



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO Y FABRICACIÓN  
DE UN REMOLQUE DE 10 TONELADAS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO MECÁNICO**

**PRESENTA**

**GONZÁLEZ LECHUGA ROBERTO CARLOS**

**ASESOR**

**DR. LEOPOLDO ADRIÁN GONZÁLEZ GONZÁLEZ**



**MÉXICO, D.F.**

**2008**



---

## AGRADECIMIENTOS.

**A la Universidad Nacional Autónoma de México;**  
*Mi Alma Mater, a quien debo prácticamente toda mi formación académica y buena parte de la personal, gracias por todo y por lo que falta.*

**A Tecno Productos Gab;**  
*Por la oportunidad de realizar este trabajo, por el apoyo de todos y cada uno de sus colaboradores, muy en especial al LDI Jorge Gaona, uno de mis mejores maestros.*

**A mi padre;**  
*Por el ejemplo incesante, el apoyo incondicional y la directriz hacia el triunfo.  
Te amo papá.*

**A mi madre;**  
*Por el cariño y la sensibilidad, por la firmeza visceral y por enseñarme a vivir con fuerza y entereza; a ti también te amo "tortura".*

**A mi hermano Jorge Alberto;**  
*Por enseñarme a enseñar, por ponerme a prueba siempre y por fomentar mi espíritu de competencia.*

**A mis hermanos mayores;**  
*Por su cooperación para unir el núcleo y por mis sobrinos.*

**A mis amigos entrañables;**  
*Lo mejor que me ha dejado la vida de estudiante, gracias por sus tonterías, sus cidos, su compañía, su tiempo y por todos los cafés.*

**A Lau;**  
*Mi compañera, mi gimnasio psicológico; gracias por todo el apoyo y por el último esfuerzo para lograr esto. Un viaje de mil pasos comienza con el primero, aquí está.  
Te amo reina.*

---



---

---

## ÍNDICE

• <b>Objetivo.</b>	. . . . .	<b>II</b>
• <b>Justificación.</b>	. . . . .	<b>III</b>
• <b>Introducción.</b>	. . . . .	<b>IV</b>
• <b>Capítulo 1. ANTECEDENTES DEL REMOLQUE.</b>	. . . . .	<b>1</b>
1.1 Medios utilizados para el transporte de retroexcavadoras.	. . . . .	<b>2</b>
1.2 Remolque de línea.	. . . . .	<b>4</b>
• <b>Capítulo 2. DISEÑO CONCEPTUAL DEL REMOLQUE DE CAMA BAJA.</b>	. . . . .	<b>6</b>
2.1 Especificaciones del cliente.	. . . . .	<b>7</b>
2.2 Modificaciones necesarias al remolque de línea.	. . . . .	<b>8</b>
2.3 Propuesta conceptual.	. . . . .	<b>11</b>
• <b>Capítulo 3. DISEÑO DE DETALLE DEL REMOLQUE DE CAMA BAJA.</b>	. . . . .	<b>24</b>
3.1 Diseño de partes nuevas.	. . . . .	<b>25</b>
3.2 Elementos especiales del remolque.	. . . . .	<b>42</b>
3.3 Análisis de esfuerzos sobre las viguetas de carga.	. . . . .	<b>48</b>
3.4 Análisis por elementos finitos de las viguetas de carga.	. . . . .	<b>57</b>
3.5 Ensamble general.	. . . . .	<b>62</b>
• <b>Capítulo 4. FABRICACIÓN DEL REMOLQUE DE CAMA BAJA.</b>	. . . . .	<b>63</b>
4.1 Rutas de trabajo.	. . . . .	<b>64</b>
4.2 Proceso de armado.	. . . . .	<b>81</b>
4.3 Proceso de pintura.	. . . . .	<b>91</b>
4.4 Proceso de pruebas.	. . . . .	<b>94</b>
• <b>Resultados y Conclusiones.</b>	. . . . .	<b>99</b>
• <b>Anexos.</b>		
A1 Pedido original.	. . . . .	<b>101</b>
• <b>Bibliografía.</b>	. . . . .	<b>102</b>



---

## **OBJETIVO**

Diseñar y fabricar un remolque de cama baja para diez toneladas de carga de trabajo.



---

---

## JUSTIFICACIÓN.

Este trabajo surge a partir del requerimiento especial de un cliente quien necesita transportar retroexcavadoras, éstas son equipos de construcción de grandes dimensiones (entre 6 y 8 metros de largo) y con un peso de 6 a 8 toneladas. Aún cuando la línea de productos de la empresa cuenta ya con un remolque de cama baja, éste no tiene la superficie necesaria para llevar las retroexcavadoras que el cliente necesita desplazar; motivo por el cual se realiza el diseño del nuevo remolque (más largo) tomando como base el que se maneja de línea.



---

---

## INTRODUCCIÓN

Entre los servicios primordiales que requiere la industria en general, se encuentra el transporte; que resulta fundamental para cumplir con entregas y con tareas que se realizan en lugares distintos a las instalaciones de la empresa misma. Es decir, muchas veces es indispensable desplazar equipo para realizar los trabajos asignados a una empresa; lo cual en ocasiones no resulta una tarea sencilla, dependiendo del equipo a trasladar.

Una situación particular en la que el traslado no es fácil, es cuando se necesita desplazar equipo de construcción tal como retroexcavadoras. Éstas son transportadas en *trailers* utilizados exprofeso para ello, es decir, se necesita de un vehículo únicamente para realizar el traslado, quedando inhabilitado para algún otro uso.

De aquí surge la inquietud de diseñar un equipo más versátil para el transporte de maquinaria y obtener un medio con la superficie y la capacidad de carga suficientes para trasladarla, teniendo además la ventaja de que el remolque pueda ser movido por medio de un camión de carga, lo que permite trasladar en un solo viaje tanto maquinaria como carga, por lo que en este trabajo se establece la aplicación de un proceso de diseño y se presenta la fabricación de un remolque de cama baja.

En el primer capítulo se presenta una visión general de lo que son los remolques, ilustrando así la manera en que actualmente se desplaza la maquinaria pesada, especialmente las retroexcavadoras. A su vez, se presenta un panorama del remolque que se maneja de línea en la empresa, el cual sirve como base para el desarrollo del presente proyecto.

Seguido de esto, el segundo capítulo muestra el desarrollo conceptual del remolque, la idea general y la manera en que fueron modificados algunos puntos del remolque de línea mejorando algunas piezas debido a distintas razones que se abordarán a detalle en dicho capítulo. También en esta parte se muestran las especificaciones designadas por el cliente a partir de las cuales se inicia el trabajo de diseño.

El tercer capítulo presenta el diseño de detalle del remolque, es decir, se define por completo el diseño de cada una de las partes que conforman el equipo; se realiza la selección de los materiales para la fabricación y de los elementos complementarios del equipo, como son luces, tipo de enganche, entre otros. También se valida el diseño mediante cálculos basados en teoría de esfuerzos y con un análisis por elementos finitos realizados a las viguetas de carga.

Para finalizar, en el capítulo cuatro se presenta el proceso de fabricación, incluyendo el armado, la pintura y las pruebas.



# CAPÍTULO 1

## Antecedentes del remolque de cama baja



*En este capítulo se presenta el medio que actualmente se utiliza para transportar equipo pesado como retroexcavadoras y se describe el remolque de línea, el cual da origen a la propuesta planteada en el presente trabajo.*

---

## 1.1 MEDIOS UTILIZADOS PARA EL TRANSPORTE DE RETROEXCAVADORAS.

Existen múltiples situaciones, en todo tipo de industria, en las que se necesita trasladar equipo para cumplir con diversas tareas. El presente trabajo se enfoca al transporte de retroexcavadoras, que son equipos utilizados en la industria de la construcción como el que se muestra en la figura 1.1.



*Fig. 1.1 Retroexcavadora*

Dichas máquinas se trasladan actualmente utilizando un remolque, el cual es acoplado a una cabina como se aprecia en la figura 1.2. Este tipo de transporte cumple con su tarea, sin embargo, no es la manera más eficiente de realizarla; pues tiene la desventaja de asignar un vehículo únicamente para cumplir con el traslado.



*Fig. 1.2 Transporte utilizado actualmente en el traslado de retroexcavadoras*

---



Con el objeto de poder movilizar más fácilmente este tipo de maquinaria, se ha desarrollado un medio de transporte más eficiente y económico que es el *remolque de cama baja*.

Este equipo tiene la virtud de poder ser remolcado por un camión prácticamente de cualquier tipo, aunque normalmente el vehículo motriz es un camión de volteo como se muestra en la figura 1.3. Con esto se logran realizar dos traslados a la vez, por un lado, la carga del propio camión, y por otra parte, se desplaza también el remolque con la retroexcavadora. Además, al tener una altura baja, el remolque permite transportar la maquinaria, que es de dimensiones considerables (dimensiones de retroexcavadora para transporte: largo 7.10 m; ancho 2.43 m y alto 4.0 m.)<sup>[1]</sup>, a través de calles y carreteras, pues es posible pasar por debajo de la mayoría de los puentes.



Fig. 1.3 Remolque de cama baja acoplado a camión de volteo.

Esta versatilidad se traduce en reducción de costos por concepto de traslado, ya que se ahorra todo lo relacionado a mover un vehículo (combustible, operador, aseguradora, etc.), pues con un solo camión pueden llevarse a cabo dos traslados simultáneamente.

[1] [www.newholland.com.mx/construccion/Productos/Retrocargadoras/B95TurboEsp.htm](http://www.newholland.com.mx/construccion/Productos/Retrocargadoras/B95TurboEsp.htm)  
(Enero 2007)

## 1.2 REMOLQUE DE LÍNEA.

Dentro de la línea de productos desarrollados por la empresa y que actualmente se comercializan, se encuentra un remolque de cama baja con capacidad de 7 toneladas de carga. Mediante el presente trabajo se propone ampliar la línea de productos, lanzando la opción de aumentar dicha capacidad hasta 10 toneladas y alargar la superficie útil del remolque según las necesidades del cliente.

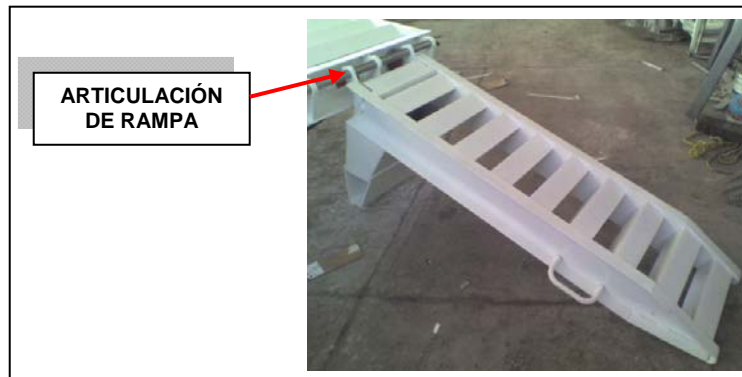
Aún cuando este equipo cumple su función de manera adecuada, se tiene una aplicación que excede tanto su capacidad de carga como la superficie útil con la que cuenta, específicamente se trata del transporte de retroexcavadoras. Esta demanda fue planteada por un cliente que necesita trasladar equipo de construcción de este tipo y es aquí donde surge la propuesta de diseñar y fabricar un nuevo remolque, partiendo de uno de línea y que satisfaga los requerimientos de transporte mencionados.

El remolque que se maneja actualmente se muestra en la figura 1.4 (modelo 0503), el cual se construye de perfiles estructurales comerciales hechos en acero de bajo carbono (1010 y 1014). Cuenta además con algunas piezas fabricadas en acero 1018, como son las hechas a partir de barras redondas. Prácticamente todos los ensambles están realizados mediante soldadura de microalambre. Tiene doble eje con muelles y cuatro llantas rin 16 en cada eje, frenos hidráulicos, luces laterales, traseras y de freno.



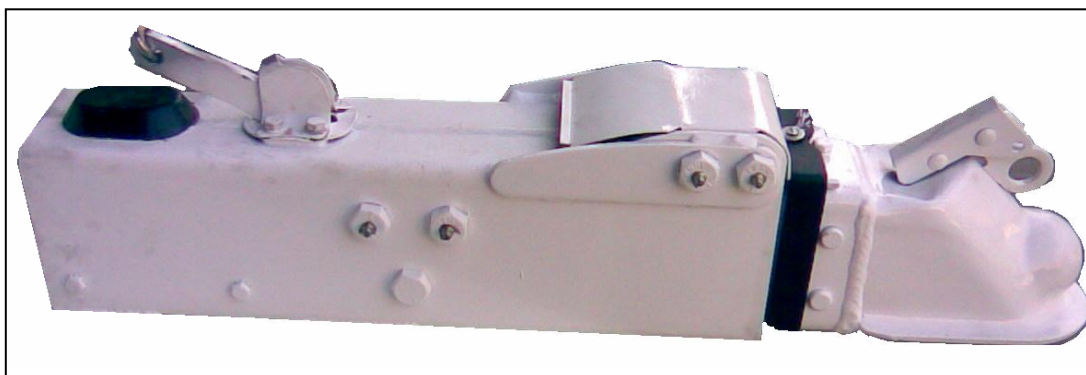
Fig. 1.4 Remolque marca SWEGA modelo 0503

Para facilitar la tarea de subir el (los) equipo(s) a trasladar, el remolque cuenta con dos rampas en la parte posterior mostradas en la figura 1.5, las cuales están articuladas de manera que puedan voltearse para que una vez utilizadas se coloquen nuevamente en su posición original para el traslado.



*Fig. 1.5 Rampa de acceso*

Para su acoplamiento al vehículo motriz, el remolque cuenta con un tirón de bola hidráulico con capacidad de 20,000 lbs que se muestra en la figura 1.6. Este elemento, además de permitir el enganche al vehículo motriz, provee el accionamiento inercial para los frenos hidráulicos.



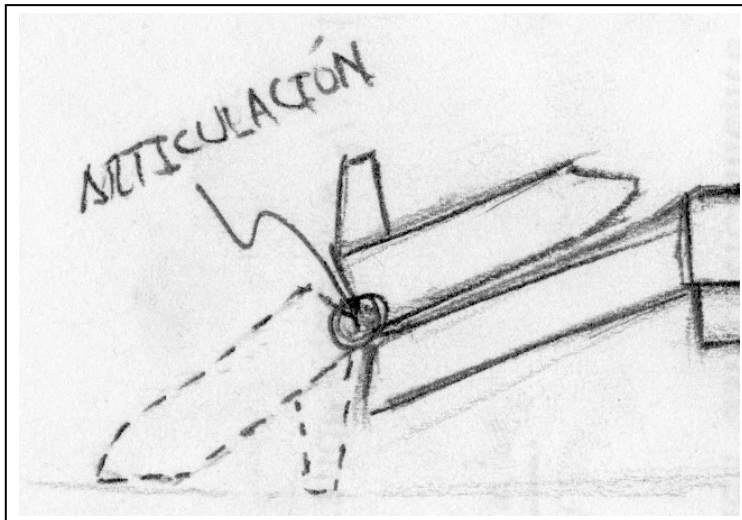
*Fig. 1.6 Tirón de tipo bola*



---

# CAPÍTULO 2

## Diseño conceptual del remolque de cama baja



*El diseño conceptual es el principio de todo proceso de diseño y consta de varias partes entre las que destacan la definición de especificaciones y la propuesta conceptual. En este capítulo se presentan las necesidades del usuario; además, como se está partiendo de un remolque de línea, se presentan las modificaciones necesarias para realizar la propuesta conceptual.*



---

---

## 2.1 ESPECIFICACIONES DEL CLIENTE.

En la tabla 2.1 se presentan las especificaciones y características requeridas por el cliente para el remolque. Cada uno de estos puntos se deben tomar en cuenta para elaborar la propuesta conceptual y queda entendido que el diseño final cumplirá con todas ellas. En el anexo 1 de este trabajo se presenta el pedido que originalmente fue levantado al cliente.

*Tabla 2.1 Especificaciones indicadas por el cliente.*

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li><input checked="" type="checkbox"/> Remolque para 10 toneladas de carga.</li><li><input checked="" type="checkbox"/> Tipo “cama baja”.</li><li><input checked="" type="checkbox"/> Tirón de defensa para bola de 2 5/16” de diámetro.</li><li><input checked="" type="checkbox"/> Dos ejes con doble rodada cada uno.</li><li><input checked="" type="checkbox"/> Frenos hidráulicos de inercia.</li><li><input checked="" type="checkbox"/> Piso de acero antiderrapante de ¼” de espesor.</li><li><input checked="" type="checkbox"/> Luces reglamentarias.</li><li><input checked="" type="checkbox"/> Gato de elevación en la parte frontal, de operación manual y capacidad de 5,250 kg.</li><li><input checked="" type="checkbox"/> Mínimo dos rampas triangulares plegables de 50 cm de ancho por 1.80 m de largo con tres puntos de sujeción en cada lado.</li><li><input checked="" type="checkbox"/> Dimensiones de la plataforma:<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Largo mínimo de plataforma plana, 8.0 m</li><li>▪ Parte inclinada de 2.0 m</li><li>▪ Ancho total de 2.80 m</li></ul></li><li><input checked="" type="checkbox"/> Acabado en pintura de poliuretano.</li></ul> |
|---|



---

---

## 2.2 MODIFICACIONES NECESARIAS AL REMOLQUE DE LÍNEA.

A partir de la experiencia adquirida con el remolque de línea se sabe que existen algunas partes que es conveniente modificar. Esto puede obedecer a distintas razones; ya sea porque se hubiera detectado que alguna pieza no funciona de manera adecuada, o que el proceso de su fabricación es difícil y/o costoso o simplemente porque es posible reemplazarla por algún otro componente cuya manufactura resulta más conveniente. Además hay algunas partes que necesitan modificarse por el aumento en la longitud de la plataforma.

Todas las modificaciones realizadas se clasifican y enlistan en la tabla **2.2**, estando divididas según el motivo por el cual fueron modificadas o reemplazadas.



**Tabla 2.2 Relación de modificaciones propuestas al remolque de línea.**

<b>A) Piezas que se propone modificar debido a CAMBIO DE DIMENSIONES.</b>				
<b>PIEZA ANTERIOR</b>		<b>PIEZA NUEVA</b>		<b>DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN</b>
<b>CLAVE</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>CLAVE</b>	<b>NOMBRE</b>	
0503-XX-XX	PISO DE LA CAMA	0503X-XX-XX	PISO DE LA CAMA	Se agregan tres placas antiderrapantes de 6' x 10'
0503-01-16	CANAL LATERAL	0503X-01-16	CANAL LATERAL	Se incrementa la longitud y se redefinen posiciones de cortes para salpicaderas
0503-XX-XX	VIGUETA DE CARGA	0503X-XX-XX	VIGUETA DE CARGA	Se incrementa la longitud.
0503-01-09	DEFENSA	0503X-01-09	DEFENSA	Se realizan dos cortes más por falta de luces.
<b>B) Piezas reemplazadas por NUEVOS DISEÑOS debido a dificultades de MANUFACTURA.</b>				
<b>PIEZA ANTERIOR</b>		<b>PIEZA NUEVA</b>		<b>MOTIVOS DE REEMPLAZO</b>
<b>CLAVE</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>CLAVE</b>	<b>NOMBRE</b>	
0503-01-21	REFUERZO LATERAL	0503X-01-20	REFUERZO LATERAL	Alto costo y tiempo de fabricación. Se necesita ajuste de dimensiones. Proceso de maquila fuera de la empresa.
0503-01-10	TRAVESAÑO SECUNDARIO FRONTAL	0503X-01-29	PORTERÍA DELANTERA	Alto costo de material y de fabricación. Proceso de maquila fuera de la empresa. Piezas poco funcionales.
0503-01-08	PISO DELANTERO			
0503-01-17	PUENTE	0503X-01-17	BISAGRA PARA RAMPA	Difícil manufactura. Forma poco adecuada. Proceso de maquila fuera de la empresa.
		0503X-01-01 B	PELDAÑO SUPERIOR DE RAMPA	



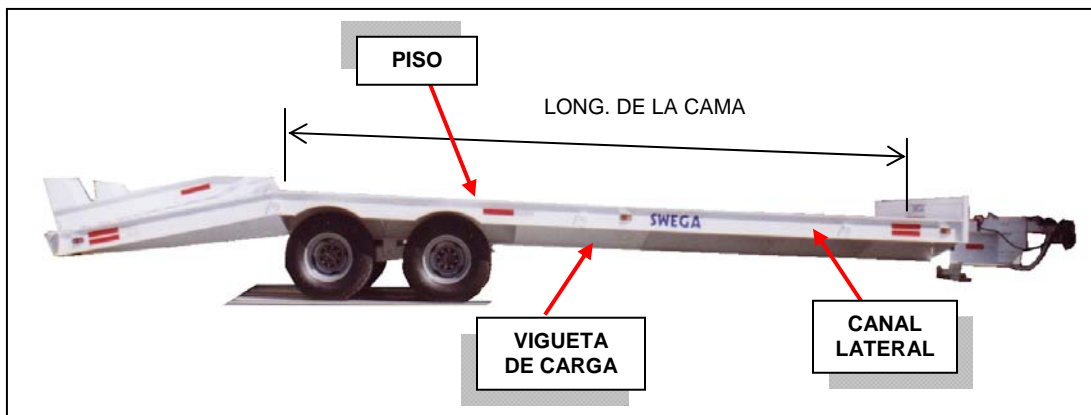
0503-01-01-04	PIE DE RAMPA	0503X-XX-XX	PIE DE RAMPA	Alto costo, dificultad de fabricación, forma muy compleja.
0503-01-06	BASE PARA TIRÓN	0503X-01-06	BASE PARA TIRÓN	Alto costo y dificultad de fabricación. Proceso de maquila fuera de la empresa.
<b>C) Relación de NUEVOS COMPONENTES.</b>				
CLAVE	DESCRIPCIÓN	REQUERIMIENTO A SATISFACER		
0503X-01-42	SEGURO DE REVERSA	Limitar accionamiento inercial de freno en el tirón al mover el vehículo motriz hacia atrás.		
0503X-01-34	REFUERZO PORTERÍA DELANTERA	Brindar soporte extra contra impactos en la portería delantera.		
0503X-01-36	EXTENSIÓN PARA MANIVELA DE PATA DE ESTACIONAMIENTO	Dar un acceso más fácil al mecanismo de operación de la pata de estacionamiento.		
0503X-01-37	SOPORTE DE EXTENSIÓN DE MANIVELA	Posicionar cómodamente la manivela de la pata de estacionamiento para su operación.		



## 2.3 PROPUESTA CONCEPTUAL.

Para fines de aligerar la tarea de ligar todas las partes que forman el remolque, se procede a describir la propuesta conceptual separando cada situación señalada en la tabla 2.2. De esta manera se propone facilitar el trabajo de diseño.

Se sabe que una de las principales especificaciones es el largo de la plataforma, el cual aumenta de  $6.35\text{ m}$  (remolque original) a  $8.0\text{ m}$ . Bajo este contexto, se manejan tres piezas indicadas en la sección A de la tabla 2.2: el piso de la plataforma, las canales laterales y las viguetas de carga. Estos componentes, son los que definen la longitud de la cama como se ilustra a continuación en la figura 2.1.

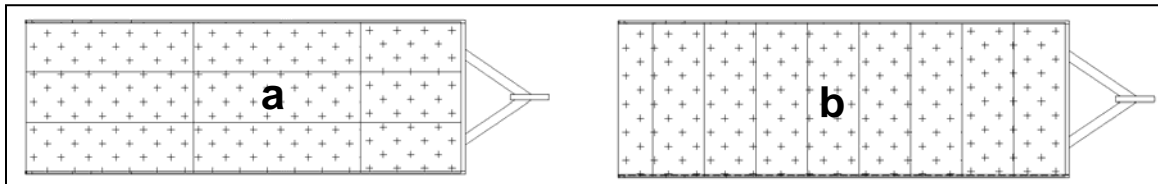


*Fig. 2.1 Partes que son modificadas por el aumento de longitud.*

Tomando como base la sección A de la tabla 2.2, se realiza a continuación la propuesta conceptual de las piezas ahí indicadas.

