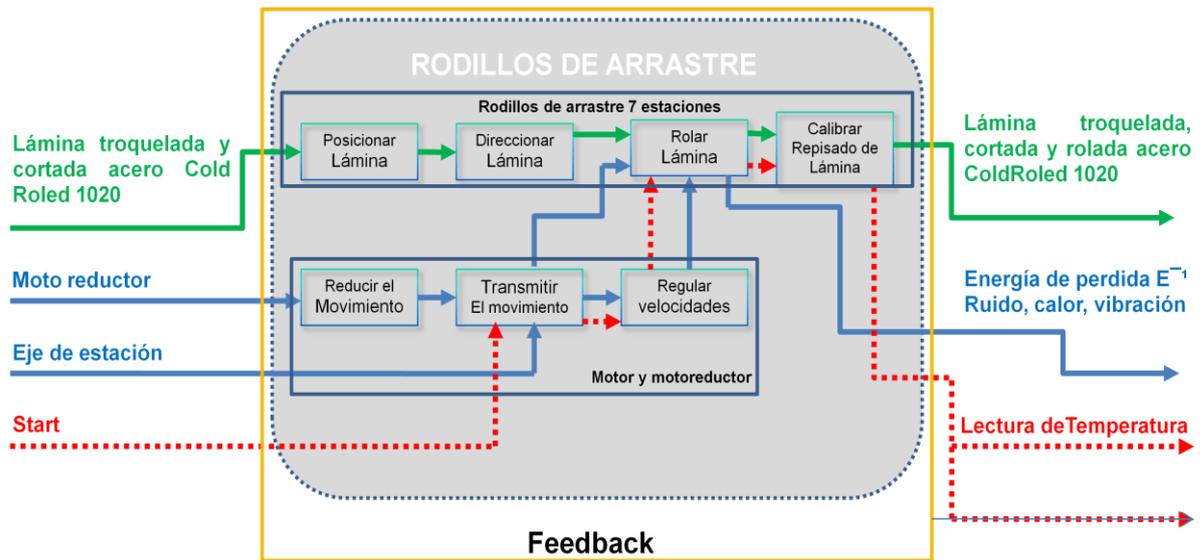


Figura 34. Caja Transparente.

9.2.3 Análisis de productividad

Uno de los subproductos desarrollados por Algamar S.A. para elaborar las estanterías, es el entrepaño, en Algamar S.A., conocido como *entrepaño módulo – altura* (siendo módulo el ancho entre columnas y altura, las medidas especificadas por cada cliente en especial), el cual se convertirá en objeto de estudio para el desarrollo de dicho análisis.

Para esto, es necesario saber cuáles son las características físicas y productivas del diseño actual, además de conocer cuáles son los procesos que intervienen sobre él y la cantidad de materia prima utilizada para dicho fin.

9.2.3.1 Objetivo del análisis

Reportar mediante este análisis, las variables más relevantes en el proceso productivo para el desarrollo del producto actual, a la vez haciendo un paralelo entre un nuevo desarrollo de producto, utilizando una herramienta diferente en el proceso.

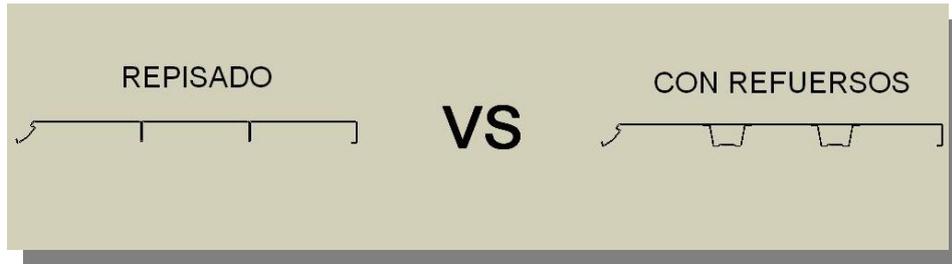


Figura 35. Imagen comparativa de las dos clases de entrepaños que intervienen en este estudio.

9.2.3.2 Elementos del análisis

Entrepaño metálico de altura módulo con soportes tipo d y dos refuerzos

Como entrepaño módulo de altura se conoce lo siguiente:

- 2 soportes tipo D, o CFR
- 1 bandeja
- 2 refuerzos (difiere del tamaño del entrepaño)
- Para este caso tomaremos como referencia el entrepaño de 973 de ancho x 400 de profundidad.

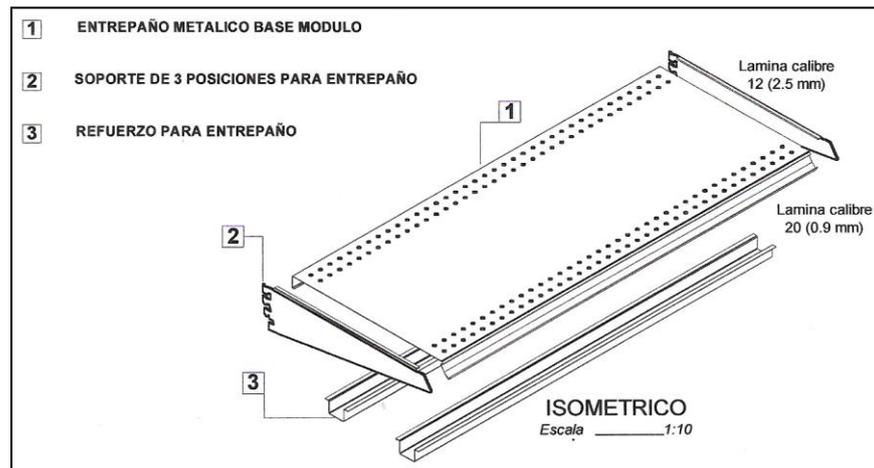


Figura 36. Entrepaño metálico de altura – módulo, con soportes de 3 posiciones y 2 refuerzos independientes, más canal portaprecio.

9.2.3.3 Consideraciones de proceso

Existe un punzón matriz, especial para elaborar los refuerzos de un solo golpe, el cual optimiza, disminuyendo los tiempos de ejecución.

La bandeja del entrepaño, es elaborada dobles por dobles, sin embargo existe otro punzón para elaborar el bisel portaprecio. Desafortunadamente dicho punzón constantemente ha presentado algunas fallas, lo que conlleva a largos tiempos de mantenimiento.

Entrepaño metálico de altura módulo con soportes tipo d y dos refuerzos repisados

Como entrepaño repisado módulo de altura se conoce lo siguiente:

- 2 soportes tipo D, o CFR
- 1 Bandeja repisada + canal porta precio.

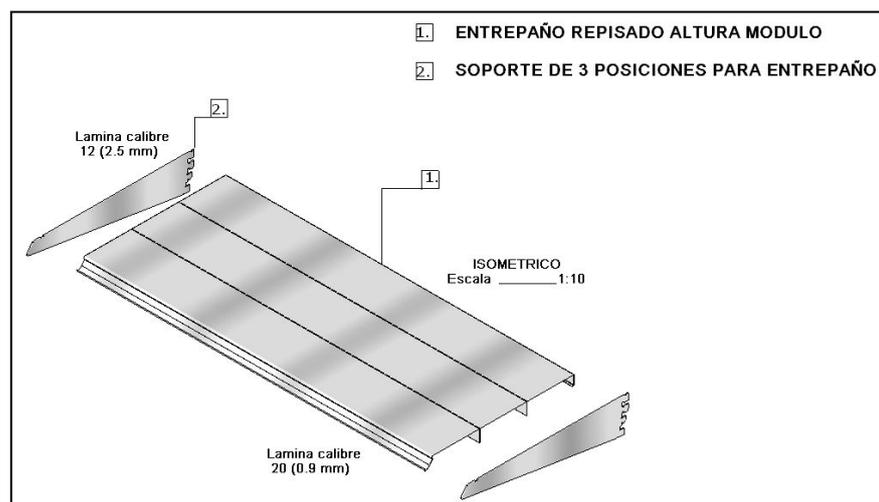


Figura 37. Entrepaño metálico de altura – módulo, con soportes de 3 posiciones y 2 refuerzos independientes, más canal portaprecio.

9.2.3.4 Consideraciones del proceso

Actualmente en la compañía no existe método similar al rolado de lámina metálica, por lo tanto las consideraciones de este proceso son netamente teóricas más no experimentales.

9.2.3.5 Porcentaje de ahorro en el proceso de manufactura

Tabla 8. Entrepañó ALGAMAR S.A. Relaciona cada uno de los procesos que intervienen en la elaboración del entrepañó, sobre unidades de medida que en este caso llamaremos *golpes*, con sus respectivos costos por ciclo.

Diseño Actual		
Procesos que intervienen en el diseño	Cantidad de ciclo por proceso, unidad de golpe	\$ de ciclo por proceso
Bandeja		
Punzonado	72	2376
Plegado	7P	623
Soldadura	4 mig	196
Subtotales		3195
Soportes		
Punzonado	42	1386
Plegado	2P	178
Soldadura	18 punto	252
Subtotales		1816
Refuerzos		
Corte	4	288
Plegado	8	712
Soldadura	48 punto	672
Subtotales	.	1672
Prep Superficie Total		182
Acabados		438
NETOS		\$ 7.303

Tabla 9. Nuevo diseño. Relaciona cada uno de los procesos que intervienen en la elaboración del nuevo entrepaño, sobre unidades de medida que en este caso llamaremos *golpes*, con sus respectivos costos por ciclo.

Diseño Nuevo		
Procesos que intervienen en el diseño	Cantidad de ciclo por proceso, unidad de golpe	\$ de ciclo por proceso
Bandeja		
Punzonado	95	3135
Rolado	973mm	514
Soldadura	4 mig	196
Subtotales		3845
Soportes		
Punzonado	42	1386
Plegado	2P	178
Soldadura	18 punto	252
Subtotales		1816
Prep Superficie Total		182
Acabados		438
NETOS		\$ 6.281

NOTA: \$514 pesos, es el costo aproximado de rolar 973mm de lámina. Estos datos fueron adquiridos a partir de un desarrollo externo, el cual consiste en rolar un fleje de lámina equivalente a 2400mm de largo. El precio resultante se obtuvo haciendo una regla sencilla de proporciones.

Tabla 10. Valor comercial de un fleje de lámina 4x8 (lámina de 1220x2440mm)

Valor lamina Cal (20) fleje	\$	42.224	29768 cm2
Valor lamina Cal (12) fleje	\$	117.288	29768 cm2
Rolado bisel triple		\$528 metro	

9.2.3.6 Tiempos de cada proceso

Tabla 11. Entrepaño ALGAMAR S.A. Relaciona el tiempo mínimo de ejecución por proceso, por el número de empleados que interviene en cada proceso.

Tiempos pesimistas de + o – 5 seg.

Tradicional		
Bandeja	Tiempo (Min)	No Empleados
Punzonado	1,00	1
Plegado	1,00	1
Soldadura MIG	0,35	1
Soportes		
Punzonado	8	1 Lotes
Plegado	0,12	1
Soldadura Punto	1,04	1
Refuerzos		
Corte	0,2	1
Plegado	0,32	1
Soldadura Punto	2	1
Total	14,03	8

Tabla12. Nuevo diseño. Relaciona el tiempo mínimo de ejecución por proceso, por el número de empleados que interviene en cada proceso.

Roller Former		
Bandeja	Tiempo (Min)	No Empleados
Punzonado	1,00	1
Rolado	0,05	2
Soldadura MIG	0,35	1
Soportes		
Punzonado	8	1 Lotes
Plegado	0,12	1
Soldadura Punto	1,04	1
Total	10,56	6

NOTA: el tiempo de rolado, en la tabla correspondiente a 0.05 minutos, corresponde al tiempo que se demora una máquina SaiBo YXOOKM38-350(450), proveniente de China, en rolar 973mm de lámina, bajo una máquina con las características de la Figura 38.



Main motor power	15 KW
Hydraulic motor power	5,5 KW
Roll stand	32
Formed speed	12 a 15 m/min
Uncoil	500mm/600mm
Thickness	0,4 - 0,8mm
Size	16 x 1,6 x 1,2 m
Machine weight	12 T
Material of cutter	CR 12 Mov
Transducer	ABB
PLC	Panasonic

Figura 38. Algunas de las características que presenta este tipo de máquinas diseñadas por esta compañía, entre ellas: potencia del motor principal, número de estaciones de rolado, velocidad del rolado, etcétera.

Tabla 13. Tiempo mínimo de preparación de superficies y acabados, más el número de empleados que intervienen en el proceso. Esta tabla es común para las dos propuestas.

	Tiempo (Min)	No Empleados
Prep Superficie Total	50	5
Acabados	60	12

Tabla 14. Total de tiempo en minutos que se demora la elaboración de cada uno de los entrepaños.

Proceso	Tiempo (min)	No empleados
Tradicional	124,3	25
Roller Former	120,56	23
Diferencial	3,47	3
Porcentaje	3%	8%

NOTA: el tiempo de elaboración de cada uno de los elementos relacionados en este estudio, no tiene gran diferencia, es sólo del 3%. A mayor unidades producidas, más stock en mis puestos de trabajo, generando los denominados cuellos de botella, lo que demuestra que la utilización de una herramienta de producción continua, requiere, además de un estudio de diseño de capacidad instalada, el cual no se contempla en los objetivos de este proyecto.

Tabla 15. Costo total de la mano de obra para producir un entrepaño ALGAMAR S.A.

Bandeja	Salario Promedio Hora	Uds/Turno	Cto Unidad
Punzonado	2791,7	422,40	6,61
Plegado	2791,7	422,40	5,61
Soldadura MIG	2708,3	722,30	3,75
Soportes			16,97
Punzonado	2791,7	3696	0,76
Plegado	2791,7	2112	1,32
Soldadura Punto	2083,3	395,58	5,27
Refuerzos			7,34
Corte	2083,3	1267,20	1,64
Plegado	2791,7	792,00	3,52
Soldadura Punto	2083,3	211,20	9,86
			15,03
Total MO			39,34

NOTA: Salario promedio Colaborador calificado: \$670.000

Salario promedio colaborador No calificado: \$500.000

Turno al 88% de capacidad: 7.04 Horas

Es importante saber que el salario promedio hora en procesos como el punzonado y el plegado o rolado, corresponde a cifras del salario promedio del colaborador calificado, por lo tanto el proceso es más costoso. La capacidad instalada al 88% de capacidad, es de 422.4 unidades en un turno de 7.04 horas.

Tabla 16. Costo total de la mano de obra para producir una unidad del nuevo diseño.

Roller Former Con Unidad de Corte			
Bandeja	Salario Promedio Hora	Uds/Turno	Cto Unidad
Punzonado	2791,7	422,40	6,61
Rolado	2791,7	5068,80	0,55
Soldadura	2708,3	722,30	3,75
Soportes			10,91
Punzonado	2791,7	3696,00	0,76
Plegado	2791,7	2112,00	1,32
Soldadura	2083,3	395,58	5,27
			7,34
Total			18,25

NOTA: en un turno, la máquina puede producir un total de 5069 unidades, con un costo por unidad de 55 centavos.

Tabla 17. Costo total de la mano de obra para producir una unidad del nuevo diseño (sin unidad de corte)

Roller Former Sin Unidad de Corte			
Bandeja	Salario Promedio Hora	Uds/Turno	Cto Unidad
Punzonado	2791,7	422,40	6,61
Rolado	2791,7	1810,28	1,54
Soldadura	2708,3	722,30	3,75
Soportes			11,90
Punzonado	2791,7	3696,00	0,76
Plegado	2791,7	2112,00	1,32
Soldadura	2083,3	395,58	5,27
			7,34
Total			19,24

NOTA: en un turno, la máquina puede producir un total de 1810 unidades, con un costo por unidad de 2,54 pesos.

Tabla 18. Capacidad diseñada, capacidad instalada por turnos en ALGAMAR S.A.

Capacidad en Tiempo (MIN)		88%	Variable
Turnos	CD	CI	CU
6am-2pm	480	422,4	
2pm-10pm	480	422,4	
10pm-6am	480	422,4	

Tabla 19. Operación supuesta con 1000 unidades producidas.

Supuesto		
	Unidades producidas	CMV
Convencional	1000	\$ 7.303.000
Roll forming	1000	\$ 6.281.000
Diferencia		\$ 1.022.000
Porcentaje de Ahorro		14%

NOTA: nótese que el porcentaje de ahorro entre los dos casos de estudio, entrepaño ALGAMAR S.A. y nuevo diseño, es del 14%, equivalente en este supuesto a \$1'022.000 pesos

9.2.4 Análisis del acero coldrolled grado herramienta

9.2.4.1 W 302 AISI H13

Tipo de aleación: C 0,39 Si 1,1 Mn 0,4 Cr 5,2 Mo 1,2 V 1,0%

Estado de suministro: recocido.

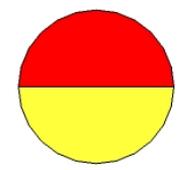
Cualidades: Magnífica templabilidad; combina una gran tenacidad con una adecuada resistencia a los choques térmicos.

Características mecánicas:

Resistencia a la tracción en estado recocido: 690-780 N/mm²

Dureza Brinell en estado recocido: Max. 235 HB

Dureza Rokwell C en estado templado: 52 – 56 RC (aceite), 50 – 54 RC (aire)



TRATAMIENTO TERMICO

Forjar: 1100 – 900 °C

Recocer: 750 – 800 °C

Destensionar: 600 – 650 °C

Templar: 1020 – 1080 °C

Revenir: 400 – 650 °C

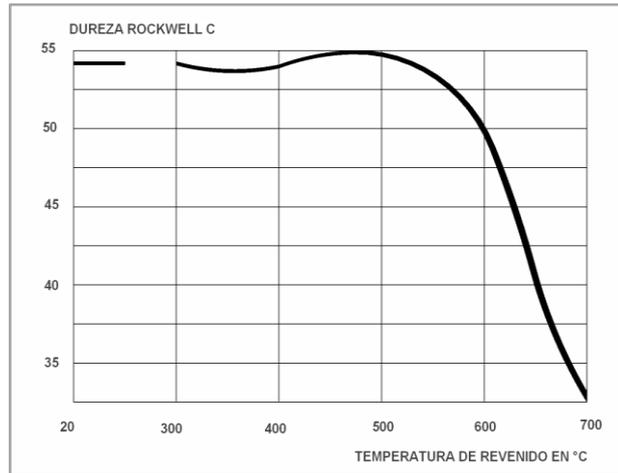


Tabla 20. Temperatura de revenido para el acero H13.

9.2.4.2 K 460 AISI 0-1

Tipo de aleación: C 0,95 Si 0,3 Mn 1,1 Cr 0,5 V 0,1 W 0,5 %

Estado de suministro: recocido.

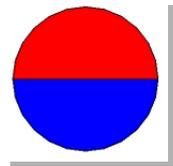
Cualidades: gran adaptabilidad para múltiples aplicaciones, buena resistencia al desgaste y magnífica tenacidad, suave en el mecanizado. Templable en baño isotérmico o en aceite.

