

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

"Diseño y Modelado Virtual de una Máquina para Ensamblado de Cajas
para Banano de Exportación"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Jorge Eduardo Redwood Acuña

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTOS

A mi querida madre Lcda. Gloria María Acuña Chávez, fuente de apoyo incondicional en mi vida y a mi recordado padre Sr. Jorge Eduardo Redwood Ortiz, quien me inspiró con su legado de experiencia y conocimiento para la realización del presente trabajo.

DECLARACIÓN EXPRESA

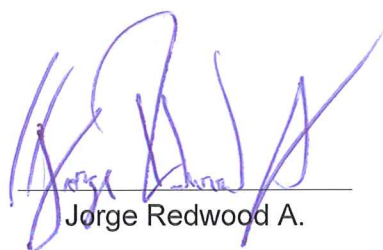
“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Jorge Eduardo Redwood Acuña

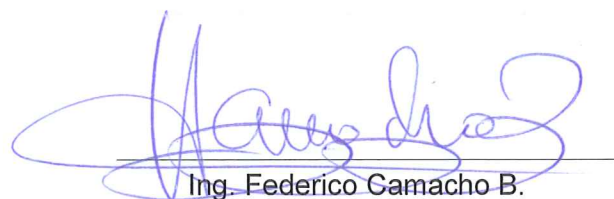
Ing. Federico Camacho Brausendorff.

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

Estamos también de acuerdo que el vídeo de la presentación oral es de plena propiedad de la FIMCP.



Jorge Redwood A.



Ing. Federico Camacho B.

RESUMEN

El presente trabajo describe el Diseño y Modelado Virtual de una máquina para ensamblado de Cajas para Banano de Exportación. La metodología empleada en el diseño conlleva la determinación de los factores de Diseño y de Forma, los factores de influencia, el cálculo en detalle de los factores de seguridad, además la modelación y diseño computacional de sus componentes.

El objeto principal del Diseño de este prototipo es la mejora en el proceso de armado de las cajas telescópicas de cartón corrugado, lo cual incrementa la eficiencia productiva de una empacadora de banano de 135 cartones por hora a 216 cartones por hora.

Se ha establecido varios indicadores de eficiencia para la máquina de ensamblado de Cajas de Banano, uno de ellos es la producción de cartones donde se registra un 60% de mejora. Se han calculado factores de seguridad; 5,7 (cálculos manuales) y 9,7 (cálculos computacionales), desarrollados en la estructura del bastidor carrusel.

La inversión de implementación de esta máquina es de \$3542,55, lo que representa un ahorro estimado en costos operativos de \$2013,44 al año, teniendo como tiempo de recuperación de inversión de retorno total al vigésimo primer mes.

Palabras Clave: Diseño de Máquina, Modelado Virtual, Cajas para Banano, Ensamblado de Cajas, Banano de Exportación.

ABSTRACT

This paper describes the Design and Virtual Modeling of a box assembly machine for banana export. The methodology used in the design involves the determination of the design, shape, and influence factors, the detail calculation of the safety factors, as well as the modeling and computational design of its components.

The main purpose of the design of this prototype was to improve the process of assembling the telescopic corrugated cardboard boxes; which increases the productive efficiency of banana packing from 135 cartons per hour to 216 cartons per hour.

There are several efficiency indicators established for the banana box assembly machine, cardboard production is one of them, with a 60% improvement verified. Safety factors were calculated; 5.7 (analytical calculations) and 9.7 (computer calculations), in the carousel rack structure.

The investment for the implementation of this machine is \$ 3,542.55. The annual savings in operating cost were estimated of \$ 2,013.44, which represents a return on investment at the 21th month.

Keywords: *Machine Design, Virtual Modeling, Banana Boxes, Boxes Assembly, Banana Export.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE PLANOS.....	XI
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.3 MARCO TEÓRICO	3
1.3.1 Cartón Corrugado.....	3
1.3.2 Clasificación.	4
1.3.3 Cajas Telescópicas para banano.....	4
1.3.4 Propiedades Mecánicas.....	5
1.3.4.1 Resistencia a la Compresión Vertical (RCV).....	5
1.3.4.2 Resistencia al aplastamiento horizontal.	5
CAPÍTULO 2.....	6
2. Metodología del Diseño	6
2.1 Alternativas Propuestas.....	7
2.2 Selección de la mejor Alternativa.....	8
2.3 Diseño de Forma.	9

2.3.1	Descripción del Sistema Giratorio.....	9
2.3.2	Descripción del Sistema de Prensado.....	10
2.4	Diseño Detallado.....	10
2.5	Materiales de los Mecanismos Involucrados.....	11
2.6	Cálculo Manual de la Estructura del Bastidor Carrusel.....	12
2.7	Cálculo Computacional de la Estructura del Bastidor Carrusel y de la Estructura del Eje Central.....	19
2.8	Selección de los rodamientos.....	25
2.9	Métodos de Unión y Sujeción.....	29
CAPÍTULO 3.....		32
3.	Resultados.....	32
3.1	Análisis de Resultados.....	32
3.1.1	Resultados Obtenidos en la Estructura del Bastidor Carrusel.....	32
3.1.2	Resultados Obtenidos en el Eje y Soporte Principal.....	33
3.2	Análisis de Factibilidad.....	34
CAPÍTULO 4.....		36
4.	Discusión y Conclusiones.....	36
4.1	Conclusiones.....	36
4.2	Recomendaciones.....	37
BIBLIOGRAFÍA.....		38
APÉNDICES.....		39
APÉNDICE A.....		40
APÉNDICE B.....		41
APÉNDICE C.....		42
APÉNDICE D.....		43
APÉNDICE E.....		44
APÉNDICE F.....		45

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
AEBE	Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador
USD	Dólares Americanos.
INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización
PIB	Producto Interno Bruto
Pro	Ecuador Promoción de Exportaciones e Inversiones
ACSA	Productores de Cartón en Ecuador, 2015
RSC	"Regular Slotted Container", Caja Ranurada de Uso Regular
UPN	Perfil Laminado de Acero, cuya sección es en forma de U
AISC	American Institute of Steel Construction.
FEM	Análisis por elementos finitos-
SMAW	Shielded Metal Arc welding
GMAW	Gas Metal Arc Welding
CPE	Código de Práctica Ecuatoriano

SIMBOLOGÍA

\$	Dólares Americanos.
%	Por ciento, Porcentaje
ton	Toneladas
km	Kilómetro
m	Metro
mm	Milímetro
cm	Centímetro
x	Por, Multiplicación
kg	Kilogramo
p.	página
N	Newton
F	Fuerza generada por todos los pesos.
F _{op}	Fuerza que produce el operador.
m1	Masa de la caja de cartón.
m2	Masa del bloque de madera.
m3	Masa de los perfiles.
m4	Masa de las platinas.
m/s ²	Metro por segundo al cuadrado
g	Fuerza de la gravedad. $9.81 \frac{m}{s^2}$
M	Momento en la estructura hexagonal del bastidor carrusel
d1,d2,d3	Distancias donde se efectúa el momento M, m
sen	Seno
Nm	Newton por metro
R1, R2	Fuerzas Radiales
L	Longitud donde se aplica el Momento
My	Momento de Inercia.
σ	Esfuerzo de Flexión
T	Esfuerzo Cortante
MPa	Megapascales
kPa	Kilopascales
N _{1,2,3,4,5}	Factores de Seguridad
σ'	Esfuerzo de Von Misses
σ_x	Esfuerzo en el eje x.

S_y	Esfuerzo de Fluencia o Cedencia.
S_{ut}	Esfuerzo último a la tracción
cm^3	Centímetros Cúbicos
F_e	Fuerza
T_g	Tangente
M_{max}	Momento Máximo
w	Módulo de resistencia
kg/m	Kilogramo por metro
$m_{hexagonal}$	Masa de la estructura hexagonal
W_{total}	Peso Total
$W_{total/apoyo}$	Peso Total por apoyo
$A_{c50x25x3}$	Área de la sección transversal del perfil UPN
kg	Kilogramo
P_{cr}	Carga crítica en la columna.
E	Módulo de Elasticidad del acero, 210 GPa.
S_r	Razón de Esbeltez.
k	Radio de giro.
A	Área de la sección transversal del perfil UPN.
I	Momento de inercia del perfil UPN.
rpm	Revoluciones por minuto
F_a	Fuerza Axial
F_r	Fuerza Radial
mm^3	Milímetro Cúbico
kg/m^3	Kilogramo por metro cúbico.
M_{total}	Masa Total
W	Peso Total
S_o	Factor de Seguridad Estático.
P_o	Carga estática equivalente en kN.
P	Carga dinámica equivalente en kN.
C_o	Capacidad de Carga estática.
kN	Kilo Newton.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Caja de Cartón corrugado para Banano.....	2
Figura 1-2. Proceso de Empaque de banano.	2
Figura 1-3. Diseño del Fondo de Caja Telescópica para Banano Marca Artes	4
Figura 1-4. Cajas Telescópicas para Banano	5
Figura 2-1. Fases del Diseño y Metodología utilizada en el desarrollo del Prototipo.....	6
Figura 2-2. (a) Máquina Automatizada (b) Fabricación Nacional (c) Armado Manual	8
Figura 2-3. (a) Sistema de transporte Circular de Materiales (b) Sistema de Transporte Lineal de Materiales	9
Figura 2-4. Sistema de prensado de cajas de cartón.....	10
Figura 2-5. Prototipo Propuesto	11
Figura 2-6. Estructura del Bastidor Carrusel.....	13
Figura 2-7. Estructura del eje y soporte principal.....	14
Figura 2-8. Análisis de Cargas y Momentos del eje principal.	14
Figura 2-9. Estructura hexagonal del bastidor Carrusel.	15
Figura 2-10. Análisis de Cargas y Momentos del bastidor hexagonal.	16
Figura 2-11. Estructura del refuerzo del bastidor hexagonal.	17
Figura 2-12. Construcción de las líneas de falla de una columna.	18
Figura 2-13. Número de Nodos y Elementos.	20
Figura 2-14. Cargas Actuantes y Restricciones consideradas.	21
Figura 2-15. Esfuerzos de Von Misses.	21
Figura 2-16. Deformación Total.....	22
Figura 2-17. Factor de Seguridad.....	22
Figura 2-18. (a)Cargas Actuantes (b) Restricciones Consideradas para el eje Central.	23
Figura 2-19. Esfuerzo de Von Misses.	23

Figura 2-20. Esfuerzo de Von Misses.	24
Figura 2-21. Factor de Seguridad.....	24
Figura 2-22. Cargas actuantes para la Selección de Rodamientos.	25
Figura 2-23. Factor de Seguridad Estático para rodamientos SKF.	26
Figura 2-24. Rodamiento SKF 6008.....	27
Figura 2-25. Rodamiento SKF 32009 X/Q.	28
Figura 2-26. Detalle de Soldadura Eje Principal parte inferior.	29
Figura 2-27. Detalle de Soldadura del soporte de platinas y estructura hexagonal principal.....	30
Figura 2-28. Detalle de Soldadura de estructura hexagonal secundaria y bisagras	30
Figura 2-29. Detalle de Soldadura del Eje Principal parte Superior.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Exportaciones por producto principal (ton).	1
Tabla 2. Resistencia la compresión vertical del cartón corrugado.	5
Tabla 3. Matriz de Decisión.....	8
Tabla 4. Componentes del Prototipo.....	12
Tabla 5. Peso de los componentes del Prototipo.	25
Tabla 6. Cargas actuantes.	26
Tabla 7. Resultados Obtenidos en la Estructura del Bastidor Carrusel	32
Tabla 8. Resultados Obtenidos en el Eje y Soporte Principal.....	33
Tabla 9. Costos de los Componentes del Prototipo.....	34
Tabla 10. Eficiencia de la Producción.	35

ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Plano General
- PLANO 2 Estructura del Bastidor Carrusel
- PLANO 3 Mecanismo de Prensado
- PLANO 4 Utilaje para el armado de cajas
- PLANO 5 Eje y Soporte Principal
- PLANO 6 Platina de Sujeción

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la industria Bananera del Ecuador requiere de tecnologías que le permitan mejorar sus procesos de producción. Esto se debe a las exigencias de los países consumidores en cuanto a calidad y precio.

La Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador - AEBE (2014) calcula que en el 2014 se despacharon 300 millones de cajas, 50 millones más que en el 2013, generando más de \$ 2.340 millones, de ahí la importancia de la eficiencia en los procesos productivos.

Según el Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones -Pro Ecuador (2013), señala que en la economía Ecuatoriana la exportación bananera representa el 2% del PIB general, 26% del PIB agrícola, 8% de las exportaciones generales, 27% de las exportaciones agropecuarias y 20% de las exportaciones no petroleras. El 95% de la producción ecuatoriana que se exporta, llega a 43 mercados a nivel mundial. En la Tabla 1, se puede observar las exportaciones de Banano y Plátano realizadas en los últimos años, según cifras publicadas por el Banco Central del Ecuador.

Tabla 1. Exportaciones por producto principal (ton).

Productos \ Años	2009	2010	2011	2012	2013
TOTAL	6.400.279	5.731.302	6.383.066	5.777.639	6.190.354
Arroz	50.171	25.421	51.450	14.418	43.230
Banano y plátano	5.728.298	5.156.070	5.667.958	5.198.010	5.589.448
Banano	5.507.832	4.994.019	5.450.049	5.012.508	5.385.773
Plátano	220.466	162.051	217.909	185.502	203.674
Cacao en grano	126.966	116.242	158.465	146.873	175.150
Café en grano	26.222	21.275	35.433	28.118	12.038
Otras frutas	178.989	157.671	189.194	162.945	126.529
Melones	4	5	313	25	62
Piñas	99.715	95.647	88.714	61.679	52.068
Otras	79.271	62.019	100.168	101.241	74.399
Fibras vegetales	22.910	22.446	21.324	22.585	19.171
Abacá	10.373	11.065	9.665	11.066	9.394
Otros	12.537	11.380	11.659	11.516	9.777
Otros productos	266.723	232.144	259.240	204.686	224.780
Tabaco en rama	3.616	3.556	4.178	4.293	4.527
Cascarilla	84	334	482	512	852
Hojas de té	629	651	549	626	673
Maíz	44.803	5.081	4.078	2.777	781
Flores naturales	100.743	105.734	117.059	117.300	148.335
Otros	116.849	116.789	132.894	79.179	69.612

Fuente: Banco Central del Ecuador, 2014

Uno de los procesos necesarios para la exportación del banano, es el proceso de empaque, ya que éste es empacado en cajas de cartón corrugado que posee propiedades como: resistencia, durabilidad, ligereza que le brindan la protección necesaria para ser transportado hasta su destino final. (Ver Figura 1.1).



Figura 1-1. Caja de Cartón corrugado para Banano.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Para el proceso de empaque de banano (Ver figura1.2), se requiere un previo armado de las cajas de cartón corrugado.

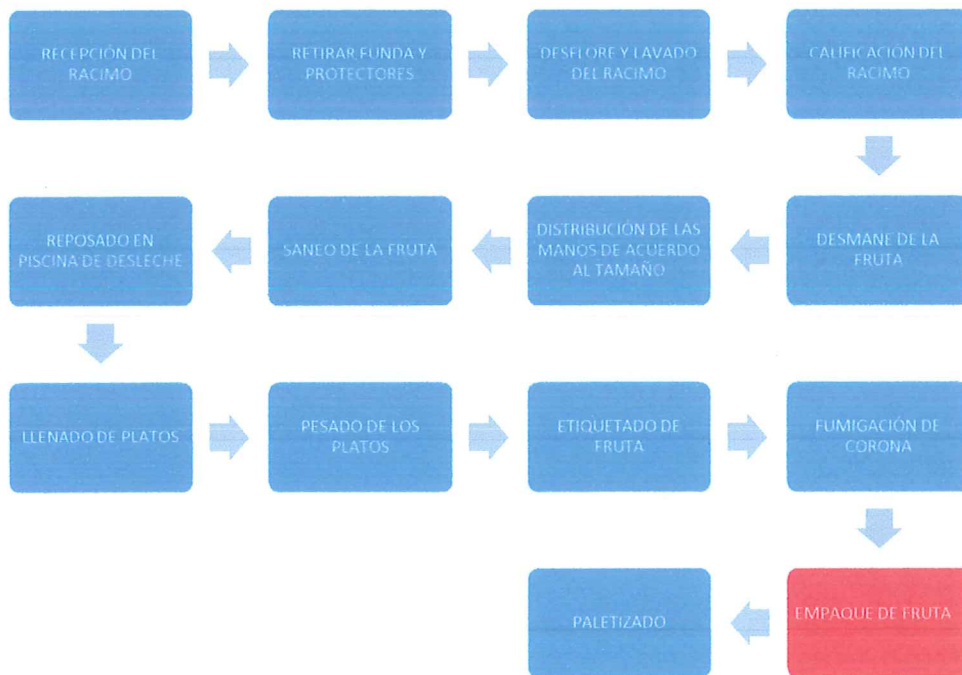


Figura 1-2. Proceso de Empaque de banano.

En la actualidad son muy pocas las Agrícolas Bananeras Ecuatorianas que tienen un proceso adecuado de armado de cajas; la gran mayoría realiza éste proceso manualmente.

El armado manual tiene los siguiente inconvenientes observados:

- La presión que se ejerce sobre las solapas del cartón no es uniforme, por lo que no se pegan bien.
- La caja armada no siempre tiene la forma adecuada (falta de paralelismo entre las caras).
- Muchas veces se deforma la superficie del cartón.
- No está apegado a los estándares de calidad requerido por los clientes, ya que el armador se para encima de las solapas.
- Se genera un bajo flujo de producción.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una máquina para ensamblado de Cajas de Banano de exportación, que contribuya al mejoramiento del proceso de armado de las cajas de cartón corrugado.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Desarrollar cálculos manuales y computacionales que validen técnicamente el diseño del prototipo.
- ✓ Seleccionar componentes adecuados que contribuyan al funcionamiento del prototipo.
- ✓ Ejecutar el modelado virtual del prototipo.

1.3 MARCO TEÓRICO

1.3.1 Cartón Corrugado.

El cartón corrugado es uno de los materiales para envases y embalajes más empleados en el mundo para agrupar, almacenar, transportar, exponer y vender productos de consumo.

El CÓDIGO DE PRÁCTICA ECUATORIANO (CPE) INEN 004:2013 define a las cajas de cartón corrugado de la siguiente manera:

"Empaque fabricado con cartón corrugado, cuyas funciones son contener, proteger, almacenar, identificar y transportar diferentes tipos de productos".

1.3.2 Clasificación.

El CPE INEN 004:2013 clasifica a las cajas de cartón corrugado en las siguientes:

- Cajas de tipo ranurado
- Cajas de tipo telescópico
- Cajas plegables y bandejas
- Cajas de tipo deslizante
- Cajas de tipo rígido
- Cajas de encolado rápido
- Acondicionadores interiores

1.3.3 Cajas Telescópicas para banano.

Constan de más de una pieza y están caracterizadas por una tapa y/o un fondo que se deslizan de modo telescópico sobre el cuerpo de la caja.

Son utilizadas para el transporte de bananos, tienen distintas modificaciones en cuanto a su tamaño y disposición de los orificios. El tamaño y los orificios de la caja de cartón cumplen una función importante a la hora de asegurar que el aire circule a través y alrededor de las tarimas (Ver Figura 1-4).

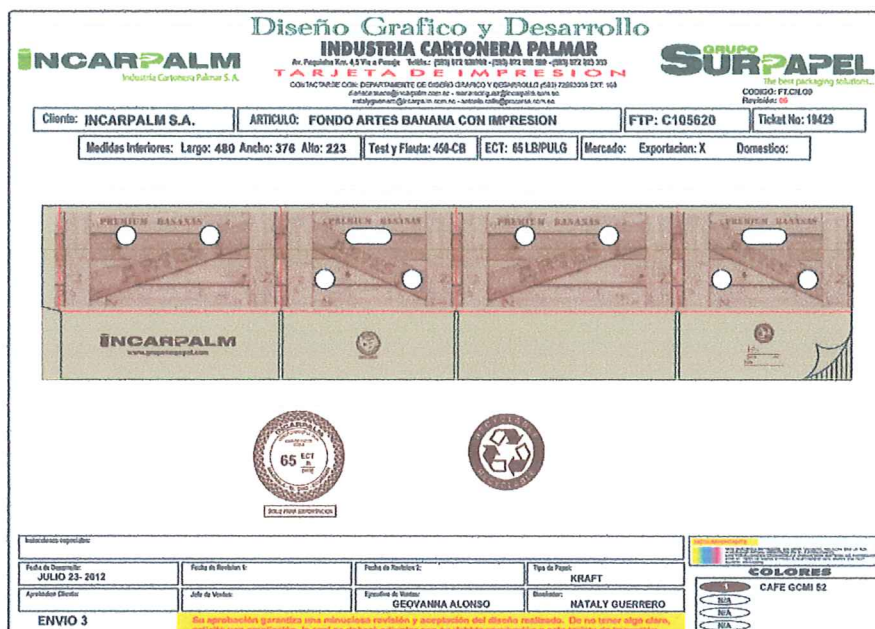


Figura 1-3. Diseño del Fondo de Caja Telescópica para Banano Marca Artes (cortesía NANABAN S.A.).

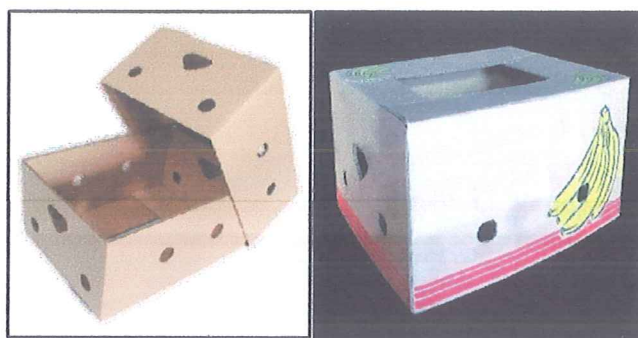


Figura 1-4. Cajas Telescópicas para Banano.