- **Piso de la cama.**

El piso de la cama debe alargarse, para lo cual se propone adecuar dicho alargamiento a una medida comercial de placa antiderrapante para evitar trabajo posterior de corte, rebabeo y ajuste. Tomando en cuenta lo anterior se evalúan dos propuestas: la primera se muestra en la figura **2.2 a** considerando un acomodo longitudinal de las hojas; mientras que la segunda, mostrada en la figura **2.2 b**, el acomodo se considera transversal.



*Fig. 2.2 Diferentes opciones para el acomodo de las placas del piso.*

- **Canales laterales.**

Por su parte, las canales laterales (tipo “c”), como las que se muestran en la figura **2.3**, son las que delimitan el equipo en sus dos costados, así que se propone también aumentar su dimensión a  $8.0\text{ m}$  de largo. Además, puesto que esta pieza tiene cortes semicirculares para colocar los guarda fangos del equipo (fig. **2.3**), es necesario definir también la nueva posición de dichos cortes.



*Fig. 2.3 Canal de 8'' de 17.11 kg/m con cortes y guarda fangos.*

- **Viguetas de carga.**

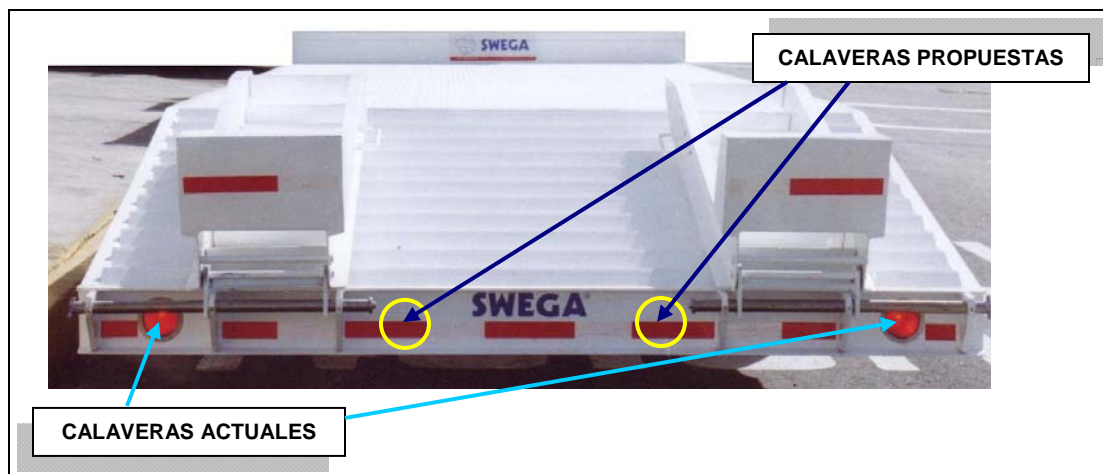


**Fig. 2.4** *Vigueta tipo IPR de 12" x 6 1/2" de 38.7 kg/m*

En el caso de las viguetas que se muestran en la figura 2.4, se propone también el ajuste de dimensión, llevándolas a 8.0 m de largo. Esto hace necesario evaluar el estado de esfuerzos al que estarán sometidas ahora para determinar si es necesario o no cambiar el perfil por uno de mayor capacidad o solamente se necesitan ajustar sus dimensiones, ya que estas viguetas (tipo *ipr*) son las responsables de soportar toda la carga. Esta evaluación se presenta en el capítulo 3 de este trabajo.

- **Defensa.**

El límite trasero del equipo lo marca la defensa, otra canal (tipo "c"), que se modifica porque, a pesar de que contaba ya con huecos diseñados para colocar las calaveras, éstas no eran suficientes pues tenía sólo dos, tal como se observa en la figura 2.5, y eran obstruidas a la visibilidad con las mismas rampas del equipo. Por esta razón, se propone añadir una calavera más de cada lado, colocándolas más hacia el centro de la defensa, en la posición mostrada en la figura 2.5, con lo cual libran adecuadamente las rampas y permiten estar visibles todo el tiempo.



**Fig. 2.5** *Parte trasera del remolque de línea con dos calaveras.*

Con esto se definen conceptualmente las partes del nuevo remolque que se ven afectadas únicamente en sus dimensiones.

Ahora tomando como referencia la sección **B** de la tabla **2.2** en la que se proponen nuevos diseños que sustituyen a piezas existentes que presentaron ciertos inconvenientes, principalmente en cuanto a su manufactura, en algunos casos con formas poco adecuadas o muy complejas, se realizan las propuestas conceptuales descritas a continuación.

- **Refuerzo lateral.**

Para el refuerzo lateral que se muestra en la figura **2.6** se utiliza una placa calibre  $\frac{1}{4}$ " cortada con pantógrafo. Esto representa las siguientes **desventajas**:



*Fig. 2.6 Parte inferior del remolque con nuevos refuerzos laterales.* >>>

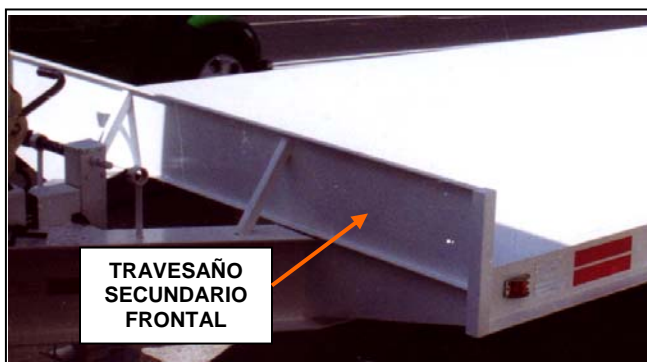
- ☒ La maquila de la placa debe mandarse hacer fuera de las instalaciones de la empresa, pues no se cuenta con la maquinaria necesaria para realizarla.
- ☒ Puesto que el proceso de corte deja un acabado muy burdo, se requiere trabajo posterior de rebabeado y de matar filos con un esmeril.
- ☒ La precisión dimensional del corte no es exacta, por lo cual al presentar la pieza en su posición se realiza un ajuste de dimensiones con una esmeriladora manual y un disco de desbaste.
- ☒ El tiempo de fabricación es largo entre lo que tarda el proveedor en entregar la pieza y la realización de los procesos mencionados.

- ☒ El costo de manufactura es mayor que si se realizara dentro de la empresa, pues implica el precio de la maquila, el desgaste de la piedra de esmeril, el desgaste del disco de desbaste, el costo mismo de un mayor tiempo de fabricación y gastos indirectos (flete, gasolina, facturación, emisión de cheques, etc.).

Considerando estas desventajas, se propone una pieza fabricada con un perfil *ptr* cuadrado, cortado en sus extremos a un ángulo adecuado, para ser soldado en la misma posición en la que se colocaba la pieza anterior. Con esto se propone obtener las siguientes **ventajas**:

- ☒ La pieza propuesta puede fabricarse con la infraestructura que hay dentro de la empresa.
- ☒ Se propone evitar trabajos posteriores de rebabeo y ajuste de dimensiones.
- ☒ Se propone reducir significativamente el tiempo de fabricación de la pieza.
- ☒ Con esta propuesta se tiene una reducción de costo muy importante.
- ☒ La pieza propuesta refuerza los extremos de las canales que soportan el piso de la cama teniendo el mismo resultado funcional que brindaba la pieza anterior.

- **Portería delantera.**



**Fig. 2.7** Parte frontal del remolque de línea con travesaño secundario frontal.

La parte frontal de la está limitada por dos piezas; la primera es un remate que se le da al piso en la parte delantera (*piso delantero* en la sección **B** de la tabla 2.2), está hecho de una placa antiderrapante calibre  $\frac{1}{4}$ " con un doblado a  $90^\circ$ . La segunda es la pieza que delimita el equipo en su parte frontal y que proporciona un tope para que la carga no rebase el límite delantero (*travesaño secundario frontal* en la sección **B** de la tabla 2.2). Esta pieza se fabrica también de placa calibre  $\frac{1}{4}$ " doblada y se muestra en la figura 2.7.



---

Las dos piezas descritas en el párrafo anterior, presentan las siguientes **desventajas**:

- ☒ El doblado de placa es un proceso que se manda realizar fuera de las instalaciones de la empresa.
- ☒ La placa es un material de alto costo respecto a perfiles de acero comerciales.
- ☒ El tiempo de fabricación se incrementa pues tiene que transcurrir un cierto periodo en lo que el proveedor entrega la placa doblada.
- ☒ El costo de manufactura es mayor que si se realizara dentro de la empresa, pues implica el precio de la maquila, el costo que lleva el tener un mayor tiempo de fabricación y gastos indirectos (flete, gasolina, facturación, emisión de cheques, etc.).
- ☒ El *travesaño secundario frontal* no es funcional por no tener una altura suficiente para limitar el tipo de carga que se maneja en el remolque.

La propuesta para este caso consiste en un “barandal” unido directamente a la estructura del equipo, hecho con perfiles *ptr* y con una altura suficiente para detener fácilmente la rueda delantera de una retroexcavadora. Esta propuesta ofrece las siguientes **ventajas**:

- ☒ Se tiene un límite frontal adecuado en altura.
- ☒ Funciona también como punto de apoyo extra para amarrar la carga al trasladarla.
- ☒ El corte y la soldadura del *ptr* necesarios para fabricar esta *portería* puede realizarse dentro de la empresa sin ningún problema.
- ☒ Se reduce el tiempo de fabricación.
- ☒ El costo de la pieza disminuye considerablemente.

- **Bisagra y peldaño superior de rampa.**

Se tiene ahora una parte de las rampas de acceso, conocida como *punte*, que se muestra en la figura 2.8 y que desempeña una doble función. En primer lugar, es la pieza que actúa como “bisagra” en la articulación de las rampas; y en segundo lugar, al estar colocadas éstas en posición de trabajo (cuando se va a subir un equipo en el remolque), cubre un espacio que existe entre el último peldaño de la rampa y la defensa del remolque, el cual se aprecia en la figura 2.9 y que impide el paso libre de las llantas de la retroexcavadora; de aquí el nombre de “punte”.



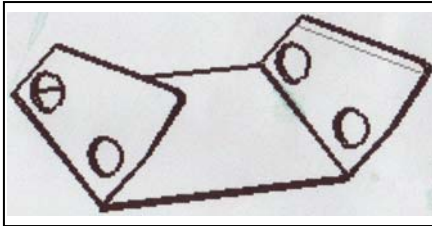


Fig. 2.8 "Puente"

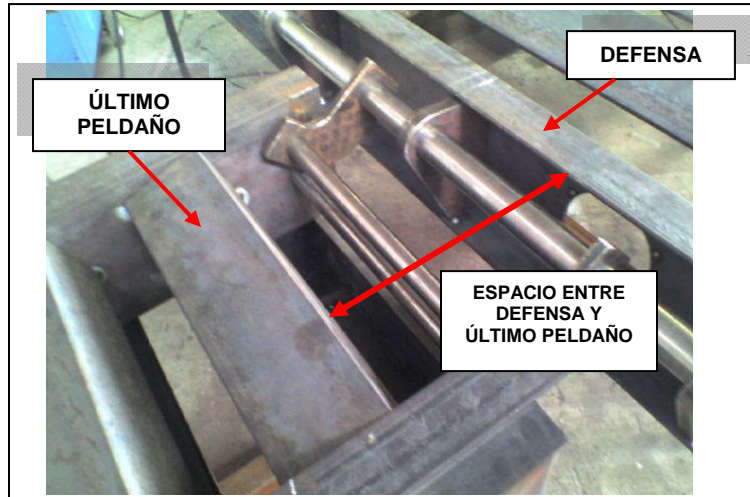


Fig. 2.9 Detalle de espacio en parte superior de rampas de acceso.

Esta pieza se construye de placa calibre  $\frac{1}{4}$ " doblada y cortada. Esto tiene las **desventajas** que se mencionan a continuación:

- ☒ El doblado de placa es un proceso que se realiza fuera de la empresa.
- ☒ El tiempo de fabricación se incrementa pues debe transcurrir el periodo necesario para que el proveedor entrega la placa doblada.
- ☒ El costo de manufactura es mayor que si se fabricara dentro de la empresa, pues implica el precio de la maquila, el costo que lleva el tener un mayor tiempo de fabricación y gastos indirectos (flete, gasolina, facturación, emisión de cheques, etc.).

Para solucionar estos inconvenientes, se propone cubrir las dos funciones del *puente* con dos piezas distintas; de esta manera se tiene una pieza para la función de "bisagra" y otra para cubrir el espacio mostrado en la figura 2.9. Para la primera, la propuesta conceptual consiste en una placa cortada a la medida de forma que permita realizar la rotación necesaria para colocar las rampas en posición de trabajo y de traslado. Para cubrir el espacio entre la defensa y el último peldaño de la rampa, la propuesta es añadir un peldaño más a la rampa, hecho del mismo ángulo comercial de  $4^\circ$ . Con estas propuestas se tienen las siguientes **ventajas**:

- ☒ El último peldaño puede fabricarse junto con los demás, ahorrando tiempo de manufactura.
- ☒ La manufactura del peldaño puede hacerse con equipo de la empresa, reduciendo el costo de fabricación.

- **Pie de rampa.**

Como se ve en la figura 2.10, el *pie de rampa* es el apoyo de la rampa para cuando se encuentra en su posición de trabajo.

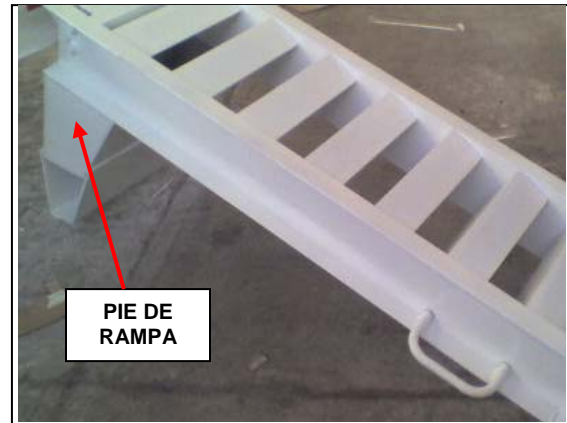
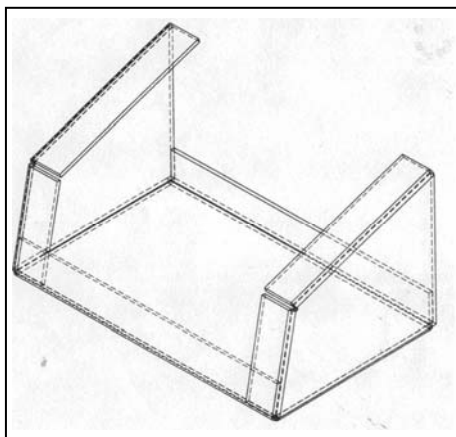


Fig. 2.10 >>>  
Pie de rampa.



El diseño inicial de esta pieza tiene una forma muy compleja, que se muestra en la figura 2.11, fabricada con placa calibre ¼" doblada.

<<< Fig. 2.11  
Primer diseño para el pie de rampa.

Este diseño presenta las **desventajas** que a continuación se mencionan:

- ☒ La maquila de la placa debe mandarse hacer fuera de las instalaciones de la empresa, pues no se cuenta con la maquinaria necesaria para realizarla.
- ☒ La forma es compleja y el calibre grueso, lo cual dificulta y encarece el proceso de doblado.
- ☒ El tiempo de fabricación se incrementa pues tiene que transcurrir un cierto periodo en lo que el proveedor entrega la placa doblada.
- ☒ El costo de manufactura es mayor que si se fabricara con equipo de la empresa, pues implica el precio de la maquila, el costo de un mayor tiempo de fabricación y gastos indirectos (flete, gasolina, facturación, emisión de cheques, etc.).



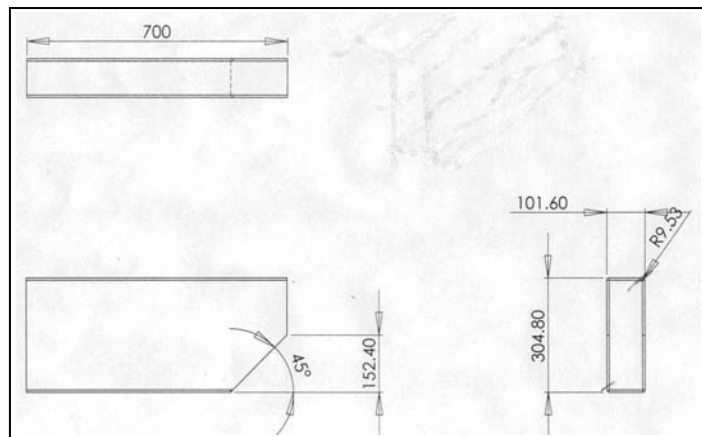
La propuesta conceptual para el *pie de rampa* no modifica el hecho de realizar esta parte con placa, sin embargo, se propone hacerla en partes. Dos piezas para el cuerpo y dos más para las tapas laterales de cada pie; esto con el mismo resultado funcional que la pieza anterior. Con esta propuesta se ofrecen las siguientes **ventajas**:

- ☑ Aunque sigue siendo placa doblada, se tienen partes con un solo doblé, lo cual reduce mucho la dificultad para fabricarlas y la probabilidad de error en la maquila.
- ☑ El calibre de la placa disminuye a 3/16".
- ☑ Puesto que los dobleces son sencillos, el tiempo de entrega por parte del proveedor se reduce.
- ☑ El costo de la placa y la maquila es menor.

#### • Base para tirón.

La *base para tirón* es la parte sobre la cual se apoya y suelda el tirón del remolque. En un principio se trata de una pieza fabricada de placa calibre 1/4" doblada, que se muestra en la figura 2.12.

Fig. 2.12 Primer diseño >>>  
para el pie de rampa.



Este componente tiene las siguientes **desventajas**:

- ☑ El proceso de manufactura se realiza fuera de las instalaciones de la empresa.
- ☑ Por las dimensiones que tiene la pieza, estructuralmente no resulta confiable, tomando en cuenta el papel que desempeña en el equipo, o sea, soportar al tirón del cual se engancha todo el peso, tanto del remolque como de la carga.
- ☑ El tiempo de fabricación se incrementa por mandar maquilar la pieza fuera.
- ☑ El costo de la pieza es alto, pues requiere una cantidad considerable de placa.
- ☑ Se tienen gastos indirectos que aumentan más el costo de fabricación.



---

Considerando los puntos ya mencionados se propone reemplazar esta pieza por una hecha modularmente, es decir, con varios perfiles *ptr* uno encima del otro, soldados por los costados para formar una estructura rígida, confiable y que pueda fabricarse con bastante facilidad dentro de la empresa. Con esto se propone obtener las **ventajas** mencionadas a continuación:

- La pieza puede fabricarse con equipo de la empresa.
- Los perfiles *ptr* unidos dan como resultado una pieza estructuralmente confiable.
- El tiempo de fabricación se reduce significativamente por la simplicidad de la pieza.
- El costo de fabricación de la pieza se reduce de manera muy considerable.

Con esto se tienen las propuestas conceptuales para reemplazar las piezas indicadas en la sección **B** de la tabla **2.2**; que son partes cuya manufactura resulta complicada y/o costosa respecto a los nuevos procesos propuestos en los párrafos anteriores.

A continuación, tomando como referencia la sección **C** de la tabla **2.2**, se presentan las propuestas conceptuales para los nuevos diseños necesarios para cumplir con los requerimientos indicados en dicha sección.

- **Seguro de reversa.**

Antes de proceder a describir la propuesta conceptual para el *seguro de reversa*, es conveniente analizar el principio de funcionamiento del tirón hidráulico; a partir del cual surge el requerimiento de diseñar un seguro.

Debido a que la operación del tirón hidráulico es inercial, lo cual significa que cuando el vehículo motriz aplica los frenos, el mecanismo de freno del remolque se acciona también, es necesario limitar esta situación cuando el movimiento del vehículo motriz es hacia atrás. En la figura **2.13** se puede ver un esquema del tirón que ilustra de manera más clara su funcionamiento.

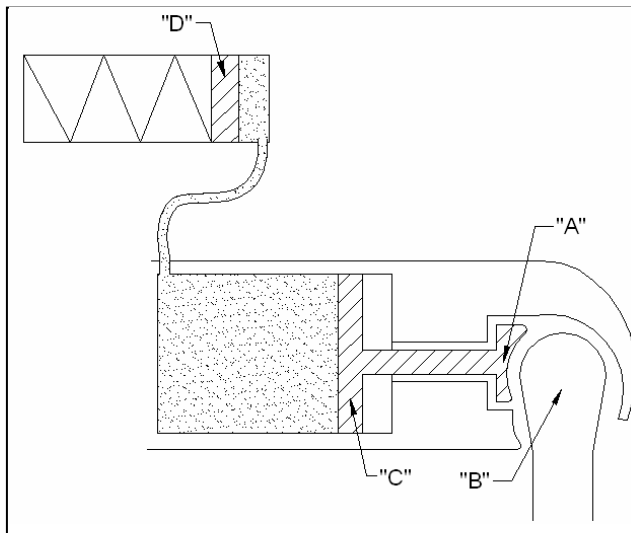


Fig. 2.13 Diagrama de funcionamiento del tirón hidráulico.

Cuando el vehículo motriz se detiene, la inercia que posee el remolque hace que continúe su movimiento hacia el frente (derecha en la figura 2.13), lo cual provoca que el elemento "A" sea empujado contra la bola "B" (que está acoplada al vehículo motriz) accionando el émbolo "C". Esta acción provoca que el líquido de frenos (zona punteada) sea desplazado para ocupar el espacio en el pistón de freno empujando el émbolo "D", lo cual enfrena el remolque.

Puesto que la bola "B" está acoplada al vehículo motriz, todo lo anterior ocurre también si éste se desplaza hacia atrás, razón por la cual es necesario limitar el accionamiento del freno inercial en ese caso.

Ahora que está explicado el funcionamiento del tirón y expresada la necesidad de un *seguro de reversa*, se presenta la propuesta conceptual para éste.

Para lograr limitar el accionamiento del freno inercial, se propone fabricar un "collarín" que rodee el cuerpo del tirón, aprovechando que en esa parte se tienen unos pernos propios de la construcción del tirón que se muestran en la figura 2.14. De manera que cuando el mecanismo trate de accionarse, el collarín lo detenga. Además tiene que ser fácil de colocar y fácilmente removible para que pueda manipularse con sencillez y estar sujeto de alguna parte del remolque para evitar que se extravíe. Se propone un armado de solera en forma de "C", cuya medida depende del tamaño del tirón y del espacio entre los pernos y la parte del cuerpo que detendrán el accionamiento.

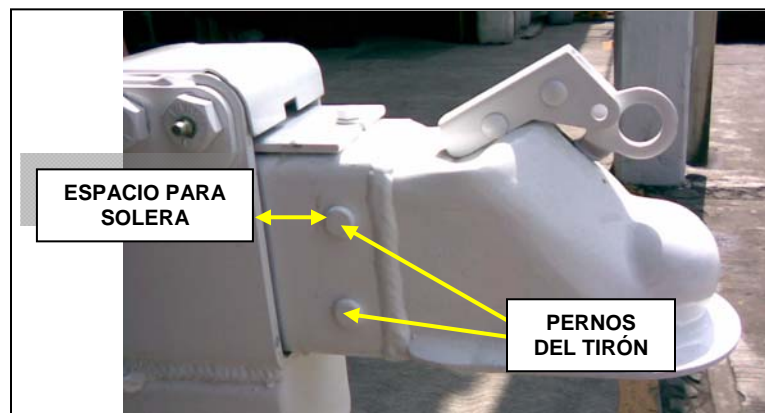


Fig. 2.14 Detalle del tirón hidráulico.