Características mecánicas

Resistencia a la tracción en estado recocido: 600 – 750 N/mm²

Dureza Brinell en estado recocido: Max. 225 HB

Dureza Rockwell C en estado Templado: 63 – 65 RC



TRATAMIENTO TERMICO

Forjar: 1050 – 850 °C

Recocer: 710 – 750 °C

Templar: 780 – 820 °C

Revenir: 100 – 400 °C

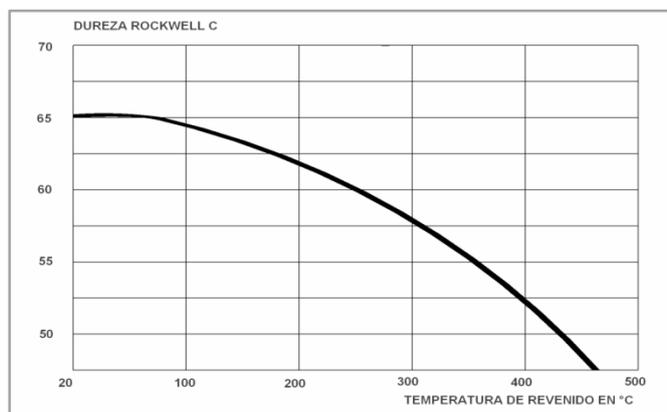
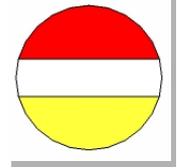


Tabla 20. Temperatura de revenido para el acero AISI 0.1

9.2.4.3 W500 AISI L6



Tipo de aleación: C 0,55 Si 0,25 Mn 0,75 Cr 1,10

Mo 0,50 Ni 1,70 V 0,10

Cualidades: Acero de excelentes propiedades para matrices de estampación en caliente de máxima tenacidad y templabilidad total, apto para el temple en caliente o en aire.

También propicio para dados de extrusión, cuchillas para corte en caliente, moldes para material plástico.

Dureza HB Max (recosido): 248

TRATAMIENTO TERMICO

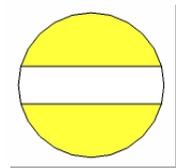
Recocer: 650 – 700 °C

Templar: 830 – 870/O, 870 – 900/A

Tabla 21. Temperatura de revenido para el acero H13.

Dureza alcanzable HRC	Dureza HRC PROMEDIO DESPUÉS DEL REVENIDO A... °C								
	100	200	300	400	500	550	600	650	700
52 - 58	.	.	.	50	46	43	40	36	.
44 - 50	.	.	.	48	44	41	38	35	.

9.2.4.4 K 107 AISI D6



Tipo de aleación: C 2,10 Cr 11,5 W 0,70

Cualidades: Acero ledeburítico al 12% de cromo, de mínima variabilidad de medidas y gran resistencia al desgaste. De aplicación en primer lugar para punzones de gran rendimiento, cizallas con capacidad de corte de hasta 4mm, de espesor, para herramientas de embutición profunda. Cojinetes rodillos de roscas por laminación.

Dureza HB Max (recosido): 250

TRATAMIENTO TERMICO

Recocer: 800 – 850 °C

Templar: 950 – 980 O, S AB, S

Tabla 22. Dureza promedio después del revenido para AISI D6.

Dureza alcanzable HRC	Dureza HRC PROMEDIO DESPUÉS DEL REVENIDO A °C								
	100	200	300	400	500	550	600	650	700
65 - 66	65	63	61	60

9.2.4.5 Costo de los Aceros grado herramienta.

Cotización elaborada a la compañía distribuidora. Herramientas y perfiles S.A. Medellín.

Tabla 23. Costo de los aceros analizados.

AISI	0,1	D6	A2	D2	H13
\$/Kg	35000	35000	35000	55000	65000

Precios más el 16 % IVA

Precios sujetos al alza del mercado

Licinia Zapata Ochoa

Gerente de ventas.

Nota. El tipo de acero a utilizar el desarrollo de los rodillos de arrastre es el AISI D6, por sus excelentes propiedades fisicoquímicas y su alta templabilidad, además se consigue en el mercado con un precio aproximado de \$ 35000 pesos más IVA.

9.3. EVALUACIÓN

Teniendo la alternativa de Solución Viable y que cumple con lo estipulado en el PDS y demás análisis para su buen desarrollo, se entra en la etapa de evaluación que permite seleccionar la alternativa inicial como definitiva, la cual se revisará en el diseño de detalle y se evaluará por parte del usuario para verificar que realmente funciona y que a la vez soluciona el problema planteado por la compañía, de lo contrario se harán las correcciones necesarias.

Dentro del desarrollo del proyecto se intentará adquirir la maquina mediante un leasing que la compañía adquiere con las entidades financieras respectivas para estos casos, esto si el tiempo y la empresa lo permite, aun cuando esto **No hace parte del alcance del proyecto.**

9.3.1 DISEÑO DE DETALLE

En las operaciones descritas en esta acción se usan rodillos para formar láminas metálicas. El doblado con rodillos es una operación en la cual generalmente se forman partes grandes de lámina metálica en secciones curvas por medio de rodillos. Cuando la lámina pasa entre los rodillos, éstos se colocan uno frente al otro en una configuración que forma el radio de curvatura deseado en el trabajo. *Figura 39.* Mediante esta operación, se puede doblar perfiles estructurales, rieles de ferrocarril y tubos.

- **¿Qué es el formado por rodillos de arrastre?**

El *formado con rodillos*, también llamado *formado con rodillos de contorno*, es un proceso continuo de doblado en el cual se usan rodillos opuestos para producir secciones largas de material, formado a partir de cintas o rollos de lámina. Generalmente se requieren varios pares de rodillos para lograr progresivamente el doblado del material en forma deseada²⁰.

²⁰ Michael P. Groover , fundamentos de manufactura moderna , Doblado por rodillos Pág. 531 Cap. 22.

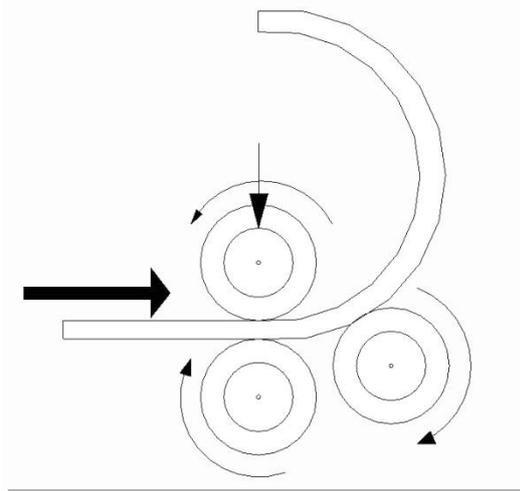


Figura 39. Principio fundamental del rolado de Lámina y película Metálica. Cortesía Groover.

En el doblado en V, *Figura 40*, la lámina de metal se dobla entre un punzón y un dado en forma de V, los ángulos incluidos, que fluctúan desde los muy obtusos hasta los muy agudos, se pueden hacer con dados en forma de V, esto se usa generalmente para operaciones de media producción. Los dados son relativamente simples y de bajo costo.



Figura 40. Rodillo en forma de V. Fuente: Rolldrawings.com

3.3.1.1 Clases de rodillos de arrastre que intervienen en el proyecto.

- **Haladores.** Son los encargados de imprimir el mayor grado de arrastre, por lo general suelen ser los más grandes de su clase y necesitan

mucho más contacto con la superficie, suelen ser de una sola pieza es especial para cubrir todo el ancho del fleje laminar.

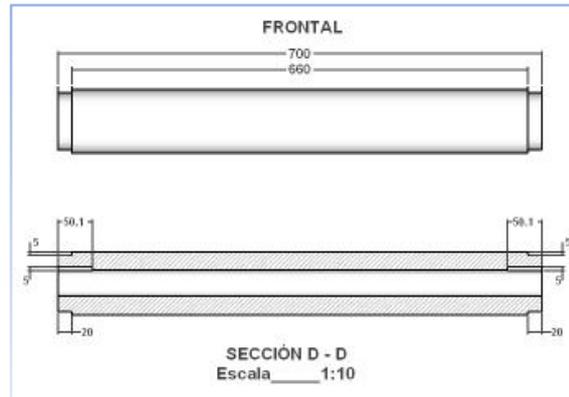


Figura 41. Detalle del rodillo halador M11.

- **De guía.** Estos sirven para guiar el camino por donde la lámina debe de seguir su rumbo, tiene que estar perfectamente en línea con el rodillo Halador, de esta forma la lámina nunca se sale de su rumbo.

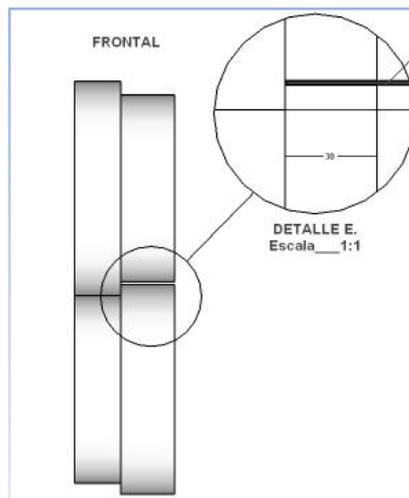


Figura 42. Detalle frontal de los rodillos de guía MH 21,22.

- **Formadores.** Estos son los que cumplen la función de brindarle la forma a la lámina, suelen ser de diferente material que los Haladores y que los de Guía, esto debido al criterio de dureza y desgaste.

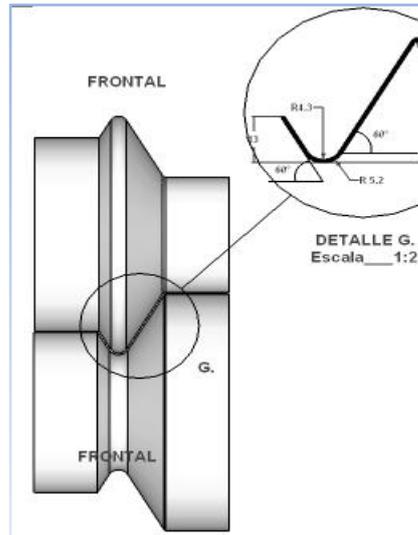


Figura 43. Detalle frontal de los rodillos de formado MH 61.

- **Afinadores.** Son los encargados de poner a punto la forma deseada (calibradores), suelen ser los más refinados en su diseño, mejor acabados estético y suelen manejar mayor precisión y tolerancias dimensionales.

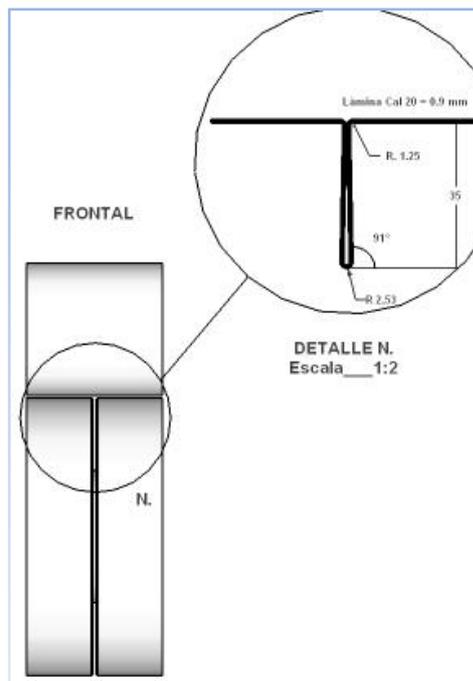


Figura 44. Detalle frontal de los rodillos Afinadores MH 72,73.

9.3.1.1 Tolerancia de doblado²¹

Quizás lo más importante a tener en cuenta, sea la distribución final de los dados, *Figura 45*; para conocer la longitud inicial de la pieza, es necesario calcular el **BA = tolerancia de doblado**, por cada uno de los dobleces que presente la pieza; para esto es preciso conocer el ángulo de doblado **A**, el radio de doblado **R**, el espesor del material **t** y la constante **Kba** {2} si para $R < 2(t) = 0.33$, o para $R \geq 2(T) = 0.50$



Figura 45. Detalle lámina rolada. Fuente: Rolldrawings.com

Según la dificultad del doblado o del espesor de la lámina, se disponen los dados en la máquina Rollerformer: a menos dados, más potencia; a mayor número de dados, menor potencia de máquina.

Para este tipo de operaciones encontramos distintas configuraciones de dados, que van desde formas oblicuas como: ángulos rectos, llanos, agudos, repisados; conformación de: perfilera multiforma, hasta tuberías rectas y redondas. Además en el equipo utilizado para dichas operaciones, se combinan diferentes procesos como: corte, punzonado y soldadura. Como se aprecia en la *Figura 46*: un perfil multiforma, que al final de la línea se une por medio de un cordón de soldadura.

²¹ Michael P. Groover, fundamentos de manufactura moderna, tolerancia de doblado Pág. 510 Cap. 22.

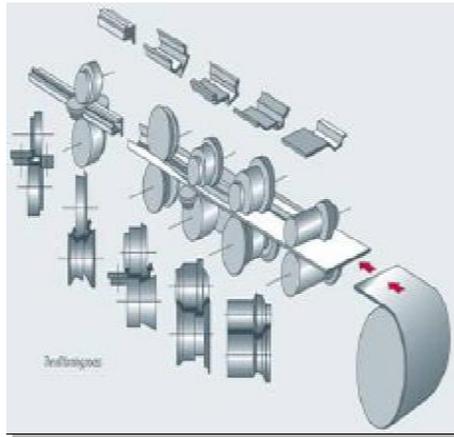


Figura 46. Modelación Perfil multiforma siendo rolado. Fuente: Rolldrawings.com

Si se dobla una lámina metálica, dicho metal tiene un módulo de elasticidad $E = 30 \times 10^6$ lb/pulg², una resistencia a la fluencia de $Y = 40000$ Lb / pulg² y una resistencia a la tensión $TS = 65000$ lb/pulg².

Lo que debemos empezar por determinar es el tamaño inicial de la pieza y la fuerza de doblado si se usa un dado en V con una abertura, ejemplo de $D = 1.0$ pulg.

La siguiente ecuación sustenta este comportamiento:

$$BA = 2\pi (A/360)(R + Kbat)$$

Donde:

BA = Tolerancia de doblado

A = ángulo de doblado en grados

R = radio de doblado

t = espesor del material.

Kba = factor que indica el espesor estirado

Relación Kba. Para Kba (2): si $R < 2t$, $Kba = 0.33$; y si $R \geq 2t$, $Kba = 0.50$.

Estos valores de Kba predicen que el estiramiento ocurre solamente si el radio de doblado es más pequeño en relación con el espesor de la lámina,

Entonces **Kba** = 0.33 ya que $Rt = 0.187 / 0.125 = 1.5$ (menor que 2.0)

$$BA = 2(3.1415)(60/360)(0.187 + (0.33 \times 0.125)) = 2.39 \text{ pul}$$

La longitud de la pieza es entonces $2.500 + 0.239 = 2.739 \text{ pulg.}$

b) la fuerza de doblado se obtiene de la ecuación.

Se tiene entonces para hallar la fuerza de doblado:

$$F = \frac{K_{bf} \cdot TS \cdot W \cdot t^2}{D}$$

F = Fuerza de doblado

TS = resistencia a la tensión del metal en lámina

W = ancho de la parte en la dirección del eje de doblado

t = espesor del material

D = dimensión del dado abierto

K_{bf} = constante que considera las diferencias encontradas en un proceso real de doblado. Su valor depende del tipo de doblado; para doblado en V, $K_{bf} = 1.33$ y para doblado de bordes, $K_{bf} = 0.33$.

Si el dado es una configuración de doblado en V *Figura 47*, la dimensión D se toma desde los extremos del yunque pasando por el flete, y siendo la constante de doblado $K_{bf} = 1.33$

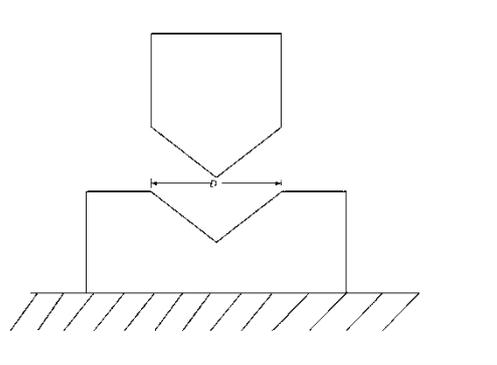


Figura 47. Detalle de la dimensión D extremos del yunque.

Entonces:

$$F = \frac{1.33(1.75)(65000)(0.125)^2}{1.0} = 2364 \text{ Lbf}$$

En conclusión tenemos que: esta pieza de metal tiene una longitud real de 2.739 pulg. (Antes de que fuera doblada) y se necesita una fuerza de 2364 Lbf para poder doblarla bajo las especificaciones dadas.

Sabiendo cómo se procede ahora se lleva a el caso específico de un entrepaño tipo D con dimensiones como las que se muestran en la *Figura 48*.

Se trata de un entrepaño repisado de 400mm de profundidad. La optimización del tiempo de ejecución (en unidades producidas), si se compara con mano de obra, se estima en un aproximado de 6m por minuto.

Primero se debe hallar el desarrollo de la lámina (dimensiones nominales de la lámina, antes de ser doblada), para esto se estima el valor de estiramiento por cada doblez que se efectúa en ella como se presenta a continuación.

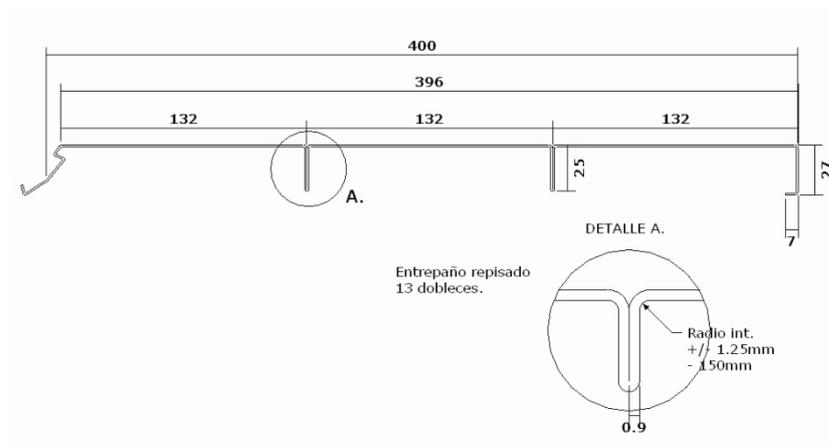


Figura 48. Corte lateral de bandeja para entrepaño tipo D con refuerzos repisados

Para este caso se anexan las dimensiones y los ángulos del bisel porta pecio, *Figura 49*. Además se utiliza un rodillo de radio de canto de 1.25 mm, ángulo 60° y abertura de 6 mm.

