



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz

“Diseño y construcción de un banco para enderezar compactos de automóviles”

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
Ingeniero en Mecánica Automotriz.

Autores:

Cullquicondor Cumbe Julio César

Mogrovejo Cabrera Néstor Esteban

Director:

Ing. Hernán Viteri Cerda

Cuenca, Ecuador

2009

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico en primera instancia a mi papa Cesar, que siempre me supo apoyar en todo instante para mi superación personal y a su vez por inculcarme hacia la constancia, la honestidad y el sacrificio en el logro de mis metas.

A mi madre el más grande agradecimiento por brindarme su constante apoyo, su afecto y amistad.

A mis hermanos, por haber contribuido al logro de mis metas.

A mi compañero de tesis Esteban por su constancia y dedicación para llegar a cumplir la meta.

Julio César Cullquicondor Cumbe

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a los seres más importantes de mi vida.

A **Dios**, por haberme guiado con certeza durante toda mi carrera.

A mis padres **Néstor y Soledad**, a quienes les debo mi existencia, a ellos mi más grande agradecimiento por apoyarme en todas las circunstancias de mi vida y por ser ejemplo de honestidad, lucha y constancia.

A mis hermanos(as) **Aida, Zhinson, Fabio, Cecilia y Marcia**, por darme siempre su apoyo incondicional, su afecto y su comprensión.

A mi novia **Mary**, por su amor, apoyo y comprensión a lo largo de mi vida personal y universitaria.

A mi compañero de tesis **Julio**, por su apoyo y dedicación para el logro de este trabajo.

Néstor Esteban Mogrovejo Cabrera

AGRADECIMIENTO:

Nuestro agradecimiento va dedicado en especial al Ing. Hernán Viteri C. a quien tenemos gran admiración, respeto y consideración, por haberse desempeñado como maestro, amigo y director de nuestra tesis ya que ha sabido guiar acertadamente nuestro proyecto y al mismo tiempo a todas las personas que nos colaboraron de una u otra manera en la elaboración de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iv
Índice de Contenidos.....	v
Índice de Tablas.....	vii
Índice de ilustraciones.....	vii
Índice de Anexos.....	ix
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii

Introducción.....	1
-------------------	---

CAPÍTULO I: CARROCERIAS Y TÉCNICAS DE REPARACIÓN

1.1 Carrocería.....	3
1.2 Componentes de carrocería.....	5
1.3 Materiales de la carrocería.....	9
1.4 Innovación de seguridad.....	11
1.4.1 Seguridad activa.....	12
1.4.2 Seguridad pasiva.....	12
1.4.2.1 Chasis y carrocería.....	12
1.5 Uniones de la carrocería.....	13
1.6 Zonas críticas.....	13
1.7 Protección de la carrocería.....	14
1.8 Técnicas de reparación.....	15

CAPITULO II: DISEÑO DEL BANCO DE ENDEREZADO

2.1 Diseño del brazo de tiro en L.....	23
2.1.1 Diseño de la torre del brazo.....	24
2.1.2 Diseño del pasador de la torre.....	28
2.1.3 Diseño del pasador del cilindro hidráulico.....	33
2.1.4 Cálculo de soldadura de las placas soporte del brazo.....	35

2.1.5 Cálculo del gancho a tensión.....	38
2.1.6 Cálculo de la placa soporte a soldadura.....	41
2.1.7 Cálculo de los pernos de la rueda.....	42
2.1.8 Cálculo de soldadura del soporte del cilindro hidráulico.....	43
2.2 Diseño de la bancada.....	46
2.3 Diseño del mecanismo de elevación.....	53
2.4 Cálculo del eje de la rueda.....	55
2.5 Diseño del travesaño principal.....	58
2.6 Diseño de los conjuntos de fijación.....	60

CAPITULO III: CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE ENDEREZADO

3.1 Construcción de la plataforma.....	66
3.2 Construcción de la base.....	69
3.3 Construcción del brazo de tiro.....	71
3.4 Construcción del conjunto de sujeción del banco.....	72
3.4 Construcción del mecanismo de seguridad.....	73
3.5 Construcción de herramientas de verificación.....	74
3.6 Ensamblado del banco de enderezado.....	76
3.7 Obtención del peso total del banco de enderezado.....	77

CAPITULO IV: ENSAYO DEL BANCO DE ENDEREZADO

4.1 Seguridad de operación.....	78
4.2 Mantenimiento del banco de enderezado.....	79
4.3 Pruebas del banco.....	80
Conclusiones y Recomendaciones.....	90
Bibliografía.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Propiedades de la chapa de acero utilizadas en la carrocería.....	10
Tabla 1.2 Características del banco.....	22
Tabla 2.1 Denominación de las partes del brazo de tiro.....	24
Tabla 2.2 Denominación de las fuerzas del grafico 2.2	25
Tabla 2.3 Denominación de las partes de la bancada.....	46
Tabla 2.4 Denominación de las partes del mecanismo de elevación.....	53
Tabla 3.1 Dimensiones de algunos vehículos.....	67
Tabla 3.2 Resultados de la balanza.....	77
Tabla 4.1 Comparación de cotas.....	88

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Fig. 1.1 Chasis Independiente.....	4
Fig. 1.2 Chasis Plataforma.	4
Fig. 1.3 Carrocería autoportante.	5
Fig. 1.4 Piezas que componen los paneles exteriores de una carrocería.....	6
Fig. 1.5 Componentes del armazón central y posterior.....	7
Fig. 1.6 Componentes del armazón anterior de una carrocería.....	8
Fig. 1.7 Deformación Programada.....	12
Fig. 1.8 Corrosión de la carrocería.	14
Fig. 1.9 Separación de planchas.	17
Fig. 1.10 Trabajo de aplanado o alisado.....	18
Fig. 1.11 Uso de los Expansores hidráulicos.	20
Fig. 1.12 Uso de la Escuadra hidráulica.....	20
Fig. 1.13. Banco de enderezado EZ liner.....	21
Fig. 2.1 Brazo de tiro en "L".	24
Fig. 2.2 Representación de fuerzas del brazo de tiro en "L".....	25
Fig. 2.3 Representación de fuerzas de la torre.....	26
Fig. 2.4 Sección de la torre.	27
Fig. 2.5 Pasador de la torre.....	30
Fig. 2.6 Pasador del cilindro hidráulico.....	33
Fig. 2.7 Soldadura en las placas soporte.....	35
Fig. 2.8 Fuerzas que actúan sobre el brazo de tiro.	38
Fig. 2.9 Gancho del brazo.....	39

