



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN
DISPOSITIVO DE
LEVANTAMIENTO DE PERFILES
Y TUBO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

P R E S E N T A:

**IGNACIO GIOVANNI
CEJUDO RAMIREZ**



**DIRECTOR DE TESIS:
DR. LEOPOLDO ADRIÁN GONZÁLEZ GONZÁLEZ
CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO D.F. 2015**

A MI PADRE QUE SIEMPRE ME ENSEÑO LA BELLEZA EN LA
FISICA Y LAS MATEMATICAS.

DESCANSA EN PAZ PAPA.

DEDICO ESTE TRABAJO A:

A MI PADRE: IGNACIO CEJUDO ZIMENTAL.

A MIS HIJOS: IAN ANDRE, JULIO CESAR, IVAN, IAN SEBASTIAN.

A MI NOVIA: KARINA VEGA RAMOS.

A MI HERMANA: BERTHA CEJUDO RAMIREZ

AGRADECIMIENTOS:

A LA UNIVERSIDAD Y A LA FACULTAD DE INGENIERIA POR PROVEERME LOS RECURSOS PARA MI FORMACION.

A MIS MAESTROS DE LA FACULTAD DE INGENIERIA POR COMPARTIR CONOCIMIENTO Y RAZONAMIENTO PARA LA SOLUCION DE PROBLEMAS DE INGENIERIA.

A MI DIRECTOR DE TESIS POR DARME LA GUIA PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

A MIS SINODALES POR LA REVISION DE ESTE TRABAJO Y SUS COMENTARIOS.

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS POR HACERME TODO TIPO DE PREGUNTAS CON ALGUNAS DE ELLAS SIN RESPUESTA INMEDIATA.

INDICE

	Pág.
Introducción	I
A Objetivo	III
B Identificación de la necesidad	III
C Definición del problema	IV
1 Especificaciones de ingeniería	1
1.A Identificación de los clientes	2
1.B Requerimientos del cliente	2
1.C Importancia relativa de los requerimientos del cliente	5
1.D Identificación y evaluación de la competencia	8
1.E Generación de las especificaciones de ingeniería	11
1.F Relación de los requerimientos del cliente respecto a las especificaciones de ingeniería	23
1.G Valores objetivo de las especificaciones de ingeniería	24
1.H Dependencias entre las especificaciones de ingeniería	29
2 Diseño conceptual	30
2.A Establecimiento de las estructuras funcionales	31
2.B Generación de conceptos	36
2.C Evaluación de los conceptos	44
2.D Selección del mejor concepto	46
3 Diseño de detalle	49
3.A Generación de formas físicas del producto mediante CAD	49
3.B Selección y validación de componentes comerciales	63
3.C Selección de materiales	73
3.D Dimensionamiento de componentes	76
3.E Evaluación del desempeño del producto	80
3.F Análisis de modos de falla y efectos	81
3.G Análisis de esfuerzo y deformación	83
3.H Presentación de los dibujos detallados del producto	106
4 Fabricación	107
4.A Procesos de fabricación para los componentes	107
4.B Ensamble por soldadura	116
4.C Acabados	121

Mención de dibujos **122**

Resultados y conclusiones **123**

Bibliografía **128**

Apéndice:

Apéndice A. Planos de fabricación detallados del producto

INTRODUCCION

Este proyecto de tesis nace a partir de satisfacer la necesidad de contar con un dispositivo que pueda levantar y transportar perfiles estructurales de acero rolados en caliente ,así como también levantar y trasladar tubería de acero.

Los componentes serán depositados cuidadosamente en estaciones de soldado y electro-plateado.

Es importante mencionar que a pesar de que existe una muy estrecha gama de productos que pudieran satisfacer la necesidad, de levantar y trasladar los perfiles, el cliente especifica que se fabrique un dispositivo con los materiales y procesos con los que cuentan sus facilidades.

Además, el cliente indica que quiere emplear el mínimo número de empleados, por lo tanto estableció como requerimiento primordial, de que el dispositivo para lograr su función se adapte por completo a una Grúa de Encabezado.

Se busca que el producto este bajo el margen "Six Sigma" de defectos, es decir 3.4 defectos o errores por millón de oportunidades de defectos, para lograrlo se aplica una metodología y herramientas de la ingeniería, así como tener un buen control del proceso de manufactura y calidad de materiales para la fabricación del prototipo.

El proyecto está estructurado de la siguiente forma:

- **Capítulo 1: Especificaciones de Ingeniería**

En este apartado se busca traducir lo que el cliente requiere que haga el dispositivo, en un lenguaje de ingeniería, es decir Especificaciones de Ingeniería que dan pauta a parámetros medibles (*Targets*) necesarios para establecer cuáles son las funciones principales del dispositivo y sus dependencias entre estas. Esta traducción es asistida en todo momento mediante la técnica del *QFD* (*Quality Function Deployment*).

- **Capítulo 2: Diseño conceptual**

Se establece una estructura funcional mediante una descomposición del sistema en funciones parciales de acuerdo a un análisis funcional de lo que el dispositivo debe hacer parcialmente, para lograr realizar la función principal de movimiento de los perfiles y tubería, hacia las zonas de soldado y electro-plateado.

Posteriormente se generan los conceptos por medio de las combinaciones de los principios físicos que sean compatibles para lograr las funciones mediante una carta morfológica.

Finalmente se evalúa cada concepto usando una Matriz de Decisión para así obtener la mejor configuración.

- **Capítulo 3: Diseño de detalle**

En esta sección se obtiene un modelo 3D del dispositivo. Se hace la selección de materiales para los componentes del dispositivo. También se seleccionan los componentes comerciales. Se hace la evaluación del desempeño del producto respecto a las especificaciones de ingeniería, incluyendo:

- 1) Valoraciones estructurales del producto mediante un análisis por elemento finito y análisis de mecánica de materiales.
- 2) Análisis por acumulación de tolerancias para el dimensionamiento y tolerado de características funcionales.
- 3) Análisis de riesgos mediante la técnica de DFMEA [¹].

Finalmente se presentan los planos de detalle de ensambles, y de cada uno de los componentes del dispositivo.

Se generan modificaciones al diseño en base a criterios de facilidad de manufactura y ensamble, estos cambios se documentan y se incluyen en el dibujo de detalle final.

- **Capítulo 4: Fabricación**

Se generan las instrucciones de fabricación que incluyen la manufactura de los componentes, el ensamble, y las instrucciones de control de calidad.

¹ DFMEA significa "DESIGN FAILURE MODES AND EFFECT ANALYSIS".

A. Objetivo del proyecto:

Diseñar y fabricar un dispositivo para levantar y transportar tubería de acero y perfiles de acero rolados en caliente para su posterior descenso en estaciones de soldado y electro-plateado.

B. Identificación de la necesidad

El cliente tiene la necesidad de levantar y trasladar perfiles de acero (Vigas "I" de sección S, W, canales, ángulos) a estaciones de electro-plateado y levantar y trasladar tubería de acero a estaciones de soldado y electro-plateado, tal y como se muestra en la Figura I.1.

Donde el dispositivo además de asistir en la inmersión tendrá que sujetar el tubo mientras se descansa sobre un sujetador de soldado y se suelda con un codo.

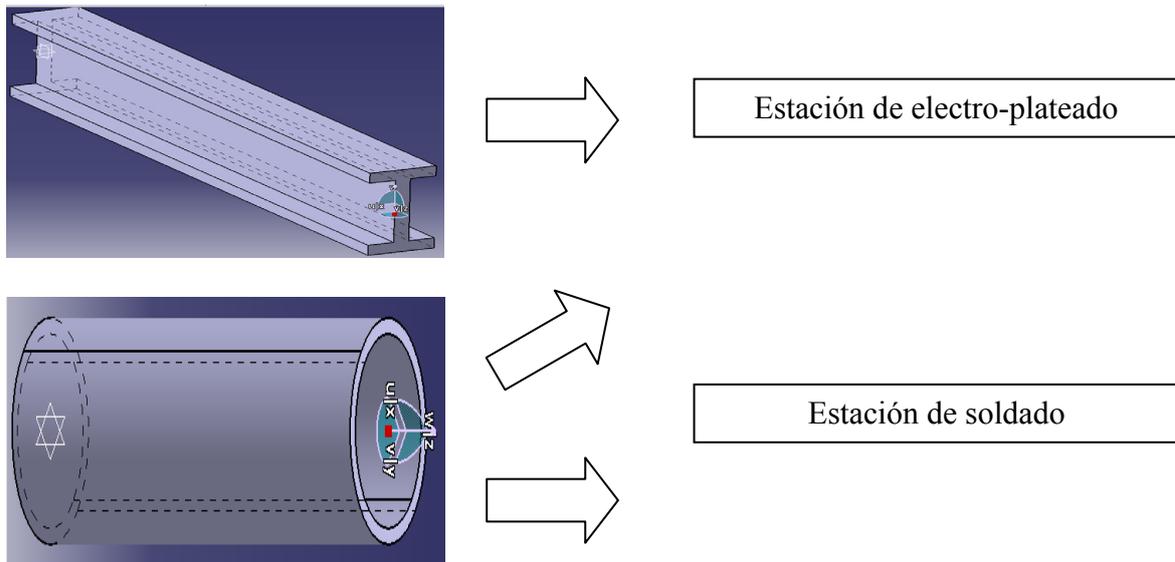


Figura I.1. Perfil y tubería a manipular.

C. Definición del problema

Se pretende resolver el problema de levantar, trasladar y descender perfiles y tubería en la zona de electro-plateado y levantar, trasladar y bajar tubos en la zona de soldado.

Al personal de ensamble y tratamientos, así como al personal de ingeniería de la empresa SEE S,A de C.V., se les realizaron las siguientes preguntas:

- A) ¿Que es lo que te gustaría o no respecto a este producto ?
- B) ¿Que factores consideras en la compra de un producto como éste ?
- C)¿ Con un producto de función similar que mejoras le harías al producto?

Los resultados de la entrevista dieron pie a la obtención de muchos requerimientos del cliente (VOC) tales como:

1. Debe poderse acoplar a las facilidades que tienen implementadas y que están por edificarse. Ver figura I.2.



Figura I.2. Edificación de las facilidades donde el dispositivo trabajara

2. Debe poder ser fabricado con los procesos de manufactura disponibles en las facilidades y con los materiales que se tienen en el almacén.
3. Debe ser resistente para manejar los diferentes pesos de los perfiles .

4. Debe ser de fácil acoplamiento requiriendo el mínimo de tareas para acoplar.
5. Debe ser de fácil desacoplamiento para descansar en las estaciones de soldado y de electro-plateado y/o pintura.
6. Debe poder garantizar un ascenso y descenso estable.
7. Debe acoplarse con una grúa de encabezado del tipo DEMAG, como la que se muestra en la figura I.3.



Figura I.3. Grúa DEMAG U22.

8. Debe ser de fácil mantenimiento y debe durar cuando menos 15 años de servicio.
9. Debe mover los perfiles desde la zona de almacén a la zona de soldado y electro-plateado ~80 [m], tal como se muestra en la figura I.2.
10. Debe ser del mínimo peso posible.
11. El costo de fabricación del dispositivo debe ser bajo.
12. Debe usar el mínimo personal para el levantamiento y traslado de los componentes. Es deseable que sea 1 sola persona que adapte y que cargue usando la grúa mecánica, máximo 2 pero no es costeable.
13. Debe contener instrucciones de uso y de seguridad.
14. Debe ser segura para el personal.
15. Debe ser de fácil adaptación a los diferentes tamaños de los perfiles. (Perfil máxima longitud 2 metros mínima 1.5 metros)
16. Debe ser de fácil adaptación a las diferentes geometrías de los perfiles: Vigas I y Tubería de Acero.
17. No debe dañar los perfiles a la hora de la manipulación.
18. Que esté siempre dentro del rango de control de la grúa, esto incluye el peso manipulable por la grúa.
19. Se moverán 16 perfiles o tubos / día en una jornada de electro-plateado de perfiles y tubería, mientras que en una jornada de soldado de tubos se moverán 20. La jornada dura 2 días se hace 1 jornada por semana, 4 al mes hasta acabar los pedidos.

CAPÍTULO 1.- ESPECIFICACIONES DE INGENIERIA

1. Comprensión del problema mediante la generación de especificaciones ingenieriles del producto.

El entender el problema de diseño pone los cimientos para diseñar un producto con calidad.

Entender el problema implica traducir los requerimientos del cliente en una descripción técnica de lo que se necesita diseñar.

Utilizando la técnica de QFD "QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT" que es una herramienta que permite que de forma organizada se obtengan todas las piezas de información del rompecabezas para el correcto entendimiento del problema.

Piezas tales como :

- ✓ Escuchar la voz del cliente mediante la obtención de requerimientos del cliente.
- ✓ Desarrollo de las especificaciones de ingeniería o metas a cumplir por el producto a concebir.
- ✓ Encontrar de qué forma las especificaciones miden los requerimientos del cliente
- ✓ Determinar que tan bien la competencia o un producto anterior o un producto de función similar cumplen con las metas o requerimientos del cliente.
- ✓ Desarrollo de objetivos numéricos de las especificaciones de ingeniería que servirán para evaluar el desempeño del producto.

Desarrollo de la casa de la calidad para el dispositivo de levantamiento

1.A Identificación de los clientes

¿Quiénes pueden ser candidatos a ser clientes?

R= La gerencia de la empresa SEE, el departamento de Ingeniería, personal de manufactura y ensamble, personal de tratamientos y acabados, personal de control de calidad, personal de ventas.

Para el caso del dispositivo de levantamiento se tienen 2 tipos de clientes: los clientes finales son el personal de soldadura y tratamientos pues son los que van a usar el dispositivo aunque los encargados de dar el visto bueno al dispositivo es el departamento de ingeniería de la organización Seguridad y Economía en Estructuras S.A de C.V.

1.B Requerimientos del cliente en el producto

Para el dispositivo ya se tiene un avance debido a las entrevistas que se realizaron en la identificación de la necesidad y definición del problema a resolver.

La entrevista fue hecha a personal de ensamble y tratamientos, así como a personal de ingeniería de la empresa SEE S,A de C,V y fue altamente enfocada hacia las siguientes preguntas:

- A) ¿Que es lo que te gustaría o te disgustaría respecto a este producto?
- B) ¿Que factores consideras en la compra de un producto como este?
- C) ¿ Con un producto de función similar que mejoras le harías al producto?
- D) ¿Cuanto recurso humano se tiene contemplado para operar la máquina ?
- E) ¿La posible función de traslación la desempeñaría sola o en conjunto, si es en conjunto con que elementos haría interface?
- F) ¿Tiempo de vida esperado para el dispositivo ?
- G) ¿Que distancia va a mover los perfiles/tubos ?
- H) ¿De que dimensiones máximas y mínimas serian los perfiles a levantar y trasladar (longitud, ancho, espesor, altura)?
- I) ¿De qué dimensiones máximas y mínimas serian los tubos a levantar y trasladar ?
- J) ¿ Peso máximo de los componentes a levantar y trasladar ?
- K) ¿ Tendrá restricciones de peso el dispositivo ?
- L) ¿ Tendrá que satisfacer ciertas restricciones de tamaño ?

- M) ¿ Asistirá en el proceso de electroplateado ? De que forma ?
- N) ¿ Asistirá en el proceso de soldadura de los perfiles?
De que forma?
- O) ¿A que altura serán levantados los perfiles y la tubos ?
- P) ¿ Es libre la selección de procesos de manufactura ?
- Q) ¿ Debe ser de fácil mantenimiento ?
- R) ¿ Estará sometido a condiciones atmosféricas desfavorables ?
- S) ¿ Cuantos tubos / perfiles levantara y trasladara por día ?
- T) ¿ Existe alguna configuración de las condiciones desde donde iniciara el levantamiento de los perfiles ?
- U) ¿ Con que elementos hará interface a la hora del descenso de los perfiles / tubería cuando desciendan sobre las estaciones de soldado y/o electro-plateado ?
- V) Durante la operación ¿habrá rotación sobre algún eje o solo será movimiento de traslación ?
- W) Como es el layout donde interactuara el dispositivo para levantar los perfiles ?

Se organizan los requerimientos del cliente de acuerdo a la posible secuencia de operación del dispositivo :

1. Preparación:

- Req.A** Fácil acoplamiento con los perfiles,requiriendo el mínimo de tareas para acoplar.
- Req.B** Debe ser segura para el personal que la opere ,debe contener instrucciones de uso y de seguridad.
- Req.C** Debe ser de fácil adaptación alas diferentes geometrías de los perfiles: Canales,Vigas I,Tubería de Acero.
- Req.D** Debe ser de fácil adaptación a los diferentes tamaños de los perfiles.(La longitud del perfil debe estar en este rango $1.5 \leq l \leq 2$ [m]),para la tubería (Max longitud $l = 2.25$ [m]).

2. Uso:

- Req.E** Debe ser resistente para poder soportar los pesos de los perfiles y tubos.
- Req.F** Debe poderse adaptar con una grúa de encabezado del tipo U22 marca DEMAG®.
- Req.G** Debe mover los perfiles y tubería desde la zona de almacén a la zona de soldado y electro-plateado ~80 [m].
- Req.H** Que esté siempre dentro del rango de control de la grúa, esto incluye el peso manipulable por la grúa.
- Req.I** Debe garantizar un ascenso y un descenso estable.
- Req.J** No debe dañar los perfiles ala durante la manipulación.

3. Conclusión:

- Req.K** Descenso seguro y fácil sobre las estaciones de soldado y electro-plateado y pintura.
- Req.L** Fácil desacoplamiento de los perfiles y tuberías para descansarlas en los sujetadores de soldadura y en la tina para electro-plateado y/o pintura.

4. Otros :

- Req.M** Debe ser de diseño sencillo con el mínimo número de piezas
- Req.N** No debe oxidarse
- Req.O** Debe ser fabricado con los procesos de manufactura disponibles en las instalaciones y con los materiales que se tienen en el almacén.
- Req.P** Debe ser de fácil fabricación, requiriendo mínimas operaciones de maquinado
- Req.Q** Debe ser de fácil mantenimiento y debe durar cuando menos 15 años de servicio.
- Req.R** El costo de fabricación debe ser el más bajo posible.
- Req.S** Debe usar el mínimo personal para el levantamiento y traslado de los componentes. deseable una sola persona que adapte y que cargue usando la grúa mecánica.
- Req.T** Asistirá en la inmersión de los tubos para electro plateado
- Req.U** Debe asistir en la sujeción de los tubos a unirse pero solo para aplicar un "punto de soldadura".

1.C Importancia relativa de los requerimientos del cliente

En este apartado se evalúa la importancia relativa de los requerimientos bajo la óptica de cada cliente.

Se ponderan los requerimientos del cliente, es decir se asigna un factor de peso a cada requerimiento del cliente.

Basados en esta ponderación se determinan los requerimientos críticos para la calidad(CTQ) que son los requerimientos con mayor importancia relativa y es donde se enfocan todos los esfuerzos, tiempo y recursos para cumplir este tipo de requerimientos.

En este caso, el cliente preferencial es el departamento de ingeniería, pues es el cliente directo, más sin embargo, todos los requerimientos generados por el departamento de soldadura y tratamientos que son los clientes finales, deberán ser tomados en cuenta y discutidos en su momento.

Para este caso muchos de los requerimientos para el dispositivo no tienen contradicciones entre clientes, todos los departamentos involucrados (ingeniería, manufactura, ensamble y tratamientos) están de acuerdo que se concentraran esfuerzos en los requerimientos que tienen el mayor peso relativo.

Se desarrolla la medida de importancia de los requerimientos, es decir un número que muestre el peso relativo contra los otros requerimientos desde la óptica de cada cliente.

Para lo anterior se propone usar la técnica de Suma Fija, para lo cual se asignan 100 puntos para que los clientes los distribuyan sobre los requerimientos de acuerdo a sus prioridades.

Para asistir en la ponderación se escriben los requerimientos y se pide a los representantes de cada departamento involucrado en el establecimiento de los requerimientos que ordenen los requerimientos de acuerdo a la importancia y luego que distribuyan los 100 puntos sobre estos.

El resultado de esta actividad se presenta en la tabla de la Fig. 1.1:

	Requerimientos del Cliente	ENG para el depto de ingenieria	MFG para depto soldadura y tratamientos
1	Req.A Facil acoplamiento con los perfiles	3	5
2	Req.B Debe ser segura para los operadores	3	10
3	Req.C Debe ser de facil adaptacion alas diferentes geometrias de los perfiles: Canales,Vigas I,Tuberia de Acero. perfiles y tuberia de acero	5	6
4	Req.D Debe ser de facil adaptacion a los diferentes tamaños de los perfiles.	4	5
5	Req.E Debe ser resistente para poder soportar los pesos de los perfiles y tubos.	7	6
6	Req.F Debe poderse adapatar con una grua de encabezado del tipo U22 marca DEMAG®	5	4
7	Req.G Debe mover los perfiles y tuberia desde la zona de almacen ala zona de soldado y electroplateado ~80 (m)	5	5
8	Req.H Que este siempre dentro del rango de control de la grua esto incluye el peso manipulable por la grua.	4	5
9	Req.I Debe garantizar un ascenso y un descenso estable	4	5
10	Req.J No debe dañar los perfiles ala hora de la manipulacion de estos	7	5
11	Req.K Descenso seguro y facil sobre las estaciones de soldado y electroplateado y pintura.	4	6
12	Req.L Facil desacoplamiento de los perfiles y tuberias para descansarlas en los jigs de soldadura y en la tina para electroplateado y/o pintura	4	6
13	Req.M Debe ser de diseño sencillo con el minimo numero de piezas	6	3
14	Req.N No debe oxidarse	4	6
15	Req.O Debe ser fabricado con los procesos de manufactura disponibles en las facilidades y con los materiales que se tienen en el "stock"	7	2
16	Req.P Debe ser de facil fabricacion,requiriendo minimas operaciones de maquinado	5	1
17	Req.Q Debe ser de facil mantenimiento y debe durar cuando menos 15 años de servicio.	3	5
18	Req.R El costo de fabricacion debe ser bajo	5	1
19	Req. S Debe usar el minimo personal para el levantamiento y traslado de los componentes.	5	2
20	Req.T Asistira en la inmersion de los tubos para electro plateado	5	6
21	Req.U Debe asistir en la sujecion de los tubos a unirse pero solo para aplicar un "tack weld"	5	6

Fig. 1.1 Tabla con los resultados de la importancia relativa de los requerimientos del cliente.

Para identificar los requerimientos críticos para el cliente(CTQ's) se va tomar un promedio de los requerimientos y los CTQ's serán los de valor más alto, esté criterio se acordó con los diversos tipos de clientes del dispositivo de levantamiento.

Los únicos requerimientos que presentaron una significativa discrepancia fueron:

** Req B. Seguridad a los operadores del dispositivo,*

En el cual el personal que operaría el dispositivo le dio una prioridad alta por lo tanto tuvimos un consenso con los clientes y va a ser considerado como CTQ.

** Req O. Debe ser fabricado con los procesos de manufactura disponibles en las instalaciones y con los materiales que se tienen en el almacén.*

Este requerimiento a pesar de que fue evaluado bajo por el personal que operara el dispositivo, es un requerimiento MANDATORIO para el dispositivo ya que se fabricara dentro de las instalaciones. La razón de que lo evaluaron bajo es que solo contaban con 100 puntos para distribuirlos y le dieron mayor prioridad a la seguridad del operador.

Los requerimientos que no son seleccionados como CTQ's serán eliminados de la lista de requerimientos.

El requerimiento (Req Q) Debe ser de fácil mantenimiento, se eliminó porque se explico que mientras el dispositivo fuera resistente a las cargas impuestas y resistente a la corrosión seria intrínseca la durabilidad de este bajo condiciones de operación previamente identificadas.

1.D Identificación y evaluación de la competencia

La finalidad de estudiar los productos existentes, es crear un estado de atención a las características competitivas del producto y revelar oportunidades de mejora para incluir en el producto a concebir.

Se hace un estudio de un producto existente.

De acuerdo a una revisión por internet se tiene un producto existente que puede satisfacer la necesidad. El otro competidor es que se cargaran y trasladaran los perfiles de forma manual ,ósea utilizando trabajadores. Esta sería la Opción B y es suponiendo que el levantamiento y el traslado sería entre 2 personas.

Opción A ver la Fig. 1.2.:

"Lift beam Model # YCC 702-1"

Con mínima Capacidad de 20 toneladas (no hay modelo de menor capacidad).



Fig. 1.2 Viga de carga # YCC 702-1

La evaluación de este se hará en conjunto con los clientes

El ranking para evaluar a los competidores será :

- 1 - NO Cumple el requerimiento
- 2 - Cumple el requerimiento muy poco
- 3 - Cumple el requerimiento OK
- 4 - Cumple el requerimiento bien
- 5 - Cumple el requerimiento excelentemente.

Los resultados de la evaluación de los competidores fueron ingresados en la casa de la calidad. Ver sección de la derecha en la Fig. 1.3

Observaciones de los resultados:

En el ranking de los productos de la competencia hay varias áreas de oportunidad en el producto a concebir por ejemplo :

- Req.B Debe ser segura para los operadores.

El hacerlo manual (Opción B) no es segura para los operadores ya que se pueden lastimar al intentar levantar los pesados perfiles estructurales.

- Req.F Debe poderse adaptar con una grúa de encabezado del tipo U22 marca DEMAG®

La opción A queda fuera ya que necesitaría un adaptador especial. La opción B está completamente imposibilitada de cumplir este requerimiento.

- Req.G Debe mover los perfiles y tubería desde la zona de almacén a la zona de soldado y electro-plateado ~80 [m]

Para el personal cargar y trasladar 80 metros es muy demandante físicamente, por lo tanto no cumpliría este requerimiento.

- Req.J No debe dañar los perfiles a la hora de la manipulación de estos

Seguramente por el peso de los componentes alguno de los perfiles podría sufrir algún daño al usarse la opción B, la opción A necesita algo más para adaptarse con los perfiles porque si se hiciera un amarre con las cadenas seguramente dañaría los perfiles y tubería.

- Req.L Fácil desacoplamiento de los perfiles y tuberías para descansarlas en los sujetadores de soldadura y en la tina para electroplateado y/o pintura

La opción A salió con baja evaluación porque necesita un adaptador para los perfiles y tuberías si fuese el mismo amarre con las cadenas no sería sencillo desacoplar los perfiles del dispositivo.

- Req.T Asistirá en la inmersión de los tubos para electro plateado

No se garantiza la integridad de las cadenas a la hora de asistir en la inmersión de los perfiles dentro de la tina para electro-plateado, por lo tanto no cumple este requerimiento ni la opción A ni la B.

Todas estas fallas presentan interesantes áreas de oportunidad para el producto, algunas de las características que hicieron fuertes a las opciones se analizaran como fuentes de ideas para el dispositivo a concebir.

1.E Generación de las especificaciones de ingeniería.

En este paso la meta es generar las especificaciones de ingeniería en base a los requerimientos del cliente.

Se reformula el problema en términos de parámetros que puedan ser medidos y que se les pueda asignar valores objetivo.

Sin esta información será casi imposible saber si el sistema desarrollado va a satisfacer las expectativas del cliente.

Estas especificaciones son netamente una traducción de los requerimientos del cliente en un lenguaje que el ingeniero pueda entender, son características precisas y deben tener dimensiones.

Estas características de ingeniería dan una imagen de como sería el producto idealmente, y en pasos posteriores serán usadas como base para criterios de decisión sobre el diseño.

Al desarrollar las especificaciones de ingeniería hay que checar cuidadosamente que sustantivos han sido empleados en el requerimiento, pues cada sustantivo refiere a un objeto que es parte del producto o de su entorno.

En la casa de la calidad para el dispositivo se utilizan las unidades abajo de la especificación y adjuntas a estas vendrá un símbolo de ↑ o ↓ indicando el sentido de la especificación refiriendo a que si es más es mejor o si es menos es mejor.

Este paso tiene una gran tendencia a realizarse en paralelo con el paso 7 "Valores objetivo".

Especificaciones Ingenieriles del dispositivo de levantamiento y transporte de perfiles estructurales y tubería.

La mecánica del desarrollo de especificaciones de ingeniería será en base a un barrido de los requerimientos del cliente y se tendrá que generar por lo menos una especificación de ingeniería medible por cada requerimiento.

- Req.B Debe ser segura para los operadores

Para los clientes en especial los supervisores de tratamientos y soldaduras, que son los que van a usar el dispositivo y los que rankearon este requerimiento como primordial para ellos, el término seguro se refiere a que el operador no sea dañado de ninguna forma en la preparación, uso y conclusión del dispositivo.

Un posible daño por la manipulación del dispositivo puede ser los filos de los componentes metálicos, puede cortarse con los filos, por lo tanto estableceremos una especificación de "matar filos" .

- **Especificación 1. Matar filos(radios en aristas y esquinas [mm]).**

Se mataran los filos en todas las aristas y esquinas metálicas del dispositivo teniendo como mínimo 0.508[mm] de radio y máximo 0.762[mm].

- **Especificación 2. Traslación estable [m/min].**

Como el dispositivo va a ser adaptable con una grúa del tipo U22 de marca DEMAG, se consulto con el fabricante de la grúa y se especifica la mínima velocidad de translación segura para evitar una colisión del perfil con el operador y evitar un "columpeo" que pudiera causar algún accidente, ver la Fig. 1.4.

Model code

E	U	D	DC-Pro	10 -	1000	2/1	H5	V6/1,5	380 - 415 /	50	24/6	200	220 - 480
													Travel drive voltage range / voltage [V]
													Max. depth of trolley [mm]
													Travel speed [m/min]
													Frequency [Hz]
													Chain hoist voltage range [V]
													Hoist speed [m/min]
													2-steps = Main/creep lifting
													Stepless = VS at nominal load up to VS _{max} in the partial load range
													Hook path [m]
													Reeving
													Load capacity [kg]
													Size
													DC-Pro Demag chain hoist, 2-steps
													DC-ProDi Chain hoist 2-steps for direct control
													DC-ProFI Chain hoist stepless for control via an external frequency inverter
													DCS-Pro Chain hoist stepless
													DCMS-Pro Manlift stepless
													DCRS-Pro Rocker switch stepless
													DC-Com Chain hoist, 2-steps basic version
													D Articulated trolley (curve-negotiating)
													K Low headroom trolley
													U Standard-headroom monorail hoist
													11 Trolley size load capacity [kg * 100]
													22
													34
													56
													R Push-travel trolley
													E Travel drive
													C F 5 Click-Fit (push-travel trolley)

Fig. 1.4 Especificación de la velocidad de translación recomendada por el fabricante de la grúa.

Las siguientes especificaciones satisfacen los siguientes requerimientos:

- Req.C Debe ser de fácil adaptación a las diferentes geometrías de los perfiles: Canales, Vigas I, Tubería de Acero. perfiles y tubería de acero
- Req.D Debe ser de fácil adaptación a los diferentes tamaños de los perfiles.

➤ **Especificación Adaptación de geometría de la sección transversal de perfiles.**

La facilidad de adaptar los diferentes perfiles va en función directa con el número de componentes necesarios para adaptar, o también el número de operaciones para adaptar y el tiempo requerido para adaptar los perfiles. El diagrama de adaptación con los perfiles se muestra en la Fig. 1.5.

Entonces se tienen 3 subespecificaciones:

Esp. 3 Número de pasos para adaptar los diferentes perfiles (#pasos)

Esp. 4 Número de componentes para la adaptación (#pzas)

Esp. 5 Tiempo necesario para la adaptación (min)

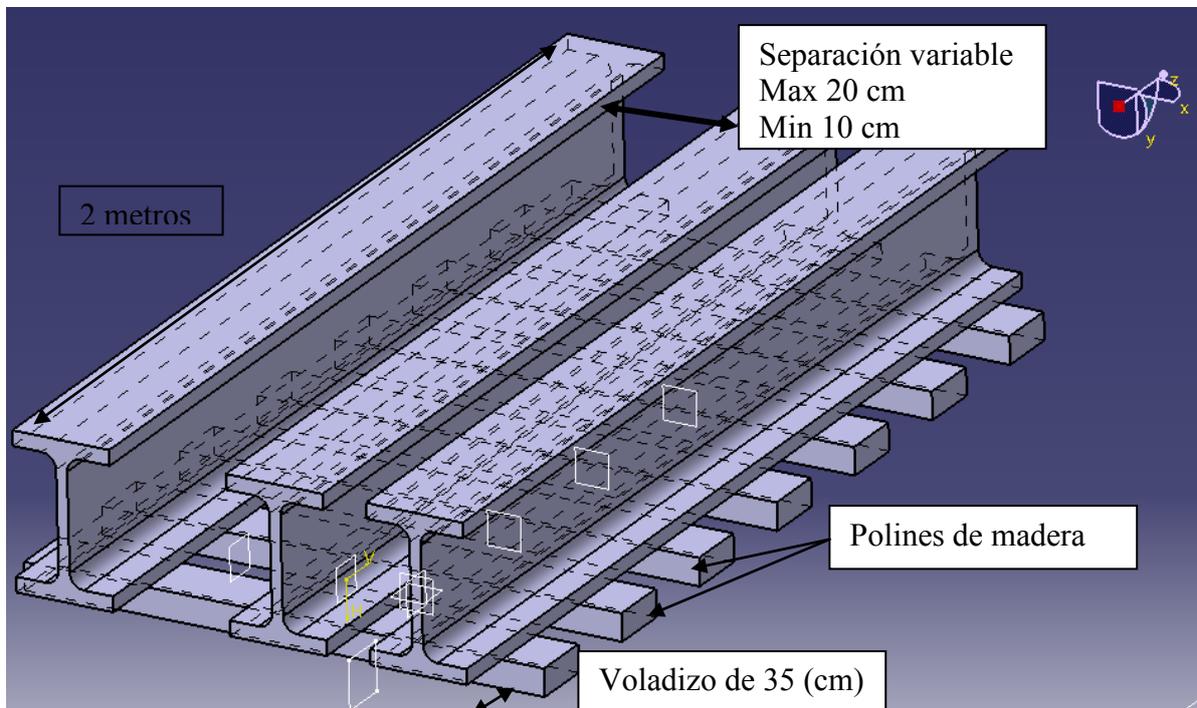


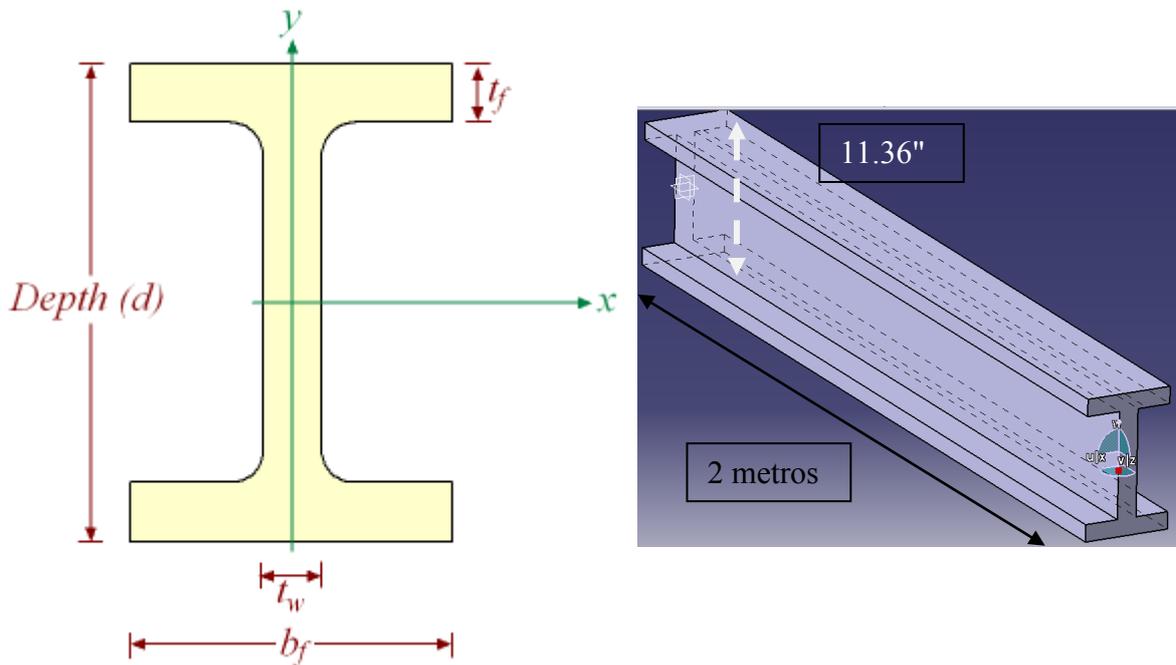
Fig. 1.5. Diagrama de adaptación con perfiles.
Los perfiles están descansando sobre polines de madera.

- o Req.E Debe ser resistente para poder soportar los pesos de los perfiles y tubos.

➤ **Especificación 6 Capacidad de carga del dispositivo [Kg_f].**

Peso del perfil más pesado:

El perfil más pesado que el dispositivo debe manipular es una Viga tipo "I" con sección **W [W10 X 112]** ("WIDE FLANGE I BEAM") con 2 metros de longitud como la mostrada en la Fig. 1.6.



in × lbf/ft	Área (in ²)	d (in)	b _f (in)	t _f (in)	t _w (in)	I _{xx} (in ⁴)	Z _{xx} (in ³)	k _{xx} (in)	I _{yy} (in ⁴)	Z _{yy} (in ³)	k _{yy} (in)
W10 × 112	32.9	11.36	10.415	1.250	0.755	716	126	4.66	236	45.3	2.68

Fig. 1.6 Especificaciones geométricas del perfil.

Considerando que el perfil tiene un peso de 112(lb_f) /ft

Sabiendo que: 1 [ft] = 0.3048 [m] y que l_{perfil} = 2[m].

Se tiene que:

$$112(\text{lb}_f) / \text{ft} * 2 [\text{m}] (\text{longitud del perfil}) * [1 \text{ ft} / 0.3048 \text{ m}] = 734.91[\text{lbf}]$$

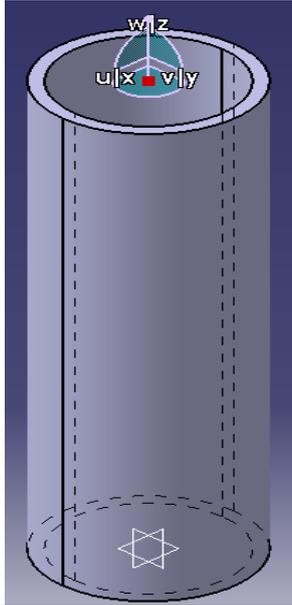
$$\text{En Kilogramos fuerza: } 734.91(\text{lbf}) * 0.45 (\text{kgf} / 1 \text{ lbf}) = \mathbf{330.7 [\text{kg}_f]}$$

Entonces la capacidad del dispositivo debe ser mayor a este valor.

Tubería de acero

El tubo más pesado que el dispositivo debe manipular es de 2.00 metros de longitud como se muestra en la tabla de la Fig. 1.7.