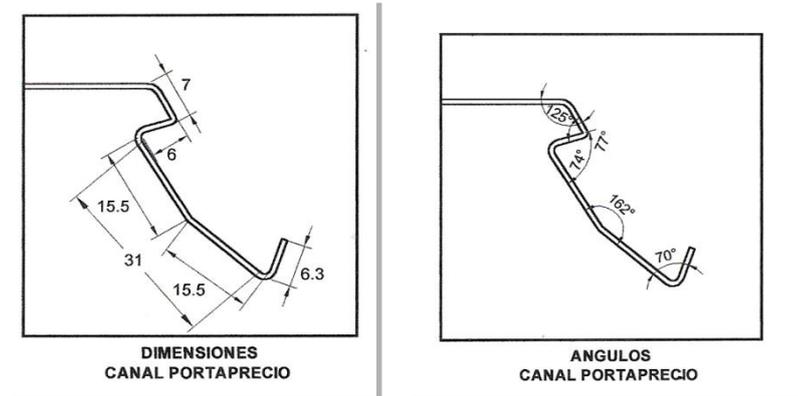


Figura 49. Detalle dobleces y ángulos canal portaprecio para entrepaño tipo D (corte lateral)

En la *Tabla 24* se relacionan los diferentes valores para Kba y el número Ba respectivamente para cada doblez que se presenta en la pieza.

En este caso la constante de doblado Kba está dada por:

$$R < 2t = 0.33 \text{ entonces para el caso } \{2\}: (0.90, 1.25) \rightarrow 0.90/0.90 < 2$$

$1 < 2 = 0.33$ y para $1.25 / 0.9 < 2 \rightarrow 1.39 < 2 = 0.33$ para ambos casos respectivamente.



Figura 50. Detalle de los dobleces contenidos en un entrepaño tipo D (corte lateral).

Tabla 24. Ángulos, dimensiones y tolerancia de doblado para cada uno de los dobleces de un entrepaño tipo D.

ANGULO	A GRADOS °	DIMENSIÓN 1	DIMENSIÓN 2	RADIO	ESPESOR	Kba	BA	LONGITUD
A1	90°	7 mm	27 mm	1mm	0,9mm	0,33	2,03	36,46
A2	90°	27mm	132 mm	1mm	0,9mm	0,33	2,03	161,43
A3	90°	132 mm	25 mm	1mm	0,9mm	0,33	2,03	159,43
A4	180°	25 mm	25 mm	0.9mm	0,9mm	0,33	3,76	53,76
A5	90°	25 mm	132 mm	1mm	0,9mm	0,33	2,03	159,43
A6	90°	132 mm	25 mm	1mm	0,9mm	0,33	2,03	159,43
A7	180°	25 mm	25 mm	0.9mm	0,9mm	0,33	3,76	53,76
A8	90°	25 mm	132 mm	1mm	0,9mm	0,33	2,03	159,43
A9	55°	132 mm	7 mm	1mm	0,9mm	0,33	1.24	140,5
A10	103°	7 mm	6mm	1mm	0,9mm	0,33	2.33	16,35
A11	16°	6 mm	15.5 mm	1mm	0,9mm	0,33	0.36	20,93
A12	18°	15.5 mm	15,5 mm	1mm	0,9mm	0,33	0.41	31,49
A13	110°	15.5 mm	6,3 mm	1mm	0,9mm	0,33	2.5	25,27
						Total	24.5	

- Los valores mostrados en color azul se descartan por ser un estiramiento demasiado inferior.

Nota: para un doblado a 180° se toma como radio de doblado el espesor de la lámina **R = 0.9 mm**.

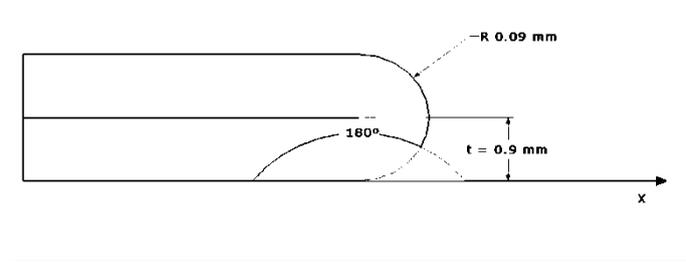


Figura 51. Detalle Repisado perfecto

El tamaño total de la lámina que se necesita para la elaboración del entrepaño, está dada por la suma de las longitudes involucradas, menos el respectivo valor **Ba** (tolerancia de doblado) pertinente para cada doblado.

$579,30 - (24.5/2) = 568 \text{ mm}$ es la longitud en profundidad de lámina necesaria, para la elaboración de un entrepaño repisado de tipo D profundidad 400 mm.

El **Ba** total, se divide entre dos “por el factor de seguridad”, comúnmente utilizado en la compañía.

Una vez determinado el desarrollo de la pieza, se procede mediante especificaciones técnicas a punzonar y cortar la lámina como se muestra en la *Figura 51 y 52*.

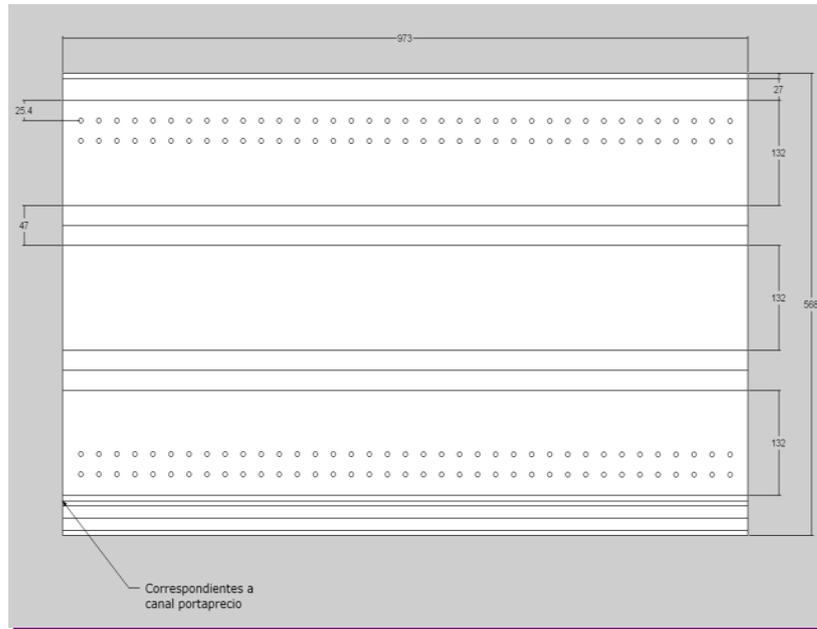


Figura 52. Desarrollo de lámina para entrepaño tipo D.

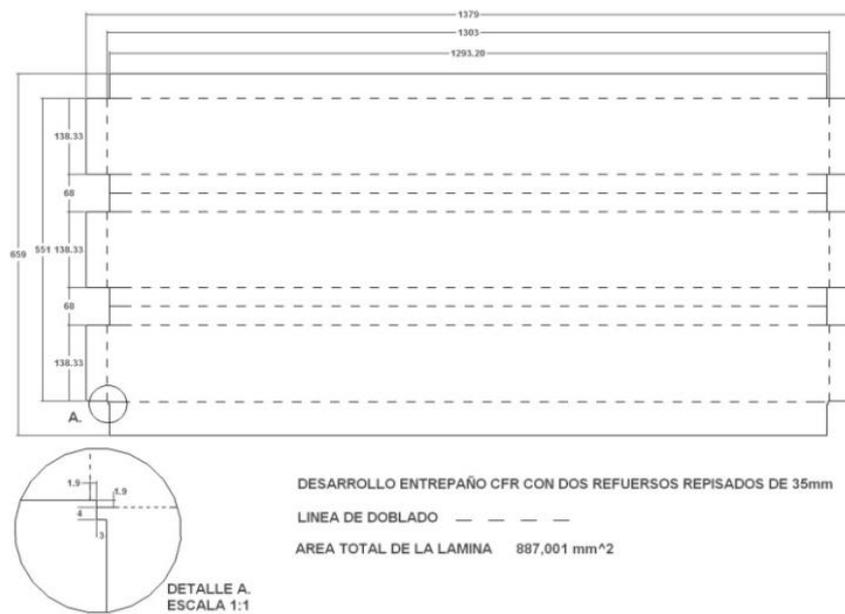


Figura 53. Desarrollo de lámina para entrepaño tipo CFR.

9.3.1.2 Desarrollo de lámina

Siguiendo los cálculos establecidos podemos encontrar los desarrollos de las diferentes referencias para entrepaños tipo CFR como: 315, 415 y 515, de profundidad.

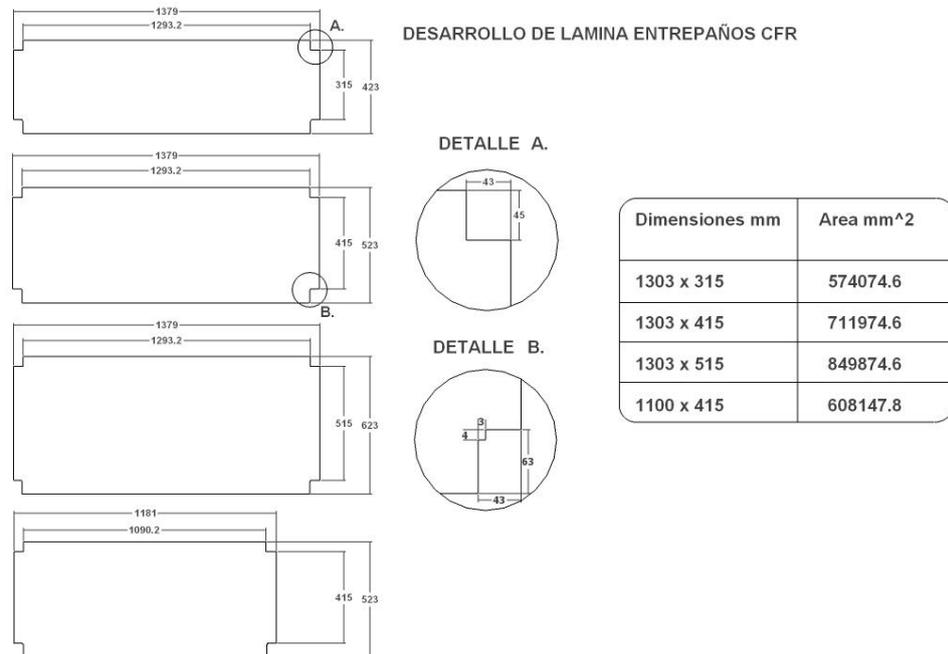


Figura 54. Desarrollos nominales de lámina para entrepaños tipo CFR.

9.3.1.3 Diagramas de flor

Los diagramas de flor son los bosquejos más importantes para el desarrollo posterior de los rodillos de arrastre, estos son la simulación previa de cada una de las estaciones por las cuales el fleje laminar debe pasar durante su recorrido en la banca de la máquina.

El número de “pétalos de flor” depende del número de estaciones que posea la máquina, de la complejidad del perfil y del calibre de lámina que se desea rolar. Para el desarrollo de este proyecto cada una de las flores posee siete pétalos lo que significa que se obtiene un ángulo de 15° entre pétalos de flor.

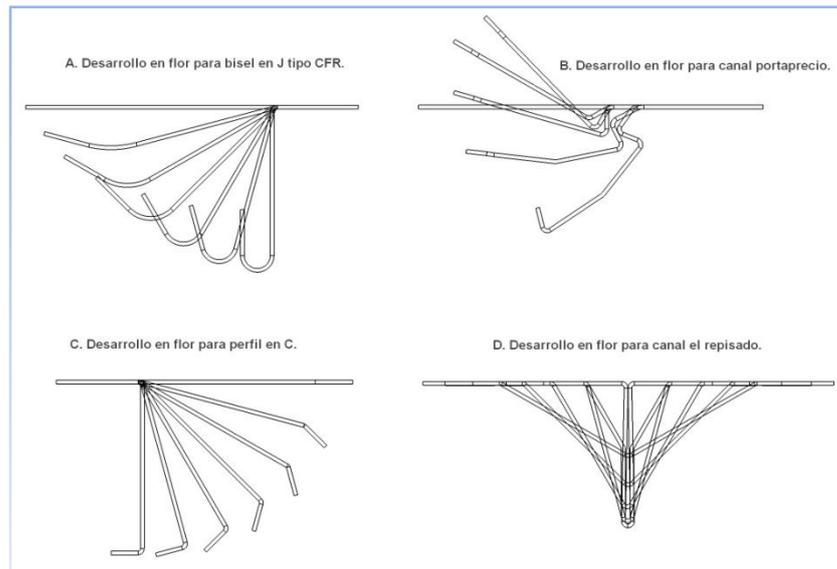


Figura 5. Desarrollo en flor para entrepaños repisados. Diseñados Simply.

Nota. En la *Figura 54* se puede observar como el desarrollo del canal portaprecio sobrepasa la línea horizontal superior, esto se debe a que primero es necesario solucionar los problemas de ángulos obtusos, los cuales se mencionan más adelante.

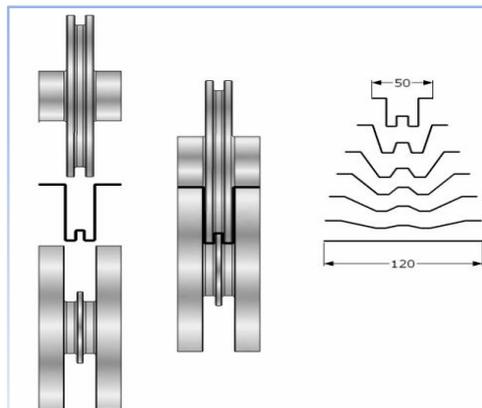


Figura 56. Desarrollo en flor para refuerzo de entrepaño.

Quizás una de las formas más complejas del diseño de una flor es el diseño de rodillos para crear repisados; dentro de este análisis se estudiaron cuatro posibilidades de Repisados, cada uno de ellos con un desarrollo de lámina y geometría diferente *Figura 56*.

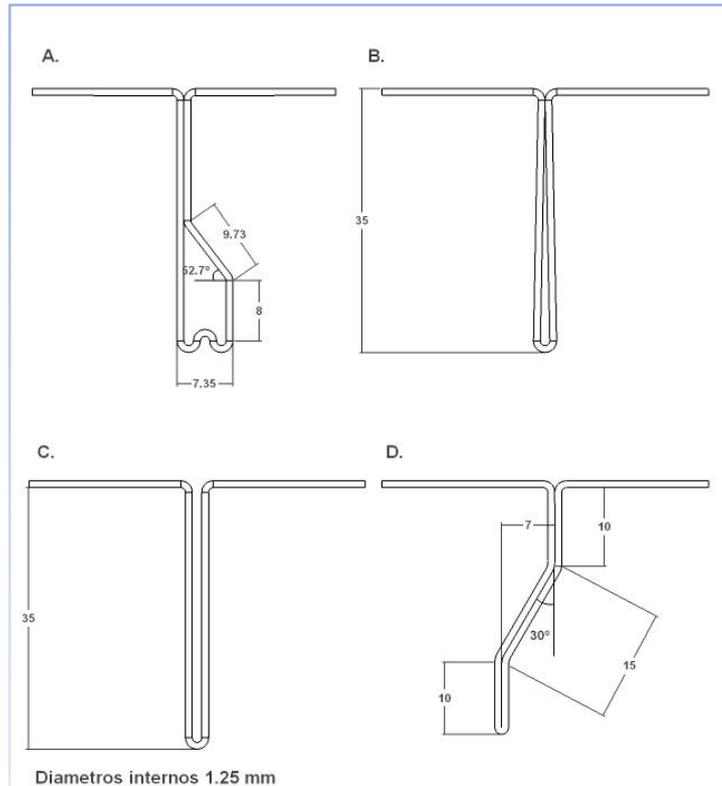


Figura 57. Desarrollo de lámina para refuerzos repisados.

Nota. En la *figura 57*, se muestran los cuatro refuerzos repisados en sus vistas laterales, analizados desde el punto de vista productivo entre ellos:

A. Este repisado posee un ensanchamiento en la base, lo que le brinda a la bandeja del entrepaño mayor resistencia a la carga, pero en contraposición incrementa el área del corte de la lámina, incrementa el área de acabados y puede almacenar polvo y otras suciedades.

B. Este repisado posee por su geometría menos resistencia a la carga, pero es mínima el área de corte de la lámina, además no se incrementa el área de acabados y por su estrechamiento en la coyuntura superior, no permite el paso de suciedades.

C. Este repisado muy similar al anterior, posee la abertura completa, lo que conlleva al almacenamiento de suciedades. Es un requerimiento que este tipo de entrepaños no posean ningún tipo de rendijas donde se

puedan albergar pequeños insectos por ejemplo: (entrepaños para exhibición de productos alimenticios)

D. Este repisado de alta resistencia a la carga, posee una cierta dificultad, en última estancia para este tipo de desarrollos se necesita de un rodillo de transición para generar los 30° que se observan en el *Figura 57*. algo que no se contempla en este proyecto.

9.3.1.4 La horizontal

En todo diagrama de flor se debe trazar una horizontal, la cual es el punto de partida de todos los dobleces que se pretenda en una lámina. En cierto tipo de operaciones de Rollforming los dobleces se abren por encima de la horizontal, como es el caso de rolado de tubería (redonda y cuadrada), pero en la mayoría de operaciones con lámina para bandejas y otros tipos de flejes, se realiza a la inversa, por debajo de la horizontal como lo muestra uno de los diseños previos de rodillería para rolar entrepaño tipo D. *Figura 58*.

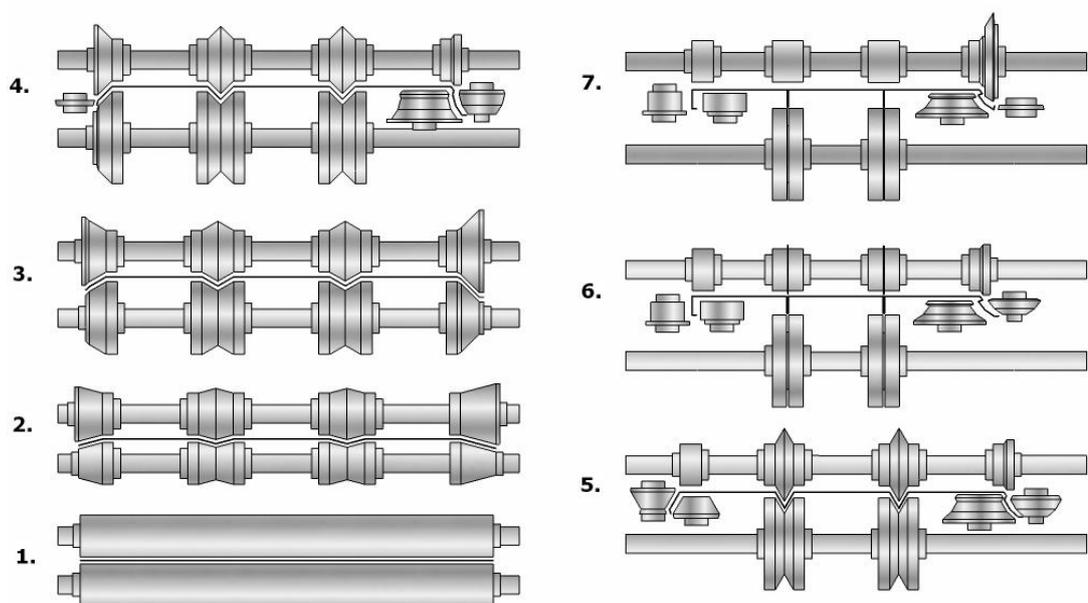


Figura 58. Rodillería para entrepaño tipo D.