Fig. 2.10 Disposición de pernos del gancho.....	40
Fig. 2.11. Soldadura de la placa soporte.....	41
Fig. 2.12. Perno de la rueda.....	43
Fig. 2.13 Soporte de cilindro hidráulico.....	44
Fig. 2.14 Bancada.....	46
Fig. 2.15 Posición de trabajo del banco.....	47
Fig. 2.16 Diagrama de cuerpo libre de la bancada.....	48
Fig. 2.17 Tramo (Cy-D).	49
Fig. 2.18 Sección de la plataforma.....	50
Fig. 2.19 Soldadura en la plataforma.....	51
Fig. 2.20 Mecanismo de elevación.....	53
Fig. 2.21 Reacción del gato hidráulico (Rg).	54
Fig. 2.22 Travesaño del gato hidráulico.	54
Fig. 2.23 Cotas del eje de rueda.....	55
Fig. 2.24 Placa soporte del eje de rueda.....	57
Fig. 2.25 Carga en el extremo del travesaño principal.....	58
Fig. 2.26 Eje del poste.....	59
Fig. 2.27 Conjunto de fijación.....	61
Fig. 2.28 Perno principal.....	61
Fig. 2.29 Mordaza.....	63
Fig. 3.1 Panelado.....	66
Fig. 3.2 Planchas de la plataforma.....	67
Fig. 3.3 Conjunto armado de la plataforma.....	68
Fig. 3.4 Base de la plataforma.....	69
Fig. 3.5 Travesaño del gato hidráulico.....	70
Fig. 3.6 Brazo de tiro.....	71
Fig. 3.7 Conjunto de sujeción.....	72
Fig. 3.8 Mecanismo de seguridad.....	73
Fig. 3.9 Regla telescópica con accesorios.....	74
Fig. 3.10 Utilización de la regla de bancada.....	75
Fig. 3.11 Banco de enderezado.....	76
Fig. 4.1 Puntos de engrase.....	80
Fig. 4.2 Casos de acceso a la plataforma.....	80
Fig. 4.3 Elevación de la plataforma.....	81

Fig. 4.4 Prueba longitudinal.....	82
Fig. 4.5 Prueba transversal.....	82
Fig. 4.6 Prueba de la mordaza.....	83
Fig. 4.7 Fuerza requerida para mover la torre.....	84
Fig. 4.8 Pernos de fijación del brazo.....	84
Fig. 4.9 Prueba de fijación del brazo hidráulico.....	85
Fig. 4.10 Mordaza de la cadena.....	85
Fig. 4.11 Automóvil Chevrolet Swift.....	86
Fig. 4.12 Sujeción del automóvil al banco.....	87
Fig. 4.13 Cotas del compacto vista inferior.....	87
Fig. 4.14 Corrección del compacto delantero.....	88
Fig. 4.15 Fuerza aplicada.....	88

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.1 Corte de placa en la cizalla hidráulica.....	94
Anexo 1.2 Corte de placa mediante cortadora plasma.....	94
Anexo 1.3 Rolado de la placa.....	95
Anexo 1.4 Unión de placas mediante soldadura de arco eléctrico.....	95
Anexo 1.5 Panelado interior de la plataforma.....	96
Anexo 1.6 Transporte de la plataforma.....	96
Anexo 1.7 Volteado de la plataforma.....	97
Anexo 1.8 Cortado de la placa mediante proceso oxiacetilénico.....	97
Anexo 1.9 Doblado de la placa en prensa hidráulica.....	98
Anexo 1.10 Banco de enderezado de compactos.....	98
Anexo 2.1 Resistencias mínimas especificadas de algunos aceros ASTM.....	99
Anexo 2.2 Factores de conversión.....	99
Anexo 2.3 Ecuación de límite de resistencia a la fatiga.....	100
Anexo 2.4 Factor de acabado superficial.....	100
Anexo 2.5 Factor de tamaño.....	100
Anexo 2.6 Factor de carga a flexión.....	101
Anexo 2.7 Factor de temperatura.....	101
Anexo 2.8 Propiedades a la torsión de soldadura de filete.....	102
Anexo 2.9 Características de los electrodos.....	102
Anexo 2.10 Propiedades de roscas métricas.....	103

Anexo 2.11 Propiedades mecánicas de pernos de acero.....	104
Anexo 2.12 Propiedades a flexión de la soldadura de filete.....	104
Anexo 2.13 Tubos estructural cuadrado.....	105

RESUMEN

Para el diseño y construcción del banco se inicia reconociendo los tipos de carrocerías de los vehículos, materiales utilizados en los mismos, técnicas de reparación y equipos utilizados.

A continuación se diseñan los componentes y mecanismos tomando en cuenta los esfuerzos y la resistencia del material para proceder a la construcción de cada elemento del conjunto, detallando las dimensiones, herramientas y equipos utilizados.

Finalmente se somete a diferentes pruebas y ensayos para detectar que no existan fallas por defecto y comprobar el funcionamiento de los mecanismos aplicando las cargas correspondientes.

ABSTRACT

For the design and construction of the workbench begins recognizing the types of chassis of the vehicles, materials used in the same ones, technical of repair and utilized teams.

Next time are designed the components and mechanisms taking into account the efforts and the resistance of the material for proceed to the construction of each element of the group, detailing the dimensions, tools and utilized teams.

Finally subject to different tests and rehearsals to detect that default flaws don't exist and to check the operation of the mechanisms applying the corresponding loads.

Mogrovejo Cabrera Néstor Esteban

Cullquicondor Cumbe Julio Cesar

Trabajo de graduación

Ing. Hernán Viferi Cerda

Abril del 2009

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO PARA ENDEREZAR COMPACTOS DE AUTOMOVILES

INTRODUCCIÓN

La carrocería de un automóvil es aquella parte del vehículo en la que reposan los pasajeros y la carga. En los vehículos autoportantes, además, la carrocería sujeta los elementos mecánicos del vehículo.

La deformación programada es una innovación de seguridad pasiva, cuando un vehículo sufre un accidente, la carrocería debe comportarse de acuerdo a lo planificado en el diseño para proteger a los ocupantes.

Previamente al enderezado, es conveniente haber realizado una planificación de estiraje. La dirección de las fuerzas para tensionar deben ser ejecutadas de forma inversa a como se ha producido la deformación en la estructura de la carrocería.

Antes de comenzar el proceso de enderezado, no se desmontará, ni cortará ningún elemento relacionado directamente con la deformación de la carrocería, y tampoco se aplicará calor para mantener las propiedades mecánicas del material.

Después de la reparación se debe realizar una comprobación de las medidas de la estructura.