1.3.4 Propiedades Mecánicas.

1.3.4.1 Resistencia a la Compresión Vertical (RCV).

El CPE INEN 004:2013 indica que el cartón corrugado debe cumplir como mínimo los siguientes valores, medidos sobre cajas sin usar y que hayan estado sometidas a condiciones normales de almacenamiento y manejo, cuando se ensaye de acuerdo a la norma INEN 1422.

Tabla 2. Resistencia la compresión vertical del cartón corrugado.

DESIGNACIÓN	RCV MÍNIMO	
	kN/m	kgf/m
450	4,41	450
540	5,30	540
620	6,08	620
720	7,06	720
790	7,75	790
1050	9,12	930
1130	10,30	1050
1200	11,08	1130
15200	11,77	1200
	14,91	1520

Fuente: INEN, 2014

1.3.4.2 Resistencia al aplastamiento horizontal.

El CPE INEN 004:2013 indica que para pared sencilla, la resistencia mínima para el aplastamiento horizontal del cartón corrugado debe ser de $19,6 \text{ N/cm}^2$ (2 kgf/cm^2) cuando se ensaye con lo indicado en la norma INEN 1411. (INEN, 2014)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA DEL DISEÑO

En el desarrollo de este trabajo de diseño, se van a usar métodos de la investigación Teórica como el Análisis, lo cual consiste en descomponer el prototipo en sus componentes para ser estudiados, también se utiliza la Síntesis, para que estos componentes integrantes sean analizados como un todo armónico y el relacionamiento entre ellos (Método Sistémico). También se utiliza la Modelación Virtual, la cual permite analizar un modelo que representa un reflejo de la realidad, complementándose con métodos de la Investigación Empírica como la observación y la medición.

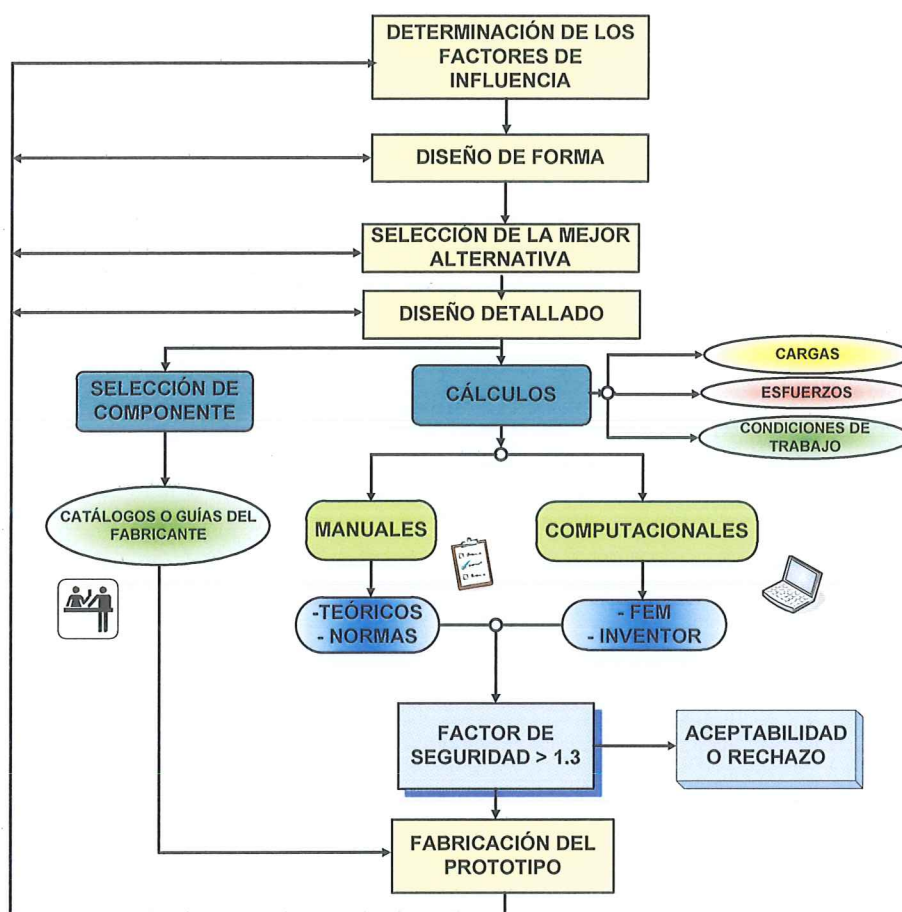


Figura 2-1. Fases del Diseño y Metodología utilizada en el desarrollo del Prototipo.

La metodología utilizada para el diseño del prototipo sigue la estructura que se fundamenta en la Figura 2-1. Se muestra las fases del diseño, desde la determinación de los factores de influencia, el diseño de forma, selección de la mejor alternativa, hasta llegar al diseño

detallado. Luego se diseñan los componentes ejecutando cálculos manuales y computacionales para verificar su aceptabilidad o rechazo. También se seleccionan componentes en base a Catálogos o Guías de los Fabricantes. Cumpliendo técnicamente lo anterior se fabrica el Prototipo, lo cual no forma parte del alcance de este trabajo.

2.1 Alternativas Propuestas.

A continuación se plantean y analizan las alternativas más factibles para obtener una máquina de ensamblado para cajas de banano. Para la selección de la mejor alternativa se cumplirá con las condiciones para solucionar el problema descrito en el Capítulo 1. Cabe indicar que para el sector agroindustrial ecuatoriano el aspecto económico es un factor fundamental y decisivo en la toma de decisiones, por lo que éste es considerado el más importante. Se describe también sus sistemas, materiales y componentes de la máquina, indispensables para su funcionamiento, diseñados y seleccionados.

Actualmente en las fincas bananeras el armado de cajas se realiza de forma manual por personal que labora en las mismas. En sectores industriales diferentes al banano, existen máquinas formadoras de cajas de cartón y la mayoría han sido importadas del exterior, lógicamente en función de su capacidad de producción. Razones como la falta de desarrollo tecnológico, así como la falta o la poca existencia de fabricantes son condiciones que limitan tener una evaluación más real sobre el mercado de este tipo de maquinarias. Sin embargo, en el desarrollo de éste proyecto se pretende contribuir y fomentar el mercado de fabricación nacional.

En base a lo descrito anteriormente se tomarán en cuenta tres escenarios posibles:

1. Una máquina automatizada para el armado.
2. Una máquina manual para el armado.
3. Armado manual con un operador (situación actual).

La *Figura 2.2 a*, muestra una máquina automatizada formadoras de cajas; la *Figura 2.2 b*, indica el proceso de fabricación nacional; y en la *Figura 2.2 c*, se muestra el armado manual de cajas para banano, que comúnmente ejecutan la mayoría de haciendas bananeras.

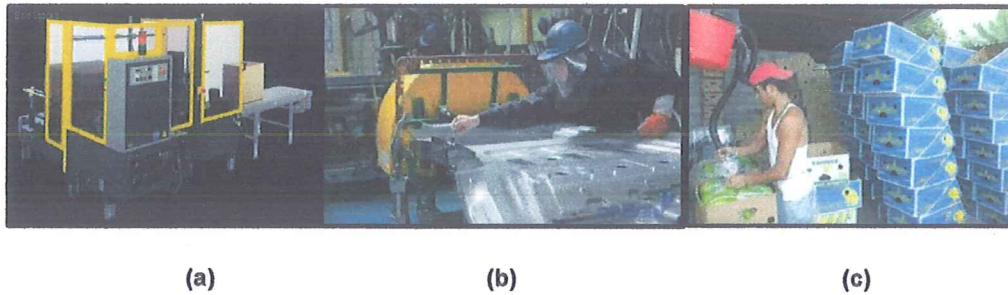


Figura 2-2. (a) Máquina Automatizada (b) Fabricación Nacional (c) Armado Manual

2.2 Selección de la mejor Alternativa.

Para seleccionar la mejor alternativa se hace uso de una matriz de decisión para hacer un análisis comparativo de las soluciones disponibles y la situación actual, de los escenarios descritos en el inciso 2.1.

Para valorar la selección, se asigna una puntuación (1 – 10), según su capacidad, funcionalidad, complejidad y costo. Las columnas corresponden a categorías asignadas según las cuales los diseños han de ser juzgados, a las que se asignan un factor de ponderación, que mide su importancia relativa.

Tabla 3. Matriz de Decisión

	FACTORES OBJETIVOS						FACTORES SUBJETIVOS				RANGO
	CAPACIDAD		COSTO		MANTENIMIENTO		COMPLEJIDAD		FUNCIONALIDAD		
Factor	0.3		0.3		0.2		0.1		0.1		1
MÁQUINA AUTOMATIZADA	8	2.4	4	1.2	7	1.4	5	0.5	8	0.8	6.3
MÁQUINA MANUAL	6	1.8	7	2.1	6	1.2	8	0.8	7	0.7	6.6
ARMADO MANUAL	3	0.9	8	2.4	3	0.6	9	0.9	3	0.3	5.1

Fuente: Elaboración Propia

La *Tabla 3*, muestra una matriz de decisión, donde se muestran en detalle los Factores Objetivos y Subjetivos para la selección de la mejor alternativa.

Capacidad: Se toma en cuenta la capacidad de armado de cajas de cartón.

Costo: Este factor es considerado en base a precios en el mercado, capacidad de inversión para una hacienda y costo laboral de un colaborador, siendo el de mayor puntaje el más económico.

Mantenimiento: Se refiere a la facilidad para ejecutarse el mantenimiento en la máquina, considerando también el tiempo de paro improductivo.

Complejidad: Si tiene mayor número de elementos en el equipo o sistema.

Funcionalidad: Se refiere a la eficiencia de la máquina y de armado.

La alternativa de la máquina manual es la que obtiene el mayor puntaje (6.6). Entre las restricciones/limitantes para la máquina a diseñar se tiene el espacio físico y la operación manual para conformar la caja de cartón. Dadas estas condiciones, la máquina manual a diseñar consta con dos sistemas de mecanismo: sistema giratorio y sistema de prensado.

2.3 Diseño de Forma.

2.3.1 Descripción del Sistema Giratorio.

Este Sistema consiste en una parte del sistema de transporte y de cambio de dirección de las cajas de cartón. En las industrias se utilizan diversos sistemas de transporte de materiales, sin embargo seleccionamos el medio más adecuado adaptándose a las condiciones locales de la hacienda, y por la limitante de espacio que se tiene.

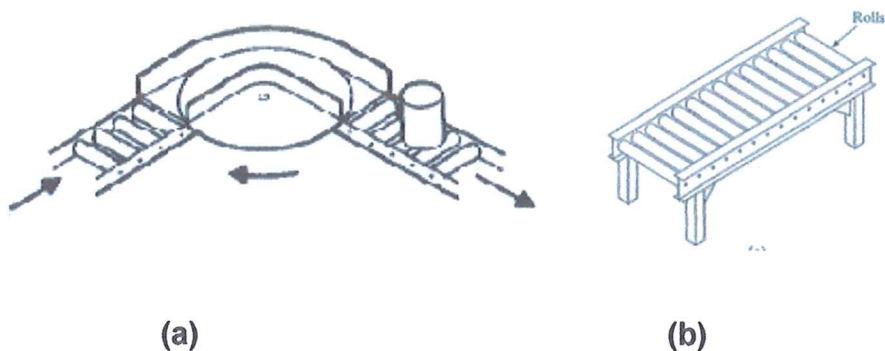


Figura 2-3. (a) Sistema de transporte Circular de Materiales (b) Sistema de Transporte Lineal de Materiales

En la *Figura 2-3*, el movimiento circular constituye el componente giratorio principal de la máquina a diseñarse y el movimiento lineal constituye la trayectoria de entrada y salida de las cajas de cartón antes y después de armarse. Se utilizará entonces rodillos de

deslizamiento no motorizados o rodillos locos para el proceso de entrada y salida de las cajas de cartón, estos sistemas ya existen en las haciendas bananeras.

2.3.2 Descripción del Sistema de Prensado.

Este sistema consiste cambiar la forma de la caja de cartón que se está transportando; para ello se utiliza una persona que se encarga de accionar manualmente un mecanismo de prensado para conformar la caja de cartón, según su diseño. Se comprobó experimentalmente que se requiere de una fuerza de 780 N para comprimir el cartón sin que se deforme. (Ver Figura 2-4).

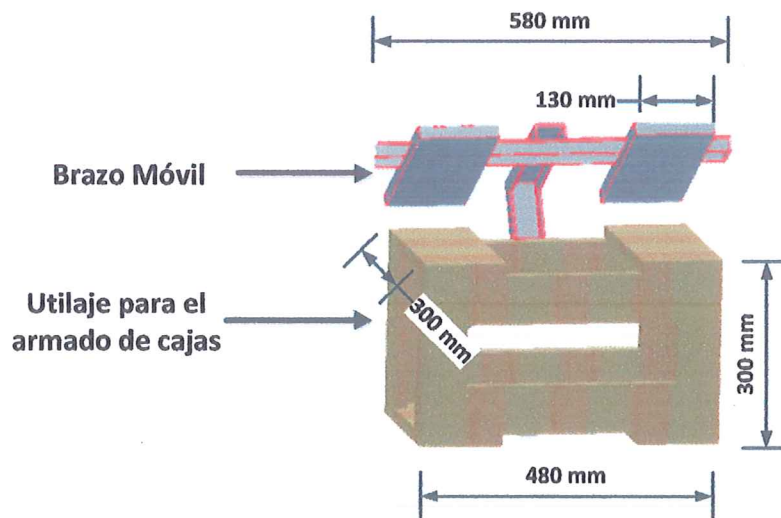


Figura 2-4. Sistema de prensado de cajas de cartón

2.4 Diseño Detallado.

El prototipo tendrá que ajustarse a las condiciones descritas en los incisos 2.3.1 y 2.3.2, en tal virtud realizará un movimiento circular y será controlado de forma manual por un operador, tanto en velocidad de rotación como en prensado. Se tendrá un eje principal de rotación y una estructura de soporte. Su capacidad será para armar seis cajas por vuelta y dependerá de la destreza que tenga el operador (Ver Figura 2-5).

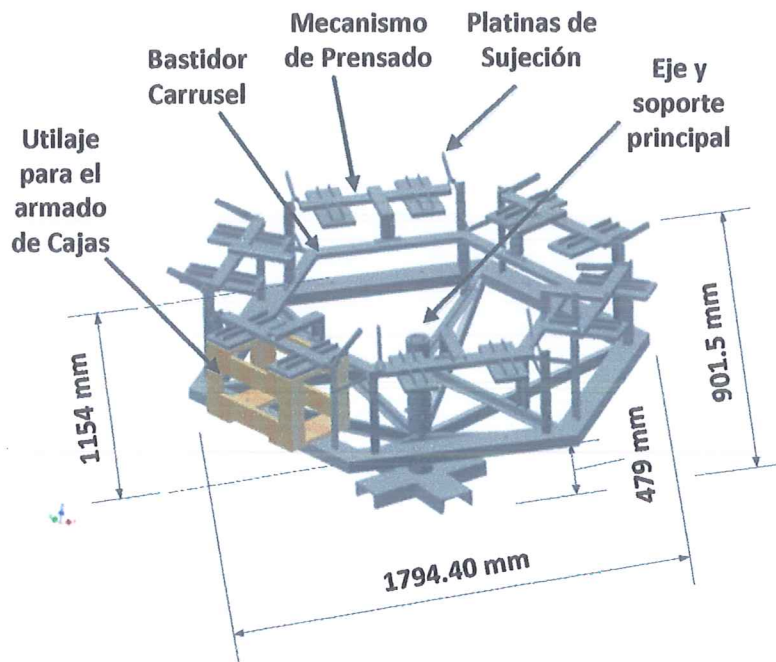


Figura 2-5. Prototipo Propuesto

Las dimensiones y detalles más específicos de cada componente se muestran en los Planos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 del APÉNDICE A.

2.5 Materiales de los Mecanismos Involucrados.

Se utilizarán materiales de adquisición local como perfiles estructurales UPN y ángulos, planchas y platinas de Acero ASTM A36, tubería de acero ASTM A53 SCH 80 Grado B para la base y soporte del mecanismo giratorio cuyas especificaciones técnicas se muestran en el APÉNDICE B.

Además se utilizarán rodamientos de bola y de rodillo SKF; cuyos detalles de selección especificaciones técnicas se indicarán posteriormente. Adicionalmente se necesitan 12 pedazos de madera perfectamente curadas de dimensiones: 130 mm x 300 mm x 18 mm.

En forma detallada se muestra la lista de componentes de la máquina a diseñarse en la *Tabla 4*, sus dimensiones y detalles más específicos se muestran en los *Planos 1,2,3,4,5 y 6* del APÉNDICE A.

Tabla 4. Componentes del Prototipo.

Componente	Cantidad	Descripción
	1	Eje y Soporte principal
	1	Estructura del bastidor carrusel
	6	Mecanismo de Prensado
	24	Platinas de Sujeción
	1	Utilaje para el armado de Cajas

Fuente: Elaboración Propia

2.6 Cálculo Manual de la Estructura del Bastidor Carrusel.

Primeramente se calcula F que es la fuerza generada por todos los pesos de: caja de cartón, bloque de madera, y accesorios (platinas y perfiles), más la fuerza que produce el operador F_{op} . Para el cálculo se usa la ecuación 2.1.

$$F = (m1 + m2 + m3 + m4) \times g + F_{op} \quad \text{Ec. 2.1}$$

$$F = \left[(1.36 + 11.7 + 0.72 + 0.5) \text{kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 \right] + 49 \text{ N} = 189.14 \text{ N}$$

Donde:

$m1=1.36$ kg masa de la caja de cartón.

$m2=11.7$ kg masa del bloque de madera.

$m3=0.72$ kg masa de los perfiles.

$m4=0.5$ kg masa de las platinas.

$F_{op}=5$ kg \times 9.81 m/s² = 49.05 N (Fuerza que produce el operador, medida experimentalmente)

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$ Aceleración de la gravedad.

Esta fuerza por igual provoca un momento M en la parte central de la **estructura hexagonal del bastidor carrusel** a distancias d_1 , d_2 y d_3 según la *Figura 2-6* y con la ecuación 2.2.

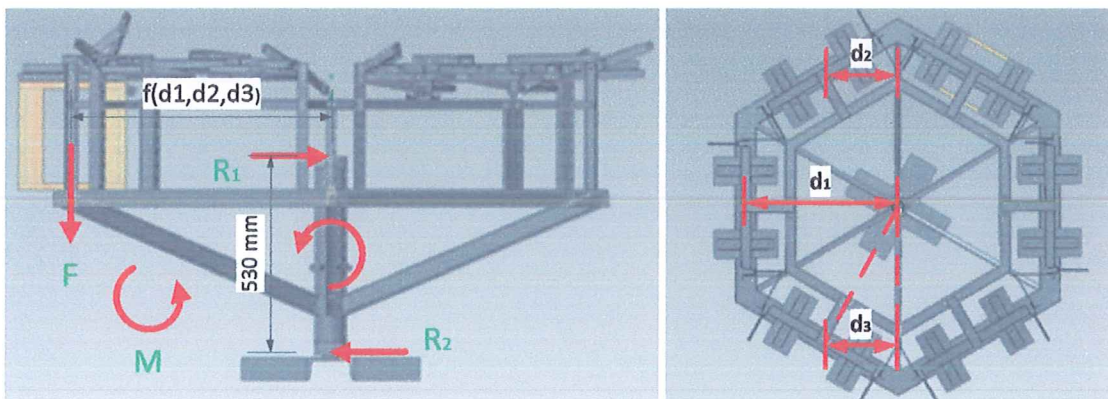


Figura 2-6. Estructura del Bastidor Carrusel

$$M = \sum F \times d \text{ Ec.2.2}$$

$$M = F \times d_1 + F \times d_2 + F \times d_3$$

$$d_2 = d_3$$

$$M = F \times d_1 + F \times d_2 + F \times d_3$$

$$M = F(d_1 + 2\text{sen}30 \times d_1)$$

$$M = F \times d_1 \times (1 + 2\text{sen}30) = 189.14 \text{ N} \times 0.727\text{m} \times (1 + 2 \times 0.5) = 275 \text{ Nm}$$

Para el cálculo de las fuerzas radiales R_1 y R_2 también se usa la *Figura 2-6* y la ecuación 2.2. Considerando que $R_1 = R_2$ y $L = 0.53 \text{ m}$

$$M = R_1 \times \frac{L}{2} + R_2 \times \frac{L}{2} = 2 \frac{M}{L} = (R_1 + R_2)$$

$$R_1 = R_2 = 2 \times \frac{275 \text{ Nm}}{2 \times 0.53 \text{ m}} = 518.87 \text{ N}$$

Para el cálculo del **eje central principal** hay que considerar las condiciones dadas en las *Figuras 2-7* y *2-8*, con la ecuación 2.2, se calcula el Momento de Inercia M_y .

$$M_y + R_1 \times d_1 - R_2 \times d_2 = 0$$

$$M_y + R_1 \times 0.0205\text{m} - R_2 \times 0.5505\text{m} = 0$$

$$M_y = R_1 \times (0.5505m - 0.0205m) = 518.87 N \times 0.53m = 275 Nm$$

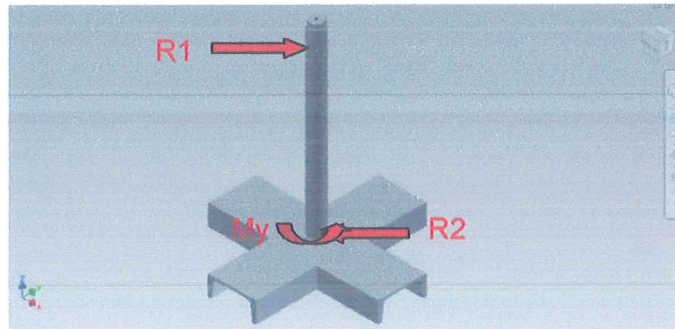


Figura 2-7. Estructura del eje y soporte principal

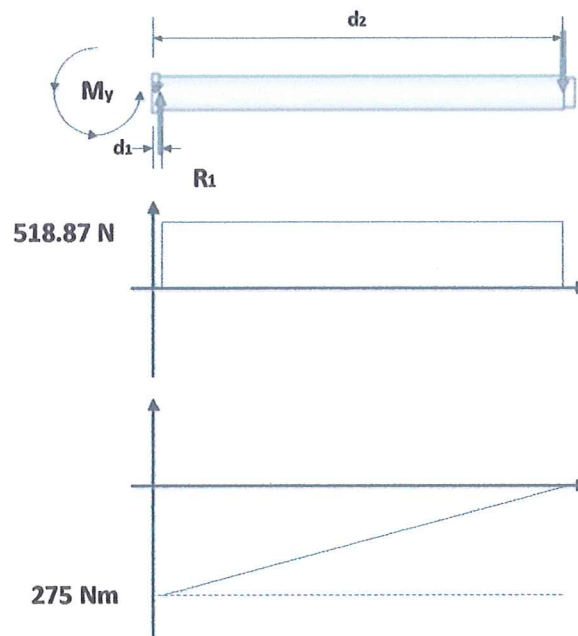


Figura 2-8. Análisis de Cargas y Momentos del eje principal.