Nota. Obsérvese en las estaciones 4, 5, 6,7 la utilización de rodillos de transición para rolar cierto tipo de ángulos que con rolado vertical no sería posible.

9.3.1.5 Simply Rollforming tooling

Simply RH 95: Es un software el cual puede diseñar los desarrollos de rodillos de arrastre necesarios para la elaboración de cualquier perfil metálico bajo el principio de Rollforming. Introduciendo parámetros y datos precisos tales como: (calibre de la lámina, material, número de dobleces por fleje de lámina, radios, distancia desde el radio, etc.), podemos construir una aproximación muy precisa en dos dimensiones de: medidas, ángulos, radios y detalles que debe tener un rodillo para el rolado de la pieza introducida.

Para dicho análisis tomaremos los dobleces del entrepaño tipo CFR que sean más relevantes, en la gráfica que se muestra a continuación estarán enumerados dichos dobleces.

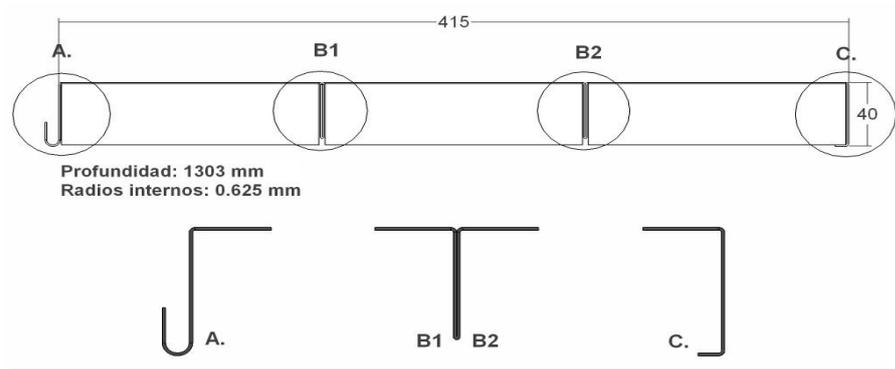


Figura 59. Detalle de los dobleces que van a desarrollar en Simply.

En primera instancia se parametriza el tipo de doblez que se necesita, en este caso se analizará el canal en J para entrepaño tipo CFR, Nótese en el Gráfico como se elabora el dibujo partiendo de patrones Vectoriales.

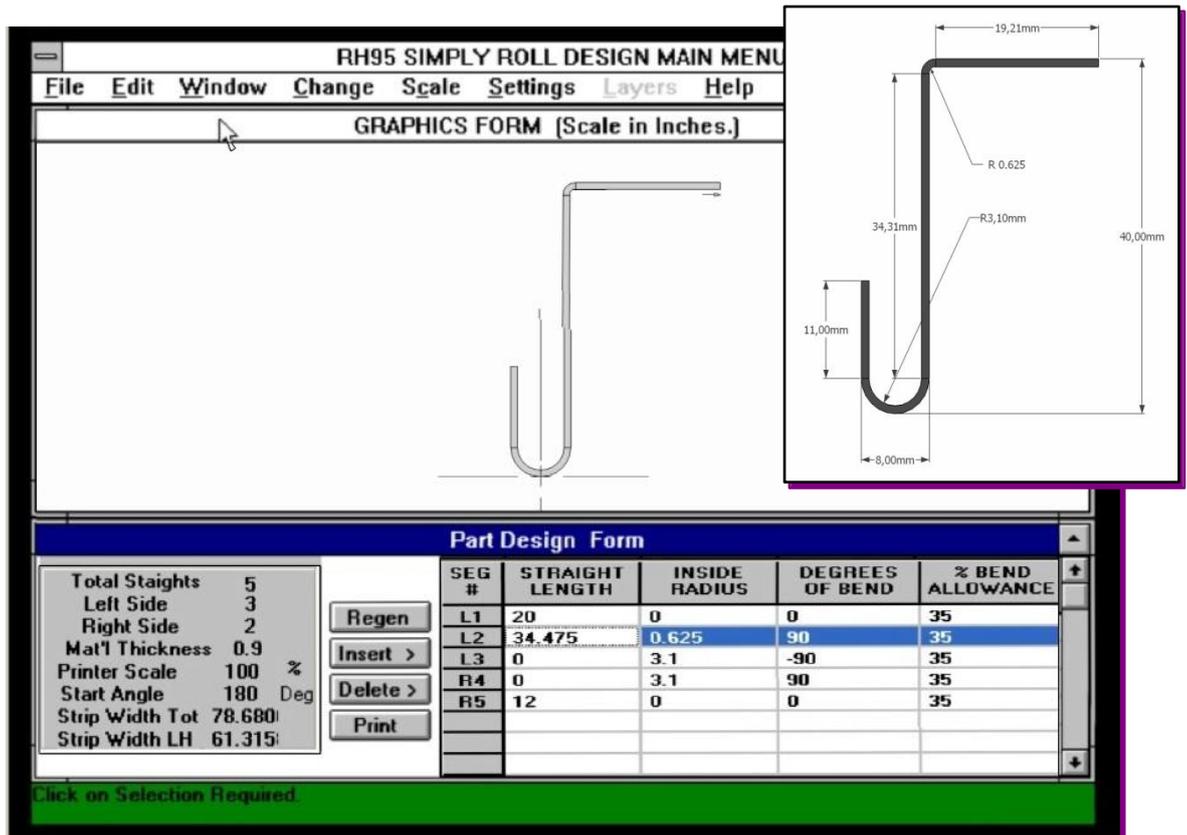


Figura 60. Introduciendo las coordenadas para dibujar los respectivos dobleces en Simply.

En el cuadro de diálogo se introducen características preliminares de la pieza a modelar tales como: segmentos totales, segmentos a la derecha, segmentos a la izquierda, espesor del material, ángulo de inicio.

SEG #	STRAIGHT LENGTH	INSIDE RADIUS	DEGREES OF BEND	% BEND ALLOWANCE
L1	20	0	0	35
L2	34.475	0.625	90	35
L3	0	3.1	-90	35
R4	0	3.1	90	35
R5	12	0	0	35

Figura 61. Cuadro de diálogo y coordenadas para dibujar los respectivos dobleces en Simply.

El software genera la flor respectiva para cualquier tipo de doblez, sólo es necesario introducir el número de estaciones que posee la máquina, definir el eje central, y el radio interior de doblado *Figura 62*.

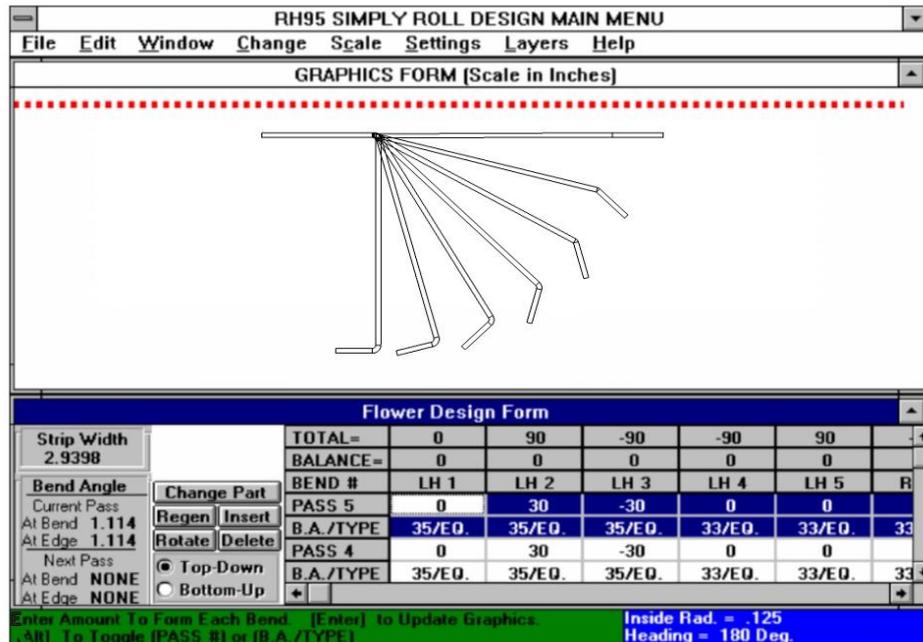


Figura 62. Cuadro para desarrollo en flor del perfil en C en Simply.

Por último el software genera una modelación acotada en 2D de los respectivos rodillos macho y hembra para cada uno de los pétalos de la flor. Como recomendación, es indispensable solucionar previamente los problemas de ángulos agudos u obtusos, ya que el modelador solo dibuja los parámetros establecidos por los usuarios, generando en muchos de los casos malos diseños.

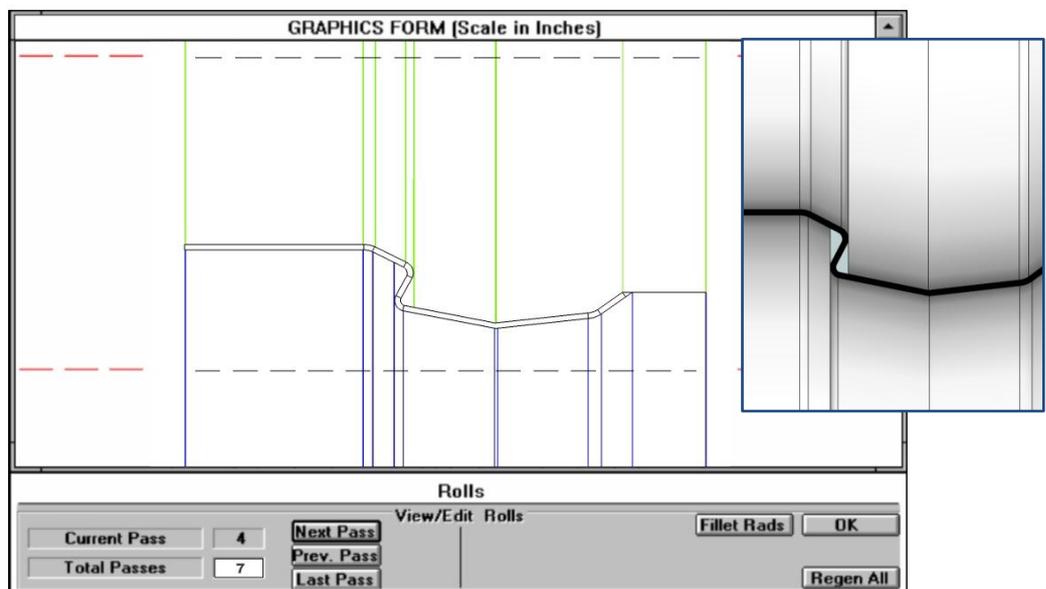


Figura 63. Rodillos finales en 2D desarrollados en Simply.

9.3.1.6 Consideraciones y restricciones para rodillos de arrastre

Es de suma importancia tener en cuenta las siguientes consideraciones para el desarrollo de los rodillos de arrastre, estas garantizan el correcto funcionamiento del rodillo enfrentado a la lámina. Entre ellas las más importantes son:

- **Ángulos agudos y obtusos:** Este tipo de ángulos resultan demasiado dificultosos para desarrollar, en la mayoría de los casos se sugiere utilizar rodillos de transición o estáticos como apoyo.

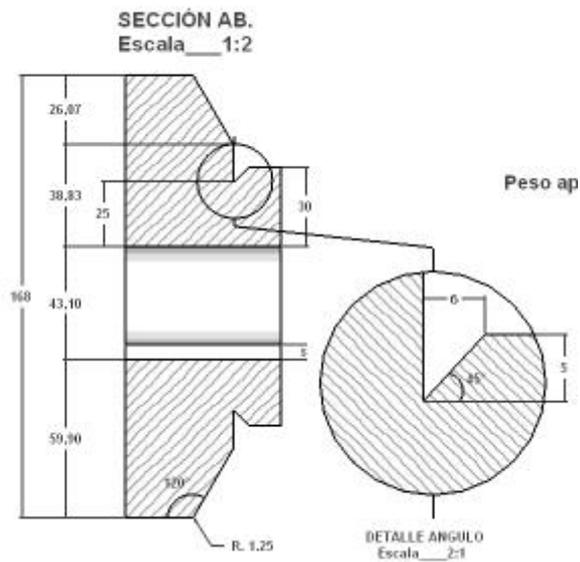


Figura 64. Detalle de ángulo agudo en sección lateral de rodillo.

- **Rodillos de transición:** Este tipo de rodillos permite la formación de geometrías complejas que no son posibles de realizarse con solo un par macho y hembra, las mayoría de las Rollfomer machines, no poseen los ejes necesarios para dicho fin.

Los rodillos de transición por lo general son usados para desarrollar perfiles cerrados, tubería cuadrada con engargolados y repisados.

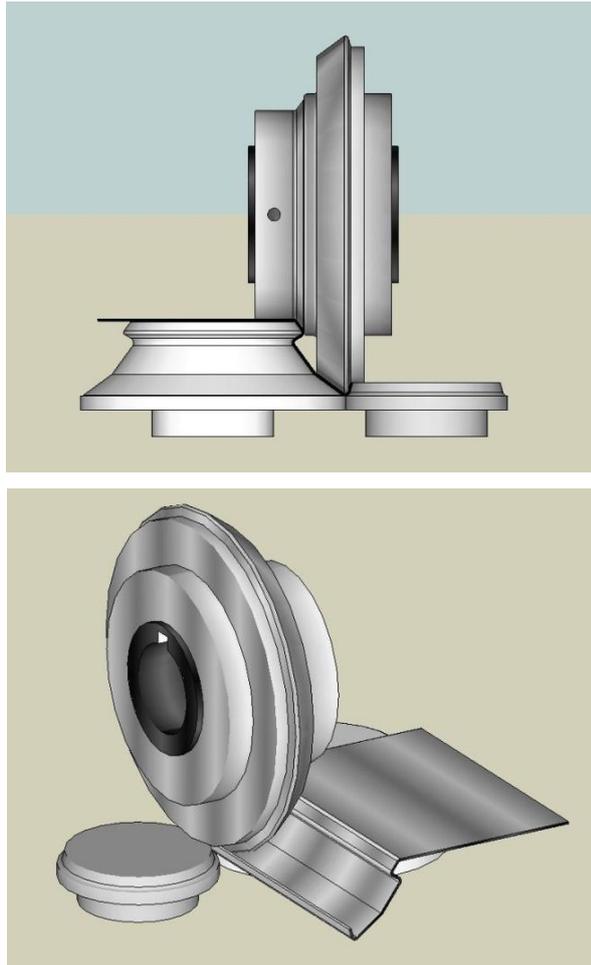


Figura 65. Detalle de un tercer rodillo de transición rolando canal portaprecio para entrepaño tipo D.

- **Coyuntura anticorte:** los rodillos configurados en V con pequeños radios tienden regularmente a cortar y generar arranque de viruta en la lámina como si fuera una operación de torneado, las pequeñas tolerancias y las incorrectas revoluciones de la maquina en nefastas circunstancias llegan a dividir la lámina.

Una solución es la coyuntura anticorte, se trata de un espacio entre los dos rodillos Macho y Hembra que permite una tolerancia para evitar cortes involuntarios de lámina.

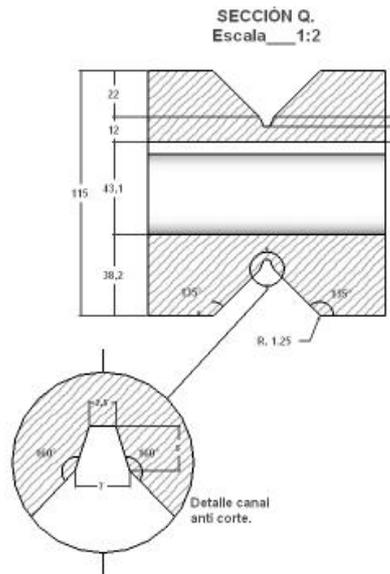


Figura 66. Detalle de una coyuntura anticorte en rodillo de arrastre.

- **Distancias y radios:** estos son los parámetros más importantes que se deben tener en cuenta para que el juego de rodillos quede perfectamente alineado con la horizontal como se ilustra en el gráfico.

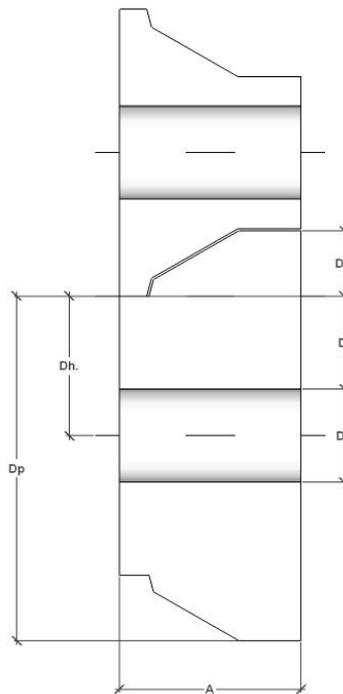


Figura 67. Detalle de las distancias importantes en un rodillo de arrastre (vista lateral).

- i. Dh = Distancia entre la horizontal y diámetro exterior del eje.
- ii. DP = Diámetro del último paso.
- iii. Dp = Diámetro del paso inicial.
- iv. De = Diámetro del eje de rodillo.
- v. DI = Distancia de la línea de paso hasta el interior del eje.
- vi. A = Ancho de la banda.
- vii. Np = Número de pasos o estaciones.

- **Criterio de dureza.** Quizás la más importante de las consideraciones de diseño, en la sección pruebas y ensayos, existe un análisis de dureza que demuestra las durezas de la lámina y de los rodillos de arrastre.

- **Elemento de identificación:** en la mayoría de trabajos con herramientas que tienen un orden ascendente y único se debe tener un código de identificación; para el caso de los rodillos de arrastre se debe tener en cuenta las siguientes especificaciones:

i. Número de Rodillo: Número de cantidad del rodillo en ejecución.

ii. Género del rodillo: Macho o Hembra.

iii. Fin del rodillo: (B) Para bisel portaprecio, (J) bisel en J, (R) o fleje repisado.

iv. Estación: Número de estación a la que pertenece el rodillo en la banca de la maquina.

v. Número de fila: Ubicación del rodillo en la banca de la máquina.

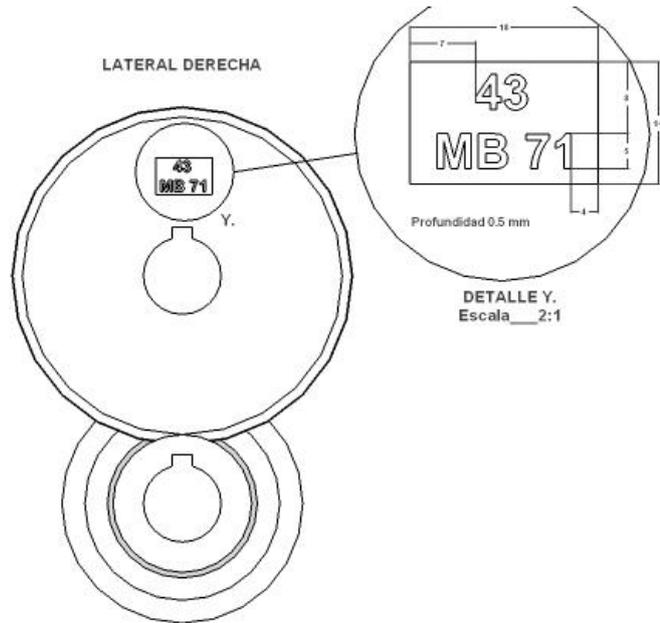


Figura 68. Detalle del elemento de identificación del rodillo de arrastre.