- **Refuerzo de portería delantera.**

Debido al tipo de carga que se maneja en el remolque, la *portería delantera* está expuesta a impactos, pues es el componente que delimita la plataforma en su parte frontal. Dada esta condición, es necesario reforzar la portería previniendo cualquier falla ocasionada por un golpe. En la figura 2.15 se muestra el sentido en el que debe reforzarse la portería tomando en cuenta que la carga siempre sube por las rampas (parte posterior del remolque) y que si recibe un impacto será de atrás hacia delante (en el sentido inverso al que indican las flechas).

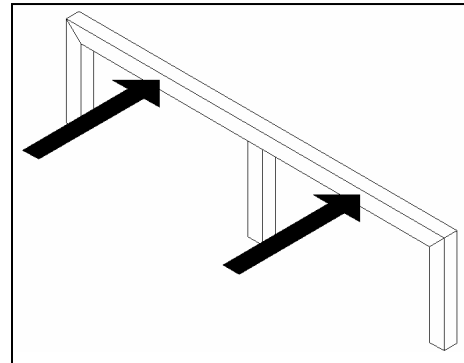


Fig. 2.15 Sentido de reforzo para portería delantera.

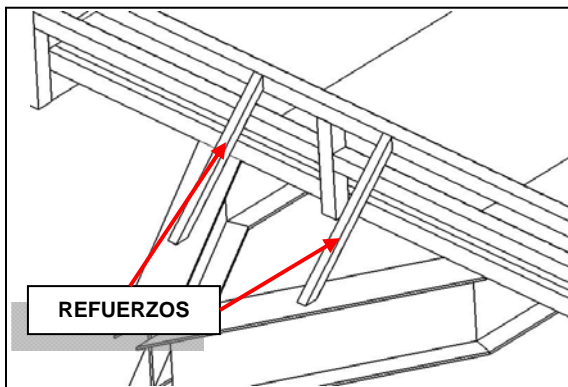


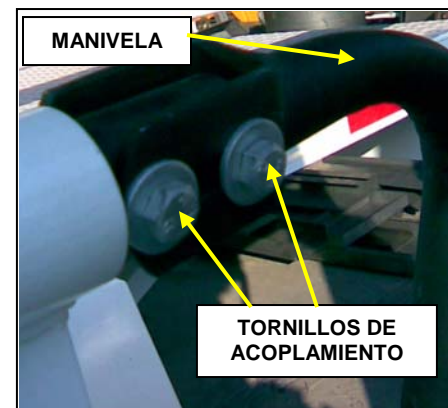
Fig. 2.16 Propuesta para reforzo de portería delantera.

Para obtener el reforzo necesario, se propone colocar dos perfiles tipo *ptr* cuadrados, uno de cada lado de la portería, cortados a un ángulo adecuado de manera que una de las caras pueda ser soldada en el travesaño de la portería y la otra sea apoyada y soldada aprovechando la sección de las viguetas que termina en punta en la parte frontal del remolque, tal como se muestra en la figura 2.16.

- **Extensión para manivela de pata de estacionamiento.**

Para operar la pata o "gato" de estacionamiento se cuenta con una manivela acoplada por medio de dos tornillos como se ve en la figura 2.17, esto permite subir o bajar la pata al girar la manivela. Esta operación puede realizarse por ambos lados del "gato", pues cuenta con un elemento independiente de cada lado para acoplar la manivela.

Fig. 2.17 Detalle de acoplamiento de manivela y pata de estacionamiento >>>



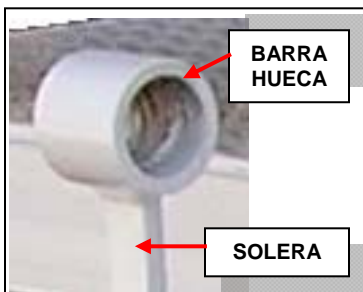


Este acoplamiento hecho mediante tornillos, permite que fácilmente pueda quitarse la manivela y colocarla del lado contrario del "gato" si por alguna situación se requiere.

Debido a la posición del "gato" en el remolque y a la forma de la manivela no es posible girarla porque para ello estorba el frente mismo del remolque. Este es el motivo por el cual se propone diseñar una extensión que permita realizar el giro de la manivela en una parte más alejada del centro del remolque y, por lo tanto, más libre de movimiento. La propuesta conceptual para la extensión consiste en una barra redonda con la longitud suficiente para posicionar la manivela donde el giro de ésta sea libre y cómodo, maquinada en un extremo para acoplarla al "gato" de la misma manera que la manivela, y barrenada en el otro extremo para acoplar la manivela también con dos tornillos como se muestra en la figura 2.17.

- **Soporte de extensión de manivela.**

Al tener una extensión que une la pata de estacionamiento con la manivela para operarla, dicha extensión necesita un apoyo que permita mantenerla en posición horizontal y que además le permita girar libremente. Esto facilita la operación de la pata de estacionamiento.



*Fig. 2.18 Propuesta para soporte de extensión de manivela.*

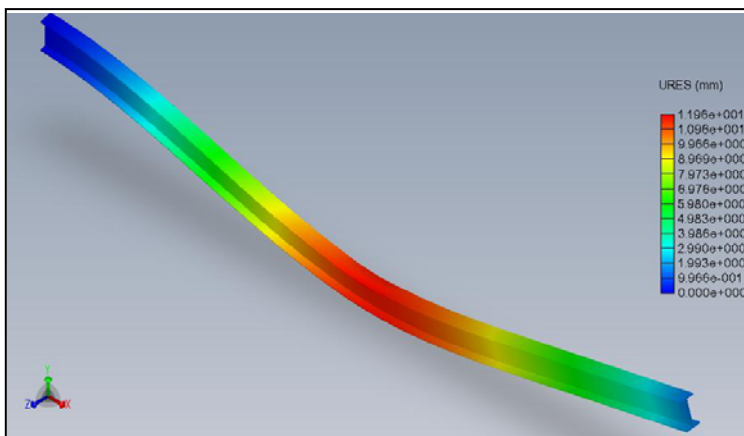
Para lograr que la extensión permanezca en posición horizontal y su giro sea libre, la propuesta conceptual consiste en maquinar una barra hueca para dar un ajuste de juego entre el diámetro interior de ésta y el diámetro exterior de la extensión. Para acoplar la barra hueca al remolque se propone usar una solera soldada tanto a la barra como al remolque, tal como se muestra en la figura 2.18.



---

# CAPÍTULO 3

## Diseño de detalle del remolque de cama baja



*Una vez que se tiene elaborada la propuesta conceptual, el proceso de diseño continúa con la definición por completo de las piezas, es decir, con el diseño de detalle. En este capítulo se concluye el diseño del remolque y se presentan los elementos especiales que lo componen. Además se analizan los esfuerzos sobre las viguetas de carga y se hace un análisis por elementos finitos de ellas.*



### 3.1 DISEÑO DE PARTES NUEVAS.

En el capítulo 2 se presentaron las propuestas conceptuales de las piezas que son modificadas y diseñadas para formar parte del nuevo remolque. Estas piezas fueron indicadas en la tabla 2.2.

En este apartado se pasa del diseño conceptual al diseño de detalle. Esta etapa del proceso se presenta para cada situación particular, es decir, de la misma manera que en el capítulo anterior, se presenta el diseño de detalle pieza a pieza, proponiendo así facilitar el trabajo de diseño.

Tomando como base la tabla 2.2, se presenta la primera pieza, que es el *piso de la cama*.

- **Piso de la cama.**

Como se mencionó en el capítulo 2, se tienen dos opciones para colocar el piso de la cama, en forma longitudinal o de manera transversal. Para definir este componente se consideran los siguientes puntos:

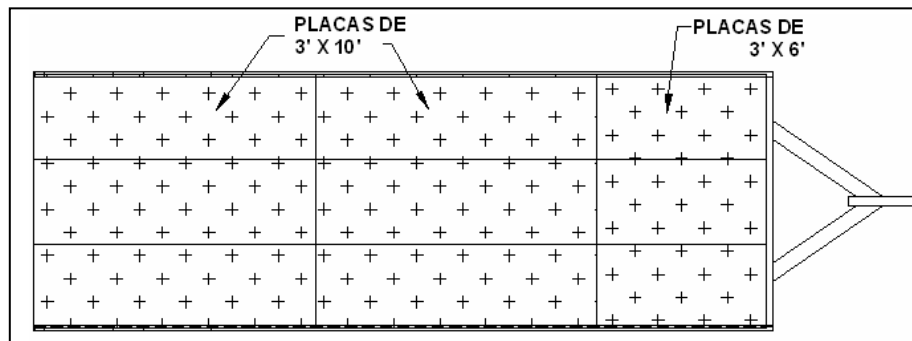
- El alargamiento de la cama, que es de 6.35 m a 8.0 m. Esto quiere decir que se necesitan cubrir 8.0 m de largo de placa.
- El ancho total del remolque es de 2.80 m.
- Las medidas comerciales de placa, las cuales se muestran en la figura 3.1 <sup>[1]</sup>.

Peso Aproximado en Kilos de Placa de Acero en Medidas Estándar								
Medidas		9/16"	1/2"	7/16"	3/8"	5/16"	1/4"	3/16"
		14.3	12.7	11.1	8.5	7.9	6.4	4.8
pies	metros	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
3' x 6'	(.914 x 1.83)	187	167	146	125	104	83	62
3' x 8'	(.914 x 2.44)	250	222	194	167	139	111	83
3' x 10'	(.914 x 3.05)	312	278	243	208	173	139	104
4' x 8'	(1.22 x 2.44)	333	296	259	222	185	148	111
4' x 10'	(1.22 x 3.05)	416	370	324	278	231	185	139
4' x 12'	(1.22 x 3.66)	500	444	389	333	278	222	167
5' x 10'	(1.52 x 3.05)	521	463	405	347	289	231	174
5' x 15'	(1.52 x 4.57)	781	694	607	521	434	347	260
5' x 20'	(1.52 x 6.10)	1041	925	810	694	578	463	347
6' x 12'	(1.83 x 3.66)	750	666	583	500	416	333	250
6' x 18'	(1.83 x 5.49)	1124	999	874	750	625	500	375
6' x 20'	(1.83 x 6.10)	1249	1110	972	833	694	555	416
Kilos por m <sup>2</sup>		112.06	99.61	87.15	74.70	62.25	49.80	37.35
Kilos por pie <sup>2</sup>		10.410	9.253	8.097	6.940	5.793	4.627	3.47

Fig. 3.1 Medidas comerciales de placa.

[1] [http://www.collado.com.mx/articulo\\_detalle.asp?hdnArticle=22](http://www.collado.com.mx/articulo_detalle.asp?hdnArticle=22)  
(Abril 2007)

Considerando el ancho de 2.80 m, se observa que puede cubrirse casi de manera total con tres placas de 0.914 m de ancho. Por otra parte, los 8.0 m de largo pueden abarcarse prácticamente en su totalidad con dos placas de 3.05 m y una de 1.83 m. De esta manera se toma la determinación de colocar las placas de manera longitudinal con se muestra en la figura 3.2.



*Fig. 3.2 Colocación de placas para piso de cama.*

Esta determinación permite cubrir el piso con la placa antiderrapante utilizando medidas comerciales y evitando así trabajos de corte y ajuste de placa.

- **Canales laterales.**

Para definir completamente estos componentes, se toma en cuenta lo siguiente:

- El peralte de la canal debe ser alto para marcar correctamente los límites laterales del remolque.
- No soporta cargas importantes.
- El alargamiento de la cama afecta directamente a la pieza.
- La canal tiene cortes para las salpicaderas y su posición se ve afectada también por el alargamiento de la cama.



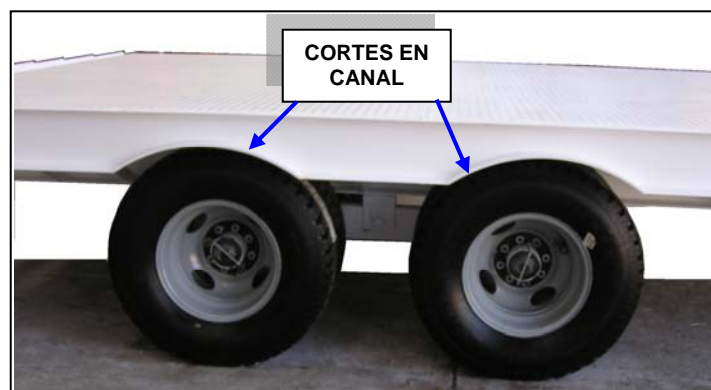
Para el diseño de detalle lo primero que se define es el largo total de la pieza, que es de 8.0 m porque limita la cama en su totalidad. Para que sea un margen lateral adecuado, se considera una canal de 8 pulgadas de peralte y, puesto que no soporta cargas importantes, se toma la opción más ligera, es decir, de 17.11 [kg/m].

Para definir la nueva posición de los cortes, se toma en cuenta el siguiente principio: para posicionar el (los) eje (s) de un remolque, se considera una distancia de entre un 55% y un 60% de la longitud total de la plataforma desde la parte delantera hacia el centro del (los) eje (s) <sup>[\*]</sup>, tal como se ilustra en la figura 3.3. Esto es con la finalidad de que el remolque soporte el 90% de la carga y el vehículo motriz el 10% restante.

**Fig. 3.3 Colocación correcta de los ejes del remolque.** >>>



De esta manera se redefine la posición de los ejes y la distancia para realizar los cortes para las salpicaderas en la canal, como se muestra en la figura 3.4.



**Fig. 3.4 Detalle de cortes para salpicaderas en canal lateral.**

[\*] Catálogo CARGA FÁCIL®, líder nacional en distribución de partes para remolques.

- **Viguetas de carga.**

Las viguetas son una pieza fundamental en el remolque ya que son las responsables de soportar la carga. Su diseño de detalle es más minucioso que el de las demás piezas porque implica un análisis de esfuerzos y uno por elementos finitos, ambos se presentan en la sección 3.3 de este capítulo.

Para definir por completo las viguetas se consideran los puntos siguientes:

- ☑ Se ven afectadas directamente por el alargamiento de la cama.
- ☑ Están sometidas a grandes esfuerzos al ser el soporte principal del remolque.

Ya en el remolque de línea se utiliza vigueta *ipr* de 12 ½ pulgadas de peralte por 6 ½ pulgadas de patín y además la más ligera, que es de 38.7 [kg/m]. Ahora se considera la misma vigueta únicamente corregida en su longitud para corresponder al alargamiento de la cama, o sea que su longitud total es de 7.986 m. Para determinar si se utiliza el mismo peso (38.7 [kg/m]) se recurrirá a un análisis de esfuerzos por elementos finitos que se presenta en el apartado 3.4 de este trabajo.

En la figura 3.5 se muestra la posición del piso de la cama, las canales laterales y de las viguetas de carga en el remolque.

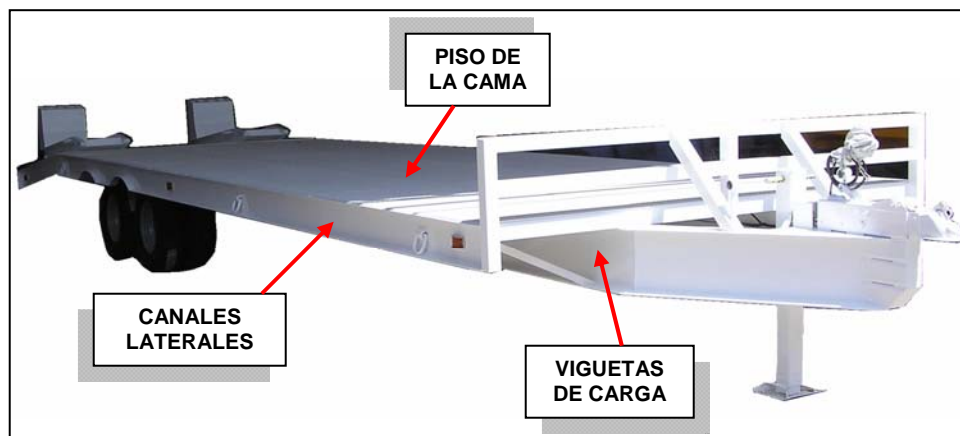


Fig. 3.5 Posición de piso, canales y viguetas en el remolque.

- **Defensa.**

La *defensa* recibe una modificación mínima para la cual se toma en cuenta lo siguiente:

- ☑ El ancho del remolque no varía respecto al remolque de línea.
- ☑ Las calaveras con las que cuenta son obstruidas a la visibilidad cuando las rampas de acceso están en posición de trabajo.
- ☑ La *defensa* se une a las canales laterales.

Considerando que la *defensa* está soldada a las *canales laterales*, se opta por utilizar un perfil igual al de éstas, es decir, una canal tipo “c” de 8 pulgadas de peralte y de 17.11 [kg/m] que funciona de manera adecuada, pues la *defensa* no soporta grandes cargas y le da una línea continua a la forma del remolque.

Como el ancho del equipo es el mismo que en el remolque de línea no es necesario modificar su longitud. Para lograr tener las luces visibles en todo momento se decide añadir dos calaveras más, conservando las anteriores, en un lugar más cercano al centro del remolque, como se muestra en la figura 3.6.

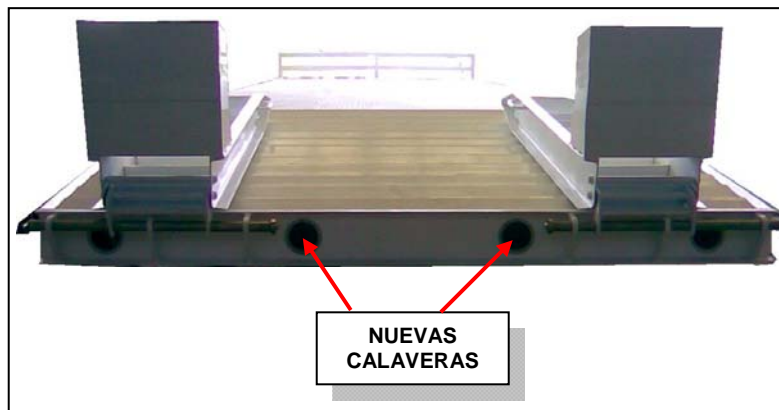


Fig. 3.6 Detalle de nuevas calaveras añadidas.

- **Refuerzo lateral.**

Para diseñar el nuevo *refuerzo lateral* se consideran los puntos mencionados a continuación:

- ☑ Se necesitan dos cortes en ángulo.
- ☑ El tamaño del perfil debe ser suficiente para reforzar la estructura del remolque.



Para definir completamente el *refuerzo lateral*, se decide utilizar un perfil *ptr* que va del patín de la *vigueta de carga* a las *canales transversales* sobre las cuales se apoya el *piso del remolque*, de la forma que se muestra en la figura 3.7.

<<< **Fig. 3.7 Detalle de refuerzo lateral**

De esta manera se opta por un *ptr* cuadrado de 1 ½ pulgadas por lado y de 2.8 mm de espesor de pared, conocido comercialmente como “blanco”. Esta medida ayuda a reforzar adecuadamente la estructura del remolque y además permite que el corte en la parte inferior de la figura 3.7 esté totalmente cubierto por el patín de la vigueta.

Se toma la decisión de apoyar el *ptr* sobre el patín de la vigueta y no sobre el alma porque de este modo pueden hacerse los cortes continuos del tramo de *ptr*, puesto que el ángulo es el mismo en ambos extremos.

Finalmente los *refuerzos laterales* quedan como se ve en la figura 3.8.

**Fig. 3.8 Refuerzos laterales en uno de los costados.** >>>



- **Portería delantera.**

Para lograr diseñar a detalle la *portería delantera* es necesario tomar en cuenta los puntos que a continuación se mencionan:

- ☑ El tamaño del perfil debe ser suficientemente fuerte como para resistir un eventual impacto.
- ☑ La altura de la *portería* debe asegurar que la llanta delantera de una retroexcavadora no pueda sobrepasarla.

Considerando el primer punto, se selecciona un perfil *ptr* cuadrado de 2 ½ pulgadas por lado, de 3.2 mm de pared, llamado comercialmente “blanco”. Con este perfil se arma una estructura como se muestra en la figura 3.9, que es soldada directamente a las *canales laterales* y en el centro se suelda a la primera de las *canales transversales*.

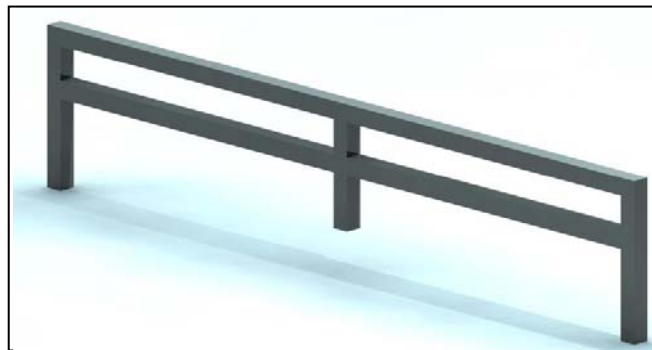


Fig. 3.9 *Portería delantera.*

La altura que tiene limita correctamente el paso que pudiera tener la rueda delantera de una retroexcavadora, tal como se ve en la figura 3.10.

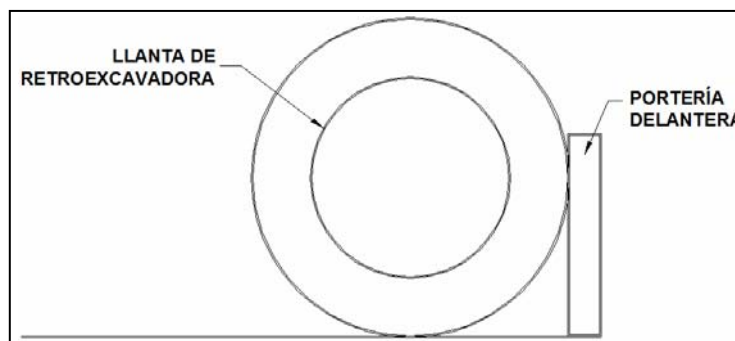


Fig. 3.10 *Esquema de portería en vista lateral.*



Con las determinaciones anteriores, la *portería delantera* queda instalada como se aprecia en la figura 3.11.

<<< **Fig. 3.11**  
**Portería delantera**

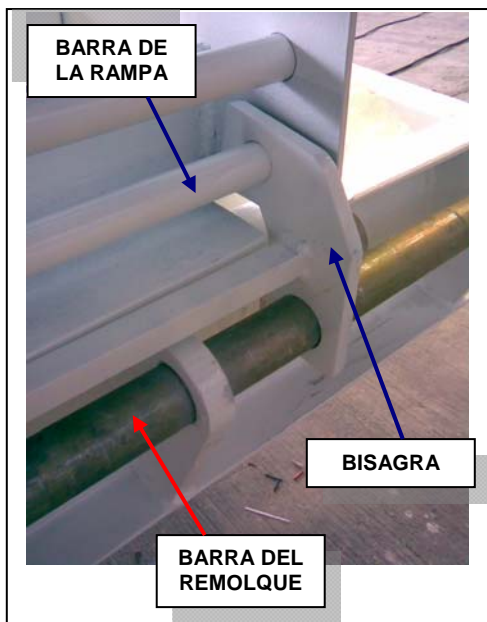
- **Bisagra de la rampa.**

En el diseño de detalle de la *bisagra* los puntos siguientes son tomados en cuenta:

- ☑ La forma debe permitir el libre giro para posicionar las rampas.
- ☑ La *bisagra* debe ser un elemento de unión entre la rampa y el remolque.

Como se propuso en el capítulo dos, se utiliza una placa cuyo calibre se define de  $\frac{1}{2}$  pulgada y cuya forma se muestra en la figura 3.12, la cual permite el giro de las rampas. Además en uno de los barrenos se acopla la rampa y en el otro una barra del remolque, con lo que se consigue unir ambos.

Fig. 3.12 Placa para bisagra >>>



Una vez que se ha instalado la *bisagra* en el remolque y acoplado la rampa queda como se muestra en la figura 3.13.