Diámetro Nominal NPS DN		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo	
Pulgadas in.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	Pulgadas (in.)	Milímetros (mm.)	Weight Class	Schedule	lb/pie	kg/m
8	200	8.625	219.1	0.188	4.78	-	-	16.94	25.26
				0.203	5.16	-	-	18.26	27.22
				0.219	5.56	-	-	19.66	29.28
				0.250	6.35	-	20	22.36	33.31
				0.277	7.04	-	30	24.70	36.81
				0.312	7.92	-	-	27.70	41.24
				0.322	8.18	STD	40	28.55	42.55
				0.344	8.74	-	-	30.42	45.34
				0.375	9.52	-	-	33.04	49.20
				0.406	10.31	-	60	35.64	53.08
				0.438	11.13	-	-	38.30	57.08
				0.500	12.70	XS	80	43.39	64.64
				0.594	15.09	-	100	50.95	75.92
				0.719	18.26	-	120	60.71	90.44
				0.812	20.62	-	140	67.76	100.92
				0.875	22.22	XXS	-	72.42	107.88
0.906	23.01	-	160	74.69	111.27				
				0.188	4.78	-	-	21.21	31.62
				0.203	5.16	-	-	22.87	34.08
				0.219	5.56	-	-	24.63	36.67
				0.250	6.35	-	20	28.04	41.75
				0.279	7.09	-	-	31.20	46.49
				0.307	7.80	-	30	34.24	51.01



$\varnothing_{ext} = 8''$
 Longitud = 2.25 m
 Espesor = 3/8''

Fig. 1.7 Especificaciones para la tubería.

De acuerdo a la tabla obtenida del proveedor de tubería a SEE.

El peso unitario es 49.20(kg/m)

La longitud máxima de tubo que el dispositivo debe manejar es de 2 metros.

Por lo tanto el peso máximo del tubo es de :

$$49.20(\text{kg/m}) * 2 (\text{m}) = \mathbf{98.4 [\text{kg}_f]}$$

Entonces la capacidad del dispositivo debe ser mayor a este valor.

- Req.F Debe poderse adaptar con una grúa de encabezado del tipo U22 marca DEMAG®
- **Especificación 7 Número de piezas para adaptar el dispositivo con la grúa de encabezado [#Pzas].**

El número ideal sería de cero, ósea que no necesitara ningún adaptador el dispositivo.

- Req.G Debe mover los perfiles y tubería desde la zona de almacén a la zona de soldado y electroplateado ~80 (m)

Este requerimiento tal y como lo formuló el cliente ya contiene la información necesaria para ser una especificación la ubicación de las zonas de soldado y electro-plateado se muestra en la Fig. 1.8.

- **Especificación 8 Distancia de traslado de perfiles [m] y altura de traslado [m].**

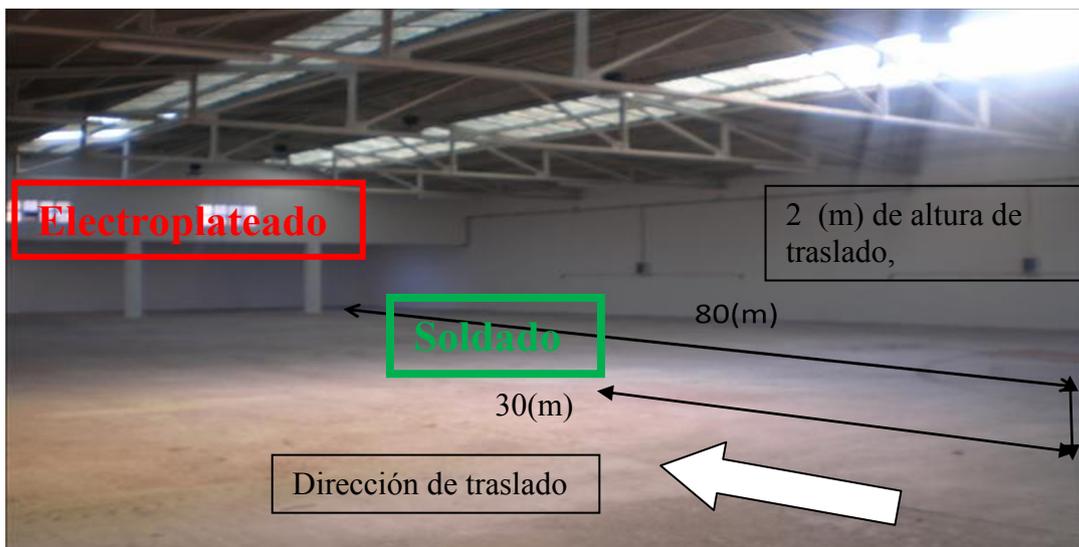


Fig. 1.8 Ubicación zonas electro-plateado y soldado.

Lo deseable es que la altura de traslado fuera 2[m] para evitar colisiones con el operador y con otros estantes con materias primas, no se le puede dar más altura para ahorrar tiempo en el proceso de traslado.

Para la estación de soldado solo va a recorrer 30 metros sobre el riel principal de traslado y para la estación de electro plateado recorrerá 80 metros.

- Req.H Que esté siempre dentro del rango de control de la grúa, esto incluye el peso manipulable por la grúa.

➤ **Especificación 9 Peso total de carga sobre la grúa [Kg_f].**

La capacidad de la grúa no debe ser rebasada incluyendo tanto el peso de los perfiles como el peso del dispositivo mismo.

La capacidad de la grúa de encabezado es de 2.2 (ton) = 2200 (kg_f), este valor no debe ser rebasado por el peso total combinado del dispositivo más el peso del perfil más pesado que es de 330.7 (kg_f)

Considerando un factor de seguridad de 2 para la grúa, se tiene que:

La capacidad segura de la grúa es de:

$$2200(\text{Kg}_f) / 2 = \mathbf{1,100 (\text{kg}_f)}$$

Por lo tanto este es el valor objetivo para esta especificación.

- Req.I Debe garantizar un ascenso y un descenso estable.

➤ **Especificación 10 Velocidad de Ascenso y Descenso de los perfiles y tubería [m/min].**

La velocidad de ascenso y descenso depende enteramente de la grúa y al ser muy pequeña para esta aplicación no causa problema ya que es de muy corta magnitud como para generar un riesgo en el operador.

Sin embargo, se sugiere para el valor objetivo de velocidad para un descenso y ascenso estable, lo siguiente:

$$26 (\text{ft}/\text{min}) = 26(\text{ft}/\text{min}) * 0.3048(\text{m}/1\text{ft}) = 7.92 (\text{m}/\text{min})$$

Aunque esto depende plenamente del objeto que se va a levantar y por lo tanto para el dispositivo se hace un poco excesiva esta velocidad, por lo cual se define el rango bajo de velocidad de subida para la grúa que es de 2(m/min).

- Req.J No debe dañar los perfiles a la hora de la manipulación de estos

➤ **Especificación 11 Número de defectos[#].**

Esta especificación se refiere al número de ralladuras o grietas superficiales creadas por la manipulación de los perfiles, detectables a simple vista.

Un valor objetivo para esta especificación es de "cero", no se pueden aceptar defectos en los perfiles o tubería por manipulación dentro de las instalaciones. Durante la recepción de los perfiles desde el proveedor, los perfiles y tubería pasaron por una prueba de inspección por partículas magnéticas y/o líquidos penetrantes, por lo tanto cualquier defecto encontrado en los procedimientos de inspección final puede ser atribuido a la manipulación de los componentes.

- Req.K Descenso seguro y fácil sobre las estaciones de soldado y electroplateado y pintura.

➤ **Especificación 12 Tiempo de descenso [min].**

El descenso se inicia desde la llegada a la estación de soldado o electroplateado.

El tiempo tomado en cuenta no debe ser solo el tiempo de bajada de la grúa porque este ya está determinado por la mínima velocidad de descenso (ver especificación 10), el tiempo que se toma en cuenta es el tiempo para la colocación final, sea en la jaula de inmersión de la tina de electroplateado o el tiempo para descender la tubería completamente sobre el sujetador de soldado.

Si el tiempo de descenso es muy grande puede entonces implicar problemas de interferencia o que hay un problema con el descenso por el motor de la grúa de encabezado.

Un valor objetivo para ésta especificación es que fuera inferior a los 10 minutos. De acuerdo a una escala de razón de producción aceptable.

Pero si el dispositivo va asistir en la inmersión y como sujetador durante la inmersión probablemente el tiempo en este proceso sea superior a las 8 hrs que es aproximadamente el tiempo que toma el electro-plateado.

- Req.L Fácil desacoplamiento de los perfiles y tuberías para descansarlas en los sujetadores de soldadura y en la tina para electroplateado y/o pintura

Para esta especificación son las especificaciones inversas de las especificaciones 3,4,5.

- **Esp 13 Número de pasos para desacoplar los diferentes perfiles [#pasos].**
- **Esp 14 Numero de herramientas para el desacoplo [#htas].**
- **Esp 15 Tiempo necesario para el desacoplo [min].**
 - Req.M Debe ser de diseño sencillo con el mínimo número de piezas.

Este requerimiento tal y como lo formuló el cliente, ya contiene la información necesaria para una especificación.

- **Especificación 16 Número de componentes del dispositivo[#comps].**

Un valor ideal para esta especificación es que sea inferior a 10, para ser considerada como "diseño sencillo" ,pero hay que tener cuidado ya que si se tiene un dispositivo con el mínimo número de componentes, puede ser que el componente mismo sea complejo para poderse fabricar.

- Req.N No debe oxidarse

- **Especificación 17 Durabilidad Corrosión Galvánica [min/año]**

Como se vio en la sección de requerimientos se descartó el requerimiento de durabilidad de 15 años ya que está implícito con este requerimiento de resistencia a la corrosión.

Para medir el que no deba oxidarse se fija esta medida, como la pérdida de peso del dispositivo al transcurrir el tiempo, para poder observar una corrosión importante debe pasar mucho tiempo (años), para nuestro dispositivo se puede fijar el valor objetivo de 0 (gr_f) en 15 años, y ese estaría dentro del rango definido por estándares de la industria, pero desafortunadamente un valor así de estrecho requerirá un monitoreo del peso del dispositivo constante.

Según estos estándares de la industria(_{ref. 9}) una razón de corrosión aceptable es de 0-2.0 [mili in / año].

- Req.O Debe ser fabricado con los procesos de manufactura disponibles en las instalaciones y con los materiales que se tienen en el almacén.

➤ **Especificación 18 Procesos de fabricación fuera de las facilidades [#].**

Esta especificación puede quedar definida como el número de procesos necesarios para la fabricación fuera de las instalaciones, un valor objetivo para esta especificación es "cero".

- Req.P Debe ser de fácil fabricación, requiriendo mínimas operaciones de maquinado

➤ **Especificación 19 Procesos de maquinado requeridos para la fabricación del dispositivo [#].**

Esta especificación queda definida como el número de maquinados necesarios para la fabricación del dispositivo, un valor Objetivo para esta especificación es "cero".

- Req.R El costo de fabricación debe ser bajo

El costo de fabricación es bajo si se utiliza el mínimo número de componentes para el diseño, que sea fabricado dentro de las instalaciones y que tenga las mínimas operaciones de maquinados por lo tanto para este requerimiento se consideran las **especificaciones 19, 18, 16.**

- Req. S Debe usar el mínimo personal para el levantamiento y traslado de los componentes.

➤ **Especificación 20 Personal empleado para el uso del dispositivo [#].**

Mientras menor sea el uso del personal mejor se cumple este requerimiento, por lo tanto un valor objetivo para esta especificación es de una persona por dispositivo.

- Req.T Asistirá en la inmersión de los tubos para electro plateado

➤ **Especificación 21 Ajuste con área proyectada [m²]**

➤ **Especificación 22 Profundidad de inmersión [in]**

Para este requerimiento se definen 2 importantes especificaciones: Primero el área proyectada de la porción sumergible del dispositivo, si el dispositivo no entra libre en el área definida por la superficie libre del electrolito (Fig. 1.9) implica que hay muchos problemas de interferencias, entonces no podrá adaptarse a las estaciones de electro-plateado y no podrá asistir en la inmersión de los tubos. Un valor objetivo para esta especificación es que el área proyectada de la porción sumergible no rebase 11 (m²) y que el ancho no rebase 1 (m) tal y como se muestra en la figura 1.9.

Para la profundidad de inmersión, el perfil /tubería debe sumergirse por lo menos hasta descansar con los sujetadores de la tina de electroplateado que están a 0.5 metros de profundidad y a 1.25 metros.

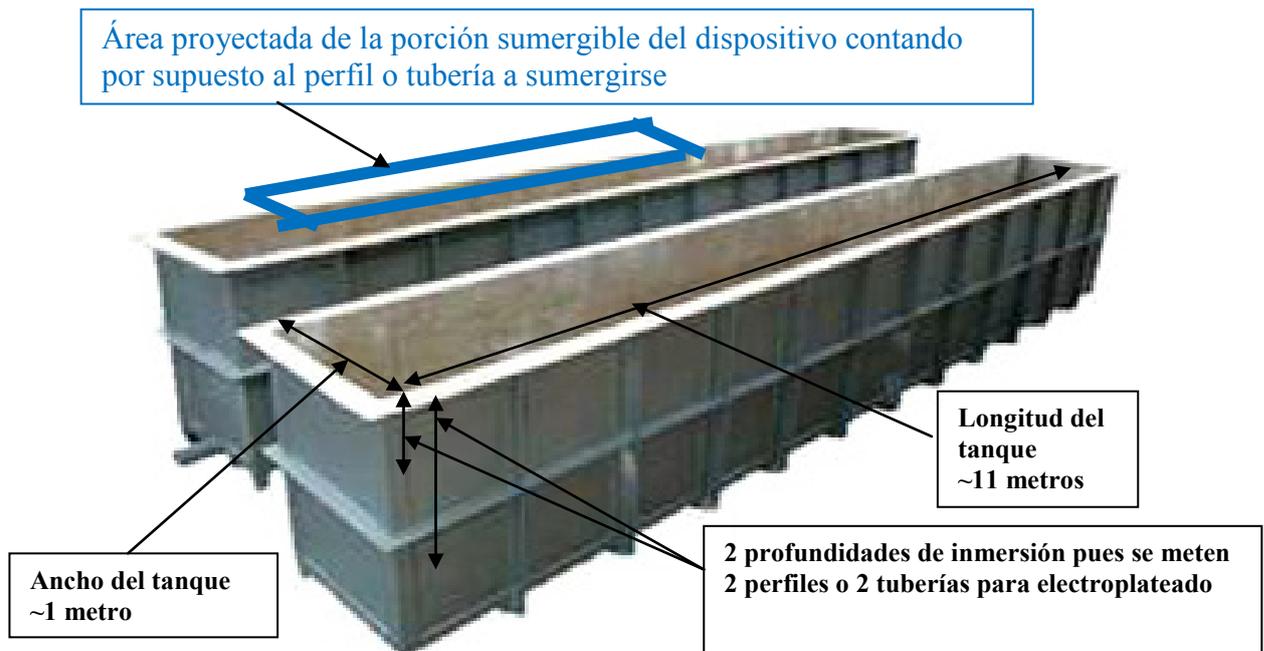


Fig. 1.9 Medidas importantes en la zona de electro-plateado.

- Req.U Debe asistir en la sujeción de los tubos a unirse pero solo para aplicar un "punto de soldadura".

➤ **Especificación 23 Altura de sujeción para soldado [in]**

Para poder asistir en este proceso, el dispositivo debe respetar una altura de 20 [in], dejando una tolerancia de +5 [in], por lo tanto el valor objetivo para esta especificación es de 25 [in], tal y como se muestra en la figura 1.10.

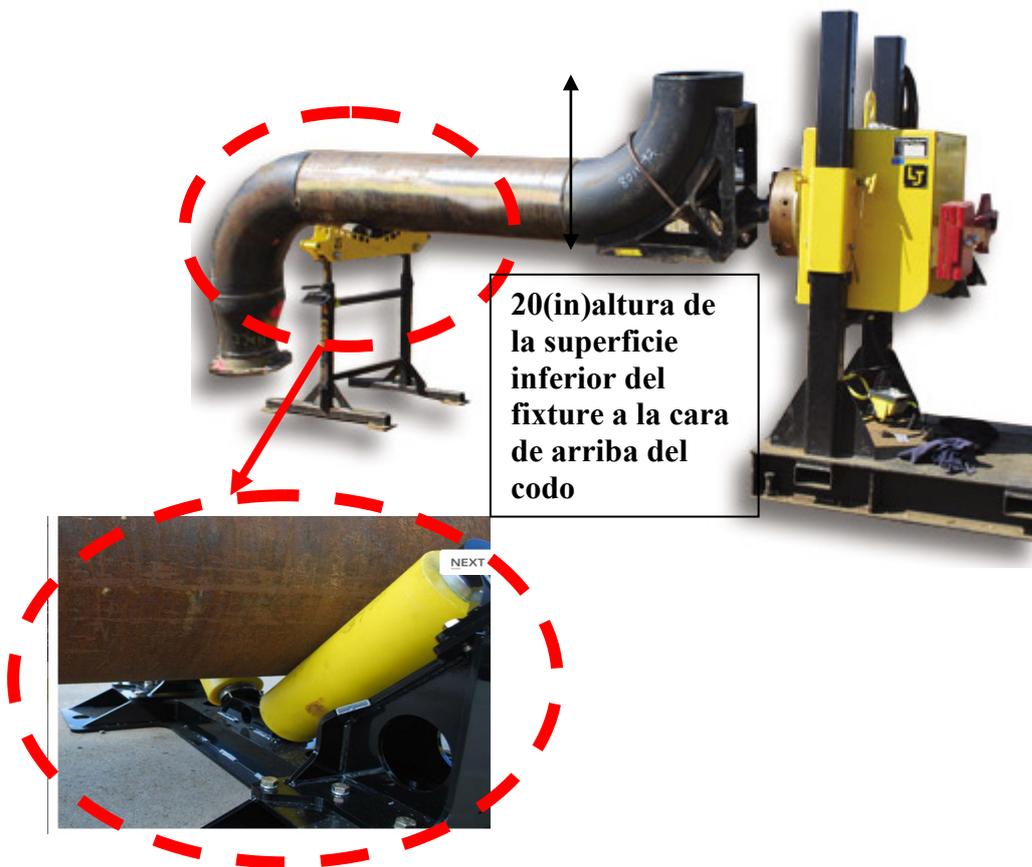


Fig. 1.10 Medidas importantes en la interface con la zona de soldado.

1.F Paso 6 Relación de los requerimientos del cliente respecto a las especificaciones de ingeniería.

En esta etapa se completa la parte central de la casa de la calidad, cada celda de esta zona representa, cómo se relaciona una especificación de ingeniería con un requerimiento del cliente.

Muchas de las especificaciones medirán más de un requerimiento del cliente.

La intensidad de esta relación puede variar con algunas especificaciones de ingeniería, dando una fuerte relación entre la especificación y el requerimiento, y en otros casos, que no haya medida ósea, ninguna relación con la especificación de ingeniería.

Esta intensidad de relación puede medirse mediante la siguiente escala:

▲ = 9, Intensidad de relación FUERTE

▶ = 3, Intensidad de relación MEDIA

▼ = 1, Intensidad de relación DEBIL

= 0, SIN RELACION(espacio en blanco)

Estos valores 0-1-3-9 estos valores son usados para reflejar el dominio de las relaciones fuertes.

En la figura 1.11 se muestran algunos resultados aplicados a nuestro caso.

Requerimientos del Cliente	ENG para el depto de ingeniería		MFG para depto soldadura y tratamientos																						
			Matar fibras (radio en aristas y esquinas (m))	Trasición estable (min/m)	Numero de pasos para adaptar los diferentes perfiles (#pasos)	Numero de componentes para la adaptación (#pasos)	Tiempo necesario para la adaptación (s)	Capacidad de carga del dispositivo (Kg/ftz)	Numero de piezas para adaptar el dispositivo con la grua de encajado (#pzas)	Distancia de traslado de perfiles (m) y altura de traslado(m)	Peso total de carga sobre la grua(Kgftz)	Capacidad de Ascenso y Descenso de los perfiles y tubería (min/m)	Numero de defectos en perfil	Tiempo de descenso (min)	Numero de pasos para desajalar los diferentes perfiles (#pasos)	Numero de herramientas para el desacople (#pzas)	Tiempo necesario para el desacople (s)	Numero de componentes del dispositivo (#comp)	Dureabilidad Corrosion galvanica (min/año)	Procesos de fabricación fuera de las facilidades (#)	Procesos de maquinado requeridos para la fabricación del dispositivo (#)	Personal empleado para el uso del dispositivo (#)	Fit con ana proyectada (#2)	Profundidad de Inmersión (in)	Altura de sujeción para soldado (in)
Req B Debe ser segura para los operadores	3	10	▲	▲	▶	▶	▶	▲	▶	▲	▲	▲	▼	▶	▶	▶	▶	▶	▼	▼		▶	▶		▶
Req C Debe ser de fácil adaptación a las diferentes geometrías de los perfiles: Canales, Vigas, Tubería de Acero, perfiles y tubería de acero	5	6	▶		▲	▲	▲	▼				▼	▶	▲	▼	▶	▶	▶	▲	▲	▼		▲		▶
Req D Debe ser de fácil adaptación a los diferentes tamaños de los perfiles.	4	5	▶	▲	▲	▲	▼				▼	▶	▲	▼	▶	▶	▶	▶	▲	▲	▼	▼		▲	▶
Req E Debe ser resistente para poder soportar los pesos de los perfiles y tubos.	7	6		▼			▲	▲	▲	▲	▲	▼	▲	▶				▲	▲	▲	▲				▶

Fig. 1.11 Relación de las especificaciones de ingeniería respecto de los requerimientos del cliente.

1.G Paso 7 Valores objetivos de las especificaciones de ingeniería.

En este paso se construye lo que sería el sótano de la casa de la calidad, se fijan los objetivos y se establece que tan importante es cumplirlos.

Entonces este paso consiste de 2 etapas:

a) Importancia de la especificación

Si un valor objetivo o meta es importante, entonces se tiene que hacer todo lo necesario para cumplirlo, si no es tan importante, entonces se puede relajar.

El método para determinar la importancia sería de la siguiente forma:

- a.1) Sumar el producto de toda la columna de importancia relativa que le da el cliente al requerimiento, por el valor de la intensidad de relación obtenida en el paso 6.
- a.2) Normalizar el valor obtenido en el anterior paso, mediante una división de este valor entre la suma total de las especificaciones, y así con esto obtenemos el valor de importancia en porcentaje para esta especificación según ambos puntos de vista de ambos clientes.

Para los 2 puntos de vista de los clientes (Ingeniería y manufactura) el porcentaje de importancia de cada especificación se presentan en la figura 1.13.

UNIDADES DE LAS ESPECIFICACIONES DE INGENIERIA		Rad(in)	(m/min)	#pasos
Valores objetivo		.02-.030	4-6	3
SUMAS DE LAS ESPECIFICACIONES		39	45	80
IMPORTANCIA RELATVA ING.		171	221	424
IMPORTANCIA RELATVA MF		171	251	313
NORMALIZANDO VALORES DE IMPORTANCIA ING (%)		10.86%	14.04%	26.94%
NORMALIZANDO VALORES DE IMPORTANCIA MF (%)		10.86%	15.95%	19.89%
PROMEDIO		10.86%	14.99%	23.41%

Fig. 1.12 Importancias relativas de clientes de ingeniería y manufactura.

b) Fijar los valores objetivo para las especificaciones.

➤ **Especificación 1. Matar filos(radios en aristas y esquinas [in])**

OBJETIVO = Se mataran los filos en todas las aristas y esquinas metálicas del dispositivo **teniendo como mínimo 0.020[in] de radio y máximo 0.030[in].**

➤ **Especificación 2. Traslación estable [m/min]**

OBJETIVO = entre 4 y 6 m/min (Recomendación del fabricante de la grúa.)

➤ **Especificación 3. Numero de pasos para adaptar los diferentes perfiles [#pasos]**

OBJETIVO = máximo 3 pasos

➤ **Especificación 4. Número de componentes para la adaptación [#pzas]**

OBJETIVO = deseable un solo componente.

➤ **Especificación 5. Tiempo necesario para la adaptación [min]**

OBJETIVO = 10 minutos Max

➤ **Especificación 6. Capacidad de carga del dispositivo [Kgf]**

OBJETIVO = 363.77(kgf).

➤ **Especificación 7. Numero de piezas para adaptar el dispositivo con la grúa de encabezado [#Pzas]**

OBJETIVO = Ideal "0" pero implicaría que el gancho de la grúa fuera integro con algún componente del dispositivo, como esto no es posible de forma fácil, y costeable ,se fija a **1 componente como máximo** para la adaptación del dispositivo con la grúa.

- **Especificación 8. Distancia de traslado de perfiles [m] y altura de traslado [m]**

OBJETIVOS = 2 [m] de altura de traslado para la estación de soldadura y el mismo valor para la estación de electroplateado.

Y en cuanto a la distancia es **de 80 [m]** para llegar a la estación de **electroplateado** y **30 metros** para la estación de **soldado**.

- **Especificación 9 Peso total de carga sobre la grúa [Kgfza]**

OBJETIVO = La capacidad de la grúa de encabezado es de 2.2 ton=2200(kgfza).

Considerando un factor de seguridad de 2 para la grúa.

entonces tenemos que la capacidad segura de la grúa es:

$2200 / 2 = 1,100$ (kgfza) por lo tanto este es el valor Objetivo para esta especificación

- **Especificación 10. Velocidad de Ascenso y Descenso de los perfiles y tubería [m/min].**

OBJETIVO = 2 [m/min] de velocidad para un descenso y ascenso estable.

La mínima velocidad recomendada por el fabricante es de:
 $26 \text{ (ft/min)} = 26 \text{ (ft/min)} * 0.3048 \text{ (m/1ft)} = 7.92 \text{ (m/min)}$

Aunque esto depende plenamente del objeto que se va a levantar y por lo tanto para nuestro dispositivo se hace un poco excesiva esta velocidad, por lo cual se define **el rango bajo de velocidad de subida para la grúa que es de 2 [m/min].**

- **Especificación 11 Número de defectos [#]**

OBJETIVO = Cero defectos.

➤ **Especificación 12 Tiempo de descenso [min]**

OBJETIVO < 10 minutos, de acuerdo a una escala de razón de producción aceptable.

Pero si el dispositivo va asistir en la inmersión y como sujetador durante la inmersión probablemente el tiempo en este proceso sea superior a las **8 hrs** que es aproximadamente el tiempo que tome el electroplateado.

➤ **Especificación 13. Número de pasos para desacoplar los diferentes perfiles [#pasos]**

OBJETIVO = máximo 3 pasos

➤ **Especificación 14. Número de herramientas para el desacoplamiento [#htas]**

OBJETIVO = 1 herramienta seria el limite tolerable ,un desarmador, este objetivo queda sujeto al método de unión de los componentes utilizados para acoplar los perfiles al dispositivo.

➤ **Especificación 15. Tiempo necesario para el desacoplamiento [min].**

OBJETIVO = 10 minutos Máximo.

➤ **Especificación 16 Número de componentes del dispositivo [#comps]**

OBJETIVO < 10 , teniendo especial cuidado ya que si se tiene un dispositivo con el mínimo número de componentes ,puede ser que el componente mismo sea complejo para poderse fabricar.

➤ **Especificación 17 -Durabilidad Corrosión Galvánica(min/año)-**

OBJETIVO = 0 gr en 15 años, que es un rango definido por estándares de la industria, pero, requiere un monitoreo del peso del dispositivo constante, con un consecuente impacto en el costo de mantenimiento.

Según los estándares de la industria⁽⁶⁾ una razón de corrosión aceptable es de **0-2.0 [m inches / year]** .

- **Especificación 18. Procesos de fabricación fuera de las facilidades [#].**

OBJETIVO = "cero", Es decir que todos los componentes del dispositivo y su ensamble se harán dentro de las instalaciones.

- **Especificación 19. Procesos de maquinado requeridos para la fabricación del dispositivo[#].**

OBJETIVO = "cero", Es decir que todos los componentes del dispositivo se usen como fueron retraídos del almacén.

- **Especificación 20. Personal empleado para el uso del dispositivo[#].**

OBJETIVO = Un operador por dispositivo.

- **Especificación 21. Paso libre sobre el área proyectada [m²].**

OBJETIVO = El área proyectada de porción sumergible no debe rebasar **11m²** y que el ancho no rebase **1 metro (ver figura de referencia 1.9.)**

- **Especificación 22. Profundidad de inmersión[in].**

OBJETIVO = Para la profundidad de inmersión el perfil /tubería debe sumergirse por lo menos hasta descansar con los sujetadores de la tina de electroplateado que están a **0.5 metros de profundidad y a 1.25 metros.**

- **Especificación 23. Altura de sujeción para soldado [in].**

OBJETIVO = 25[in]. Por definición en la zona de interacción, presentada en la figura 1.10.

1.H Paso 8 Dependencias entre especificaciones de ingeniería.

Las especificaciones de ingeniería pueden tener dependencias entre ellas mismas.

Las dependencias se sitúan en el techo de la casa de la calidad y muestran que mientras se trabaje para lograr cierta especificación se podrá tener un efecto positivo o negativo en otra especificación.

Si dos especificaciones son dependientes, entonces un símbolo se pondrá en la intersección entre estas.

El método más sencillo de medir las dependencias es usar:

"+" para denotar que mientras más concentres esfuerzos en lograr una especificación tendrás un efecto positivo en la otra, ósea que también mejoras la otra especificación.

"-" para denotar que mientras te esfuerces en cumplir una especificación, tendrás un efecto deteriorante en la otra especificación dependiente.

Algunas guías para el desarrollo de este paso son:

- Idealmente, todas las especificaciones deben ser independientes, pero en realidad cuando se mejora algo probablemente se mejora indirectamente otra cosa o se lastima indirectamente. Estas relaciones sirven como guías para identificar las posibles "negociaciones entre especificaciones".
- Si el techo de la casa de calidad, está completamente lleno, implica que todas las especificaciones son dependientes, y por lo tanto, se tendrían que redefinir las especificaciones.
- Si la relación no está clara, significa que al menos una de las especificaciones no está siendo clara.

CAPITULO 2.- DISEÑO CONCEPTUAL

En el capítulo anterior se definió el problema en términos de requerimientos del cliente y especificaciones de ingeniería, ahora, con dicha información se trabaja en la etapa de generación de conceptos que lleven a un producto que cumpla con lo requerido por la empresa.

Para el diseño del prototipo se propone trabajar con técnicas para asistir en la descomposición funcional y en la generación de variantes conceptuales.

La descomposición funcional asiste en refinar los requerimientos funcionales y la técnica de generación de variantes conceptuales asiste en transformar estas funciones identificadas en conceptos.

Una vez que la función ha sido totalmente comprendida, entonces se trabaja en la generación de conceptos tomando en cuenta que son los medios para proveer la función.

Los conceptos pueden ser representados como bosquejos, fórmulas, diagramas, lo importante es que den idea de cómo se logrará la función.

El método de evaluación es por medio de una matriz de decisión en donde los conceptos serán evaluados contra los requerimientos del cliente y se seleccionará el mejor concepto el cual será refinado hacia un producto.

2.A Establecimiento de las estructuras funcionales

En esta etapa se busca descomponer el problema en términos de flujos de energía, material e información, mediante éstos se tendrá un entendimiento detallado de que es lo que debe hacer el producto a concebirse.

1. Función total del sistema de levantamiento.

La meta aquí es generar un enunciado sencillo que describa la función total del dispositivo de levantamiento basada en los requerimientos del cliente.

La función principal del dispositivo de levantamiento es levantar y trasladar perfiles estructurales y tubos para descenderlos en la estación de electro-plateado, también levantar y trasladar tubos para descenderlos en la estación de soldado. En la Fig. 2.1 se muestra el diagrama de caja negra mostrando las entradas y salidas del problema a resolver.



Fig. 2.1 Diagrama de caja negra

Simplificando se tiene que la función principal es:

MOVER PERFILES Y TUBERIA HACIA ESTACIONES DE SOLDADO Y ELECTRO-PLATEADO

2. Descripción de Sub Funciones del dispositivo

Aquí se busca propiamente descomponer la función principal del dispositivo de levantamiento.

La función principal de mover puede ser descompuesta en 3 funciones críticas : LEVANTAR, TRASLADAR, DESCENDER Y SOSTENER(FUNCION SOLO PARA SOLDADO DE LOS TUBOS). En la figura 2.3, se muestra un siguiente nivel de la caja negra.

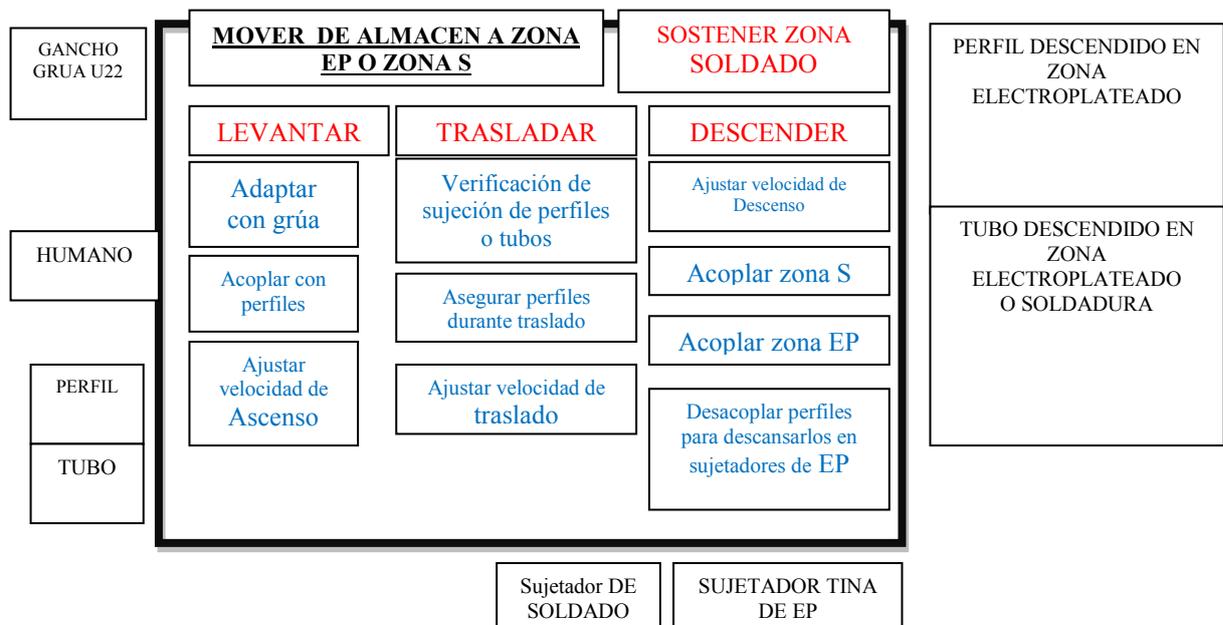


E-Zona Electro plateado, S-Zona Soldado. color rojo funciones criticas para la función principal

Fig. 2.2 Nivel 1 de la descripción de la caja negra.

3. Ordenar las Subfunciones y refinar las subfunciones

La meta en este paso es ordenar las subfunciones que se identificaron en el paso anterior y refinarlas hasta obtener funciones indivisibles. Tal y como se muestra en la Fig. 2.3.



EP-Zona Electro plateado, S-Zona Soldado. Color rojo funciones críticas para la función principal, Color azul funciones secundarias necesarias para obtener la función crítica.

Fig. 2.3 Nivel 2 de la descripción de la caja negra.

Interfaces e interacciones(flujos):

- Gancho grúa U22: entre el dispositivo y éste, hay interacción de fuerzas solamente.
- Humano: El humano provee de control al sistema y asiste en las operaciones de preparación, adaptación con grúa y acoplamiento con perfiles, entonces los flujos de éste con el sistema son de fuerzas, e información.
- Perfil /tubo: son flujos de material dentro del sistema, el cual los almacena hasta la zona donde serán descendidos.
- Sujetador de soldado: Es un flujo de material con el sistema, se va a transferir material desde el sistema al sujetador de soldado (solo tubos).
- Tina de electro-plateado: tiene interacciones de flujo de material con el sistema, el cual transfiere material desde éste hasta la tina de electro plateado.

En este paso se modifica el diagrama funcional incluyendo todos los objetos con los que se hace interface y también considerando todos los flujos de energía, materiales e información con los que cada objeto interactúa.

Para el caso del dispositivo de levantamiento se tienen dos situaciones; ya que el dispositivo manipula dos componentes, perfiles y tubería de acero, por lo tanto se construirá un diagrama funcional para cada uno.

Adicionalmente el dispositivo acoplará la tubería con dos tipos de estaciones: la de soldado y la de electro-plateado, por lo tanto para los tubos se tendrán dos diferentes diagramas funcionales.

Nota : La función de acoplamiento incluye el aseguramiento del componente a levantar.

En total serán tres diagramas funcionales, los cuales son representados por las Figs. 2.4, 2.5 y 2.6.

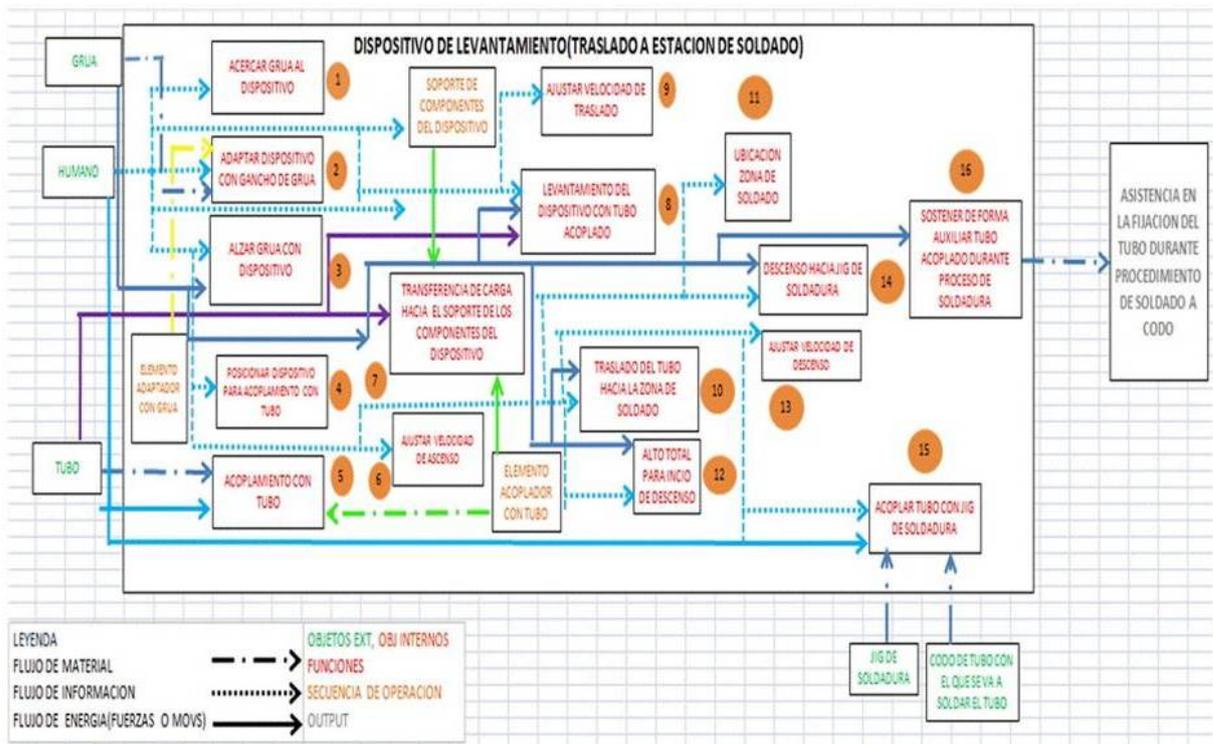


Fig. 2.4 DIAGRAMA PARA INTERACCION TUBO - ESTACION DE SOLDADO.