Los equipos de enderezado de carrocerías, denominados bancadas, son equipos que se utilizan para la corrección de las deformaciones sufridas, tras un siniestro, por la estructura de la carrocería de un vehículo, y que permiten verificar las cotas originales y supervisar las holguras y separaciones de los paneles exteriores y realizar estirajes controlados para devolver a la carrocería sus dimensiones originales.

La bancada está compuesto por un bastidor o banco, sobre la que se fijan y se inmovilizan los vehículos a reparar, mediante unas mordazas de anclaje, unos accesorios de medición, verificación y control, y un elemento de empuje hidráulico.

En este banco estará montado un brazo hidráulico en forma de "L", el cual tendrá la facilidad de girar alrededor de la carrocería del vehículo permitiendo adecuarse en la posición necesaria para corregir la deformación de la carrocería.

El brazo en forma de "L" dispondrá de un cilindro hidráulico que se accionara manualmente, también poseerá una cadena de tiro para fijar a la parte dañada de la carrocería la misma que puede ser regulable su altura.

CAPITULO I

CARROCERIAS Y TÉCNICAS DE REPARACIÓN

Introducción.- En este capítulo se enfocará al conocimiento general de los tipos de carrocería, sus diferentes componentes y materiales de los que están constituidos, además se describe de las zonas críticas de la carrocería y se explica algunos métodos de reparación de los elementos dañados, también se detallan los equipos hidráulicos utilizados en el enderezado de compactos.

1.1 Carrocería¹.- Es el armazón del vehículo, formado por planchas metálicas unidas entre sí, cuyo interior se destina para los habitáculos de los pasajeros o mercancía.

Tipos de carrocería:

- Carrocería con chasis independiente.
- Carrocería con chasis plataforma.
- Carrocería autoportante o compacto.

- **Carrocería con chasis independiente.-** Es el sistema más antiguo de los utilizados en automóviles y el más sencillo, este tipo de carrocería se utilizó hasta la aparición del chasis autoportante o compacto en automóviles.

Consiste fundamentalmente en dos vigas de acero a lo largo del vehículo que van unidas por travesaños soldados de modo que adquiere buena rigidez, a todo este conjunto se le conoce como bastidor y es el que soporta todos los sistemas del vehículo como el motor, transmisión, suspensión y

De Castro, Vicente. (1988) *Carrocería y Pintura*. Pág. 18-19.

carrocería. En el gráfico (1.1) se indica un chasis independiente de un vehículo todo terreno.

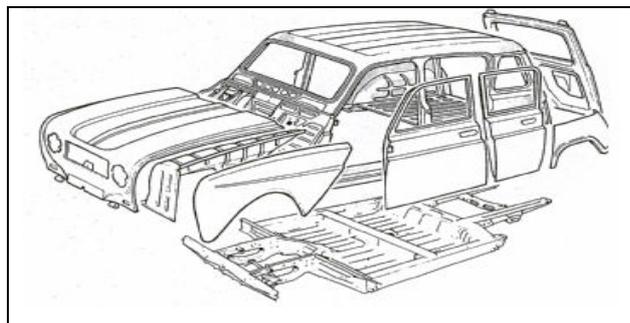
FIGURA 1.1 Chasis Independiente



Fuente: Manual Ford Focus, p.110

- **Carrocería con chasis plataforma.**- Es un chasis aligerado que lleva el piso unido por soldadura, este tipo de carrocería es utilizado en vehículos que van a soportar cargas o esfuerzos considerables por ejemplo: pequeñas furgonetas y en vehículos de turismo destinados a circular por caminos en mal estado. En el gráfico (1.2) se ilustra la plataforma siendo la parte principal de la carrocería.

FIGURA 1.2 Chasis Plataforma



Fuente: Castro Vicente, Carrocería y Pintura, p. 25

- **Carrocería autoportante o compacto.**- Es la carrocería adoptada por la mayoría de los automóviles actuales, está formado por un gran número de

piezas de chapas unidas entre sí mediante puntos de soldadura por resistencia eléctrica y al arco, como se muestra en el gráfico (1.3).

Una carrocería autoportante es aquella en la que forma parte de su estructura el bastidor y se caracterizan por ser las más ligeras, estables y flexibles.

FIGURA 1.3 Carrocería autoportante



Fuente: Internet www.steeluniversity.org/content/html

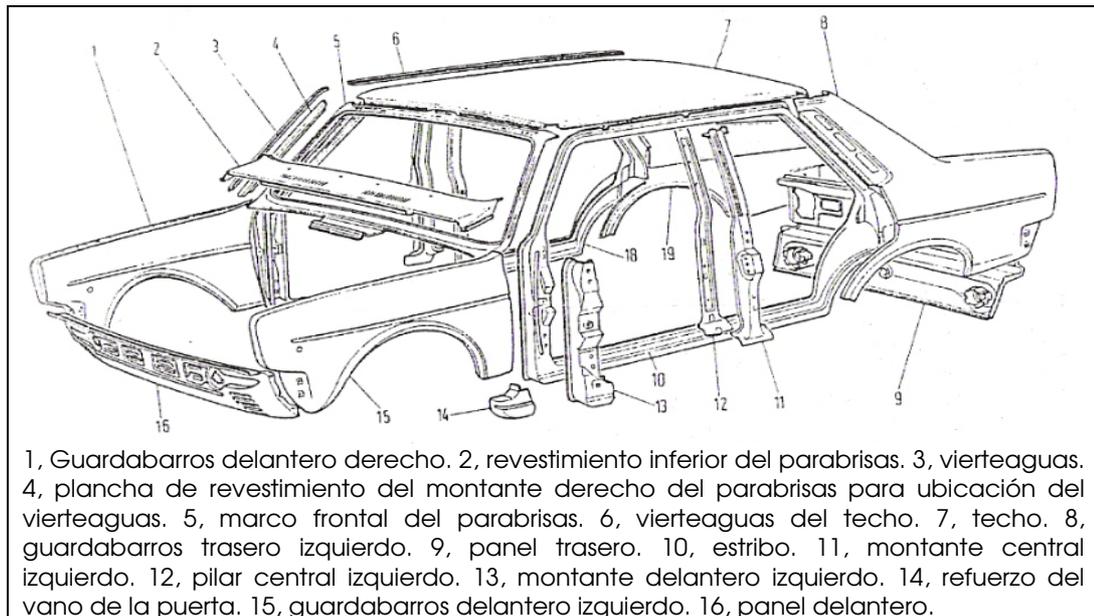
1.2 Componentes de la carrocería².- Es necesario tener claro la terminología de los elementos que componen la estructura de la carrocería y sus órganos anexos; para el estudio se divide en cuatro grupos:

- Paneles exteriores.
- Componentes del armazón central y posterior.
- Componentes del armazón anterior.
- Componentes del armazón del piso, tapas y puertas.