<<< Fig. 3.13 Detalle de bisagra en el remolque



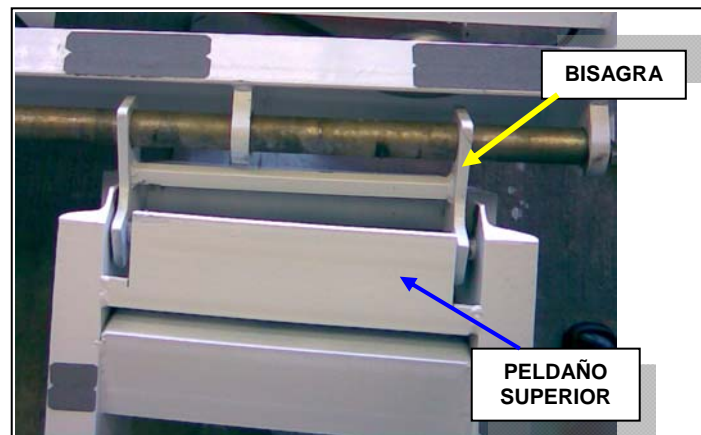
- **Peldaño superior de rampa.**

Es necesario considerar los puntos que a continuación se mencionan para lograr diseñar el *peldaño superior* de la rampa:

- ☑ Debe permitir el libre giro de las rampas.
- ☑ El tamaño de la pieza debe ser suficiente para cubrir el espacio mostrado en la figura 2.9 entre la defensa y el último peldaño de la rampa.

Considerando el tamaño que hay que cubrir, se tiene que uno de los lados del ángulo utilizado para los demás peldaños es suficiente para esto; de manera que se decide utilizar dicho perfil, que es un ángulo de lados iguales de 3/8 de pulgada de espesor por 4 pulgadas de lado.

Para permitir el libre giro de las rampas, es necesario realizarle dos cortes a los costados, con los cuales queda como se muestra en la figura 3.14.



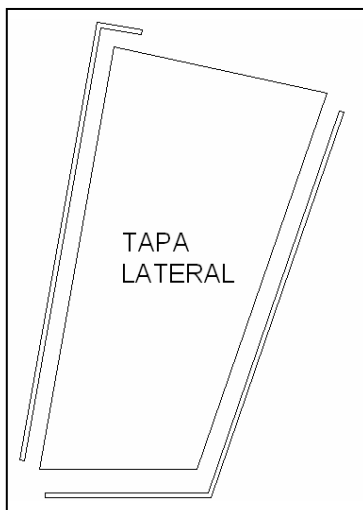
*Fig. 3.14 Detalle de peldaño superior en el remolque >>>*



- **Pie de rampa.**

Para diseñar el *pie de rampa* son tomados en cuenta los puntos que se mencionan a continuación:

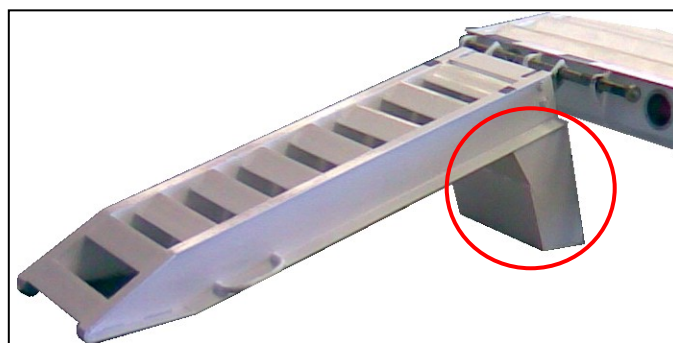
- ☑ Al voltear las rampas para colocarlas en su posición de trabajo, la altura entre el pie y el piso debe ser de 2 a 3 cm.
- ☑ El calibre de la placa debe ser suficiente para ser un apoyo para la rampa al momento de subir la retroexcavadora.
- ☑ Debe tener una forma sencilla, pues se está sustituyendo el pie del remolque de línea por su forma compleja.



Es necesario que haya una pequeña distancia entre el piso y el *pie de rampa* porque al subir la carga, la suspensión del remolque cede un poco compensando dicha distancia. Esta consideración se utiliza para dimensionar correctamente las placas que forman el pie, las cuales se muestran en la figura 3.15.

<<< **Fig. 3.15** Placas para formar el pie de rampa

Estas tres piezas son fabricadas de placa calibre 3/16 de pulgada, sus dobleces son sencillos y son soldadas para formar el *pie de rampa*, el cual finalmente queda como se muestra en la figura 3.16.



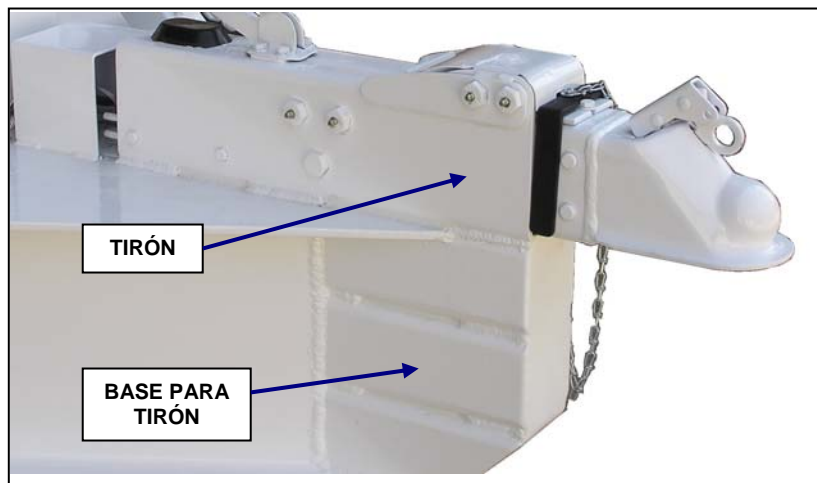
**Fig. 3.16** Detalle de pie de rampa.

- **Base para tirón.**

En el diseño de detalle de la *base para tirón* se consideran los siguientes puntos:

- ☑ Debe ser una pieza estructuralmente confiable.
- ☑ La dimensión depende del tamaño del tirón.

Por las dimensiones necesarias para la base, se decide realizarla de manera modular; para lo cual se seleccionan perfiles *ptr* cuadrados de 4 pulgadas de lado y de 4.8 mm de espesor de pared, conocido comercialmente como “rojo”, los cuales dan como resultado que el conjunto de base sea estructuralmente confiable. Estos perfiles son colocados uno sobre otro y soldados en los costados para formar una estructura rígida. En el último tramo, se realiza un corte a 45° en la esquina para dar un aspecto más estético a la parte frontal del remolque. La base para tirón instalada queda como se muestra en la figura 3.17.



*Fig. 3.17 Detalle de la base para tirón en el remolque.*

- **Seguro de reversa.**

Para lograr diseñar completamente el *seguro de reversa* es necesario tomar en cuenta los puntos que a continuación se mencionan:

- ☑ El tamaño del seguro depende del tirón hidráulico.
- ☑ El seguro debe ser fácilmente removible y fácil de instalar.
- ☑ Debe estar acoplado al remolque para evitar que se pierda.

Como se mencionó en la propuesta conceptual, se considera armar una “C” con tres soleras. Tomando en cuenta el espacio entre los pernos y el cuerpo del tirón, la dimensión de las soleras es de  $\frac{1}{4}$  de pulgada de espesor por  $1 \frac{1}{4}$  pulgadas de ancho. El seguro es fácil de colocar y de remover porque solamente se sobrepone cuando el vehículo motriz se mueve hacia atrás y cuenta con una pequeña cadena (tipo “Víctor”) unida con tornillos tanto al seguro como al remolque, de esta manera se evita que pueda extraviarse, ya que cuando se quita el seguro, queda colgando. El *seguro de reversa* finalmente es instalado como se muestra en la figura 3.18.

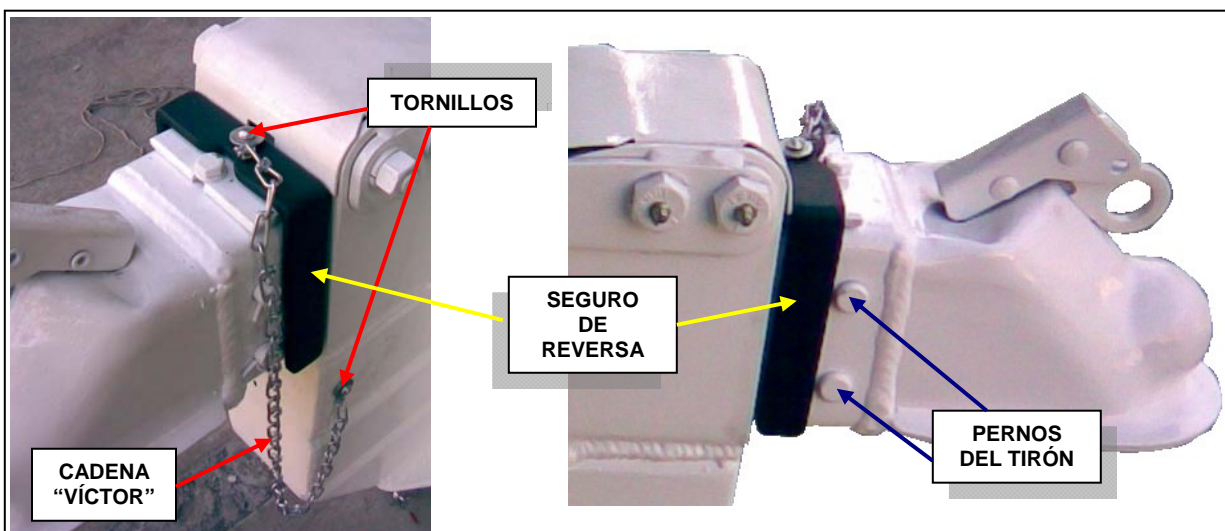


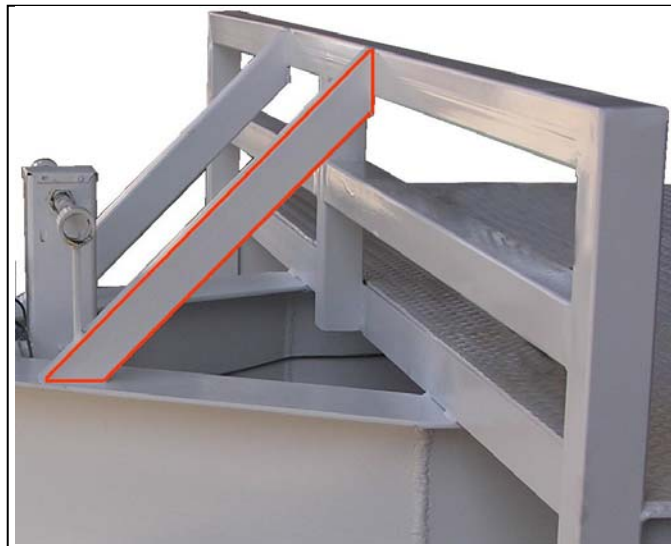
Fig. 3.18 Detalle del seguro de reversa en el remolque.

- **Refuerzo de portería delantera.**

Para el diseño de detalle del refuerzo de la portería se consideran los siguientes puntos:

- ☑ El material de refuerzo debe ser estructuralmente confiable.
- ☑ El sentido de refuerzo debe ser de adelante hacia atrás.
- ☑ La forma debe ser sencilla y fácil de fabricar.

Tomando en cuenta la propuesta conceptual planteada para este componente, se decide utilizar un perfil *ptr* cuadrado de 1 ½ pulgadas de lado por 2.8 mm de espesor de pared, comercialmente llamado “blanco”. Las piezas de refuerzo son cortadas a 45° en sus dos extremos para ser soldadas, una de cada lado, a la *portería delantera* y a la punta del remolque, tal como se muestra en la figura 3.19. De esta manera se consigue tener un apuntalamiento confiable que refuerza contra algún eventual impacto que pudiera recibir la *portería delantera*.

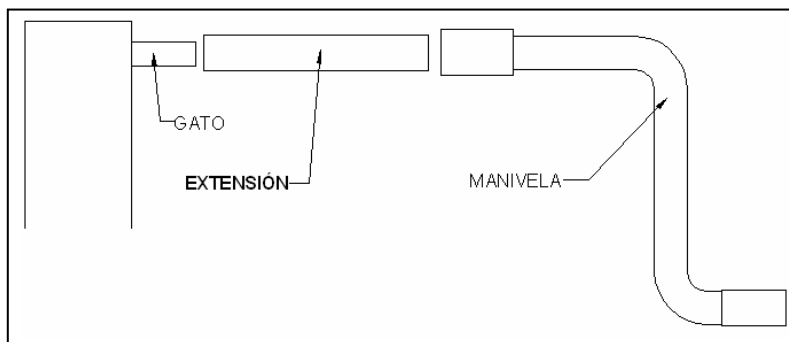


**Fig. 3.19** Detalle del refuerzo de portería en el remolque.

- **Extensión para manivela de pata de estacionamiento.**

En el diseño de detalle de la *extensión para manivela* se consideran los siguientes puntos:

- ☑ La longitud de la extensión debe facilitar la operación de la manivela.
- ☑ El acoplamiento de la extensión al “gato” se hará de manera similar a la que se tenía originalmente entre manivela y “gato”. Lo mismo se considera para el acoplamiento entre extensión y manivela.



En la figura **3.20** se muestra esquemáticamente como está formado el conjunto gato – extensión – manivela.

*Fig. 3.20 Esquema del conjunto  
<<< gato – extensión – manivela.*

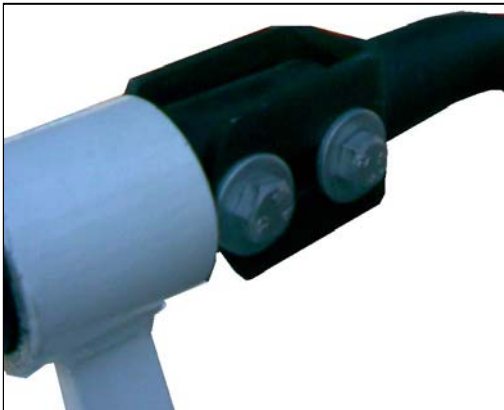
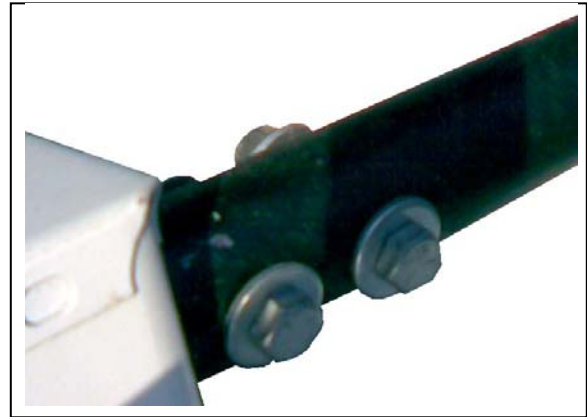
Se decide hacer la extensión de la manivela con una barra redonda, de acero 1018, de 1 ½ pulgadas de diámetro. En la figura **3.21** se observa un corte longitudinal de la pieza, donde se aprecia un maquinado en el extremo izquierdo en el cual se inserta el acoplamiento del gato y se une con dos tornillos colocados en los dos barrenos pasados que se observan. Del otro lado se tienen dos barrenos más para colocar los tornillos con los cuales se une la manivela.



*Fig. 3.21 Corte longitudinal de la extensión para manivela.*

En la figura 3.22 se muestra en detalle el acoplamiento entre la pata de estacionamiento o “gato” y la extensión de la manivela mediante dos tornillos con tuercas.

Fig. 3.22 Detalle de acoplamiento >>> entre gato y extensión

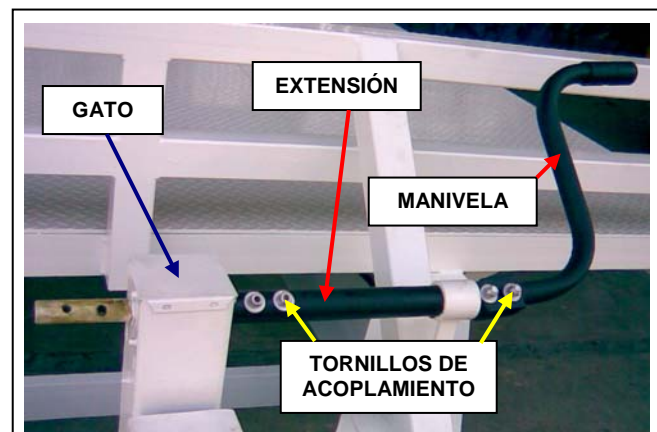


El acoplamiento entre la extensión y la manivela es de manera muy similar y se muestra en la figura 3.23.

<<< Fig. 3.23 Detalle de acoplamiento entre extensión y manivela.

La longitud de la extensión permite desplazar la manivela alejándola del centro del remolque, con lo cual se puede girar libremente. La extensión colocada en su posición queda como se muestra en la figura 3.24.

Fig. 3.24 Detalle de extensión >>> para manivela en el remolque

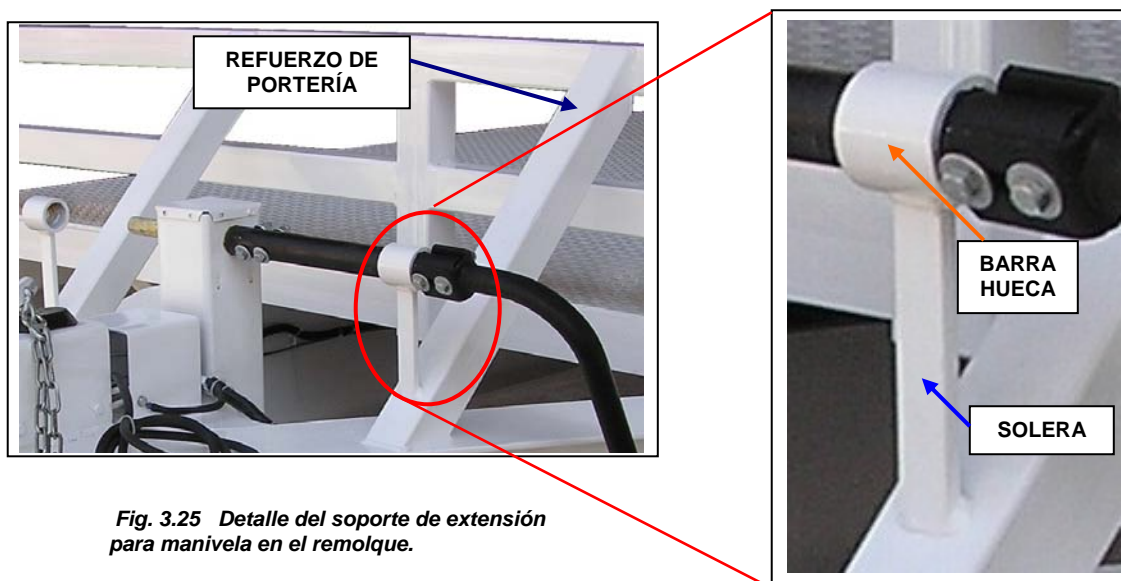


- **Soporte de extensión de manivela.**

En el diseño de detalle del soporte para la extensión de la manivela, se toman en cuenta los puntos que a continuación se mencionan:

- ☑ El soporte debe mantener la extensión de la manivela en posición horizontal.
- ☑ Debe permitir que la extensión gire libremente.
- ☑ No debe interferir en el montaje y desmontaje de la extensión y la manivela para cambiarlas de lado.

Para el soporte de la extensión se opta por usar un tejo de barra hueca de 36 mm de diámetro interior y 56 mm de diámetro exterior, para maquinarlo en su diámetro interior a una medida de 1.520 pulgadas (38.6 mm) de manera que se tenga un ajuste de juego entre la barra hueca y la extensión; consiguiendo así que al operar la pata de estacionamiento pueda girarse la extensión de la manivela libremente. Además se aprovecha el refuerzo de la portería planteado en este mismo trabajo para acoplar el soporte de la extensión al remolque, haciéndolo por medio de una solera de 3/8 de pulgada de espesor por 1 ½ pulgadas de ancho, soldada a la barra y al refuerzo de la portería. Con esto se tiene un soporte cerca del extremo de la extensión, lo cual ayuda a mantenerla en posición horizontal para facilitar la operación de la pata de estacionamiento. Una vez instalado el soporte, queda como se muestra en la figura 3.25.



*Fig. 3.25 Detalle del soporte de extensión para manivela en el remolque.*



### 3.2 ELEMENTOS ESPECIALES DEL REMOLQUE.

Los elementos especiales que requiere el remolque pueden dividirse en **eléctricos** y **mecánicos**. En la tabla 3.1 se enlistan todos los elementos especiales del remolque.

Tabla 3.1 Elementos especiales del remolque.

<b>a) ELEMENTOS ELÉCTRICOS</b>	
<b>NOMBRE</b>	<b>FUNCIÓN</b>
CALavera	Luz reglamentaria colocada en la parte trasera del remolque.
LUZ LATERAL	Luz reglamentaria colocada en los costados del remolque.
CONECTOR DE REMOLQUE	Elemento donde se canalizan las líneas eléctricas de las luces del remolque. Se enchufa al conector del vehículo motriz.
CONECTOR DE VEHÍCULO MOTRIZ	Elemento que forma parte del vehículo motriz y es a donde se canalizan las líneas eléctricas de éste. A este elemento se enchufa el conector del remolque.
<b>b) ELEMENTOS MECÁNICOS</b>	
<b>NOMBRE</b>	<b>FUNCIÓN</b>
KIT TÁNDEM	Kit que incluye doble eje, masas, tambores para freno, muelles, columpios y abrazaderas, es decir, todo lo necesario para montar las ruedas del remolque.
TIRÓN HIDRÁULICO	Elemento para acoplar el remolque al vehículo motriz.
ANILLO EN "D"	Elemento de sujeción soldado al remolque para amarrar y/o asegurar la carga.
GATO CUELLO DE GANSO	Elemento para apoyar el remolque cuando se estaciona, también llamado pata de estacionamiento.



En la sección “a” de la tabla 3.1 se presentan los elementos eléctricos del remolque, los cuales conforman el sistema de iluminación, que abarca las luces reglamentarias (calaveras y luces laterales) y los elementos necesarios para realizar el acoplamiento eléctrico al vehículo motriz. A continuación se presenta una descripción de cada uno de estos elementos.

- **Calaveras.**



Las calaveras son las luces traseras que se colocan en la defensa del remolque haciéndole un barreno como el que se muestra en la figura 3.26. A ellas se conectan las líneas eléctricas de luces de freno, direccionales, intermitentes y cuartos.

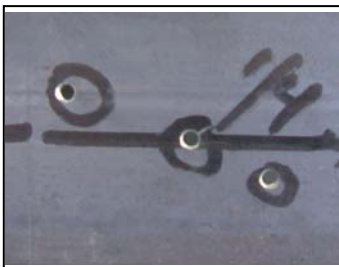
<<< *Fig. 3.26 Barreno para colocar calavera.*

Una vez instaladas las calaveras quedan como se muestra en la figura 3.27. Se colocan dos de éstas en cada lado de la defensa.



*Fig. 3.27 Calavera instalada.* >>>

- **Luces laterales.**



Las luces laterales son aquellas que se instalan a lo largo de los costados del remolque, en las canales laterales, para lo cual se realizan barrenos como los que se muestran en la figura 3.28.

<<< *Fig. 3.28 Barrenos para colocar luz lateral.*

Las luces laterales que se seleccionan para el remolque se muestran en la figura 3.29, se tienen dos colores: ámbar y rojo.

Fig. 3.29 Luz lateral instalada. >>>



En cada costado del remolque se colocan dos luces laterales color ámbar, una al frente y otra en la parte central de la canal lateral, mientras que en la parte trasera, se instala una luz lateral roja. A dichas luces se conectan las líneas eléctricas de direccionales, intermitentes y cuartos.