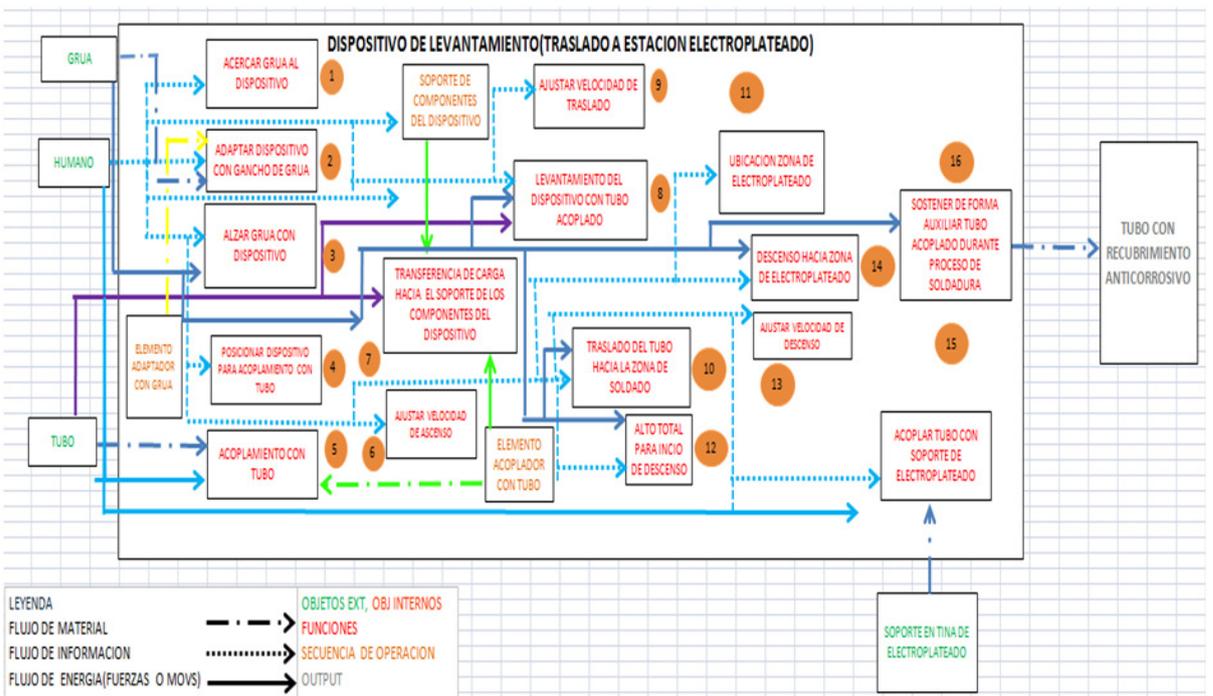


Fig. 2.5 DIAGRAMA INTERACCION TUBO - ESTACION ELECTROPLATEADO.

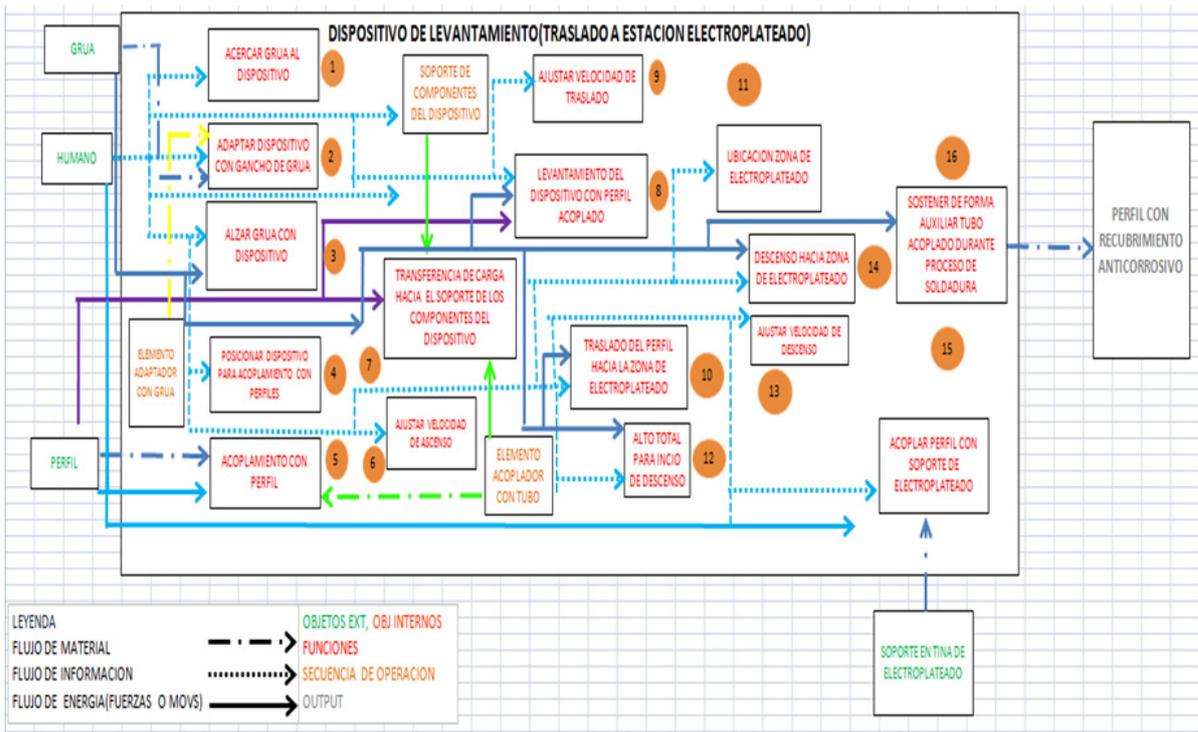


Fig. 2.6 DIAGRAMA INTERACCION PERFIL-ESTACION ELECTROPLATEADO.

2.B Generación de Conceptos

Se propone realizar una búsqueda de patentes como una de las fuentes de ideas para el proceso de lluvia de ideas y así obtener la mayor cantidad de formas posibles para realizar cada función identificada en la estructura funcional.

Es posible que algunas funciones no se toman en cuenta porque la forma de realizar la función dependen completamente de la grúa y por lo tanto ya están definidas.

Función "Adaptar Dispositivo con Gancho de grúa".

Las formas para realizar esta función deben considerar: un intercambio de fuerzas entre el gancho de la grúa y el componente interface en el dispositivo, también un flujo de material hacia el dispositivo.

Lograr esta función puede ser mediante el uso de una cadena o un "aro" o inclusive una herradura o "argolla" o un perno en forma de "u" o un perno de ojo "tornillo de ojo" o un "gancho-argolla" tal y como se puede ver en las casillas correspondientes en la Carta morfológica mostrada en la Fig. 2.7.

Función "Acoplamiento del dispositivo con perfiles o tubería".

Para esta función se generaran conceptos con base en el componente que se va a manipular si son tubos o si son perfiles, puesto que no se pueden manipular ambos al mismo tiempo. Por lo tanto, las casillas escritas de color verde dentro de la carta morfológica serán mutuamente excluyentes.

Función "Acoplamiento(aseguramiento de la carga) del Dispositivo con los perfiles o tubos".

Esta función se puede realizar mediante una cadena con aros enrollada en el perfil, o también con tenazas o eslingas o con una estructura soldada o usando fuerzas magnéticas y fuerzas de vacío.

Función "Soporte y función de transferencia de carga".

La función de soporte y la función de transferencia de carga entre los elementos de acoplamiento serán realizadas por una de las opciones descritas en la carta morfológica

Funciones "Levantamiento, traslado y descenso".

Serán realizadas por la grúa, por lo tanto se omiten de la búsqueda de conceptos para esta función.

Generación de los conceptos a partir de la morfología:

Teniendo ya las formas para las diferentes funciones del dispositivo se procede a generar los diferentes conceptos, definiendo un concepto por cada función. La mecánica de realizar este proceso es ir seleccionando en diagonal cada forma por cada función para así crear un concepto. En la figura 2.7 se muestra una primera propuesta conceptual del dispositivo.

Funciones	Conceptos											
Levantamiento												
Traslado												
Descenso												
Estabilización												
Control de posición												
Seguridad												
Almacenamiento												

Fig. 2.7 Carta morfológica.

Concepto 1 (Sistema de levantamiento de perfiles):

Las formas de realización de función para este concepto se ilustran en la figura 2.8.

Este concepto usa una conexión de aro con el gancho de la grúa, el elemento acoplador con los perfiles son eslingas, el cuerpo del dispositivo sería una viga en forma de tubo cuadrado y la forma de transferir la carga al cuerpo del dispositivo es por medio de una placa y una argolla, para el balanceo de la carga se usan 2 puntos de izaje equidistantes del centro de levantamiento.

<p>ADAPTAR EL GANCHO DE LA GRUA CON DISPOSITIVO</p>	<p>Aro</p> 
<p>ACOPLAMIENTO DEL DISPOSITIVO CON LOS PERFILES</p>	<p>Slingas</p> 
<p>Transferencia de la carga hacia el cuerpo del dispositivo</p>	<p>Shackle y placa</p> 
<p>Soporte de los componentes del dispositivo</p>	<p>Tubo cuadrado transversal</p> 
<p>Balanceo de la carga</p>	<p>puntos de levantamiento a distancia variable</p> 

Fig. 2.8 Concepto 1.

Concepto 2:

Este concepto es ilustrado en la fig. 2.9.

Este concepto usa una conexión de gancho con el gancho de la grúa, el elemento acoplador con los perfiles es por medio de tenazas que sujetan los patines del perfil, el cuerpo del dispositivo sería una viga perfil I y la forma de transferir la carga al cuerpo del dispositivo es por medio de un aro, para el balanceo de la carga se usan contrapesos a cierta distancia del fulcro de la palanca.

<p>ADAPTAR EL GANCHO DE LA GRUA CON DISPOSITIVO</p>	<p>Gancho</p> 
<p>ACOPLAMIENTO DEL DISPOSITIVO CON LOS PERFILES</p>	<p>Tenazas</p>  <p><small>Caldwell Group</small></p>
<p>Transferencia de la carga hacia el cuerpo del dispositivo</p>	<p>Aro y cadenas</p> 
<p>Soporte de los componentes del dispositivo</p>	<p>Perfil en I</p> 
<p>Balanceo de la carga</p>	<p>Contrapesos</p> 

Fig. 2.9 Concepto 2.

Concepto 3:

Este concepto es ilustrado en la fig. 2.10.

Este concepto usa una conexión de argolla con el gancho de la grúa, el elemento acoplador con los perfiles son correas (straps) alrededor de este, el cuerpo del dispositivo sería un eje de sección cuadrada sólido y la forma de transferir la carga al cuerpo del dispositivo es por medio de un perno y cojinete soldado, para el balanceo de la carga se obtiene mediante el movimiento de 2 puntos de izaje logrado por un mecanismo que varía el centro de gravedad para que coincida con el punto de levantamiento (interface grúa y dispositivo).

<p>ADAPTAR EL GANCHO DE LA GRUA CON DISPOSITIVO</p>	<p>"Shackle"</p> 
<p>ACOPLAMIENTO DEL DISPOSITIVO CON LOS PERFILES</p>	<p>"Straps"</p> 
<p>Transferencia de la carga hacia el cuerpo del dispositivo</p>	<p>Con pernos y cojinete</p> 
<p>Soporte de los componentes del dispositivo</p>	<p>Prisma</p> 
<p>Balanceo de la carga</p>	<p>Punto de izaje movil</p> 

Fig. 2.10 Concepto 3.

Concepto 1 (Sistema de levantamiento de tubos):

Este concepto es ilustrado en la fig. 2.11.

Este concepto usa una conexión de "perno forma U" con el gancho de la grúa, el elemento acoplador con los perfiles será mediante atracción magnética, el cuerpo del dispositivo sería una viga en forma de caja y la forma de transferir la carga al cuerpo del dispositivo es por medio de un gancho roscado, para el balanceo de la carga se usa una viga que se adapta a la longitud de agarre de la atracción magnética y balancea el levantamiento respecto del centro de levantamiento al coincidir las líneas de acción del peso del tubo con el punto de izaje.

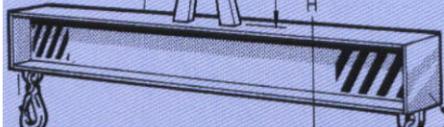
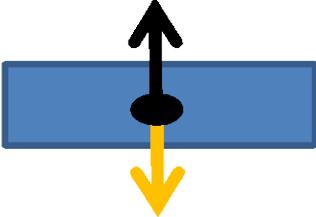
ADAPTAR EL GANCHO DE LA GRUA CON DISPOSITIVO	<p style="text-align: center;">"U-Bolt"</p> 
ACOPLAMIENTO DEL DISPOSITIVO CON LA TUBERIA	<p style="text-align: center;">Acoplamiento magnetico</p> 
Transferencia de la carga hacia el cuerpo del dispositivo	<p style="text-align: center;">Fuerza Magnetica</p> 
Soporte de los componentes del dispositivo	<p style="text-align: center;">Caja</p> 
Balanceo de la carga	<p style="text-align: center;">Linea de accion comun entre peso y punto de izaje</p> 

Fig. 2.11 Concepto 1 de tubos.

Concepto 2 para levantamiento de tubos:

Este concepto es ilustrado en la fig. 2.12.

Este concepto usa una conexión de "tornillo de ojo" con el gancho de la grúa, el elemento acoplador con los perfiles es un mecanismo de sujeción, el cuerpo del dispositivo sería un ensamble de placas soldadas y la forma de transferir la carga al cuerpo del dispositivo es por medio de una argolla y un cojinete soldado, para el balanceo de la carga se usan 2 puntos de izaje equidistantes del centro de levantamiento.

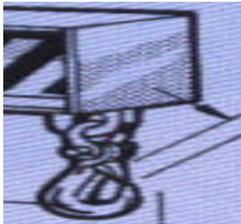
<p>ADAPTAR EL GANCHO DE LA GRUA CON DISPOSITIVO</p>	<p>"eye bolt"</p> 
<p>ACOPLAMIENTO DEL DISPOSITIVO CON LA TUBERIA</p>	<p>Tenazas</p> 
<p>Transferencia de la carga hacia el cuerpo del dispositivo</p>	<p>Shackle y cojinete</p> 
<p>Soporte de los componentes del dispositivo</p>	<p>Placas Soldadas</p> 
<p>Balanceo de la carga</p>	<p>puntos de levantamiento a distancia variable</p> 

Fig. 2.12 Concepto 2 de tubos.

Concepto 1 (Sistema de levantamiento de tubos/ perfiles):

Este concepto es ilustrado en la fig. 2.13.

Este concepto es bastante interesante usa una conexión de aro con el gancho de la grúa, el elemento acoplador se da por medio de la cadena que atraviesa toda la longitud del tubo, o a lo largo de los patines de el perfil, el cuerpo del dispositivo seria la misma cadena y la forma de transferir la carga al cuerpo del dispositivo es por medio de la misma cadena, para el balanceo de la carga se usan 2 puntos de izaje equidistantes del centro de levantamiento definidos por la zona en donde la cadena cambia de dirección.

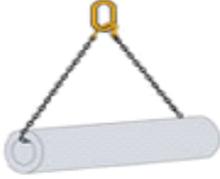
ADAPTAR EL GANCHO DE LA GRUA CON DISPOSITIVO	<p>Aro</p> 
ACOPLAMIENTO DEL DISPOSITIVO CON LA TUBERIA Y PERFILES	<p>Cadena (s)</p> 
Transferencia de la carga hacia el cuerpo del dispositivo	<p>Cadena (s)</p> 
Soporte de los componentes del dispositivo	<p>Cadena (s)</p> 
Balanceo de la carga	<p>Cadena (s)</p> 

Fig. 2.12 Concepto 1 de tubos y perfiles.

2.C Evaluación de Conceptos

En esta sección se busca evaluar los conceptos definidos para los levantamientos, traslados y descensos de tubos y perfiles en sus respectivas estaciones de electro-plateado y soldadura.

La evaluación se va a realizar con respecto a los requerimientos del cliente.

La evaluación será por medio una matriz de decisión, en donde cada alternativa será evaluada contra el criterio de evaluación considerando un factor de importancia para cada requerimiento.

El concepto que se propone utilizar como referencia para la manipulación de los tubos y perfiles, será el concepto 1 de manipulación tubo/perfil, ya que es el que a simple vista se observa que es de muy fácil fabricación, de diseño sencillo y cuenta con un mínimo número de componentes, además, no se tienen operaciones de maquinado.

Para cada comparación, el concepto evaluado es juzgado contra el de referencia mediante 3 calificaciones, +1 si es mejor que el de referencia en satisfacer cierto requerimiento del cliente, 0 si cumple de la misma forma que el de referencia y -1 si es inferior al de referencia.

Después de que cada concepto es comparado con el de referencia cuatro calificaciones son generadas la suma de los positivos, la suma de los negativos, el total, y el total ponderado.

El total es la diferencia de la suma de los positivos menos la suma de los negativos.

El total ponderado es la suma del producto de la calificación por su valor de importancia relativa.

En la figura 2.13 se presentan los resultados de la matriz de decisión.

	Importancia Rel del req.	Datum	2	3	4	5	6
Requerimientos del cliente	%	Concept 0	Concept 1 Perfil	Concept 2 Perfil	Concept 3 Perfil	Concept 1 Tubo	Concept 2 Tubo
Req.B Debe ser segura para los operadores	6.5	DATUM	1	1	1	1	1
Req.C Debe ser de facil adaptacion alas diferentes geometrias de los perfiles: Canales, Vigas I, Tubería de Acero, perfiles y tubería de acero	5.5	DATUM	0	0	0	-1	1
Req.D Debe ser de facil adaptacion a los diferentes tamaños de los perfiles.	4.5	DATUM	0	0	0	1	0
Req.E Debe ser resistente para poder soportar los pesos de los perfiles y tubos.	6.5	DATUM	1	1	1	1	1
Req.F Debe poderse adaptar con una grua de encabezado del tipo U22 marca DEMAG®	4.5	DATUM	0	0	0	0	0
Req.G Debe mover los perfiles y tubería desde la zona de almacen ala zona de soldado y electroplateado	5	DATUM	0	0	0	-1	0
Req.H Que este siempre dentro del rango de control de la grua esto incluye el peso manipulable por la grua.	4.5	DATUM	0	-1	0	0	0
Req.I Debe garantizar un ascenso y un descenso estable	4.5	DATUM	1	1	0	0	1
Req.J No debe dañar los perfiles ala hora de la manipulacion de estos	6	DATUM	1	0	1	1	0
Req.K Descenso seguro y facil sobre las estaciones de soldado y electroplateado y pintura.	5	DATUM	1	-1	1	-1	-1
Req.L Facil desacoplamiento de los perfiles y tuberías para descansarlas en los jigs de soldadura y en la tina para electroplateado y/o pintura	5	DATUM	1	1	1	1	1
Req.M Debe ser de diseño sencillo con el minimo numero de piezas	4.5	DATUM	-1	-1	-1	-1	-1
Req.N No debe oxidarse	5	DATUM	1	1	-1	1	-1
Req.O Debe ser fabricado con los procesos de manufactura disponibles en las facilidades y con los materiales que se tienen en el "stock"	4.5	DATUM	0	-1	-1	-1	-1
Req.P Debe ser de facil fabricacion,requiriendo minimas operaciones de maquinado	3	DATUM	-1	-1	-1	-1	-1
Req.R El costo de fabricacion debe ser bajo	3	DATUM	-1	-1	-1	-1	-1
Req. S Debe usar el minimo personal para el levantamiento y traslado de los componentes.	3.5	DATUM	0	-1	-1	-1	0
Req. T Asistira en la inmersion de los tubos para electro plateado	5.5	DATUM	1	-1	-1	-1	-1
Req.U Debe asistir en la sujecion de los tubos a unirse pero solo para aplicar un "tack weld"	5.5	DATUM	1	1	1	-1	-1
Σ+	-28	DATUM	+7	+5	+5	+6	+5
□-	-27	DATUM	-3	-6	-5	-7	-6
□	92	DATUM	4	-1	0	-1	-1
Total ponderado			39	-0.5	5.5	-11.5	-8
Total							
Σ(+) - Σ(-)			+4	-1	+0	-1	-1

Fig. 2.13 Matriz de decisión.

2.D Selección del mejor concepto

Tomando en cuenta los valores totales y los valores ponderados, de la tabla presentada en la figura 2.13, se puede inferir que el concepto número 1 para perfiles supero al de referencia en las siguientes características:

- Seguridad para los operadores
- Resistencia de los componentes que sujetan la carga
- Ascenso y descenso estable
- Daño a perfiles y tubería por manipulación (nulo).
- Descenso fácil sobre las estaciones de electro-plateado y soldado
- Fácil desacoplamiento de perfiles y tubería en las estaciones
- Resistencia ala corrosión
- Asistencia en la inmersión en tanque de electro-plateado
- Asistencia en la sujeción y descanso sobre sujetador de soldado

En otras casillas hay que ver cuáles son las fortalezas y debilidades de cada concepto para así valorar la incorporación de las fortalezas al mejor concepto.

Razón de las calificaciones y comparación del mejor concepto contra los otros conceptos:

Req.T Asistirá en la inmersión de los tubos para electro plateado
Req.U Debe asistir en la sujeción de los tubos a unirse pero solo para aplicar un "tack weld"

En estos dos requerimientos el concepto 1 destaco sobre todos los demás y supero al de referencia, estos requerimientos tienen un peso alto de importancia ya que pertenecen a características de desempeño propias del dispositivo.

Desafortunadamente el concepto de referencia aunque es de una muy sencilla fabricación presentaría problemas sobre todo al acoplar el perfil con el codo ya que interfiere en la zona que será unida por soldadura en la unión tubo-codo. El concepto 1 no presenta este tipo de problema.

Req.J No debe dañar los perfiles ala hora de la manipulacion de estos

Req.N No debe oxidarse

En estos requerimientos se encuentra que el concepto 1 al usar eslingas como elemento de adaptación con los perfiles o tubería no sufrirá este tipo de oxidación , y el de referencia como es una cadena si lo sufrirá por lo tanto el concepto 1 es evaluado como superior en esta categoría.

También, el concepto 1 no presenta problemas de ludimiento o corrosión asistida por ludimiento caso contrario con el concepto de referencia en cuya cadena tendrá constante movimiento relativo con el perfil o tubería y definitivamente corre el riesgo de desgastar el perfil o tubería de forma superficial.

Req.O Debe ser fabricado con los procesos de manufactura disponibles en las facilidades y con los materiales que se tienen en el "stock"

En este requerimiento se observa una paridad entre el concepto 1 y el de referencia ya que ambos conceptos son factibles de realizar en las instalaciones de la empresa y con los procesos y materiales con los que se cuentan.

Req.L Facil desacoplamiento de los perfiles y tuberias para descansarlas en los jigs de soldadura y en la tina para electroplateado y/o pintura

En este requerimiento el concepto 1 mostró superioridad ya que para desacoplar se requieren menos pasos que el concepto de referencia.

Req. S Debe usar el minimo personal para el levantamiento y traslado de los componentes.

El concepto 1 y el de referencia utilizaran el mismo personal para la manipulación de perfiles y tubos.

Req.B Debe ser segura para los
operadores

El concepto 1 presenta una mejor seguridad en favor del operador ya que tiene mas área de agarre sobre el perfil o tubería a diferencia del concepto de referencia que solo es una cadena y solo tiene una línea de agarre sobre el tubo y 2 líneas sobre los perfiles.

En resumen, el concepto en el cual se invertirán esfuerzos para seguirlo detallando, será el concepto 1, pues además de lo discutido, éste concepto tiene la flexibilidad de manejar perfiles y manejar tubería, ya que el acoplamiento es un elemento flexible.

CAPITULO 3.- DISEÑO DE DETALLE

La misión en este capítulo es darle forma física al producto, evaluarla contra diferentes criterios y definir las dimensiones con sus tolerancias, de tal forma que el producto cumpla con las expectativas funcionales requeridas.

También se identifican los modos de falla y efectos que pueden estar inherentes en el dispositivo de levantamiento y al final de este proceso se obtienen contramedidas para blindar al operador del dispositivo de alguna falla que pudiese poner en peligro su vida.

Los criterios de evaluación usados aquí son:

- A) Análisis de los modos de falla y efectos
- B) Análisis por acumulación de tolerancias
- C) Análisis de esfuerzo y deformación

Además, la forma física debe ser producible, y no solo eso, sino que debe ser producible con los métodos de fabricación disponibles en la empresa. Por lo tanto, el producto también será evaluado por criterios de facilidad de manufactura y ensamble.

El método de fabricación, no es independiente del material, por lo tanto aquí también se realizará un proceso de selección de materiales para balancear la función con las formas y el método de manufactura y ensamble.

En esta fase también se seleccionarán componentes comerciales, sobre todo en la eslinga que es el componente de adaptación del dispositivo con los perfiles y tubería.

3.A Generación de formas físicas del producto mediante CAD

La forma física del dispositivo de levantamiento tiene 4 componentes

1. Determinación de las restricciones espaciales.
2. Identificación de las conexiones de los componentes del dispositivo.
3. Determinación de la configuración de los componentes en el ensamble del dispositivo de levantamiento.
4. Generación de los componentes individuales del dispositivo de levantamiento.

1. Determinación de las restricciones espaciales

Para asistir en este paso es necesario revisar el diagrama de bloques funcionales, ahí se identifican interfaces externas con las cuales el dispositivo tendrá que adaptarse.

Las interfaces externas serán representadas por un layout[*] y mediante estos se obtendrán las restricciones espaciales del dispositivo.

Entonces revisando la figura Fig. 2.3 se identifican las siguientes interfaces externas:

- Interface con el gancho de la grúa U22
- Interface con el perfil / Interface con el tubo
- Interfaces con los soportes de la tina de electro plateado
- Interfaces con el sujetador de soldadura y el codo con el que el tubo será soldado.

- Interface con el gancho de la grúa U22

El elemento que va a acoplar aquí según el concepto que se definió como la mejor alternativa es el aro.

El aro debe poderse acoplar a la geometría del gancho de la grúa U22 que es el componente 18 mostrado en la .Fig. 3.1

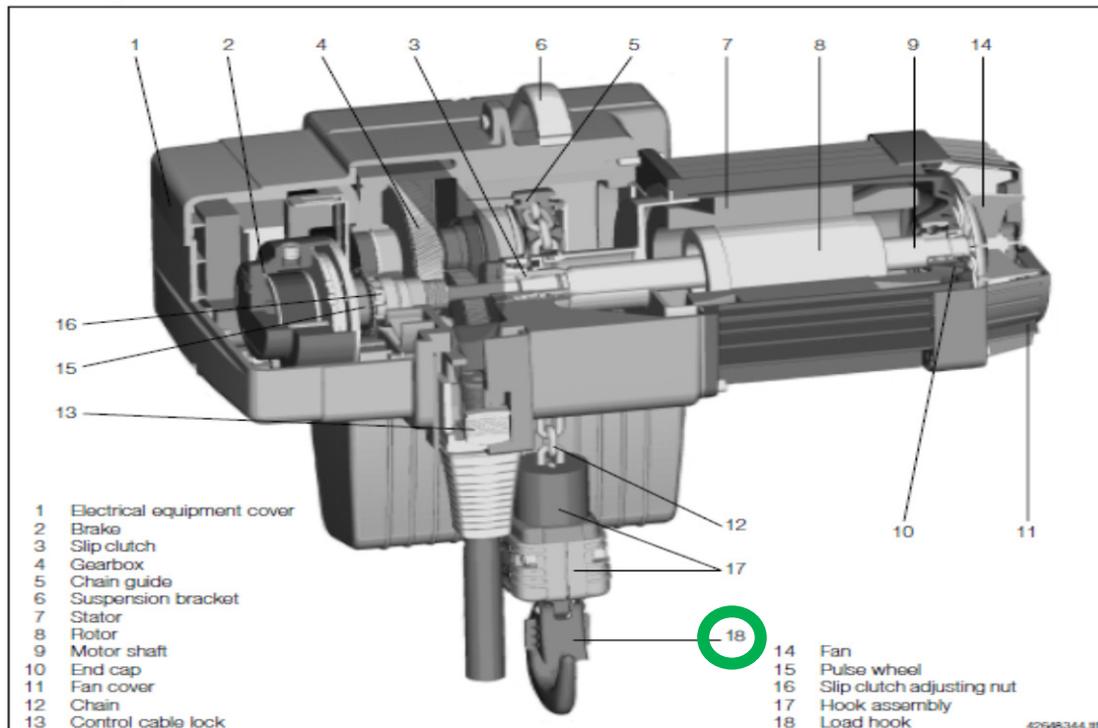


Fig. 3.1 Componentes de la grúa U22, con el gancho resaltado.

El gancho de carga tiene las dimensiones mostradas en la figura 3.2 y definidas por la tabla contenida en la figura 3.3.

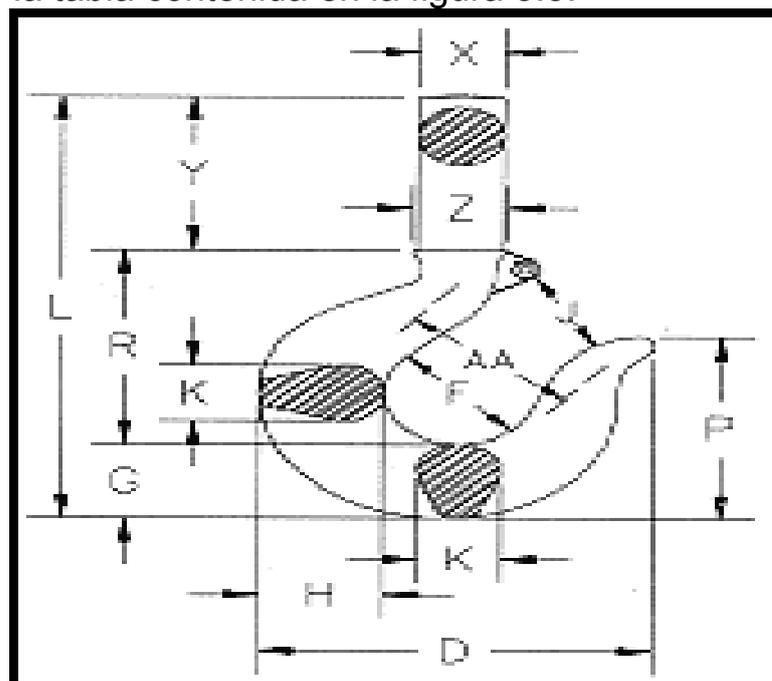


Fig. 3.2 Dimensiones del gancho de la grúa

Dimensions																		
Hook I.D. Code	Dimensions (in.)																Deformation Indicator (AA)	
	D	F	G	H	J	K	L	M	O	O2	P	R	T	T2	X*	Y		Z
D	2.86	1.25	0.73	0.81	0.93	0.63	5.14	0.63	0.93	--	1.96	2.35	0.97	--	.59	2.06	0.69	1.5
F	3.16	1.38	0.84	0.94	0.97	0.71	5.68	0.71	0.97	--	2.22	2.59	0.97	--	0.66	2.25	0.78	2
G	3.59	1.5	1	1.16	1.06	0.88	6.35	0.88	1.06	--	2.44	2.76	1.03	--	0.72	2.59	0.88	2
H	4	1.62	1.14	1.31	1.19	0.94	7.14	0.94	1.16	--	2.78	3.16	1.16	--	0.88	2.84	1	2
I	4.84	2	1.44	1.63	1.5	1.31	8.63	1.13	1.36	1	3.47	3.85	1.53	1.5	1.16	3.44	1.25	2.5
J	6.28	2.5	1.82	2.06	1.78	1.66	10.43	1.44	1.61	1.31	4.59	4.77	1.96	1.88	1.41	3.84	1.56	3

Fig. 3.3 Valores numéricos para las dimensiones del gancho.

De la tabla en la figura 3.3, las dimensiones críticas o restricciones espaciales para la interface (Grúa-Dispositivo) son:

- J= 1.5 (in) para insertar el aro en el gancho
- F= 2 (in) zona donde descansara la sección transversal del aro
- K=1.31(in) zona libre de interferencia entre la distancia entre extremos del aro.

- Interface con el perfil / Interface con el tubo

Se han seleccionado eslingas como componente acoplador con los tubos y perfiles, este componente es de amplia flexibilidad por lo tanto la única restricción de espacio es que la eslinga tenga una longitud adecuada para garantizar un ángulo mayor a 120°, entre la parte de la eslinga con carga y la que define el cambio de dirección, para tener la máxima eficiencia de carga. Para lograr esto se usara la configuración de ahorcamiento que se muestra en la Fig. 3.4.

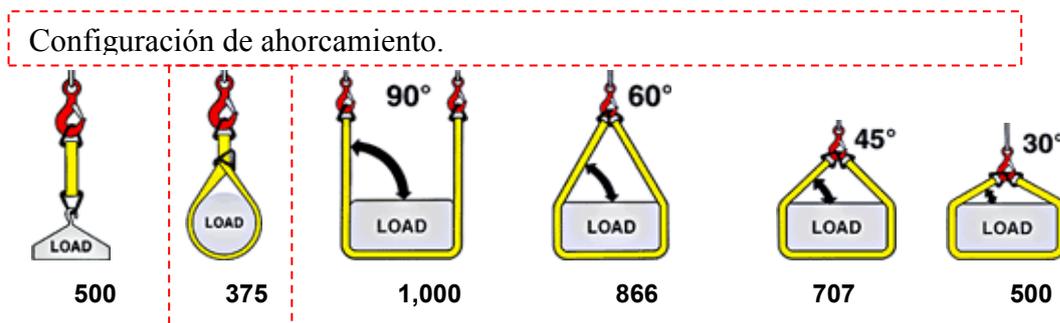


Fig. 3.4 Diversas configuraciones de la eslinga, resaltando la configuración de ahorcamiento.

- Interfaces con los soportes de la tina de electro plateado

Esta interface impondrá restricciones espaciales ya que los soportes están instalados dentro de la tina y son ajustables hasta una cierta distancia, tal y como se muestra en la figura que detalla la interface del dispositivo con la tina de electro plateado, Fig. 1.9.

Entonces, el perfil / tubo que requiera electroplatearse debe poder entrar libremente por el área proyectada y debe garantizar el asentamiento del perfil o tubo en los soportes.

El dispositivo no debe interferir en el descanso de los perfiles o tubo en sus respectivos soportes, ver configuración de la tina mostrada en la figura 3.5.

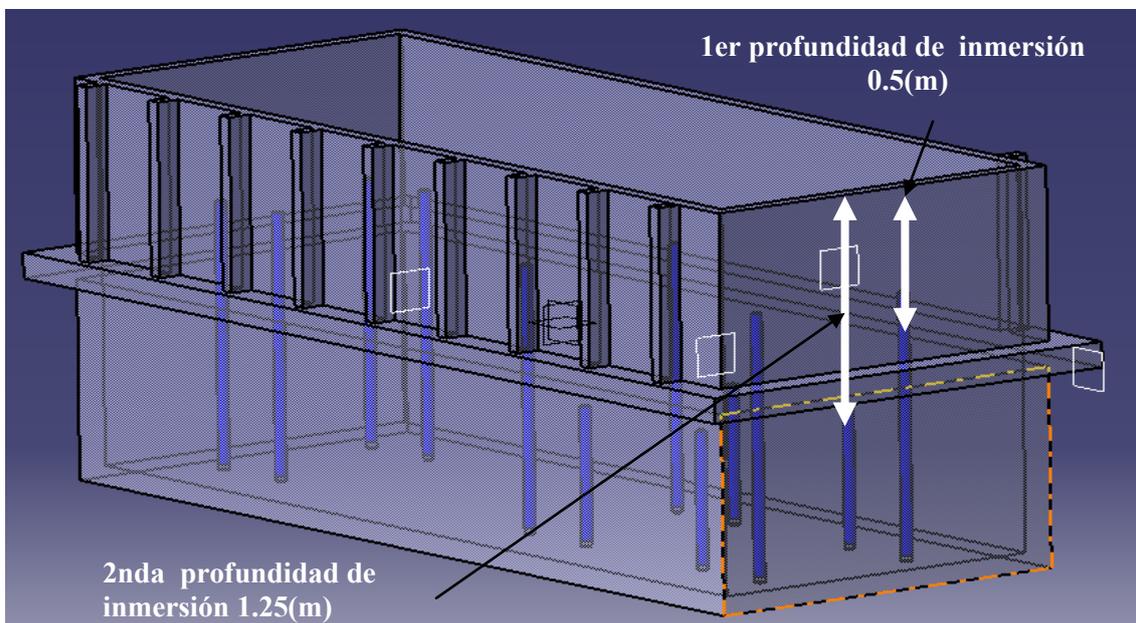


Fig. 3.5 Configuración de la tina.

- Interfaces con el sujetador de soldadura y el codo con el que el tubo será soldado.

Esta interface impondrá restricciones espaciales porque el tubo que está siendo manipulado por el dispositivo tiene que tener en un extremo un ajuste dimensional ("Fit") con el sujetador de soldado (jig) y con el otro extremo debe poderse acoplar al codo con el que será soldado tal y como se muestra en la figura 1.10

Por lo tanto, ningún elemento del dispositivo de levantamiento puede impedir este acoplamiento. De forma más explícita no debe haber contacto de ningún componente del dispositivo con una frontera imaginaria definida por el codo, esto es una frontera a una altura de 20(in), tal y como se observa en la Fig. 1.10.

Como el método de acoplamiento es mediante una eslinga deberá respetar las siguientes posiciones de acoplamiento con en el tubo, estas posiciones son definidas en base a una distancia de avance que está en función de la distancia de empalme entre el codo y el tubo, tal y como se muestra en la figura 3.6.



Fig. 3.6 Distancia entre eslinga y periferia del rodillo

2. Identificación de las conexiones de los componentes del dispositivo

En el paso anterior se identificaron las interfaces externas, ahora se procede a investigar las interfaces internas en el sistema.

La función del dispositivo queda definida por estas interfaces aparte determinan la posición relativa de los objetos y su orientación.

Estas interfaces siempre deben reflejar equilibrio de fuerzas y flujos consistentes de material, energía e información.

Las conexiones determinan directamente los grados de libertad entre componentes, pueden restringir alguno o todos los grados de libertad.

Utilizando los diagramas de bloques funcionales (Figs. 2.4, 2.5 y 2.6) y las formas del concepto número 1, se obtienen los diagramas de conexiones mostrados en las figuras 3.7 (manipulación de tubo soldado) y la figura 3.8 que muestra la conexión para la manipulación de tubo o perfil para la operación de electro-plateado.