Se procede al cálculo del esfuerzo de flexión y cortante en flexión, mediante las ecuaciones 2.3 y 2.4.

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ec. 2.3}$$

$$\tau = \frac{4V}{3A} \quad \text{Ec. 2.4}$$

$$\sigma = \frac{M_y c}{\frac{\pi d^4}{64}} = \frac{275 Nm \times \left(\frac{0.04}{2}\right)}{\frac{\pi \times 0.04^4}{64}} = \frac{3.7218 Nm^2}{1.2566 \times 10^{-7} m^4} = 43.76 MPa$$

$$\tau = \frac{4 \cdot 518.87 \text{ N}}{3 \frac{\pi \times 0.04^2}{4}} = \frac{4 \cdot 518.87 \text{ N}}{3 \times 1.2566 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 550.55 \text{ kPa}$$

Ahora se calculan los factores de seguridad por Esfuerzo de flexión y por Von Misses, con las ecuaciones 2.5 y 2.6.

$$N = \frac{S_y}{\sigma} \text{ Ec. 2.5}$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \text{ Ec. 2.6}$$

Se calcula entonces el primer factor de seguridad por el método del esfuerzo de flexión. Se considera como material un eje de acero AISI 1020, laminado en caliente con $S_y = 250 \text{ MPa}$.

$$N_1 = \frac{250 \text{ MPa}}{43.76 \text{ MPa}} = 5.7$$

A continuación se calcula el segundo factor de seguridad por el método del esfuerzo de Von Misses. Considerando $\sigma_y=0$ y $\tau_{xy}=0$; por lo que $\sigma' = \sigma_x$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2} = \sqrt{(43.76 \text{ MPa})^2} = 43.76 \text{ MPa}$$

$$N_2 = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{250 \text{ MPa}}{43.76 \text{ MPa}} = 5.7$$

Se procede con el cálculo de la estructura hexagonal del bastidor carrusel, utilizando la ecuación 2.3 y con las especificaciones de las Figuras 2.9 y 2.10. El perfil que se analizará es UPN, cuyo material es ASTM A36 con $S_y = 250 \text{ MPa}$; $I/c = w_{yy} = 5.07 \text{ cm}^3$, según lo que se muestra en sus especificaciones técnicas del APÉNDICE B.

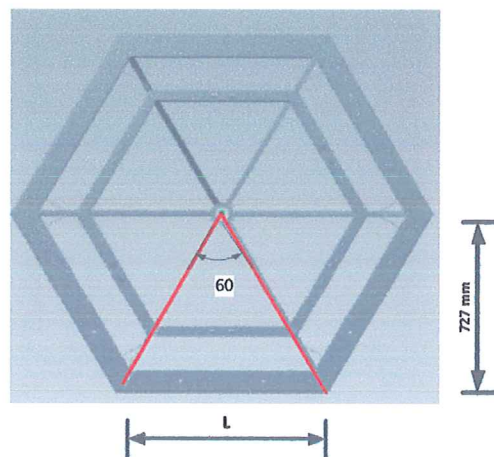


Figura 2-9. Estructura hexagonal del bastidor Carrusel.

La Fuerza F_e que se muestra en la Figura 2-10, fue calculada experimentalmente de tal manera, que cumpla con la condición de que se pegue el cartón a producir sin deformarse. Su valor es de 780 N.

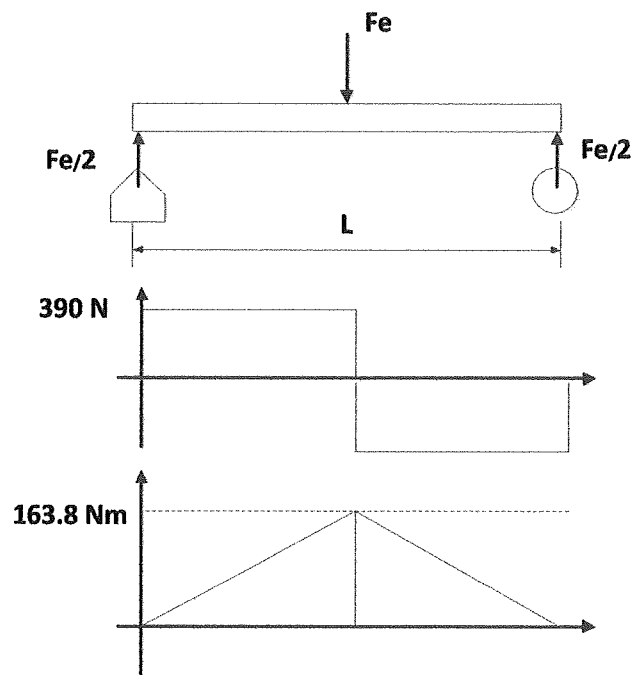


Figura 2-10. Análisis de Cargas y Momentos del bastidor hexagonal.

$$L = 2 \times Tg 30 \times 727 = 0.84 \text{ m}$$

$$M_{max} = \frac{F_e \times L}{4} = \frac{780 \text{ N} \times 0.84 \text{ m}}{4} = 163.8 \text{ Nm}$$

$$\sigma = \frac{M_{max}}{w} = \frac{163.8 \text{ Nm}}{5.07 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 32.31 \text{ MPa}$$

Ahora se calculan los factores de seguridad por Esfuerzo de flexión, con la ecuación 2.5.

$$N_3 = \frac{250 \text{ MPa}}{32.31 \text{ MPa}} = 7.7$$

Finalmente se calcula el refuerzo de la estructura hexagonal del bastidor carrusel, utilizando las especificaciones de la Figuras 2-10 y 2-11.

El peso del perfil estructural UPN (100 x 50 x 4) es de 35.20 Kg/m; así también el área de la sección transversal del perfil UPN (50 x 25 x 3) es 2.33 cm² según lo que se muestra en las especificaciones técnicas en el APÉNDICE B.

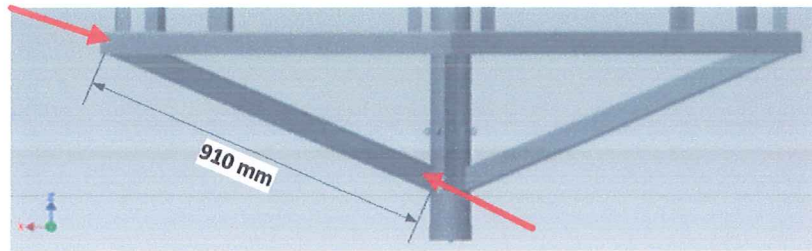


Figura 2-11. Estructura del refuerzo del bastidor hexagonal.

Entonces la masa de la estructura hexagonal del bastidor carrusel sería:

$$m_{hexagonal} = 6 \times L \times 35.20 \text{ kg/m} = 6 \times 0.84\text{m} \times 35.20 \text{ kg/m} = 177.41\text{kg}$$

La masa total se calcula con la ecuación 2.7

$$m_{total} = m_{hexagonal} + [6 \times (m_1 + m_2 + m_3 + m_4)] \text{ Ec. 2.7}$$

$$m_{total} = 177.41 + [6 \times (14.28)] = 263.09 \text{ kg}$$

El peso total sería:

$$W_{total} = m_{total} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 2578.3 \text{ N}$$

A esto se adiciona el valor de la fuerza del operador 49.06 N

El peso por apoyo sería:

$$W_{total/apoyo} = \frac{(2578.3 + 49.05) \text{ N}}{6} = \frac{2627.33}{6} = 437.9 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{W_{total/apoyo}}{A_{C50X25X3}} = \frac{437.9 \text{ N}}{2.33 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 1.88 \text{ MPa}$$

Ahora se calcula los factores de seguridad por esfuerzo de compresión, con la ecuación 2.5.

$$N_4 = \frac{250 \text{ MPa}}{1.88 \text{ MPa}} = 132.9$$

A continuación se realiza un análisis considerando pandeo, y que el perfil utilizado como soporte se comporte como una columna articulada – articulada.

Haciendo uso la ecuación 2.8 que es la ecuación de Euler para columnas.

$$\frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 E}{S_r^2} \quad \text{Ec. 2.8}$$

Donde:

P_{cr} = Carga crítica en la columna.

E = Módulo de Elasticidad del acero, 210 GPa.

S_r = Razón de Esbeltez. $S_r = L_{ef}/k$. Ec. 2.9 Para el caso de una columna articulada – articulada

$L_{ef} = L$. Recomendado por AISC (*American Institute of Steel Construction*). Tabla 2-4 del APÉNDICE C.

k = Radio de giro. $k = \sqrt{I/A}$ Ec. 2.10

$A = 2.33 \text{ cm}^2$. Área de la sección transversal del perfil (Ver APÉNDICE B).

I = Momento de inercia del perfil UPN. $I_{x-x} = 9.70 \text{ cm}^4$; $I_{y-y} = 1.57 \text{ cm}^4$ (Ver APÉNDICE B).

Reemplazando, se calcula del radio de giro con la ecuación 2.10.

$$k = \sqrt{1.57 \text{ cm}^4 / 2.33 \text{ cm}^2} = 0.82 \text{ cm}$$

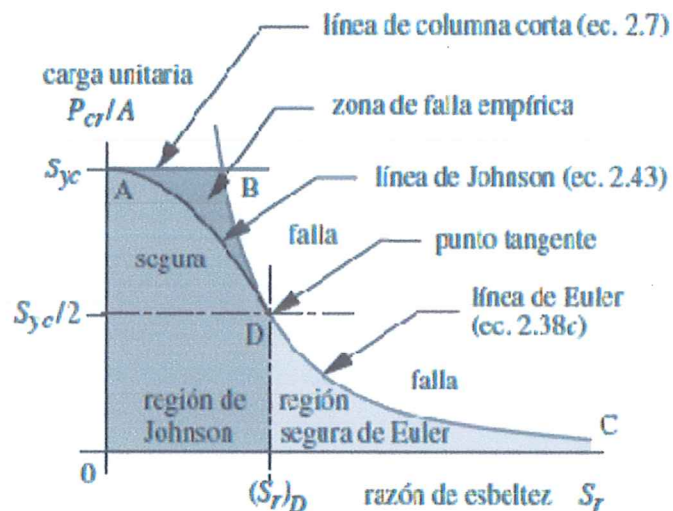


Figura 2-12. Construcción de las líneas de falla de una columna.

Fuente: F. P. Beer y E. R. Johnston (1992)

Luego se procede al cálculo de la razón de esbeltez con la ecuación 2.9.

$$S_r = \frac{L}{0.82 \text{ cm}} = \frac{91 \text{ cm}}{0.82 \text{ cm}} = 110.98$$

Ahora se analizan las líneas de fallas de las columnas según la *Figura 2-12*. Utilizando la ecuación 2.11.

$$(S_r)_D = \pi \sqrt{\frac{2E}{S_y}} \quad \text{Ec. 2.11}$$

$$(S_r)_D = \pi \sqrt{\frac{2 \times 210 \times 10^9}{250 \times 10^6}} = 128.77$$

Como $S_r = 110.98 < (S_r)_D = 128.77$, entonces se utiliza la Ecuación 2.12. Que corresponde a la ecuación ajustada entre los puntos A y D de la Línea de Johnson en la *Figura 2-12*.

$$\frac{P_{cr}}{A} = S_y - \frac{1}{E} \left(\frac{S_y S_r}{2\pi} \right)^2 \quad \text{Ec. 2.12}$$

Reemplazando se tiene:

$$P_{cr} = A \left[S_y - \frac{1}{E} \left(\frac{S_y S_r}{2\pi} \right)^2 \right] = 0.000233 \text{ m}^2 \left[250 \text{ MPa} - \frac{1}{210000 \text{ MPa}} \left(\frac{250 \text{ MPa} \times 110.98}{2\pi} \right)^2 \right] =$$

$$P_{cr} = 0.000233 \text{ m}^2 [250 - 93] \times 10^6 \text{ N/m}^2 = 250 - 93 = 36581 \text{ N}$$

Finalmente se relaciona con la carga crítica (P_{cr}) de la columna con la carga aplicada ($P_{aplicada}$) para obtener su factor de seguridad con la Ecuación 2.13. Considerando que $P_{aplicada} = W_{total/apoyo} = 437.9 \text{ N}$

$$N_5 = \frac{P_{cr}}{P_{aplicada}} \quad \text{Ec. 2.13}$$

$$N_5 = \frac{36581 \text{ N}}{437.9 \text{ N}} = 83.5$$

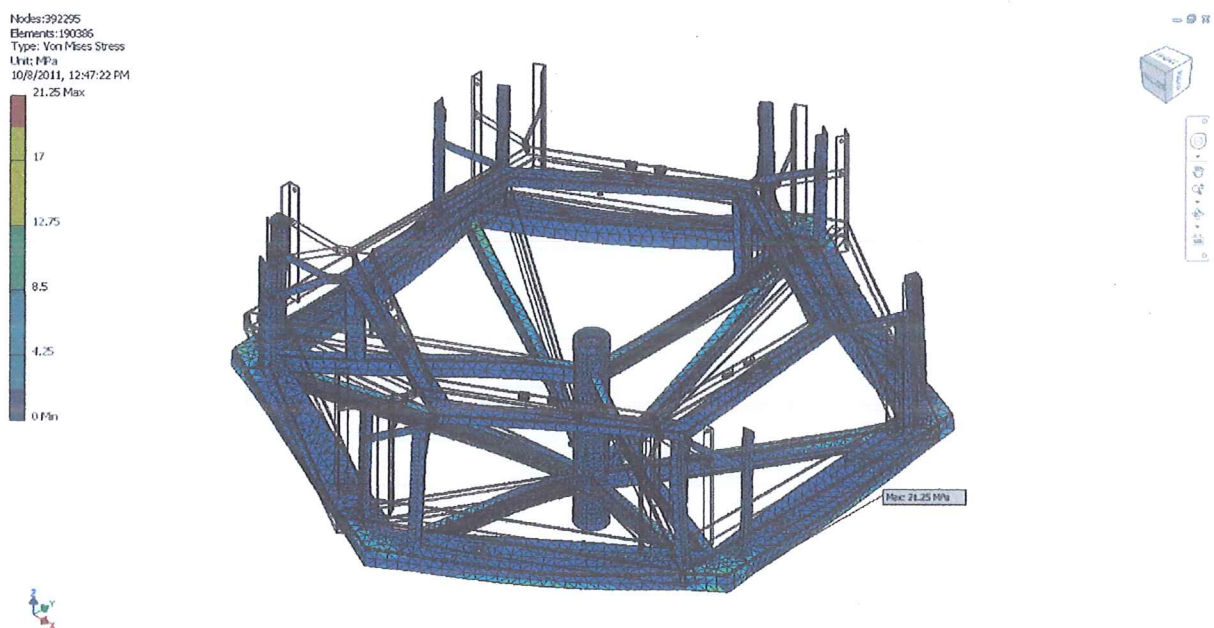
2.7 Cálculo Computacional de la Estructura del Bastidor Carrusel y de la Estructura del Eje Central.

A continuación se muestra el análisis por elementos finitos (FEM, por sus siglas en inglés), con el software Inventor 2014. Para el cálculo se utilizan las cargas (fuerza y pesos) consideradas en el inciso 2.7 y a las que estará sometido el prototipo.

El procedimiento para ejecutar el análisis por FEM con el software es el siguiente:

1. Se crea el elemento para analizar. En este caso se realiza el análisis en la estructura del bastidor carrusel.
2. Se selecciona el tipo de material: acero al carbono ASTM A36.
3. Creación del mallado. Se selecciona la densidad del mallado en una opción del software, mientras más denso es el mallado se generarán más ecuaciones, haciendo el cálculo más preciso. (Figura 2-13)
4. Se coloca las condiciones de borde. (apoyos, cargas y restricciones). (Figura 2-14)
5. Simular. Se ejecuta la simulación y se generan ecuaciones que actúan en cada nodo y elemento del mallado.
6. El software presenta los resultados obtenidos.

Los Resultados obtenidos del FEM son mostrados en las Figuras 2-15, 2-16, y 2-17.



Número de nodos: 392295

Número de elementos: 190386

Figura 2-13. Número de Nodos y Elementos.

La Figura 2-14, muestra las Cargas actuantes de 780 N, con sus respectivas reacciones 390N. La restricción considerada es fijar la base del tubo de la estructura de carrusel.

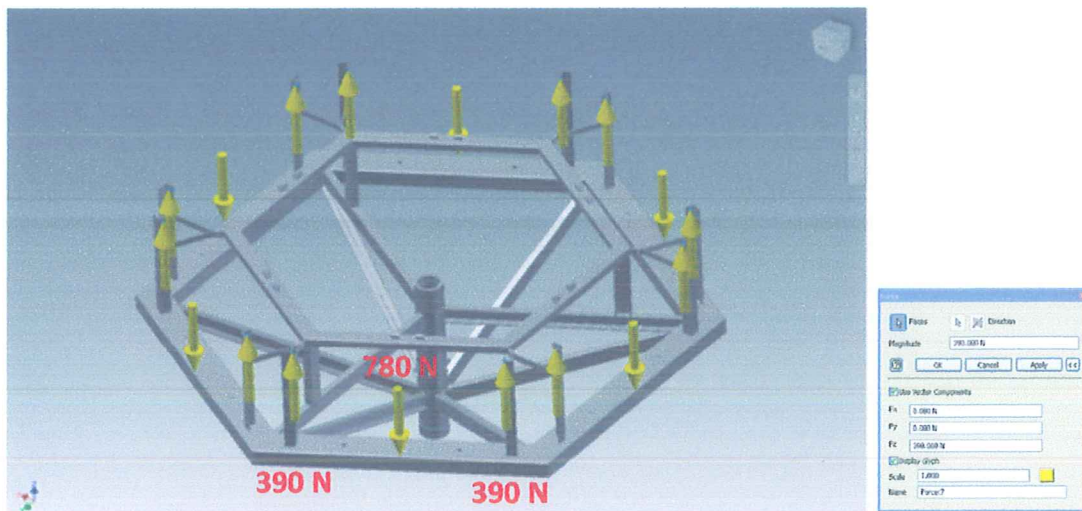


Figura 2-14. Cargas Actuantes y Restricciones consideradas.

La *Figura 2-15* muestra el Esfuerzo máximo: 21.25 MPa. Estos esfuerzos se encuentran cercanos a las uniones soldadas de la estructura hexagonal del bastidor.

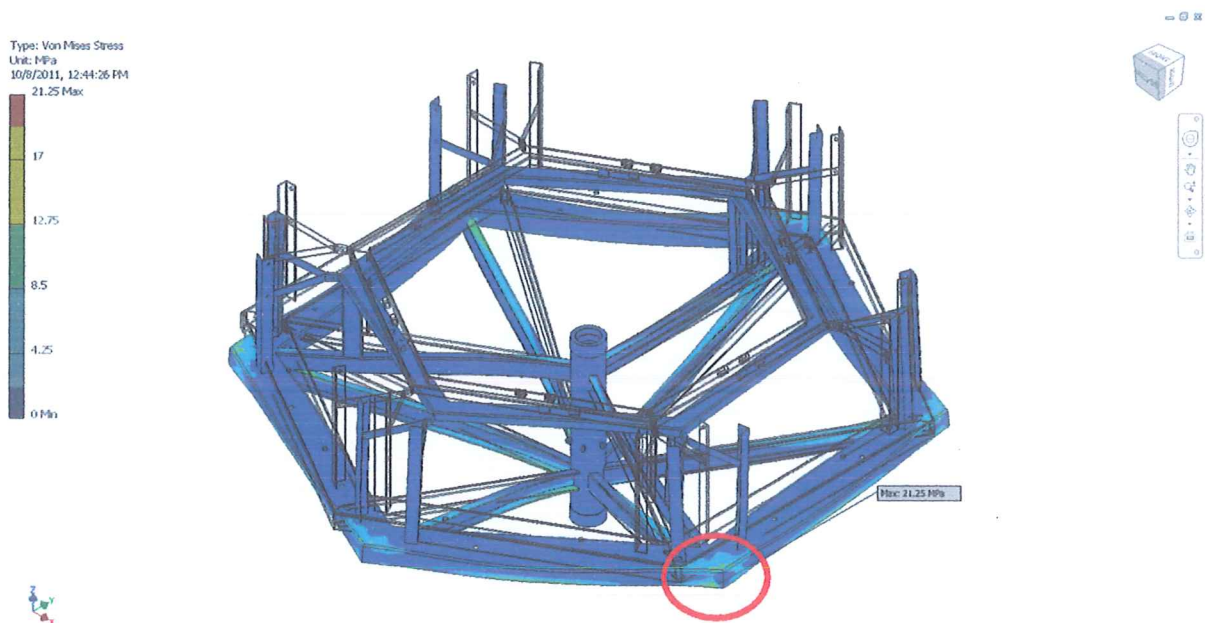


Figura 2-15. Esfuerzos de Von Misses.