- **Paneles exteriores.**- Son las piezas que están a la vista y constituyen el revestimiento del vehículo, destacamos las principales en el gráfico (1.4).

² De Castro, Vicente. (1988) *Carrocería y Pintura*. Pág. 28-39.

FIGURA 1.4 Piezas que componen los paneles exteriores de una carrocería



Fuente: Castro Vicente, Carrocería y Pintura, p. 30

- **Guardabarros.**-Son piezas que cubren las ruedas para evitar salpicaduras durante su rotación y también para mejorar la aerodinámica de la carrocería.

- **Revestimiento Inferior del Parabrisas.**-Es conocida como rejilla del capo y su función es de dar rigidez a la parte baja del revestimiento frontal del parabrisas, además permite circular el aire de climatización del habitáculo.

- **Vierteaguas.**-Antiguamente las carrocerías disponían de estos canales para orientar el agua del techo y montante del parabrisas, actualmente su diseño es aerodinámico.

- **Marco frontal del parabrisas.**- Sirve como base para colocar el parabrisas va unido por soldadura al techo, a los montantes laterales y así como al revestimiento inferior del parabrisas.

- **Panel trasero.**- Es la parte posterior de la carrocería y une entre si los guardabarros.

- **Montantes.**- Son piezas de planchas verticales que se adosan a los pilares formando cuerpo con ellos también pueden ser portadoras de las bisagras de las puertas.

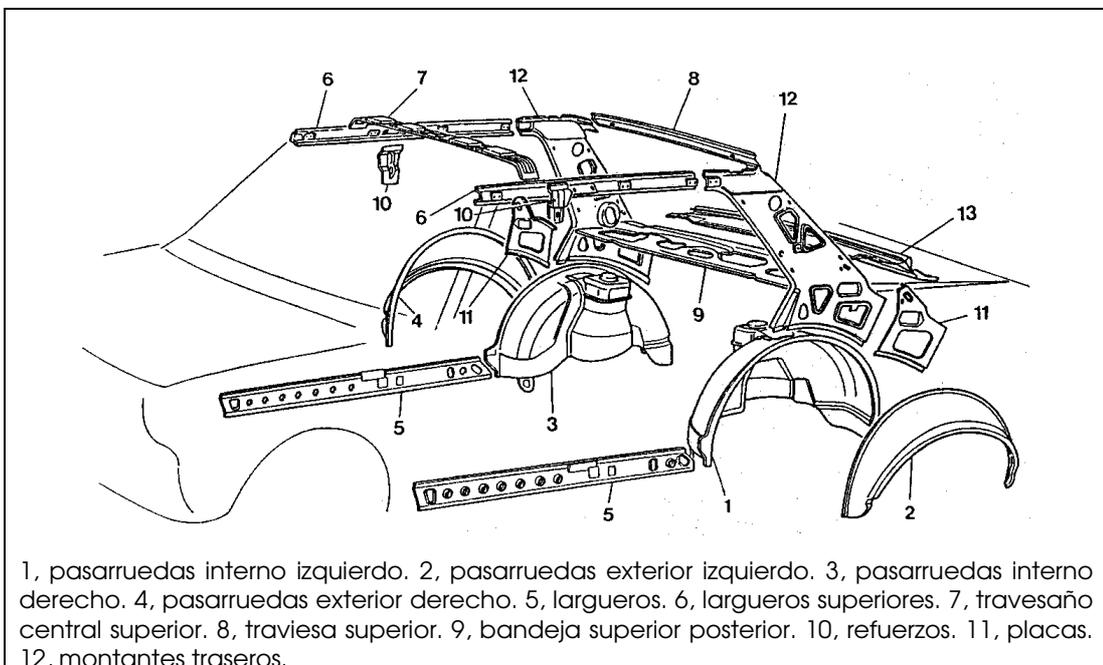
- **Pilares y cimbra.**- Es la parte más rígida de los montantes. Cuando el pilar central forma un arco que pasa por debajo del techo se llama cimbra y sirve para dar mayor protección en caso de vuelco.

- **Estribo.**- Es la pieza de la parte baja de caja que sirve de base de sujeción de los pilares. Generalmente este componente es reforzado.

- **Panel delantero.**- Se le conoce también como calandria y une el guardabarros delantero.

- **Componentes del armazón central y posterior.**- Son las piezas que ocupan la parte interna de la carrocería y se describen a continuación:

FIGURA 1.5 Componentes del armazón central y posterior



- **Pasarruedas.**- Son piezas robustas que albergan a las ruedas, en la posterior forman parte del apoyo de la suspensión del vehículo.

- **Largueros.**- Son piezas longitudinales que tienen forma de viga tubular de sección rectangular, forman la base del soporte lateral de carrocería.

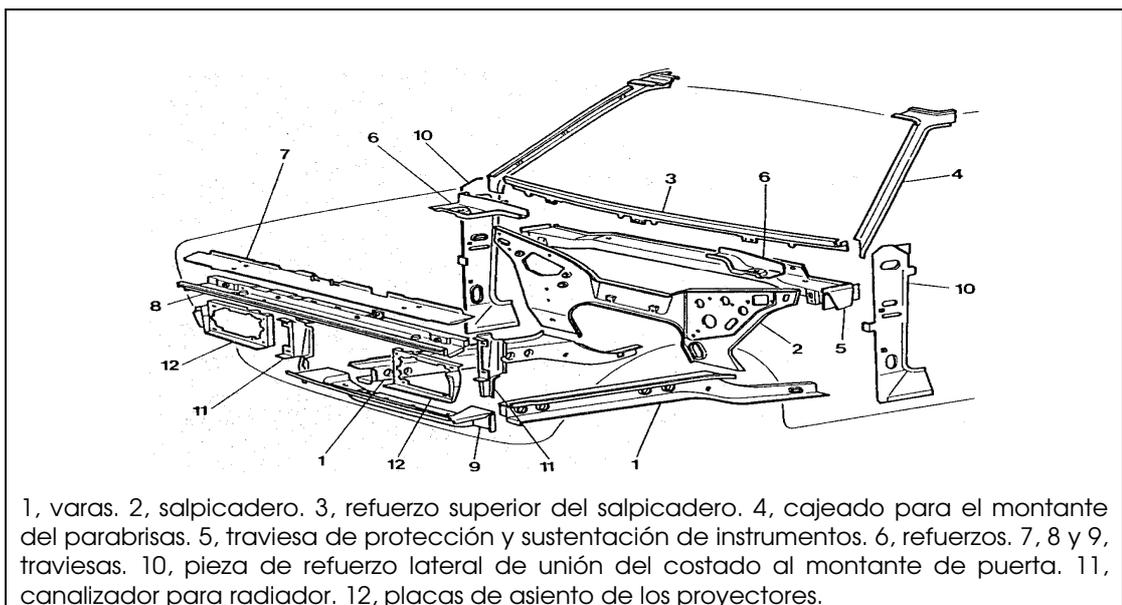
- **Travesaños.**- Reciben este nombre a todo tipo de viga de refuerzo que se ubiquen transversalmente.