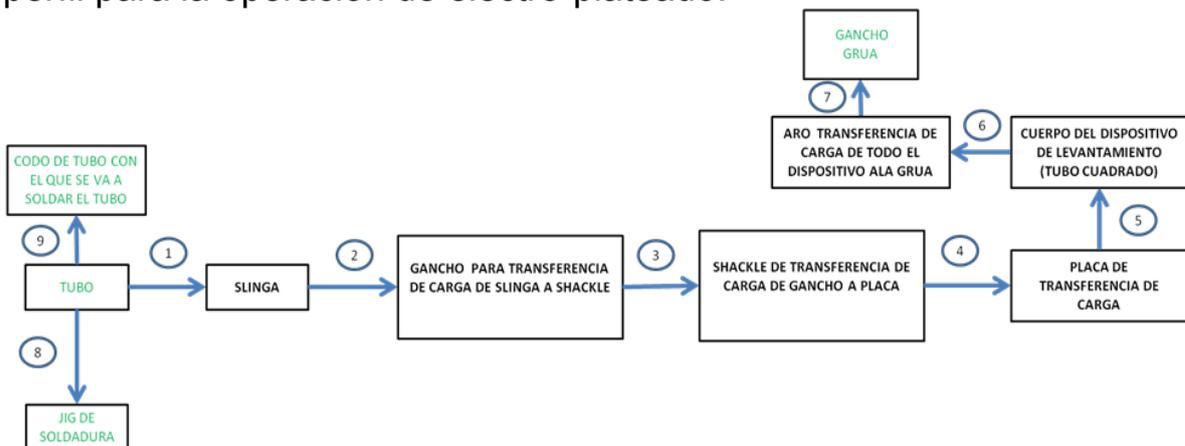


Fig.3.7 Diagrama de interfaces para la manipulación de tubo soldado.

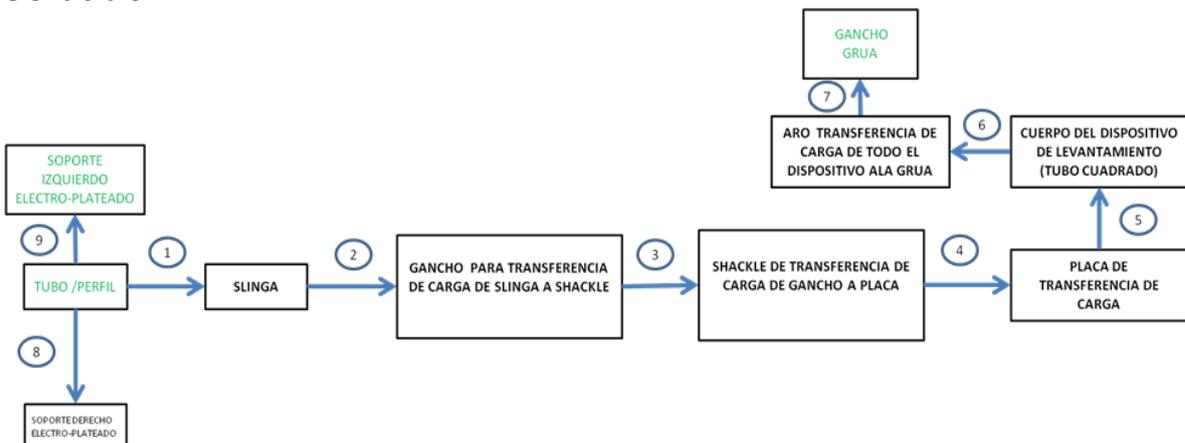


Fig.3.8 Diagrama de interfaces para la manipulación de tubo y perfil electro plateado.

Tipos de conexiones identificadas y sus características funcionales:

Conexión 1:

Es una conexión separable pero fija a la hora del ascenso, descenso y traslado del perfil o tubo. Además debe permitir el ajuste de la eslinga con el tubo y el perfil.

Conexión 2:

Es una conexión separable pero, fija a la hora del ascenso, descenso y traslado del perfil o tubo, además debe garantizar un apoyo estable de la eslinga.

Conexión 3:

Es una conexión separable pero, fija a la hora del ascenso, descenso y traslado del perfil o tubo, además debe garantizar un apoyo estable del gancho, la sección del gancho se debe considerar un poco más grande para compensar pérdidas por un ludimiento.

Conexión 4:

Es una conexión separable pero, fija a la hora del ascenso, descenso y traslado del perfil o tubo, además debe garantizar un apoyo estable de la argolla, la sección de la argolla se debe considerar un poco más grande para compensar pérdidas por un ludimiento.

Conexión 5:

Es una conexión permanentemente fija, puede transferir momentos mecánicos.

Conexión 6:

Es una conexión preferentemente fija, debe ser cargada de forma axial.

Conexión 7:

Es una conexión separable, pero fija a la hora del ascenso, descenso y traslado del perfil o tubo, además debe garantizar un apoyo estable del aro y su sección se debe considerar un poco más grande para compensar pérdidas por un ludimiento, la transferencia de carga debe ser axial.

Conexiones 8 y 9 tanto para electro-plateado y soldado:

Son conexiones separables, el dispositivo solo debe garantizar el ajuste dimensional requerido como se estipulo en la sección de restricciones espaciales.

3. Determinación de la configuración de los componentes en el ensamble del dispositivo de levantamiento

Ya teniendo las conexiones y los grados de libertad que quedarán restringidos, se procede a definir la arquitectura del producto, es decir las posiciones y orientaciones de cada uno de los componentes del dispositivo. Se debe tomar en cuenta que componentes deben ser separables y cuáles pueden ser combinados en uno solo; si deben tener grandes movimientos relativos serán separables y de la misma forma si son de diferente material o si tendrán una característica que sea un componente estándar.

La arquitectura del dispositivo de levantamiento se presenta en la figura 3.9 .

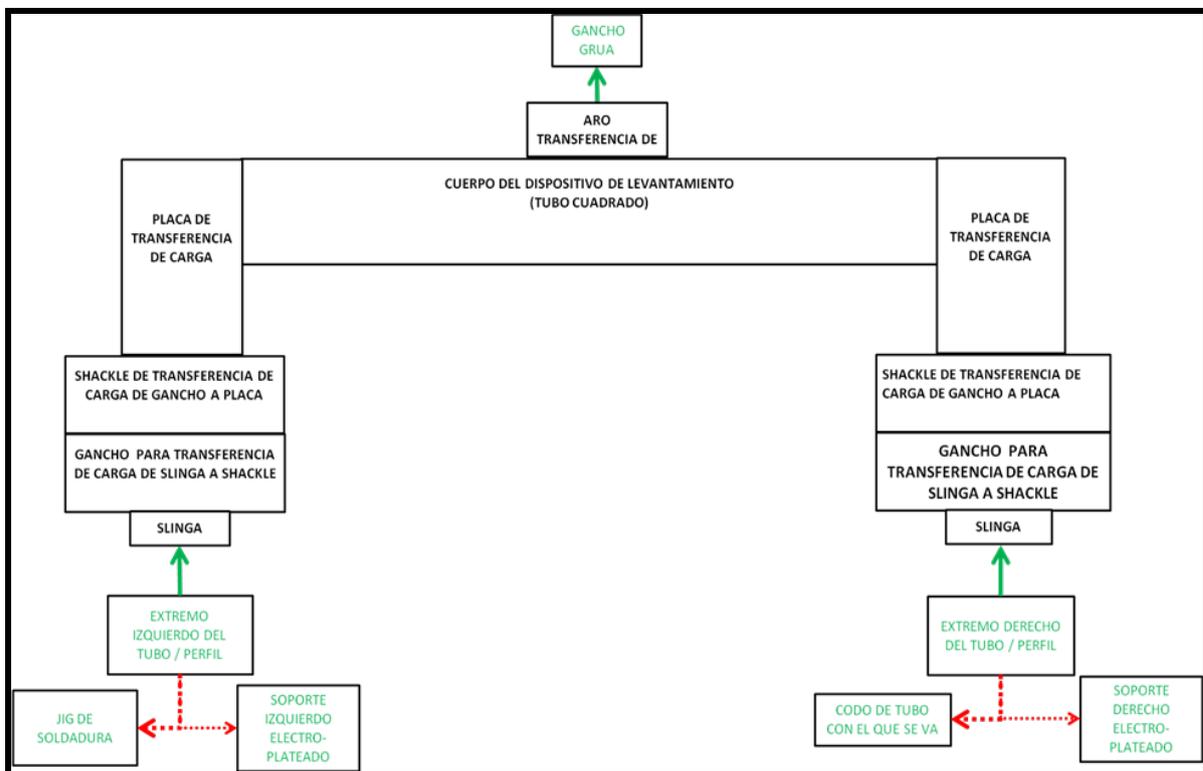


Fig. 3.9 Arquitectura del dispositivo de levantamiento.

Los puntos de carga se ponen en los extremos para evitar cualquier interferencia del dispositivo con el codo en la zona de soldado de tubos.

Se puede unir el componente argolla con el componente gancho en un solo ente, pero de acuerdo al proveedor el costo de este es el triple, por lo tanto se maneja de forma separada, también por el beneficio de mantenimiento, en donde se pueda cambiar el componente que se está deteriorando.

4. Generación de los componentes individuales del dispositivo de levantamiento.

Hasta el momento ya se cuenta con la configuración del dispositivo, las conexiones de los componentes del dispositivo para lograr las funciones y también ya se tienen las restricciones espaciales, esto ya es material suficiente para empezar a esbozar la forma física de los componentes.

Al hacer esto hay que recordar que la función, la forma, el material y el método de fabricación no son independientes y existen interacciones entre éstos, por lo tanto se toma en cuenta los requerimientos del cliente en estos aspectos para la generación de forma de los componentes.

También aquí se pueden ir identificando componentes que serán adquiridos de un proveedor tal como es el caso de la eslinga , los ganchos y la argolla.

Generación de las formas 3D de los componentes mediante CAD

La siguiente descripción de los componentes del dispositivo son con base sólo en iteraciones iniciales, se podrán modificar las dimensiones y afinar sus tolerancias de acuerdo a los resultados de los análisis de esfuerzos, deformaciones y análisis por acumulación tolerancias(solo si se requiere).

La lista de los componentes es:

1. Componente 1.- Eslinga.
2. Componente 2.- Gancho.
3. Componente 3.- Argolla.
4. Componente 4.- Placa de transferencia de carga.
5. Componente 5.- Viga de soporte del dispositivo
6. Componente 6.- Aro de transferencia de carga al gancho de la grúa.

Componente 1.- Eslinga.

Este componente es un componente comercial y será seleccionado del catálogo, su función es sostener durante el levantamiento, traslado y descenso al tubo o perfil que se desea mover.

El componente tendrá interacciones con el líquido usado para electroplateado que es altamente alcalino, entonces se debe investigar si el líquido puede deteriorar la integridad de este componente.

También, la configuración de la eslinga con el tubo y con los perfiles como ya se mencionó puede amarrarse con el tubo en forma de ahorcamiento(ver fig.3.4), para garantizar el aseguramiento de la carga pero habrá una reducción de capacidad de carga, y hay que estimarla.

La configuración de amarre para la manipulación de tubo será del tipo ahorcamiento ya que permite tener un mejor control de la carga como se observa en la Fig.3.10.a y para la manipulación de perfil será en forma de canasta con barras de elastómero para proteger la eslinga de las aristas filosas de carga en el perfil Fig.3.10.b



Fig.3.10.a
Ahorcamiento de la carga



Fig.3.10.b
Posición barra de elastómero

Serán necesarias 2 eslingas para tener ambos puntos de sujeción. La geometría tentativa de la eslinga se muestra en la Fig.3.10.c:

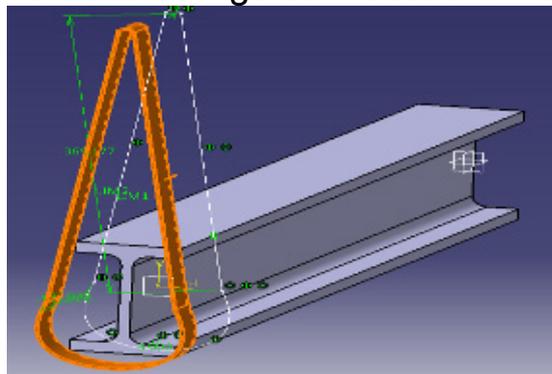


Fig. 3.10.c Geometría tentativa de la eslinga.

Componente 2.- Gancho.

El gancho va a ser el elemento de conexión entre la eslinga y la argolla con la finalidad de transferir la carga entre estos componentes, no debe tener interferencias con la argolla, y debe garantizar un área de asentamiento para mantener la eslinga estable.

Una característica primordial del gancho es que debe ser auto-bloqueante para garantizar la seguridad contra la salida no intencional de la carga y esto se logra con un sencillo mecanismo de campana y revoluta, tal y como se muestra en la figura 3.11.

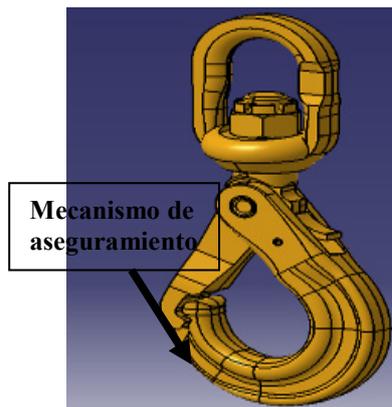


Fig. 3.11 Configuración del gancho, mostrando mecanismo de aseguramiento.

Componente 3.- Argolla.

La argolla (ver Fig. 3.12) es el componente comercial que conecta el gancho con la placa de carga axial, no debe tener interferencias con los dos componentes y el diámetro del vástago de unión debe tener un ajuste libre con el agujero de la placa.

Los pasos para su selección así como la geometría exacta se detallan en la sección de selección de componentes comerciales.



Fig. 3.12 Configuración de la argolla.

Componente 4.- Placa de transferencia de carga.

La placa de transferencia de carga (ver Fig. 3.13) es el principal elemento de unión con el soporte del dispositivo, aunque es un elemento con conexión fija, el elemento puede variar su posición en puntos discretos, teniendo la ventaja de cambiar los puntos de levantamiento del dispositivo para adaptarse a una variedad de longitudes, pero teniendo la desventaja de elevar el costo de fabricación del dispositivo.

La placa debe ser diseñada para resistir cargas de aplastamiento, cargas axiales, tomando en cuenta concentradores de esfuerzo y también diseñada bajo esfuerzos cortantes que causan ruptura en el barreno. Podría estar sujeta a momentos flexionantes si la carga incluyera un ángulo sobre todo a la hora de la inserción del tubo con el codo como se aprecia en la Fig. 1.10.

La placa como es una conexión fija debe ser soldada al cuerpo del dispositivo en ambos extremos de este, mediante una unión de filete.

Componente 5.- Viga de soporte del dispositivo

Este componente es el cuerpo central de todo el dispositivo (ver Fig. 3.13), es el puente de unión de lo que se carga con la grúa, por lo tanto debe ser un componente rígido para evitar una pérdida de estabilidad y aunque pudiera ser de cualquier sección transversal, la sección debe poderse seleccionar entre los componentes que se tienen en existencia en el almacén de la empresa.

Este componente será parte de la estructura soldada placas-soporte y será de acuerdo al diagrama de conexiones: un sistema inseparable.

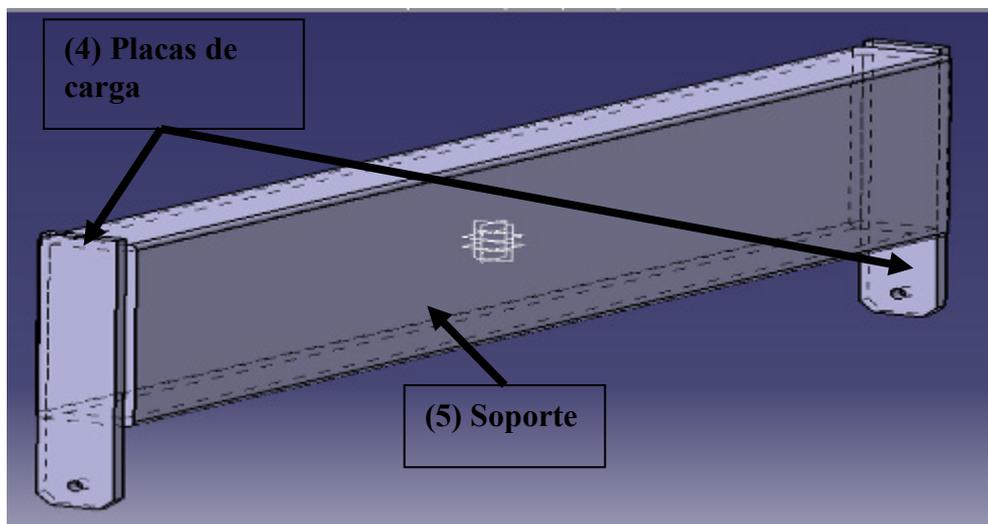


Fig. 3.13 Placas de carga y viga de soporte.

Componente 6.- Aro (Oreja) de transferencia de carga con la grúa.

Este componente es un eslabón principal (ver Fig. 3.14), el cual sirve de medio de transferencia de carga de todo el dispositivo hacia la grúa.

No debe causar ninguna interferencia con el gancho de la grúa.

Se puede obtener de forma comercial, pero se violaría innecesariamente el requerimiento de componentes fabricados fuera de la empresa por lo tanto es mejor buscar una forma que realice la misma función y que sea fabricada con los recursos con los que se cuenta.

También se observa que el componente puede estar integrado al soporte de la misma forma que la placa, por lo tanto se define una unión fija entre el aro y la viga soporte del dispositivo.

El método de unión aunque pudiera ser por medio de un roscado, es preferible que sea soldado puesto que al ser roscado, violaría el requerimiento mínima cantidad de procesos de maquinado.

La forma es definida para evitar altas concentraciones de esfuerzo bajo carga axial.

Se prefiere la ranura en vez de barrenos para evitar un posible ludimiento con el gancho de la grúa.

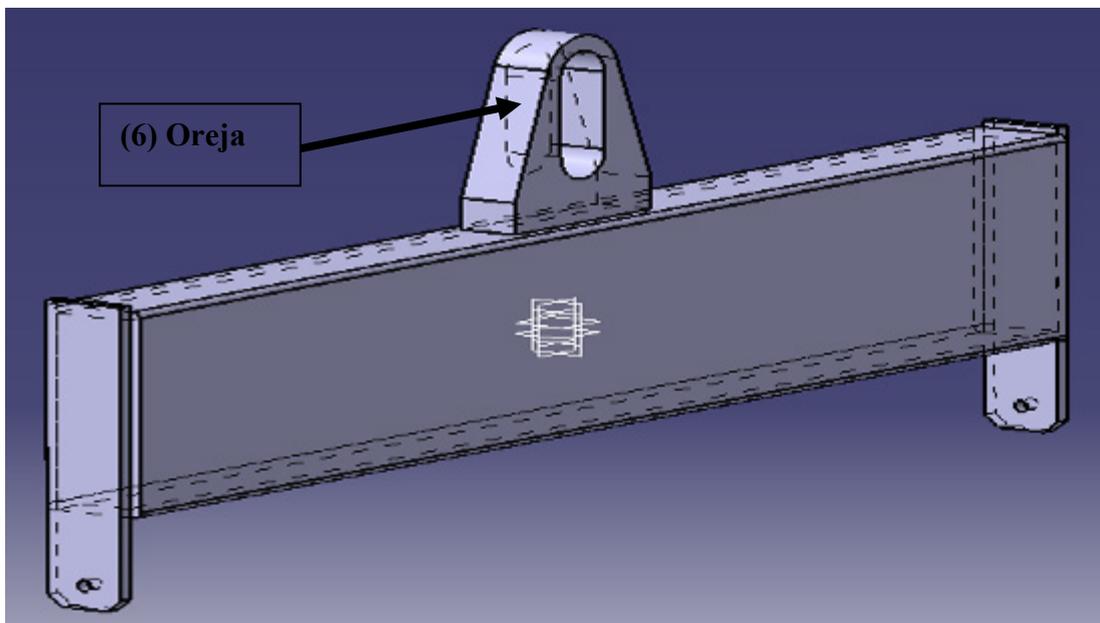


Fig. 3.14 Oreja de carga montada junto con la placa de carga y la viga soporte.

3.B Selección y validación de componentes comerciales.

Se identificaron 3 componentes (eslinga, gancho y argolla) que serán seleccionados de catálogo, es debido a que se obtiene una diferencia de costo a favor de los componentes de proveedor.

También se prefiere la selección de estos componentes de catálogo porque el proveedor tiene la suficiente experiencia para la fabricación de estos componentes, sabe cuáles son los problemas en cuanto a diseño y fabricación de estos componentes y ya tiene las soluciones para resolver los problemas.

Componente comercial 1.- Eslinga.

Para la selección de este componente se seguirán estos pasos:

a) Determinación del uso

La funcionalidad de este componente es sostener durante el levantamiento, traslado y descenso al tubo o perfil que se desea mover.

El componente tendrá interacciones con el líquido usado para electroplateado que es altamente alcalino, se debe investigar si el líquido puede deteriorar la integridad de este componente.

b) Selección del material para el componente.

Se tienen 4 tipos de material para la eslinga: Nylon, Polyester, cable de alambres de acero y de cadenas.

De acuerdo al uso, quedan descartadas las eslingas de cable de alambres de acero y la de cadenas debido a:

1. El requerimiento de asistencia al proceso de electroplateado, el acero contenido en éstas 2 eslingas no puede ser sometido a la inmersión sin variar sus propiedades mecánicas superficiales.
2. El ambiente de trabajo para la eslinga no es de alta temperatura.

La eslinga de Nylon tiene mayor resistencia a la tensión que el Polyester, pero tiene un porcentaje elástico de elongación mayor y es aproximadamente del 8 al 10%, mientras que el %elástico de elongación del Polyester es del 3%.

Para decidir que material de la eslinga se va a usar entre el Nylon y el de Polyester se consulta una tabla de tolerancias a químicos ver **Tabla A. Tolerancias a químicos de los materiales de las eslingas.**

De acuerdo al uso durante la inmersión en el tanque de electro-plateado, la eslinga tendrá interacción con un líquido altamente alcalino y por lo tanto como se observa de la Tabla A. del apéndice A, se puede constatar que el Polyester se degrada en esos ambientes, Por lo tanto la eslinga será de Nylon.

c) Estilo de la eslinga:

Para los estilos de la eslinga se tienen las opciones mostradas en las figuras Fig.3.15 ,a, b , c

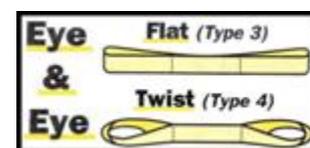
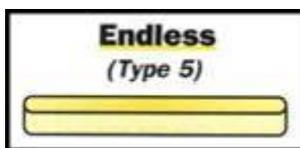


Fig.3.15.a Plana.

Fig.3.15.b De triángulo.

Fig.3.15.c De ojal.

Fig. 3.15. Terminales de la eslinga.

El estilo o terminación de la eslinga será de acuerdo ala Fig.3.15.a, y las razones son las siguientes:

Aunque el estilo de triángulo - triángulo descrito por la Fig.3.15.b da una excelente resistencia al desgaste entre la unión eslinga-gancho, no permite el amarre de ahorcamiento, por lo tanto queda descartada.

El estilo de Ojo - Ojo mostrado en la Fig.3.15.c esta configuración es muy aceptable si la superficie de la eslinga va a descansar sobre un gancho con filos vivos, pero como no es así también queda descartada, aparte la zona que está sujeta a desgaste no puede rotarse para tener un desgaste parejo en toda la superficie de la eslinga, situación que favorece al estilo representado por la figura.3.15.a.

d) Configuración de la eslinga:

Un requerimiento del cliente es un ascenso, traslado y descenso estable debido a esto, se ha escogido una configuración de ahorcamiento para la eslinga con la finalidad de tener una mejor sujeción y control para la carga. Esta configuración genera un decremento en la capacidad de carga de la eslinga, este decremento está en función del ángulo entre la recta de carga de la eslinga y la recta de ahorcamiento ver Fig. 3.16. Lo deseable es que el ángulo este en el rango de $[120^\circ - 180^\circ]$.

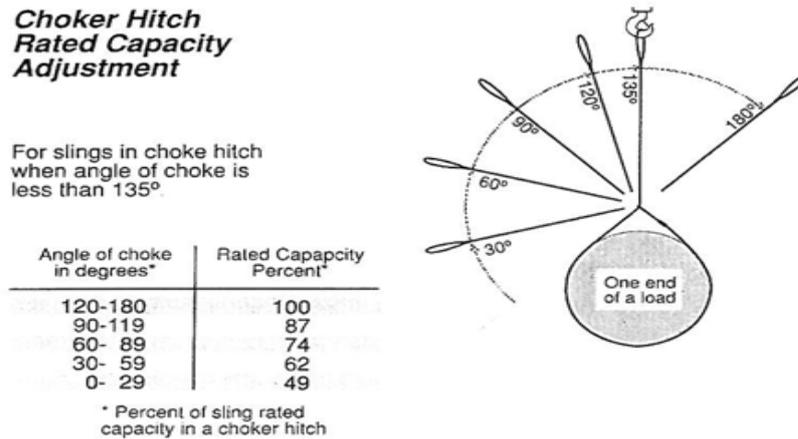


Fig.3.16 Capacidad de carga en función del ángulo de la eslinga

e) Longitud no estirada de la eslinga:

La longitud de la eslinga se selecciona con base en el perímetro de ahorcamiento del perfil puesto que es el que tiene la sección más grande (ver Fig.3.17) así como también se selecciona con base a los requerimientos de acoplamiento con la sección de soldado y electroplateado.

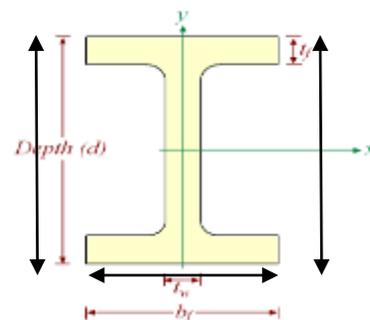
Para el perímetro:

Fig. 3.17 Parámetros de la viga

$$\text{Perímetro ahorcado} = 2 \cdot d + b_f$$

$$\text{Con } b_f = 10.41(\text{in}) \text{ y } d = 11.36(\text{in})$$

$$P_{\text{ahorc}} = 33.13 (\text{in}) = 0.84 (\text{m})$$



Comparando la figura 3.5 y la figura 1.11 se observa que la estación de electroplateado demandara una mayor longitud de la eslinga, por lo tanto se usa este criterio para definir la longitud.

Se requieren 1.25 metros para llegar al soporte inferior de la tina de electro-plateado (ver Fig. 3.5) y para no tener un problema de sumergir algún componente metálico del dispositivo, la eslinga debe tener una longitud no ahorcada de 0.77 metros (ver Fig. 3.18).

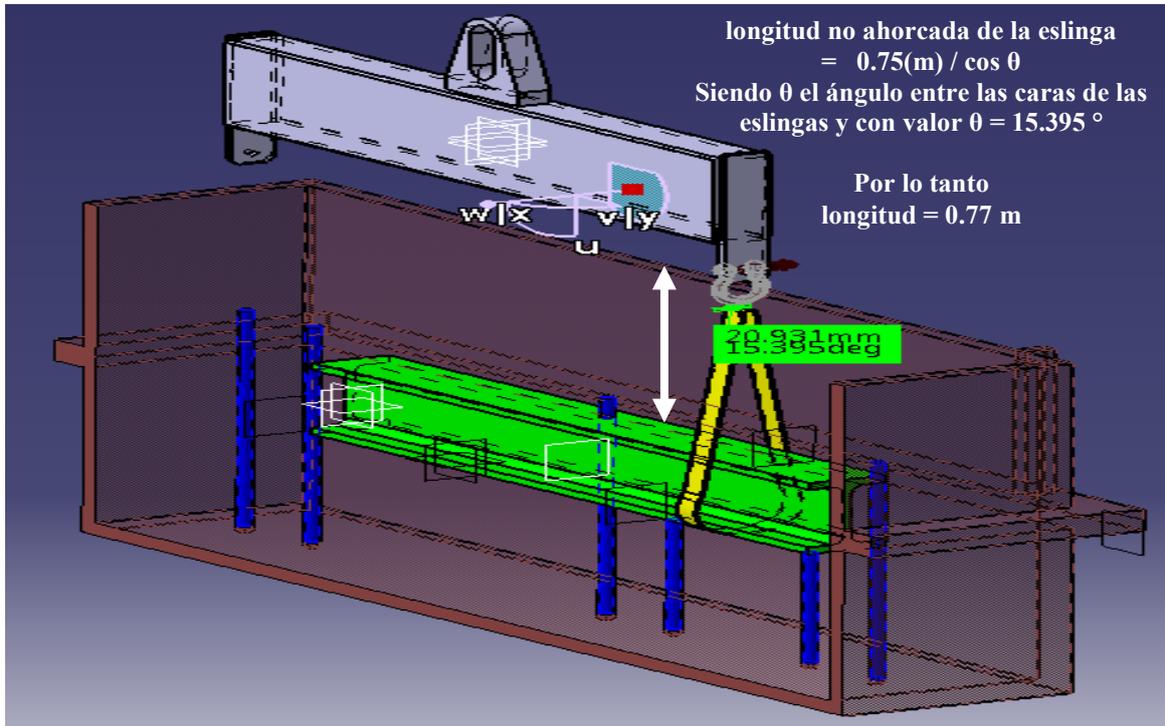


Fig.3.18. Montaje del perfil en la tina de electroplateado.

Por lo tanto, la suma de las dos componentes definen la longitud de la eslinga.

$$\text{Longitud total de la eslinga} = P_{\text{ahorc}} + L_{\text{noahorcada}}$$

$$\text{Longitud total de la eslinga} = 0.84 + 0.77 \text{ (m)} = 1.61 \text{ [m]}.$$

El proveedor solo tiene longitudes estándar en el rango de 0.2- 4 (m) con incrementos de 0.2 (m), por lo tanto se selecciona la longitud de 1.6 (m) puesto que el estiramiento de la eslinga hará que sobre pase de forma positiva a la longitud requerida.

El estiramiento se estima entre un 8-10 % de la longitud de la eslinga a la carga de falla. Este estiramiento aleja aún más a los componentes metálicos del líquido de electro-plateado por lo tanto es un efecto deseable.

f) Resistencia de la eslinga:

El dispositivo va a mover 16 perfiles o tubos / día en una jornada de electro-plateado de perfiles y tubería, mientras que en una jornada de soldado de tubos se moverán 20. La jornada dura 2 días se hace 1 jornada por semana, 4 al mes hasta acabar los pedidos.

Dada la baja rapidez de aplicación de carga en el dispositivo y muy baja variación de la carga con el tiempo se puede considerar que el dispositivo y sus componentes estarán sujetos a carga estática.

El componente estará sujeto a cargas estáticas, la magnitud de éstas ya fue determinada en el proceso de establecimiento de especificaciones, recapitulando se tiene:

El perfil más pesado que el dispositivo debe manipular es una Viga tipo "I" con sección **W [W10 X 112]** con 2 metros de longitud.

Las dimensiones son:

in × lbf/ft	Área (in ²)	d (in)	b _f (in)	t _f (in)	t _w (in)	I _{xx} (in ⁴)	Z _{xx} (in ³)	k _{xx} (in)	I _{yy} (in ⁴)	Z _{yy} (in ³)	k _{yy} (in)
W10 × 112	32.9	11.36	10.415	1.250	0.755	716	126	4.66	236	45.3	2.68

Entonces son 112(lbf) /ft * 2 m (longitud del perfil) * [1 ft / 0.3048 m]

Por lo tanto, el máximo peso del perfil = 734.91[lbf]

En Kilogramos fuerza

$$734.91(\text{lbf}) * 0.45 (\text{kgf} / 1 \text{lbf}) = 330.7 [\text{kgf}]$$

Factor de seguridad:

Se considera un factor de seguridad contra la carga de falla de **3**, tomando en cuenta fluctuaciones en la resistencia mecánica de la eslinga por variaciones en la manufactura, variaciones por el material y variaciones por uso no previsto.

Se utilizan 2 eslingas para el levantamiento de la carga.

Se tomara un factor de eficiencia de 87% debido a la configuración de ahorcamiento.

Por lo tanto, la carga soportada de las eslingas debe de ser:

Carga soportada (F_{ctot}) = Peso del componente más pesado * Factor de seguridad

$$F_{ctot} = 330.7[\text{Kg}_{fza}] * 3 = 992.1 [\text{Kg}_{fza}].$$

$$\text{en libras fuerza } F_{ctot} = 992.1 (\text{Kg}_{fza}) * 1(\text{lb}/0.45 \text{ kg}_{fza}) = 2,187.206 (\text{lb})$$

Y la carga soportada por cada eslinga es:

$$(F_c) = F_{ctot} / 2 = 1,312.32 (\text{lb})$$

Del catálogo del proveedor, la capacidad de carga de la eslinga está determinada por la siguiente tabla mostrada en la Fig. 3.19.

	Part Number	Web Width (inches)	Rated Capacity (lbs.)			Min. Standard Length (ft)	Approximate Sling Weight (lbs.)	
			Vertical	Choker	Vertical Basket		Base	Adder/ft.
One Ply	EN191	1	3,200	2,500	6,400	3	.40	.12
	EN192	2	6,400	5,000	12,800	3	.80	.25
	EN193	3	8,600	6,900	17,200	3	1.30	.35
	EN194	4	11,500	9,200	23,000	3	1.70	.48
	EN196	6	16,300	13,000	32,600	3	2.50	.70
	EN198	8	19,200	15,400	38,400	3	3.40	.95
	EN1910	10	22,400	17,900	44,800	3	4.20	1.20
	EN1912	12	26,900	21,500	53,800	3	5.0	1.40

Fig. 3.19 Tabla de capacidades de la eslinga.

La eslinga señalada en la figura Fig. 3.19, con capacidad de carga de 3,200 (lb), al afectar esta capacidad por el factor de eficiencia se obtienen 2,560 (lb) de capacidad de carga que supera en un 50% al requerimiento de carga para la eslinga.

Por lo cual, se selecciona la eslinga cuyo número de parte del fabricante es EN191, con una longitud de 1.6(m).

Componente comercial 2.- Gancho.

La selección de este componente solo necesita como parámetro la carga que soportará y será la misma carga que la que soportan las eslingas ya que trabajan en serie (ver Fig. 3.9).

Para garantizar la seguridad contra la salida no intencional de la carga el gancho debe tener un mecanismo de campana y revoluta.

La carga que soportara el gancho es de :

1,312.32 (lb) (ya incluido el Factor de seguridad)

Se hace la búsqueda en internet para posibles proveedores de ganchos y se obtiene el siguiente modelo: **S-1326** del proveedor **CROSBY** (Fig. 3.19) que cumple con ambas características requeridas para este componente.

El gancho hará interface con la eslinga y con la argolla y tendrá estos requerimientos dimensionales: no debe tener interferencias con la argolla, y debe garantizar un área estable de asentamiento para la eslinga.

De la figura 3.19 se observa que la eslinga tendrá un ancho de 1(in).Y de las figuras 3.19 y 3.20 se detecta que cualquier gancho da una área estable para la eslinga puesto que el diámetro F es mayor a 1 pulgada en todos los casos.

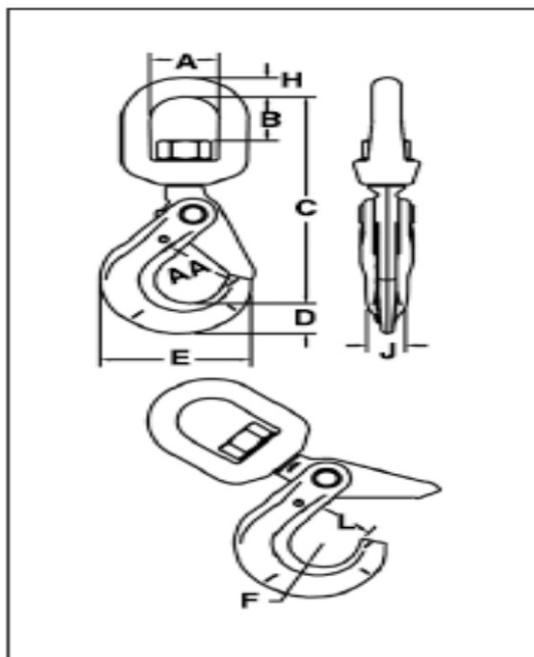


Fig. 3.19 Dimensiones del gancho. (ref. 7)

La tabla de la Fig. 3.20, expresa la capacidad del gancho en toneladas cortas, entonces convirtiendo la carga soportada a toneladas cortas se tiene que:

$$1,312.32 \text{ (lb)} = 0.6561 \text{ (ton)}$$

S-1326 Ganchos Giratorio SHUR-LOC®

- Adecuado para giro con carga no continuo e infrecuentemente.

Tamaño de la cadena		Carga límite de trabajo Cadena de aleacion (lbs.)	Empalme mecánico de cable AExExM AA		S-1326 No. de parte	Peso de c/u (lbs.)	Dimensiones (plg.)									
(plg.)	(mm)		Tamaño (plg.)	Carga límite de trabajo (lbs.)			A	B	C	D	E	F	H	J	L	AA
-	6	3200	5/16	2200	1004304	1.26	1.50	1.32	6.13	.79	2.60	.67	.50	.63	1.13	1.50
1/4-5/16	7-8	5700	7/16	4200	1004313	2.62	1.75	1.59	7.60	1.10	3.50	.87	.63	.81	1.38	2.00
3/8	10	8800	1/2	5600	1004322	4.70	2.00	1.73	8.83	1.17	4.39	1.10	.75	.94	1.75	2.50
1/2	13	15000	5/8	8600	1004331	8.64	2.50	2.38	11.20	1.67	5.45	1.26	1.00	1.16	2.11	3.00
5/8	16	22600	7/8	16600	1004340	17.00	2.75	2.53	12.90	2.05	6.56	1.50	1.13	1.50	2.49	3.50
3/4	18-20	35300	1	22000	1004349	24.00	2.83	2.52	14.10	2.22	7.76	2.01	1.10	2.03	3.52	5.00
7/8	22	44100	1-1/8	26500	1004358	29.00	3.44	3.19	16.40	2.45	8.75	2.26	1.30	2.20	3.83	6.00

* La carga de ruptura es 4 veces la Carga Limite.

Fig. 3.20 (ref. 7)

Por lo tanto, de la figura 3.20 se identifica que el gancho de acero al carbono con la mínima capacidad de 3/4 de toneladas puede cumplir con el requerimiento.

El gancho seleccionado para la aplicación es el gancho con número de parte interno de **10043304**.

Para poder acoplar el tubo con el codo en la estación de soldado (ver Fig. 1.10), el gancho debe tener una movilidad angular respecto a su eje, esta configuración de gancho permite esta ligera y controlada rotación de la carga para maniobras de acoplamiento del tubo con el codo (ver Fig. 3.19).