La *Figura 2-16* muestra la deformación máxima: 0.3145mm, en cada uno de los puntos de las cargas actuantes de 780 N. En el punto central de cada perfil UPN que conforma la estructura hexagonal del bastidor carrusel.

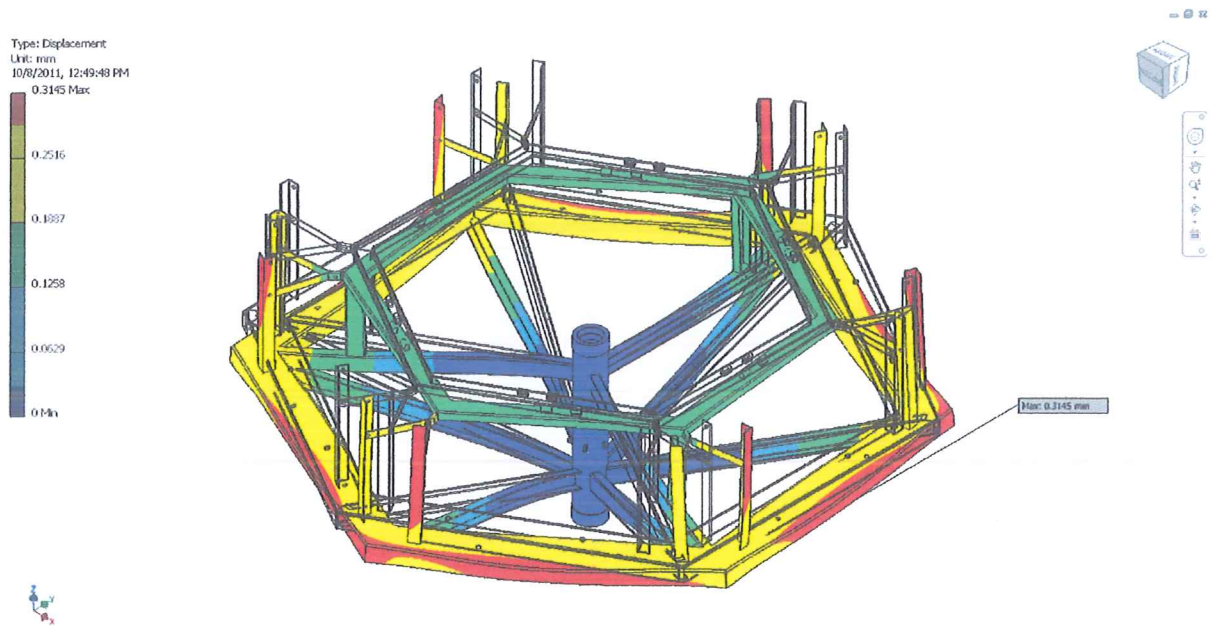


Figura 2-16. Deformación Total.

Respecto al límite de fluencia (S_y): 250 MPa

Factor de seguridad: 9.74

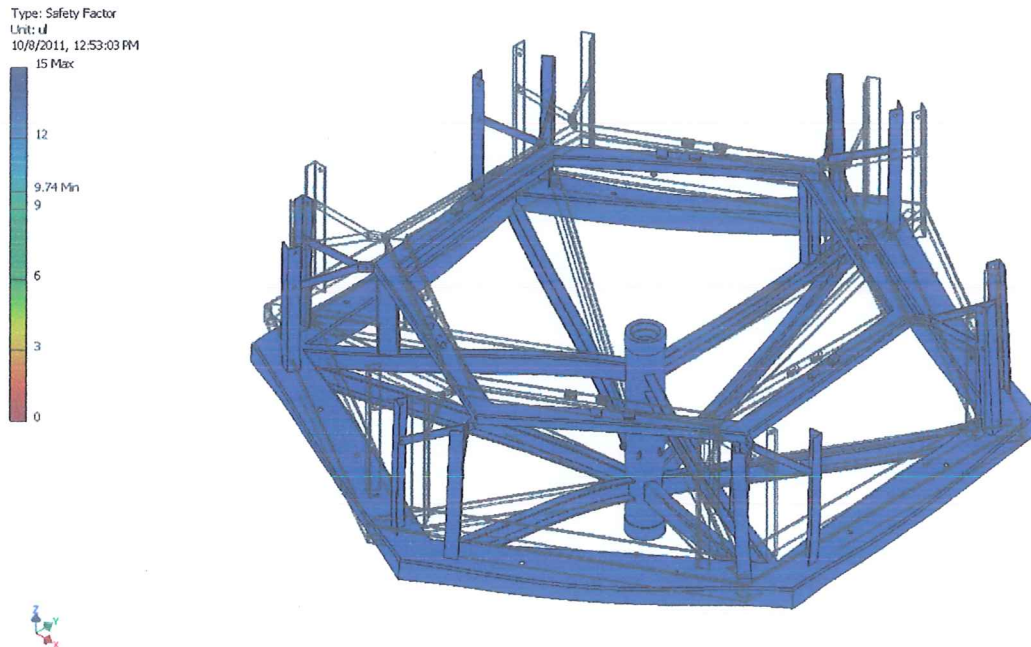
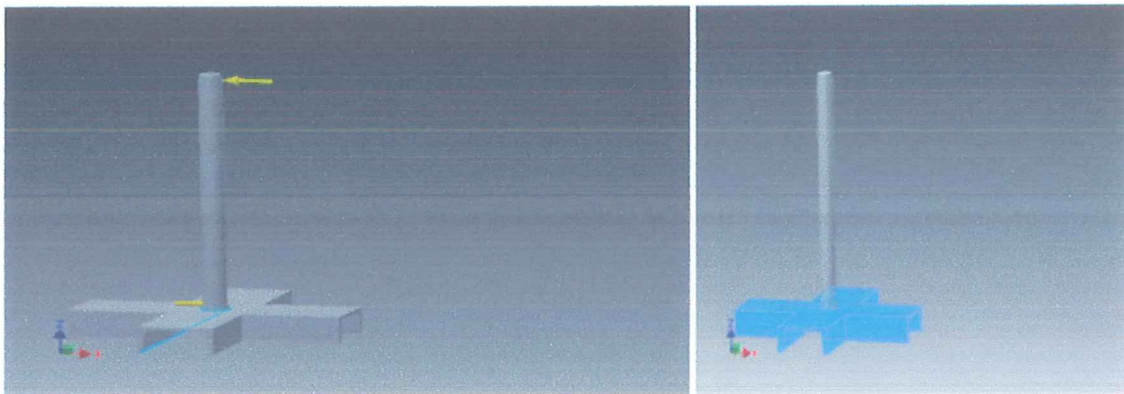


Figura 2-17. Factor de Seguridad.

La Figura 2-18 a, muestra las cargas actuantes de 518.87 N; la Figura 2-18 b muestra la restricción considera de fijar la base del eje



(a)

(b)

Figura 2-18. (a)Cargas Actuantes (b) Restricciones Consideradas para el eje Central.

Número de nodos: 5883

Número de elementos: 3168

La Figura 2-19 muestra el Esfuerzo de Von Misses: 21.5 MPa este se encuentra cercano a la unión soldada del eje con la base.

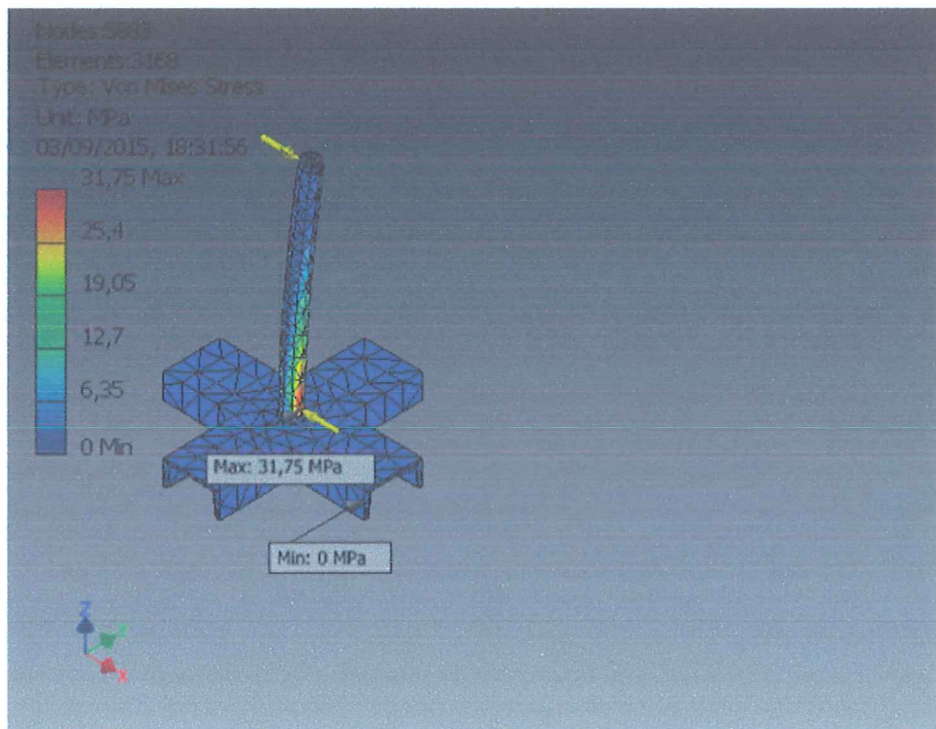


Figura 2-19. Esfuerzo de Von Misses.

La Figura 2-20 muestra la deformación máxima: 0.6655 mm, en el punto de la carga actuante de 518.87 N

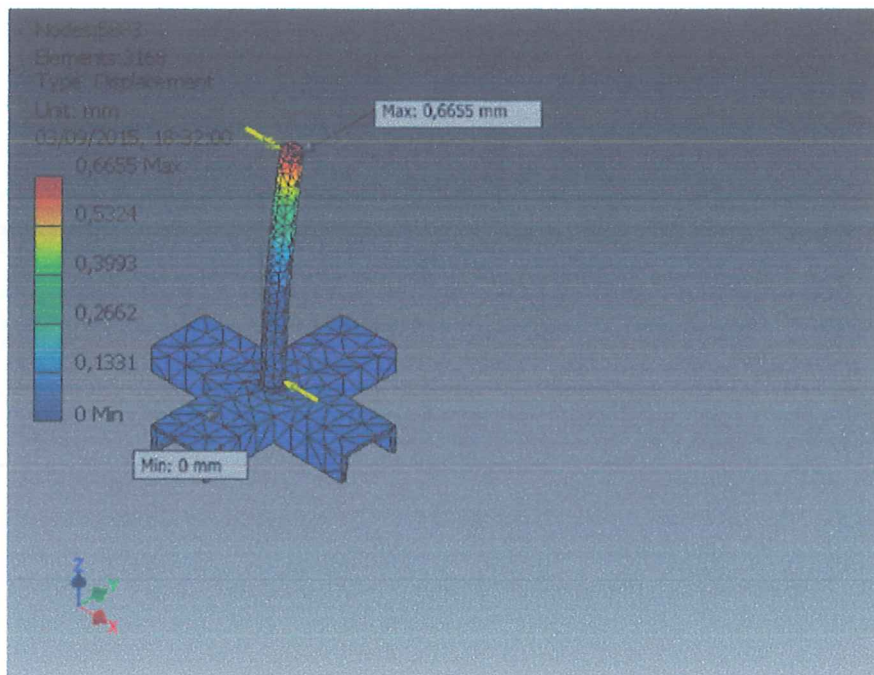


Figura 2-20. Deformación máxima.

Respecto al límite de fluencia (S_y): 250 MPa

Factor de seguridad: 6.52

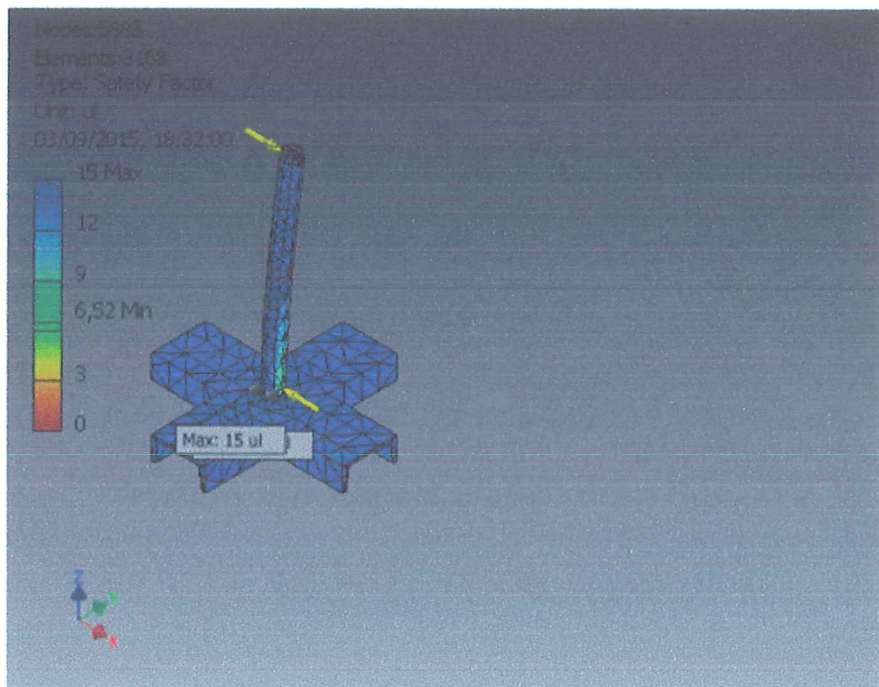


Figura 2-21. Factor de Seguridad.

2.8 Selección de los rodamientos.

Para la selección del tamaño de los rodamientos hay que basarse en la capacidad de carga estática C_o y no en base a la vida del rodamiento dado que éste va a girar bajo cargas a velocidades muy bajas ($<10\text{rpm}$).

Se determina inicialmente las cargas a las que está sometido el eje principal y según la Figura 2-22, se consideran las cargas W (carga debida al peso del prototipo completo, considerando que tiene su carga balanceada) y las fuerzas R_1 y R_2 .

La *Tablas 5 y 6* muestran el detalle de las cargas actuantes y las fuerzas axiales (F_a) y radiales (F_r) obtenidas.

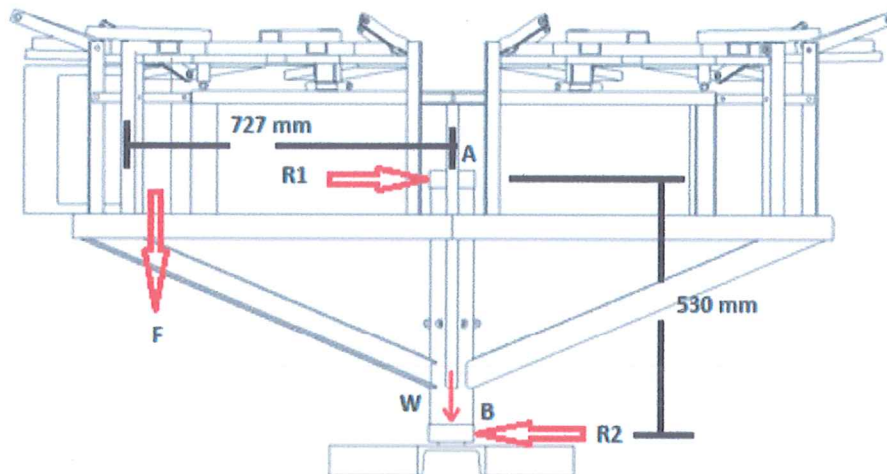


Figura 2-22. Cargas actuantes para la Selección de Rodamientos.

Tabla 5. Peso de los componentes del Prototipo.

Cantidad	Material	Volumen (mm ³)	Densidad (kg/m ³)	Masa (kg)	Masa total (kg)
1	ASTM A36	13586513,9	7860	106,79	106,79
1	ASTM A36	8424936,4	7860	66,22	66,22
6	ASTM A36	1848811,6	7860	14,53	87,19
24	ASTM A36	15372,8	7860	0,12	2,90
6	Madera	7786932,9	700	5,45	32,71

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6. Cargas actuantes.

Cargas	Cálculos	Valor	Unidad
M Total	Σ peso de componentes	295,81	Kg
W	(M Total x 9.8 / 1000)	2,899	kN
Fa	Carga axial (W)	2,899	kN
Fr	carga radial (R1 = R2)	259.4	N

Fuente: Elaboración Propia

Utilizando la Figura 2.22. Igualando los Momentos, se obtienen las fuerzas R1 y R2.

$$\sum M_A = F \times d_1 = R_2 \times 0.53m$$

$$R_2 = R_1 = \frac{189.14 N \times 0.727m}{0.53m} = 259.4 N$$

Para la selección utilizaremos el Catálogo general SKF (2006). Utilizamos la ecuación 2.14 para el cálculo de la capacidad de Carga estática Co.

$$S_0 = \frac{C_0}{P_0} \text{ Ec. 2.14}$$

Donde:

So: Factor de Seguridad Estático. Seleccionado de la Figura 2-23. Considerando para rodamientos estacionarios.

Po: Carga estática equivalente en kN.

SKF

Tabla 10: Valores orientativos para el factor de seguridad estática s₀

Tipo de funcionamiento	Rodamientos giratorios						Rodamientos estacionarios	
	Requisitos relativos al funcionamiento sin importancia		normales		alto		Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
Suave, sin vibración	0,5	1	1	1,5	2	3	0,4	0,8
Normal	0,5	1	1	1,5	2	3,5	0,5	1
Cargas de choque notables ¹⁾	≥ 1,5	≥ 2,5	≥ 1,5	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2

Para los rodamientos axiales de rodillos a rótula se recomienda utilizar s₀ ≥ 4, para los rodamientos de rodillos cónicos sin jaula (rodamientos de tornillos) s₀ ≥ 2,5, y para los rodamientos de rodillos cónicos y cilíndricos con jaulas de acero con pasadores s₀ ≥ 2

¹⁾ Cuando no se conoce la magnitud de la carga de choque, deberán utilizarse valores de s₀ por lo menos iguales a los mencionados más arriba. Si la magnitud de las cargas de choque se conoce con exactitud, se pueden aplicar valores de s₀ menores

Fuente: Catálogo de Selección de Rodamientos SKF

Figura 2-23. Factor de Seguridad Estático para rodamientos SKF.

Para la parte superior (punto A en la *Figura 2-22*) se selecciona un rodamiento rígido de una hilera de bolas. Se tiene en este punto carga radial. R1

La **carga estáticamente equivalente** P_0 se calcula mediante la ecuación 2.15

$$P_0 = 0.6F_r + 0.5F_a \text{ Ec. 2.15}$$

Remplazando los valores se tiene:

$$P_0 = 0.6(0.259 \text{ kN}) + 0.5(0 \text{ kN})$$

$$P_0 = 0.1554 \text{ kN} + 0 \text{ kN} = 0.1554 \text{ kN}$$

Reemplazando estos valores en la ecuación 2.14 y utilizando el factor de seguridad estática de la *Figura 2-23* se tiene:

$$C_0 = S_0 P_0 = 0.4 \times 0.1554 \text{ kN} = 0.062 \text{ kN}$$

Ahora se calcula la **carga dinámica equivalente** P mediante la ecuación 2.16

$$P = F_r \text{ cuando } \frac{F_a}{F_r} < e \text{ Ec. 2.16}$$

$$\frac{F_a}{F_r} = 0 \text{ kN} / 0.259 \text{ kN} = 0 < e$$

$$P = 0.259 \text{ kN}$$

Se selecciona para la parte **superior** punto A, el rodamiento de bola de una hilera ($d = 68 \text{ mm}$, $D = 40 \text{ mm}$, $B = 15 \text{ mm}$) SKF **6008** con un $C_0 = 11.6 \text{ kN} > 0.642 \text{ kN}$. Como se muestra en la *Figura 2-24*. Además para el diámetro del eje principal de nuestro prototipo que es de 40mm .

SKF

[Visión 3D](#) [PDF](#) [CAD](#) [IMP](#) [Imprimir](#) [Cerrar](#)

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera, no están obturados

Tolerancias, ver también el texto
 Juego radial interno, ver también el texto
 Ajustes recomendados
 Tolerancias del eje y del alojamiento

Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	C	C_0	P_u	Velocidad	Velocidad de referencialímite	kg	
mm	mm	mm	kN	kN	kN	rpm	rpm		* - Rodamiento SKF Explorer
40	68	15	17,8	11,6	0,49	22000	14000	0,19	6008*

Factores de cálculo

k_r 0,025

f_0 15

Figura 2-24. Rodamiento SKF 6008.

Para la parte inferior (punto B en la *Figura 2-22*) se selecciona un rodamiento rígido de una hilera de rodillos cónicos. Se tiene en este punto carga radial R_2 y axial W .