- **Traviesas.**- Estos son los travesaños de menor largo o son de menor importancia.

- **Bandeja.**- Es de plancha aligerada que va montada transversalmente entre montantes traseros.

Componentes del armazón anterior.- Está previsto para la sustentación del motor siendo la masa más pesada de la carrocería y posee una serie de refuerzos

FIGURA 1.6 Componentes del armazón anterior de una carrocería



- **Varas.**- Se conoce como la prolongación extrema del larguero hacia la parte delantera de la carrocería, generalmente van soldadas al travesaño que une los extremos de los largueros principal.

- **Salpicadero.**- Este forma una separación entre el cofre donde se allá el motor y el habitáculo y cumple la misión de aislar olores y ruidos producidos por el motor cuando está en funcionamiento.

- **Piezas especiales.**-Generalmente son pieza de plancha que sirven de soporte de otros órganos por ejemplo: tipos de traviesas para la sustentación de capó delantero, los pasarruedas delanteros, soportes para la colocación del radiador etc...

Componentes del armazón.- Están conformado por los pisos, las puertas, capó, parachoques, parabrisas y la mascarilla.

1.3 Materiales de la carrocería³.- Para la utilización de los materiales de la carrocería de un coche, hay que seleccionarlos teniendo en cuenta factores tales como prestaciones, duración proceso de fabricación, disponibilidad de material, fiabilidad, etc., combinando todo ello en un mínimo costo y un peso adecuado.

Las exigencias varían según la función de dicho componente:

- Pieza estructural: Funcionalidad y seguridad.
- Pieza cosmética: No afecta demasiado la funcionalidad y seguridad.

- El Acero.- El material más utilizado en la fabricación de carrocerías es el acero, debido a sus características de dureza y resistencia. Sin embargo, dado que se oxida muy fácilmente, los fabricantes optan por el uso de chapas de acero con algún revestimiento, que impida que entre en contacto directo con el oxígeno y la humedad de la atmósfera denominados recubrimientos metálicos.

³ Barros, Mauricio. *Apuntes de vehículos utilitarios*. Pág. 1-17.

Generalmente los espesores de la chapa que se utilizan en la carrocería varían de 0,6 a 3 mm, en las partes principales se emplean chapas de 0,8 a 1 mm. En la tabla 1-1 se muestra las propiedades y espesores de la chapa de acero que se utilizan para la construcción de las carrocerías de automóviles.

Tabla 1-1. Propiedades de la chapa de acero utilizadas en la carrocería

Nombre abreviado del material	Grupos corrientes del material en mm.	Limite elástico (N/mm ²)	Limite de rotura (N/mm ²)	Alargamiento (%)	Propiedades . Ejemplos de utilización.
St 12	0,6 - 2,5	250	340	30	Para piezas de embutición fácil
St 13	0,6 - 2,5	225	320	35	Para piezas de embutición difícil
St 14	0,6 - 2,5	200	300	40	Para piezas de embutición muy difíciles (techo, puertas, guardabarros, etc)
ZE 260	0,75 - 2,0	260 - 340	370	28	Piezas portantes altamente solicitadas con una dificultad moderada de conformado.
ZE 340	0,75 - 2,0	340 - 420	420	24	Piezas portantes altamente solicitadas con una dificultad moderada de conformado.
AlMg 0,4 Si 1,2	0,8 - 2,5	140	250	28	Para piezas exteriores guardabarros delanteros, puertas, capó, portamaletas ,etc
AlMg4,5Mn0,3	0,5 - 3,5	130	270	28	Para refuerzo interior de tapas abatibles , para piezas que no estan a la vista.

Fuente: Apuntes de vehículos utilitarios

Los principales metales utilizados son el zinc (Zn) y el aluminio (Al). La aplicación de recubrimientos de zinc se puede llevar a cabo de forma aerográfica, por electrocincado y mediante galvanización en caliente.

La aplicación aerográfica es la más sencilla y económica, pero presenta dificultades a la hora de recubrir zonas con accesibilidad reducida. La galvanización en caliente consiste en sumergir la pieza de acero en un baño de zinc caliente, de forma que la superficie se recubra de una aleación de hierro y zinc de unas dos micras de espesor. Este proceso se utiliza exclusivamente en piezas estructurales y en partes no vistas de la carrocería.

- **El aluminio.**- Es el elemento más abundante en la naturaleza, después del oxígeno y del silicio. Es el segundo material más utilizado en la actualidad en el automóvil, le corresponde entre el 7 y el 11% del peso.

- **Polímeros.**- Con el nombre genérico de plásticos se suelen denominar todos aquellos compuestos de naturaleza orgánica que resultan fácilmente deformables cuando son sometidos a una presión o temperatura, aunque no en todos los casos se comportan así, pues, debido a la inclusión de una serie de aditivos y refuerzos, se pueden conseguir materiales muy duros y compactos.

A pesar de esto y, aunque hay carrocerías fabricadas enteramente de estos materiales, necesitan del apoyo del acero para conseguir la rigidez y seguridad necesarias en estas estructuras.

- **Fibra de vidrio.**- En algunos vehículos se utilizó este material para construir las carrocerías autoportantes por tener algunas ventajas como, ser resistente a la corrosión y muy ligeras, pero no ofrecen seguridad en el caso de una colisión. En la actualidad el uso de este material se limita para la elaboración de adornos, parachoques.

1.4 Innovación de seguridad.- Cada vez los fabricantes de vehículos se preocupan de la seguridad de los ocupantes y peatones. Por este motivo la estructura de los coches se diseña para que se deforme de tal forma que

proteja a los ocupantes del habitáculo, también los sistemas mecánicos se han mejorado notablemente para que se comporten de acuerdo a lo planificado.

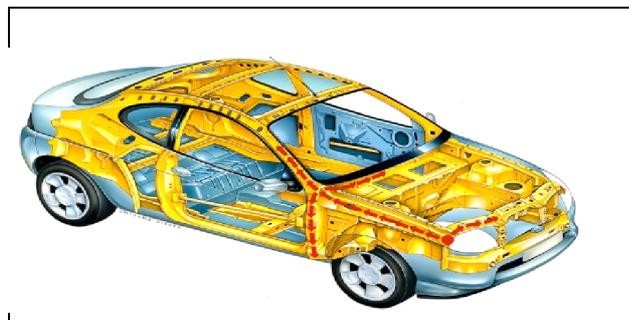
Los elementos destinados a disminuir el riesgo al conducir se dividen en dos: seguridad activa y seguridad pasiva, pero cualquiera de las dos resultan inoperantes si el conductor los emplea de manera inadecuada.