- **Nomenclatura para el montaje de rodillos.** Ya una vez establecidos los elementos de identificación para los Rodillos de Arrastre, se crea la nomenclatura y el orden de cómo deben ir ubicados los rodillos a lo largo de la banca. La *Figura 69.* Ilustra cómo van ubicados los rodillos para una operación de rolado de entropaño tipo CFR.

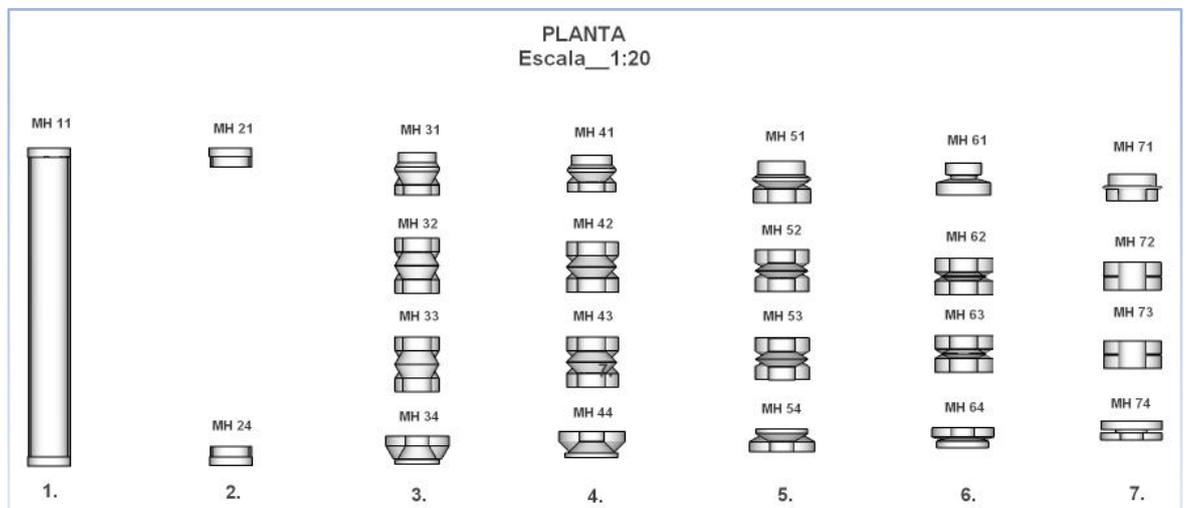


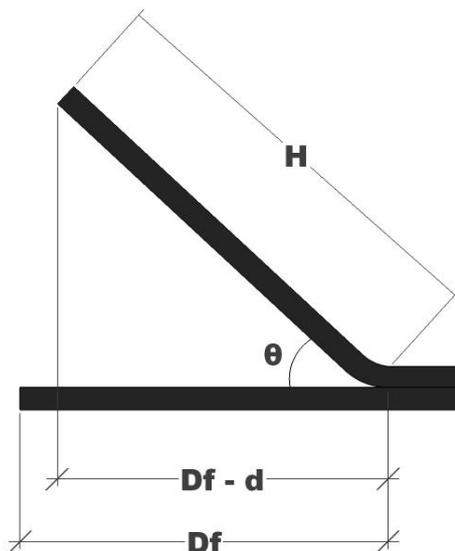
Figura 69. Ubicación línea de Rodillos para rolar entropaño tipo CFR.

9.3.1.7 Compensación para montaje de rodillos. Se denomina compensación a la distancia entre el rodillo número uno de la primera estación y el primer rodillo de la segunda estación, después de haber pasado por una operación de Rolado. Es importante pensar que el ancho nominal de la lámina se disminuye mientras la bandeja pasa de una estación a otra.

En la bibliografía es muy poco lo que se conoce en este tema, es más, las pocas empresas que trabajan bajo este principio de manufactura optan por el ensayo y error para probar sus montajes. Sin embargo para este proyecto en particular se diseñó un método de aproximación para averiguar la compensación del rolado laminar que a la vez hace parte de los entregables de este Proyecto de grado.

La compensación del Rolado Laminar entre un rodillo y otro, se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Compensación} = \Sigma (Df - d)$$



$$H = Df - Ba$$

$$\text{Cos } \theta = \frac{Df - d}{Df - Ba}$$

Df = Distancia del fleje a rolar

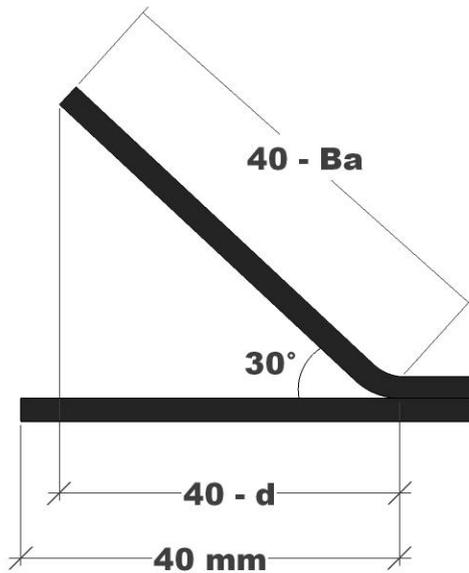
Ba = Tolerancia de doblado

Df - d = Factor de compensación

θ = Ángulo entre las abscisas

d = Distancia compensada

Supongamos que se desea rolar un fleje Cal 20 de 40 mm de Ancho a 30° , ¿Cuál es la distancia de compensación a la que debo ubicar el rodillo de la segunda estación?



$$Df - d = 40 - d$$

$$\cos \theta = \frac{Df - d}{Df - Ba}$$

$$(\cos \theta)(Df - Ba) = Df - d$$

$$- ((\cos \theta)(Df - Ba) - Df) = d$$

$Ba = 2\pi (\theta / 360)(R + K_{bat})$ Según teoría de tolerancia de doblado

Entonces:

$$Ba = 2\pi (30^\circ/360)(\pm 1.25 + (0.33)(0.9))$$

$K_{ba} = 0,33$ si $R < 2t$ $R =$ Radio interior de la lámina Cal 20 = ± 1.25 mm.

$$= 0,5 \text{ si } R \geq 2t \quad 1,25 < 1.8$$

$$Ba = (0.524)(1.547) = 0,811$$

$$- ((\cos 30^\circ)(40 - 0,811) - 40) = d$$

$$- (- 6,06) = d = 6,1 \quad \text{compensation} = (40 - 6.1) = 33.9 \text{ mm.}$$

9.3.2 Construcción del modelo entrepaños – herramientas

9.3.2.1 Modelo blando

En primera estancia es recomendable la realización de un modelo en materiales nobles que ilustre de manera sencilla el principio básico de una operación de Rolado.

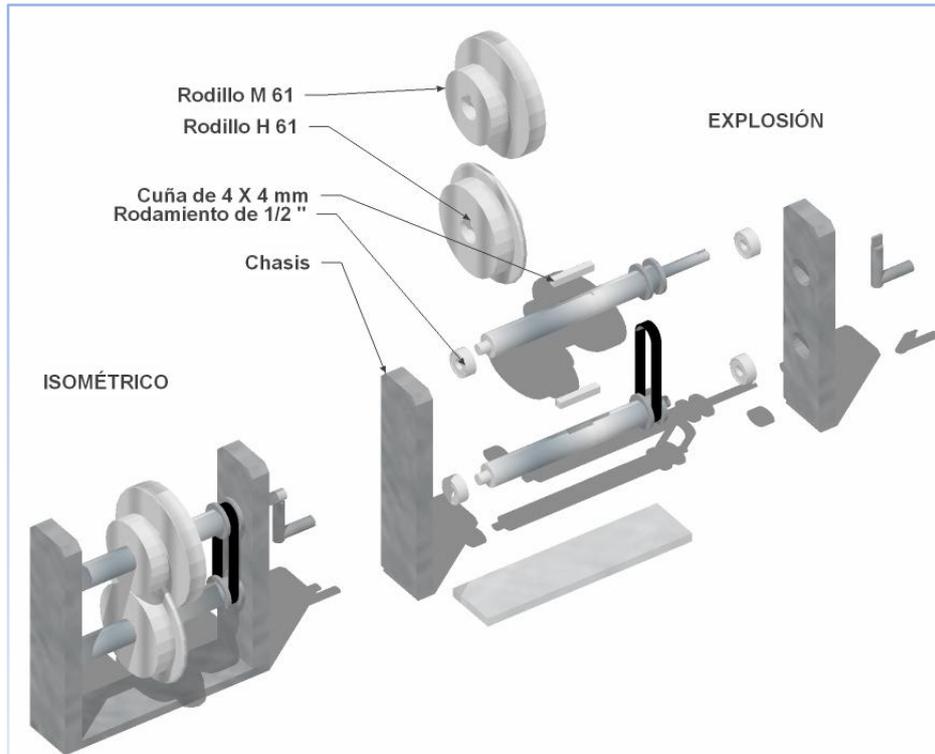


Figura 70. Isométrico y explosión de modelo blando

9.3.2.2 Muestras preliminares de entrepaños repisados

Se realizan las respectivas muestras de entrepaños Repisados para su posterior montaje de pruebas estáticas, cabe anotar que las muestras fueron realizadas en una plegadora convencional, lo que resulto muy difícil a la hora de lograr los pliegues repisados.

Los pasos que se siguieron para la realización de las muestras de entrepaños repisados fueron:

- Corte y punzando de lámina
- Formado de pliegues y repisados
- Aplicación de soldadura
- Preparación de superficies
- Acabados



Figura 71. Muestra entrepaño repisado tipo D



Figura 72. Muestra entrepaño repisado tipo CFR

Nota. Nótese las diferencias entre los dos tipos de Producto estudiados en este proyecto la *Figura 71*. Muestra un entrepaño con soportes soldados a la bandeja repisada, mientras en la *Figura 72*. Muestra un entrepaño que queda en acople libre ante bandeja repisada, obsérvese como el desarrollo de la lámina permite el repisado sin involucrar el fleje de acople.

- **Rodillos muestra.** después de haber desarrollado los rodillos en Simply y modelados en Solid Works, se imprime un formato Dfx

que será entregado a la empresa *Simelca S.A.*, Quienes con una maquina de control numérico fabrican la piezas Macho y Hembra que se muestra en la *Figura 73*.



Figura 73. Muestra rodillos MH 71

- **Rodillos Modelo.** Después del análisis de viabilidad y el estudio de materiales, se procede a realizarse un contrato con la empresa *Industrias Metálicas Miller Ltda.* Quienes anteriormente han elaborado desarrollos de herramientas para la compañía, se elije esta empresa, por su buen manejo con las maquinas de control numérico y por sus altos avances en la industria Metalmecánica.

Todos los archivos son pasados en Formatos Dxf. y analizados posteriormente con funcionarios de *Industrias Miller*. El costo final del proyecto no es revelado y la cotización final de los rodillos de arrastre para Rolar entrepaño tipo CFR. No está dentro de lo que la empresa permite Publicar.

Sin embargo se publica una fotografía del primer tiraje de Rodillos de arrastre para Rolar entrepaños tipo CFR de 1303 X 415 mm



Figura 74. Herramental preliminar para rolado de entrapaño tipo D

Nota. Obsérvese la diferencia del acero de las muestras MH 71 AISI 1020 cementado, con el acero D6 de los rodillos modelo.

9.3.3 Ensayos y pruebas

9.3.3.1 Carga estática

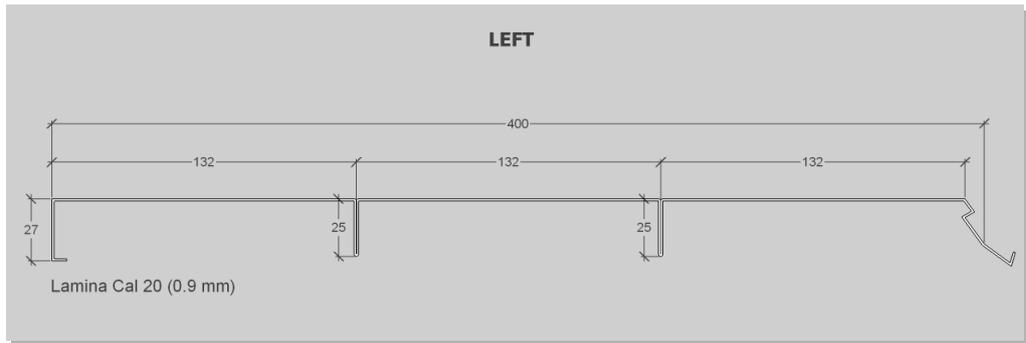
- **OBJETOS DE ESTUDIO**

- Entrapaño repisado de 973 x 400 mm, canal portaprecio.
- Entrapaño repisado tipo CFR de 1300 x 415 mm y canal portaprecio en J.

- **OBJETIVO DEL ESTUDIO**

Examinar el comportamiento mecánico de los entrepaños repisados, características físico mecánicas, apariencia estética y capacidad de carga, tanto la aparente, como la real, aplicada en supermercados y almacenes de cadena.

a.



b.

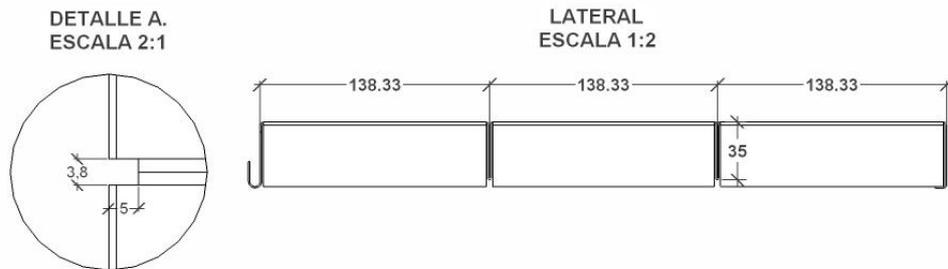


Figura 75. a. Vista lateral izquierda de bandeja repisada para el entrepaño tipo D., b. lateral derecha de la bandeja repisada para el entrepaño tipo CFR.

- **ENTREPAÑO REPISADO DE 973 x 400 mm**

Se diseñó la bandeja repisada del producto, bajo los parámetros estipulados en ALGAMAR S.A., que son:

- Desarrollo del producto
- Diseño y desarrollo en software
- Solicitud de muestra

➤ Ensayos y pruebas

Se solicitó una muestra de dicho producto que corresponde al pedido número 0420-07, fechado el 20/06/2007.

Una vez lista la muestra se procede a realizar las pruebas; dos de ellas de orden demostrativo (capacidad de carga para saber la deformación máxima visible de la bandeja del entrepaño, más una prueba cíclica con aumento de pesos cada 45 minutos aproximadamente). Las siguientes imágenes nos muestran algunos momentos durante la realización de la prueba:



Figura 76. Montaje para la realización de pruebas. Consiste en: columna tipo D, objeto del estudio y los tubo-acoples de unión entre columnas, más un bloque de cemento para cumplir la función de ancla.

En esta primera prueba se determina la deformación máxima visible de la bandeja del entrepaño, en función del peso ubicado en cargas disipadas y puntuales como se muestra en la *Figura 76*. Cada vez que se aumenta el peso,

se toman medidas de cada extremo (extremo derecho, centro, extremo izquierdo), como se ilustra en el *Figura 77*, esto determina la incidencia del peso en los refuerzos repisados. Para dicha prueba se carga el módulo con 60, 80, 100, 120, 130 kg durante 3 días en intervalos de 12 horas aproximadamente.

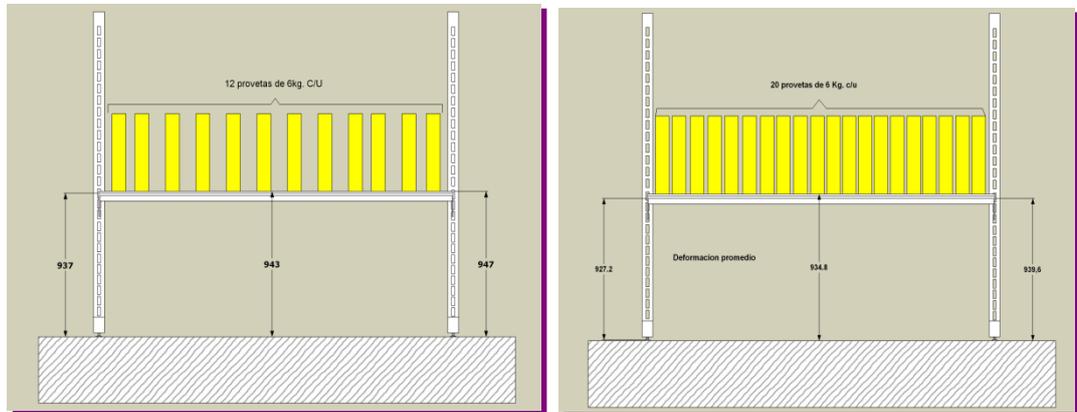


Figura 77. Módulo de pruebas de 12 probetas a 6kg cada una, equivalente a 72kg de peso. Módulo con 20 probetas de 10kg cada una, equivalente a 120kg. Todas estas probetas están distribuidas uniformemente sobre la bandeja.

• RESULTADOS

- Posición 0 = 950mm, desde el suelo hasta la bandeja con la carga ubicada. Después de 3 días y una carga final de 130kg, la deformación máxima de cada uno de sus puntos fue respectivamente de: 937, 943, 947mm. Esta prueba fue realizada bajo principios experimentales, mas no regida por una norma técnica, como lo contemplan las pruebas de flexión vs. deformación, establecidas por la norma técnica colombiana, ICONTEC. El diseño seguro se mide dentro de la empresa como: la deformación máxima para la carga no debe superar el 1% de las medidas nominales del objeto de estudio.
- Para la prueba cíclica se realizaron 39 tomas a diferentes valores de carga, para determinar la deformación que sufre la lámina y su recuperación elástica. Esta prueba es la más importante, ya que simula

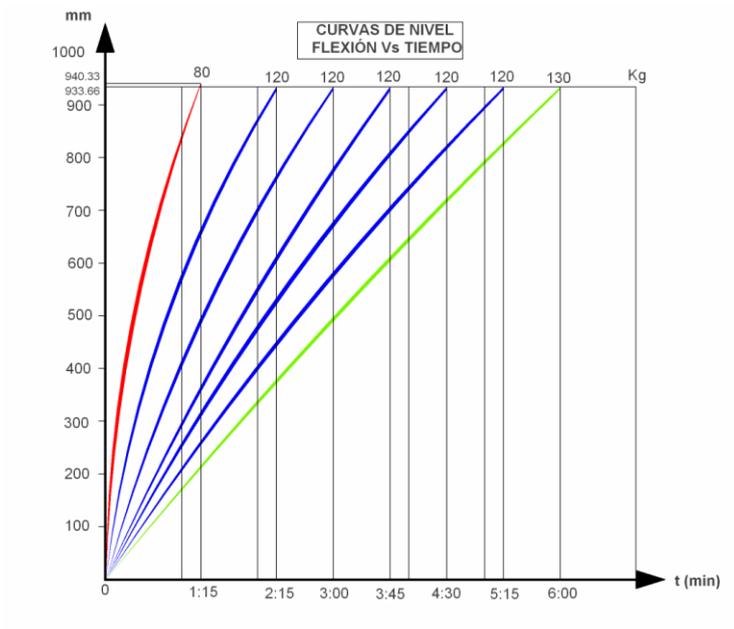
el ciclo diario al que es sometido un entrepaño dentro de un supermercado.