La **carga estáticamente equivalente** P_0 se calcula mediante la ecuación 2.17 y uso de la *Figura 2-25*.

$$P_0 = 0.5F_r + Y_0F_a \text{ Ec. 2.17}$$

Remplazando los valores se tiene:

$$P_0 = 0.5(0.259 \text{ kN}) + 0.8(2.899 \text{ kN})$$

$$P_0 = 0.1295 \text{ kN} + 2.3192 \text{ kN} = 2.45 \text{ kN}$$

Reemplazando estos valores en la ecuación 2.14 y utilizando el factor de seguridad estática de la *Figura 2-23* se tiene:

$$C_0 = S_0P_0 = 0.8 \times 2.45 \text{ kN} = 1.96 \text{ kN}$$

Ahora se calcula la **carga dinámica equivalente** P mediante la ecuación 2.18

$$P = 0.4F_r + YF_a \text{ cuando } F_a/F_r > e \text{ Ec. 2.18}$$

$$F_a/F_r = 2.899 \text{ kN} / 0.259 \text{ kN} = 11.19 > e$$

Reemplazando se tiene:

$$P = 0.4(0.259 \text{ kN}) + 1.5(2.899 \text{ kN}) = 0.1036 \text{ kN} + 4.35 \text{ kN} = 4.45 \text{ kN}$$

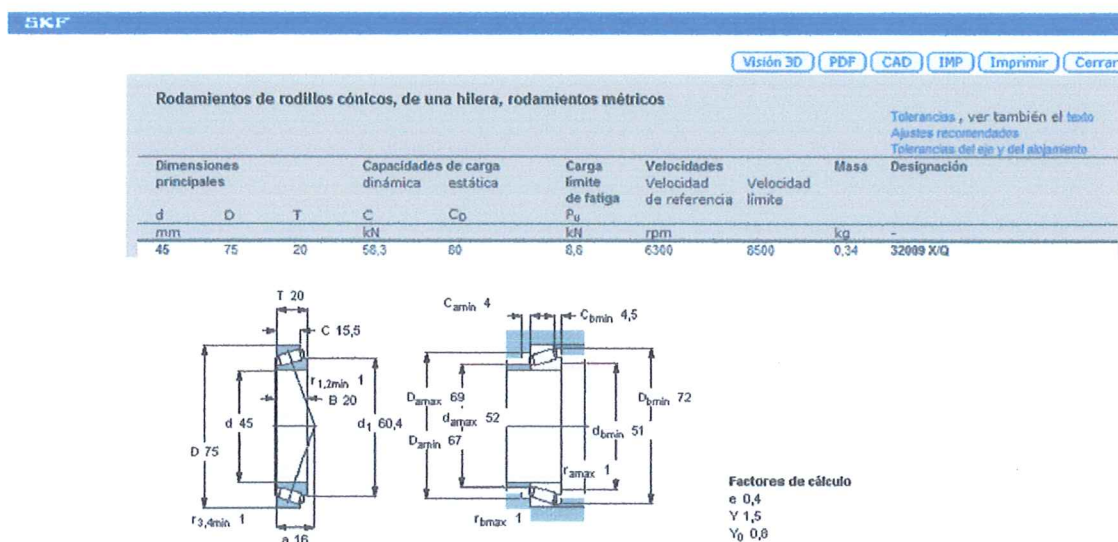


Figura 2-25. Rodamiento SKF 32009 X/Q.

Se selecciona para la parte inferior (Punto B) el Rodamiento de rodillos cónicos de una hilera ($d = 45 \text{ mm}$, $D = 75 \text{ mm}$, $B = 20 \text{ mm}$) SKF 32009 X/Q con un $C_0 = 80 \text{ kN} > 4.45 \text{ kN}$.

Como se muestra en la *Figura 2-25*. Además para el diámetro del eje principal de nuestro prototipo que es de 45mm.

2.9 Métodos de Unión y Sujeción.

En la construcción pueden utilizarse los procesos de soldadura al arco SMAW, con los electrodos E 6011 y E 7018 o como alternativa el proceso GMAW con los electrodos ER 70S6. En el APÉNDICE D, se detallan las especificaciones técnicas de los materiales de aporte. Los detalles constructivos se muestran en los *Planos 1, 2, 3, 4 y 5* del APÉNDICE A.

Para el desarrollo del diseño de juntas de Soldadura utilizaremos el *Structural Welding Code Steel AWS D1.1/D1.1 M:2010*, Sección 3 de precalificación de la Especificación del Procedimiento de Soldadura (WPS), con la finalidad de que se ejecute una adecuada construcción del Prototipo.

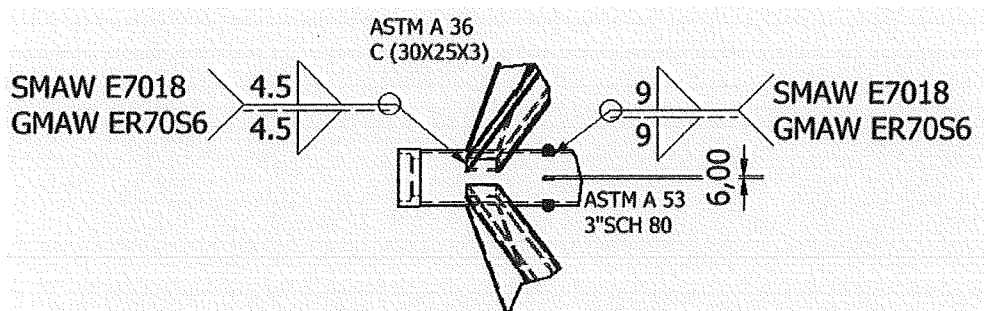


Figura 2-26. Detalle de Soldadura Eje Principal parte inferior.

Para el caso de una junta PJP (Junta de Penetración Parcial) según la Figura 3.5 del código, que se muestra en el APÉNDICE E, se ejecutará soldadura de filete con una junta en Y entre el elemento estructural perfil ASTM A36 C (30x25x3) y el elemento tubular ASTM A53 3" SCH 80, en un ángulo de 80°. Se recomienda que la garganta del filete debe ser 1.5 veces el espesor del mínimo espesor. En este caso sería $3 \times 1.5 = 4.5$ mm. Se utilizará electrodos E 7018 si se utiliza proceso SMAW y ER 70S6 si se utiliza proceso GMAW. De igual manera para el ojal de Acero ASTM A 36 de 6mm el filete deberá ser de $6 \times 1.5 = 9$ mm. (Ver Figura 2-26).

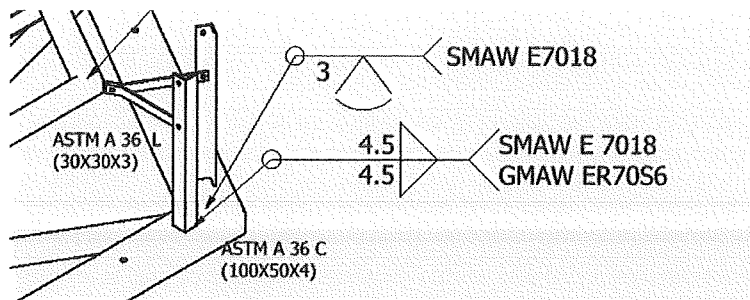


Figura 2-27. Detalle de Soldadura del soporte de platinas y estructura hexagonal principal.

Se ejecutará soldadura de filete con una junta en T entre el elemento estructural perfil ASTM A36 L (30x30x3) y el elemento estructural ASTM A36 C (100x50x4), el tamaño de la garganta sería $3 \times 1.5 = 4.5$ mm. Para la unión de los elementos estructurales ASTM A36 C (100x50x4), se realiza una junta a tope con un ángulo de bisel de 30° y una separación de 2mm. (Ver Figura 2-27).

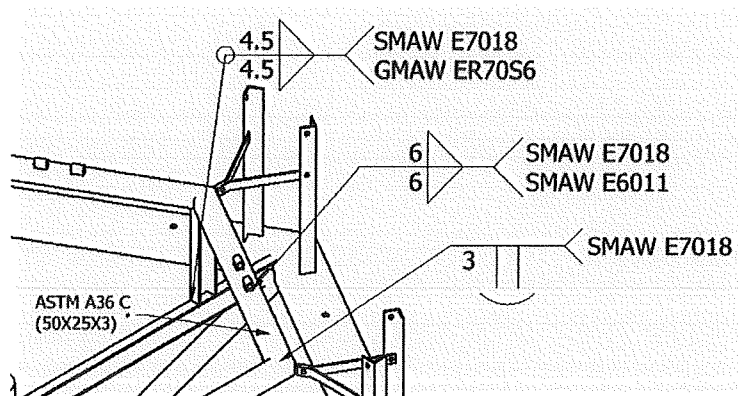


Figura 2-28. Detalle de Soldadura de estructura hexagonal secundaria y bisagras

Se ejecutará soldadura de filete y ranura con juntas en T y a Tope entre elementos estructurales ASTM A36 C (50x25x3), el tamaño de la garganta sería $3 \times 1.5 = 4.5$ mm. Para la soldadura a tope se opta por una separación de 2mm. Para las bisagras se utiliza una soldadura de filete con una garganta de 6 mm (Ver Figura 2-28).

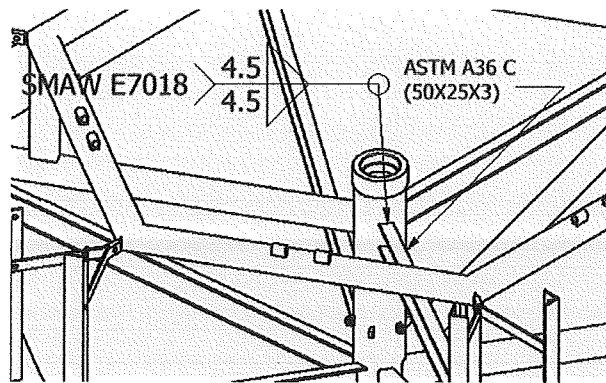


Figura 2-29. Detalle de Soldadura del Eje Principal parte Superior

Se ejecutará soldadura de filete con una junta en T entre el elemento estructural perfil ASTM A36 C (30x25x3) y el elemento tubular ASTM A53 3" SCH 80, el tamaño de la garganta sería $3 \times 1.5 = 4.5$ mm. (Ver Figura 2-29).

Como elementos de sujeción se utilizan pernos SAE 2 de UNC-5/16 y UNC-3/8 cabeza hexagonal, con tuercas y arandelas, de acuerdo a la Tabla 8.2.26 del APÉNDICE F. Adicionalmente se necesita fabricar pasadores cónicos para las bisagras de 12 mm de diámetro por 100 mm de Largo.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS.

3.1 Análisis de Resultados.

De las alternativas de solución propuestas se seleccionó la máquina manual para el armado de cajas, según el mayor puntaje obtenido 6.6 en la Matriz de decisión y detallados en el inciso 2.2. Este prototipo cumplió con corregir los problemas planteados y alcanzar los objetivos propuestos.

En base a los sistemas giratorio y de prensado que son condiciones por la limitante del espacio físico y condiciones para el armado de caja respectivamente, se detalló el prototipo propuesto en el inciso 2.5.

De acuerdo a la metodología propuesta en la Figura 2-1, se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación.

3.1.1 Resultados Obtenidos en la Estructura del Bastidor Carrusel.

La Tabla 7, contiene los resultados del análisis en los componentes de la estructura del bastidor carrusel.

Tabla 7. Resultados Obtenidos en la Estructura del Bastidor Carrusel

Componentes	Cálculos Manuales	Cálculos Computacionales		
Estructura hexagonal	Momento Máximo M_{max}	163.8 Nm	Número de Nodos	392295
	Esfuerzo de Flexión	32.31 MPa	Número de Elementos	190386
	Factor de Seguridad N_3 (Flexión)	7.7	Deformación Máxima	0.3145 mm
Refuerzo del bastidor hexagonal	Esfuerzo de Flexión	1.88 MPa	Esfuerzo Von Mises	21.25 MPa
	Factor de Seguridad N_4 (Flexión)	132.9	Esfuerzo de Fluencia Acero	250 MPa
	Carga máxima P_{cr} Método Jhonson	36,58 kN	Factor de Seguridad	9.7
	Factor de Seguridad $(P_{cr}/P_{aplicada}) N_5$	83.5		

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en relación al mismo esfuerzo de fluencia para el acero 250 MPa, se realiza una comparación entre los esfuerzos; estos difieren (32.31 MPa por Cálculo Manual) y (21.25 MPa por Cálculo Computacional). El método manual muestra un resultado más conservador, mientras que el análisis computacional muestra un valor más apegado a la realidad.

De igual manera se comparan los factores de seguridad mínimos obtenidos para la estructura del bastidor carrusel (7.7 por Cálculo Manual) y (9.7 por Cálculo Computacional); podemos decir que difieren en 2 puntos por la precisión del Cálculo Computacional; sin embargo cumplen con la condición de ser mayores a 1.3, por lo que ambos son aceptables.

3.1.2 Resultados Obtenidos en el Eje y Soporte Principal.

La *Tabla 8* contiene los resultados del análisis en el eje y soporte principal.

Tabla 8. Resultados Obtenidos en el Eje y Soporte Principal

Componentes	Cálculos Manuales	Cálculos Computacionales		
Eje y Soporte Principal	Esfuerzo de Flexión	43.76 MPa	Número de Nodos	5883
			Número de Elementos	3168
	Esfuerzo Cortante	550.55 KPa	Deformación Máxima	0.6655 mm
	Esfuerzo Von Misses	43.76 MPa	Esfuerzo Von Misses	31.75 MPa
	Esfuerzo de Fluencia Acero	250 MPa	Esfuerzo de Fluencia Acero	250 MPa
	Factor de Seguridad N_1 (Flexión)	5.7	Factor de Seguridad	6.5
	Factor de Seguridad N_2 (Von Misses)	5.7		

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en relación al mismo esfuerzo de fluencia para el acero 250 MPa, se realiza una comparación entre los esfuerzos de Von Misses; estos difieren (43.76 MPa por Cálculo Manual) y (31.75 MPa por Cálculo Computacional). El método manual muestra un resultado más conservador, mientras que el análisis computacional muestra un valor más apegado a la realidad.

De igual manera se comparan los factores de seguridad mínimos obtenidos para el Eje y Soporte principal (5.7 por Cálculo Manual) y (6.5 por Cálculo Computacional); podemos decir que difieren en 0.8 puntos por la precisión del Cálculo Computacional; sin embargo cumplen con la condición de ser mayores a 1.3, por lo que ambos son aceptables.

3.2 Análisis de Factibilidad.

La *Tabla 9*, muestra en detalle los costos de cada uno de los componentes del prototipo en base a los diseños desarrollados.

Tabla 9. Costos de los Componentes del Prototipo.

Cantidad	Descripción	Costo Unitario USD	Subtotal USD
1	Eje y Soporte principal	122,37	122,37
1	Estructura del bastidor carrusel	121,22	121,22
6	Mecanismo de Prensado	32,50	195,00
24	Platinas de Sujeción	3,64	87,36
1	Utilaje para el armado de Cajas	70,00	70,00
1	Rodamiento SKF 6008	78,00	78,00
1	Rodamiento SKF 32009 X/Q	121,00	121,00
48	Pernos SAE 2 de 5/16.	0,70	33,60
48	Pernos SAE 2 de 3/8	0,50	24,00
12	Pasadores Cónicos	10,00	120,00
	Consumibles /Electrodos E6011, E7018	70,00	70,00
	Construcción y Montaje	500,00	500,00
	Diseño y Modelado Virtual	2000,00	2000,00
TOTAL USD			3542,55

Fuente: Elaboración Propia

Actualmente, una persona pega 1080 cartones en 8 horas, es decir se tiene una producción de 135 cartones por hora. Con el diseño propuesto se estima tener la misma producción de cartones en 5 horas, es decir que aumenta la producción a 216 cartones por hora. Si la jornada de trabajo de un obrero es 40 horas a la semana, este va a producir 8640 cartones semanales, entonces su eficiencia de producción mejora en un 60%. (Ver *Tabla 10*).

Tabla 10. Eficiencia de la Producción.

Caso	Producción	Jornada semanal	Producción Semanal
Manual	135 cartones/hora	40 horas	5400 cartones
Prototipo	216 cartones/hora	40 horas	8640 cartones

Fuente: Elaboración Propia

El salario digno para el año 2015 es de USD \$413,00 esto implica que un obrero en el Ecuador percibe USD \$2,58 por hora (JEZL, 2015). Producir 5400 cartones manualmente tiene un costo de USD \$103,25 por semana, mientras que con la máquina el costo de la misma producción es de USD \$64,53.

El año bananero tiene 52 semanas, la diferencia de costo de armado es de USD \$38,72, esto nos da un ahorro anual de USD \$2013,44. Este dato permite calcular el tiempo de retorno de la inversión (*payback*).

$$PAYBACK = \frac{\text{Inversión}}{\text{Beneficio - medio}} = \frac{\$3.542,55}{\$2.013,44} = 1.76 \text{ años}$$

Tal como se observa en el resultado anterior, se recuperará la inversión en 21 meses después de realizar la inversión.

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El Prototipo propuesto va a permitir mejorar la eficiencia productiva en un 60%, implicaría un ahorro de USD \$ 2013,44 al año y se recuperaría la inversión en 21 meses después de haber instalado el prototipo.

Entre sus principales Fortalezas se destacan:

- ✓ Mejora la eficiencia productiva.
- ✓ No requiere de uso de energía eléctrica.
- ✓ Contribuye en el aumento de producción de cajas (216 cartones/hora)
- ✓ Es de fácil mantenimiento.

Entre sus principales Debilidades se destacan:

- ✓ En el funcionamiento se requiere de un operador.
- ✓ Requiere de un espacio físico de 2.5 m², sin considerar el sistema de transporte Lineal.

4.1 Conclusiones

Después de haber realizado el proceso de diseño y análisis se llegó a las siguientes conclusiones.

1. Se cumplieron los objetivos propuestos, se diseñó una máquina para ensamblado de Cajas de Banano de exportación, que mejora la eficiencia productiva en un 60% (216 cartones/hora).
2. Se obtuvieron factores de seguridad aceptables 5.7 y 7.7 (cálculos manuales) y, 6.5 y 9.7 (cálculos computacionales), desarrollados en el eje y soporte principal, y en la estructura del bastidor carrusel, respectivamente, lo cual garantiza el correcto diseño del equipo.
3. La inversión es de USD \$ 3,542.55, que representa un ahorro de USD \$ 2013,44 al año, y se recuperaría la inversión en 21 meses luego de instalar la máquina en la empacadora de banano.

4.2 Recomendaciones

Al concluir el presente trabajo se puede dar las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda implementar el uso de esta máquina, ya que con esta se mejora el proceso de armado de las cajas para banano.
2. Se recomienda implementar mecanismos de automatización en el diseño para aumentar la producción semanal de la máquina.
3. Ubicar la máquina en un sitio de baja humedad ya que esta puede afectar a sus componentes.

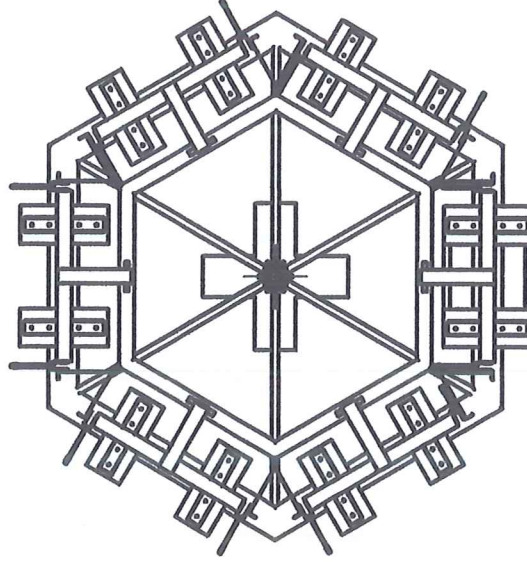
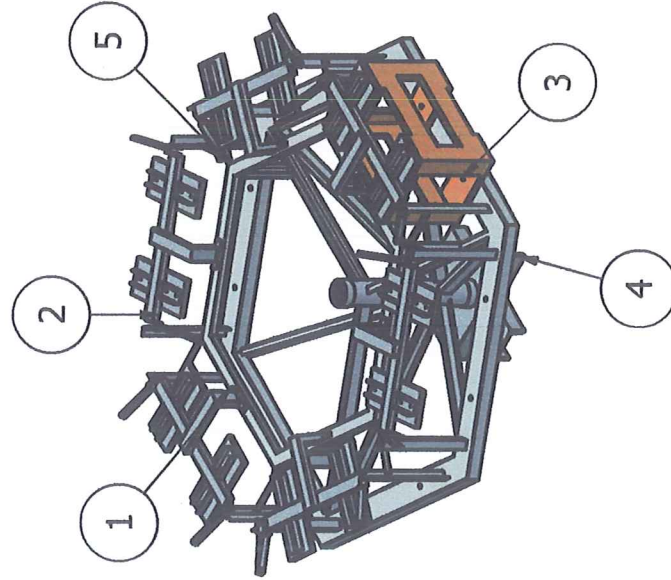
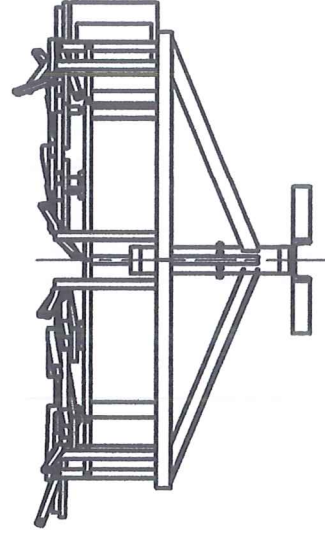
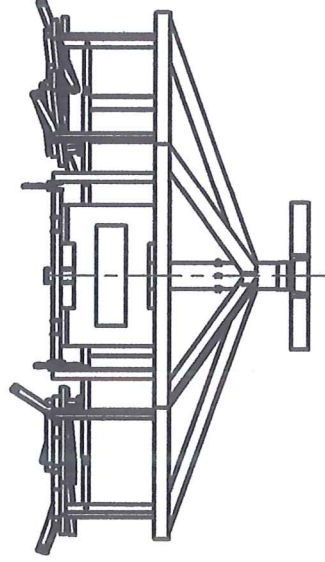
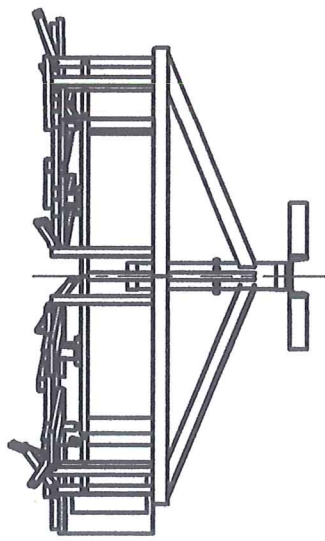
BIBLIOGRAFÍA

- Análisis Sector Banano, 2013 | PRO ECUADOR. (2015). Recuperado 28 de junio de 2015, a partir de <http://www.proecuador.gob.ec>.
- Principales cultivos agrícolas del país. (2015). Recuperado 28 de junio de 2015, a partir de <http://es.slideshare.net>.
- Banco Central del Ecuador. (2015). Recuperado 1 de julio de 2015, a partir de <http://contenido.bce.fin.ec>.
- CPE-004-1.pdf. (2015). Recuperado a partir de <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/cpe/CPE-004-1.pdf>
- JEZL. (2015). Tabla remuneraciones minimas 2015. Recuperado el 4 de septiembre de 2015, a partir de http://www.jezl-audidores.com/index.php?option=com_content&view=article&id=104:tabla-remuneraciones-minimas-2015&catid=55:noticias-tibutarias&Itemid=71
- Medidas para exportaciones de banano en el país - EcuadorTimes.net | Breaking News, Ecuador News, World, Sports, Entertainment. (2015). Recuperado 6 de julio de 2015, a partir de <http://www.ecuadortimes.net/>.
- IPAC Por los caminos del acero. (2015). Recuperado 6 de julio de 2015, a partir de <http://www.ipac-acero.com>.
- INDURA S.A. Soluciones tecnológicas con Gases y Soldaduras para un mundo de procesos. (2015). Recuperado 16 de agosto de 2015, a partir de <http://www.indura.com.ec>
- F. P. Beer y E. R. Johnston. (1992). Mechanics of Materials. Nueva York: McGraw-Hill.
- American Welding Society (AWS). (2010). Código de Soldadura Estructural-Acero. Estados Unidos. American Welding Society.
- SKF.(2006). Catálogo General. Suecia.SKF.