1.4.1 Seguridad activa.- La seguridad activa agrupa todos los elementos y sistemas tales como son: el chasis, los frenos, la dirección la suspensión, los sistemas de estabilidad, los neumáticos y el concepto de diseño que permiten mantener su estabilidad e integridad al momento de conducir el vehículo en condiciones de marcha.

1.4.2 Seguridad pasiva.- En caso de fallar la técnica del conductor o algún sistema activo de seguridad haciendo inevitable un accidente, los sistemas de seguridad pasiva entran en acción: las bolsas de aire, los cinturones de seguridad, los cristales y el chasis con la carrocería.

1.4.2.1 Chasis y carrocería.- En ambos componentes existen zonas de deformación pre diseñadas que absorben la energía en caso de un impacto y en caso de un choque frontal se acomoda el motor para que no se introduzca en el habitáculo, que funciona como una especie de jaula protectora para el conductor y pasajeros. Esto se conoce como deformación programada y se ilustra en el gráfico (1.7).

FIGURA 1.7 Deformación Programada



Fuente: Manual Ford Focus, p.111

1.5 Uniones de la carrocería.- El ensamblaje de las piezas que forman la carrocería se unen mediante soldadura por resistencia, por atornillado o remachado.

- **Unión por soldadura eléctrica por puntos.**- Es el procedimiento más utilizado y consiste en dos electrodos que aprisionan dos placas de chapa con espesor mínimo de 0,30mm y como máximo 3mm en ese momento circula corriente que al atravesar por las placas desarrolla una temperatura elevada produciendo fusión justo en el punto de contacto.

- **Unión por atornillado.**- Las piezas de la carrocería unidas por tornillo son aquellas que pueden ser desmontadas para facilitar su recambio o reparación, además estas no forman parte de la estructura principal la cual ha de soportar los esfuerzos mecánicos. Por ejemplo capó, guardabarros, puertas y otros órganos móviles de la carrocería.

- **Unión por remaches.**- Es un tipo de unión no desmontable muy utilizado en la fabricación de grandes carrocerías para autobuses y furgonetas. Tiene la ventaja de no deformar las piezas que se unen.

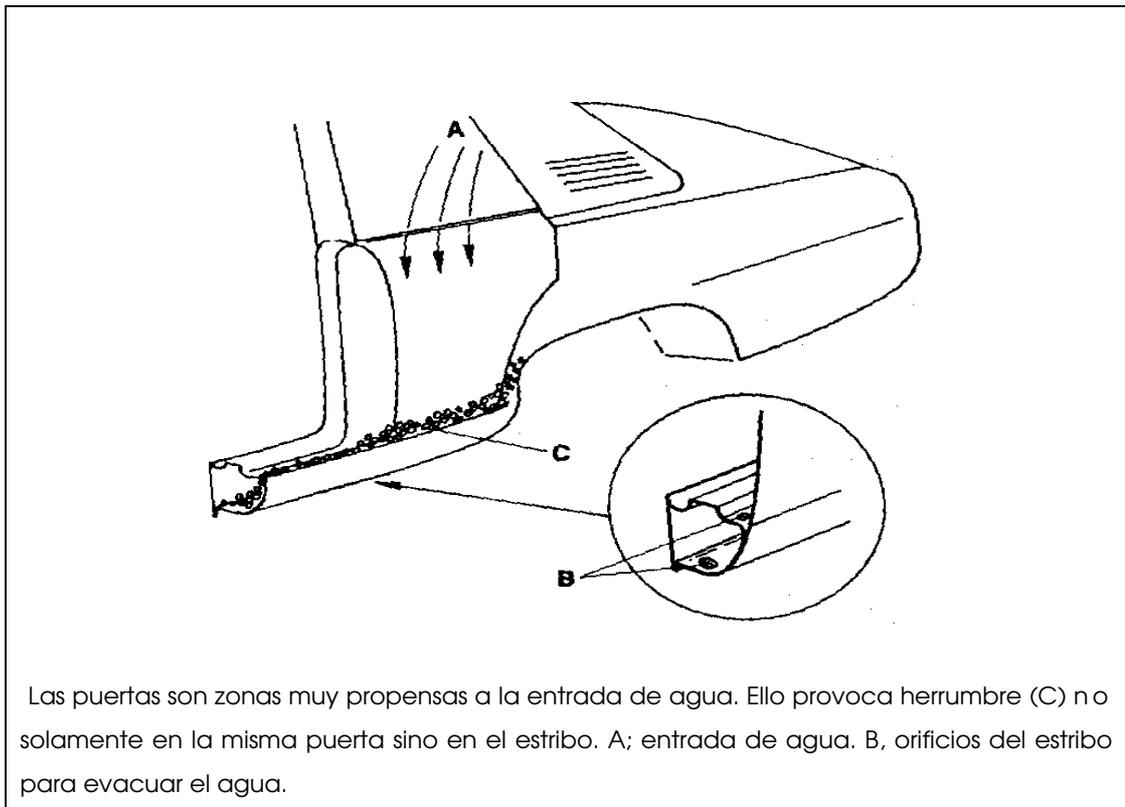
Generalmente su material es de aluminio, acero dulce, aleaciones ligeras, etc.

1.6 Zonas críticas.- Generalmente las carrocerías de automóviles existen zonas que son de difícil acceso a la limpieza que permiten acumular fácilmente el polvo de la calzada y mezclándose con el agua, formando una masa que acumula humedad consecuentemente dañando esa zona y al mismo tiempo debilitando la estructura.

En el caso de una colisión la carrocería no se deformará como estaba diseñada.

Como ejemplo podemos citar algunas zonas como: los interiores de las puertas, los estribos, los pasarruedas, los pisos etc., ver gráfico (1.8).

FIGURA 1.8 Corrosión de la carrocería



Fuente: Castro Vicente, Carrocería y Pintura, p. 35

1.7 Protección de la carrocería.-Cada vez se aplican nuevas medidas para combatir la corrosión, que se centra en aislar al acero de la acción del agua y el oxígeno con el uso de diferentes revestimientos los mismos que están destinados a prolongar la vida de la carrocería y mantener la seguridad al evitar la reducción del nivel inicial de resistencia del material.