Componente comercial 3.- Argolla.

Para seleccionar la argolla es necesario tener en cuenta lo siguiente:

No debe tener interferencias con el acoplador del gancho, es decir debe entrar libremente en el área definida por B X A (ver Fig. 3.19) y el diámetro del vástago de unión debe tener un ajuste libre con el agujero de la placa.

En cuanto a la carga soportada debe tener la misma capacidad que el gancho, es decir de 3/4 de tonelada corta, la argolla que satisface este criterio ha sido seleccionada en la tabla mostrada en la figura 3.22.

Las características de la argolla se muestran en la figura 3.21.

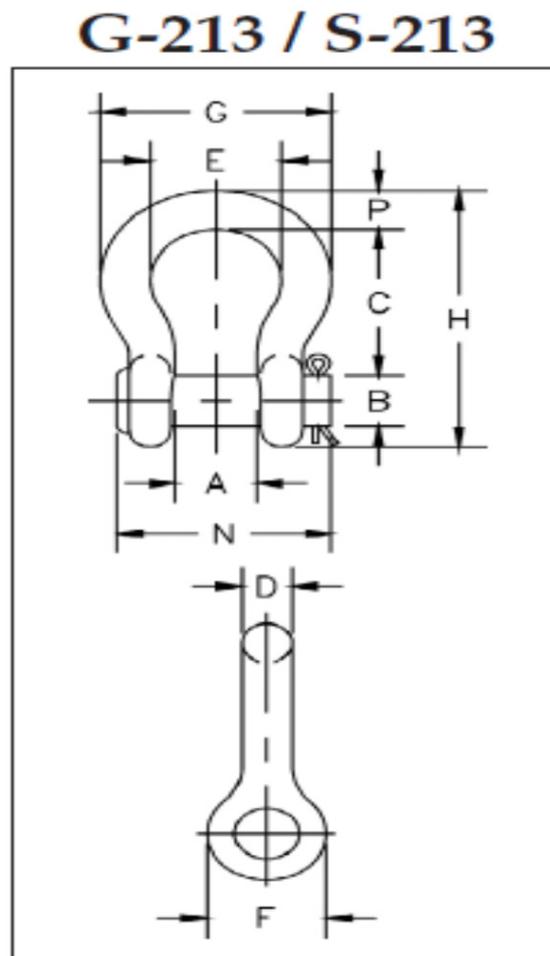


Fig. 3.21. Dimensiones principales de la argolla (ref. 7)

Para el primer criterio de selección, el área libre para el mango de la argolla está definida por: $B \times A = 1.32(\text{in}) \times 1.50(\text{in}) = 1.98(\text{in}^2)$

El área del mango de la argolla es de $\pi \cdot (0.31/2)^2 = 0.07(\text{in}^2)$.

Dado que el área libre es mayor que el área transversal del mango de la argolla, no presenta ningún problema para el paso libre del mango de las argollas.

Tamaño Nominal (plg)	Carga Límite de Trabajo (t)*	No. de Parte		Peso c/u (lbs.)	Dimensiones (plg)											Tolerancia +/-	
		G-213	S-213		A	B	C	D	E	F	G	H	N	P	C	A	
1/4	1/2	1018017	1018026	.13	.47	.31	1.13	.25	.78	.61	1.28	1.84	1.34	.25	.06	.06	
5/16	3/4	1018035	1018044	.18	.53	.38	1.22	.31	.84	.75	1.47	2.09	1.59	.31	.06	.06	
3/8	1	1018053	1018062	.29	.66	.44	1.44	.38	1.03	.91	1.78	2.49	1.86	.38	.13	.06	
7/16	1-1/2	1018071	1018080	.38	.75	.50	1.69	.44	1.16	1.06	2.03	2.91	2.13	.44	.13	.06	
1/2	2	1018099	1018106	.71	.81	.63	1.88	.50	1.31	1.19	2.31	3.28	2.38	.50	.13	.06	
5/8	3-1/4	1018115	1018124	1.50	1.06	.75	2.38	.63	1.69	1.50	2.94	4.19	2.91	.69	.13	.06	
3/4	4-3/4	1018133	1018142	2.32	1.25	.88	2.81	.75	2.00	1.81	3.50	4.97	3.44	.81	.25	.06	
7/8	6-1/2	1018151	1018160	3.49	1.44	1.00	3.31	.88	2.28	2.09	4.03	5.83	3.81	.97	.25	.06	
1	8-1/2	1018179	1018188	5.00	1.69	1.13	3.75	1.00	2.69	2.38	4.69	6.56	4.53	1.06	.25	.06	
1-1/8	9-1/2	1018197	1018204	6.97	1.81	1.25	4.25	1.13	2.91	2.69	5.16	7.47	5.13	1.25	.25	.06	
1-1/4	12	1018213	1018222	9.75	2.03	1.38	4.69	1.29	3.25	3.00	5.75	8.25	5.50	1.38	.25	.06	
1-3/8	13-1/2	1018231	1018240	13.25	2.25	1.50	5.25	1.42	3.63	3.31	6.38	9.16	6.13	1.50	.25	.13	
1-1/2	17	1018259	1018268	17.25	2.38	1.63	5.75	1.54	3.88	3.63	6.88	10.00	6.50	1.62	.25	.13	
1-3/4	25	1018277	1018286	29.46	2.88	2.00	7.00	1.84	5.00	4.19	8.86	12.34	7.75	2.25	.25	.13	
2	35	1018295	1018302	45.75	3.25	2.25	7.75	2.08	5.75	4.81	9.97	13.68	8.75	2.40	.25	.13	

* NOTA: La máxima Carga de Prueba es de 2.0 veces la Carga Límite de Trabajo. La carga de ruptura es 6 veces la Carga Límite de Trabajo. En referencia a la reducción de la Carga Límite de Trabajo debido a aplicaciones laterales de cargas, ver página 80.

Fig. 3.22 Características de la argolla. (ref. 7)

Finalmente dado que la placa se va a fabricar dentro de las instalaciones se va a taladrar un barreno que permita un ajuste libre entre el vástago de la argolla y el barreno de la placa.

También la protuberancia caracterizada por la dimensión F(ver Fig. 3.21), debe poder pasar libremente por el ancho y el alto del mango del gancho dimensiones Ay B (Fig. 3.19).Y como la dimensión F(3/4") < dimensión A(1.5") y dimensión B(1.32")< dimensión A se concluye que pasa libremente para propósitos de instalación del componente.

3.C Selección de materiales

La selección de materiales se hará para los componentes del dispositivo que serán fabricados dentro de la empresa.

Esta selección de materiales es inicial y puede estar sujeta a cambio pues depende totalmente del resultado de los análisis por elemento finito, también depende del método de fabricación empleado y principalmente del grado de disponibilidad del material en la existencia del almacén de la empresa.

Material para la Placa de transferencia de carga.

En existencia se tiene placa de acero con designación SAE-AISI 1010, 1020, 1030 en los siguientes espesores: 1/4, 3/8, 1/2 , 3/4 ,7/8, 1, 1.25 , 2 y 2.5[in].

En baja aleación se tiene placa SAE 4130-4142 , SAE 4340, en espesores de: 1/4 y 3/4[in].

Y en la designación ASTM tal como acero de bajo carbono y rolado en caliente: A-36, A-500 en los siguientes espesores: 1/4, 3/8, 1/2 , 3/4 ,7/8, 1, 1.25 , 2 y 2.5.

Se tiene también placa de Acero Inoxidable SAE 303 y 17-4PH en los siguientes espesores: 3/4, 1 y 1.25 [in].

También se cuenta con placa de aluminio AA 6061-T6 en espesores de : 1/4, 3/8, 1/2 , 3/4 ,7/8, 1, 1.25 , 2 y 2.5[in].

Dado que 2 factores importantes en esta selección de materiales es, la soldabilidad y la maquinabilidad del material, se escoge la placa de acero al bajo carbono SAE 1020, como material para la placa de transferencia de carga.

El espesor también queda sujeto a cambio por su dependencia con los resultados de los análisis de resistencia, sin embargo se puede escoger un espesor inicial de 1/4[in].

El aluminio queda descartado por su potencial efecto en corrosión galvánica al soldar las placas de carga al cuerpo principal que es una viga de acero.

Material para la Viga de soporte del dispositivo.

Este componente tiene requerimientos de rigidez, de resistencia, de manufacturabilidad y disponibilidad.

Se ha determinado con anterioridad que la sección transversal de esta viga sea un tubo cuadrado hueco.

La disponibilidad que se tiene para este componente es la siguiente:

SAE 1020 Tubo Rectangular (ver Fig. 3.23)

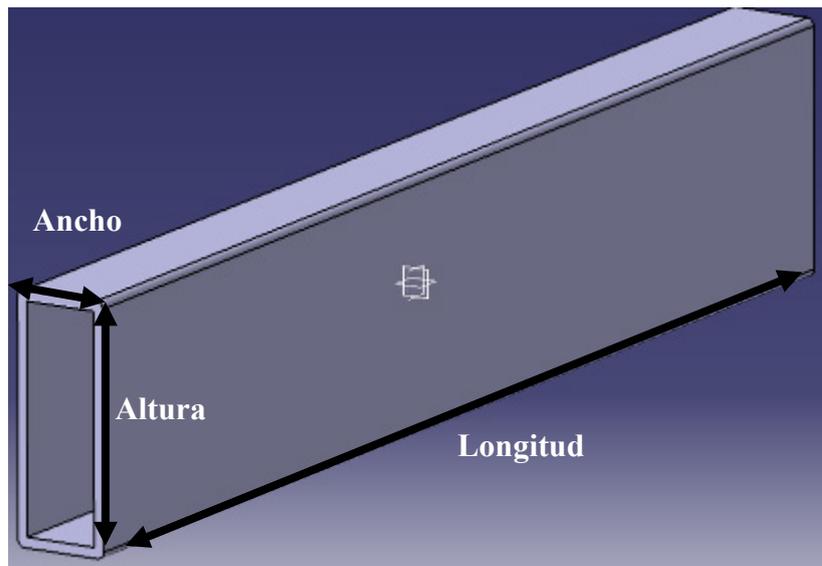


Fig. 3.23 Tubo estructural rectangular, SAE 1020

Secciones disponibles: altura x ancho x espesor en SAE 1020

- 3 " x 1 " x 0.120 "
- 3 " x 1 " x 0.250 "
- 3" x 2 " x 0.125 "
- 4 " x 2 " x 0.125 "
- 5" x 2 " x 0.250 "
- 5" x 2 " x 0.500 "
- 7" x 2" x 0.125 "

La longitud queda libre a lo requerido por el diseño, puesto que la viga se puede cortar en cualquier longitud.

Inicialmente se propone utilizar tubo rectangular de 3 " x 1" x 0.120", quedando sujetas a cambio según los resultados de deformaciones y esfuerzos de los análisis estructurales.

Material para la oreja de carga del dispositivo.

El material para este componente se puede definir de la misma forma que el material para la placa de carga.

En existencia se tiene placa de acero con designación SAE-AISI 1010, 1020, 1030 en los siguientes espesores: 1/4, 3/8, 1/2 , 3/4 ,7/8, 1, 1.25 , 2 y 2.5.

Se propone utilizar de manera inicial placa de 1/2 " de espesor.

3.D Dimensionamiento y tolerado funcional de componentes

Los primeros 3 componentes de la lista de materiales ya tienen dimensiones fijas, que fueron definidas durante el proceso de selección de componentes comerciales.

Ahora resta definir las dimensiones críticas y tolerancias funcionales de los 3 componentes que serán fabricados dentro de las instalaciones.

Algunos de los componentes ya tienen algunas dimensiones definidas dada la naturaleza del material de trabajo, aquí solo se definirán las dimensiones y tolerancias que faltan, este dimensionamiento y tolerado será en una base funcional para los componentes y si se requiere será evaluado por un análisis por acumulación de tolerancias.

Estas dimensiones están sujetas a cambios que se definan durante el análisis de esfuerzo y deformación de los componentes.

También estas dimensiones y tolerancias estarán sujetas a las capacidades de los procesos de manufactura, disponibles en la empresa.

Las tolerancia dimensional aceptable para todos los siguientes componentes es de : $1/32(\text{in})$ y es alcanzable con el proceso de fabricación seleccionado para el componente.

Dimensiones para la Placa de transferencia de carga.

El espesor de la placa de carga ya está definido, faltan las siguientes dimensiones según la figura 3.24 : *∅ del barreno, longitud del chaflán, ancho de la placa, longitud de la placa.*

Longitud del chaflán = $1/4''$ a 45° .

Como una especificación del producto es la de matar filos, se ha agregado un chaflán con dimensión de $1/4''$ a 45° .

Ancho de la placa = $1.37 (\text{in})$

El ancho de placa está en función del ancho de la viga de soporte cuyo ancho es de $3''$, a este ancho se le suma la saliente de empalme puesto que la viga y las placas van a estar soldadas (ver Fig.3.24).

Longitud de la placa = $4.375(\text{in})$

La longitud debe considerar la saliente de empalme y depende de la longitud de los componentes: dimensión H de la argolla (ver Fig. 3.21), dimensión L de gancho (Fig. 3.19) y la longitud de la eslinga.

\varnothing Del barreno = 0.389 - 0.396 (in)

El barreno de la placa debe ser de tal magnitud que permita un ajuste libre con el diámetro B del pasador de la argolla (Fig. 3.21 y Fig. 3.22). Por lo tanto se tiene que tener un claro de al menos 0.009 " y un claro máximo de 0.016" (Fig. 3.24).

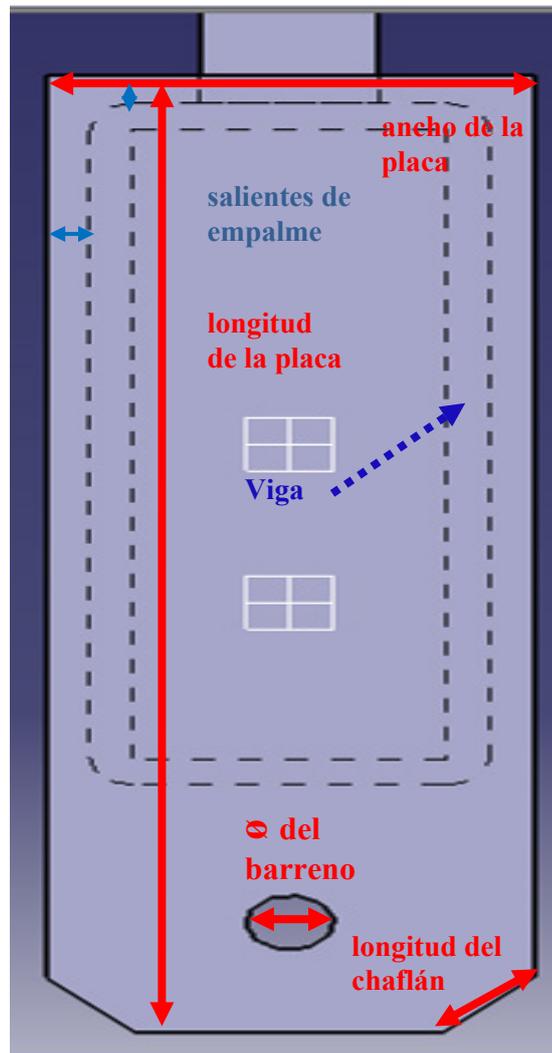


Fig. 3.24 Dimensiones de la placa de carga.

Dimensiones para la oreja de carga.

Para definir este componente se necesitan las siguientes dimensiones: Espesor (ya definido en la selección del material), longitud del chaflán, Diámetro de la ranura, Ancho, Altura de la oreja (ver Fig. 3.25).

La tolerancia aplicada a este componente aceptable es: 1/32(in) y es alcanzable con el proceso de fabricación seleccionado para el componente.

Longitud del chaflán = 1/16" a 45°.

Como una especificación del producto es la de matar filos se ha agregado un chaflán con dimensión de 1/16" a 45°. Este chaflán también evita la indotación de uno de los filos en el gancho de la grúa.

Diámetro de la ranura = 1 (in)

Este diámetro debe ser el suficiente para proveer una superficie estable de carga para el gancho de la grúa, también este diámetro se verá fuertemente influenciado por los resultados de los análisis estructurales.

Longitud de la placa = 4.0 (in) y ancho de la placa = 4(in)

La dimensión del ancho y la longitud de la placa no se modificaron en gran magnitud, con el fin de evitar operaciones de maquinado adicionales, el cual es un requerimiento del cliente.

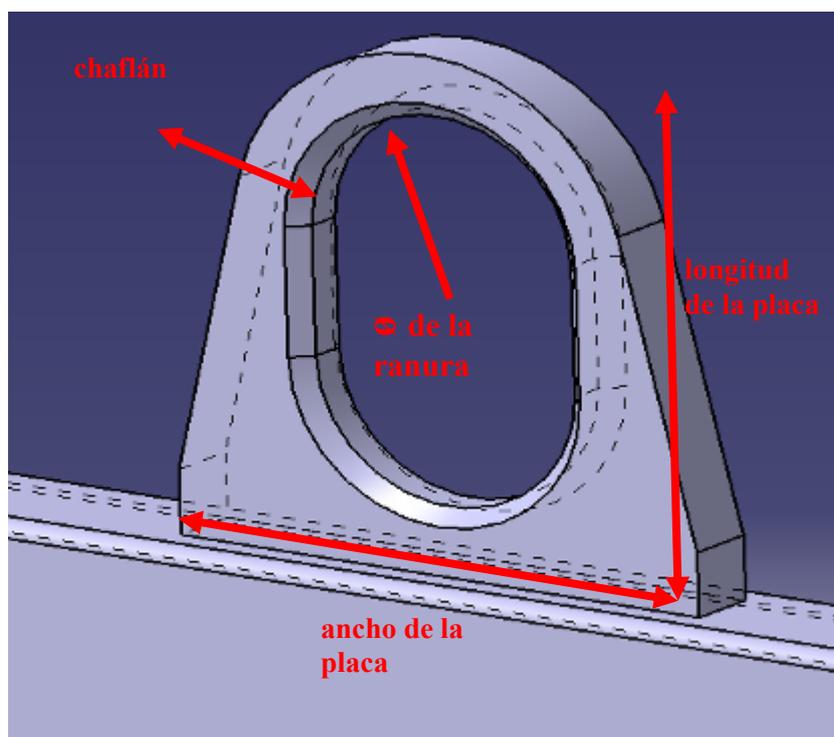


Fig. 3.25 Dimensiones de la oreja de carga.

Dimensiones para la viga soporte del dispositivo.

La única dimensión que falta por definir para este componente es la longitud.

Longitud de la viga = 60(in)

Esta longitud será definida en base a la determinación de las distancias de voladizo aceptables para acoplar la eslinga con los perfiles y tubos (ver Fig.3.26).

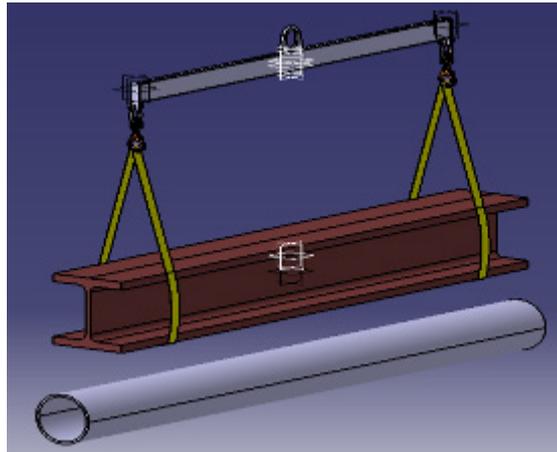


Fig. 3.26 Voladizos del perfil y del tubo.

3.E Evaluación del desempeño del producto

Las especificaciones de ingeniería se formularon con base a los requerimientos del cliente, y para cada una de estas especificaciones se determinó un valor objetivo, la meta en esta etapa es evaluar el producto contra estos valores objetivo.

La evaluación del dispositivo debe proveer de:

- Datos numéricos para poder hacer la comparación con las especificaciones de ingeniería.
- Indicativos de que características del producto se van a modificar y la magnitud de la modificación.
- Influencias debido a la variación paramétricas por manufactura, deterioración y cambios ambientales.

Se emplearan 3 métodos para la evaluación del producto:

1. Análisis de modos de falla y efectos
2. Análisis estructurales de esfuerzo y deformación
3. Diseño para facilidad de manufactura y ensamble

3.F Análisis de modos de falla y efectos.

Con la finalidad de obtener un producto de alta confiabilidad se realiza esta tarea para el dispositivo.

Esta actividad consiste en averiguar los modos de falla del producto y las consecuencias o efectos de esta falla que percibirá el cliente o usuario final del producto. Una vez identificadas las fallas y efectos se mitigan los riesgos de mayor severidad desde la óptica del cliente.

Esta metodología se desarrolla con los siguientes pasos:

1. Identificación de las funciones afectadas y modos de falla

Se revisa el diagrama funcional y la evolución de las funciones del dispositivo y se identifican las funciones afectadas con sus respectivos modos de falla.

Estos modos de falla son (Fig.3.27):

- Acoplamiento no completo de la eslinga con el tubo/perfil
- Ajuste incorrecto de la velocidad de ascenso
- No hay transferencia de carga del acoplador a la argolla
- No hay transferencia de carga de la placa de carga hacia la viga soporte del dispositivo.
- Salida no intencional de la eslinga del gancho
- Levantamiento de carga no balanceada.
- Ajuste incorrecto de la velocidad de velocidad de traslado
- Desalineamiento en el acoplamiento tubo-codo
- Imposible descansar los perfiles tubos en soportes de electroplateado

2. Identificación del efecto de las fallas (Fig.3.27).

El efecto de la falla siempre tiene que ser visto desde la óptica del cliente afectado, pero también se debe indagar qué consecuencias tiene la falla en otros componentes del dispositivo.

3. Identificar las causas de los modos de falla(Fig.3.27)

Aquí se identifica si los errores provienen de: diseño o de manufactura del dispositivo o bien del personal que usa el dispositivo en una forma no previsible.

4. Valores para Severidad, Ocurrencia y Detección(ver Fig.3.27)

Se determinan estos valores: Severidad del efecto, Ocurrencia de la causa, y detección de la causa.

5. Acciones correctivas (ver Fig.3.27)

Se determinan las acciones de rediseño o cambios en la forma de manufactura del dispositivo con la finalidad de incrementar la calidad. Se atacaran los modos de falla cuyos efectos sean los de mayor severidad.

AMEF PARA EL DISPOSITIVO DE LEVANTAMIENTO DE TUBOS Y PERFILES								
Product Name:	Dispositivo de levantamiento						Prepared by: Ignacio C.	
Responsible:	Ignacio C.						FMEA Date (Orig) 8/10/2007 (Rev) _____	
Funcion Afectada	Modo de Falla	Efectos	Severidad	Causas	Ocurrencia	Deteccion	R P N	Acciones de mitigacion
ACOPLAMIENTO CON TUBO O PERFIL	Incorrecto amarre de la eslinga con el perfil o tubo	No hay control de la estabilidad de la carga	7	Ignorancia de uso de el dispositivo	2	2	28	Se proveera un manual de operación del dispositivo
	Posición de amarre de la eslinga no respeta las posiciones requeridas para el soldado del tubo	Dificultad en el ensamble de tubo/codo	5	No se posiciona correctamente la eslinga en la zona de	2	2	20	Se proveera un manual de operación del dispositivo
	Indentacion de las aristas filosas de el perfil en la eslinga	Deterioramiento de la eslinga y riesgo para el operador	8	No se usaron las barras de elastomero en aristas filosas del perfil	5	2	80	Se proveera un manual de operación del dispositivo
AJUSTES DE VELOCIDADES DE ASCENSO, TRASLACION Y DESCENSO	Incorrecta selección de velocidad de ascenso	Daños al operador del dispositivo	8	Ignorancia de uso de el dispositivo	2	5	80	Se proveera un manual de operación del dispositivo y se agregaran al dispositivo etiquetas de peligro
TRANSFERENCIA DE CARGA HACIA EL SOPORTE DE LOS COMPONENTES DEL DISPOSITIVO	No hay transferencia de carga de la eslinga a el gancho	Caida de perfil en operación, riesgo de muerte en el operador	10	Desgarre en la eslinga,por indentacion de arista filosa del perfil	2	2	40	Durante el diseño del dispositivo se detecto este riesgo y se agregaron barras de elastomero,esta medida reduce la ocurrencia
	No hay transferencia de carga de el gancho ala argolla	Caida de perfil o tubo durante ascenso -traslado-descenso , riesgo de muerte en el operador	10	Fluencia plastica o fractura en el componente	2	2	40	Como durante la evaluacion estructural de este componente se utilizo un factor de seguridad de 3 , no es necesaria ninguna accion
	No hay transferencia de carga entre la argolla y la placa de carga	Caida de perfil o tubo durante ascenso -traslado-descenso , riesgo de muerte en el operador	10	Fluencia plastica o fractura en el componente	2	2	40	Como durante la evaluacion estructural de este componente se utilizo un factor de seguridad de 3 , no es necesaria ninguna accion adicional.
	No hay transferencia de carga el aro y el gancho de la grua	Caida de perfil o tubo durante ascenso -traslado-descenso , riesgo de muerte en el operador	10	Fluencia plastica o fractura en el componente	2	2	40	Como durante la evaluacion estructural de este componente se utilizo un factor de seguridad de 3 , no es necesaria ninguna accion adicional.
LEVANTAMIENTO DEL DISPOSITIVO CON TUBO ACOPLADO	Salida no intencional de la eslinga del gancho	Caida de perfil o tubo durante ascenso -traslado-descenso , riesgo de muerte en el operador	10	No hay medio anti-salida en el gancho	2	2	40	Durante la selección del gancho se penso en esta situacion y se adicioo un mecanismo asegurador de la eslinga
ACOPLAR TUBO CON JIG DE SOLDADURA Y CODO	Dificultades de acoplamiento	Dificultad en el ensamble de tubo/codo	7	Insuficientes grados de libertad para maniobrar la carga y acoplarla.	2	2	28	El gancho tiene movilidad rotacional para facilitar las maniobras de acople.
ACOPLAR TUBO O PERFIL CON SOPORTE DE ELECTROPLATEADO	Dificultades de acoplamiento	Dificultad ensamble tubo/perfil en sus soportes de el tanque de electro-plateado	7	Insuficientes grados de libertad para maniobrar la carga y acoplarla.	2	2	28	El gancho tiene movilidad rotacional para facilitar las maniobras de acople.

Fig.3.27 AMEF de diseño para identificación y mitigación de riesgos

3.G Análisis estructurales de esfuerzo y deformación

Esta sección valida la resistencia estructural considerando la fluencia plástica como el modo de falla de los componentes.

Se considera un factor de seguridad de **3**, para blindar al diseño del componente contra una posible variación en cuanto a la calidad de los materiales, posible variaciones en dimensiones y defectos por el proceso de manufactura, así como también una posible aplicación rápida de carga.

También, se analizan las uniones entre los componentes del dispositivo, principalmente las soldaduras.

Se utiliza el programa de elemento finito (**Ansys**) para evaluar el ensamble del dispositivo, pero se hace un pre-análisis en base a mecánica de sólidos deformables para indagar donde puede estar la solución de esfuerzos y deformaciones para los componentes.

1. Validación de la placa de carga:

Este componente está sujeto a carga axial y se identifican las siguientes zonas críticas en el diagrama de cuerpo libre mostrado en la Fig.3.28.

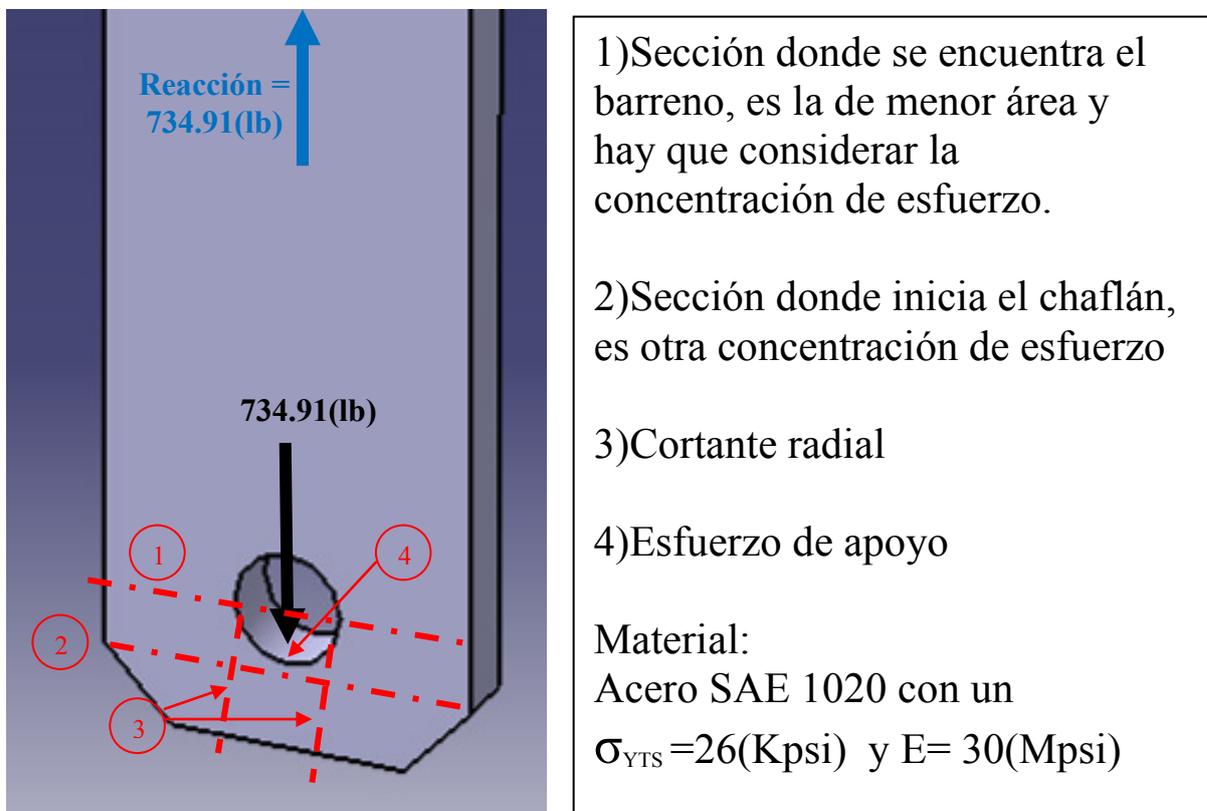


Fig.3.28 Diagrama de cuerpo libre de la placa de carga.

1) Sección del barreno

El esfuerzo nominal en la sección del barreno se obtiene mediante la ecuación 3.1:

Ec. (3.1):

$$\sigma_{nominal} = \frac{F}{A_{minima}}$$

De donde :

F: Es la carga axial en el componente y $F = 734.91$ [lbf]

A_{minima} : Es el área de la sección transversal mostrada en la figura 3.29

Sustituyendo valores en la ecuación 3.1, se tiene que:

$$\sigma_{nominal} = \frac{F}{A_{minima}} = \frac{734.91(lbf)}{0.244(in^2)} = 3.011(Kpsi) = 20.76[MPa]$$

Donde el Área mínima (A_{minima}).

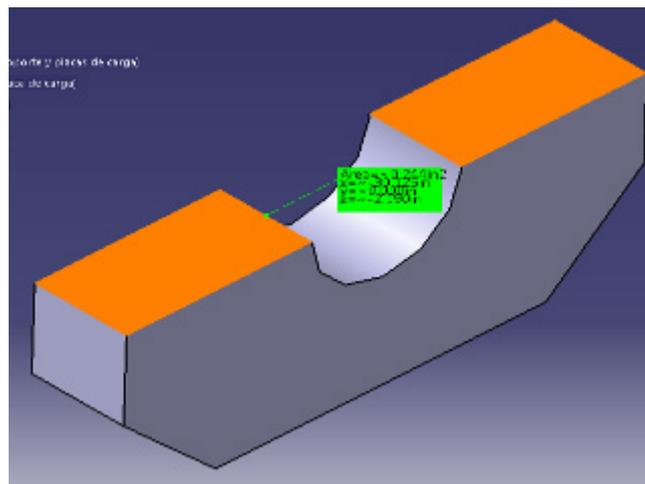


Fig. 3.29 Área mínima, en una sección que pasa por el barreno.

Para estimar el factor de concentración de esfuerzo debido al barreno, se requiere estos datos: ϕ del barreno y el ancho de la placa (w).

De la Fig. 3.24: ϕ del barreno = 0.389" y $w = 1.37$ ".

Por lo tanto:

$$\frac{2 * r}{w} = \frac{2 * \phi / 2}{w} = 0.2839$$

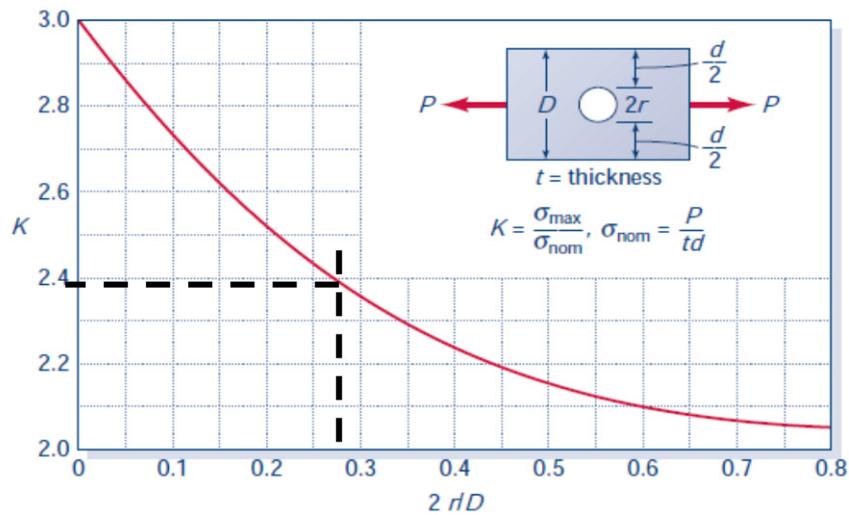


Fig. 3.30 Gráfica de factores de concentración de esfuerzo, para un caso de un miembro con sección rectangular, a esfuerzo de tensión y con un barreno al centro.

Por lo tanto de la gráfica presentada en la (Fig.3.30) se tiene que:
Kt = 2.4

Y el esfuerzo máximo sería obtenido mediante la ecuación 3.2:

$$\text{Ec. (3.2): } \sigma_{\max} = Kt * \sigma_{\text{nominal}}$$

Sustituyendo valores en la ecuación 3.2 se tiene que:

$$\sigma_{\max} = Kt * \sigma_{\text{nominal}} = 7.22(\text{Kpsi}) = 49.85[\text{MPa}]$$

Obteniendo un factor de seguridad mediante la ecuación 3.3:

Ec. (3.3):

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\sigma_{\text{yts}}}{\sigma_{\max}}$$

Donde σ_{yts} = Esfuerzo de fluencia a la tensión = 26(kpsi) = 179.31[MPa]

Por lo tanto, sustituyendo valores en la ecuación 3.3 se tiene que:

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{26(\text{Kpsi})}{7.22(\text{Kpsi})} = \frac{179.31[\text{Mpa}]}{49.85[\text{Mpa}]} = 3.59$$

Con este resultado se concluye que no falla bajo esta condición.

2) Sección del chaflán:

Dado que el barrenado de aplicación de carga está antes que el chaflán, no se considera esta discontinuidad.

3) Cortante radial:

El cortante radial se puede obtener mediante la ecuación 3.4:

Ec. (3.4):

$$\tau = \frac{F}{2 * A}$$

Donde el área en cuestión (A) se determina de la figura 3.31.

Sustituyendo valores se tiene:

$$\tau = \frac{F}{2 * A} = \frac{734.91(lbf)}{2 * 0.069(in^2)} = 5.26(Kpsi) = 36.72[Mpa]$$

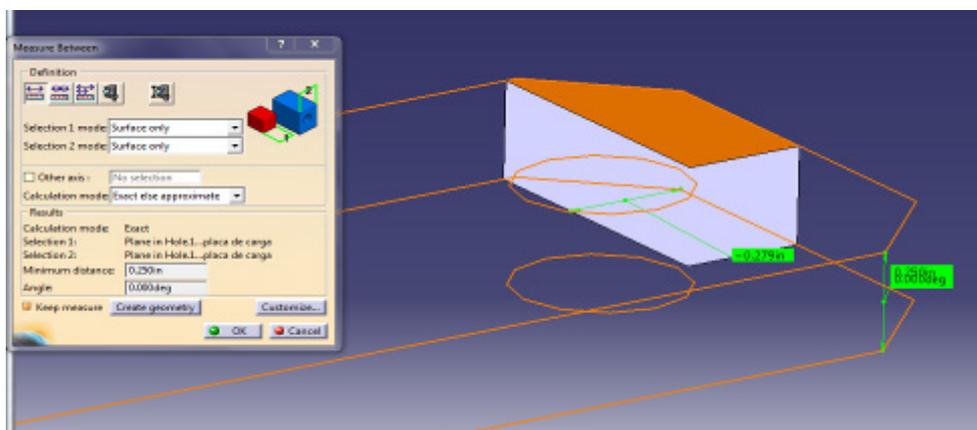


Fig. 3.31 Sección que muestra el área trabajando a cortante radial.

Mediante la teoría del máximo esfuerzo cortante, se estima el esfuerzo cortante de fluencia (T_y) :

$$\tau_y = 50\% \sigma_{yts} = 0.5 * 26(Kpsi) = 13(Kpsi) = 89.65[MPa]$$

Y substituyendo valores para calcular el factor de seguridad se tiene que:

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\tau_y}{\tau} = 2.46$$

Por lo tanto, no se cumple el requerimiento de factor de seguridad de 3 y hay que incrementar el área para inducir un menor esfuerzo o cambiar el material para incrementar la resistencia.

Se opta por cambiar el material de placa de acero SAE 1010 a placa de acero **ASTM A-36 con un $\sigma_{yts} = 36(kpsi)$** , manteniendo el mismo espesor de 1/4".

Con el cambio de material, el factor de seguridad queda en :

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\tau_y}{\tau} = 3.41$$

Y por lo tanto, el diseño es apropiado.

4) Esfuerzo de aplastamiento

El esfuerzo de aplastamiento se obtiene mediante la ecuación 3.5.

Ecuación (3.5):

$$\sigma_{apoyo} = \frac{F}{A_{proyectada}}$$

Donde el área proyectada se obtiene por la siguiente ecuación:

$$A_{proyectada} = \phi_{barreno} * Espesor$$

Sustituyendo valores se tiene que:

$$A_{proyectada} = \phi_{barreno} * Espesor = 0.097(in^2) = 0.00064516[m^2]$$

Por lo tanto, sustituyendo el valor del área proyectada en la ecuación 3.5:

$$\sigma_{apoyo} = \frac{F}{A_{proyectada}} = \frac{734.91(lbf)}{0.097(in^2)} = 7.55(Kpsi) = 52.11[MPa]$$

Y finalmente el factor de seguridad es:

$$Factor\ de\ Seguridad = \frac{\sigma_{ycs}}{\sigma_{apoyo}} = 4.76$$

Por lo tanto, se cumple el criterio. Nótese que la resistencia a la compresión se considera igual a la de tensión ($\sigma_{yts} = \sigma_{ycs}$).