- **Conectores de remolque y de vehículo motriz.**

Los conectores son los elementos a los cuales llegan las líneas eléctricas de la luces (direccionales, intermitentes, cuartos y de freno) tanto del remolque como del vehículo motriz. La diferencia entre uno y otro es que el conector del remolque es “hembra”, mientras que la terminal del conector del vehículo motriz es “macho”. Esto es porque se acopla uno al otro al momento de enganchar el remolque al vehículo motriz.

Las líneas eléctricas deben ser conectadas de manera sincronizada, es decir, si en el remolque la línea de freno se conecta en la línea roja, debe hacerse igual en el vehículo motriz. Esto es para que al pisar el pedal de freno en el vehículo motriz, se accionen las luces de freno tanto del vehículo como del remolque. De igual manera se procede con las demás conexiones, así, por ejemplo, cuando se accionan las direccionales, se encienden las luces laterales tanto del vehículo como del remolque.

Los conectores utilizados en este trabajo, se muestran en la figura 3.30.



Fig. 3.30 Conectores de remolque y de vehículo motriz.

Tomando ahora como referencia la sección “b” de la tabla 3.1, se presenta la descripción de los elementos mecánicos del remolque.

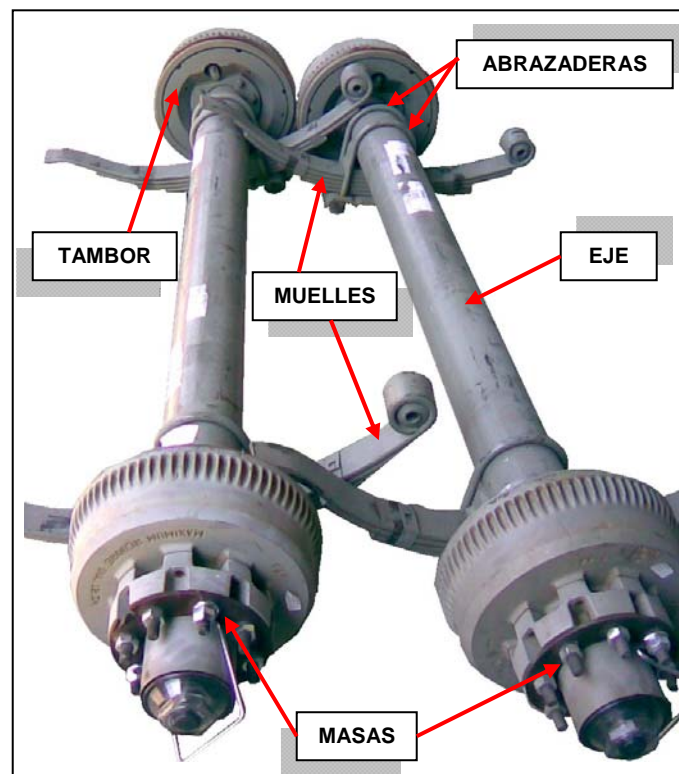
- **Kit tándem.**

Este elemento está compuesto por varias partes que son:

- Ejes.
- Masas.
- Tambores.
- Muelles.
- Abrazaderas.
- Columpios.

Estas partes se muestran en las figuras 3.31 y 3.32.

Los *ejes* son los elementos que van a lo ancho del remolque, en cuyos extremos están las *masas* a las cuales se atornillan los rines. Los *tambores* también están acoplados a las *masas* y son los elementos que sirven para frenar el remolque. Los *muelles* son hojas de acero unidas que dan amortiguamiento al remolque cuando está en movimiento, se acoplan a los *ejes* por medio de las *abrazaderas* y al remolque mediante los *columpios*.



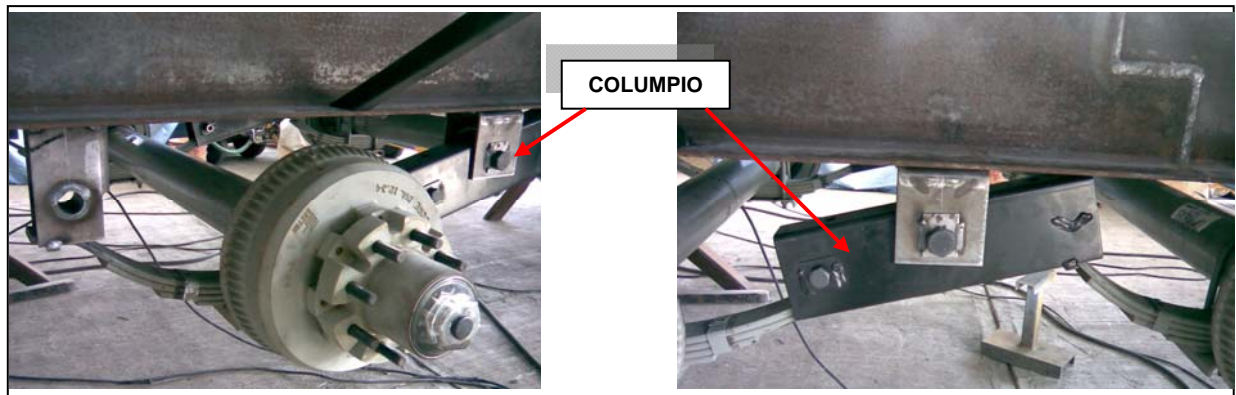


Fig. 3.32 Kit tándem instalado con columpios.

- **Tirón hidráulico.**

El tirón hidráulico tiene dos funciones:

- Es el elemento mecánico que sirve para enganchar el remolque a la *bola* del vehículo motriz.
- Dentro de su estructura, tiene el mecanismo que acciona los frenos del remolque, como se mostró en la figura 2.13 del capítulo anterior.

El tirón tiene un elemento de enganche que se acopla a la bola y que cuenta con un seguro que aprieta el tirón contra la bola, evitando así que se pudiera salir. Estas partes se muestran en la figura 3.33.



Fig. 3.33 Detalle de tirón hidráulico.

- Anillo en “D”.



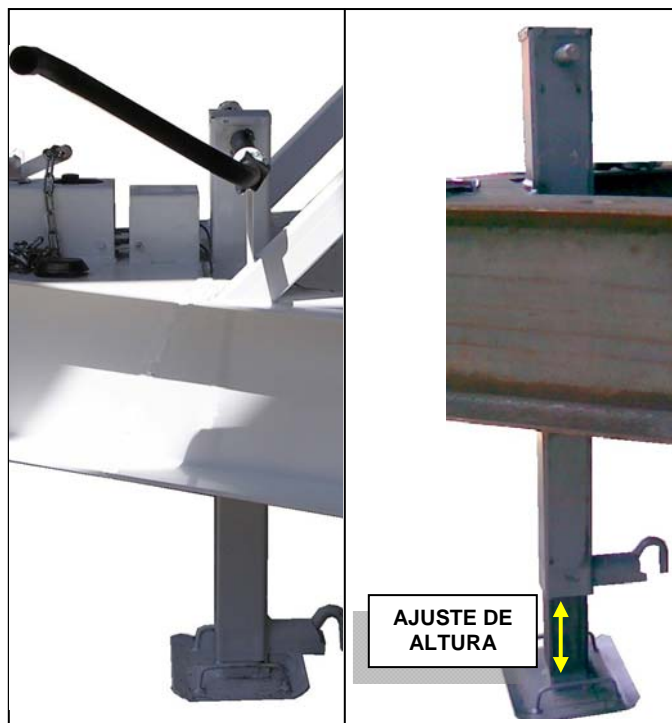
Los anillos son los elementos que se sueldan a las canales laterales y sirven para amarrar la carga y llevarla asegurada, ya sea con cuerdas o con eslingas. Los anillos seleccionados para el remolque se muestran en la figura 3.34.

Se colocan tres de éstos en cada costado del remolque, repartidos a lo largo de las canales laterales.

<<< *Fig. 3.34 Anillo en “D” soldado al remolque*

- Gato cuello de ganso.

El gato “cuello de ganso” es la pata de estacionamiento del remolque. Recibe este nombre por la forma de su manivela. Se suelda en la parte frontal del remolque y su altura es ajustable mediante el giro de la manivela. El gato del remolque se muestra en la figura 3.35.



*Fig. 3.36 Detalle de gato cuello de ganso.*



### 3.3 ANÁLISIS DE ESFUERZOS SOBRE LAS VIGUETAS DE CARGA.

Las viguetas de carga (ver figuras 2.1 y 2.4) están sometidas a flexión y a cortante. A continuación se presenta el procedimiento de cálculo de ambos esfuerzos. Es necesario tener en cuenta que el esfuerzo de cedencia para la vigueta es:

$$\sigma_y = 320[\text{MPa}] \quad [1]$$

Lo primero que tiene que calcularse es el peso del material,  $W_m$ , el cual resulta de la suma de:

*Canal de 8 pulgadas*

$$q = 17.11 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right]; \quad l = (8[\text{m}])2 = 16[\text{m}]$$
$$m_{\text{canal8}} = (17.11)16 = 273.76[\text{kg}]$$

*Canal de 3 pulgadas*

$$q = 6.1 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right]; \quad l = (2.68[\text{m}])28 = 75.04[\text{m}]$$
$$m_{\text{canal3}} = (6.1)75.04 = 457.74[\text{kg}]$$

*Placa calibre 1/4"*

$$q = 49.8 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]; \quad A = (9[\text{ft}]) \left( \frac{1[\text{m}]}{3.28[\text{ft}]} \right) \cdot (26[\text{ft}]) \left( \frac{1[\text{m}]}{3.28[\text{ft}]} \right) = 21.74[\text{m}^2]$$
$$m_{\text{placa}} = (49.8)21.74 = 1082.6[\text{kg}]$$

*Vigueta IPR*

$$q = 38.7 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right]; \quad l = (8[\text{m}])2 = 16[\text{m}]$$
$$m_{\text{IPR}} = (38.7)16 = 619.2[\text{kg}]$$

[1] Diseño en ingeniería mecánica. Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke. Ed. Mc Graw-Hill, sexta edición. 2002. Pág. 1215



Donde:

$q$  = distribución de masa [kg/m]

$l$  = longitud total de cada material [m]

$A$  = área [m<sup>2</sup>]

Sumando todas las masas se tiene:

$$\begin{aligned}m_{canal8} + m_{canal3} + m_{placa} + m_{IPR} &= m_{total} \\m_{total} &= 273.76 + 457.74 + 1082.6 + 619.2 \\m_{total} &= 2433.3[kg]\end{aligned}$$

Para obtener el peso, se multiplica la masa por la gravedad:

$$\begin{aligned}W_m &= m_{total} \cdot g \\W_m &= (2433.3[kg]) \left( 9.81 \left[ \frac{m}{s^2} \right] \right) \\W_m &= 23871[N]\end{aligned}$$

Por otro lado, se tiene la masa de la carga:

$$m_{carga} = 10000[kg]$$

Del mismo modo, se multiplica por la gravedad para obtener el peso de la carga:

$$\begin{aligned}W_c &= m_c \cdot g \\W_c &= (10000[kg]) \left( 9.81 \left[ \frac{m}{s^2} \right] \right) \\W_m &= 98100[N]\end{aligned}$$

Ahora es necesario calcular las reacciones en la vigueta, como se muestra en el diagrama de la figura 3.37.

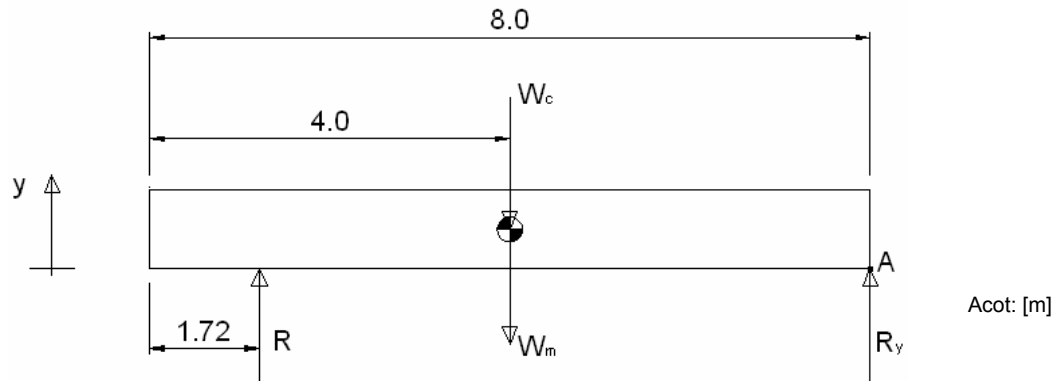


Fig. 3.37 Diagrama de Cuerpo Libre de la viga de carga.

Del diagrama se tiene:

$$\sum F_y = 0$$
$$R + R_y = W_c + W_m \quad \dots(i)$$

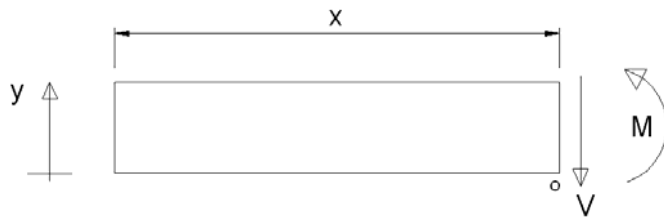
$$\sum M_A = 0$$
$$4W_c + 4W_m - (8 - 1.72)R = 0$$
$$6.28R = 4(W_c + W_m)$$
$$R = \frac{4(W_c + W_m)}{6.28}$$
$$R = 77689[N]$$

De la ecuación (i), se tiene:

$$R_y = W_c + W_m - R$$
$$R_y = 98100 + 23871 - 77689$$
$$R_y = 44282[N]$$

Ahora se obtienen los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para posteriormente determinar los esfuerzos. De la figura 3.37 se tiene:





Para:

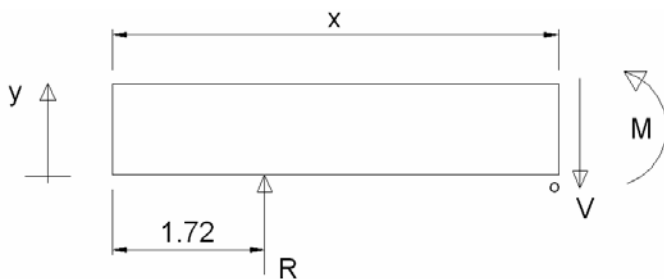
$$0 \leq x < 1.72$$

$$\sum F_y = 0$$

$$V = 0 \quad \dots(\text{ii})$$

$$\sum M_o = 0$$

$$M = 0 \quad \dots(\text{iii})$$



Para:

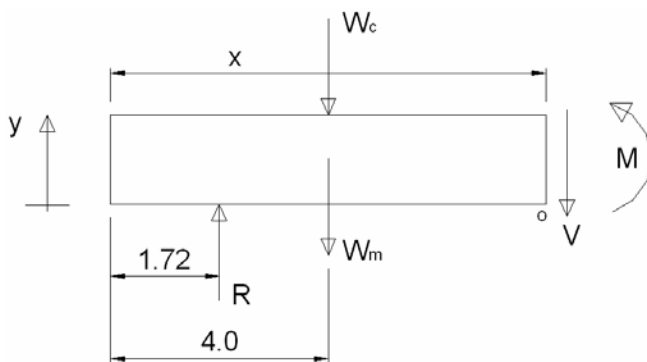
$$1.72 \leq x < 4$$

$$\sum F_y = 0$$

$$V = R \quad \dots(\text{iv})$$

$$\sum M_o = 0$$

$$M = R(x - 1.72) \quad \dots(\text{v})$$



Para:

$$4 \leq x < 8$$

$$\sum F_y = 0$$

$$V = R - W_c - W_m \quad \dots(\text{vi})$$

$$\sum M_o = 0$$

$$M + W_c(x - 4) + W_m(x - 4) - R(x - 1.72) = 0$$

$$M + x(W_c + W_m - R) - 4W_c - 4W_m + 1.72R = 0$$

$$M = 4W_c + 4W_m - 1.72R - x(W_c + W_m - R) \quad \dots(\text{vii})$$

Graficando las ecuaciones ii, iii, iv, v, vi y vii se obtiene lo siguiente:

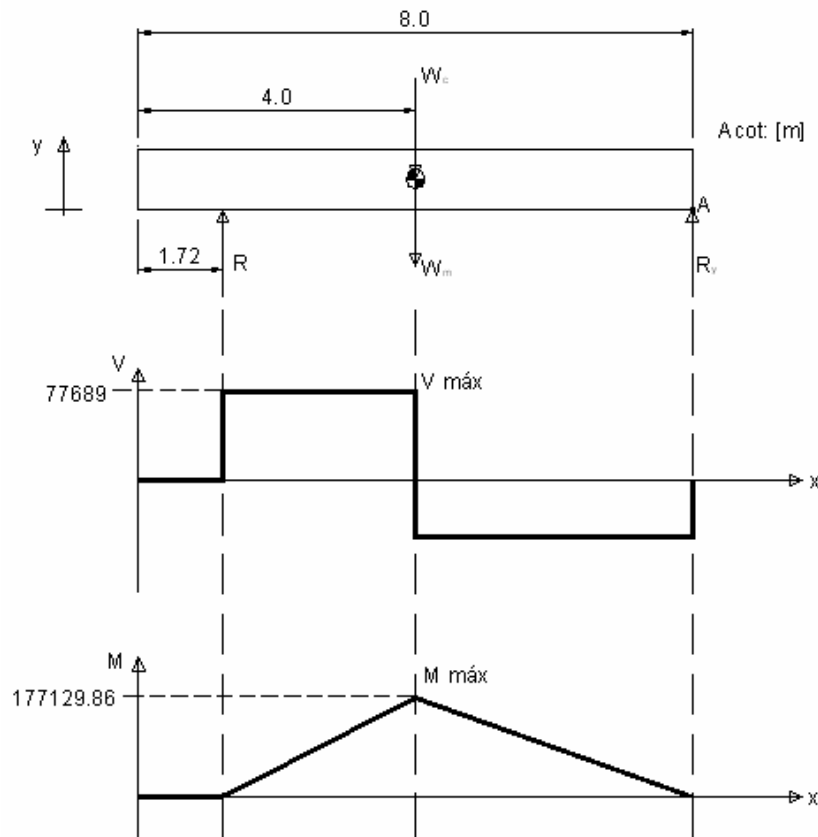


Fig. 3.38 Diagrama V-M de la viga de carga

De la ecuación (iv) y de acuerdo a la figura 3.38 se tiene que:

$$V_{MAX} = R$$

$$V_{MAX} = 77689[N]$$

Y evaluando la ecuación (vii) en  $x = 4$ , se obtiene el momento flexionante máximo:

$$M_{MAX} = 4(98100) + 4(23871) - 1.72(77689) - x(98100 + 23871 - 77689)$$

$$M_{MAX} = 354259.72 - 44282x$$

$$M_{MAX} = 177129.86[N \cdot m]$$



Para determinar los esfuerzos en la vigueta se necesita obtener el momento de inercia de la sección transversal "I". Para calcularlo, la sección transversal, que se muestra en la figura 3.39, se divide en tres rectángulos y se utiliza el teorema de los ejes paralelos (Steiner), que indica:

$$I_x = I_{x'} + Ad^2 \quad \dots(\text{viii})$$

Donde:

$I_x$  = Momento de inercia de la sección respecto al eje que no pasa por el centroide  $[\text{mm}^4]$

$I_{x'}$  = Momento de inercia de la sección respecto al eje que pasa por el centroide  $[\text{mm}^4]$

A = Área de la sección  $[\text{mm}^2]$

d = distancia entre los ejes  $[\text{mm}]$

Para un rectángulo cualesquiera se tiene:

$$I = \frac{1}{12}bh^3$$

Donde:

b = base del rectángulo  $[\text{mm}]$

h = altura del rectángulo  $[\text{mm}]$

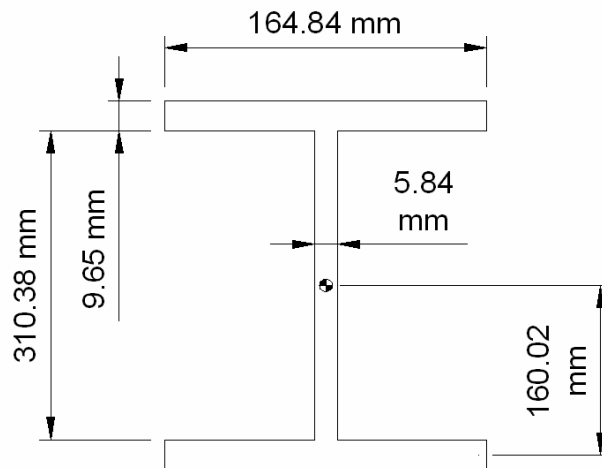


Fig. 3.39 Sección transversal de la vigueta IPR

Aplicando la ecuación (viii) a este caso, en el que el momento de inercia total se calcula mediante la suma del momento de inercia de cada rectángulo, se tiene:

$$I = \sum \left( \frac{1}{12}bh^3 + Ad^2 \right)$$

$$I = \left[ \frac{1}{12}(5.84)(310.38)^3 \right] + 2 \left[ \frac{1}{12}(164.84)(9.65)^3 + (164.84)(9.65)(160.02)^2 \right]$$

$$I = 96 \times 10^{-6} [\text{m}^4]$$



Con estos datos es posible calcular los esfuerzos máximos tanto a cortante como a flexión a los cuales estará sometida la vigueta de carga.

- **Flexión.**

Se sabe que el esfuerzo flexionante se calcula con:

$$\sigma = \frac{My}{I} \quad \dots(ix)$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo flexionante [MPa]

$M$  = Momento flexionante [N m]

$y$  = Distancia del centro de masa a donde quiere calcularse el esfuerzo flexionante [m]

$I$  = Momento de inercia de la sección transversal [m<sup>4</sup>]

Para el caso del presente trabajo se tiene:

$$\sigma = \frac{1}{2} \left[ \frac{177129.86 \left[ \left( \frac{310.38}{2} + 9.65 \right) \times 10^{-3} \right]}{96 \times 10^{-6}} \right]$$

Como se considera el momento flexionante máximo y el punto más alejado del centro de masa, el esfuerzo que se calcula es el máximo, el cual se divide entre dos porque se considera que cada una de las viguetas soporta la mitad de dicho esfuerzo.

$$\sigma_{MAX} = 152 [MPa]$$

Como se indicó anteriormente el esfuerzo de cedencia de la vigueta es:

$$\sigma_y = 320 [MPa]$$

Lo cual indica que la vigueta soporta el esfuerzo máximo flexionante y que tiene un factor de seguridad de:

$$N = \frac{\sigma_y}{\sigma_{trabajo}} = \frac{320}{152} = 2.1$$

- **Cortante.**

Para el cálculo del esfuerzo cortante se tiene:

$$\tau = \frac{VQ}{It} \quad \dots(x)$$

Donde:

$$Q = \bar{y}' \cdot A'$$

Donde:

$\tau$  = Esfuerzo cortante [MPa]

$V$  = Fuerza cortante [N]

$A'$  = Porción superior o inferior de área transversal del miembro, considerada desde la sección en que se mide "t" [m<sup>2</sup>]

$y'$  = Distancia del centroide de  $A'$  al eje neutro [m]

$I$  = Momento de inercia de la sección transversal respecto al eje neutro [m<sup>4</sup>]

$t$  = ancho de la sección transversal del miembro en el punto que va a determinarse  $\tau$  [m]

Para el esfuerzo cortante se tiene la distribución mostrada en la figura 3.40.