- **Recubrimientos metálicos.**- Consiste en el empleo de paneles de acero recubiertos para evitar los problemas de la corrosión. Las piezas de la carrocería están recubiertas herméticamente con un metal de protección, normalmente cinc, que se aplica con el fin de lograr un doble objetivo:

- Formar una barrera aislante, que evite el contacto del acero con los elementos atmosféricos.

- Es la de actuar como protección catódica, de manera que si el metal quedara al descubierto, el cinc se oxidaría en beneficio del mismo protegiendo sus propiedades mientras exista cinc en la zona dañada.

- **Galvanizado en caliente.**- Este proceso consiste en la inmersión del metal en un baño de cinc fundido. Sus características principales son:

- Capacidad de conformación y de soldadura media.
- Aptitud para sufrir los tratamientos para la base de la pintura.
- Buena adherencia de la pintura.

- **Electrocincado.**- En esta técnica se consigue la deposición del cinc sobre el metal a proteger mediante el paso de una corriente eléctrica.

Sus características principales son:

- Buena capacidad de conformación y soldadura.
- Buena calidad superficial.
- Buena aptitud para ser pintado.
- Posibilidad de aplicación en calidades especiales de aceros.

- **Recubrimientos no metálicos.**- Las tecnologías modernas involucran la utilización de materiales de protección que garanticen un alto nivel de protección ante cualquier condición.

- **Revestimientos de bajos.**- Las partes bajas del vehículo están expuestas a la corrosión por efecto del ataque abrasivo, debido a la proyección de piedras y gravilla a que se ven sometidos.

Para esto se protege con revestimientos tanto en las zonas vistas como en las ocultas, aplicando productos protectores a base de breas, caucho o PVC.

1.8 Técnicas de reparación⁴.-Es esencial conocer estas técnicas para llevar a cabo el trabajo en el taller de reparación de las carrocerías. Cuando un vehículo que ha sufrido un accidente se debe examinar la gravedad del daño y hacer las verificaciones correspondientes con ayuda de instrumentos de medición; en la gran mayoría ocurren golpes pequeños que

⁴ De Castro, Vicente. (1988) *Carrocería y Pintura*. Pág. 169-213.

no influyen en la estructura del automóvil y en otras ocasiones se ve afectada la estructura principal de ello dependerá la selección de la técnica para reparar la parte afectada.

Estas técnicas se pueden clasificar en:

- Separación de planchas.
- Reparación de planchas.
- Presentación y montajes de piezas nuevas.
- Enderezado con herramientas hidráulicas.

- **Separación de planchas.**- Se distingue dos tipos de uniones de las planchas de las carrocerías de automóviles que son: por tornillo y soldadura.

Los elementos de unión por tornillo son las más sencillas de desmontar y generalmente no intervienen directamente en la estructura rígida del vehículo.

En caso de tener tornillos oxidados se debe proceder limpiando y poniendo lubricante para evitar su rotura.

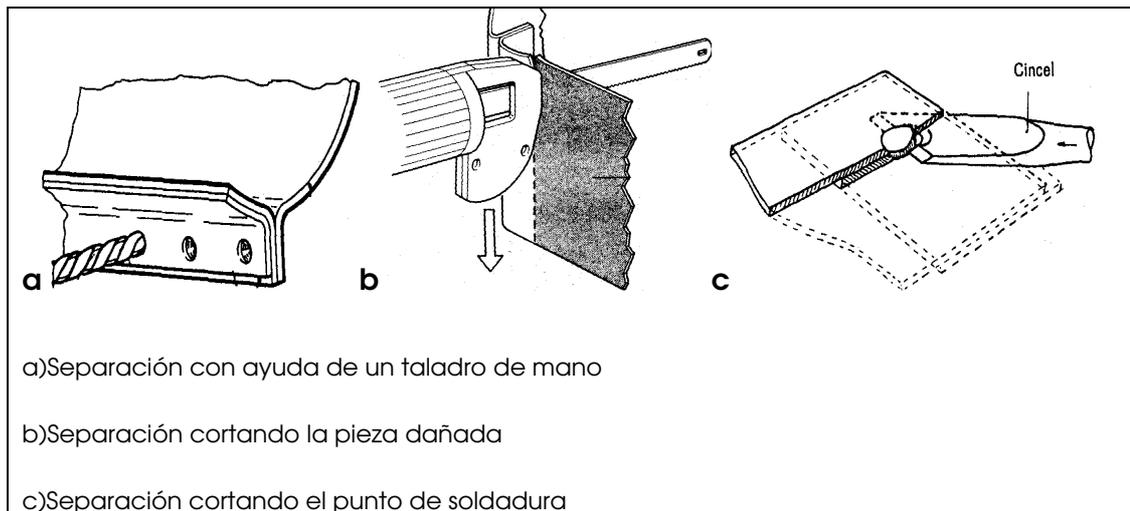
Las piezas unidas por soldadura eléctrica de puntos forman parte de la estructura rígida de la carrocería y son planchas difíciles de separar por que la unión es sólida, en circunstancias que los puntos de soldadura están cubiertas con masilla y pintura se debe retirar dicho material para facilitar la separación.

Existen tres procedimientos para separar planchas soldadas como se muestra en el gráfico (1.9), una de ellas es con la ayuda de un taladro de mano, es decir perforando la unión del punto de soldadura para separar la pieza en buen estado, es la forma correcta y sencilla.

La otra forma es cortando la pieza dañada con la utilización de un martillo neumático con punta de cincel o cierra neumática esta forma es la más rápida pero en ocasiones estas herramientas necesitan mucho espacio. La última forma de separación es cortando los puntos de soldadura con la

ayuda de un cincel montado en un martillo neumático pero resulta muy difícil introducir la herramienta entre los puntos de unión.

FIGURA 1.9 Separación de planchas



Fuente: Castro Vicente, Carrocería y Pintura, p. 178

- **Reparación de planchas.**- Cuando una pieza del vehículo sufre una abolladura, rascada o deformación y su reparación no tiene porque solucionarse con la sustitución de una pieza nueva, empleamos diversas técnicas:

- a) Desabollado
- b) Aplanado o alisado
- c) Chapeado o plaqueado
- d) Masillado

a) Desabollado.-La abolladura es una formación de un hundimiento en una o varias piezas de la carrocería a causa de una colisión; la superficie queda delimitada por un doble que recibe el nombre de cresta desde la cual se

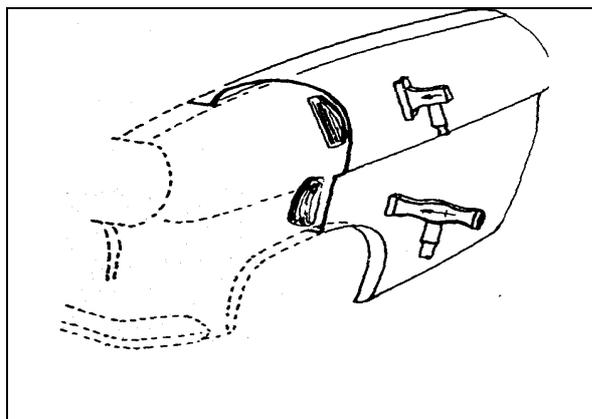
forman pliegues que ejercen resistencia e impiden que la plancha regrese a su forma original.