2. Validación de la oreja de carga:

Este componente está sujeto a carga axial y además de soportar la carga del perfil o el tubo, tendrá que resistir el peso de todos los componentes del dispositivo , $W_{\text{dispositivo}} = 18.00(\text{lbf}) = 8.16 [\text{Kgf}]$.

En la figura 3.32 se muestran las secciones críticas para este componente.

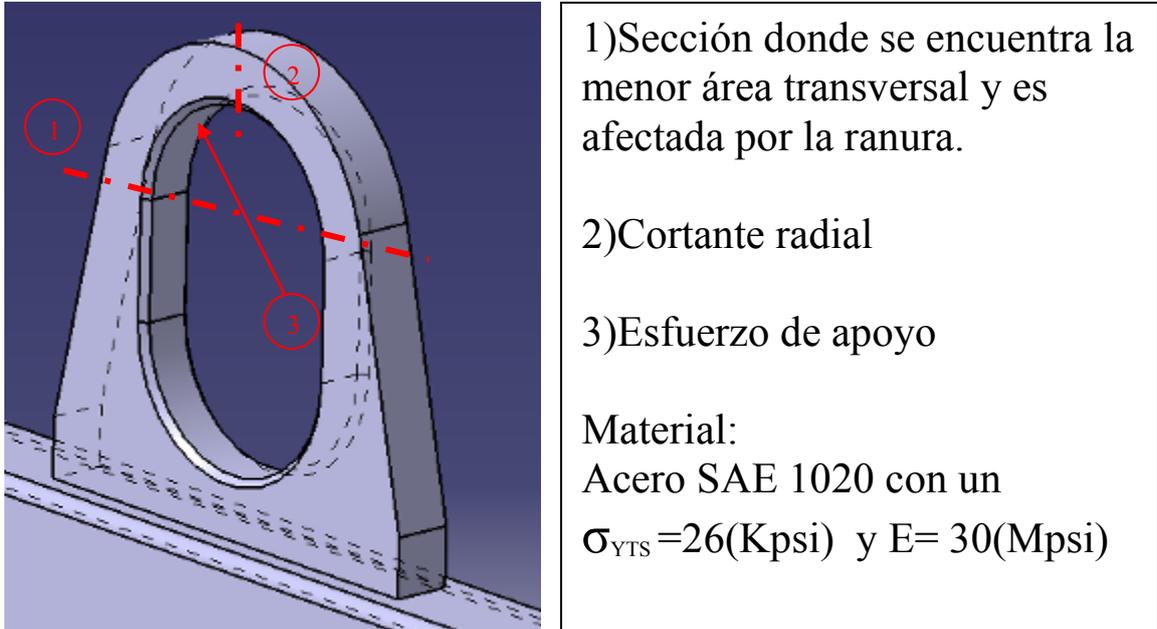


Fig. 3.32 Secciones críticas para el diseño de la Oreja de carga.

1) Sección de menor área transversal y con la ranura.

El esfuerzo nominal en la sección se obtiene mediante la ecuación 3.6.

Ec. (3.6):

$$\sigma_{\text{nominal}} = \frac{F + W_{\text{dispositivo}}}{A_{\text{minima}}}$$

Donde el Área mínima (A_{minima}) es el área de la sección transversal mostrada en la figura 3.33.

Sustituyendo valores en la ecuación 3.6, se tiene que:

$$\sigma_{\text{nominal}} = \frac{F + W_{\text{dispositivo}}}{A_{\text{minima}}} = \frac{752.915(\text{lbf})}{0.514(\text{in}^2)} = 1.468(\text{Kpsi}) = 10.06[\text{Mpa}]$$

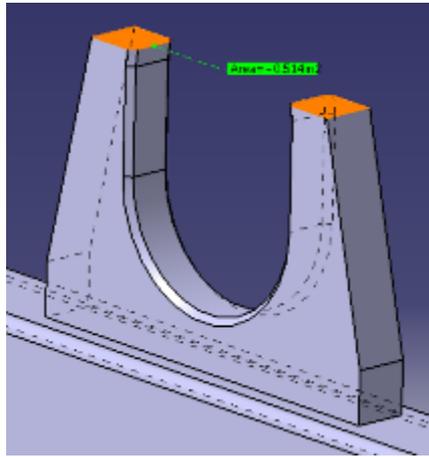


Fig. 3.33 Sección que contiene el área mínima de trabajo contra esfuerzos a la tensión.

Para estimar el factor de concentración de esfuerzo debido a la ranura se modela como una placa con perforación circular y por lo tanto se requieren estos datos : ϕ de la ranura y el ancho de la placa (w).

De la Fig. 3.25: ϕ de la ranura = 1" y $w = 2.923$ "

$$\frac{2 * r}{w} = \frac{2 * \phi / 2}{w} = 0.3421$$

Con este valor se obtiene el factor de concentración de esfuerzo de la gráfica de la figura 3.34.

Por lo tanto, se tiene que : **$K_t = 2.3$**

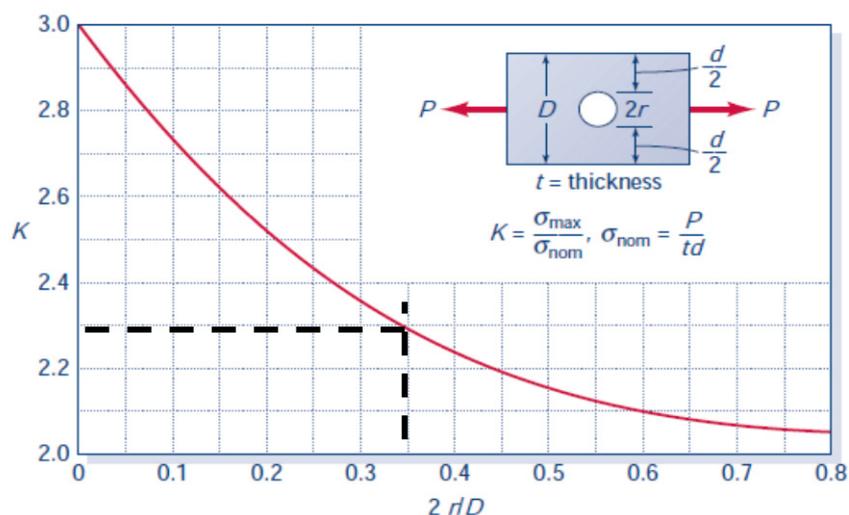


Fig.3.34 Grafica de factores de concentración de esfuerzo para placa de sección rectangular en carga axial y con un barreno al centro.

Y el esfuerzo máximo es:

$$\sigma_{max} = Kt * \sigma_{nominal} = 3.369(Kpsi) = 23.22[MPa]$$

Obteniendo un factor de seguridad mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\sigma_{yts}}{\sigma_{max}}$$

Donde σ_{yts} = Esfuerzo de fluencia a la tensión.= 26(kpsi)

Por lo tanto, se tiene que:

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\sigma_{yts}}{\sigma_{max}} = 7.71$$

Con este resultado se concluye que no falla bajo esta condición.

2) Cortante radial:

Este cortante se puede estimar mediante la ecuación 3.4.

El área sometida a este cortante se visualiza en la figura 3.35

Sustituyendo valores se tiene que:

$$\tau = \frac{F}{2 * A} = \frac{752.915(lbf)}{2 * 0.25(in^2)} = 1.505(Kpsi) = 10.37[MPa]$$

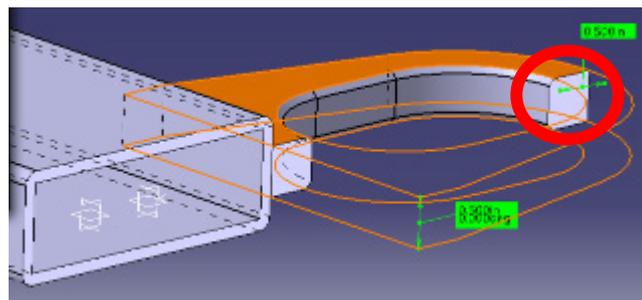


Fig.3.35 Área sometida a cortante radial en la oreja.

Mediante la teoría del máximo esfuerzo cortante se estima el esfuerzo cortante de fluencia (T_y):

$$\tau_y = 50\% \sigma_{yts} = 0.5 * 26(Kpsi) = 13(Kpsi) = 89.65[MPa]$$

Y calculando el factor de seguridad se tiene que:

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\tau_y}{\tau} = 8.63$$

Con este resultado se concluye que no falla bajo esta condición.

4) Esfuerzo de aplastamiento

El esfuerzo de aplastamiento es obtenido con la ecuación 3.5.

Pero solo está sujeta a este esfuerzo el área de contacto entre el gancho de la grúa y la oreja de carga.

Por lo tanto, se utiliza el \varnothing del gancho de la grúa.

Dónde:

$$A_{proyectada} = \varnothing_{gancho\ de\ grua} * Espesor = 0.125(in^2) = 80.64[mm^2]$$

Por lo tanto sustituyendo valores en la ecuación 3.5:

$$\sigma_{apoyo} = \frac{F}{A_{proyectada}} = \frac{752.915(lbf)}{0.125(in^2)} = 6.023(Kpsi) = 41.52[MPa]$$

Y finalmente el factor de seguridad seria:

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\sigma_{ycs}}{\sigma_{apoyo}} = 4.31$$

Por lo tanto se cumple el criterio. Nótese que la resistencia a la compresión se considera igual a la de tensión ($\sigma_{yts} = \sigma_{ycs}$).

3. Validación de la viga del cuerpo del dispositivo:

Este componente está sujeto a flexión, y se modela como una viga simplemente apoyada y cargada centralmente tal y como se muestra en el diagrama de cuerpo libre en la (Fig. 3.36).

Se obtendrán los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para encontrar las secciones críticas en la viga.

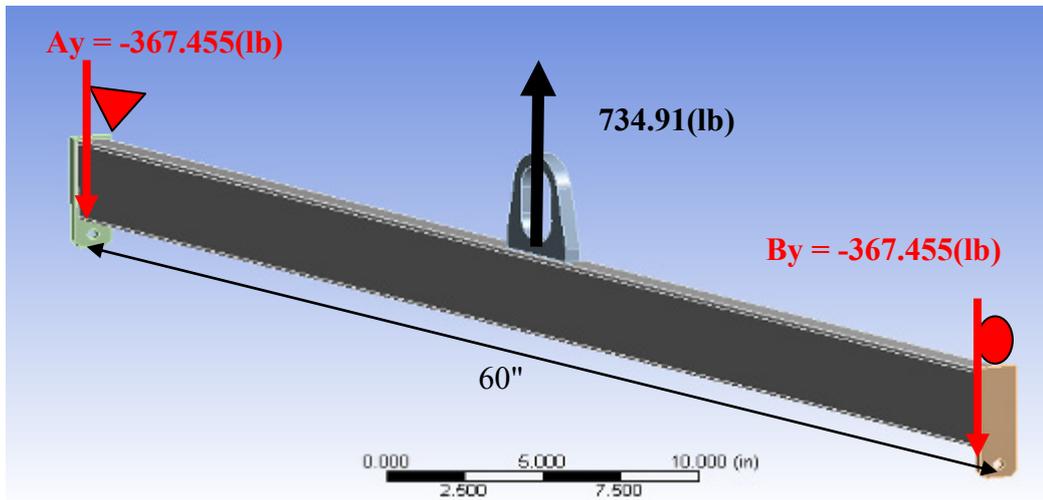


Fig. 3.36 Diagrama de cuerpo libre de la viga de cuerpo.

De las ecuaciones de equilibrio (Ecs. 3.7), se obtienen las reacciones mostradas en la figura 3.36.

Ecs. (3.7)

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 & -A_y - B_y + 734.91 &= 0 \\ \sum M_{\text{punto } b} &= 0 & -734.91 * (30'') + A_y * (60'') &= 0 \end{aligned}$$

Resolviendo por el método de sustitución este par de ecuaciones, se obtienen los valores de las reacciones externas.

$$A_y = B_y = 367.46(\text{lb}) = 2533.54[\text{MPa}]$$

Determinación de los diagramas de cortante y momento flexionante

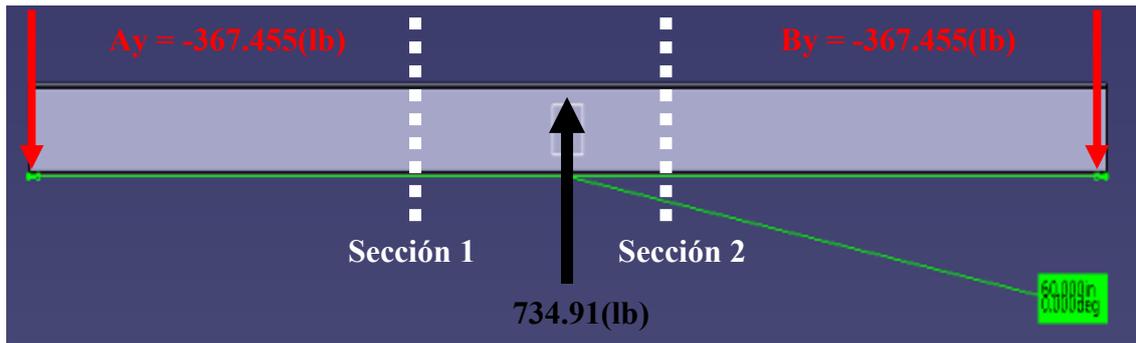


Fig. 3.37 Secciones de corte para obtener los diagramas de cortante y de momento flexionante.

Para este procedimiento se va a seccionar la viga en 2 secciones y en cada una se obtendrán las reacciones internas para la construcción de los diagramas mostrados en la Fig. 3.37.

Cortando la viga en la sección 1 a una distancia "x" como se muestra en la Fig. 3.38.

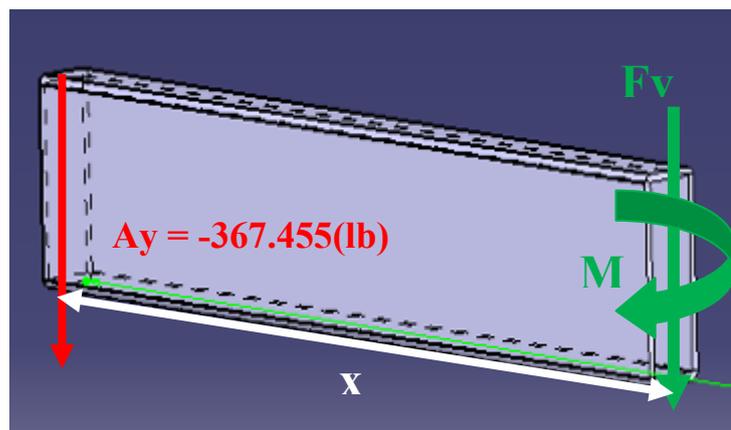


Fig. 3.38 Sección 1 de la viga, mostrando las reacciones internas F_v y M .

Las ecuaciones 3.8, construyen los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante en el tramo número 1 de la viga.

Ecs. (3.8):

$$\sum F_{\text{vertical}} = -F_v - A_y = 0 \longrightarrow A_y = -F_v$$

$$\sum M_{\text{seccion 1}} = -M + A_y * x = 0 \longrightarrow M = A_y * x$$

Seccionando la viga en la porción 2 a una distancia "x" como se muestra en la figura 3.39.

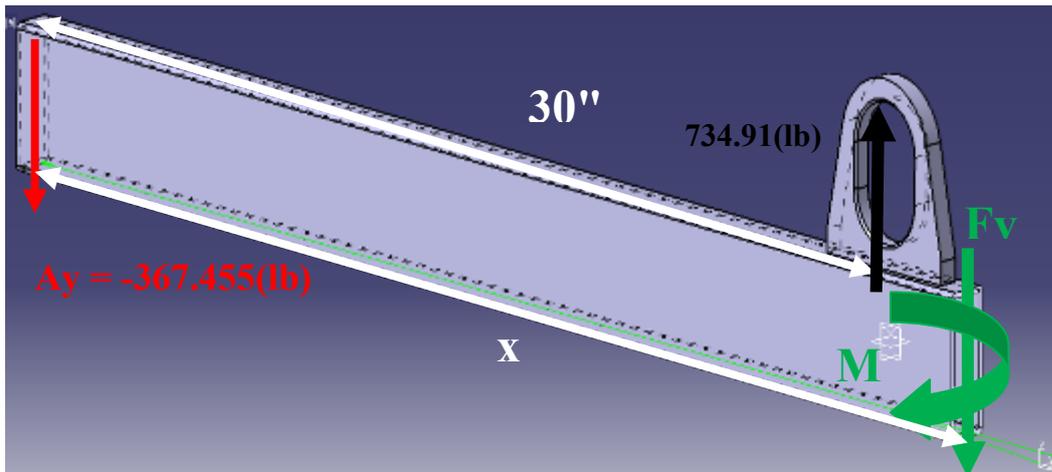


Fig. 3.39 Sección 2 de la viga, que muestra las reacciones internas F_v y M .

Sustituyendo valores:

$$\sum F_{\text{vertical}} = -F_v - A_y + 734.91 = 0$$

$$F_v = 734.91 / 2 = 367.46(\text{lbs}) = 2533.54[\text{MPa}]$$

$$\sum M_{\text{sección 2}} = -M + A_y * x - 734.91 * (x - 30) = 0$$

$$M = (A_y - 734.91)x + 22047.3$$

Con las ecuaciones 3.8, se construyen los diagramas de cortante y flexionante en el tramo 2 de la viga, mostrados en la figura 3.40.

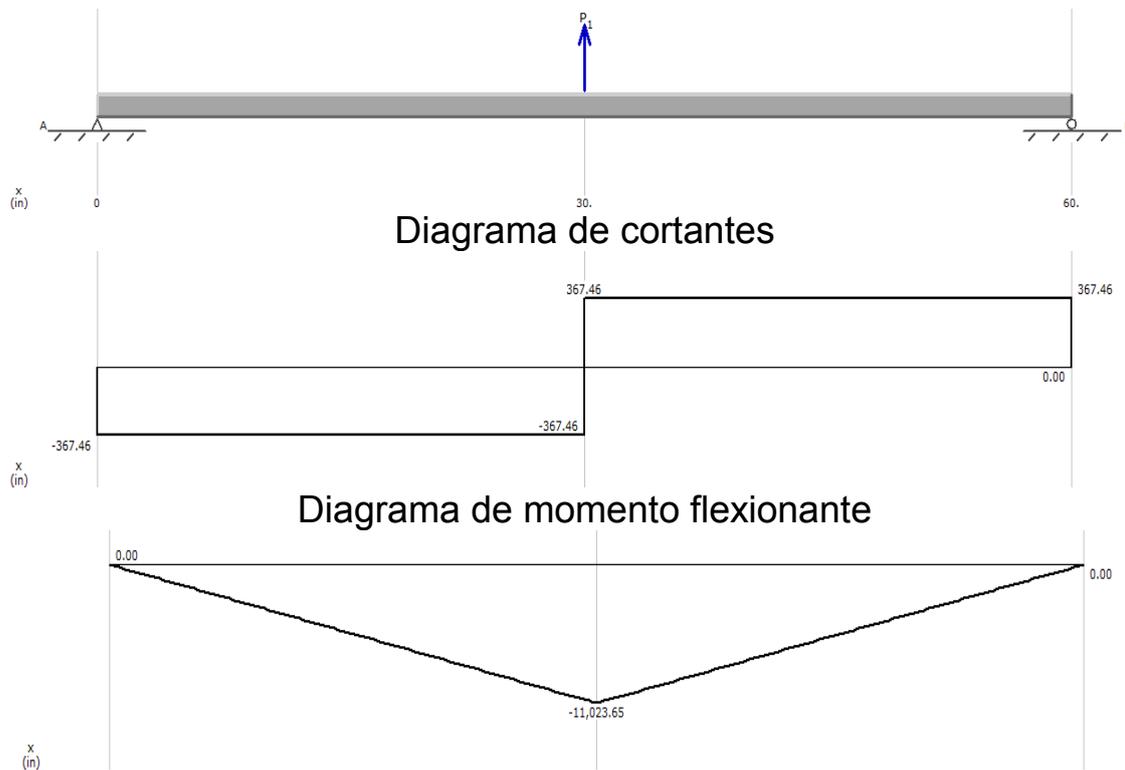


Fig. 3.40 Diagramas de fuerza cortante y momento flexionante de la viga.

Calculando los esfuerzos en la sección transversal cuyo momento es máximo, es decir según el diagrama de momento flexionante en la figura 3.40, el máximo momento se tiene a la mitad de la viga es decir cuando $x=30''$.

$$M_{max} = -11023.65(\text{in} * \text{lb}) = 1245.50[\text{N} * \text{m}]$$

Para calcular el esfuerzo máximo de tensión en la viga se utiliza la ecuación 3.9.

Ec. (3.9):

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} * Y_{max}}{I_{\text{eje centroidal}}}$$

Donde:

- Y_{max} es la distancia del plano neutro de la viga a la fibra más externa del lado de tensión.
- $I_{\text{eje centroidal}}$ es el momento de inercia de área respecto a un eje que pasa por el centroide de la sección transversal.

Obteniendo las propiedades de la sección mostradas en la tabla de la (Fig. 3.41) :

X Axis Properties			
From bottom to centroid	y (bot)	1.5	inch
From centroid to top	y (top)	1.5	inch
Area of shape	A	0.9024	inch ²
Moment of Inertia	Ix	0.91844352	inch⁴
Section Modulus	Sx	0.61229568	inch ³
Section Modulus (bottom)	S (bot)	0.61229568	inch ³
Section Modulus (top)	S (top)	0.61229568	inch ³
Radius of Gyration	rx	1.008850199	inch
Plastic Modulus	Zx	0.802656	inch ³
Shape Factor		1.310896069	
From bottom to plastic n.a.	yp (bot)	1.5	inch
From plastic n.a. to top	yp (top)	1.5	inch
Y Axis Properties			
From left to centroid	x (left)	0.5	inch
From centroid to right	x (right)	0.5	inch
Area of shape	A	0.9024	inch ²
Moment of Inertia	Iy	0.14903552	inch⁴
Section Modulus	Sy	0.29807104	inch ³
Section Modulus (left)	S (left)	0.29807104	inch ³
Section Modulus (right)	S (right)	0.29807104	inch ³
Radius of Gyration	ry	0.406392187	inch
Plastic Modulus	Zy	0.351456	inch ³
Shape Factor		1.179101465	
From left to plastic n.a.	xp (left)	0.5	inch

Fig. 3.41 Tabla de propiedades geométricas de la sección transversal de la viga.

Por lo tanto, sustituyendo valores en la ecuación 3.9 para encontrar el máximo esfuerzo normal de tensión se tiene que :

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} * Y_{max}}{I_{eje\ centroidal}} = \frac{11023.65(in * lb) * 1.5(in)}{0.9184(in^4)} = 18.004(Kpsi) = 124.133[MPa]$$

Calculando un factor de seguridad para la viga se tiene que:

$$Factor\ de\ Seguridad = \frac{\sigma_{yts}}{\sigma_{max}} = \frac{26(Kpsi)}{18.004(Kpsi)} = 1.44$$

Por lo tanto, está sección transversal para la viga **no es aceptable** puesto que no cumple el factor de seguridad requerido.

Se tienen 2 caminos para la solución de este problema

- Se cambia el material de la viga a uno con mayor resistencia a la fluencia.
- Se incrementa el momento de inercia, imponiendo una mayor sección para la viga con el fin de inducir un menor esfuerzo.

Como no hay otra disponibilidad de material para la viga, se opta por cambiar la sección para tener un mayor momento de inercia.

Debe de ser una sección que no afecte en grado mayor a las relaciones dimensionales entre los componentes del dispositivo.

Por lo que se propone cambiar la sección original a un tubo estructural con sección : **TS4"×2"×0.125 "** (ver Fig.3.42)

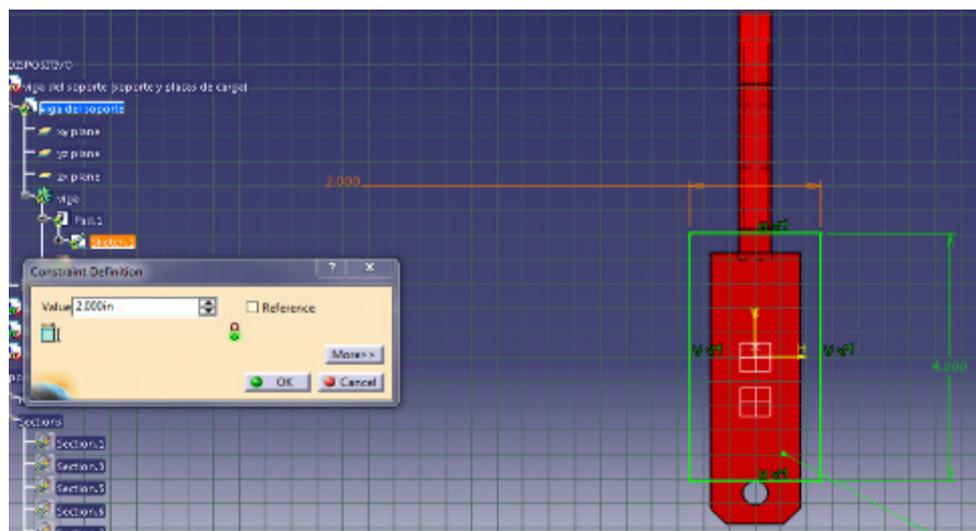


Fig. 3.42 Nueva sección rectangular elegida para el perfil, para satisfacer el criterio de falla.

Obteniendo las propiedades de la sección ver tabla de la Fig. 3.43.

X Axis Properties			
From bottom to centroid	y (bot)	2	inch
From centroid to top	y (top)	2	inch
Area of shape	A	1.399999976	inch ²
Moment of Inertia	Ix	2.82	inch⁴
Section Modulus	Sy	1.409999967	inch ³
Section Modulus (bottom)	S (bot)	1.409999967	inch ³
Section Modulus (top)	S (top)	1.409999967	inch ³
Radius of Gyration	rx	1.419999957	inch
Plastic Modulus	Zx	1.769999981	inch ³
Shape Factor		1.255319165	
From bottom to plastic n.a.	yp (bot)	2	inch
From plastic n.a. to top	yp (top)	2	inch
Y Axis Properties			
From left to centroid	x (left)	1	inch
From centroid to right	x (right)	1	inch
Area of shape	A	1.399999976	inch ²
Moment of Inertia	Iy	0.953999996	inch ⁴
Section Modulus	Sy	0.953999996	inch ³
Section Modulus (left)	S (left)	0.953999996	inch ³
Section Modulus (right)	S (right)	0.953999996	inch ³
Radius of Gyration	ry	0.825999975	inch
Plastic Modulus	Zy	1.090000033	inch ³
Shape Factor		1.142557692	
From left to plastic n.a.	xp (left)	1	inch
From plastic n.a. to right	xp (right)	1	inch
Other Properties			
Elastic Modulus	E	29000000	psi
Polar Moment of Inertia	Ip	2.339999914	inch ⁴
Product of Inertia	Ixy	0	inch ⁴
Maximum Moment of Inertia	Imax	2.819999933	inch ⁴
Minimum Moment of Inertia	Imin	0.953999996	inch ⁴
Angle from x axis to Imax axis	B	0	degrees Counterclockwise

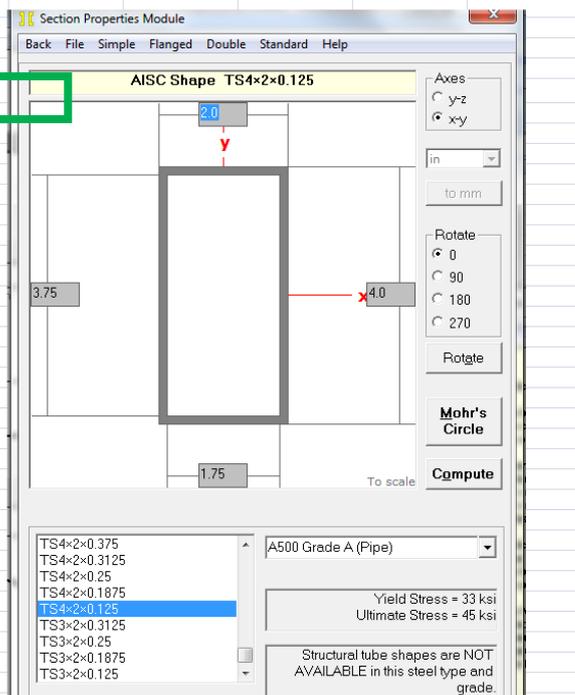


Fig. 3.43 Tabla de propiedades geométricas de la nueva sección, enmarcando el momento de inercia respecto al eje transversal.

Por lo tanto, sustituyendo el nuevo valor del momento de inercia en la ecuación 3.9. El máximo esfuerzo normal de tensión es :

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} * Y_{max}}{I_{eje\ centrodal}} = \frac{11023.65(in * lb) * 1.5(in)}{2.82(in^4)} = 7.818(Kpsi) = 53.90[MPa]$$

Calculando un factor de seguridad para la viga se tiene que:

$$Factor\ de\ Seguridad = \frac{\sigma_{yts}}{\sigma_{max}} = \frac{26(Kpsi)}{7.818(Kpsi)} = 3.32$$

Por lo tanto, esta sección transversal para la viga es aceptable puesto que cumple el factor de seguridad requerido.

El impacto de este cambio es principalmente sobre la placa de carga.

Para resolver esta discrepancia se debe incrementar el ancho de la placa de carga para poder garantizar el empalme necesario para la unión por soldadura e incrementar la longitud de la placa para no tener una interferencia durante la inserción de la argolla como se muestra en la figura 3.43.

Así las dimensiones finales de la placa de carga son:

Ancho de la placa = 2.375(in) y longitud de la placa = 5.5 (in)

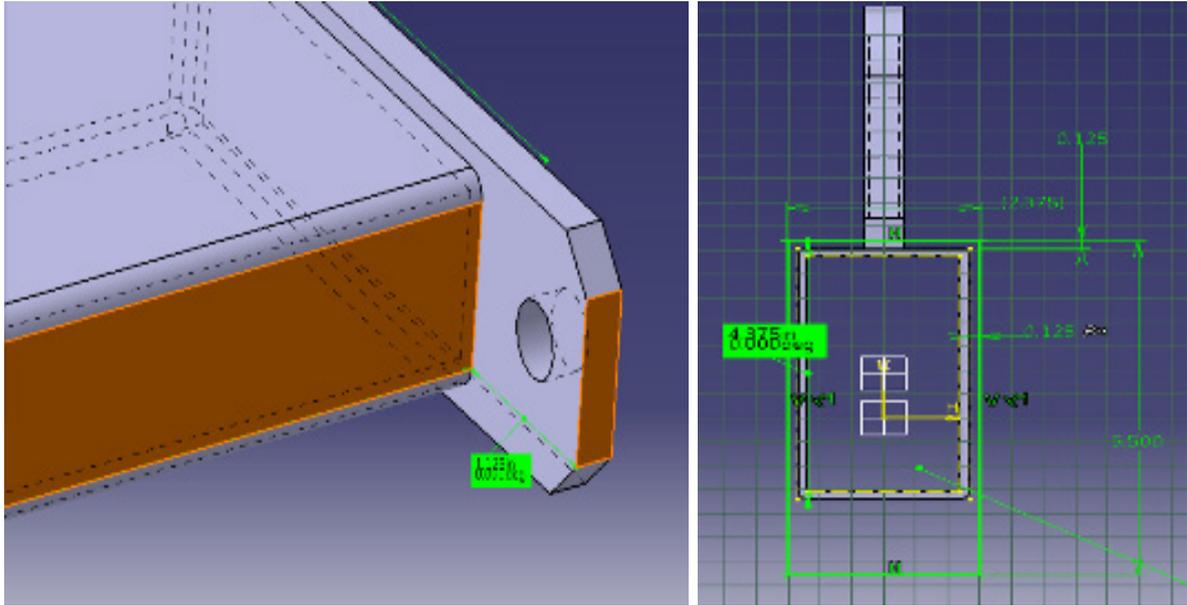


Fig. 3.43 Modificación de la placa de carga por el hecho de cambiar la sección transversal del tubo estructural o viga del cuerpo del dispositivo.

Deformación:

La deformación del dispositivo debe estar limitada a menos de 1" para no sumergir ningún componente metálico dentro del líquido usado para el electro-plateado.

La deformación máxima de la viga se puede estimar mediante la ecuación 3.10.

Ec. (3.10):

$$Y_{max} = \frac{F * L^3}{48 * E * I}$$

Sustituyendo valores en la ecuación 3.10, se obtiene:

$$Y_{max} = \frac{F * L^3}{48 * E * I} = \frac{734.91(lb) * 60^3(in^3)}{48 * 29(Mpsi) * 2.82(in^4)} = 0.040" = 1.016[mm]$$

Y como es menor que 1"(2.54[cm]) se cumple este requerimiento.

4. Análisis por elemento finito de todo el ensamble del dispositivo.

El propósito de este análisis es obtener la deformación en la viga soporte, así como comparar los resultados de esfuerzos de los cálculos por mecánica de materiales de la sección anterior con los obtenidos mediante este método de elemento finito.

- Pre procesamiento:

Durante esta etapa se mallan los componentes, se definen las propiedades mecánicas para este estudio estático-lineal, y se definen las condiciones de frontera y cargas soportadas, tal y como se muestra en la figura 3.44.

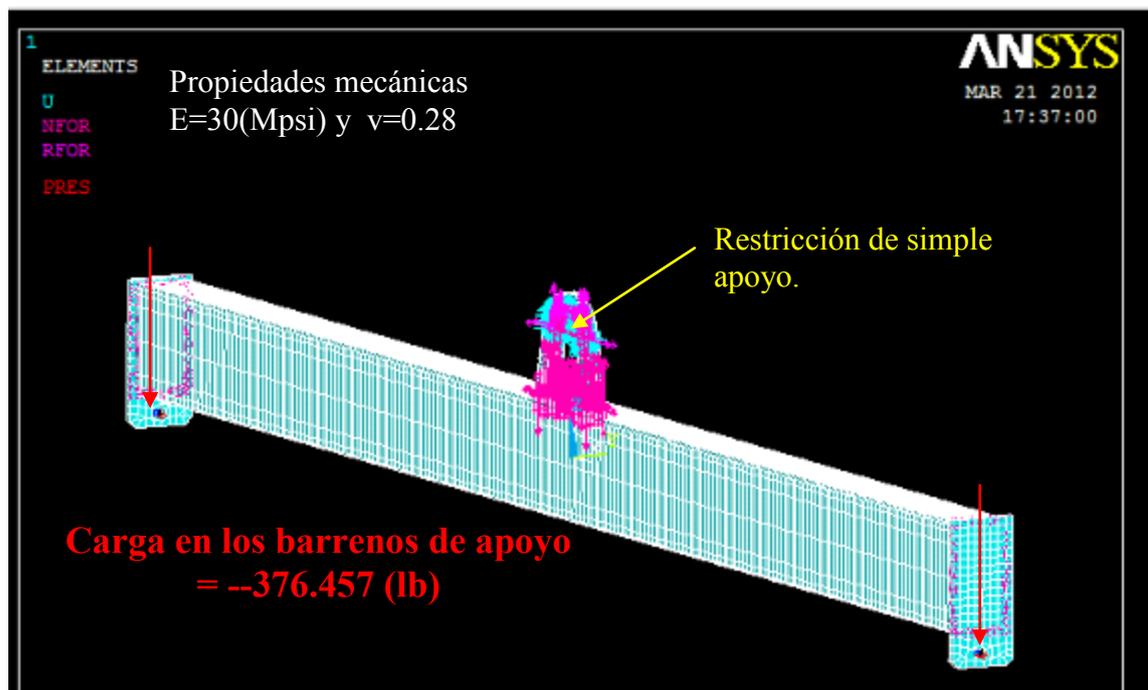


Fig. 3.44 Mallado con hexaedros de primer orden, carga aplicada y condiciones de frontera aplicadas al modelo del dispositivo de levantamiento.

- Etapa de solución.

Se resuelve el problema estático-lineal.

- Post Procesamiento:

Aquí se muestran los resultados de esfuerzo y deformación, tal y como se muestra en la figura 3.45.

Se selecciona un criterio de falla, en este caso el de Von-Mises

para materiales con comportamiento dúctil y se muestra la solución en base al esfuerzo equivalente de Von Mises, y se determina un factor de seguridad para los componentes del dispositivo.

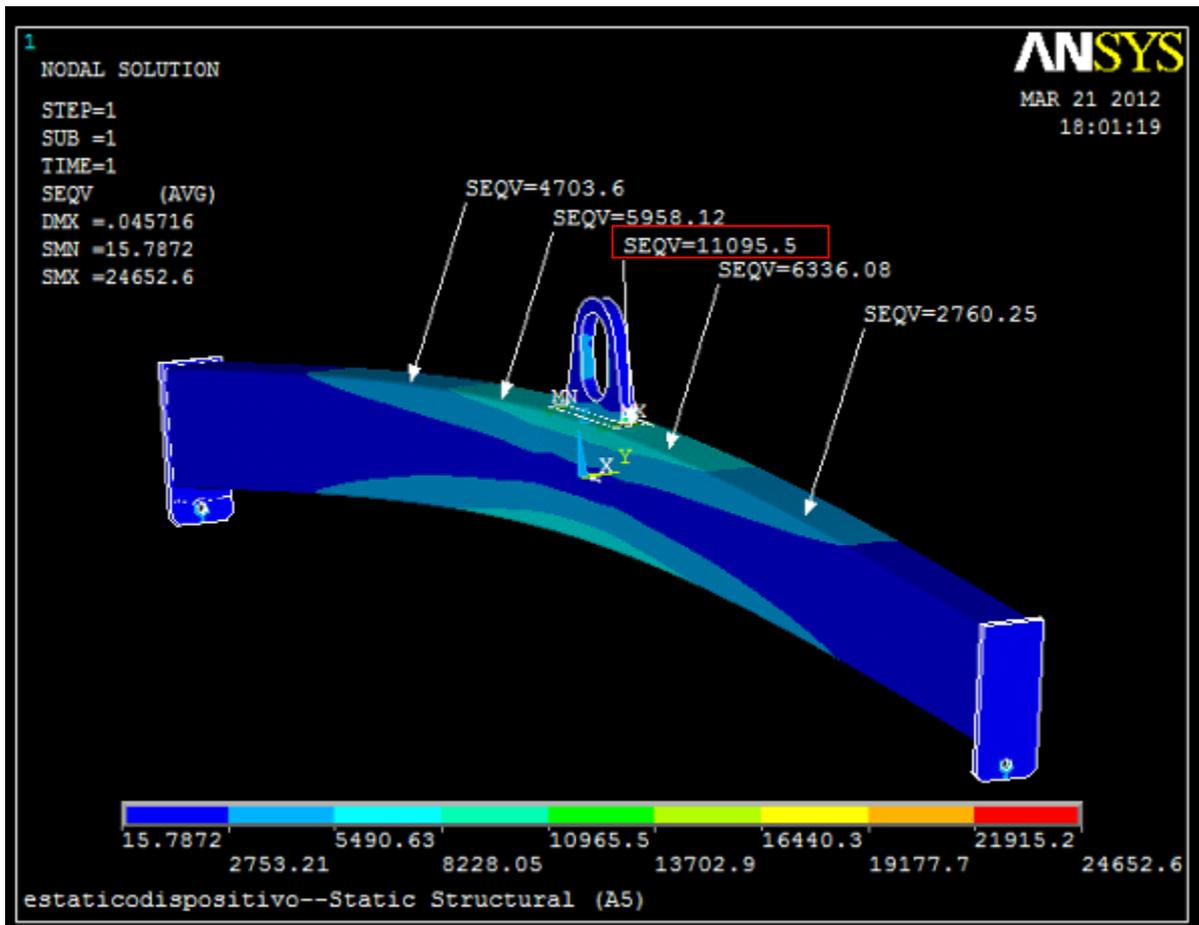


Fig. 3.45 Mapeo de resultados de esfuerzos equivalentes de von mises nodales.