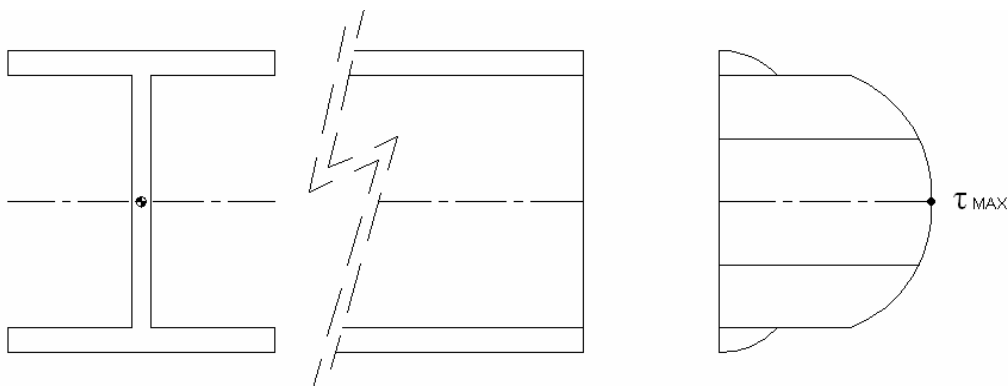


Fig. 3.40 Distribución del esfuerzo cortante en la vigueta IPR

De la figura 3.40, se observa que el esfuerzo cortante máximo ocurre en el centro de la vigueta. Tomando en cuenta esto y la ecuación (x), se tiene:

$$t = 5.84[mm] \quad ; \quad V = V_{MAX} = 77689[N]$$

$$Q = \sum \bar{y}' \cdot A'$$



$$Q = \left\{ [(160.02)(164.84)(9.65)] \times 10^{-9} \right\} + \left\{ \left[ \left( \frac{310.38}{4} \right) (5.84) \left( \frac{310.38}{2} \right) \right] \times 10^{-9} \right\}$$
$$Q = 324.9 \times 10^{-6} [m^3]$$

Entonces:

$$\tau_{MAX} = \frac{1}{2} \left[ \frac{77689(324.9 \times 10^{-6})}{(96 \times 10^{-6})(5.84 \times 10^{-3})} \right]$$

$$\tau_{MAX} = 22.5 [MPa]$$

Como se sabe:

$$S_{su} = 0.5S_u$$

Donde:

$S_{su}$  = Resistencia última al cortante

$S_u$  = Esfuerzo último

Para la vigueta de carga se tiene:

$$S_u = 390 [MPa] \quad [1]$$

Por lo tanto:

$$S_{su} = \frac{390}{2} = 195 [MPa]$$

Lo cual muestra que la vigueta soporta el esfuerzo máximo cortante al que está sometida y que tiene un factor de seguridad de:

$$N = \frac{S_{su}}{\sigma_{trabajo}} = \frac{195}{22.5} = 8.6$$

De la memoria de cálculo aquí presentada se concluye que la vigueta es suficientemente resistente para la aplicación que este trabajo plantea. Aunque para el esfuerzo cortante está muy sobrada, el cálculo del esfuerzo flexionante indica que el tamaño seleccionado es correcto, pues se tiene un factor de seguridad de 2.1 que es adecuado para este tipo de industria.

Con base en lo anterior, se concluye que la vigueta de carga seleccionada para fabricar el remolque, es de tipo *IPR*, de 12 pulgadas de peralte, 6 ½ pulgadas de ancho de patín y de 38.7 [kg/m], conocida comercialmente como "ligera".

[1] Diseño en ingeniería mecánica. Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke. Ed. Mc Graw-Hill, sexta edición. 2002. Pág. 1215



---

### 3.4 ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS EN LAS VIGUETAS DE CARGA.

El método de análisis por elementos finitos (FEA, por sus siglas en inglés) se emplea para simular el comportamiento físico del diseño de un producto. El proceso de análisis de elementos finitos consiste en subdividir todos los sistemas en componentes individuales o "elementos" cuyo comportamiento es de fácil comprensión y, a continuación, reconstruir el sistema original a partir de estos componentes.

Esta herramienta es muy útil, pues en vez de construir un prototipo y desarrollar elaborados procesos de pruebas para analizar el comportamiento físico de un producto, los ingenieros pueden obtener esta información de manera rápida y precisa interpretando los resultados del análisis por elementos finitos.

Para realizar el análisis por elementos finitos se tienen los siguientes pasos:

- Modelar en la computadora la pieza a estudiar.
- Definir el material del cual será fabricada.
- Restringir la pieza, es decir, se definen empotramientos y sujeciones.
- Aplicar las cargas a las que estará sometida la pieza.
- Realizar un "mallado".
- Correr el proceso de solución.
- Analizar los resultados.

Los resultados que arroja el análisis son de dos tipos, que son:

- Distribución de esfuerzos.
- Distribución de deformación.

- Distribución de esfuerzos.

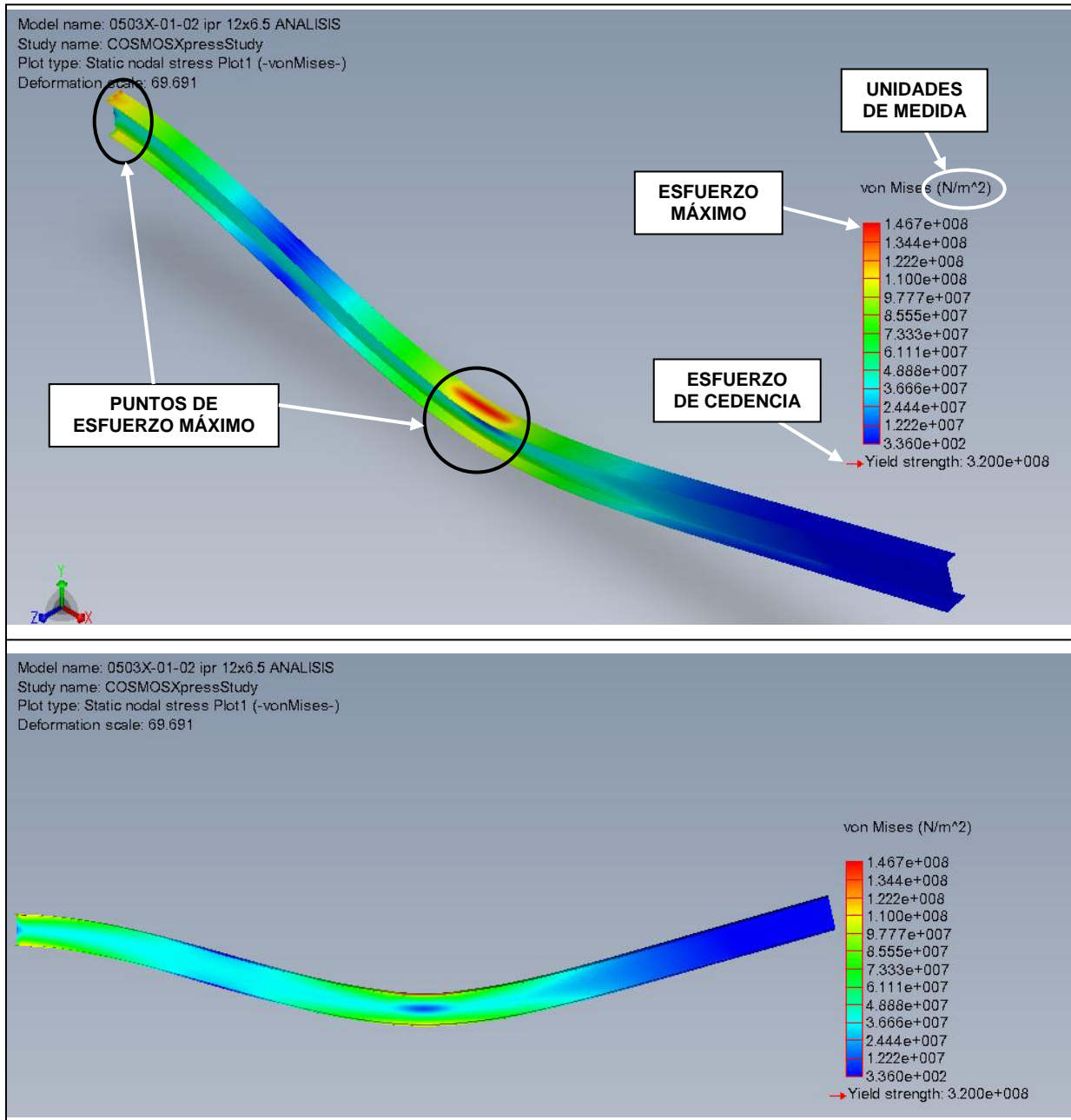


Fig. 3.41 Distribución de esfuerzos en la viga de carga.





En la figura **3.41** se presenta la distribución de esfuerzos que se obtiene del análisis por elementos finitos, en la cual se señalan el esfuerzo máximo que se tiene en la viga de carga y el esfuerzo de cedencia del material.

Se muestran dos puntos importantes en la viga, los cuales están sometidos al esfuerzo máximo, es decir, son los puntos en los cuales es más probable que se presente alguna falla. Sin embargo, como se puede apreciar, este esfuerzo máximo es menor que el esfuerzo de cedencia del material, lo cual confirma que la viga es suficientemente resistente para soportar la carga a la cual está sometida.

- Distribución de deformación.

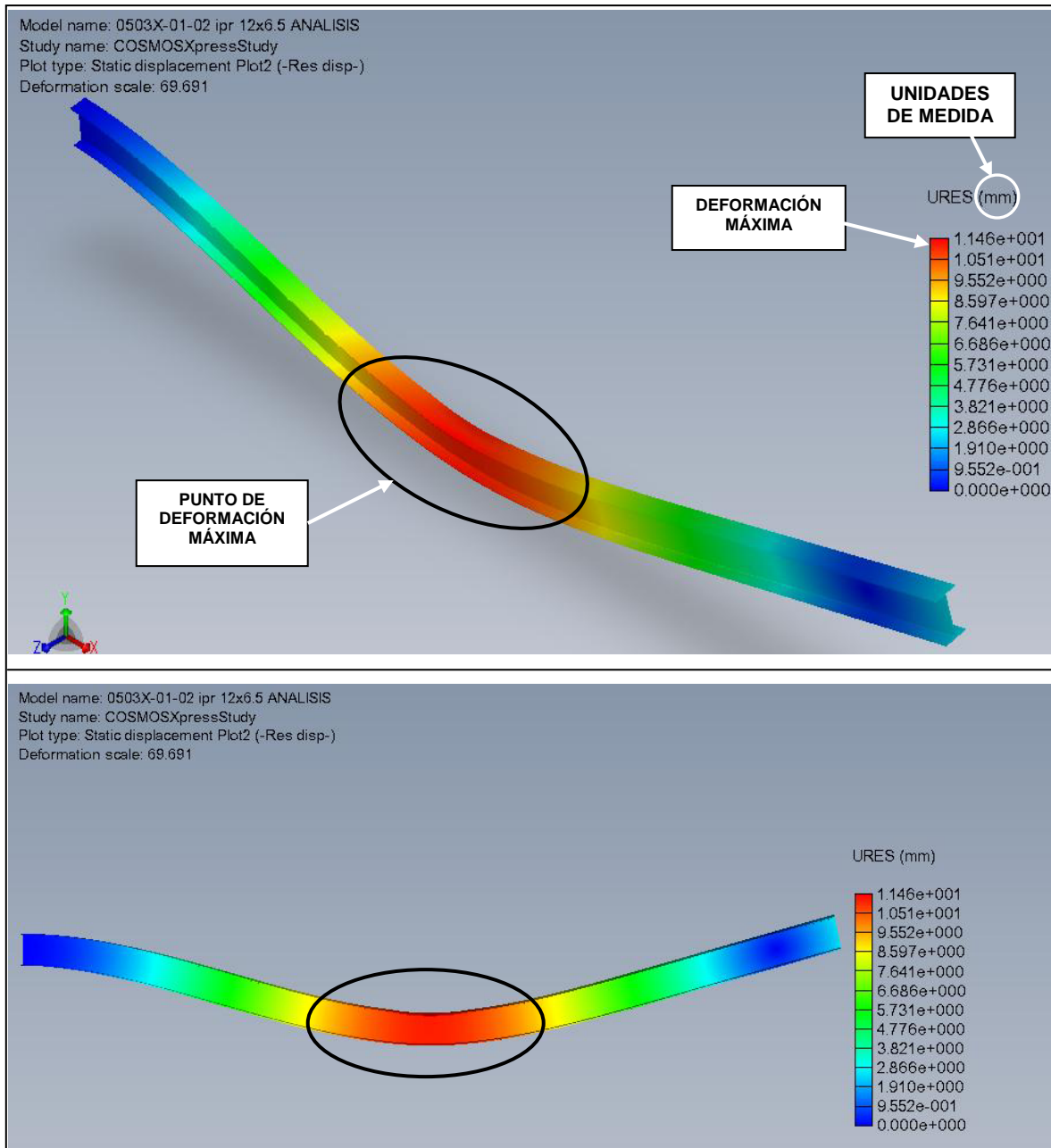


Fig. 3.42 Distribución de deformación en la viga de carga.



En la figura **3.42** se presenta la distribución de deformación, la cual se obtiene también del análisis por elementos finitos, en ella se señala la deformación máxima que se tiene en la vigueta de carga y el punto en el cual se presenta.

- **Interpretación de resultados.**

Como se mencionó, en la figura **3.41** se muestra la distribución de **esfuerzos**. En la parte derecha de las imágenes se presenta una escala que indica el nivel de esfuerzo, en  $\text{N/m}^2$ , que corresponde a cada color. Tomando en cuenta esto, se tiene que el esfuerzo máximo en la vigueta es de  $1.467 \times 10^8 \text{ [N/m}^2\text{]}$ , es decir, **146.7 [MPa]**, y se presenta en la parte central de la vigueta y de manera apenas notoria en el extremo izquierdo, que representa la punta delantera de la vigueta.

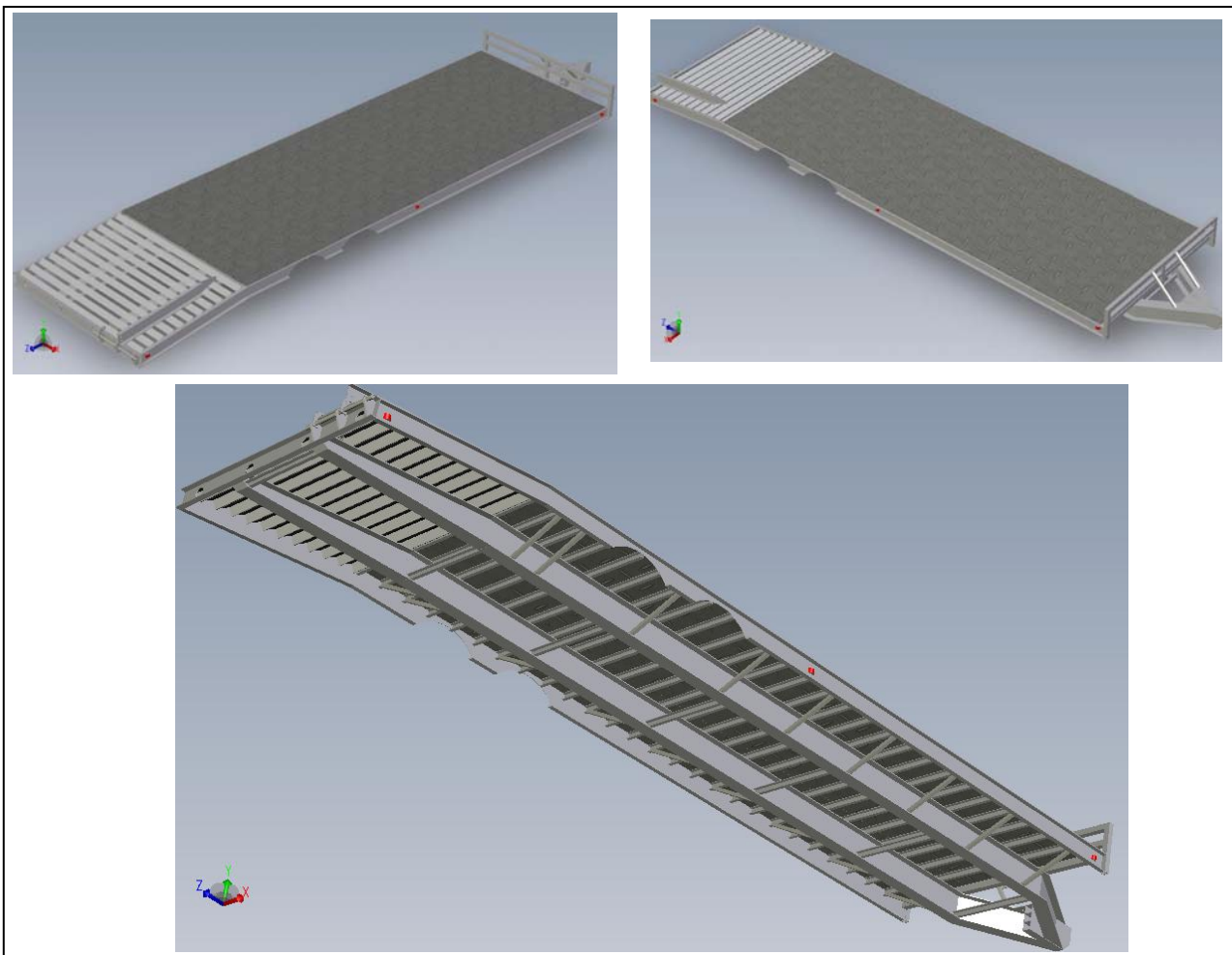
Este valor es la referencia para decidir si la dimensión seleccionada de vigueta es adecuada o no, pues al compararlo con el esfuerzo de cedencia (también indicado en la figura) que es de **320 [MPa]**, es notorio que el esfuerzo máximo es menor que el de cedencia, lo cual indica que la selección es correcta.

De igual manera para la figura **3.42**, en la que se muestra la distribución de **deformación**, se tiene en la parte derecha una escala; ésta indica el nivel de deformación que corresponde a cada color, expresada en milímetros. Aquí el valor máximo es de  $1.146 \times 10^1 \text{ [mm]}$  y coincide con el lugar en el cual el esfuerzo es máximo. Esto indica que cuando el remolque se encuentre cargado a su máxima capacidad, la vigueta presentará una deformación en el sentido que se muestra en la figura, de 11.46 [mm] en su parte media y dicha deformación irá disminuyendo hacia los extremos de la vigueta.

### 3.5 ENSAMBLE GENERAL.

Con el trabajo realizado tanto en el capítulo 2 como en el presente capítulo, se ha completado el diseño del remolque y puede definirse el ensamble general del mismo para posteriormente pasar a la fabricación en el capítulo 4.

El remolque se modela primero en computadora de manera que pueda comprobarse que todas las piezas están correctas tanto en forma como en dimensiones, que no hay colisiones entre ellas y que los diseños realizados en el presente trabajo podrán ser ensamblados sin problema. Para realizar dicho modelado, en primera instancia se debe modelar pieza a pieza y posteriormente ensamblar todo. En la figura 3.43 se muestra el modelo realizado en computadora con ayuda de un software especializado.



*Fig. 3.43 Modelo de computadora del remolque*



---

# CAPÍTULO 4

## Fabricación del remolque de cama baja



*En este capítulo se presentan las rutas de trabajo seguidas para la fabricación de las piezas que han sido rediseñadas; así mismo se explica el proceso de armado y pintado del remolque. Además se presenta la instalación de algunos de los componentes especiales del equipo y finalmente, se explica el proceso de pruebas para la entrega del remolque.*



## 4.1 RUTAS DE TRABAJO.

Las rutas de trabajo son listados ordenados en los cuales se presentan de manera concreta todos los procesos necesarios para la fabricación de algún componente. Una ruta de trabajo se presenta siguiendo el orden en el cual deben realizarse los procesos para lograr la calidad en la fabricación de la pieza en cuestión. La ruta de trabajo está compuesta por varias partes que se presentan en forma de columnas, las cuales indican el número y nombre del proceso, la maquinaria y el herramental necesario para cada proceso y, en su caso, el material que se requiere en cada uno de ellos.

A continuación se presenta la ruta de trabajo para fabricar cada una de las piezas que se trataron en los capítulos 2 y 3.

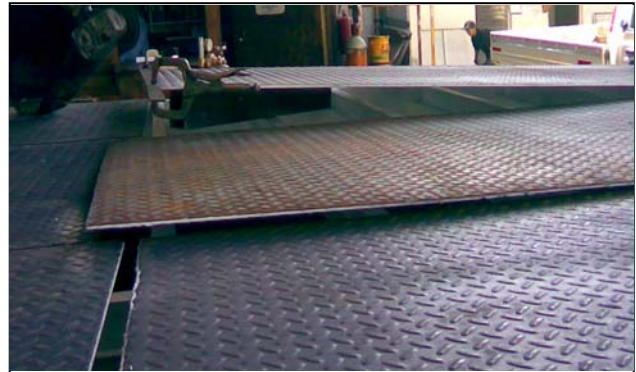
- **Piso de la cama.**

No. de proceso	Nombre del proceso	Maquinaria necesaria	Herramienta necesaria	Material
1	Selección del tamaño comercial adecuado	- - - - -	- - - - -	Placa antiderrapante de acero de bajo carbono calibre ¼”
2	Eliminación de filos cortantes	Esmeriladora (fig. 4.1)	Disco de desbaste	- - - - -
3	Montaje en posición (fig. 4.2)	Montacargas	- - - - -	- - - - -
4	Ajuste de dimensiones (fig. 4.3)	Esmeriladora	▪ Disco de desbaste ▪ Disco laminado	- - - - -
5	Sellado de uniones (fig. 4.4)	Calafateadora	- - - - -	Silkaflex



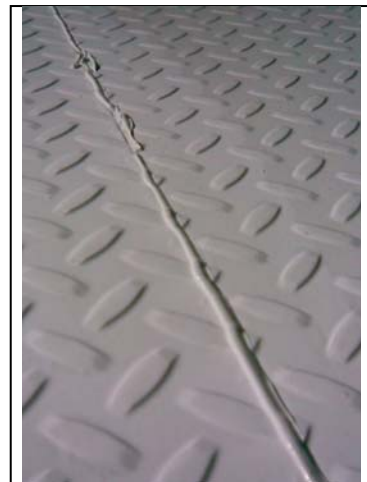
<<< **Fig. 4.1 Esmeriladora con disco de desbaste montado**

**Fig. 4.2 Montaje de placas en posición** >>>



<<< **Fig. 4.3 Ajuste de dimensiones**

**Fig. 4.4 Sellado de uniones con "Silkaflex"** >>>

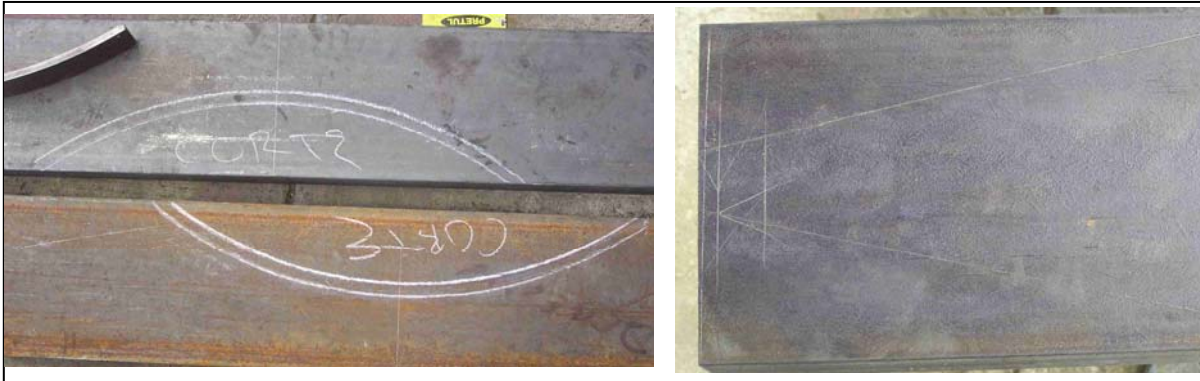




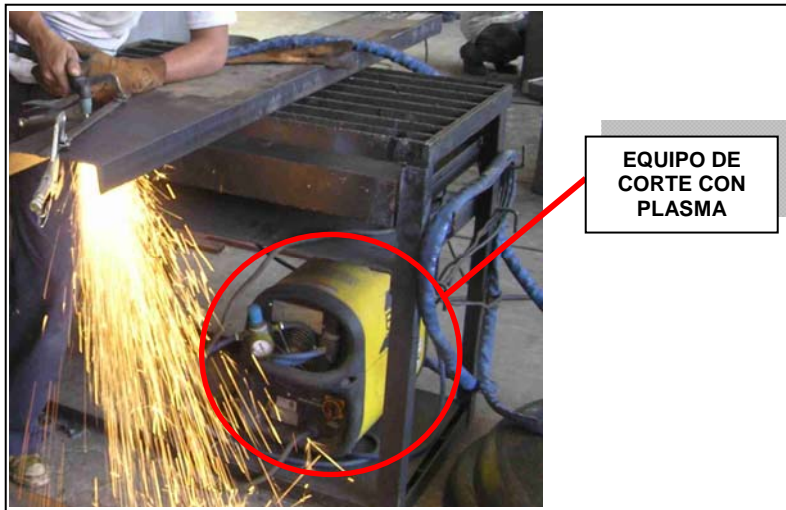
- Canal lateral.