Tabla 25. Puntos de medida en milímetros, del entrepaño, con aumento de carga igual a 20kg, cada 45 minutos.

Hora	Kg.	Puntos de medida entrepaño en mm		
		1	2	3
01:15	80	933	943	945
	0	933	943	945
02:15	120	927	935	939
	0	933	942	945
03:00	120	927	934	939
	0	934	942	944
03:45	120	927	935	939
	0	934	942	944
04:30	120	927	935	941
	0	935	942	944
05:15	120	928	935	940
	0	934	941	944
06:00	130	928	935	940

Dichas tomas revelan que la muestra utilizada se flexa en promedio 6.67mm a cargas superiores a 80kg. La siguiente gráfica (*Tabla 26*) nos detalla este comportamiento.

Tabla 26. Curvas de nivel Flexión vs. Tiempo



La diferencia a 120kg de carga es muy mínima, por lo tanto describe una constante; lo inusual de esta prueba es que a 130kg de carga se mantuvo igual. Una vez terminadas las pruebas, la muestra volvió a su estado original debido a la recuperación elástica de la lámina.

Una de las más importantes y eficaces pruebas, es el estudio de **elementos finitos** por computador. Que nos ayuda a identificar diferentes esfuerzos aplicados a un objeto a diferentes direcciones de carga, deformación o temperatura.

- **ENTREPAÑO REPISADO TIPO CFR DE 1303 x 415 mm Y CANAL PORTAPRECIO EN J**

Para el análisis del entrepaño repisado tipo CFR. se siguió exactamente el mismo procedimiento que el del entrepaño anterior, la única diferencia es que la presente prueba pretende llevar la carga hasta los 130 Kg.

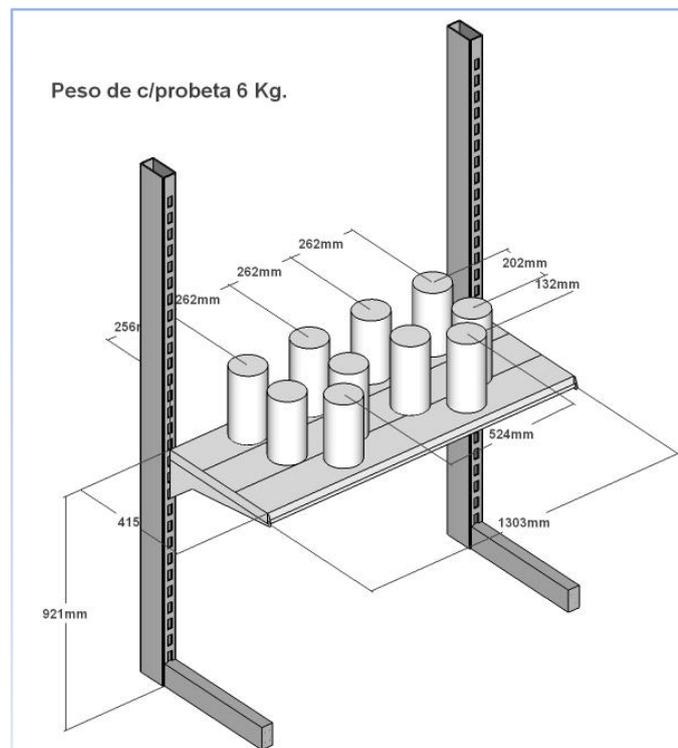


Figura 78. Montaje para entrepaño tipo CFR de 1303 x 415 mm.



Figura 79. Montaje para la realización de pruebas. Consiste en: columna tipo CFR, objeto del estudio y los paneles de unión entre columnas



Figura 80. Curvatura generada sobre la bandeja por una carga de 120 Kg.

Se puede apreciar Claramente que la bandeja del entrepaño tipo D tiene más longitud de lámina, que el del tipo CFR (973 Vs 1303) 330 mm más que el entrepaño de línea comercializado por la compañía. Por esta razón el fleje repisado del entrepaño tipo CFR tiene mayor dimensión $H= 35$ mm, con el fin de aumentar la resistencia de la bandeja y su capacidad de carga.

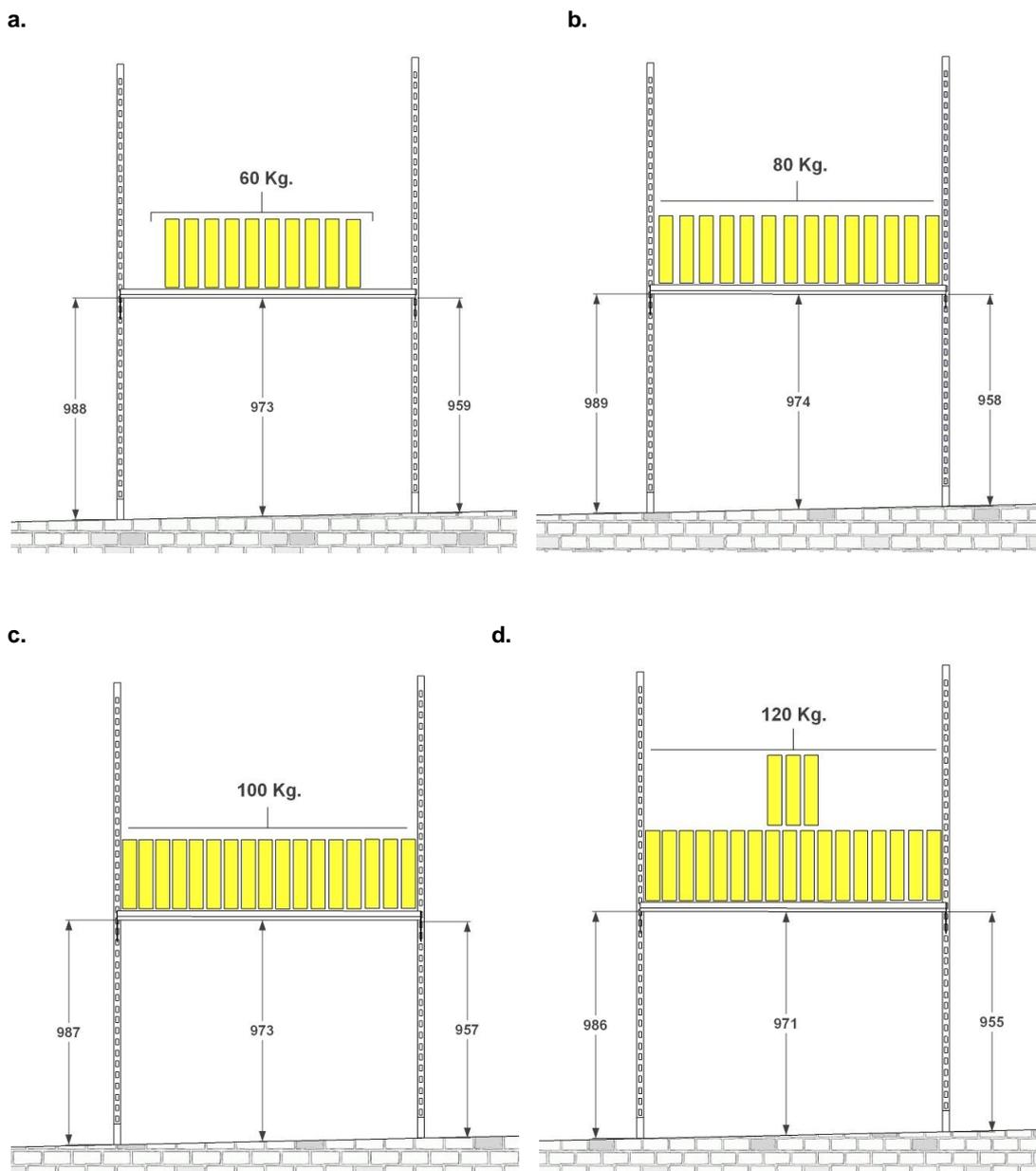


Figura 81. Montaje de probetas para entrepaño tipo CFR.

a. 60 Kg. de carga. b. 80 Kg. de carga. c. 100 Kg. de carga. d. 120 Kg. de carga

Nota. La zona de montaje pruebas y carga dentro de la compañía, tiene un desnivel de 1° aproximadamente, esto a raíz de que la plataforma de carga es vibratoria para garantizar la estabilidad y la sismo resistencia.

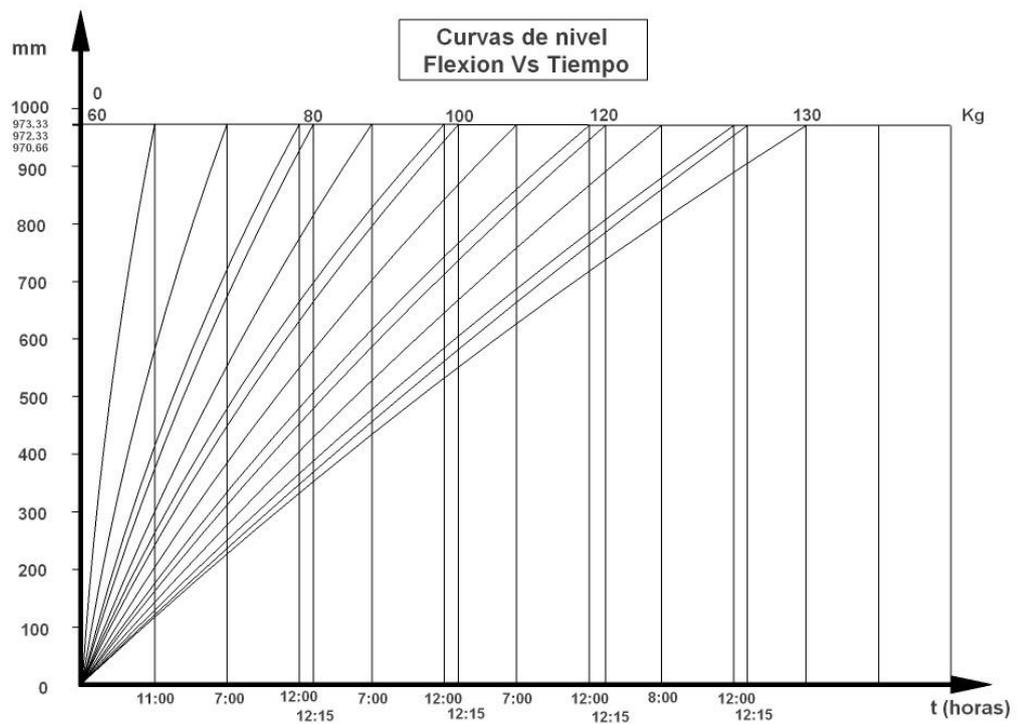
Nótese en la *Figura 81* cada vez que se aumenta la carga cambian las dimensiones de los extremos y medios del entrepaño, de esta forma se

determina cuanta es la deformación en mm. Cada vez que se aplican diferentes cargas.

Tabla 27. Deformación promedio de la bandeja en función del tiempo

Hora	Kg.	Puntos de medida entrepaño en mm		
		1	2	3
tarde	80	933	943	945
día	0	933	943	945
02:15	120	927	935	939
	0	933	942	945
03:00	120	927	934	939
	0	934	942	944
03:45	120	927	935	939
	0	934	942	944
04:30	120	927	935	941
	0	935	942	944
05:15	120	928	935	940
	0	934	941	944
tarde	130	928	935	940
	0			

Tabla 28. Curvas de nivel Flexión vs. Tiempo, para entrepaño tipo CFR



• ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS PRELIMINARES

Una de las más importantes y eficaces pruebas, es el estudio de **elementos finitos** por computador, que nos ayuda a identificar los esfuerzos máximos y las deformaciones máximas a diferentes direcciones de cargas aplicadas.

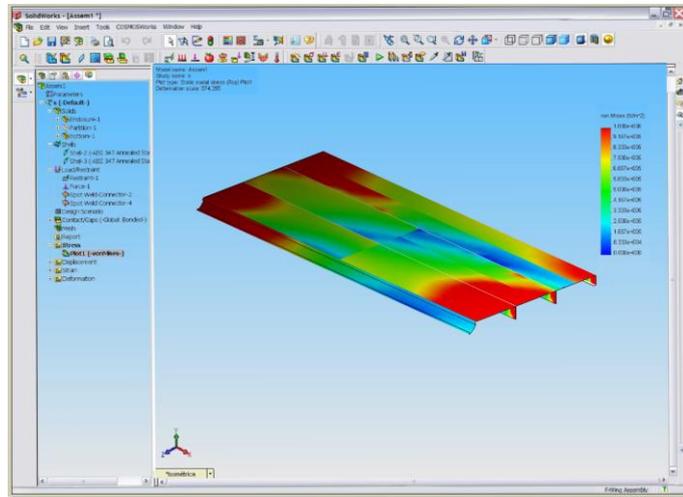


Figura 82. Esfuerzo máximo de Bon Mises. A medida de que el color rojo se pone más intenso, significa que el esfuerzo aplicado es mayor. Ultimate tensile strength 58-80 Ksi (400-550 MPa).

El trabajo en lámina *cold rolled* contribuye a una mejor precisión, lo que significa mayor estabilidad dimensional, mejora el acabado de la superficie, aporta endurecimiento por deformación ya que aumenta la resistencia de la parte deformada y además sistemas operativos tales como: Cosmos Works, Ansys Work Bench, los cuales nos ayudan a revelar el flujo de granos durante la deformación, brindando la oportunidad de obtener propiedades direccionales convenientes en el producto resultante.

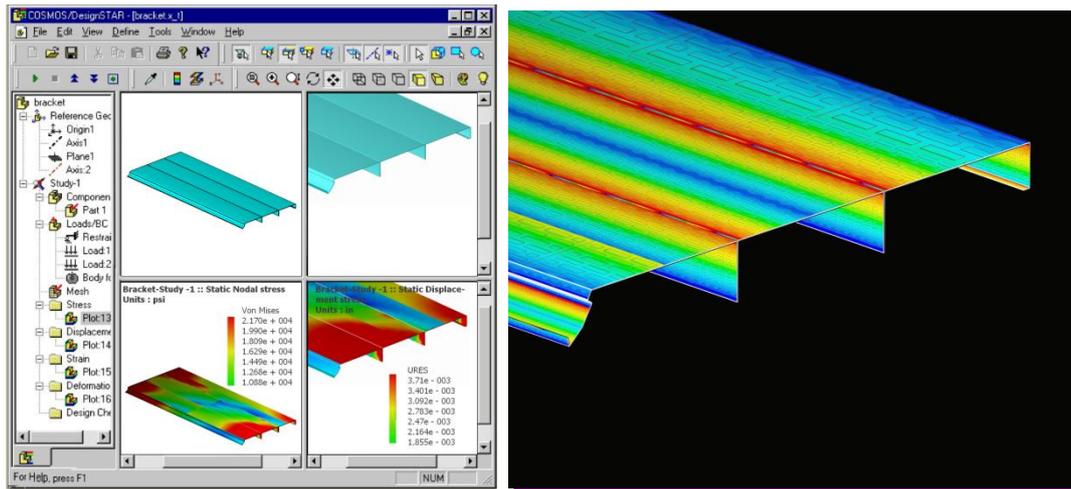


Figura 83. A la izquierda: diseño del entrepaño repisado, en la herramienta Cosmos Works y el respectivo esfuerzo máximo de Bon Mises a una carga de 1000N. A la derecha: Dirección y deformación masiva de las moléculas, en una operación de rodado.

9.3.3.2 Ensayo de dureza

Para el buen desarrollo del proyecto y posterior diseño de la herramienta es indispensable llevar a cabo una prueba de dureza.

Los datos preliminares de las durezas de la lámina nos darán a conocer cuál es el material más propicio para el desarrollo de los rodillos de arrastre. Por lo general se pide al proveedor una carta detallada del acero vendido a la compañía, pero como mucho se sabe al respecto, muchas veces los datos suministrados no concuerdan con el rango de dureza pertinente para el acero utilizado, ocasionando daños en las maquinas de la compañía como: plegadoras, algunos punzones y cizallas.

- **Descripción:** Ensayo de dureza Vickers con carta la fecha 09 de Mayo de 2008
- **Objetos de estudio**
 - 9 probetas laminares de acero Coldrolled 1020 Calibres 20,16,12.

- Muestras de rodillo de arrastre MH71 Acero 1020 Cementado superficial 0.75 mm de capa.
- **Norma empleada:**
 - NTC 3922 (1996-08-21) “Materiales metálicos. Ensayo de dureza Vickers. Parte 1. HV 5 A HV 100”
 - NTC 3923 (1996 -08-21) “materiales metálicos. Ensayo de dureza. Ensayo Vickers parte 2 HV 0,2 A HV5, excluido.
- **Equipos utilizados:**
 - **Durómetro digital**

Marca:	Albert Gnehm.
Tipo:	160 RODI
Tipo de dureza:	Vickers
Carga empleada:	3 Kgf, 30Kgf.
Identador:	Pirámide de diamante de 136°
Tiempo de sostenimiento:	30s, 10 s
Repetitividad:	0,3
Fecha ultima calibración:	Agosto 14 del 2007
 - **Microscopio metalográfico**

Marca:	Leitz.
Tipo:	Metallux II.
Ocular graduado:	0,002 mm.
 - **Otros equipos**

Termohigrómetro N° 2	
Marca:	Cole-parmer
Apreciación:	1°C, 1% de humedad relativa

- **Resultados del ensayo:**

Los resultados del ensayo no representan ningún riesgo de confidencialidad, para la compañía, pero si hay una clausula de reproducción parcial por parte del laboratorio que los realizó, por lo tanto no están disponibles al público.