De acuerdo a este criterio de falla se tendrá fluencia plástica en el componente si el esfuerzo equivalente de von mises es mayor o igual al esfuerzo de fluencia a la tensión ($\sigma_{VM} \geq \sigma_{yts}$).

Obteniendo un factor de seguridad:

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\sigma_{yts}}{\sigma_{max}} = \frac{26(\text{Kpsi})}{11.095(\text{Kpsi})} = 2.34$$

Por lo tanto, los componentes no fallan por este criterio de falla.

Nótese que el esfuerzo máximo que despliega el software no es el máximo real ya que el punto es una singularidad por estar en una zona de contacto.

5. Análisis de las uniones por soldadura con arco eléctrico

En este apartado se analizan los cordones de soldadura que unen los componentes del dispositivo como se muestra en la figura 3.46.

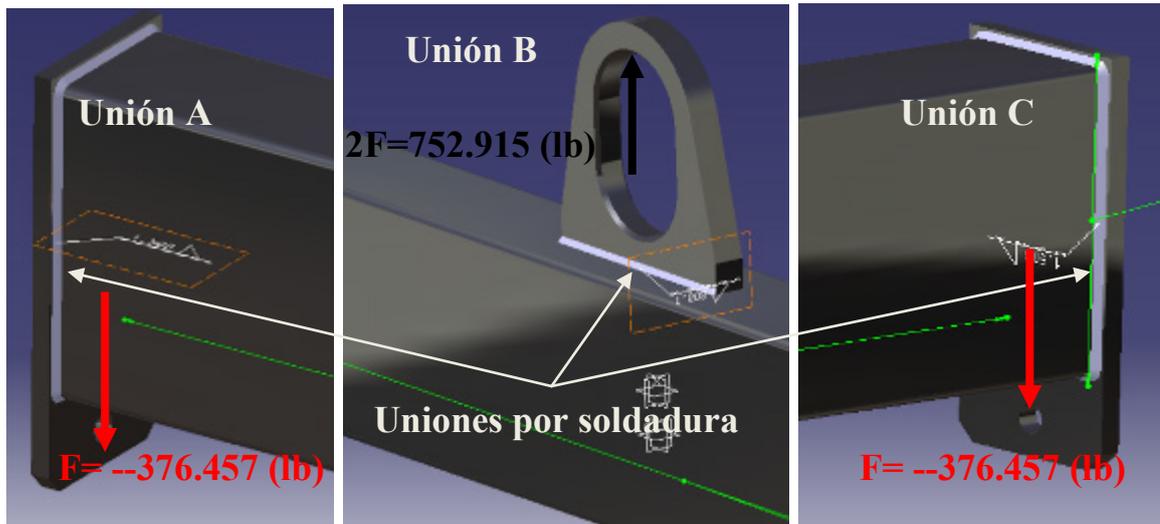


Fig. 3.46

Unión B.

Esta unión es por soldadura de filete alrededor de todo el componente y está sujeta únicamente a carga transversal.

Para la carga transversal se tiene que:

$$f_{all} = \tau_{all} * A_{soldadura}$$

Donde:

$$f_{all} = \text{Fuerza permisible en todo el cordón de la soldadura}$$

$$\tau_{all} = \text{Esfuerzo cortante permisible en la garganta de la soldadura}$$

$$A_{soldadura} = \text{Area de la garganta del cordón de soldadura}$$

Según el código de la AWS (AMERICAN WELDING SOCIETY) el valor permisible del esfuerzo cortante en la soldadura, sujeta a carga estática y a carga transversal es:

$$\tau_{all} = 13,600(\text{psi})$$

El área de soldadura para un cordón sometido a carga transversal es:

$$A_{\text{soldadura}} = \text{Ancho de garganta} * \text{Longitud del cordón} = h * L$$

En términos del ancho de pata del cordón (w), se tiene la siguiente expresión:

Ec. (3.11):

$$A_{\text{soldadura}} = h * L = \frac{0.765w}{\cos 22.5^\circ} * L$$

Se requieren 4 cordones para unir la oreja a la viga soporte, entonces el perímetro total de la soldadura es:

Ec. (3.12):

$$L = 4*2 + 2*0.5$$

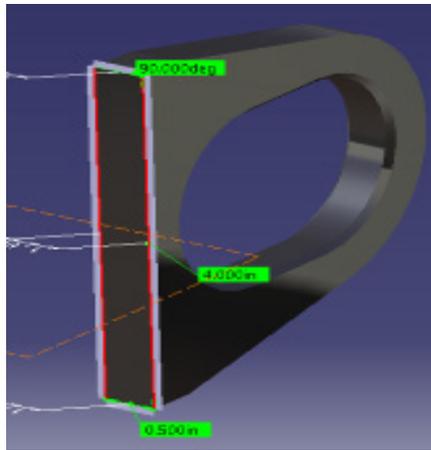


Fig. 3.47 Longitud total de soldadura (L), para la oreja de carga.

Por lo tanto, el ancho de pata mínimo necesario considerando un factor de seguridad de **5** contra el permisible de la AWS, despejando W, se tiene que:

$$W_{\min} = \frac{F(lb)}{2,720 \left(\frac{lb}{in^2} \right) * L(in) * \frac{0.765}{\cos 22.5^\circ}}$$

Sustituyendo valores se tiene que:

$$W_{\min} = \frac{F(lb)}{2,720 \left(\frac{lb}{in^2} \right) * L(in) * \frac{0.765}{\cos 22.5^\circ}} = \frac{752.915(lb)}{2,720 \left(\frac{lb}{in^2} \right) * 9(in) * \frac{0.765}{\cos 22.5^\circ}} = 0.037''$$

El valor de ancho de pata no es práctico por lo tanto se especifica un cordón con $w = 1/8"$.

Nótese que se considera un factor de seguridad de 5 para tomar en cuenta las posibles variaciones en el proceso de soldado.

Uniones A y C

Esta unión es por soldadura de filete y sus cordones están sujetos a cargas transversales y paralelas como se muestra en la Fig. 3.46. Pero de acuerdo al código de la AWS se toman los cordones a carga paralela, el cortante permisible permanece invariable.

El plano del cortante máximo para este tipo de carga se considera que esta a 45° , y no a 67.5° como en la carga transversal.

La longitud total del perímetro de soldadura mostrada en la Fig. 3.48, es:

$$L = 2 * 4.125 + 2 * 2.125 = 12.5$$

Por lo tanto, el mínimo ancho de pata necesario se calcula como:

$$w_{min} = \frac{F(lb)}{2,720 \left(\frac{lb}{in^2} \right) * L(in) * 0.707} = \frac{376.457(lb)}{2,720 \left(\frac{lb}{in^2} \right) * 12.5(in) * .707} = 0.015"$$

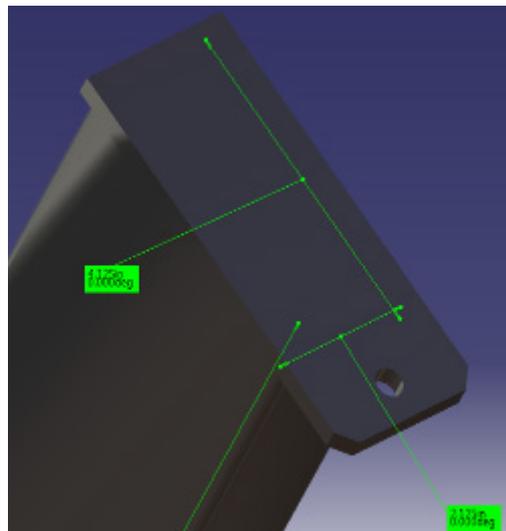


Fig. 3.48 Perímetro total de la soldadura (L) entre la placa de carga y la viga del dispositivo.

Entonces se especifica un cordón de $1/8"$ (3.175[mm]).

3.H Presentación de los dibujos detallados del producto

Previo a establecer las definiciones de los componentes y el ensamble del producto en un dibujo detallado, se realiza una verificación de formas, dimensiones y tolerancias para hacerlas coincidir con las capacidades del proceso de manufactura a emplearse.

También en esta etapa en caso de que se requiera, se definen las relaciones entre las características de las piezas, utilizando el método de tolerado y dimensionado geométrico (GD&T) con la finalidad de evitar ambigüedades en la interpretación del plano.

Las tolerancias que no son funcionales pueden especificarse en 1/32" que es la precisión de los procesos de maquinado con los que cuenta la empresa.

Para los ángulos, la mínima precisión es de $\pm 1^\circ$.

Los planos de detalle se pueden consultar en el Apéndice A.

CAPITULO 4.- FABRICACION

Esta es la etapa de culminación del proyecto y el alcance de esta es definir un listado de procesos de manufactura para componentes y para el ensamble final del dispositivo.

En esta definición de procesos se debe tener en cuenta los recursos y capacidades de los equipos y las maquinas herramienta de la empresa.

También esta definición contempla el aseguramiento de la calidad mediante el control de defectos en procesos con el fin de obtener un producto insensible a las variaciones debidas a los procesos de manufactura.

4.A Procesos de fabricación para los componentes.

Los únicos componentes que serán fabricados son la placa de carga, la oreja de carga, y el ensamble por soldadura. Los otros componentes son comerciales y el tubo estructural de la viga ya viene prefabricado a las dimensiones requeridas.

- **Fabricación de la placa de carga(Componente 2)**

La placa de carga será sometida primero a un fresado, en una fresadora vertical para obtener el chaflán requerido por las especificaciones y a un taladrado de él barreno en un taladro vertical para alojar el muñón de la argolla (Fig. 4.1).

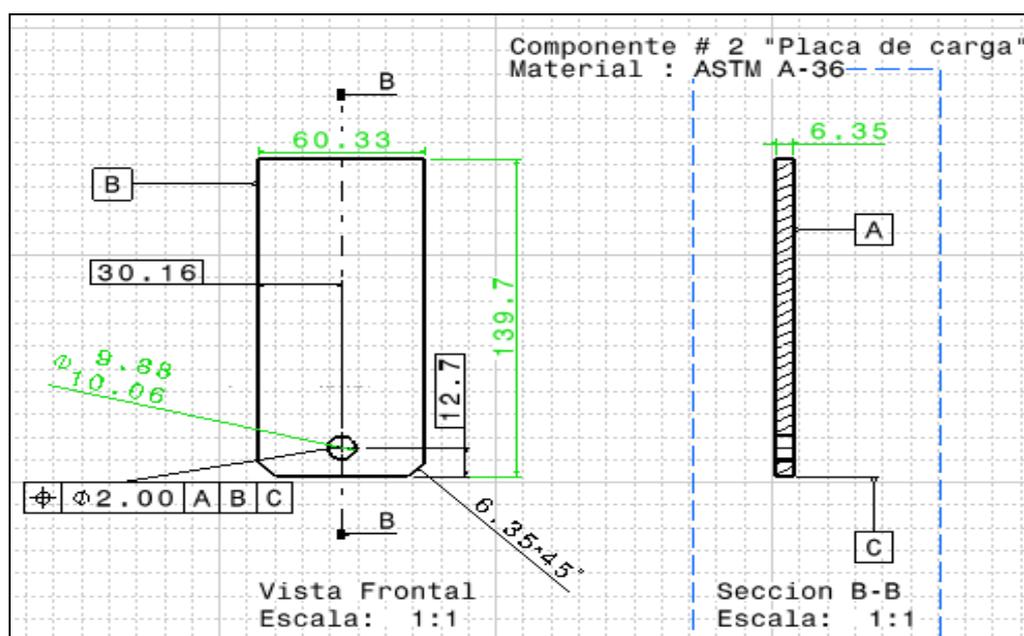


Fig. 4.1 Especificaciones para el componente #2

Maquinado del Chaflán:

1) Se parte de una placa pre cortada (ver Fig. 4.2) con las siguientes características:

**Dimensiones: 145 X 70 (mm)

**Material : ASTM A-36.

**Espesor: 1/4"(6.35mm)

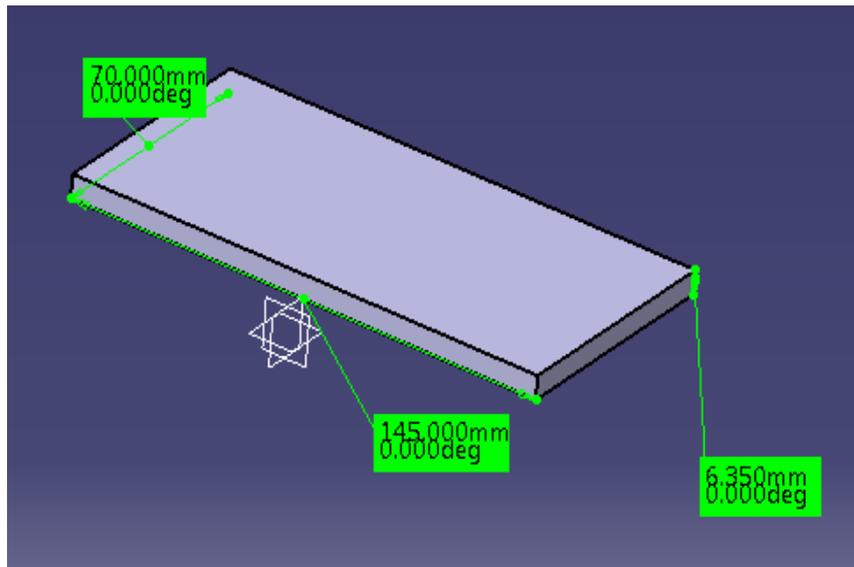


Fig. 4.2 Placa pre-cortada de ASTM A-36

2) Se asegura la placa en la prensa de la fresadora vertical o con sujetadores de mesa (ver Fig. 4.3), usando como base la referencia principal "A" mostrada en el dibujo de la figura 4.1.



Fig. 4.3 Método de aseguramiento en la fresa vertical

3) Se hace un careado de desbaste dejando solo 2 mm de espesor contra las dimensiones finales mostradas en la figura 4.1.

4) Se hace el contorneado de acabado incluyendo el chaflán (Fig. 4.4).

Para esta operación se definen los parámetros de corte en la maquina.

- Velocidad de corte:

Este parámetro se define por el material a maquinar y por el cortador a usar. Se prefieren velocidades moderadas para lograr el acabado superficial especificado en el dibujo.

Por lo tanto de tablas de corte de materiales la velocidad de corte seleccionada es:

Velocidad de corte (V_c) = 300(in/min) y por lo tanto la velocidad angular de la maquina seria obtenida de la ecuación 4.1:

Ec. (4.1):

$$N = V_c / \pi * D$$

Donde:

N = Velocidad angular del husillo que porta al cortador en revoluciones por minuto (RPM).

D = Diámetro de él cortador (in), para este corte, la herramienta tiene un diámetro de 1/4".

Por lo tanto $N = 382$ (RPM).

- Profundidad de corte:

Se selecciona el valor de 2 (mm), que es la capa de acabado para la pieza y que está dentro del rango de las capacidades de el cortador.

- Avance:

Es la velocidad de ingreso del cortador sobre el material de trabajo, y para casos prácticos es la velocidad de movimiento de la mesa de la fresadora. Para determinar el avance es necesario conocer la carga del diente del cortador seleccionado (avance por diente).

De tablas de corte de materiales para el avance por diente para el acero y con el cortador seleccionado se tiene (ecuación 4.2).

$$\text{Ec. (4.2):} \quad f = 0.05 \text{ [mm/dte]}$$

Y por lo tanto, calculando el avance en (mm/min) usando la ecuación 4.3.

$$\text{Ec. (4.3)} \quad f_r = N * N_t * f$$

Dónde:

$N_t = \#$ de dientes del cortador = 4 dientes

Por lo tanto $f_r = 76.4$ (mm/min)

Y redondeando a la precisión de la maquina $f_r = 76$ (mm/min)

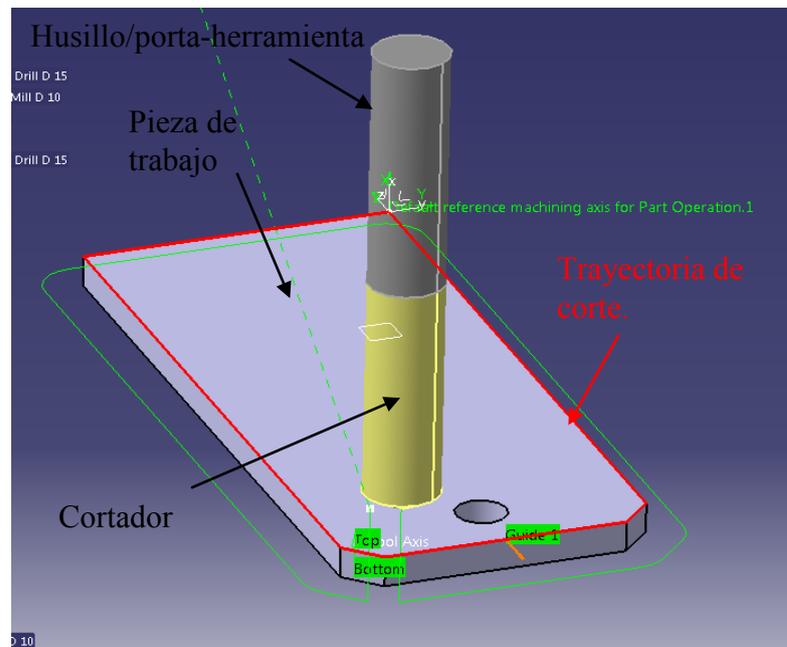


Fig. 4.4 Simulación del proceso de contorneado

Nota: La superficie donde está el sujetador (Fig. 4.3) no es necesario maquinarla ni reposicionar la pieza de trabajo para maquinarla, puesto que se aceptan las condiciones superficiales y dimensionales que trae la placa desde el almacén.

Con los parámetros de corte se procede a cortar con la trayectoria definida. Y para el chaflán se ajustan los 45° y se da la longitud requerida por el dibujo (ver Fig. 4.1).

Taladrado del barreno:

Este se hará en la fresadora, solo que cambiando el cortador por una broca para taladrar.

Se usaran los mismos parámetros de corte que se usaron para el contorneado.

- Primero se marca el centro en la placa con la broca de centros como se muestra en la Fig. 4.5, usando las dimensiones básicas del dibujo de la pieza y las referencias geométricas para establecer el centro del barreno (ver Fig. 4.1).

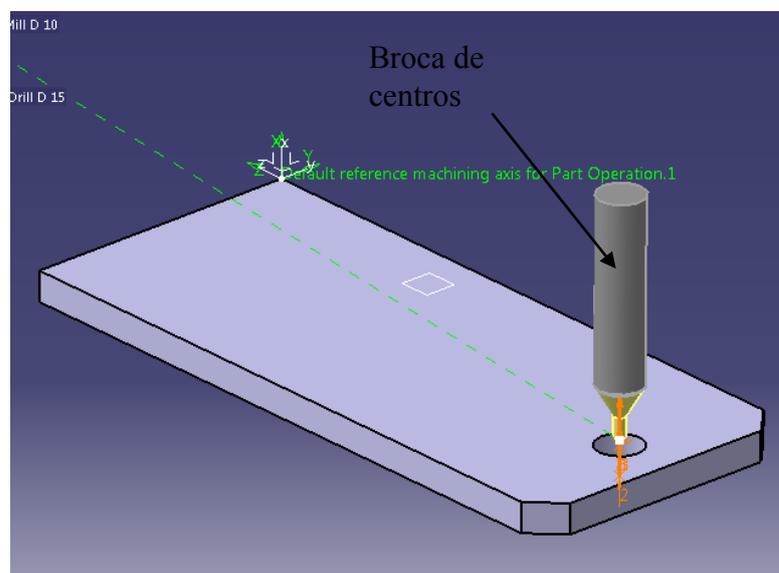


Fig. 4.5 Simulación de la operación de barrenado de centros

Nota: Para evitar rechazos durante la inspección, se debe tomar en cuenta la tolerancia de posición del centro del barreno (Fig.4.1).

- Se selecciona la broca disponible y que cumpla con las características de tamaño para el barreno. La broca que cumple es la de $\varnothing 25/64$ ".
- Después se hace el taladrado con broca de $25/64$ " sin desalajo de viruta (ver Fig. 4.6).

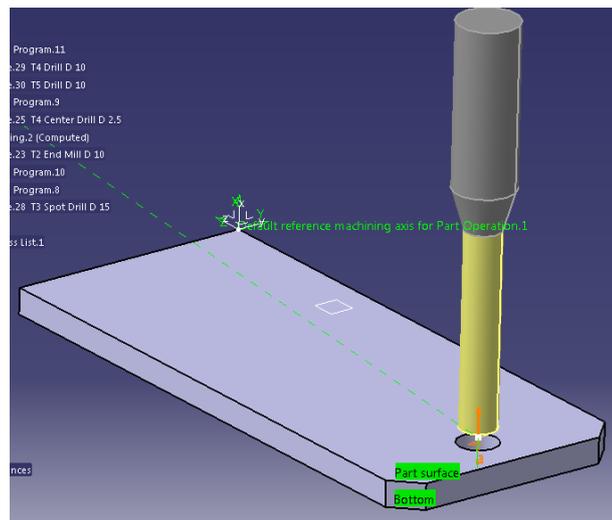


Fig. 4.6 Simulación de la operación de taladrado del barreno

- **Fabricación de la oreja de carga(Componente 3)**

Esta placa también será sometida a operaciones de fresado, en una fresa vertical para obtener la forma requerida por las especificaciones de acuerdo a la figura 4.7.

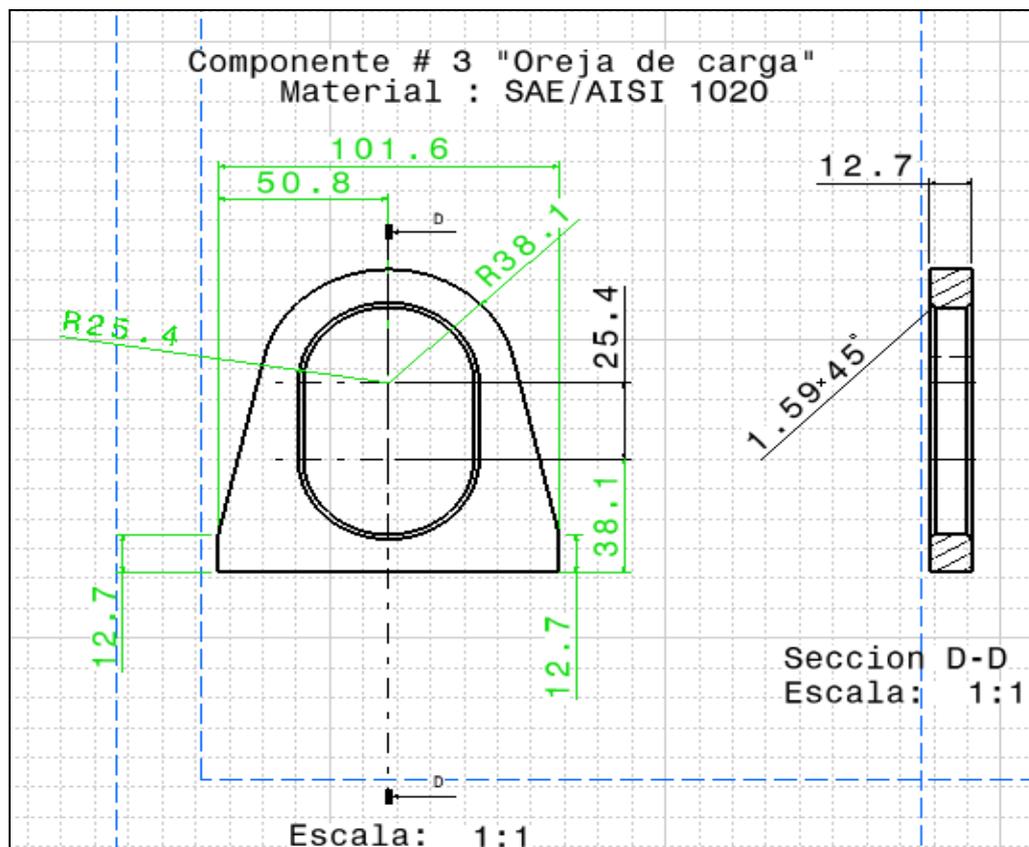


Fig. 4.7 Especificaciones para el componente #3

Maquinado del contorno externo:

1) Se parte de una placa pre cortada (ver Fig. 4.8) con las siguientes características:

**Dimensiones: 110 X 110 (mm)

**Material: SAE/AISI 1020

**Espesor: 1/2"(12.7mm)

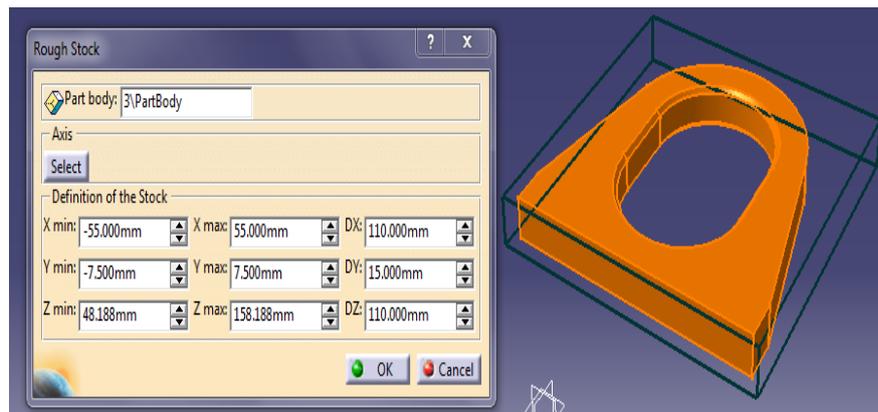


Fig. 4.8 Placa pre cortada sobre puesta a la forma final del componente

2) Se asegura la placa con sujetadores de la fresadora vertical (ver Fig. 4.9), usando como base cualquiera de las superficies largas tal y como se muestra en la figura 4.1.

3) Se hace un aproximado de desbaste en 2 pasadas (ver Figs. 4.9 y 4.10) dejando solo 2 mm de espesor contra las dimensiones finales mostradas en la figura 4.7.

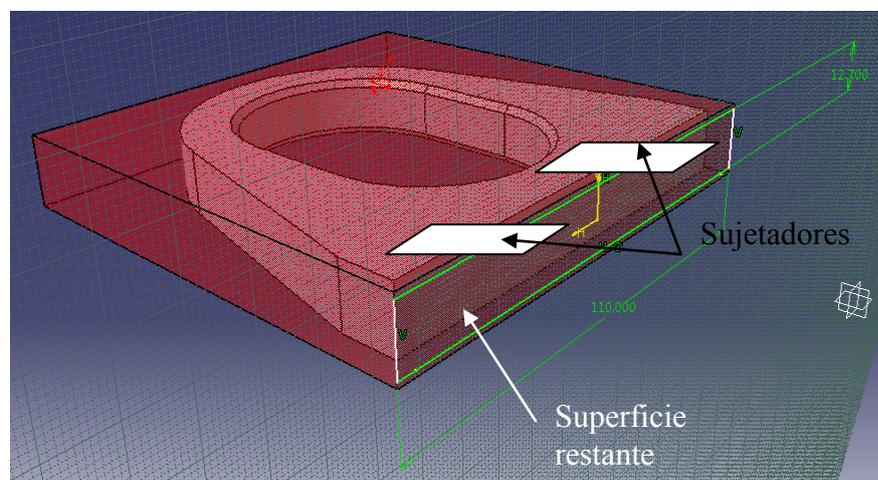


Fig. 4.9 Método de sujeción para operación de contorneado

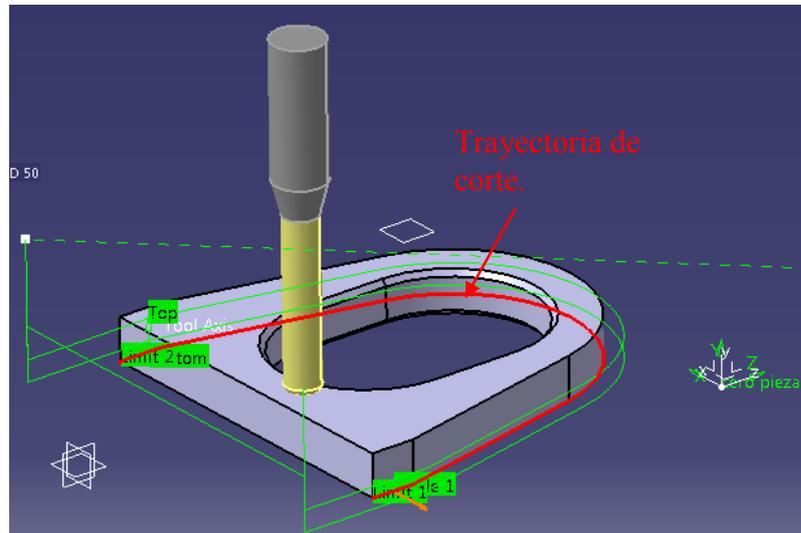


Fig. 4.10 Simulación de la trayectoria corte para el contorneado

4) Se hace el contorneado de acabado quitando los restantes 2 (mm) de espesor (ver Fig. 4.10), usando los mismos parámetros de corte que se usaron para el maquinado de acabado de la placa de carga.

5) Se cambia la sujeción para permitir el maquinado de la superficie restante (ver Fig. 4.9).

6) Se rasura la superficie restante hasta la dimensión final (ver Fig. 4.7)

Cajeado para la ranura interna:

1) Se re asegura la pieza de trabajo de la misma forma que en la figura 4.9.

2) Se inicia el cajeado, con los mismos parámetros de corte que los maquinados anteriores (ver Fig. 4.11), usando 5 pasadas de desbaste y 1 de acabado.

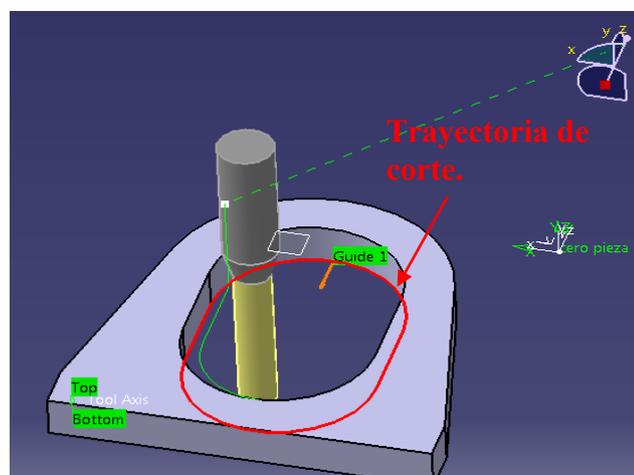


Fig. 4.11 Trayectoria del cajeado

Chablán de la ranura interna:

- 1) Se hace cambio de herramienta, a una herramienta para chaflanes internos (ver Fig. 4.12).
- 2) Bajo los mismos parámetros de corte se procede a maquinar el chaflán (ver Fig. 4.12).

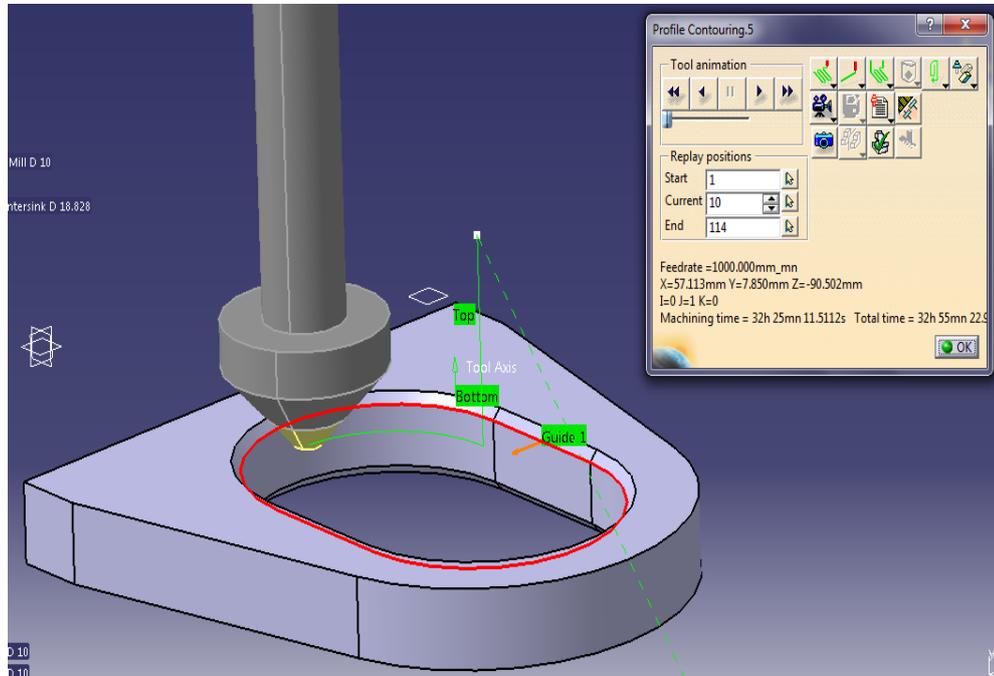


Fig. 4.12 Simulación del chaflán interno

Nota: El método de sujeción no se cambia si no interfiere con la trayectoria de corte de la herramienta.

4.B Ensamble por soldadura

Con los componentes individuales ya fabricados, se procede a su ensamble mediante soldadura de arco eléctrico.

El Procedimiento de unión mediante soldadura será de acuerdo a la norma "Structural Welding Code - Steel ANSI/AWS D1.1-2004"

- Preparación de los componentes

Se limpian los componentes, poniendo cuidado especial a las zonas de unión mediante soldadura (ver Fig. 4.13).

La limpieza es enfocada a virutas, óxidos y grasa o aceite que se uso como fluido de corte durante el maquinado de los componentes.

La limpieza se hace con detergentes especiales, con un esmeril se limpian de óxidos las superficies de apoyo para la unión mediante soldadura.

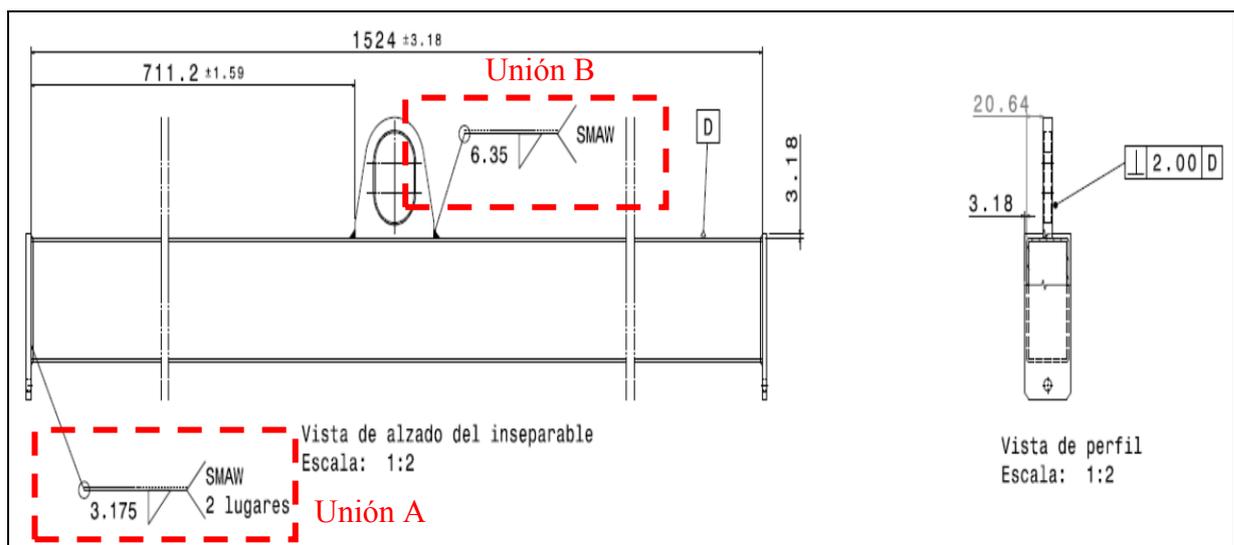


Fig. 4.13 Uniones mediante soldadura en el dispositivo

- Sujeción de los componentes

Se tendrán 2 métodos de sujeción uno por cada unión de soldadura.

Las uniones tipo A(ver Fig. 4.13), serán sujetadas mediante la prensa de bessey (ver Fig.4.14), esta sujeción permite unir a 90° dos perfiles cuadrados de diferentes secciones transversales.

Mientras que la unión B será sujeta mediante amarres con cables de acero o cinchos de acero, posteriormente se sueldan puntos en las 4 esquinas y después se harán los cordones (ver Fig. 4.15).