No. de proceso	Nombre del proceso	Maquinaria necesaria	Herramienta necesaria	Material
1	Selección de material comercial adecuado	- - - - -	- - - - -	Canal tipo "C" de 8 pulgadas y 17.11 [kg/m]
2	Trazado para cortes (fig. 4.5)	- - - - -	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Trazador</li><li>▪ Escuadras</li><li>▪ Transportador</li><li>▪ Flexómetro</li></ul>	Tinta para trazar metales
3	Cortado de material (fig. 4.6)	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Máquina de plasma para corte de metal</li><li>▪ Sierra cinta</li></ul>	Careta de protección.	- - - - -
4	Rebabeo (fig. 4.7)	Esmeriladora	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Disco de desbaste</li><li>▪ Disco laminado</li></ul>	- - - - -
5	Fileteado para soldadura	Esmeriladora	Disco de desbaste	- - - - -





*Fig. 4.5 Trazado para cortes.*



<<< *Fig. 4.6 Corte de material con plasma*

*Fig. 4.7 Rebabeo de filos cortantes*

>>>





- **Vigueta de carga.**

No. de proceso	Nombre del proceso	Maquinaria necesaria	Herramienta necesaria	Material
1	Selección de material comercial adecuado	- - - - -	- - - - -	Vigueta tipo "IPR" de 12 pulgadas de peralte por 6.5 pulgadas de patín y 38.7 [kg/m] (fig. 4.8)
2	Trazado para cortes (fig. 4.9)	- - - - -	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Trazador</li><li>▪ Escuadras</li><li>▪ Transportador</li><li>▪ Flexómetro</li></ul>	Tinta para trazar metales
3	Cortado de material (fig. 4.10)	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Equipo de oxicorte</li><li>▪ Sierra cinta</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Careta de protección</li><li>▪ Guantes de protección</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Tanque de oxígeno</li><li>▪ Tanque de gas butano</li><li>▪ Boquilla de corte</li></ul>
4	Rebabeo y limpieza de escoria	Esmeriladora	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Disco de desbaste</li><li>▪ Disco laminado</li></ul>	- - - - -
5	Fileteado para soldadura	Esmeriladora	Disco de desbaste	- - - - -



<<< **Fig. 4.8** *Vigueta tipo IPR de 12" x 6 ½" y 38.7 [kg/m]*



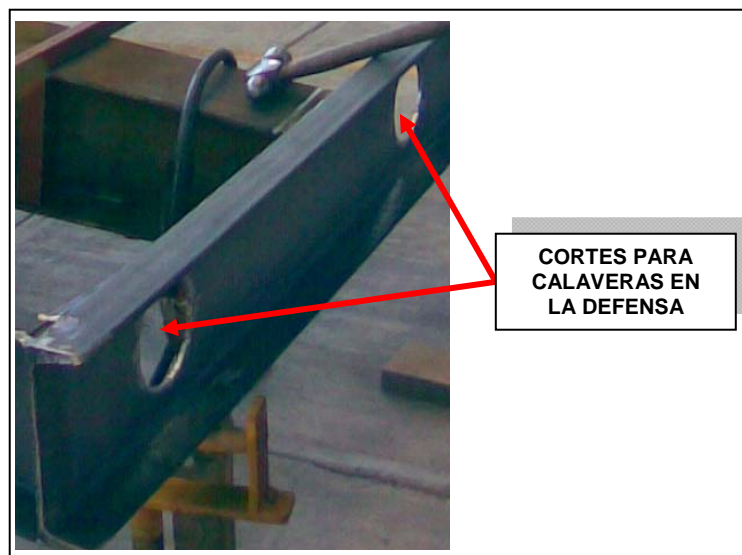
**Fig. 4.9** *Trazado para cortes de la vigueta* >>>



**Fig. 4.10** *Proceso de corte con equipo de oxicorte.*

• **Defensa.**

No. de proceso	Nombre del proceso	Maquinaria necesaria	Herramienta necesaria	Material
1	Selección de material comercial adecuado	- - - - -	- - - - -	Canal tipo "C" de 8 pulgadas y 17.11 [kg/m]
2	Trazado para cortes	- - - - -	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trazador</li> <li>▪ Escuadras</li> <li>▪ Transportador</li> <li>▪ Flexómetro</li> </ul>	Tinta para trazar metales
3	Cortado de material (fig. 4.11)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Equipo de oxicorte</li> <li>▪ Sierra cinta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Careta de protección</li> <li>▪ Guantes de protección</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tanque de oxígeno</li> <li>▪ Tanque de gas butano</li> <li>▪ Boquilla de corte</li> </ul>
4	Rebabeo y limpieza de escoria	Esmeriladora	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Disco de desbaste</li> <li>▪ Disco laminado</li> </ul>	- - - - -



*Fig. 4.11 Detalle de corte de material.*

• Refuerzo lateral.

No. de proceso	Nombre del proceso	Maquinaria necesaria	Herramienta necesaria	Material
1	Selección de material comercial adecuado	- - - - -	- - - - -	PTR cuadrado de 1 ½" pulgadas de lado y 2.8 mm de espesor de pared
2	Trazado para cortes	- - - - -	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trazador</li> <li>▪ Escuadras</li> <li>▪ Transportador</li> <li>▪ Flexómetro</li> </ul>	Tinta para trazar metales
3	Cortado de material	Sierra cinta (fig. 4.12)	- - - - -	- - - - -
4	Rebabeo	Esmeriladora	Disco laminado	- - - - -



Fig. 4.12 Sierra cinta



• Portería delantera.

No. de proceso	Nombre del proceso	Maquinaria necesaria	Herramienta necesaria	Material
1	Selección de material comercial adecuado	- - - - -	- - - - -	PTR cuadrado de 2 ½" pulgadas de lado y 3.2 mm de espesor de pared
2	Trazado para cortes	- - - - -	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trazador</li> <li>▪ Escuadras</li> <li>▪ Transportador</li> <li>▪ Flexómetro</li> </ul>	Tinta para trazar metales
3	Cortado de material	Sierra cinta	- - - - -	- - - - -
4	Rebabeo	Esmeriladora	Disco laminado	- - - - -
5	Soldadura para prearmado	Planta de soldar (fig. 4.13)	- - - - -	Soldadura de microalambre (fig. 4.13)
6	Esmerilado de soldadura	Esmeriladora	Disco laminado	- - - - -



Fig. 4.13 Planta de soldar y material de aporte (microalambre)

- Bisagra de la rampa.

No. de proceso	Nombre del proceso	Maquinaria necesaria	Herramienta necesaria	Material
1	Selección de material comercial adecuado	- - - - -	- - - - -	Placa de acero al carbono calibre ½"
2	Dibujo de plantilla	Computadora	- - - - -	- - - - -
3	Cortado de material	Pantógrafo de corte	- - - - -	- - - - -
4	Rebabeo	Esmeril de banco	Piedra de desbaste	- - - - -
5	Maquinado	Torno (fig. 4.14)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Brocas</li> <li>▪ Buriles</li> </ul>	- - - - -



Fig. 4.14 Torno horizontal



- Peldaño superior de la rampa.

No. de proceso	Nombre del proceso	Maquinaria necesaria	Herramienta necesaria	Material
1	Selección de material comercial adecuado	- - - - -	- - - - -	Ángulo de acero al carbono de 3/8" de espesor y 4 pulgadas por lado
2	Trazado para cortes	- - - - -	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Trazador</li><li>▪ Escuadras</li><li>▪ Flexómetro</li></ul>	Tinta para trazar metales
3	Cortado de material	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Equipo de oxicorte</li><li>▪ Sierra cinta</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Careta de protección</li><li>▪ Guantes de protección</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Tanque de oxígeno</li><li>▪ Tanque de gas butano</li><li>▪ Boquilla de corte</li></ul>
4	Rebabeo	Esmeril de banco	Piedra de desbaste	- - - - -





- Pie de rampa.

No. de proceso	Nombre del proceso	Maquinaria necesaria	Herramienta necesaria	Material
1	Selección de material comercial adecuado	- - - - -	- - - - -	Placa de acero al carbono calibre 3/16"
2	Trazado para cortes y dobleces	- - - - -	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Trazador</li><li>▪ Escuadras</li><li>▪ Transportador</li><li>▪ Flexómetro</li></ul>	Tinta para trazar metales
3	Cortado de material	Cizalla	- - - - -	- - - - -
4	Dobleces del material	Dobladora	- - - - -	- - - - -
5	Soldadura para prearmado	Planta de soldar	- - - - -	Soldadura de microalambre
6	Esmerilado de soldadura	Esmeriladora	Disco laminado	- - - - -



- Base para tirón.

No. de proceso	Nombre del proceso	Maquinaria necesaria	Herramienta necesaria	Material
1	Selección de material comercial adecuado	- - - - -	- - - - -	PTR cuadrado de 4 pulgadas por lado y 4.8 mm de espesor de pared
2	Trazado para cortes	- - - - -	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Trazador</li><li>▪ Escuadras</li><li>▪ Transportador</li><li>▪ Flexómetro</li></ul>	Tinta para trazar metales
3	Cortado de material	Sierra cinta	- - - - -	- - - - -
4	Rebabeo	Esmeril de banco	Piedra de desbaste	- - - - -
5	Soldadura para prearmado	Planta de soldar	- - - - -	Soldadura de microalambre
6	Esmerilado de soldadura	Esmeriladora	Disco laminado	- - - - -

• Seguro de reversa.

No. de proceso	Nombre del proceso	Maquinaria necesaria	Herramienta necesaria	Material
1	Selección de material comercial adecuado	- - - - -	- - - - -	Solera de acero de bajo carbono de ¼" por 1 ¼".
2	Trazado para cortes	- - - - -	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trazador</li> <li>▪ Escuadras</li> <li>▪ Transportador</li> <li>▪ Flexómetro</li> </ul>	- - - - -
3	Cortado de material	Sierra cinta	- - - - -	- - - - -
4	Rebabeo	Esmeril de banco	Piedra de desbaste	- - - - -
5	Trazado para barrenar	- - - - -	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trazador</li> <li>▪ Escuadras</li> <li>▪ Flexómetro</li> </ul>	Tinta para trazar metales
6	Barrenado	Taladro de columna (fig. 4.15)	Brocas	- - - - -
7	Soldadura para prearmado	Planta de soldar	- - - - -	Soldadura de microalambre
8	Esmerilado de soldadura	Esmeriladora	Disco laminado	- - - - -



Fig. 4.15 Taladro de columna



- Refuerzo de portería delantera.

No. de proceso	Nombre del proceso	Maquinaria necesaria	Herramienta necesaria	Material
1	Selección de material comercial adecuado	- - - - -	- - - - -	PTR cuadrado de 1 ½" pulgadas de lado y 2.8 mm de espesor de pared
2	Trazado para cortes	- - - - -	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Trazador</li><li>▪ Escuadras</li><li>▪ Transportador</li><li>▪ Flexómetro</li></ul>	- - - - -
3	Cortado de material	Sierra cinta	- - - - -	- - - - -
4	Rebabeo	Esmeriladora	Disco laminado	- - - - -

- Extensión para manivela de pata de estacionamiento.

No. de proceso	Nombre del proceso	Maquinaria necesaria	Herramienta necesaria	Material
1	Selección de material comercial adecuado	- - - - -	- - - - -	Barra redonda de acero 1018.
2	Trazado para corte	- - - - -	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trazador</li> <li>▪ Flexómetro</li> </ul>	- - - - -
3	Cortado de material	Sierra cinta	- - - - -	- - - - -
4	Refrentado	Torno horizontal	Buril	- - - - -
5	Barrenado axial	Torno horizontal	Brocas	- - - - -
6	Barrenado radial	Taladro fresador (fig. 4.16)	Brocas	- - - - -



Fig. 4.16 Taladro fresador

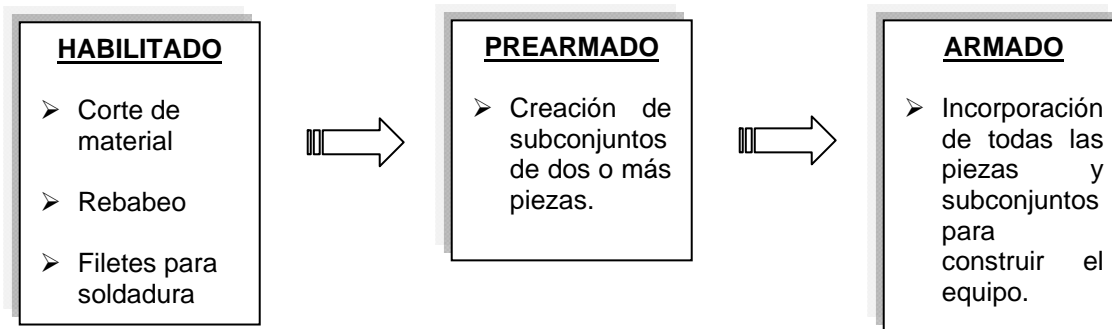


- Soporte de extensión de manivela.

No. de proceso	Nombre del proceso	Maquinaria necesaria	Herramienta necesaria	Material
1	Selección de material comercial adecuado	- - - - -	- - - - -	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Barra hueca de 36 mm por 56 mm.</li><li>▪ Solera de 3/8" por 1 1/2".</li></ul>
2	Trazado para cortes	- - - - -	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Trazador</li><li>▪ Flexómetro</li><li>▪ Escuadra</li></ul>	- - - - -
3	Cortado de material	Sierra cinta	- - - - -	- - - - -
4	Rebabeo de solera	Esmeril de banco	Piedra de desbaste	- - - - -
5	Refrentado de barra hueca	Torno horizontal	Buril	- - - - -
6	Barrenado axial de barra hueca	Torno horizontal	Brocas	- - - - -
7	Soldadura para prearmado	Planta de soldar	- - - - -	Soldadura de microalambre
8	Esmerilado de soldadura	Esmeriladora	Disco laminado	- - - - -

## 4.2 PROCESO DE ARMADO.

El armado de un equipo como un remolque es una tarea que consiste en varias etapas, las cuales se pueden clasificar como sigue:



- **Habilitado.**

El proceso de armado del remolque comienza con el habilitado de las piezas que formarán el equipo, este proceso involucra la preparación que necesita cada parte que integrará el remolque. En primer lugar el corte del material, puesto que comercialmente la mayor parte de los materiales se entregan en tramos de seis o doce metros. En la figura 4.17 se muestran algunos materiales una vez que han sido cortados a la medida que requiere cada parte.



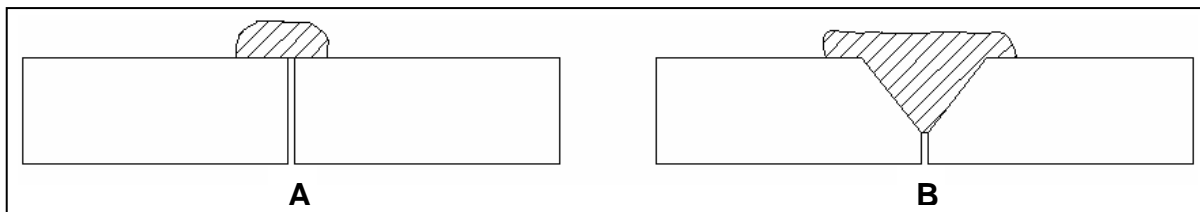
*Fig. 4.17 Detalle del corte de material.*



Una vez cortados los tramos según se necesite, es importante eliminar los filos que produce la sierra al cortar, esto es, retirar la rebaba; lo cual se realiza con una esmeriladora, tal como se muestra en la figura 4.18.

<<< *Fig. 4.18 Trabajo de eliminación de rebaba con esmeriladora*

Adicional al corte y la eliminación de rebabas se tienen los filetes para soldadura. Esto es porque existen algunas piezas cuya unión es fundamental en el armado del remolque y en donde es necesario asegurar que hay una unión de calidad, ésta se logra con una correcta penetración de la soldadura. Para conseguir esto es necesario realizar un filete en el costado de las piezas a soldar, el cual permite que la soldadura penetre en ambas piezas y que forme una sola, tal como se muestra en la figura 4.19.



*Fig. 4.19 A) Soldadura sin filete. B) Soldadura con filete.*



- **Prearmado.**

Una vez que se han habilitado todas las piezas, se procede a la etapa de prearmado, en ésta, se realizan las primeras uniones para obtener subconjuntos. Esto puede obedecer a distintas razones como por ejemplo: mayor facilidad y/o rapidez de armado fuera del conjunto total, fabricación de piezas modulares o que se tengan subconjuntos acoplables al equipo mediante tornillos o algún otro elemento de unión no permanente.

En la figura 4.20 se muestra un ejemplo de esta etapa, se observa que se está llevando a cabo el prearmado de una de las rampas de acceso del remolque, la cual es un subconjunto que se acopla mediante una bisagra.



*Fig. 4.20 Prearmado de rampa de acceso.*

>>>

- **Armado.**

La etapa de armado es en la que se da forma por completo al remolque, es decir, todos sus componentes se ensamblan y se deja listo para pasar al proceso de pintura, que será explicado en el siguiente apartado de este capítulo.

El primer paso para el proceso de armado es ensamblar el **chasis**, para lo cual se pueden señalar cuatro puntos importantes:

☑ *Viguetas de carga.*

Ésta es la base que soportará la carga del remolque, está constituida por dos viguetas, las cuales han sido analizadas en el capítulo 3 de este trabajo. El tramo comercial es de 12 metros de largo, por lo cual involucra un proceso de habilitado (corte, rebabeo y filetes para soldadura). En la figura 4.21 se muestra el manejo de una vigueta para ser cortada.



Fig. 4.21 Vigueta de carga en proceso de corte

☑ *Cierres con canal de 3".*

Para unir las dos viguetas de carga se utilizan tramos de canal de 3 pulgadas soldados en sus extremos a cada una de ellas, tal como se muestra en la figura 4.22

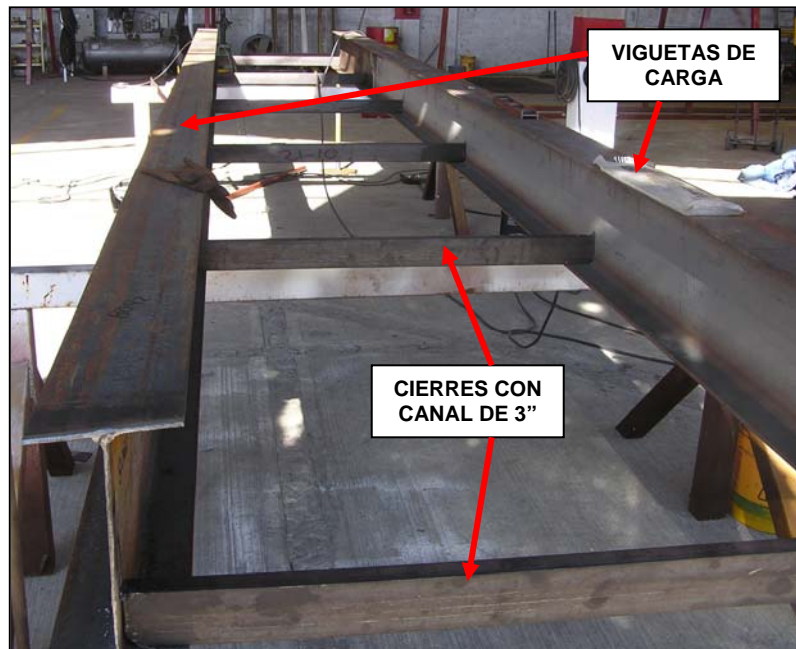
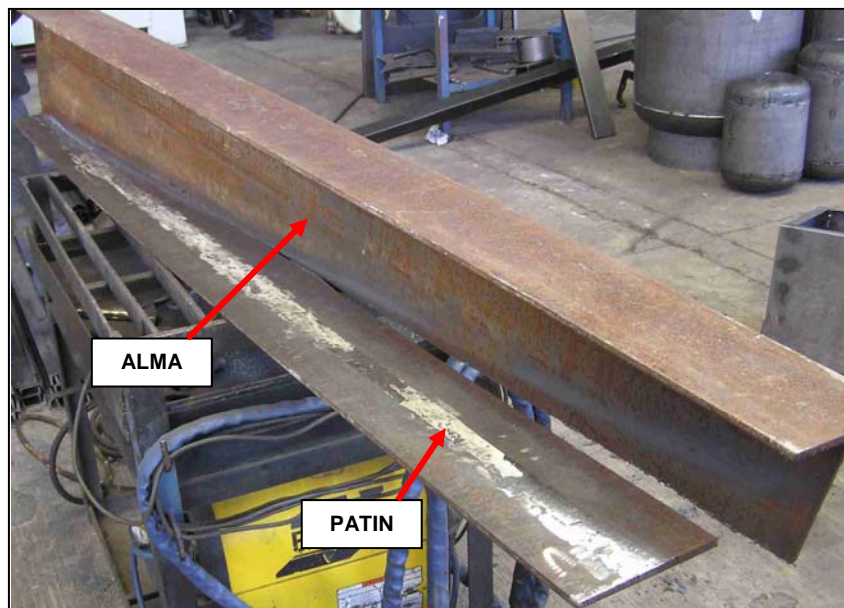


Fig. 4.22 Detalle de cierres con canal de 3" >>>

☑ *Punta y viguetas traseras.*

Tanto para la punta de la parte delantera, como para el plano inclinado de la parte trasera se utiliza el perfil IPR de las viguetas de carga; en ambos casos se sueldan dos tramos de dicho material, uno a cada extremo de las viguetas de carga. En el caso de las viguetas traseras su proceso de habilitado requiere un trabajo especial, pues tiene un ángulo con el cual forma el plano inclinado por el cual subirá y bajará la retroexcavadora. Dicho trabajo consiste en separar el patín y el alma de la vigueta, cortar el ángulo adecuado en el alma y posteriormente unir dicho ángulo nuevamente con el patín.

En la figura 4.23 se muestra el corte para separar el alma y el patín de la vigueta.



*Fig. 4.23 Corte para separar alma y patín de la vigueta.*

☑ *Base de tirón.*



El chasis se remata al frente con la base de tirón, que como se mencionó, es una estructura hecha de perfil *ptr* de 4 pulgadas. Este conjunto antes de ser ensamblado es prearmado, pues deben unirse los tramos de *ptr* y la tapa que forman la base de tirón. Una vez realizado esto, se procede a ensamblarlo para formar parte del chasis del remolque.

En la figura 4.24 se muestra el proceso de soldadura mediante el cual se une la base de tirón a la parte delantera (perfil IPR) del remolque.

*Fig. 4.24* Detalle de soldadura para unir base de tirón.

Una vez que está ensamblada la base de tirón en la punta del chasis queda tal como se muestra en la figura 4.25.



*Fig. 4.25* Base de tirón ensamblada en el chasis.