- **Proceso detallado**

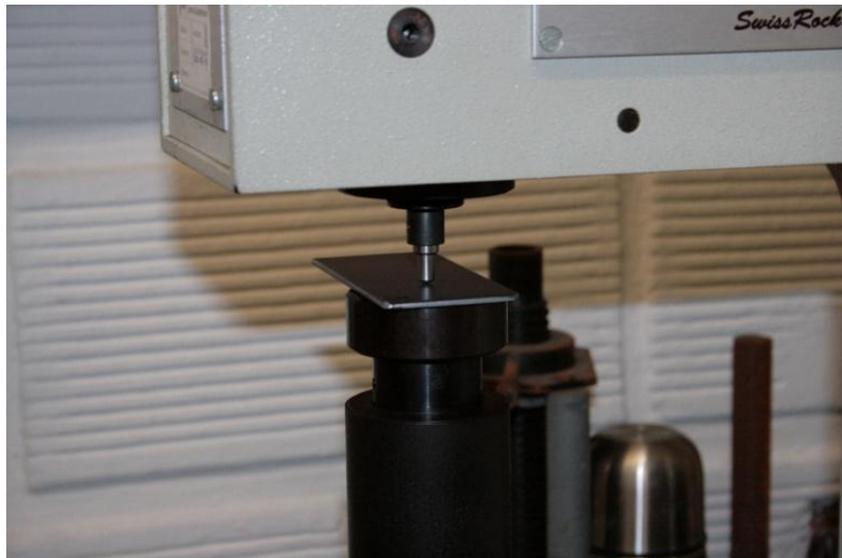


Figura 84. Identador ejerciendo presión en una lámina acero Cal 12 (2.5 mm) y carga de 30 Kgf.



Figura 85. Marcas detalladas en cada una de las probetas analizadas Láminas de acero Cal 20, 16, 12 respectivamente,

NOTA: nótese el color de la lámina es más oscura mientras menos calibre presenta.

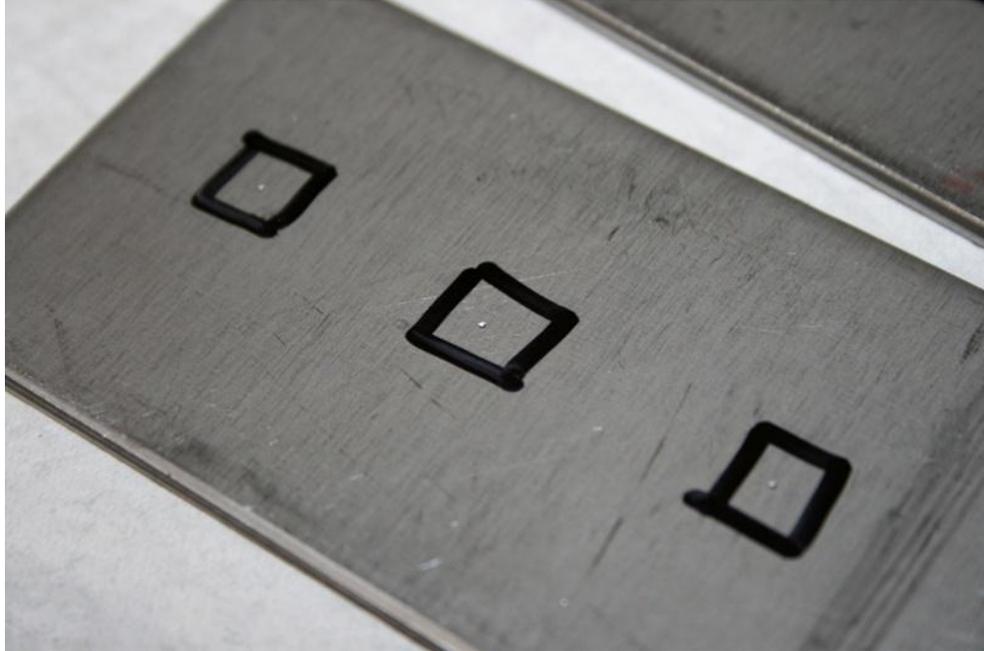


Figura 86. Marcas de indentación de diamante, están ubicadas en el centro de cada uno de los cuadros negros

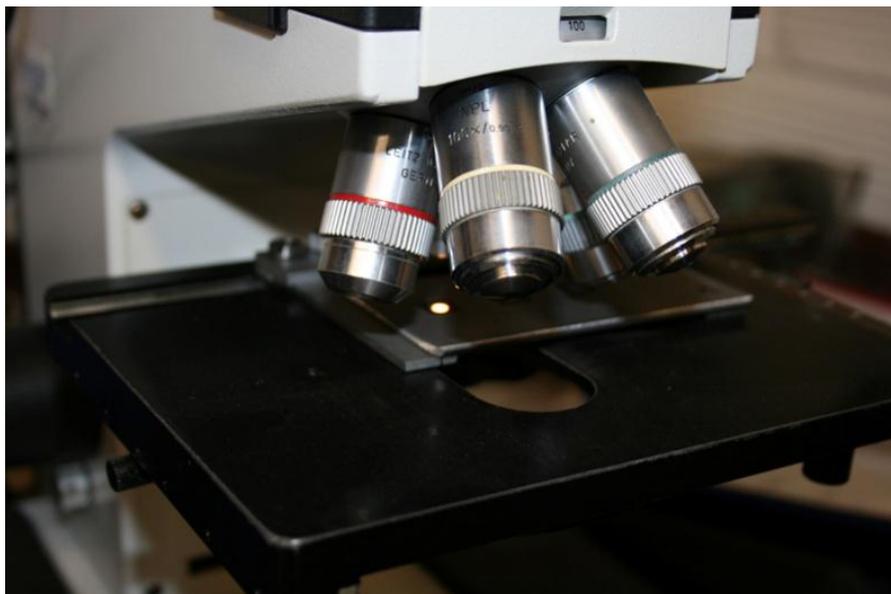


Figura 87. Detalle del microscopio sobre una marca de indentación

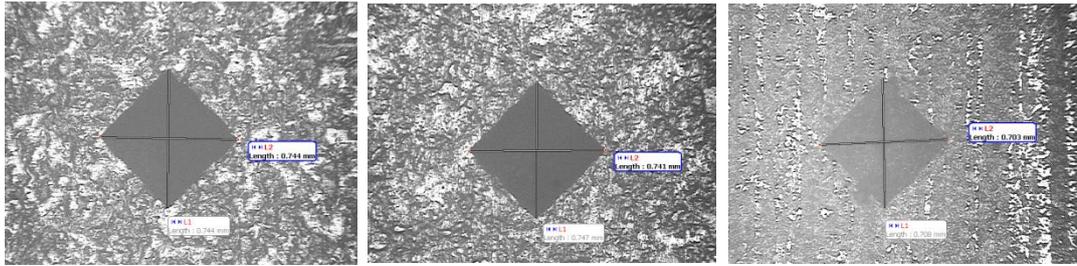


Figura 88. Marcas de indentación en forma de pirámide, midiendo diagonales



Figura 89. Identador ejerciendo presión sobre el M71 Rollingtool



Figura 90. Marcas de indentación de diamante, están ubicadas en el centro de cada uno de los cuadros negros

Nota: La dureza de la superficie sementada debe ser igual en cualquiera de las caras de la muestra, tanto en la que hace el contacto con la lámina como las que no.



Figura 91. Detalle de la lupa utilizada para identificar las marcas microscópicas por la carga de 3 Kgf

La carga utilizada para indentación de la muestra MH 71 fue de 3gf. Lo que dificultó demasiado la medida de las diagonales sobre las indentaciones. Como resultado, se tiene una dureza de 5 a 1. La capa cementada del rodillo con un alivio de tensiones (revenido) es 5 veces más duro que la lámina de acero Cold rolled, por lo tanto el desgaste percibido de la herramienta haciendo su función de trabajo es mínima.

9.3.3.3 Ensayo de cámara salina

El siguiente ensayo describe el procedimiento para determinar la resistencia al ambiente salino de las pinturas, que se utilicen como primarios o acabados, de uno o dos componentes.

Esta prueba permite evaluar durante 720 horas cualitativamente la eficiencia de la protección que pueda proporcionar una película de pintura a elementos

metálicos contra la corrosión, mediante su exposición en el laboratorio a un medio cálido, húmedo y salino. La prueba consiste en colocar una película de pintura, aplicada sobre una probeta metálica dentro de una cámara salina, de características y propiedades previamente definidas, con el fin de analizar los daños sufridos en la muestra tras un periodo dentro de dicha cámara.

- **Objetos de estudio**

- Dos probetas metálicas, una con aplicación de pintura en polvo Blanco España y otra con aplicación Gris Ral 9006°

- **Norma empleada**

- Norma N-CMT-2-07, Pinturas para recubrimiento de estructuras
- Norma M-MMP-2-07-001, Muestreo de Pinturas para recubrimiento de Estructuras.
- Norma ICONTEC 1156.

- **Equipo y Materiales**

- El equipo para la ejecución de la prueba está en condiciones optimas para su uso, calibrado, limpio, completo en todas sus partes y sin desgaste que pueda alterar significativamente el resultado de la prueba.
- Aparato de niebla salina, construido por un gabinete de un material que no afecte el poder corrosivo de la niebla, con dispositivos para calentamiento y control de temperaturas, recipiente para la solución salina, equipo de aire comprimido.
- Medidor de espesor de película seca: este aparato magnético no destructivo, sirve para medir espesores de pintura

- **Resultados de la prueba**

Los resultados del ensayo no representan ningún riesgo de confidencialidad, para la compañía, y se tiene pleno permiso para la reproducción parcial del informe por parte del laboratorio que los realizó, por lo tanto están disponibles al público y anexos al final del contenido de esta tesis.

- **Proceso detallado**

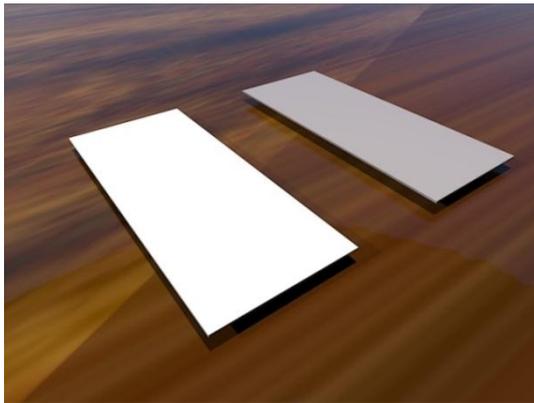


Figura 92. Detalle de las probetas sumergidas en Cámara Salina después de x 96 horas.

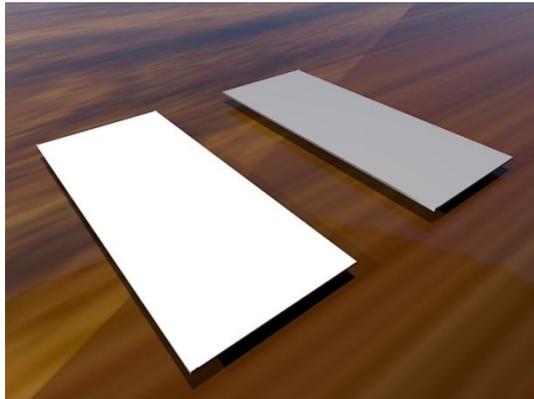


Figura 93. Detalle de las probetas sumergidas en Cámara Salina después de x 264 horas. Nótese que las probetas presentan ampollamiento insipiente en diagonales

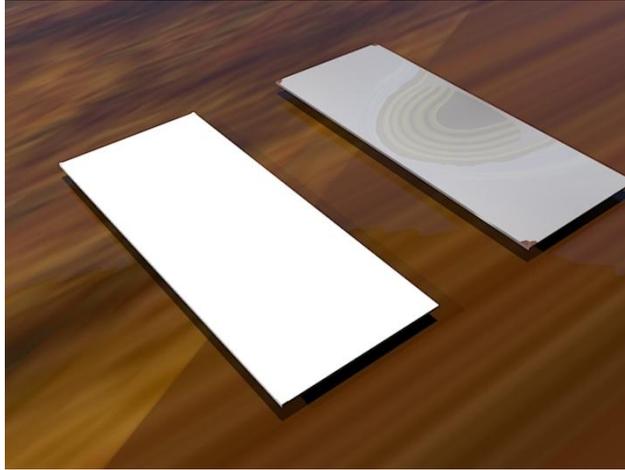


Figura 94. Detalle de las probetas sumergidas en Cámara Salina después de x 472 horas. Nótese que la probeta Blanca solo sigue presentando Ampollamiento incipiente, mientras la probeta gris sale de cámara salina mostrando falla.

9.3.3.4 Cementado de la muestra de rodillo

En este procedimiento se mete el rodillo de acero con bajo contenido carbónico en una caja cerrada con material carbonáceo, seguido se calienta hasta llegar hasta 900 a 927°C durante 6 horas. En este tiempo el carbón que se encuentra en la caja penetra a la superficie del rodillo a endurecer. Entre más tiempo se deje el rodillo en la caja con carbón, mayor profundidad tendrá la capa externa dura.

Una vez caliente el rodillo a endurecer, a la temperatura adecuada se enfría rápidamente en agua o en una salmuera. Para evitar deformaciones y disminuir la tensión superficial se recomienda dejar enfriar el rodillo en la caja para posteriormente sacarlo y volverlo a calentar entre 760 y 800 °C y proceder al enfriamiento por inmersión.

La capa endurecida utilizada en la muestra tiene una profundidad de tiene un espesor de 0.75 mm, sin embargo se pueden tener espesores de hasta 4 mm.



Figura 95. Detalle del rodillo M71 después de la cementación.

Nota. Nótese en la ilustración como queda el acero después de haber estado en contacto con el material Carbonoso y expuesto a las altas temperaturas, después del Cementado, se sugiere hacerse un revenido para aliviar las tensiones superficiales del acero.

9.3.4 Resultados

Este es el resultado final. Entrepaños Repisados de Altura tipo D y CFR los cuales se pondrán en consideración de los clientes para su puesta a punto según las recomendaciones que sea planeada.

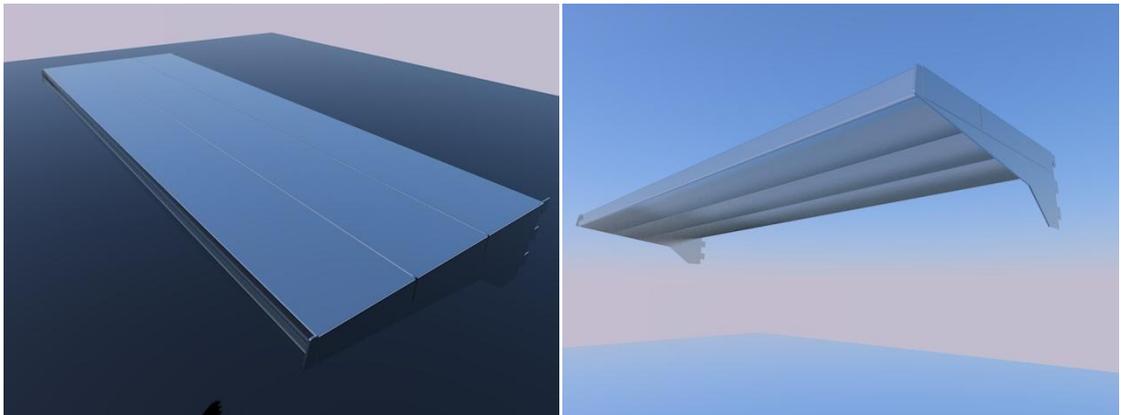
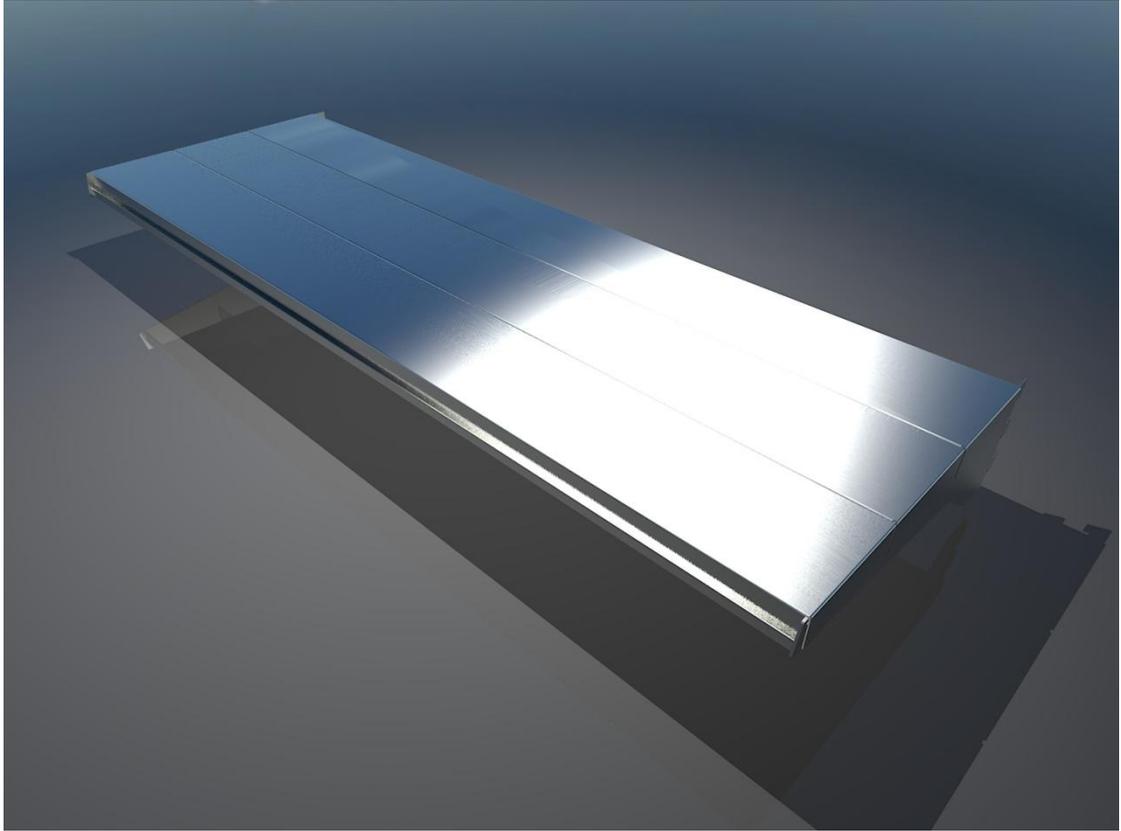


Figura 96. Detalles de entrepaño repisado tipo CFR DE I303 X 415 mm.

- **Entrepaño Metálico tipo D.** Este entrepaño metálico viene con los soportes soldados a la bandeja Repisada, sin embargo ofrece mucho mas ahorro de material que la mayoría de entrepaños con refuerzos unidos por medio de soldadura a la bandeja, con sus 5.34 Kg, hacen del Entrepaño metálico tipo D una opción de compra.