APÉNDICES

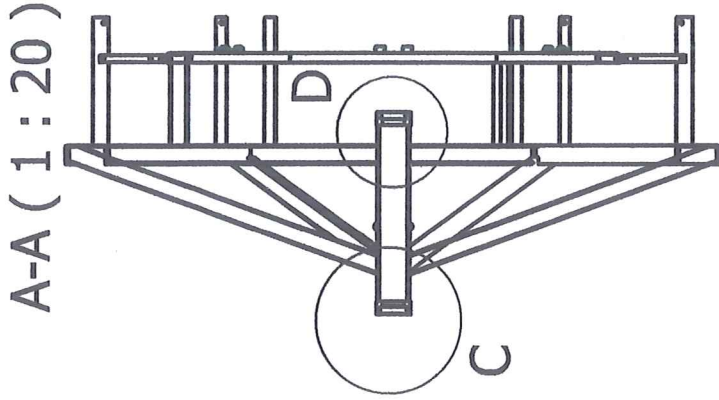
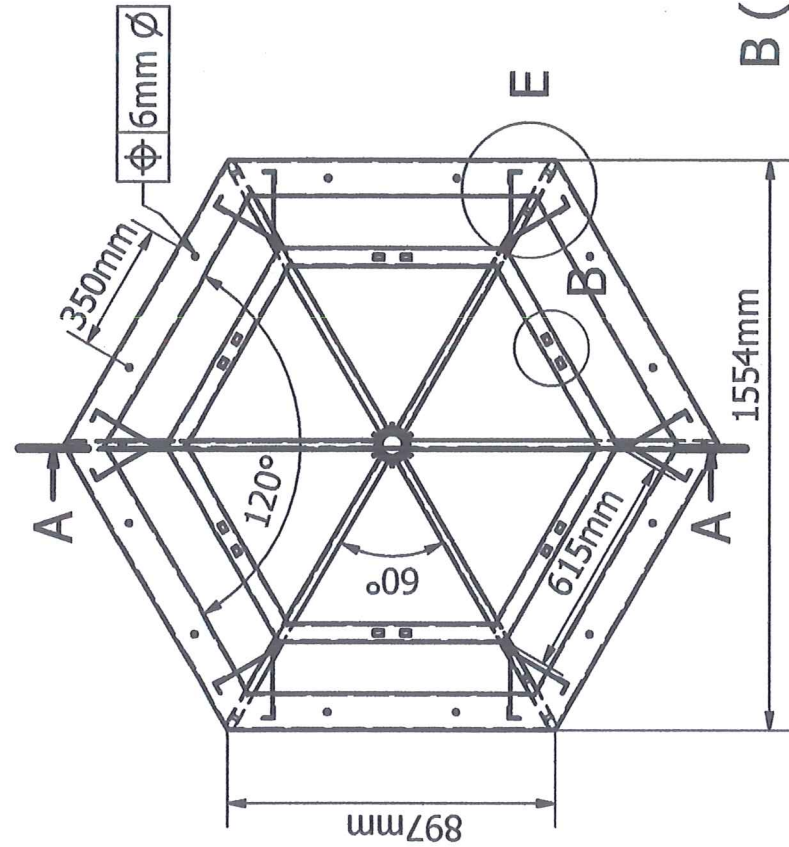
APÉNDICE A

Planos



PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	Estructura del Bastidor Carrusel
2	6	Mecanismo de Prensado
3	1	Utilaje para el armado de cajas
4	1	Eje y soporte principal
5	24	Platina de Sujeción

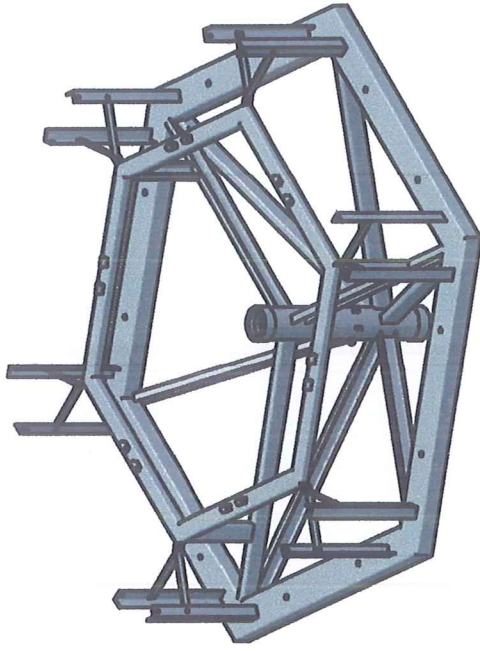
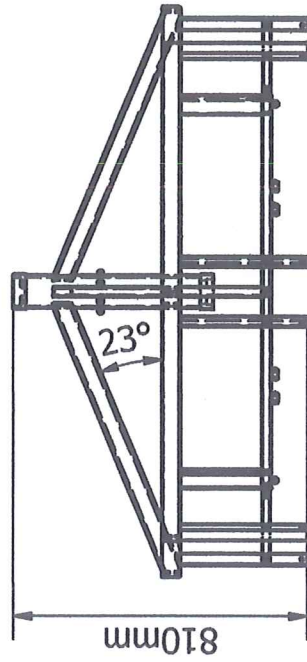
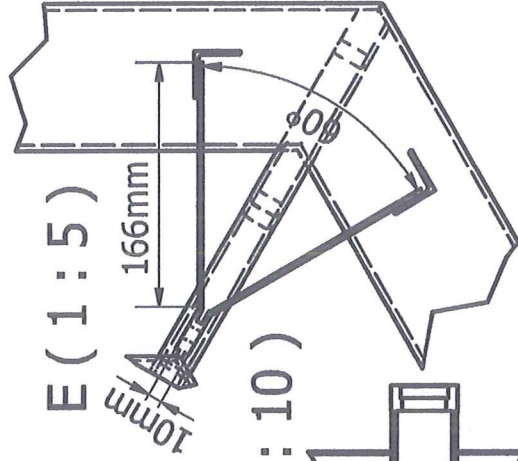
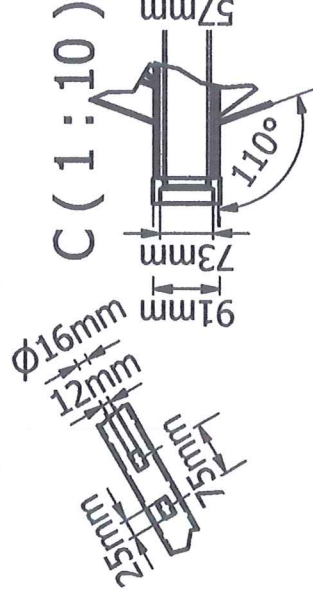
Designed by Redwood Jorge	Checked by Redwood Jorge	Approved by Redwood Jorge	Date 12/07/2015	Scale: 1:25
ESPOL-FIMCP		Plano General		
		MECBE-001	Edition A	Sheet 1 / 6



B (1:10)

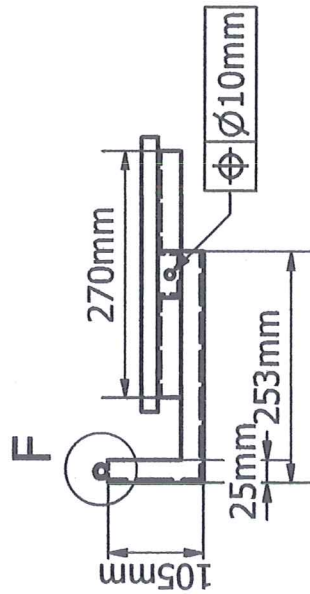
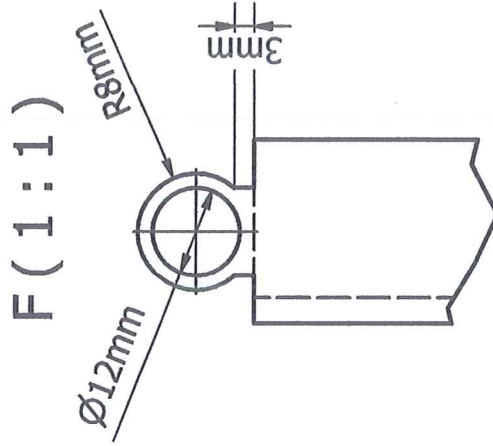
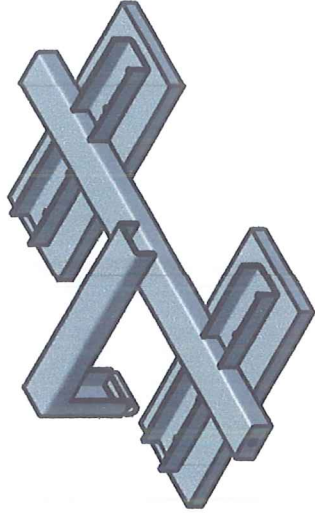
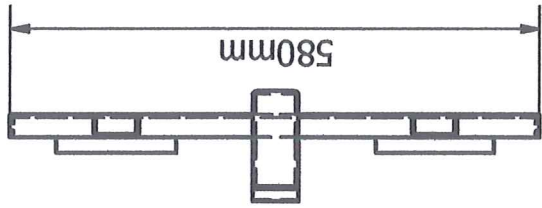
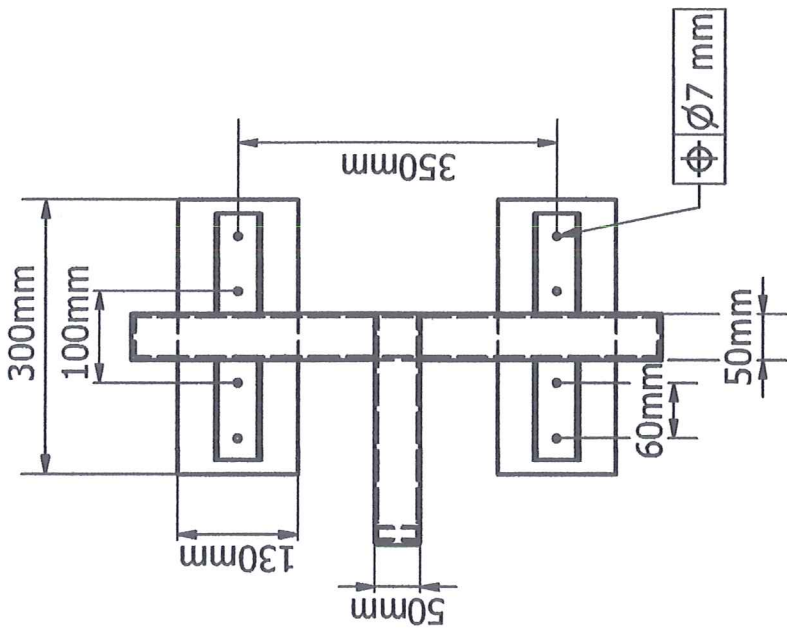
D (1:10)

E (1:5)

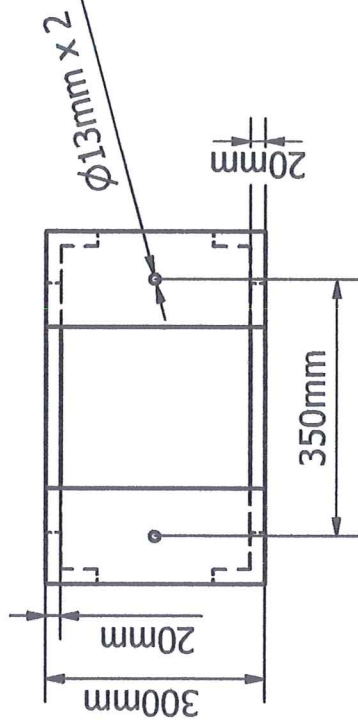
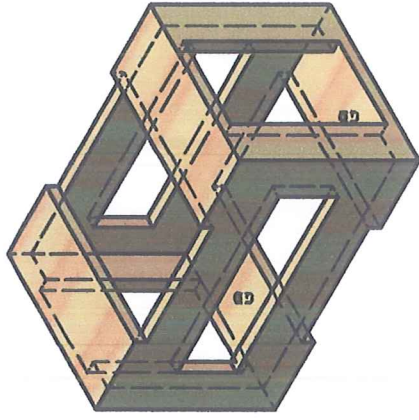
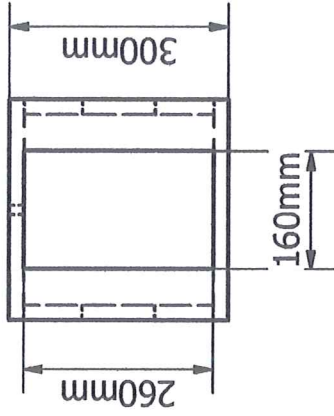
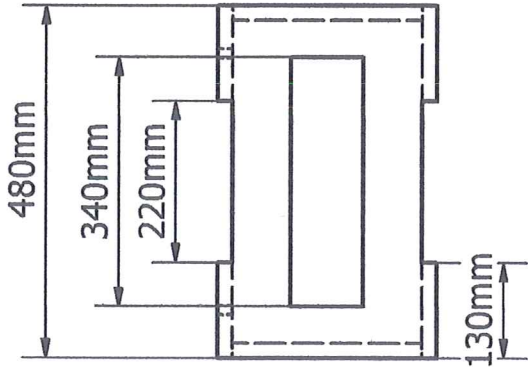


Designed by	Checked by	Approved by	Date	Scale:
Redwood Jorge	Redwood Jorge	Redwood Jorge	12/07/2015	1:20

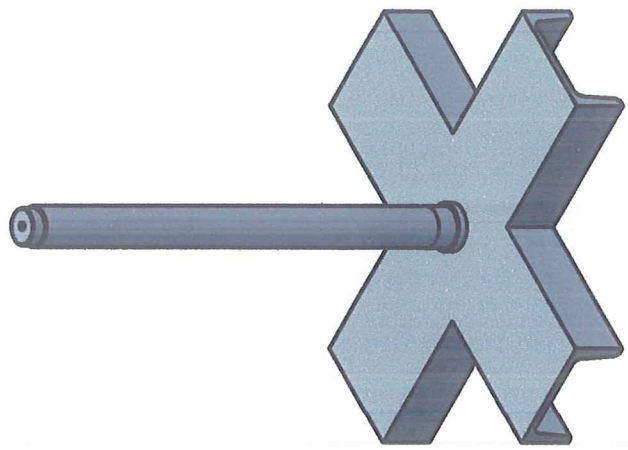
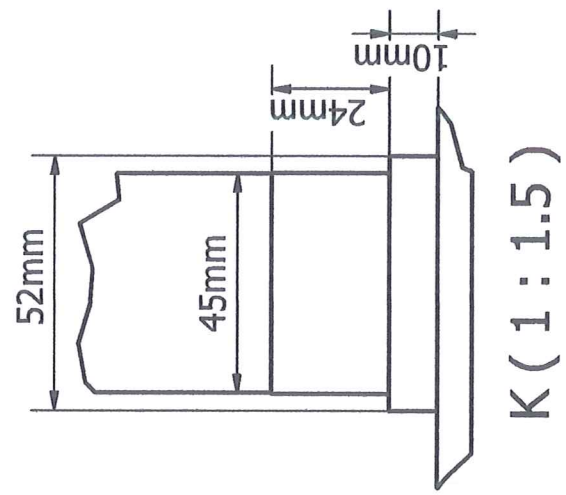
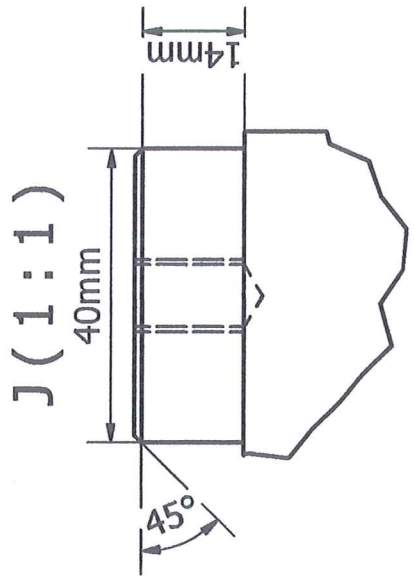
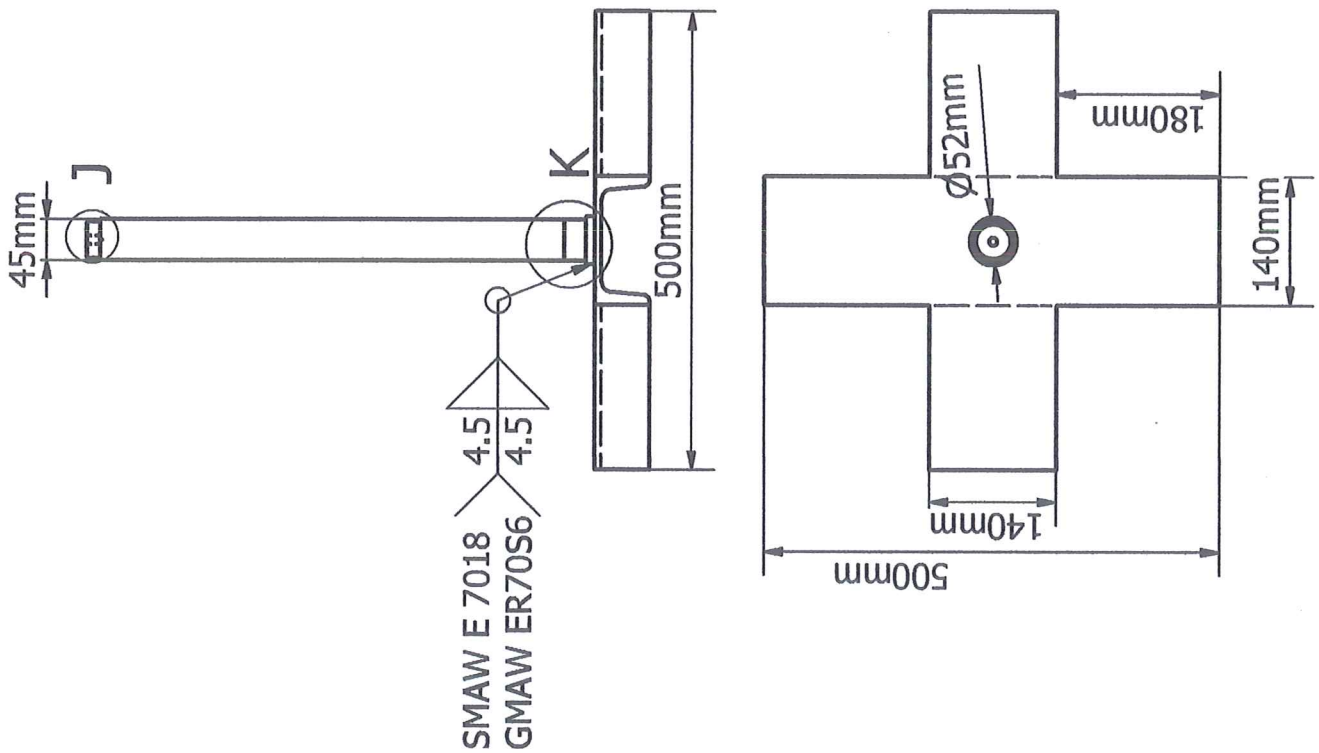
ESPOL-FIMCP		Estructura del Bastidor Carrusel	
		MECBE-001	Edition A
		Sheet 2 / 6	