Con estos cuatro puntos se arma el chasis del remolque, el cual representa la parte estructural más importante del equipo, pues es la encargada de soportar tanto el peso de la cama del remolque, como el de la carga misma.



El siguiente paso en el proceso de armado, es la **cama** del remolque, que es la superficie útil del equipo sobre la cual se transporta la carga. Del mismo modo que para el chasis, para la cama también pueden señalarse varios puntos importantes, como son:

- ☑ *Travesaños de canal de 3 pulgadas.*

Estos travesaños son tramos de canal de tres pulgadas soldados a la parte superior de las viguetas de carga, sobre los cuales se colocan las placas que forman el piso del remolque. Para su correcta distribución se procede primero a ensamblar aquellos travesaños sobre los cuales coincidirá un empalme de dos placas del piso, con lo que se asegura que en estos puntos el piso será homogéneo y se logra que todas las placas se comporten como si fueran una sola. Posterior a esto, en el espacio restante, se distribuyen el resto de los travesaños de manera equidistante.

Ya que han sido armados todos los travesaños sobre el chasis del remolque, se aprecia tal como se muestra en la figura 4.26.



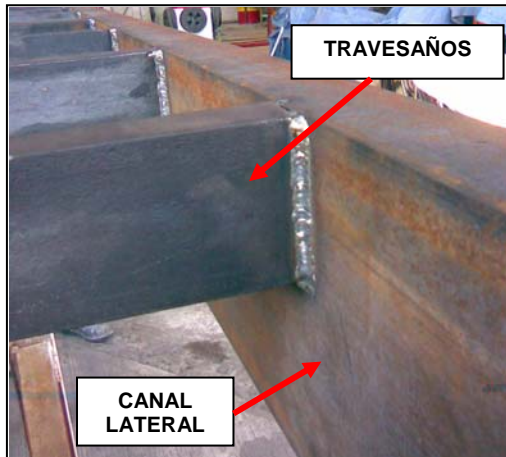
*Fig. 4.26 Chasis con travesaños ensamblados.*

- ☑ *Canales laterales.*

Las canales laterales son las que delimitan el remolque en sus costados, van de punta a punta del equipo y llevan los cortes para las salpicaderas. Están hechas de canal de 8 pulgadas. Las canales, ya habilitadas y prearmadas, listas para ser ensambladas en el remolque, se muestran en la figura 4.27.



*Fig. 4.27 Canales laterales >>>  
habilitadas para su armado.*



Estas canales son soldadas en los extremos de los travesaños mencionados en el punto anterior, tal como se muestra en la figura 4.28.

<<< Fig. 4.28 Detalle de armado de canales laterales.

*Defensa.*

La parte trasera de la cama termina con la defensa del remolque, que está hecha del mismo perfil que las canales laterales, a las cuales está soldada, como se muestra en la figura 4.29.

*Ángulos para subida.*

Son los perfiles que sirven como base para la parte trasera del remolque por la cual sube y baja la retroexcavadora. Los ángulos son soldados a la parte superior de las viguetas traseras y en sus extremos a las canales laterales; tal como se muestra en la figura 4.29.

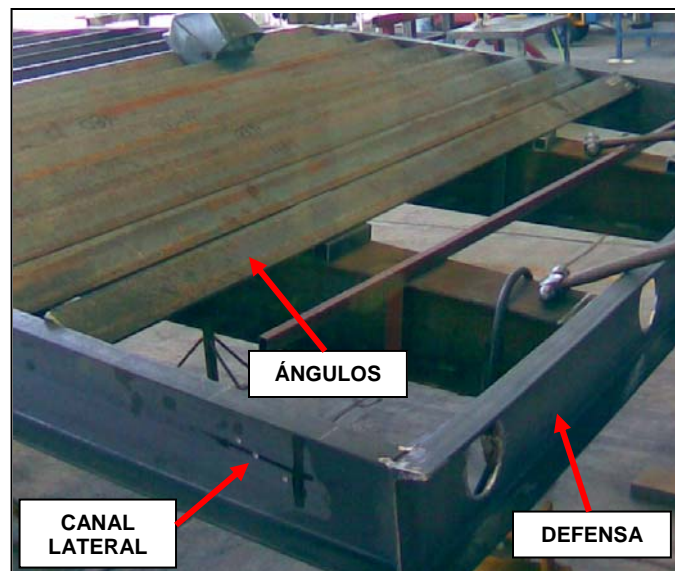
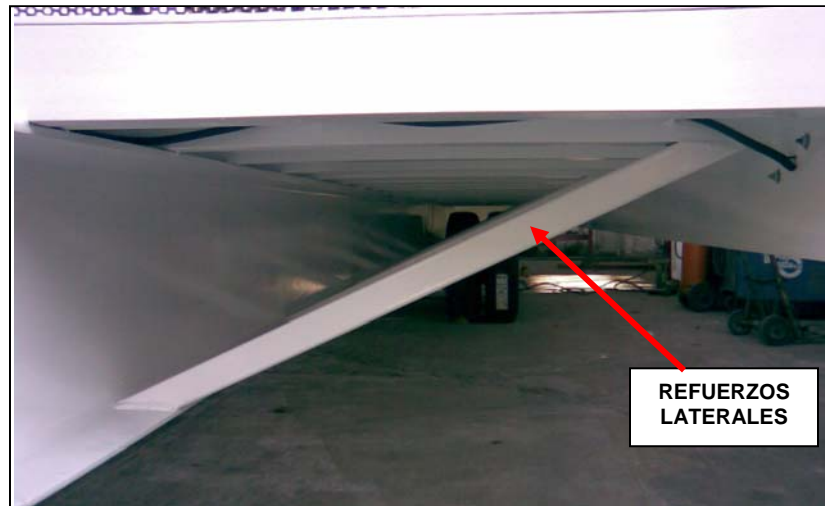


Fig. 4.29 Detalle de armado de ángulos de subida. >>>

*Refuerzos laterales.*

Los refuerzos laterales son tramos de perfil ptr que están unidos entre las viguetas de carga y los travesaños de canal de 3 pulgadas. Las primeras sirven de apoyo para apuntalar, y por lo tanto reforzar, a los travesaños para soportar la carga del remolque. Los refuerzos laterales ya armados en el remolque quedan como se aprecia en la figura 4.30.



*Fig. 4.30 Detalle de refuerzos laterales.*

*Portería delantera.*

La portería es un subconjunto que es prearmado para ser ensamblado en el remolque. Su ensamble consiste en soldarla a los extremos delanteros de las canales laterales y una vez que está montada se ve como se muestra en la figura 4.31.



*Fig. 4.31 Ensamble de portería delantera.*

*Placas piso.*



El piso de la cama es lo último que se arma, las placas se colocan en el orden que se mostró en la figura 3.2 y son soldadas por la parte inferior a los travesaños de canal de 3 pulgadas. Las placas deben ajustarse para que asienten correctamente sobre la estructura del remolque. En la figura 4.32 se muestra como se está llevando a cabo dicho ajuste.

<<< *Fig. 4.32 Detalle del ajuste de las placas para el piso de la cama*

Una vez que están armados tanto el chasis como la cama, el remolque se aprecia como se muestra en la figura 4.33 y queda listo para iniciar el proceso de pintura, el cual se explica en el siguiente apartado de este capítulo.

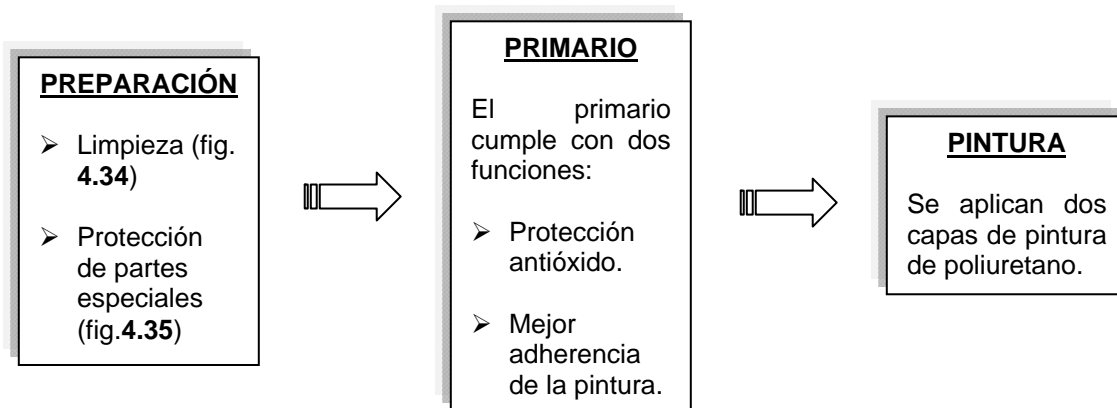


*Fig. 4.33 Armado terminado de chasis y cama del remolque.*



### 4.3 PROCESO DE PINTURA.

El proceso de pintura no sólo consiste en la aplicación del color en el equipo, tiene además otras etapas que son importantes para lograr un color de calidad y un acabado profesional. Los pasos que involucra el proceso de pintura son los siguientes:



En la etapa de preparación se lava y seca por completo el remolque para liberarlo del polvo (fig. 4.34) y que así el primario y la pintura tengan una adecuada adherencia al metal. Además se cubren con cinta y papel las partes que se desean mantener libres de pintura, tal como se muestra en la figura 4.35.



Fig. 4.34 Detalle de lavado de remolque



Fig. 4.35 Partes cubiertas con cinta

Una vez que se tiene preparado el remolque, se aplica el primario, que es una sustancia, normalmente de color rojo óxido, que protege el metal de sufrir oxidación y además ayuda a que la pintura tenga una mejor adherencia y durabilidad. En la figura 4.36 se aprecia la aplicación del primario.

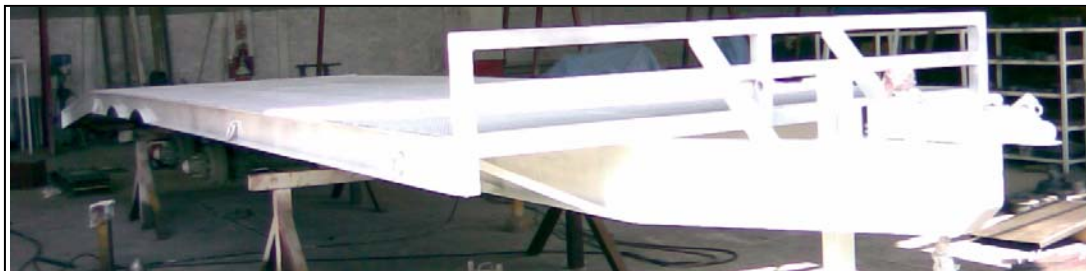


*Fig. 4.36 Aplicación de primario en el remolque.* >>>

Cuando el primario ha secado, el remolque luce como se ve en la figura 4.37; entonces se procede a aplicar la primera capa de pintura, se permite que transcurra un tiempo adecuado (12 horas) y el remolque queda como se muestra en la figura 4.38. Finalmente se aplica una segunda capa, con la cual se logra tener un correcto acabado tal como se ve en la figura 4.39.



*Fig. 4.37 Remolque con la etapa de aplicación de primario concluida.*



*Fig. 4.38 Primera capa de pintura.*



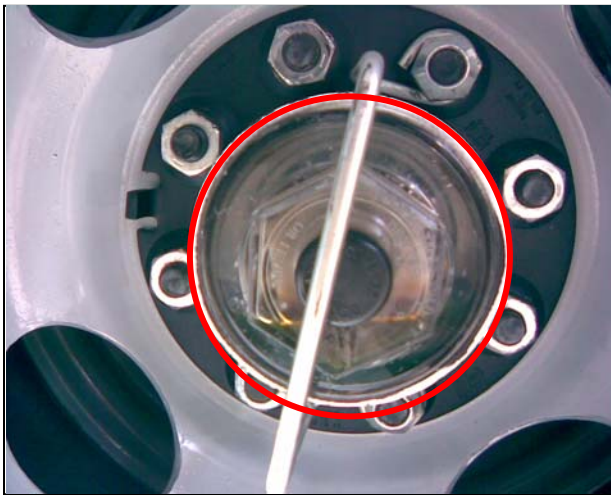
*Fig. 4.39* Proceso de pintura concluido con la segunda capa aplicada.

Tanto el primario como la pintura se aplican utilizando un sistema de pistola presurizada comercial.

#### 4.4 PROCESO DE PRUEBAS.

Cuando la fabricación del remolque ha concluido, se tiene el equipo listo para una serie de pruebas que se efectúan con el fin de asegurar la calidad y funcionalidad del producto. Dichas pruebas se realizan sobre puntos que están definidos como críticos en la función del remolque y se mencionan a continuación:

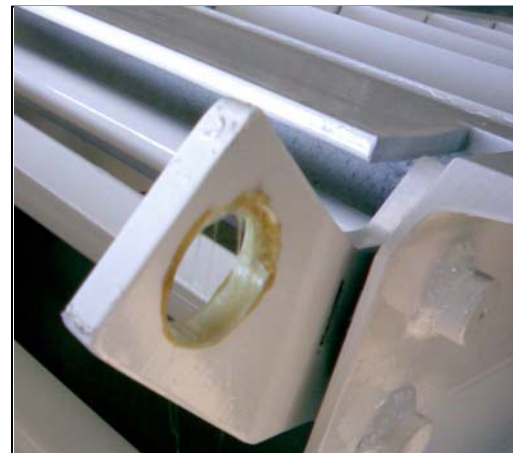
- Niveles y lubricación.*



Hay dos componentes cuyo funcionamiento depende del correcto nivel de sus fluidos de trabajo, por ello es importante cerciorarse de que dichos niveles sean los adecuados. El primero es el líquido de frenos que se encuentra en el tirón hidráulico. El otro es el aceite que lubrica los ejes, cuyo nivel se revisa por una mirilla con la cual cuentan los ejes y que se muestra en la figura 4.40.

<<< *Fig. 4.40 Mirilla para revisar nivel de aceite en los ejes del remolque.*

En general las partes móviles deben lubricarse, ejemplo de ello son las bisagras mediante las cuales se abaten las rampas del remolque. En los agujeros por los cuales pasa la barra que hace la función de bisagra se coloca grasa sólida para facilitar el movimiento, esto se muestra en la figura 4.41.



*Fig. 4.41 Detalle de lubricación en bisagra de rampas* >>>





*Giro de rampas.*

Es importante corroborar que las rampas puedan girarse libremente para colocarlas en posición de trabajo. En la figura 4.42 se muestra la prueba del giro de las rampas.

<<< *Fig. 4.42 Prueba de giro de rampas.*

*Enganche.*

El enganche del remolque es una parte fundamental en su operación puesto que es la parte con la que se acopla al vehículo motriz. Es evidente que debe tenerse la seguridad de que el seguro del enganche funciona correctamente, por lo cual es importante probar el acoplamiento con una bola como la que tendrá el vehículo motriz. En la figura 4.43 se muestra el enganche a punto de acoplarse.



*Fig. 4.43 Enganche a punto de acoplarse con la bola.* >>>

Una vez que ha sido acoplado se aprecia como lo muestra la figura 4.44.



Fig. 4.44 Enganche acoplado

Seguro de reversa.

Como se indicó en la sección 2.3 de este trabajo, el seguro de reversa inhibe la acción inercial del tirón para aplicar los frenos al remolque cuando el vehículo motriz se desplaza hacia atrás. Su correcto funcionamiento se prueba una vez que el remolque ha sido enganchado al camión que lo arrastrará. Simplemente se coloca el seguro y se mueve el vehículo hacia atrás cerciorándose de que las llantas del remolque no se frenan y puede desplazarse libremente en el mismo sentido.

Luces.

La prueba para las luces es muy simple, únicamente se energizan los cable y se revisa que las luces enciendan correctamente.

*Llantas.*

Para las llantas es necesario probar que el apriete de los birlos sea el adecuado, dicha prueba se realiza con un torquímetro como el que se muestra en la figura 4.45. Además se revisa la presión del aire para cerciorarse de que el inflado de las llantas es correcto.



*Fig. 4.45 Torquímetro*

Además de todas las pruebas mencionadas se realizaron recorridos con el remolque enganchado a un vehículo motriz, esto fue hecho en vacío, es decir, sin carga; sólo con el fin de asegurar su correcto desempeño en movimiento. Los resultados son satisfactorios al realizarse el recorrido sin problema, el enganche opera correctamente, así como los frenos, las luces y el seguro de reversa.



*Fig. 4.46 Salida del remolque enganchado para prueba en vacío.*



Con esto se concluyen las pruebas que aseguran la calidad en la fabricación del remolque, la cual resulta fundamental por ser la clave para obtener la satisfacción del cliente y, por lo tanto, considerar que el trabajo se ha realizado correctamente.





---

---

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

Este proyecto se origina a partir de una necesidad de transporte de maquinaria pesada, la empresa para la que se realizó el proyecto, contaba con un remolque de línea, sin embargo, dicho equipo no satisfacía las necesidades de la aplicación específica que algunos clientes estaban solicitando. Por tal motivo, y para aprovechar la oportunidad de mercado, se consideró realizar una propuesta de diseño y fabricación de un nuevo remolque con la capacidad y las dimensiones adecuadas para cumplir con las especificaciones planteadas; además, rediseñar algunos de los componentes que finalmente son comunes para ambos remolques.

Al concluir el trabajo de diseño y fabricación del remolque, se obtuvo un equipo cuya capacidad de carga ha sido validada; con partes más sencillas, funcionales y procesos de manufactura adaptados a las capacidades de la empresa; que satisface las necesidades planteadas al inicio.

El diseño de las viguetas de carga se valida utilizando dos métodos: cálculo de esfuerzos y análisis por elementos finitos.

El cálculo de esfuerzos se realiza bajo dos enfoques: esfuerzo cortante y esfuerzo flexionante. Para el primero se obtiene un factor de seguridad de **N=8.6** que demuestra que las viguetas son suficientemente resistentes bajo este criterio. Para el esfuerzo flexionante el factor de seguridad obtenido es **N=2.1**, el cual permite concluir también que las viguetas soportarán la carga de trabajo.

El análisis por elementos finitos arroja dos resultados: la distribución de esfuerzos y la distribución de deformación. Para la primera se obtiene un esfuerzo máximo de 146.7 [MPa], el cual resulta menor que el esfuerzo de cedencia del material, que es de 320 [MPa]; de aquí se concluye que las viguetas seleccionadas son adecuadas para soportar la carga de trabajo. En cuanto a la distribución de deformación, el resultado que se obtiene indica que el punto en el cual se aplica el esfuerzo máximo presenta una deformación de 11.46 [mm] cuando el remolque se encuentre cargado a su máxima capacidad; la cual es una deformación adecuada considerando el tipo de carga a la que está sometido el remolque.

Además de considerar sólo las piezas que son modificadas por el cambio de longitud, se hacen otras consideraciones en cuanto a partes que es conveniente modificar por facilidad y costo de fabricación y/o porque es necesario mejorar su funcionalidad. Al realizar el trabajo de diseño y llevar a cabo la fabricación, se concluye que se han obtenido partes más funcionales, a un menor costo y con tiempos de fabricación más bajos que los necesarios para fabricar las piezas anteriores; lo cual hace más eficiente el proceso de manufactura.

Una vez fabricado el remolque, se somete a distintas pruebas de funcionalidad que tienen un resultado satisfactorio. El remolque se prueba con recorridos en vacío presentando un correcto desempeño.



Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, tanto de cálculos, rediseños, nuevos desarrollos de partes y procesos de manufactura, así como de pruebas; se obtiene como conclusión que se ha desarrollado un nuevo remolque a partir de un equipo de línea, que puede trabajar adecuadamente bajo las condiciones planteadas por una necesidad de transporte de maquinaria. Este nuevo equipo permite abarcar un sector en el mercado que no se tenía cubierto y además, los costos de manufactura son más bajos para piezas que serán utilizadas tanto en el remolque anterior como en el nuevo.

Por motivos de confidencialidad no ha sido posible presentar los planos de fabricación de las piezas diseñadas ni del remolque en su conjunto; esto para no entorpecer ni afectar de ningún modo la operación de la empresa.

**ANEXOS.****A1****SWEGA DE MEXICO S.A. DE C.V.**

PEDIDO

**31**

Cliente	<b>AMECO SERVICES S. DE R.L. DE C.V.</b>	Fecha:	23 de marzo de 2006
	Carretera Monterrey-Salttillo Km 67 No. 1200	Fecha de entrega:	3 de Julio de 2006
	Col. Zimix	realizando el deposito el 23/ marzo/ 06	
Población	Santa Catarina, Nuevo Leon C.P. 66357	Condiciones:	30% ANTICIPO, 20% A LA ENTREGA
R.F.C.	ASE 950203 F39	50% A 45 DIAS NATURALES A LA FECHA ENTREGA	
Teléfonos y Fax:	(55) 8503-3500	Contacto:	LIC. JESUS RIVERA

**ORDEN DE COMPRA AMECO AF041377**

JUAN M. ANDRADE RUIZ

Lugar de entrega: <b>NUESTRA PLANTA: IXTAPALUCA</b>			
Descripción	Cantidad	P.U.	Total
Remolque para 10 Toneladas Mca. SWEGA Mod. 0503. Tipo cama Baja con	5	xxxx	xxxx
tiron de defensa para bola de 2-5/16" de diametro, capacidad de 10 toneladas	Desc 10%		xxxx
dos ejes con doble rodada cada uno, con frenos hidraulicos de inercia, piso			xxxx
de acero antiderrapante de 1/4" de espesor, luces regalmentarias, dos traseras			
de doble luz, 3 de cada lado y reflejante tanto en la parte trasera como en los lados.			
Gato de elevación en la parte frontal operación manual de capacidad 5,250 Kgs.			
Como minimo, con 2 rampas triangulares plegables de 50 cm de ancho por 1.80m			
de lago en la parte trasera. Con tres puntos de sujeción en cada lado.			
Las dimensiones de la paltafoma deberá ser de 8 mts. como minimo de plataforma			
plana, mas una parte inclinada de 2.00 con un ancho total de 2.80mts.			
Acabado en pintura de poliuretano para una máxima durabilidad.			
		Subtotal	xxxx
		I.V.A.	xxxx
		Total	xxxx

La cancelación de este pedido, causará el 10% de cargo sobre el mismo

CHEQUE A NOMBRE DE SWEGA DE MEXICO, S.A. DE C.V. "PARA ABONO EN CUENTA DEL BENEFICIARIO"

Enviar ficha de deposito vía fax, al teléfono 01(55)5785 01 45

Bitel Cta 040322150120 Suc 3057

DEDUCIBLES DE RIESGO AL CLIENTE SOBRE SEGURO

Riesgos Ordinarios de Tránsito 5 % Robo de Bulto por entero 20 %

Robo parcial 20 % Demás riesgos adicionales 5 %

ACEPTO CONDICIONES Y/O CLAUSULAS ESPECIALES DE ACUERDO A LA POLIZA No. CSA138120000 DE SEGUROS COMERCIAL AMERICA, S.A. DE C.V.

Número de Serie: <b>06-0503-102 al 106</b>	N° Factura :	No. de Remisión:	Fecha y Firma de Salida:
---	--------------	------------------	--------------------------

Calle 31 No. 135-E, Col Ignacio Zaragoza, C.P. 15000, México, D.F. Tel/Fax: 57-85-01-45  
www.swega.com.mx



## BIBLIOGRAFÍA

- [www.newholland.com.mx/construccion/Productos/Retrocargadoras/B95TurboEsp.htm](http://www.newholland.com.mx/construccion/Productos/Retrocargadoras/B95TurboEsp.htm)  
(ENERO 2007)
- [www.collado.com.mx/articulo\\_detalle.asp?hdnArticle=22](http://www.collado.com.mx/articulo_detalle.asp?hdnArticle=22)  
(ABRIL 2007)
- Diseño en Ingeniería Mecánica. Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke  
Ed. Mc Graw-Hill, sexta edición, 2002.
- Mecánica de materiales. R.C. Hibbeler  
Ed. Pearson Prentice Hall, sexta edición, 2006