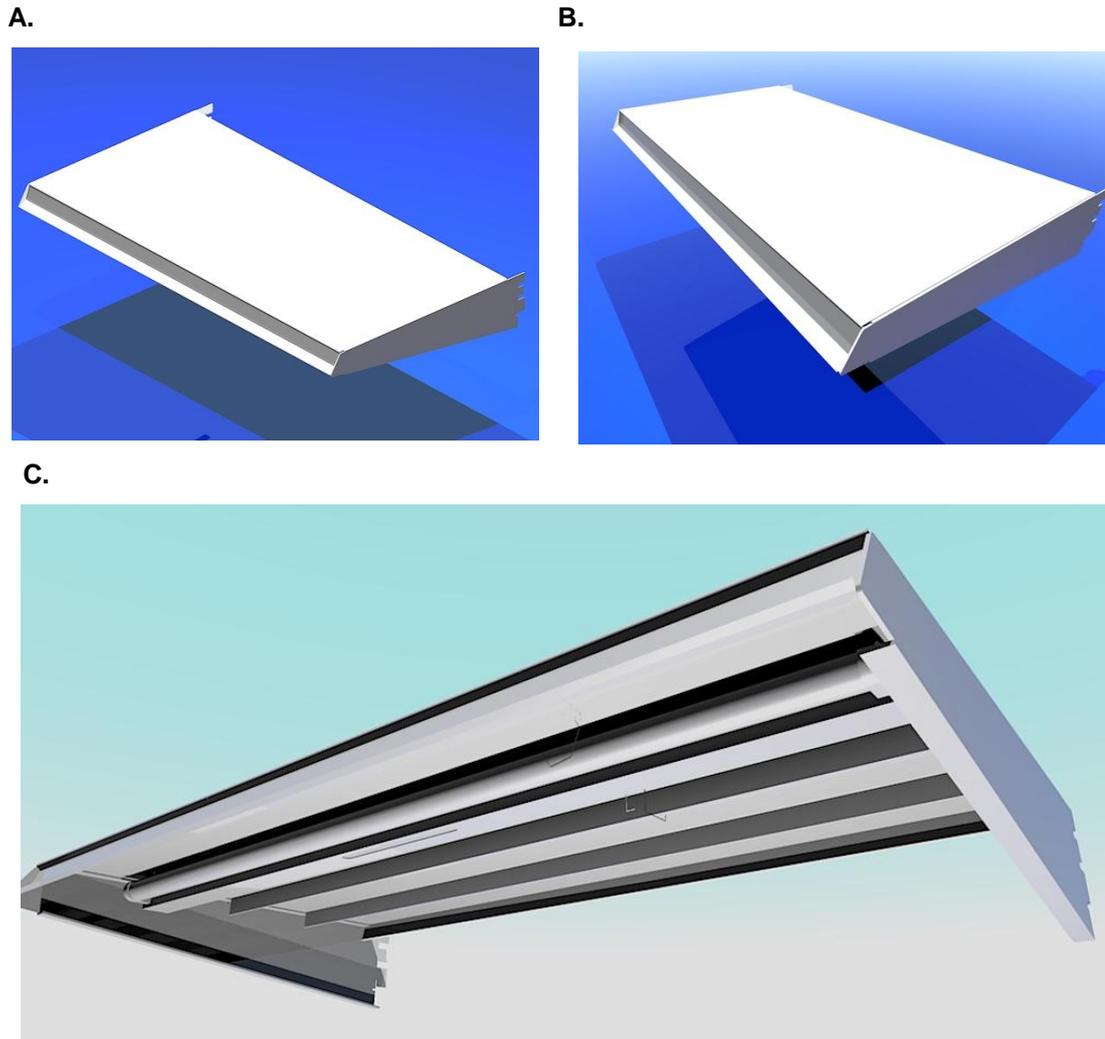
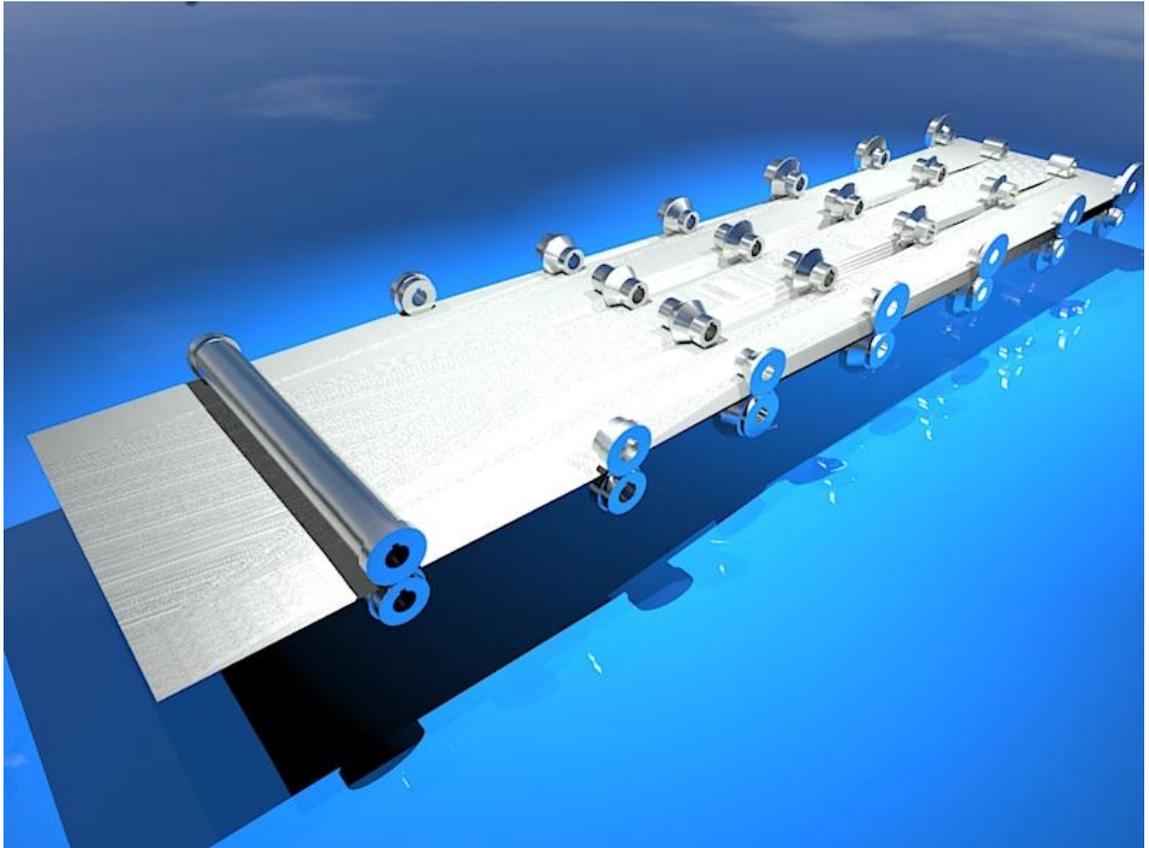


Figura 97. Detalles entrepaño tipo D. A. entrepaño tipo D con soportes soldados a la bandeja repisada. B. detalle canal portaprecio. C. detalle del entrepaño repisado con iluminación (requisados).

- **Rodillos de formado para entrepaño tipo D y CFR.** Este es el desarrollo más importante para consecución de los productos ya mencionados la línea de Rollforming Rollers, solo difiere de su forma en la parte del canal portaprecio para tipo D y canal en J portaprecio para la tipo CFR.

A.



B.



C.



Figura 98. Detalles de rolado de entrapaño repisado tipo CFR DE I303 X 415 mm. A. detalle de los rodillos guía y los formadores principales. B. detalle de rolado de bisel en J. C. Rolado de la canal portaprecio.

9.4 COMUNICACIÓN

Finalmente la etapa de comunicación, dará la información final (Resumen) de todo el proceso elaborado, desde que se concibió el problema hasta encontrar una solución viable que satisfizo los requerimientos solicitados por el usuario, así como la información necesaria para la fabricación del producto (documentación solución final).

9.4.1 Resumen del proceso

Para llegar a la solución final de este estudio Diseño de productos repisados mediante el proceso de Rollforming estudio general de esta idea, se siguieron los siguientes pasos:

i. Etapa de exploración: se compuso de búsqueda de productos similares de otras marcas y su posterior análisis, clarificación de objetivos, búsqueda de necesidades de usuarios directos e indirectos del producto, análisis del mercado, elaboración del PDS y otras herramientas para aterrizar el concepto de diseño.

ii. Etapa de generación: Con la información generada en el proceso de exploración, se inició esta etapa que se compone de diseño conceptual y generación de alternativas.

iii. Etapa de evaluación: partiendo de las propuestas generadas se da inicio a la evaluación compuesta de evaluación y selección de alternativas, selección de materias primas, diseño de detalle, pruebas y ensayos.

iv. Etapa de comunicación: finalmente está la etapa de comunicación compuesta de: Resumen del proceso y planos de la propuesta final.

9.4.2 Modelación y planos

La modelación de la flor principal hace parte de la propiedad intelectual de la empresa y por tal motivo no hace parte de los entregables de este trabajo; en cuanto a los planos, en el anexo 1: Planos generales de los rodillos de arrastre para entrepaño CRF y línea Algamar, elemento de identificación, etcétera. Pueden verse los planos con dimensiones generales de cada una de las referencias de entrepaños repisados, como cada uno de los rodillos necesarios para su desarrollo.

10. CONCLUSIONES

10.1 CONCLUSIONES METODOLÓGICAS

Después de efectuar el desarrollo del producto entrepaño y el respectivo herramental para su producción, la siguiente es la metodología sugerida para abordar los próximos diseños dentro de Algamar S.A. el cual puede aplicarse a un desarrollo completamente nuevo y diferente, o algún subcomponente que complemente un sistema existente:

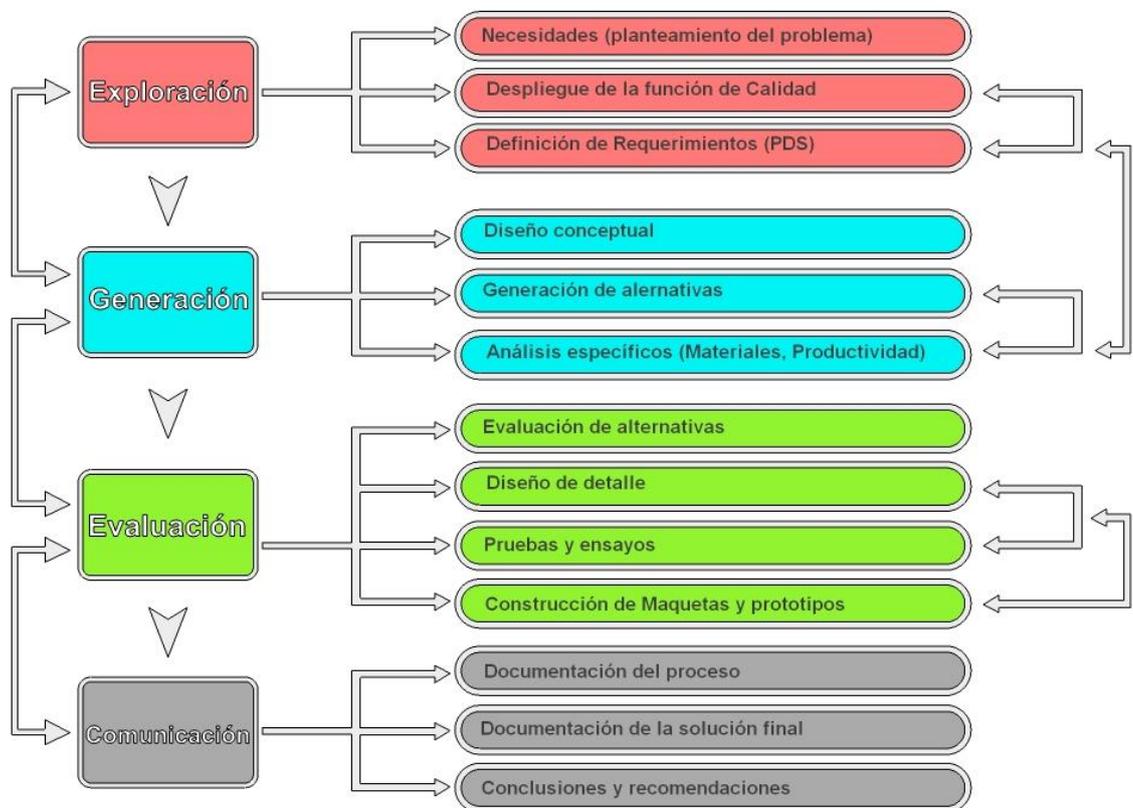


Figura 99. Diagrama de flujo de la metodología propuesta

Una de las grandes falencias de la metodología actualmente utilizada en la compañía es la falta de documentación que sirva como fuente de consulta y de referencia para nuevos desarrollos.

Es importante complementar la metodología de diseño de la compañía, pues esta área genera una ruta clara a seguir en la etapa de diseño conceptual evitando retroceder demasiado en la etapa de diseño de detalle y plantea claramente todas las posibles variables de solución que deban proponerse.

Es importante contar con el apoyo constante de otras disciplinas en el desarrollo de nuevos productos, pues cada uno le da un enfoque que complementa el proceso de diseño. De igual manera se debe contar con la opción de los diferentes procesos que conforman la cadena de valor.

La formación del IDP, hace más fácil la interacción con cualquier profesional en respectivas áreas, al manejar un lenguaje adecuado logrando el intercambio de ideas que beneficia el proceso de diseño.

10.2 CONCLUSIONES DE PRODUCTO

Los entrepaños repisados son sistemas versátiles que pueden albergar una carga superior a 80 Kg. solamente con dos refuerzos, capaz de resistir al impacto y las altas vibraciones, los soportes que los complementan pueden ser cambiados sin ninguna dificultad en caso de ser necesario y sin la intervención de tecnología adicional que no pertenezca a la compañía.

Los entrepaños repisados representan una gran ventaja competitiva dentro de un negocio de herraje debido a:

- Bajos costos.
- Cortos tiempos de producción.
- Fácil despacho y empaque.

- Ahorro de materias primas, disminución de partes.
- Cero reutilización de procesos.
- Diseño más limpio y esbelto.
- Fácil preparación de superficies.
- Fácil acabados.
- Disminución de peso (Real y aparente)

Algamar S.A. cuenta con un gran equipo técnico que facilita el proceso de diseño de cualquier complemento mecánico, ya que permite realizar rápidamente prototipos y modelos, sin embargo es indispensable retroalimentarse con otro tipo de herramientas que permitan enriquecer los diseños como análisis de esfuerzos (FEA), aunque el software está siendo vagamente implementado dentro del departamento de diseño, tiene condiciones limitadas para la definición de condiciones de frontera y refinamiento de malla

10.3 CONCLUSIONES DE APRENDIZAJE

Mediante el proceso de Rollforming no solo se puede desarrollar los entrepaños propuestos en este proyecto de grado, sino todos los paneles y perfiles que fabrica la compañía, una de las iniciativas de este proyecto es poder expandir el portafolio de estos productos.

Es muy importante tener en cuenta que a pesar de tener las herramientas más avanzadas y los últimos desarrollos en software, se deben realizar diseños que permitan ajustar variaciones de los procesos productivos, especialmente aquellos componentes que quieran ajustes dimensionales que pueden volverse críticos.

Para lograr un mejor resultado en el desarrollo de nuevos productos, es indispensable contar con el apoyo de cada uno de los interesados en el

proyecto. En este caso el apoyo por parte del departamento de ingeniería, diseño y comercial de la compañía fue total.

Las teorías y metodologías estudiadas a lo largo de la carrera brindan herramientas elementales para el desarrollo dentro del mundo real, pero se debe tener en cuenta que aquellos casos estudiados se desarrollan en condiciones ideales, situación que no ocurre en el día a día. Por esto la experiencia y en algunos casos el ensayo y error complementan los resultados inicialmente planteados para lograr llegar a la solución ideal.

Cuando se tiene a disposición herramientas como Simply, Ansys, Kerkiyhea, hay que tener en cuenta que las características de los productos a desarrollar permitan acercarse lo más posible al fenómeno que se desea simular, para lograr resultados contundentes. En caso contrario se recomienda de segundos análisis en distintos modeladores.

11. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la compañía la utilización de métodos de diseño mejor definidos que permitan dar un direccionamiento al desarrollo de nuevos productos. La metodología propuesta en este proyecto puede convertirse en una de ellas, por que desarrolla de una manera simple los pasos que deben tenerse en cuenta para la búsqueda de soluciones que integren las necesidades de todos los clientes del producto.

Es importante documentar la evolución de los diferentes componentes desarrollados a través de la historia, ya que son un pilar para las nuevas ideas, además son una fuente de búsqueda muy valiosa para el departamento técnico y de soporte de la compañía.

Se recomienda utilizar modeladores para análisis FEA con capacidad de simular las condiciones que sean mucho mas aproximadas a la realidad en las piezas que lo requieran.

Se recomienda seguir de forma detallada las especificaciones de los clientes y usuarios así como las consideraciones de diseño para herramientas y productos Rolformados.

Se recomienda para este tipo de proyectos la utilización de componentes y materias primas con referencias estándares, que faciliten el proceso productivo de la compañía y que por el contrario no detengan ni dificulten el buen desarrollo de los proyectos.

12. BIBLIOGRAFÍA

- **HEIZER. BARRY**, Jay. Render. Dirección de la producción decisiones estratégicas. Madrid - Prentice Hall, 2001
- **HEIZER. BARRY**, Jay. Render. Dirección de producción decisiones estratégicas. Sexta edición. 2001 Prentice Hall Capitulo 9.
- **GROOVER**, P. Michael. Fundamentos de Manufactura Moderna, materiales procesos y sistemas. México – Prentice Hall, 1997
- **MARTINEZ**, José Fernando. Guía de proyecto de grado, Ingeniería de Diseño de Productos. Medellín - Fondo editorial universidad EAFIT, 2006
- **ULRICH, EPPINGER**, Karl T., Steven D., Product design development. McGraw-Hill 2004, Chapter 5.
- **Colombia**. Súperintendencia de Industria y Comercio. Artículo 45 del decreto 2153 de 1992, Por la cual se crean los Acuerdos contrarios a la libre competencia. Bogotá: El Congreso; 1993.
- **Colombia**. Carta política. artículo 333. de las Diferencias entre prácticas comerciales restrictivas y competencia desleal. Bogotá: El Congreso; 1993.
- **Algamar S.A.** Productos y servicios. <<http://www.algamar.com.co>> [Consulta: octubre de 2007]
- **Algamar S.A.** Documentos y archivos de normatividad plan emergencias 2007 con la asesoría de AON Colombia y Colmena ARP.

- **Demetálicos Ltda.** Productos y servicios. <<http://www.demetalicos.com>> [Consulta: octubre de 2007]
- **Industrias Forling Ltda.** Productos y servicios rollforming. <<http://www.forlingroup.com>> [Consulta: octubre de 2007]
- **Marco Vega.** (Oficio, Octubre de 1999), Jefe, Departamento Comercial Algamar S.A. Medellín.
- **MANUAL DE ACEROS FINOS,** Documento Boehler Medellín 2003
- **KARLSON, Arne** TRATAMIENTO TÉRMICO DE LOS ACEROS PARA HERRAMIENTAS, 469 impresiones técnicas, México 2001
- **SAMUELSON, Stig R** TRATAMIENTO TÉRMICO Y SELECCIÓN DE LOS ACEROS GRADO HERRAMIENTA, Publ. 567 M, Estocolmo Suecia 2000
- **COTIZACIÓN,** Metales y perfiles. 3313114. Doña Lisinia. Ventasmetalesyperfil@une.net.co
- **HOFFMAN, E.G.,** Fundamentals tools design, 3ra ed., Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, Mich., 2004.
- **LANGE, K., et al. (editors),** Manual del formado de metales, McGraw-Hill, New York, 2005.