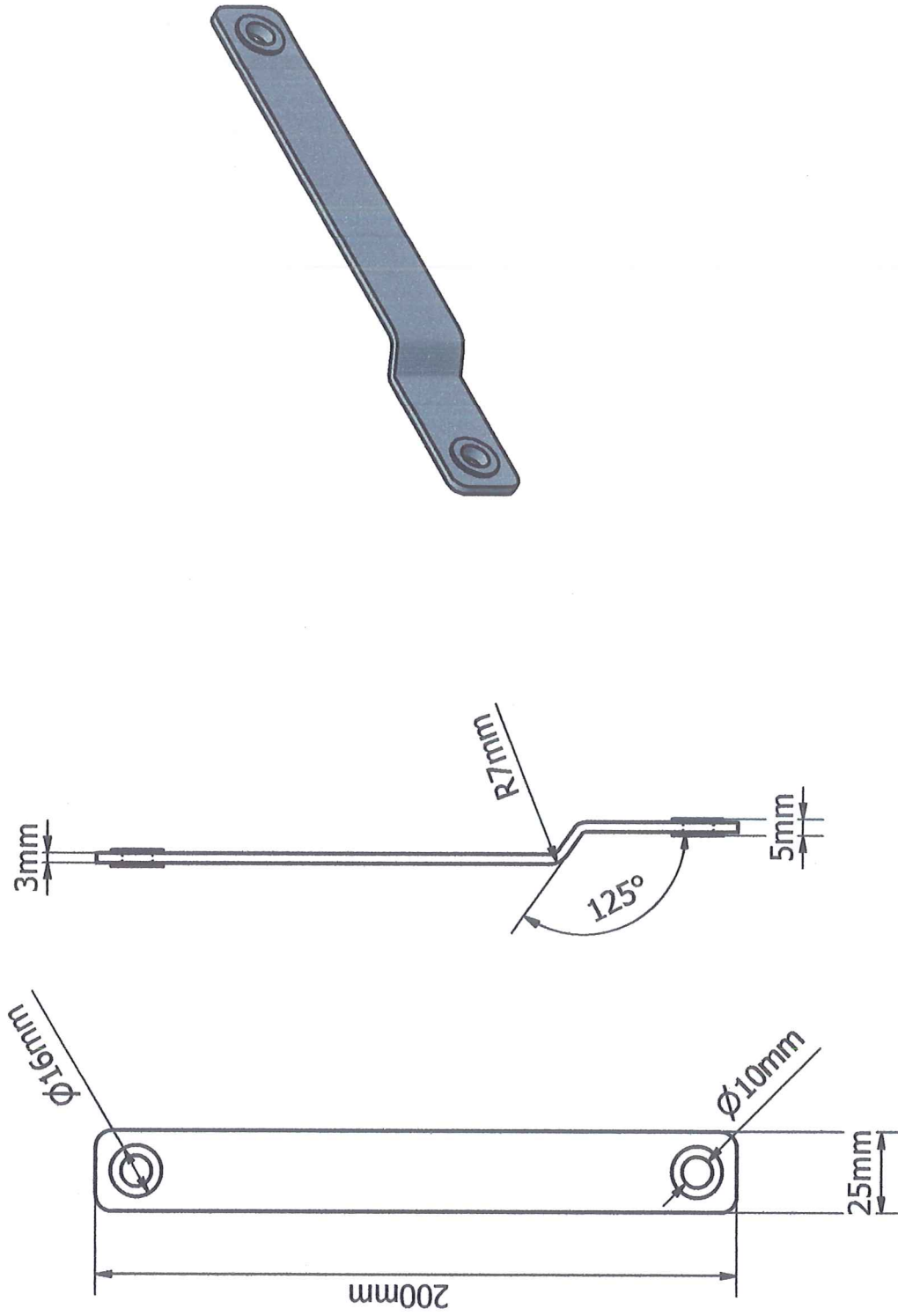
Designed by Redwood Jorge	Checked by Redwood Jorge	Approved by Redwood Jorge	Date 12/07/2015	Date 12/07/2015	Scale: 1:8
ESPOL-FIMCP			Mecanismo de Prensado		
			MECBE-001	Edition A	Sheet 3 / 6



Designed by Redwood Jorge	Checked by Redwood Jorge	Approved by Redwood Jorge	Date 12/07/2015	Scale: 1:10
ESPOL-FIMCP			Utilaje para el armado de cajas	
			MECBE-001	Edition A
				Sheet 4 / 6



Designed by Redwood Jorge	Checked by Redwood Jorge	Approved by Redwood Jorge	Date 12/07/2015	Scale: 1:8
ESPOL-FIMCP			Eje y soporte principal	
MECBE-001			Edition A	Sheet 5 / 6



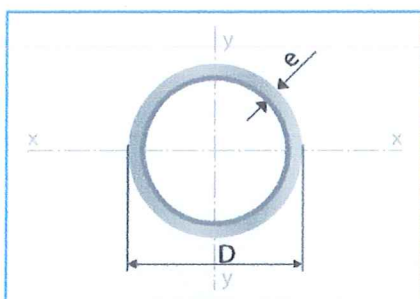
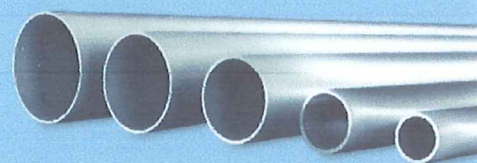
Designed by Redwood Jorge	Checked by Redwood Jorge	Approved by Redwood Jorge	Date 12/07/2015	Scale: 1:2
ESPOL-FIMCP			Platina de sujeción	
			MECBE-001	Edition A
				Sheet 6 / 6

APÉNDICE B

Catálogos de materiales IPAC

- ✓ CatalogoIPAC_15_Tubería Mecánica Redonda
 - ✓ CatalogoIPAC_27_Tubería sin Costura
- ✓ CatalogoIPAC_36_Perfiles Estructurales Canales
- ✓ CatalogoIPAC_51_Productos Laminados Ángulos
 - ✓ CatalogoIPAC_52_Productos Laminados Pletina
- ✓ CatalogoIPAC_60_Planchas Laminadas en Caliente/Frio

Tubería Mecánica Redonda



Largo Normal:
6 metros
Recubrimiento:
Negro o Galvanizado
Norma de Calidad:
JIS G 3141 SPCC
Norma de Fabricación:
INEN 2415
Espesores:
Desde 0,60 a 1,50 mm
Observaciones:
Otras dimensiones y largos previa consulta

Aplicaciones

- Muebles metálicos en general.
- Cerrajería (rejas, puertas, etc).
- Partes y piezas para productos de línea blanca.
- Tubos para closets.
- Rieles de cortina.
- Ductos para cocinas.
- Tubos de escape para vehículos.

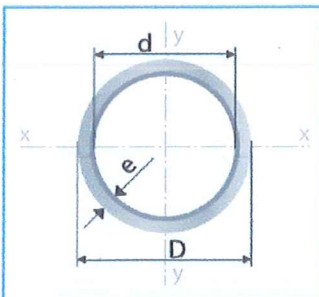
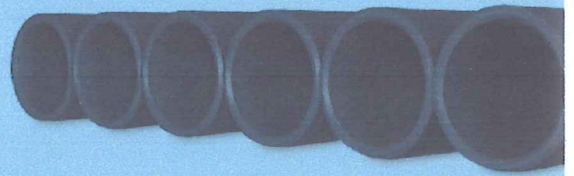
INEN



Designaciones		Área	Peso	Propiedades Estáticas			
D	e			Flexión			
D	e	A	P	I	W	i	
pulg.	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
1/2	12,70	0,60	0,23	0,18	0,04	0,07	0,42
		0,75	0,28	0,22	0,05	0,08	0,42
		0,90	0,33	0,26	0,06	0,09	0,43
		1,00	0,37	0,29	0,06	0,10	0,40
		1,10	0,40	0,31	0,07	0,11	0,42
5/8	15,88	1,50	0,53	0,41	0,08	0,13	0,39
		0,60	0,29	0,23	0,08	0,11	0,53
		0,75	0,36	0,28	0,10	0,13	0,53
		0,90	0,42	0,33	0,12	0,15	0,53
		1,00	0,47	0,37	0,13	0,16	0,53
3/4	19,05	1,10	0,51	0,40	0,14	0,18	0,52
		1,50	0,68	0,53	0,18	0,22	0,51
		0,60	0,35	0,27	0,15	0,16	0,65
		0,75	0,43	0,34	0,19	0,19	0,66
		0,90	0,51	0,40	0,21	0,22	0,64
7/8	22,23	1,00	0,57	0,45	0,23	0,24	0,64
		1,10	0,62	0,49	0,25	0,26	0,64
		1,50	0,83	0,65	0,32	0,34	0,62
		0,60	0,41	0,32	0,24	0,21	0,77
		0,75	0,51	0,40	0,29	0,26	0,75
1	25,40	0,90	0,60	0,47	0,34	0,31	0,75
		1,00	0,67	0,52	0,38	0,34	0,75
		1,10	0,73	0,57	0,41	0,37	0,75
		1,50	0,98	0,77	0,53	0,47	0,74
		0,60	0,47	0,37	0,36	0,28	0,88
1 1/4	31,75	0,75	0,58	0,46	0,44	0,35	0,87
		0,90	0,69	0,54	0,52	0,41	0,87
		1,00	0,77	0,60	0,57	0,45	0,86
		1,10	0,84	0,66	0,62	0,49	0,86
		1,50	1,13	0,88	0,81	0,64	0,85
1 1/2	38,10	0,90	0,73	0,57	0,88	0,55	1,10
		1,00	0,87	0,68	1,04	0,65	1,09
		1,10	0,97	0,76	1,14	0,72	1,09
		1,50	1,43	1,12	1,63	1,03	1,07
		0,90	1,05	0,83	1,82	0,96	1,32
1 3/4	44,45	1,00	1,17	0,91	2,01	1,05	1,31
		1,10	1,28	1,00	2,19	1,15	1,31
		1,50	1,72	1,35	2,89	1,52	1,30
		0,90	1,23	0,97	3,07	1,38	1,58
		1,00	1,37	1,07	3,22	1,45	1,53
1 7/8	47,68	1,10	1,50	1,18	3,52	1,58	1,53
		1,50	2,02	1,59	4,67	2,10	1,52
		0,90	1,32	1,04	3,80	1,60	1,70
		1,00	1,46	1,15	4,00	1,68	1,65
		1,10	1,61	1,26	4,35	1,83	1,64
2	50,80	1,50	2,17	1,71	5,79	2,43	1,63
		0,90	1,41	1,11	4,39	1,73	1,76
		1,00	1,56	1,23	4,85	1,91	1,76
		1,10	1,72	1,35	5,30	2,09	1,76
		1,50	2,32	1,82	7,06	2,78	1,74

Tubería sin Costura

Line Pipe ASTM A 106 Gr. B / A53 / API 5L



Largo Normal:
6 ó 12 metros
Recubrimiento:
Negro (Barniz)
Espesores:
Desde 2.77 a 17,48 mm
Extremos:
Biselados
Observaciones:
Otras dimensiones y
largos previa consulta

> Aplicaciones

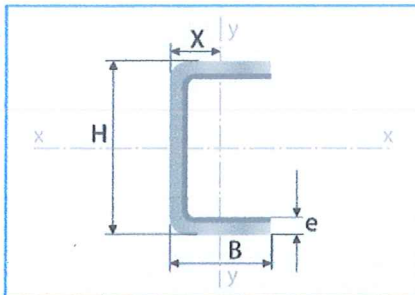
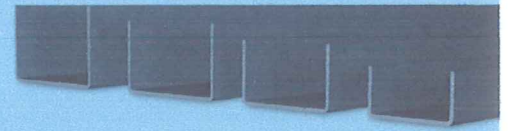
- Tubos para alta presión.
- Conducción de fluidos a alta presión.
- Escapes de automóviles.
- Andamios.
- Instalaciones
- Oleohidráulicos.
- Industria de pesca, minería e industria en general.
- Fluidos a altas temperaturas.

INEN



Descripción Comercial	Designaciones				Propiedades Estáticas			Prueba Presión
	Diámetro		Espesor	Peso	Flexión			
	Exterior	Interior			Momento de inercia	Modulo de resistencia	Radio de giro	
	D	d	e	P	I	W	i	B
	mm	mm	mm	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	kg/m ²
1/2" Ced. 40	21,30	15,76	2,77	1,27	0,71	0,66	0,66	49,30
1/2" Ced. 80	21,30	13,84	3,73	1,62	0,83	0,78	0,64	59,90
3/4" Ced. 40	26,70	20,96	2,87	1,69	1,55	1,16	0,85	49,30
3/4" Ced. 80	26,70	18,88	3,91	2,20	1,87	1,40	0,82	59,90
1" Ced. 40	33,40	26,64	3,38	2,50	3,64	2,18	1,07	49,30
1" Ced. 80	33,40	24,30	4,55	3,24	4,40	2,63	1,03	59,90
1 1/4" Ced. 40	42,20	35,08	3,56	3,39	8,13	3,85	1,37	91,50
1 1/4" Ced. 80	42,20	32,50	4,85	4,47	10,09	4,78	1,33	133,80
1 1/2" Ced. 40	48,43	41,07	3,68	4,06	12,93	5,35	1,58	91,50
1 1/2" Ced. 80	48,43	38,27	5,08	5,43	16,33	6,76	1,54	133,80
2" Ced. 40	60,30	52,48	3,91	5,44	27,66	9,18	2,00	176,10
2" Ced. 80	60,30	49,22	5,54	7,48	36,09	12,00	1,95	176,10
2 1/2" Ced. 40	73,00	62,68	5,16	8,63	63,63	17,40	2,41	176,10
2 1/2" Ced. 80	73,00	58,98	7,01	11,41	80,00	21,90	2,35	176,10
3" Ced. 40	88,90	77,92	5,49	11,29	125,70	28,30	2,96	176,10
3" Ced. 80	88,90	73,66	7,62	15,27	162,10	36,50	2,89	176,10
3 1/2" Ced. 40	101,60	90,12	5,74	13,57	199,30	39,20	3,40	166,90
4" Ced. 20	114,30	103,18	5,56	14,91	281,50	49,30	3,85	143,70
4" Ced. 40	114,30	102,26	6,02	16,08	301,10	52,70	3,83	155,60
4" Ced. 80	114,30	97,18	8,56	22,32	400,00	70,00	3,75	197,20
5" Ced. 20	141,30	130,18	5,56	18,61	547,00	77,40	4,80	116,20
5" Ced. 40	141,30	128,20	6,55	21,77	630,80	89,30	4,77	137,30
5" Ced. 80	141,30	122,26	9,52	30,94	860,00	122,00	4,67	197,20
6" Ced. 20	168,30	157,18	5,56	22,31	942,20	112,00	5,76	97,90
6" Ced. 40	168,30	154,08	7,11	28,26	1.171,60	139,00	5,70	125,40
6" Ced. 80	168,30	146,36	10,97	42,56	1.685,80	200,00	5,58	193,00
8" Ced. 20	219,10	206,40	6,35	33,32	2.403,40	219,00	7,53	85,90
8" Ced. 40	219,10	202,74	8,18	42,55	3.018,70	276,00	7,46	110,60
8" Ced. 80	219,10	193,70	12,70	64,64	4.401,80	402,00	7,31	171,10
10" Ced. 20	273,00	260,30	6,35	41,76	4.730,50	347,00	9,43	69,00
10" Ced. 40	273,00	254,46	9,27	60,29	6.685,80	490,00	9,33	100,70
10" Ced. 80	273,00	242,82	15,09	95,98	10.200,90	747,00	9,13	163,40
12" Ced. 20	323,80	311,10	6,35	49,71	7.980,60	493,00	11,23	57,70
12" Ced. 40	323,80	303,18	10,31	79,71	12.487,00	771,00	11,09	94,40
12" Ced. 80	323,80	288,84	17,48	132,05	19.794,30	1.223,00	10,85	159,90
14" Ced.20	355,60	339,76	7,92	67,91	13.078,20	736,00	12,30	60,20
14" Ced.40	355,60	333,34	11,13	94,55	17.883,90	1.006,00	12,19	92,32
14" Ced. XS	355,60	330,20	12,70	107,40	20.135,50	1.132,00	12,13	105,60
16" Ced. 20	406,40	390,56	7,92	77,83	19.686,80	969,00	14,09	57,70
16" Ced. 40	406,40	381,00	12,70	123,31	30.465,70	1.499,00	13,93	92,30
18" Ced. 20	457,00	441,16	7,92	87,71	28.214,40	1.234,00	15,89	51,40
18" Ced. 40	457,00	428,46	14,27	155,81	48.746,10	2.132,00	15,67	92,30
20" Ced. 20	508,00	488,96	9,52	117,03	46.323,20	1.824,00	17,63	55,60
20" Ced. 40	508,00	477,82	15,09	183,43	71.032,80	2.797,00	17,44	88,00
24" Ced. 20	610,00	590,96	9,52	140,88	80.804,10	2.651,00	21,22	46,50
24" Ced. 40	610,00	575,04	17,48	255,43	142.629,30	4.679,00	20,94	84,50

Perfiles Estructurales Canales



Largo Normal:
6 metros
Recubrimiento:
Negro o Galvanizado
Calidad de Acero:
ASTM A 36 / ASTM A 572 Gr. 50
Norma de Fabricación:
NTE INEN 1623
Espesores:
Desde 1,50 a 6,00 mm
Observaciones:
Otras dimensiones y largos previa consulta

Aplicaciones

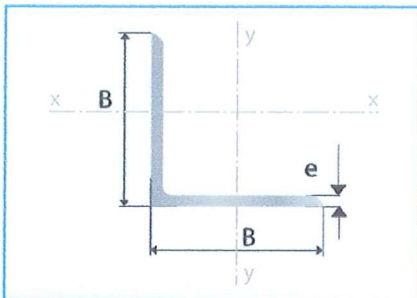
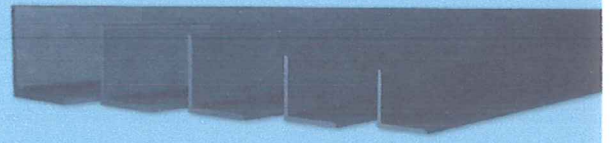
- Conformado de elementos estructurales:
 - Vigas.
 - Viguetas.
 - Columnas.
- Muebles metálicos.
- Estructura para cubiertas.
- Estructuras para galpones y en general.



Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas								
			Eje x-x					Eje y-y			
			Momento de inercia	Modulo de resistencia	Radio de giro	Momento de inercia	Modulo de resistencia	Radio de giro	Radio de inercia	Radio de inercia	Radio de inercia
B	H	e	A	P	I	W	i	I	W	i	X
mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm
50	25	1,50	1,43	6,72	5,30	2,12	1,46	0,85	0,47	0,59	0,67
		2,00	1,87	8,80	7,06	2,83	1,94	1,13	0,63	0,78	0,72
		3,00	2,33	12,74	9,70	3,88	1,89	1,57	0,91	0,76	0,77
80	40	1,50	2,31	10,96	23,13	5,78	2,38	3,67	1,26	0,95	1,04
		2,00	3,07	14,45	30,84	7,71	3,17	4,89	1,68	1,26	1,09
		3,00	4,50	21,21	43,87	10,97	3,12	7,01	2,45	1,25	1,14
		4,00	5,87	27,67	55,41	13,85	3,07	8,92	3,17	1,23	1,19
		5,00	7,18	33,81	65,50	16,40	3,02	10,60	3,84	1,22	1,24
100	50	1,50	2,93	13,78	46,12	9,23	2,99	7,29	2,00	1,19	1,29
		2,00	3,87	18,22	61,49	12,30	3,99	9,72	2,66	1,59	1,34
		3,00	5,70	26,87	88,47	17,69	3,94	14,06	3,89	1,57	1,39
		4,00	7,47	35,20	113,04	22,61	3,89	18,08	5,07	1,56	1,44
		5,00	9,18	43,23	135,00	27,10	3,84	21,80	6,19	1,54	1,48
125	50	1,50	3,30	15,55	77,39	12,38	3,65	7,80	2,06	1,16	1,15
		2,00	4,37	20,58	103,19	16,51	4,86	10,40	2,74	1,54	1,20
		3,00	6,45	30,40	149,28	23,89	4,81	15,08	4,02	1,53	1,24
		4,00	8,47	39,91	191,85	30,70	4,76	19,43	5,24	1,51	1,29
		5,00	10,43	49,12	230,97	36,95	4,71	23,44	6,40	1,50	1,34
150	50	1,50	3,68	17,31	118,91	15,86	4,28	8,21	2,10	1,13	1,04
		2,00	4,87	22,93	158,54	21,14	5,71	10,94	2,80	1,50	1,09
		3,00	7,20	33,93	230,28	30,70	5,65	15,89	4,11	1,49	1,13
		4,00	9,47	44,62	297,15	39,62	5,60	20,49	5,36	1,47	1,17
		5,00	11,68	55,00	359,26	47,90	5,55	24,76	6,55	1,46	1,22
200	50	2,00	5,87	27,64	316,46	31,65	7,34	11,75	2,88	1,42	0,92
		3,00	8,70	41,00	462,17	46,22	7,29	17,08	4,23	1,40	0,96
		4,00	11,47	54,04	599,73	59,97	7,23	22,06	5,52	1,39	1,01
		5,00	14,18	66,78	729,28	72,93	7,17	26,69	6,75	1,37	1,05

X = Distancia entre el eje menor y-y a la superficie exterior del perfil

Productos Laminados Ángulo



Largo normal:
6 metros
Recubrimiento:
Negro
Espesores:
Desde 2,00 a 12,70 mm
Norma de Calidad:
ASTM A-36
Norma de fabricación:
INEN 2224 / ASTM A6
Observaciones:
Otras dimensiones y largos previa
consulta.

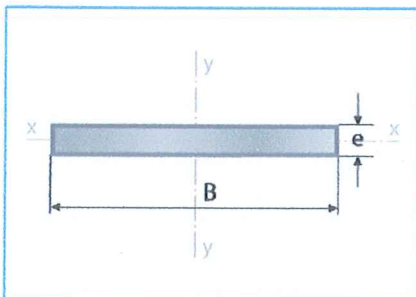
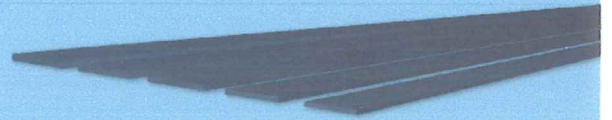
› Aplicaciones

- Torres metálicas.
- Muebles metálicos.
- Carpintería metálica.