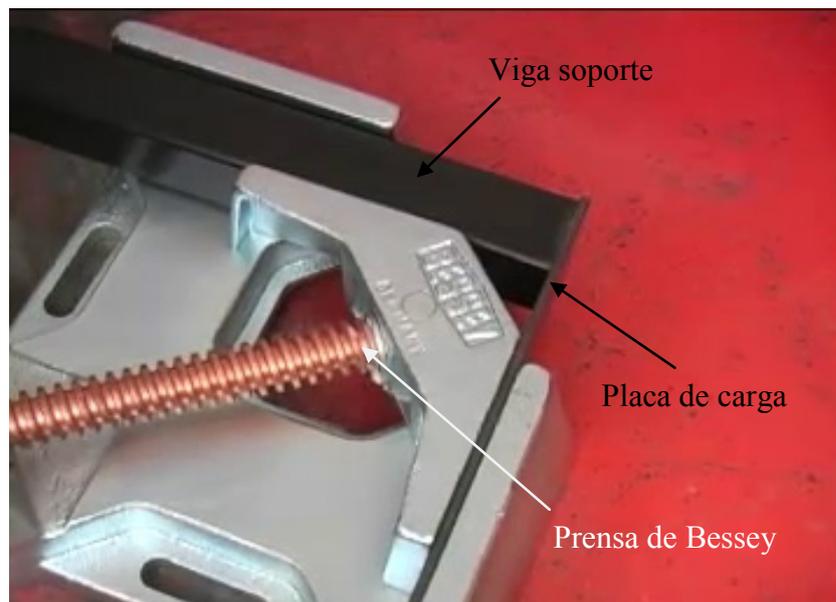


Fig. 4.14 Método de sujeción por prensa de Bessey

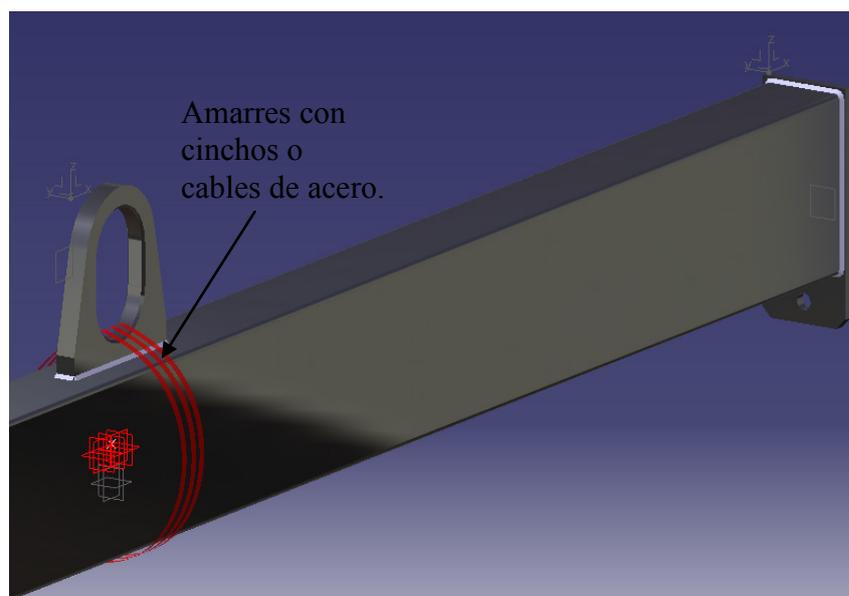


Fig. 4.15 Método de sujeción por amarres

- Procedimiento de soldado

Con los componentes sujetados, se debe proceder a soldar primero la uniones A, para esto es necesario primero verificar que estén a "escuadra" los componentes sujetados es decir que las superficies de la unión formen un ángulo recto entre ellas, en caso afirmativo se procede a soldar los componentes.

Se debe de contar con el equipo de seguridad necesario para soldar con arco eléctrico (Caretas, guantes y mandil de carnaza), también puede ser necesario un extractor de humos.

1) Se toma el electrodo E6018 con diámetro =1/8" y se adapta al sujetador de electrodo.

2) El tipo de conexión es **DC-** como se puede ver en la Fig. 4.16, con el electrodo en la terminal negativa (conexión a tierra) y la mesa de trabajo con la conexión positiva.

Esto con la finalidad de que el componente sea el que recibe la concentración de el calor necesario para la fusión de la unión.

3) Se ajusta el amperaje y el voltaje de acuerdo a lo recomendado por la planta de soldado, en este caso de acuerdo al indicador el rango aceptable esta a más de la mitad del indicador) que es un rango entre 90 y 100 amperes para corriente DC-, como se muestra en la figura 4.17.

Esto con la finalidad de obtener una mejor penetración de la soldadura sin afectar el control de la zona de fusión.



Fig. 4.16 Ajuste a DC-, para la operación de soldado.



Fig. 4.17 Posición de la perilla de amperaje

4) La inclinación de él electrodo respecto a la unión debe de ser de 90° , debe ser perpendicular, si no es posible el rango aceptable es $60^\circ > \text{ángulo} > 90^\circ$. La distancia del electrodo al trabajo debe mantenerse constante y en un valor de 0.5 (cm).

5) Se inicia el arco eléctrico, como si se encendiera un cerillo, una vez que se tenga la zona de fusión se recorre toda la arista donde será creado el cordón de soldadura, el recorrido tiene que ser en forma de zig-zag mientras se avanza en línea recta.

Se debe recordar que mientras se está depositando el material de aporte a la soldadura, este se está consumiendo por lo tanto hay que hacer un acercamiento progresivo de él electrodo hacia el trabajo. Al final hay que limpiar la escoria en los cordones con un cepillo de hilos de metal.

6) Se cambia de lado en la prensa de bessey (ver Fig. 4.14) y se suelda el otro lado, una vez terminado este lado, se procede a soldar los otros 2 restantes. Esto con la finalidad de reducir la distorsión en la soldadura.

7) Se repite el procedimiento para unir la otra placa de carga (Fig. 4.18).

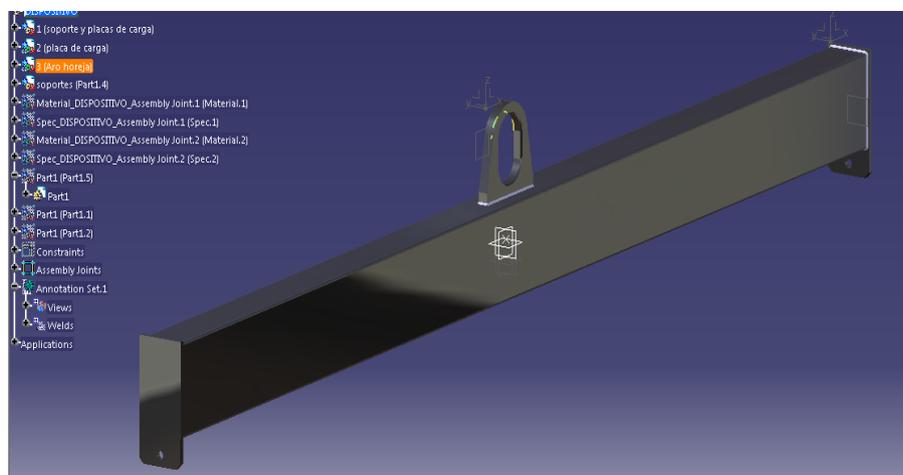


Fig. 4.18 Ensamble final soldado.

8) Se hace la sujeción por amarres (ver Fig. 4.15), para la unión B, que es la unión de la oreja de carga a la viga soporte. Esta unión tiene un requerimiento de perpendicularidad según el dibujo (Fig. 4.13).

9) Se sueldan puntos en cada esquina de la unión (Fig. 4.19), en sentido cruzado, esto con la finalidad de fijar al componente y evitar la distorsión.

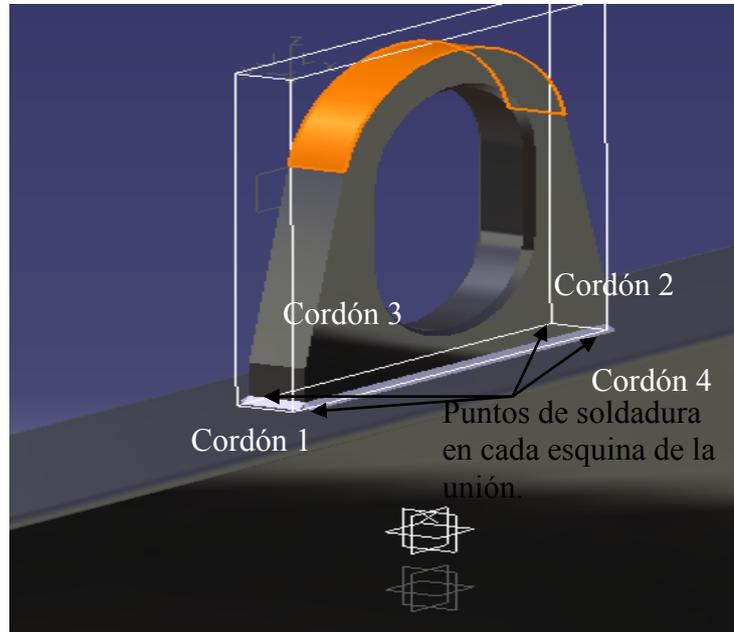


Fig. 4.19 Punteado y soldado de la oreja de carga con la viga

10) Se cambia a electrodo de diámetro = $5/32$ " y se usan los mismos parámetros en la planta de soldadura (DC-, electrodo negativo y amperaje en el rango mostrado en (ver Fig.4.17)), el filete se hará en 2 pasadas con su respectiva limpieza entre cada pasada.

11) Se remueven los sujetadores y se sueldan los 4 lados, en este orden primero el cordón 1 luego el 2, el 3 y finalmente el 4 (ver Fig. 4.19).

- Tratamiento Post-Soldado (Opcional pero recomendable)

Se hace un recocido para librear posibles esfuerzos residuales. Este procedimiento se puede realizar con la flama de una antorcha de oxy-acetileno o en un horno.

Si se hace con flama de oxy-acetileno, esta debe estar dirigida directamente al cordón.

Para el detalle de las temperaturas de transformación, los tiempos mantenidos a esta temperatura, el gradiente de enfriamiento consultar el manual correspondiente en la empresa sobre recocidos.

4.C Acabados

Se realizan los acabados matando los filos de acuerdo a las especificaciones del dibujo. Se deben tener en todas las aristas como mínimo 0.020(in) de radio y máximo 0.030(in).

Se pinta el ensamble de acuerdo a las especificaciones del dibujo, es decir los componentes 1, 2, 3 con la pintura con número de control interno # 288145.

También se agregan los marcados con pintura blanca (# 288140) de acuerdo a la figura 4.20.

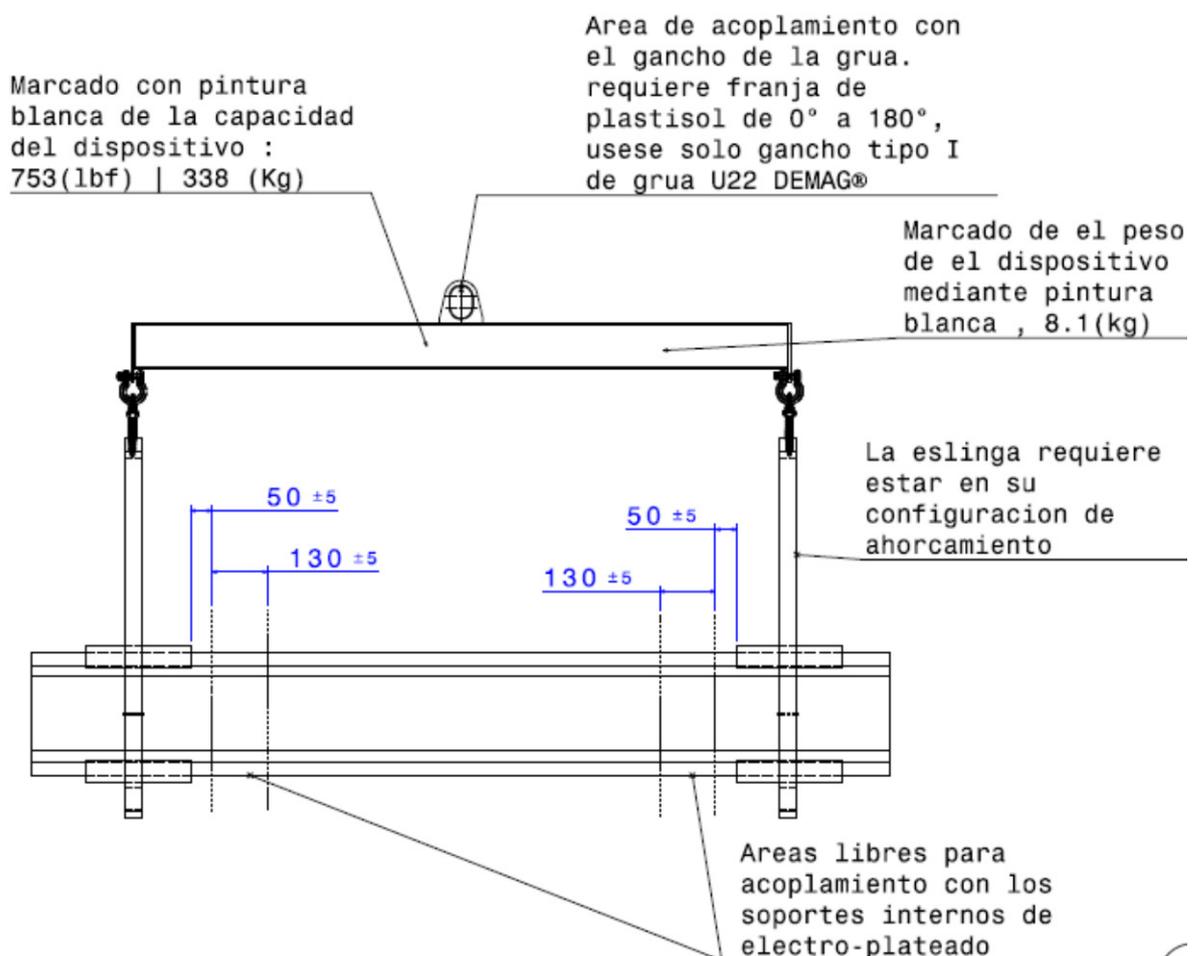


Fig. 4.20 Acabados en el dispositivo.

Finalmente se ensamblan el gancho y la argolla.

Se hacen tareas de medición e inspección y se retrabajan hasta obtener un producto de acuerdo a lo especificado.

PLANOS DE FABRICACION

Los planos de fabricación, describen las características geométricas y dimensionales necesarias que junto con sus tolerancias son necesarias para la fabricación correcta de cada componente del dispositivo de levantamiento y su ensamble.

El dibujo de fabricación para el dispositivo de levantamiento consta de 3 hojas:

- Hoja numero 1: Trae información básica del dispositivo de levantamiento, como el pie de plano, y el cuadro de tolerancias que muestra las tolerancias dimensionales y angulares generales para los componentes no comerciales del dispositivo y la rugosidad superficial aceptable. También se muestra el dibujo de ensamble de los componentes del dispositivo de levantamiento, incluida su tabla de componentes. Esta tabla muestra la cantidad de cada componente necesario en el ensamble así como la nomenclatura del componente y la ubicación dentro del plano. Es en esta hoja donde se enuncian las notas generales que indican algunas especificaciones a las que está sujeta el dispositivo, tales como el estándar ANSI-AWS D1.1, que gobierna todas las uniones soldadas de los componentes del dispositivo, así como detalles de la prueba de carga para el dispositivo que también en una vista isométrica se describen. También se muestran en una vista, los 2 usos principales para el dispositivo, cuando este se use para la función de soporte durante el electro plateado y cuando sirva de sujeción cuando se soldé un codo a un tubo.
- Hoja numero 2: Muestra los componentes individualmente, en cada una de sus vistas y secciones que están de acuerdo al sistema de proyección del tercer ángulo. Se indica el material del cual estará hecho cada componente. Cada vista de los componentes esta detallada con sus dimensiones y sus tolerancias geométricas y dimensionales necesarias para fabricar los componentes evitando ambigüedades en la interpretación de las formas y dimensiones del componente. También se indican los cordones de soldadura, incluido su ancho de pata que se determino en la sección de cálculo de este trabajo.
- Hoja numero 3, muestra los dibujos de los componentes comerciales utilizados, y una tabla que incluye todas las dimensiones requeridas para caracterizar estos componentes.

Marcado con pintura blanca de la capacidad del dispositivo : 753(lbf) | 338 (kg)

Area de acoplamiento con el gancho de la grua. requiere franja de plastisol de 0° a 180°, usese solo gancho tipo I de grua U22 DEMAG®

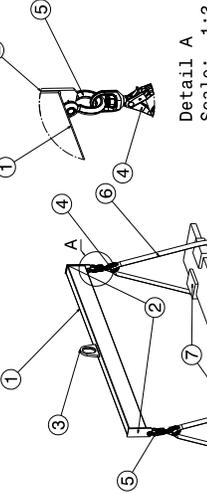
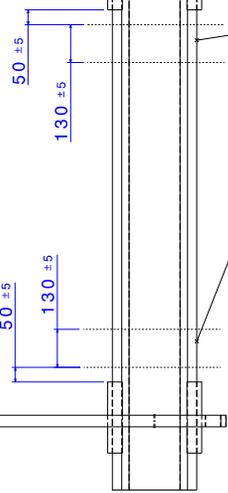
Marcado de el peso de el dispositivo mediante pintura blanca , 8.1 (kg)

La eslinga requiere estar en su configuracion de ahorcamiento

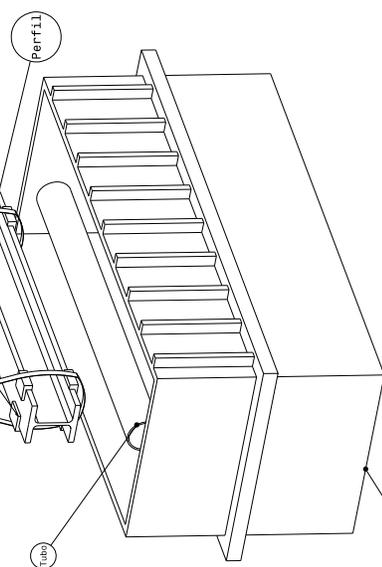
Areas libres para acoplamiento con los soportes internos de electro-plateado

Perfil hacia la estacion de electro-plateado(No se muestra la configuracion de ahorcamiento de la eslinga)

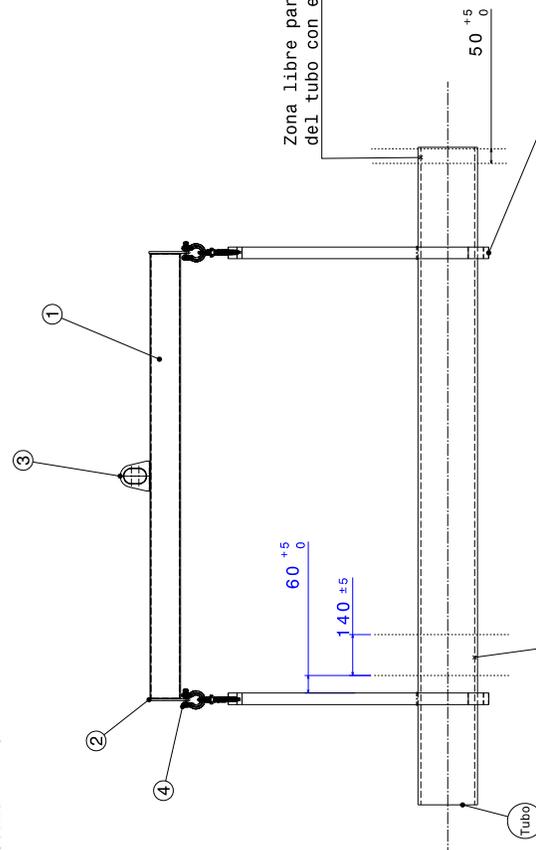
Escala: 1:6



Detail A
Scale: 1:3



Vista de la interface con zona de electro-plateado de perfil y tubo
Escala: 1:10

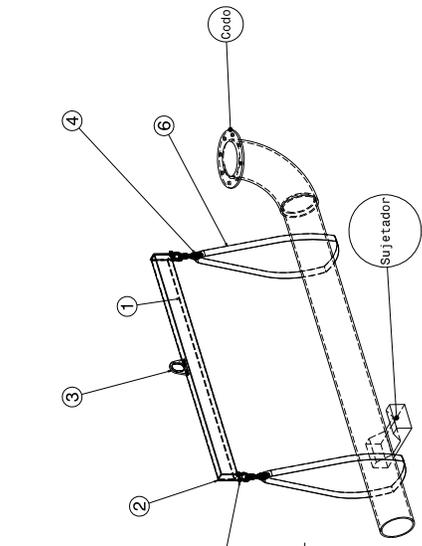


Zona libre para empalme del tubo con el codo

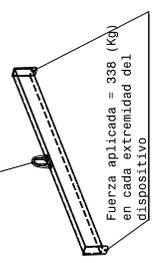
Zona para acoplamiento con el sujetador de soldado

Perfil hacia la estacion de ahorcamiento de la eslinga
Escala: 1:6

Vista de la interface zona de soldado
Escala: 1:10



Punto de reaccion en gancho de Grúa Demag U22



Prueba de carga
Scale: 1:10

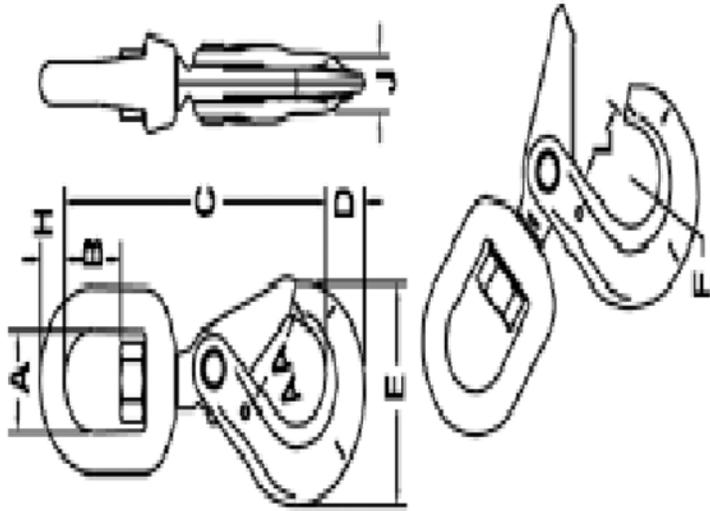
- Notas generales :
- 1 Remover aristas filosas en los componentes :1,2,3 usando el procedimiento de limado
 - 2 El Proceso de soldado de los componentes debe ser conforme a el standard ANSI-AWS D1.1 2004
 - 3 Utilizar el electrodo E6018 para el soldado por arco electrico
 - 4 Aplicar un tratamiento termico post soldado de liberacion de esfuerzos residuales
 - 5 Pintar los componentes: 1,2,3 usando pintura azul con numero 288145
 - 6 Realizar la prueba de carga a 200% de su capacidad como se muestra en (Hoja 1,Zona :B7)

Cantidad	Nomenclatura	# de Componente	Descripcion	Ubicacion: Hoja , Zona
1	Placa de soporte	1		2, B7
1	Placa de carga	2		2, B7
2	Gancho	3	Crosby, Swivel Hook S, N14	2, D7
2	Argolla	4	S-1325 # 1006204	S, G14
2	Eslinga	5	G-213 # 1018035	S, G14
4	Barra Poliuuretano	6	Liffex Nylon EN81	1, G15
1	Ensamblaje de zona de electro-plateado	7	Prueba de carga, 46	S, C11
1	Ensamblaje Soldado de CATPart			1, F, J/9-18
1	Tubo			1, F, K/2-7

Requisitos Superficiales
Rt $\sqrt{0.25}$

Tolerancias dimensionales: ± 0.2537 (mm) (1/100 (in))
Tolerancias Angulares: ± 1°

Seguridad y Econoia en Estructuras
AO
DISPOSITIVO DE LEVANTAMIENTO
1:10 8.1 disp/levant/0284.2 1/3

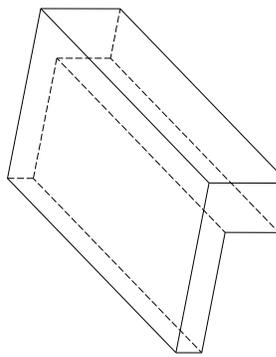
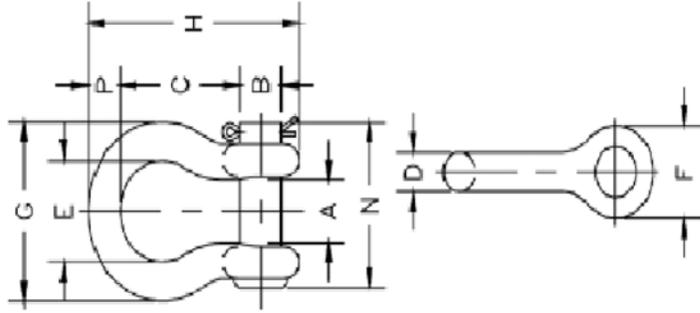


S-1326 Ganchos Giratorio SHUR-LOC®

- Adecuado para giro con carga no continuo e infrecuentemente.

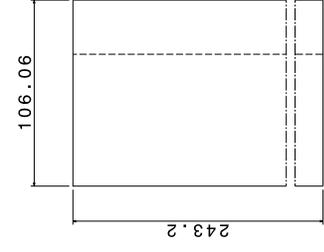
Tamaño de la cadena (plg.)	Carga límite de trabajo (lbs.)	Cadena de aleacion 4:1*	Empalme mecánico de cable AEXtM AA	Carga límite de trabajo (lbs.)	Tamaño de trabajo (plg.)	S-1326 No. de parte	Peso de clu (lbs.)	Dimensiones (plg.)											
(plg.)	(mm)	(plg.)	(plg.)	(plg.)	(plg.)	(plg.)	(plg.)	A	B	C	D	E	F	G	H	J	L	AA	
6	3200	5/16	2200	1004304	126	150	132	6.13	79	2.60	67	50	.63	113	150				
1/4-5/16	7-8	5/16	4900	1004313	262	175	159	7.80	110	3.50	87	.83	.81	138	200				
3/8	10	3/8	5900	1004322	470	200	173	8.83	117	4.39	110	.75	.94	175	250				
1/2	13	1/2	8600	1004331	864	250	238	11.20	167	5.45	126	1.00	1.16	211	300				
5/8	16	5/8	16600	1004340	1700	275	253	12.90	205	6.56	150	1.13	1.50	249	350				
3/4	18-20	3/4	22000	1004349	2400	283	252	14.10	222	7.76	201	1.10	2.03	352	500				
7/8	22	7/8	26500	1004358	2900	344	319	16.40	245	8.75	226	1.30	2.20	383	600				

*La carga de ruptura es 4 veces la Carga Límite.

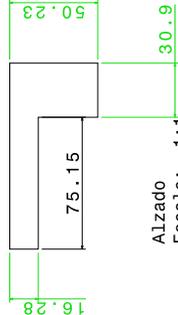


Vista Isometrica
Escala: 1:1

Barra de Poliuretano
Cantidad : 4



Alzado
Escala: 1:1



Tamaño Nominal (plg.)	Carga Límite de Trabajo (0'*) (plg.)	No. de Parte	Peso clu (lbs.)	Dimensiones (plg.)												Tolerancia +/-		
				A	B	C	D	E	F	G	H	N	P	C	A			
1/4	1/2	G-213	S-213	1018071	1018026	13	47	31	113	25	78	.61	128	184	134	25	106	.09
5/16	3/4	1018035	1018044	18	53	38	122	31	84	.75	147	2.09	159	31	106	.06		
3/8	1	1018053	1018062	29	66	44	144	38	103	.91	178	2.49	186	38	13	.06		
7/16	1-1/2	1018071	1018080	38	75	50	169	44	116	1.06	203	2.91	213	44	13	.06		
1/2	2	1018089	1018106	71	81	63	188	50	131	1.19	231	3.28	238	50	13	.06		
5/8	3-1/4	1018115	1018124	150	106	75	239	63	169	1.50	284	4.19	291	69	13	.06		
3/4	4-3/4	1018133	1018142	232	125	88	281	75	200	1.81	350	4.97	344	81	25	.06		
7/8	6-1/2	1018151	1018160	349	144	100	331	88	228	2.09	403	5.83	381	97	25	.06		
1	8-1/2	1018179	1018188	500	169	113	375	100	269	2.38	469	6.56	453	106	25	.06		
1-1/8	9-1/2	1018197	1018204	697	181	125	425	113	291	2.69	516	7.47	513	125	25	.06		
1-1/4	12	1018213	1018222	975	203	138	469	129	325	3.00	575	8.25	550	138	25	.06		
1-3/8	13-1/2	1018231	1018240	1235	225	150	525	142	363	3.31	638	9.16	613	150	25	.13		
1-1/2	17	1018259	1018268	1725	238	163	575	154	388	3.63	688	10.00	650	162	25	.13		
1-3/4	25	1018277	1018286	2946	288	200	700	184	500	4.19	886	12.34	775	225	25	.13		
2	35	1018295	1018302	4575	325	225	775	208	575	4.81	997	13.68	875	240	25	.13		

*NOTA: La máxima Carga de Fractura es de 20 veces la Carga Límite de Trabajo. La carga de ruptura es 6 veces la Carga Límite de Trabajo. En referencia a la reducción de la Carga Límite de Trabajo debido a aplicaciones liberales de campo, ver página 80.

Seguridad y Economía en Estructuras
 30 años de experiencia
 1983
 1984
 1985
 1986
 1987
 1988
 1989
 1990
 1991
 1992
 1993
 1994
 1995
 1996
 1997
 1998
 1999
 2000
 2001
 2002
 2003
 2004
 2005
 2006
 2007
 2008
 2009
 2010
 2011
 2012
 2013
 2014
 2015
 2016
 2017
 2018
 2019
 2020

SEGURIDAD Y ECONOMÍA EN ESTRUCTURAS
 S-1326
 8-1
 3/3

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El dispositivo diseñado fue concebido usando metodologías de diseño y proceso robusto, con lo cual se logra insensibilizar al dispositivo contra "ruidos" o variaciones en la funcionalidad, causadas por variaciones en las propiedades mecánicas debidas a defectos en el proceso de manufactura, también variaciones causadas por cambios dimensionales debidas también al proceso de manufactura y variaciones provocadas por envejecimiento y el medio ambiente.

Las variaciones que afectan la resistencia de los componentes del dispositivo fueron mitigadas usando factores de seguridad. Mientras que para los otros tipos de variaciones se siguieron contramedidas sugeridas en la carta de análisis de causas y efectos.

Este diseño robusto se logró gracias al uso de herramientas como:

- Casa de la calidad, para convertir requerimientos del cliente en especificaciones de ingeniería.
- Diagramas de bloques funcionales, para entender las subfunciones y funciones principales del dispositivo.
- Carta morfológica, para la combinación de conceptos en base a las funciones.
- Matriz de decisión, para poder seleccionar el mejor concepto.
- Diagramas de interfaces, para ir dándole forma a los componentes del dispositivo involucrados en la función principal del mismo.
- Software de diseño asistido por computadora, para modelado de los elementos, así como ver el ensamble total de los componentes del dispositivo.
- Selección de componentes comerciales, para reducir el costo del dispositivo, al no tener que diseñar lo que ya se tiene disponible en la industria.
- Análisis de modos de falla y efectos.
- La mecánica de materiales, para obtener comportamiento en términos de resistencia y deformación de los materiales del dispositivo que están sometidos a cargas, así como validar la especificación del proceso de uniones soldadas utilizado.
- Elemento finito, para analizar las geometrías complejas, modificar las mismas y así validar el desempeño del dispositivo contra criterios de falla como fluencia plástica.
- Principios del Dibujo mecánico, para detallar y comunicar especificaciones exactas de los componentes del dispositivo.

- Conocimiento de las características de los procesos de fabricación, para el correcto ligamiento de estas a las formas y tolerancias deseadas para cada componente del dispositivo. Tales como el CNC (control numérico) y los procesos de soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido.
- Reglas de diseño para manufactura y ensamble.

La evaluación del producto estuvo a cargo del cliente directo, que es el departamento de ingeniería de la empresa a la cual se le presto el servicio.

Evaluando el desempeño del producto contra las especificaciones de ingeniería se observan los siguientes resultados:

Especificación 1. Matar fillos (radios en aristas y esquinas [mm]).

Dado que el dibujo de fabricación del producto tiene una instrucción de redondear todos los fillos con un radio entre 0.020 y 0.030 pulgadas, esta especificación se está cumpliendo al 100%.

Especificación 2. Traslación estable [m/min].

Al especificar la velocidad de translación directamente en el control de la grúa, la cual se puede ajustar a 4 [m/min], se observa que se cumple al 100%.

Especificación Adaptación de geometría de la sección transversal de perfiles.

Para saber si se cumple esta especificación, hay que revisar las 3 sub especificaciones que comprenden esta especificación.

Especificación 3 Número de pasos para adaptar los diferentes perfiles (#pasos)

El elemento usado para adaptar el dispositivo con los perfiles es una eslinga lo cual genera 2 pasos de adaptación, se observa que se cumple esta especificación.

Especificación 4. Número de componentes para la adaptación [#pzas]

La eslinga es el único componente usado para la adaptación de perfiles, por lo tanto esta especificación se cumple también al 100%.

Especificación 5. Tiempo necesario para la adaptación [min]

Con este elemento de eslinga al ser flexible, aseguro que el tiempo para la adaptación fuese inferior a 5 minutos por extremo, con lo cual se cumple esta especificación satisfactoriamente.

Especificación 6. Capacidad de carga del dispositivo [Kgf]

El dispositivo es capaz de levantar 363.77 [Kgf] con un factor de seguridad mínimo de 3. Con lo cual es más que evidente que el producto cumple esta especificación.

Especificación 7. Número de piezas para adaptar el dispositivo con la grúa de encabezado [#Pzas]

El dispositivo de levantamiento no requiere ningún componente para adaptarse con la grúa de encabezado, por lo tanto esta especificación se cumple en su totalidad.

Especificación 8. Distancia de traslado de perfiles [m] y altura de traslado [m]

Dado que el dispositivo se puede ajustar a cualquier altura por estar conectado a la grúa de encabezado, esta especificación se cumple por completo.

Especificación 9 Peso total de carga sobre la grúa [Kgfza]

El peso total que la grúa debe cargar no rebasa su capacidad de 2.2[TonFza], dado que el peso a cargar es el del tubo o perfil más el peso del dispositivo y esto es 752.915(Lbf) = 341.51[Kgfza].

Especificación 10. Velocidad de Ascenso y Descenso de los perfiles y tubería [m/min].

Al especificar la velocidad de ascenso directamente en el control de la grúa, la cual se puede ajustar a 2 [m/min], se observa que se cumple al 100%.

Especificación 11 Número de defectos [#]

Esta especificación se refiere al número de defectos aceptables durante la manipulación del dispositivo, en la fabricación del dispositivo no se observa ningún defecto por manipulación. Sin embargo la gente de facilidades o mantenimiento será la responsable del uso del dispositivo, y no tendrá ningún problema si se usa de la forma correcta, pero si se usa de forma no prevista o para otros fines se pueden tener problemas.

Especificación 12 Tiempo de descenso [min]

El tiempo de descenso es muy inferior a los 10 minutos que se le impuso a esta especificación, por lo tanto esta especificación se cumple en su totalidad.

Especificación 13. Número de pasos para desacoplar los diferentes perfiles [#pasos]

El número de pasos para desacoplar perfiles o tubería es de 1 simplemente desenrollar la eslinga por lo tanto es muy inferior al objetivo para esta especificación y por lo tanto se cumple este objetivo satisfactoriamente.

Especificación 14. Número de herramientas para el desacoplamiento [#htas]

No se necesitan herramientas para el desacoplo de perfiles o tuberías, por lo tanto esta especificación se cumple en su totalidad.

Especificación 15. Tiempo necesario para el desacoplamiento [min].

El tiempo requerido para el desacoplamiento es muy inferior al valor objetivo de esta especificación.

Especificación 16 Número de componentes del dispositivo [#comps]

Este objetivo también se cumple, ya que recordando el número de componentes del dispositivo es: 2 eslingas, 2 argollas, 2 ganchos y 3 componentes soldados en total suman 7 y es inferior al objetivo de 10 como mínimo, con lo cual esta especificación se cumple en su totalidad.

Especificación 17 -Durabilidad Corrosión Galvánica (min/año)-

Esta especificación requiere, observaciones durante el mantenimiento para saber si se está cumpliendo o no, lo que sí se puede garantizar es que la pintura especificada para el dispositivo le brinda una protección de mínimo 10 años si es que no está presente algún desgaste por abrasión.

Especificación 18. Procesos de fabricación fuera de las facilidades [#].

Esta especificación se cumple en su totalidad ya que no tenemos ningún proveedor para servicios de fabricación del dispositivo de levantamiento.

Especificación 19. Procesos de maquinado requeridos para la fabricación del dispositivo[#].

Esta especificación es muy cerrada y por lo tanto no se cumplió, ya que si se escogieran componentes sin maquinado para el dispositivo no serían funcionales. Esto se pudo haber evitado si se pidieran más componentes comerciales aunque el impactaríamos negativamente en la especificación 18. El cliente no muestra un desacuerdo en el incumplimiento de esta especificación por las razones dadas.

Especificación 20. Personal empleado para el uso del dispositivo[#].

Esta especificación se cumple en su totalidad pues el dispositivo solo requiere de 1 operador para la manipulación de los perfiles y los tubos.

Especificación 21. Paso libre sobre el área proyectada [m²].

De acuerdo a la simulación CAD, del dispositivo a la hora de la inmersión en la tina de electro-plateado podemos constatar que se cumple esta especificación en su totalidad.

Especificación 22. Profundidad de inmersión[in].

Los componentes del dispositivo fueron dimensionados de tal forma que garanticen el valor objetivo de esta especificación.

Especificación 23. Altura de sujeción para soldado [in].

Los componentes del dispositivo fueron dimensionados de tal forma que garantizan el valor objetivo de esta especificación, permitiendo el acoplamiento correcto con el codo en la estación de soldado.

Para la durabilidad de la eslinga, el proveedor del componente de la eslinga ha proporcionado un método para mitigar el posible riesgo por ataque químico durante la inmersión de esta en la tina de electroplateado y consiste en lavarla después del uso con una solución básica de hidróxido de sodio. Esto solo funcionara si la tina de electroplateado no rebasa el límite de temperatura de 90°C.

Dentro de las oportunidades de mejora, está el desarrollo del proveedor para simplificar aún más el número de componentes, por ejemplo hay un producto que haría la función de la argolla y el gancho al mismo tiempo. Sin embargo, se tiene una desventaja, el proveedor proporciona el nuevo componente a un precio competitivo siempre y cuando se le asigne un pedido de mil componentes como mínimo, lo cual no está alineado con los volúmenes de producción de el dispositivo de levantamiento.

Bibliografía:

Libros:

- 1) The Mechanical Design Process ,4th ed ,Aut: David G. Ullman , Mc Graw hill 2008
- 2) Engineering Design ,4th ed, Aut: George Dieter-L.Schmidt , Mc Graw hill 2009
- 3) Mechanical Engineering Design , Aut: Shigley, J. E., Mischke, C. R., and Budynas, R. G. 7th ed.,McGraw-Hill, New York, 2004.
- 4) Machine design: an integrated approach, Aut: Robert L. Norton, 2nd ed, Prentice Hall 2000
- 5) Mechanical design, Aut: Peter Childs , 2nd ed , Elsevier Butterworth-Heinemann
- 6) Fundamentals of modern manufacturing. Aut: Mikell P. Groover, 4th edition, John Wiley & Sons, Inc.
- 7) Mechanics of materials, Aut: Timoshenko, S and Gere, J.M, 5th edition, Cole Publishers, Pacific Groove, California, 2001

Páginas de internet:

- [A] Liftex <http://www.liftex.com/>
- [B] Crosby <http://www.thecrosbygroup.com/>
- [C] CraneTec <http://www.overheadcranetec.com/>
- [D] Nace corrosion resource center <http://events.nace.org/library/corrosion/>
- [E] QFD <http://www.qfdonline.com/about/terms-of-use/>
- [F] Engtips <http://www.eng-tips.com/viewthread.cfm?qid=238675>

Software:

1. CATIA V5 R16.
2. Ansys classic ver 10.0