Dimensiones		Espesor	Peso
B	c	e	P
mm	mm	mm	kg/8m
20	20	2,00	3,81
20	20	3,00	5,23
25	25	2,00	4,52
25	25	3,00	6,74
25	25	4,00	9,20
30	30	3,00	8,24
30	30	4,00	10,61
40	40	3,00	11,11
40	40	4,00	14,53
40	40	6,00	21,12
50	50	3,00	13,99
50	50	4,00	18,36
50	50	5,00	22,62
50	50	6,00	26,86
60	60	5,00	26,95
60	60	6,00	32,52
60	60	8,00	45,22
65	65	6,00	35,46
70	70	6,00	38,43
75	75	6,00	40,69
75	75	8,00	54,18
75	75	10,00	65,94
100	100	6,00	56,68
100	100	7,00	63,63
100	100	8,00	72,34
100	100	10,00	90,21
100	100	12,00	108,25
125	125	12,00	141,30
127	127	12,70	144,00

Productos Laminados Pletina



Largo normal:
6 metros
Recubrimiento:
Negro
Espesores:
Desde 3,00 a 12,00 mm
Calidad de acero:
DIN 17100 / ST 37-2 / ASTM A-36
Norma de fabricación:
INEN 2222 / ISO 1035
Observaciones:
Otras dimensiones y largos previa
consulta.

> Aplicaciones

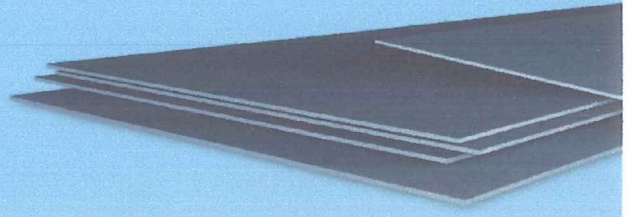
- Somier camas.
- Cerrajería en general (puertas, ventanas, rejas).
- Estructuras en general.
- Muebles metálicos.
- Paquete de resortes (Sistemas de suspensión).



Dimensiones	Espesor	Peso
B	e	P
mm	mm	kg/6m
12	3,00	1,70
12	4,00	2,26
12	6,00	3,39
20	3,00	2,83
20	4,00	5,00
20	6,00	5,37
25	3,00	3,53
25	4,00	4,71
25	6,00	7,07
25	8,00	9,42
25	9,50	10,59
25	12,00	14,13
30	3,00	4,24
30	4,00	7,07
30	6,00	8,47
30	8,00	11,30
30	9,50	12,71
30	12,00	16,96
40	3,00	5,37
40	4,00	7,16
40	6,00	10,74
40	8,00	16,11
40	9,50	17,90
40	12,00	21,48
50	3,00	7,07
50	4,00	9,50
50	6,00	14,13
50	8,00	18,84
50	9,50	21,20
50	12,00	28,26
65	6,00	18,37
65	9,50	30,62
65	12,00	36,74
75	6,00	21,20
75	9,50	35,33
75	12,00	42,39
100	6,00	28,26
100	8,00	37,68
100	9,50	47,10
100	12,00	56,52

Planchas

- Laminada en caliente
- Laminada en frío



Plancha laminada en caliente

Recubrimiento:
Negro
Norma de Fabricación:
NTE INEN 115 / ASTM A 6
Norma de Calidad:
ASTM A 36 / ASTM A 588 Gr. A / ASTM A 131 Gr. A /
ASTM A 516 Gr. 70 / ASTM A 572 Gr. 50
Observaciones:
Dimensiones y largos especiales, previa consulta

Ancho	Largo	Espesor	Peso Aprox.
mm	mm	mm	kg.
1.220	2.440	1,50	35,05
1.220	2.440	2,00	46,74
1.220	2.440	3,00	70,10
1.220	2.440	4,00	93,47
1.220	2.440	5,00	116,84
1.220	2.440	6,00	140,21
1.220	2.440	8,00	186,94
1.220	2.440	9,00	210,31
1.220	2.440	10,00	233,68
1.220	2.440	12,00	280,41

> Aplicaciones

- Conformación de estructuras en general con elementos de alma llena (flejes).
- Fabricación de tanques.
- Estructuras de puentes.
- Estructuras de barcos.
- Camisas de pilotes.
- Encofrados.
- Placas.
- Contención de tierra.
- Plataformas.
- Calderos.
- Tubería de grandes diámetros.

Plancha laminada en frío

Recubrimiento:
Negro
Norma de Fabricación:
NTE INEN 115
Norma de Calidad:
ASTM A 36 / JIS G 3141 SPCC - SD /
SAE 1010
Observaciones:
Dimensiones y largos especiales, previa consulta

Ancho	Largo	Espesor	Peso Aprox.	Calidad
mm	mm	mm	kg.	
1.000	2.000	0,70	10,99	Embutición
1.000	2.000	0,90	14,13	
1.000	2.000	1,10	17,27	
1.000	2.000	1,40	21,98	
1.220	2.440	0,40	9,35	Comercial
1.220	2.440	0,45	10,52	
1.220	2.440	0,50	11,68	
1.220	2.440	0,60	14,02	
1.220	2.440	0,70	16,36	
1.220	2.440	0,75	17,53	
1.220	2.440	0,90	21,03	
1.220	2.440	1,10	25,70	
1.220	2.440	1,40	32,72	
1.220	2.440	2,00	46,74	

> Aplicaciones

- Muebles metálicos en general.
- Puertas metálicas.
- Carpintería metálica.
- Tanque para almacenamiento de aceite.
- Tanques de exportación de frutas.
- Baldes para camionetas.
- Partes y piezas metálicas (abrazaderas, de línea blanca, etc).
- Rótulos.
- Señalización de tránsito.
- Cajas fúnebres.
- Autopartes.

APÉNDICE C

Tablas para el diseño de Columnas

- ✓ Tabla 2-4 Condiciones de Extremo y factores de longitud efectiva de columna.
 - ✓ Esquema de columna articulada – articulada.

Tabla 2-4 Condiciones de extremo y factores de longitud efectiva de la columna

Condiciones de extremo	Valores teóricos	Recomendados por la AISC*	Valores conservadores
Redondeada-redondeada	$l_{ef} = l$	$l_{ef} = l$	$l_{ef} = l$
Articulada-articulada	$l_{ef} = l$	$l_{ef} = l$	$l_{ef} = l$
Empotrada-libre	$l_{ef} = 2l$	$l_{ef} = 2.1l$	$l_{ef} = 2.4l$
Empotrada-articulada	$l_{ef} = 0.707l$	$l_{ef} = 0.80l$	$l_{ef} = l$
Empotrada-empotrada	$l_{ef} = 0.5l$	$l_{ef} = 0.65l$	$l_{ef} = l$



(b) Articulada-articulada

APÉNDICE D

Especificaciones Técnicas Electrodo

- ✓ Electrodo E6011
- ✓ Electrodo E7018

Buscar Cod. SAP

COMPañIA

ATENCIÓN AL CLIENTE

PRODUCTOS

SERVICIOS SL

Centro de Servicio al Clien

INDURA ahora es parte de:



Home / productos / Electrodo / corriente /

Ficha de Producto**Inicio sesión**

0 Items



Ampliar

Electrodos - Corriente

ELECTRODO 230-S (AWS E-6011)**Marca:** INDURA**Modelo:** 230-S**SAP:** Varios

- 230-S (AWS E-6011) 3/32" 2.4mm 2000059
- 230-S (AWS E-6011) 1/8" 3.2mm 2000060
- 230-S (AWS E-6011) 5/32" 4.0mm 2000061
- 230-S (AWS E-6011) 3/16" 4.8mm 2000062

Agregar al carro de cotización

Imprimir

Descargar ficha *

Contacto

* Para un buen funcionamiento, recomendamos utilizar IE, Opera o Safari.

Presentación**Procesos**

Electrodo con revestimiento celulósico.

Algunas aplicaciones comprenden estructuras metálicas, caldererías, estanques, obras de construcción, tuberías, etc.

Presenta alta velocidad de soldadura.

Se utiliza en construcción y reparación de buques

Características

Está especialmente diseñado para eso con corriente alterna, también puede ser utilizado con corriente continua, electrodo positivo. Sus otras propiedades y aplicaciones son similares al electrodo E-6010.

Sus características son:

1. Alta velocidad de soldadura.
2. Eficiencia de deposición del metal superior al 70%.
3. Gran facilidad de encendido, manejo del arco y firmeza en la copa.

4. Excelente penetración.
5. Fácil remoción de escoria.
6. Produce un arco firme y estable, no afectándolo en corriente continua el fenómeno conocido por "soplo magnético".

Usos

Este electrodo es apto para ser utilizado en todas las aplicaciones de soldadura de acero dulce, sobre todo cuando es necesario soldar en posición vertical o sobrecabeza, por su escoria de rápida solidificación.

Aplicaciones

Estanques.
Estructuras metálicas.
Embarcaciones.
Calderería.
Obras de construcción.
Reparación de piezas y maquinarias.

Seguridad

Debe seguirse el mismo procedimiento utilizado para soldar con electrodos E-6010 o E-6011.

Puntos de Venta

Producto disponible en locales INDURAMarket y Agentes autorizados INDURA

Información Técnica

Composición Química Típica del Metal Depositado

C 0,09%; Mn 0,51%; Si 0,29%; P 0,013%; S 0,012%

Tabla Técnica

Análisis Típico del metal depositado (% en peso)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
0.12	0.55	0.20	0.01	0.02	< 0.01	< 0.02	< 0.01

Propiedades Mecánicas Típicas del Metal Depositado

Tratamiento Térmico	Esf. Fluencia en 0.2%, MPa	Esf. Máx. de Tracción, MPa	Elongación (L=4d), %	E. Absorbida Ch-v 56 J 0°C
S/T.T.	400	478	36	56 J 0°C

Parámetros de Soldadura y Datos

	2.4 (3/32)	3.2 (1/8)	4.0 (5/32)	4.8 (3/16)
Diámetro, mm (plg)	2.4 (3/32)	3.2 (1/8)	4.0 (5/32)	4.8 (3/16)
Longitud, mm (plg)	300 (12)	350 (14)	350 (14)	350 (14)
Int. de Corr. A	50 - 90	80 - 120	120 - 160	140 - 220
Nº elec/Kg. M.D.	140	76	55	38
Nº elect/Kg	77	37	26	18

Secado

No es necesario

Posición de Soldadura



CCEP - CA

Hojas de Seguridad y Otros Archivos

Ficha Técnica INDURA 230-S

INDURA S.A. Todos los derechos reservados 2009

Ecuador Casa Matriz
Km. 14,5 Vía a Daule
Teléfonos: Central Telefónica Matriz: (59 34) 2597610

Optimizado por :
www.teparatres.cl

Buscar Cod. SAP [COMPañIA](#) | [ATENCIÓN AL CLIENTE](#) | [PRODUCTOS](#) | [SERVICIOS](#) | [SUI](#)
[Centro de Servicio al Client](#)

INDURA ahora es parte de:

[Home](#) / [productos](#) / [Electrodos](#) / [corriente](#) /**Ficha de Producto****Inicio sesión**

0 Items



Ampliar

Electrodos - Corriente

INDURA 7018-AR

Marca: INDURA

Modelo: 7018-AR (1 Kg.)

SAP: 2001300-2001210-2002831-2001211-2001240-2001310

Agregar al carro de cotización

Imprimir

Descargar ficha *

Contacto

* Para un buen funcionamiento, recomendamos utilizar IE, Opera o Safari.

Presentación**Características**

El electrodo 7018-AR es de bajo contenido de hidrógeno y resistente a la humedad. Está especialmente diseñado para soldaduras que requieren severos controles radiográficos en toda posición.

Su arco suave y la pérdida por salpicaduras es baja.

Usos

El 7018-AR es recomendado para trabajos donde se requiere alta calidad radiográfica, particularmente en calderas y cañerías.

Sus buenas propiedades físicas son ideales para ser usado en astilleros.

Aplicaciones

Aceros Cor-Ten, Mayari-R

Lukens 45 y 50.

Yoloy y otros aceros estructurales de baja aleación.

Seguridad

Para soldaduras de filetes horizontales y trabajo de soldadura en sentido vertical descendente, debe usarse un arco corto. No se recomienda la técnica de arrastre.

En la soldadura en posición sobrecabeza debe usarse un arco corto con ligero movimiento oscilatorio en la dirección de avance. Debe evitarse la oscilación brusca del electrodo.

Certificación

American Bureau of Shipping
Lloyd's Register of Shipping
Germanischer Lloyd
Nippon Kaiji Kyokai

Formato

Envase de 1 Kg.

Tabla Técnica

INDURA S.A. Todos los derechos reservados 2009

Ecuador Casa Matriz
Km. 14,5 Vía a Daule
Teléfonos: Central Telefónica Matriz: (59 34) 2597610

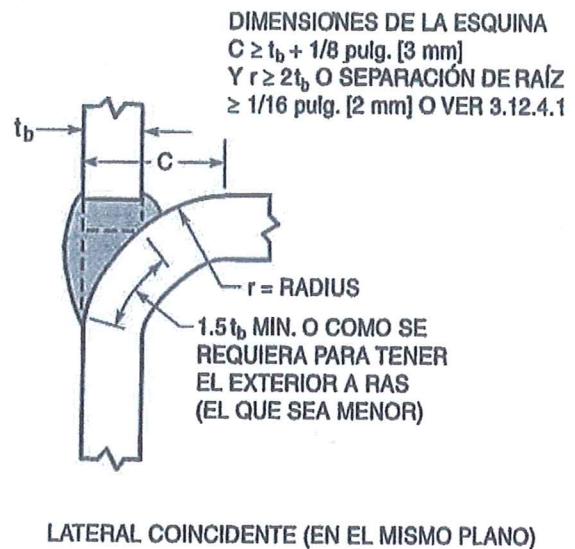
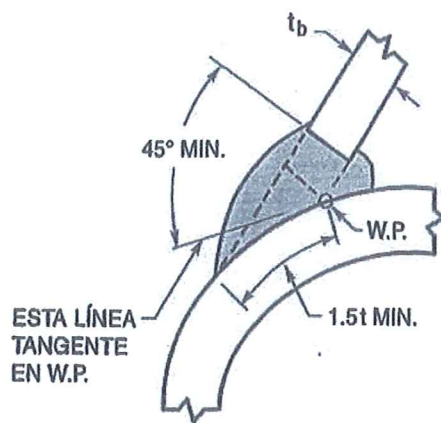
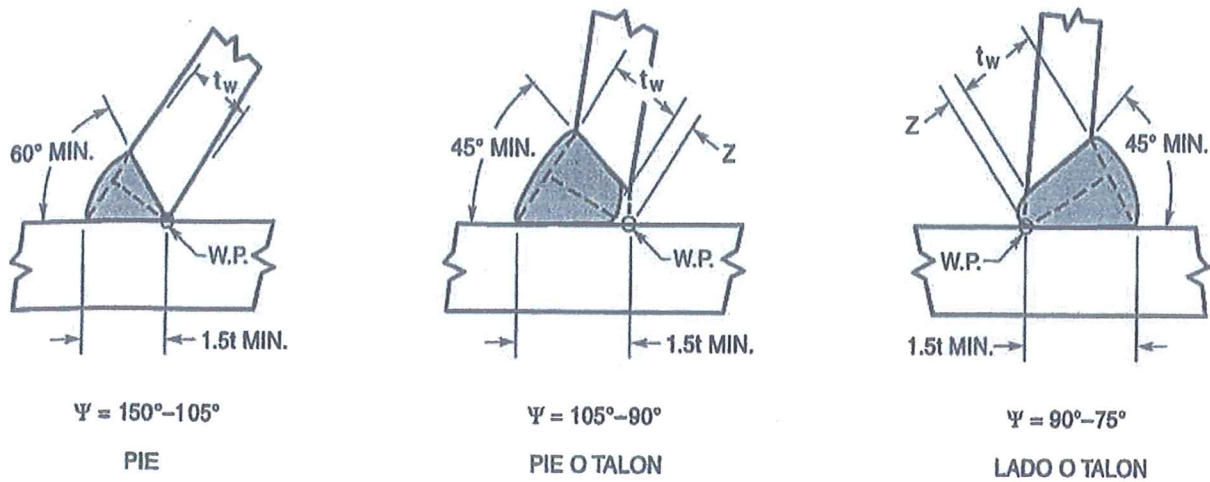
Optimizado por :
www.teparatres.cl

APÉNDICE E

Extracto Código Structural Welding Code Steel AWS D1.1/D1.1

M:2010.

- ✓ Figura 3.5 PJP Junta de Penetración parcial.



Notas:

1. t = espesor de la parte más delgada.
2. Biselado excepto en las zonas de transición y las zonas del talón.
3. Separación de raíz de 0 pulg. a 3/16 [5 mm].
4. No precalificado por debajo de 30°.
5. Tamaño de soldadura (garganta efectiva) $t_w \geq t$; dimensión de pérdida Z Se muestran en la tabla 2.9.
6. Cálculos para 2.25.1.3 deberán ser hechos para un longitud de pierna menor que 1.5 t , tal como se muestra.
7. Para secciones rectangulares, la preparación de la junta para transiciones en esquina deberá proveer una transición suave de un detalle a otro. La soldadura deberá ser llevada en forma continua alrededor de las esquinas, con las esquinas totalmente rellenas, los comienzos y finales de soldaduras entre caras planas.
8. Ver anexo K para definición de ángulo diedro local, Ψ .
9. W.P. = punto de trabajo (punto de contacto).

Figura 3.5 (Continuación)—Detalles de Juntas Precalificadas para Conexiones T-, Y- y K- Tubulares PJP (ver 3.12.4)

APÉNDICE F

Tablas para la selección de pernos SAE 2 cabeza hexagonal

- ✓ Tabla 8.2.26a.
- ✓ Tabla 8.2.26b.

Table 8.2.26a Specifications and Identification Markings for Bolts, Screws, Studs, Sems,^a and U Bolts^b
(Multiply the strengths in kpsi by 6.89 to get the strength in MPa.)

SAE grade	ASTM grade	Metric ^c grade	Nominal diameter, in	Proof strength, kpsi	Tensile strength, kpsi	Yield ^d strength, kpsi	Core hardness, Rockwell min/max	Products ^e
1	A307	4.6	¼ thru 1½	33	60	36	B70/B100	B, Sc, St
2		5.8	¼ thru ¾	55	74	57	B80/B100	B, Sc, St
		4.6	Over ¾ thru 1½	33	60	36	B70/B100	B, Sc, St
4	A449 or A325 type 1	8.9	¼ thru 1½	65 ^f	115	100	C22/C32	St
5		8.8	¼ thru 1	85	120	92	C25/C34	B, Sc, St
		7.8	Over 1 thru 1½	74	105	81	C19/C30	B, Sc, St
		8.6	Over 1½ to 3	55	90	58		B, Sc, St
5.1		8.8	No. 6 thru ¾	85	120		C25/C40	Se
		8.8	No. 6 thru ½	85	120		C25/C40	B, Sc, St
5.2	A325 type 2	8.8	¼ thru 1	85	120	92	C26/C36	B, Sc
7 ^g		10.9	¾ thru 1½	105	133	115	C28/C34	B, Sc
8	A354 Grade BD	10.9	¼ thru 1½	120	150	130	C33/C39	B, Sc, St
8.1		10.9	¼ thru 1½	120	150	130	C32/C38	St
8.2	A574	10.9	¼ thru 1	120	150	130	C35/C42	B, Sc
		12.9	0 thru ½	140	180	160	C39/C45	SHCS
		12.9	¾ thru 1½	135	170	160	C37/C45	SHCS

NOTE: Company catalogs should be consulted regarding proof loads. However, approximate values of proof loads may be calculated from: proof load = proof strength × stress area.

^a Sems are screw and washer assemblies.

^b Compiled from ANSI/SAE J429j; ANSI B18.3.1-1978; and ASTM A307, A325, A354, A449, and A574.

^c Metric grade is xx.x where xx is approximately 0.01 S_{ur} in MPa and x is the ratio of the minimum S_y to S_{ur} .

^d Yield strength is stress at which a permanent set of 0.2% of gage length occurs.







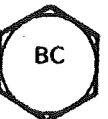





^e B = bolt, Sc = Screws, St = studs, Se = sems, and SHCS = socket head cap screws.

^f Entry appears to be in error but conforms to the standard, ANSI/SAE J429j.

^g Grade 7 bolts and screws are roll-threaded after heat treatment.

SOURCE: Shigley and Mitchell, "Mechanical Engineering Design," 4th ed., McGraw-Hill, 1983, by permission.

Table 8.2.26b ASTM and SAE Grade Head Markings for Steel Bolts and Screws

Grade marking	Specification	Material
 No mark	SAE grade 1	Low- or medium-carbon steel
	ASTM A307	Low-carbon steel
	SAE grade 2	Low- or medium-carbon steel
	SAE grade 5 ASTM A449	Medium-carbon steel, quenched and tempered
	SAE grade 5.2	Low-carbon martensite steel, quenched and tempered
	ASTM A325 type 1	Medium-carbon steel, quenched and tempered; radial dashes optional
	ASTM A325 type 2	Low-carbon martensite steel, quenched and tempered
	ASTM A325 type 3	Atmospheric corrosion (weathering) steel, quenched and tempered
	ASTM A354 grade BC	Alloy steel, quenched and tempered
	SAE grade 7	Medium-carbon alloy steel, quenched and tempered, roll-threaded after heat treatment
	SAE grade 8	Medium-carbon alloy steel, quenched and tempered
	ASTM A354 grade BD	Alloy steel, quenched and tempered
	SAE grade 8.2	Low-carbon martensite steel, quenched and tempered
	ASTM A490 type 1	Alloy steel, quenched and tempered
	ASTM A490 type 3	Atmospheric corrosion (weathering) steel, quenched and tempered

SOURCE: ANSI B18.2.1-1981 (R92), Appendix III, p. 41. By permission.