Cuando la abolladura es poco se procede a la recuperación de la pieza ejerciendo presión en el vértice de modo que se enderece de un golpe; pero en caso que la plancha ha sufrido abolladuras más graves se procede al desmontaje de la pieza.

La forma correcta de recuperar la forma de la pieza es utilizando las sufrideras y el martillo y golpeando en el límite de la zona no abollada dichos golpes se efectúan de la forma inversa de la cual provoco la deformación desde el vértice de la abolladura y martillando alrededor de la cresta.

b) Aplanado o alisado.- Es la operación por medio de la cual se consigue una superficie plana y lo más parecida a la forma original a través de la utilización del martillo de alisar y sufridera, teniendo en cuenta que los golpes no sean muy fuertes porque disminuye el espesor de la plancha provocando un alargamiento y en consecuencia resulta un abombamiento. (Ver figura 1.10)

FIGURA 1.10 Trabajo de aplanado o alisado



Fuente: Castro Vicente, Carrocería y Pintura, p. 189

c) Chapeado o plaqueado.-Esta técnica no es muy empleada en el medio y consiste en el montaje de una pieza nueva sobre la dañada ganando tiempo de reparación pero en un segundo daño se tiene que desmontar las dos piezas, suele utilizarse en piezas de planchas de un desmontaje complicado.

d) Masillado.- Esta técnica se aplica luego del enderezado de una pieza con el objetivo de cubrir pequeños bollos o ralladuras luego se procede al lijado para obtener la forma original y dejando lista para el acabado final.

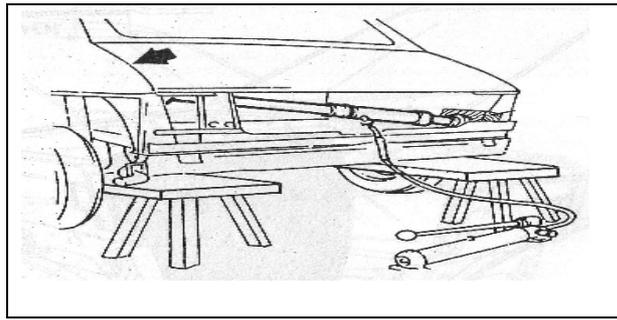
- **Presentación y montajes de piezas nuevas.**-Consiste en el reemplazo de piezas cuando resultan muy dañadas por una colisión, antes de proceder a soldar o colocar la pieza nueva se debe verificar el acoplamiento con las piezas vecinas en caso de no cuadrar se comprueba que la estructura base no presente deformación.

- **Enderezado con herramientas hidráulicas.**-Los expansores y escuadras hidráulicas son herramientas esenciales para corregir las deformaciones a causa de golpes graves en la estructura de la carrocería.

- **Expansores hidráulicos.**-Son capaces de proporcionar varias toneladas de forma progresiva dependiendo de la capacidad del mismo esta herramienta actúa de forma contraria a la colisión es importante identificar el punto donde se va apoyar el expansor en algunos casos se tiene que reforzar la base por medio de tacos de madera a fin que el esfuerzo se reparta por una mayor superficie de apoyo luego se localiza el punto contrario donde se colocara la cabeza del expansor.

A continuación se procede a bombear desde la palanca muy progresivamente teniendo en cuenta de no desoldar la pieza en cuestión. No se debe forzar la fuerza aplicada para evitar tenciones que pueda dañar la plancha y también conviene cambiar metódicamente la cabeza del expansor como se ilustra en el gráfico (1.11).

FIGURA 1.11. Uso de los Expansores hidráulicos

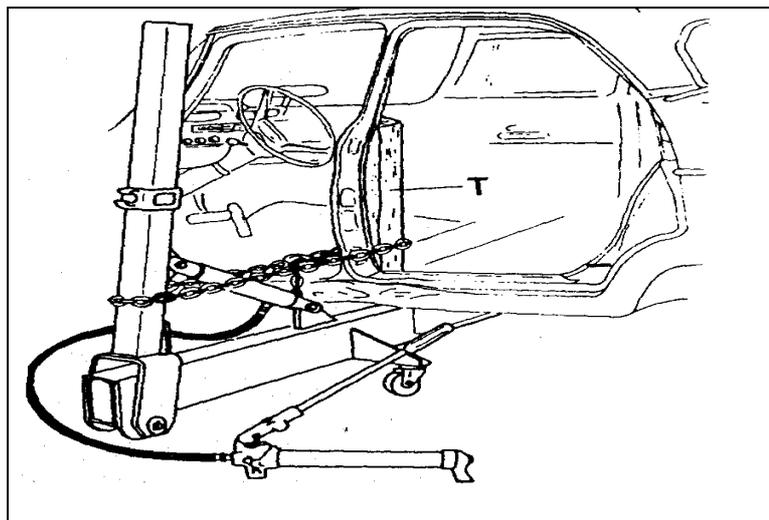


Fuente: Castro Vicente, Carrocería y Pintura, p. 209

-Escuadra hidráulica.- Esta herramienta se utiliza especialmente en deformaciones de la estructura principal de la carrocería.

Para su utilización se debe proceder al anclaje del brazo horizontal de la escuadra en una parte sólida de la carrocería luego se fija la cadena del brazo vertical en la parte dañada que se va a tensar quedando listo para comenzar a bombear progresivamente el elemento hidráulico, como se indica en el gráfico (1.12).

FIGURA 1.12 Uso de la Escuadra hidráulica



Fuente: Castro Vicente, Carrocería y Pintura, p. 213

-Banco de enderezado.- Los equipos de enderezado de carrocerías, denominados bancadas, son equipos que se utilizan para la corrección de

las deformaciones sufridas, tras un siniestro, por la estructura de la carrocería de un vehículo, y que permiten verificar las cotas originales y supervisar las holguras y separaciones de los paneles exteriores y realizar estirajes controlados para devolver la carrocería a sus dimensiones originales.

En la figura (1.13) se aprecia un modelo de banco para enderezar chasis y compactos de vehículos que se utilizan en la actualidad.

FIGURA 1.13. Banco de enderezado EZ liner



Fuente: Internet.www.EZ LINER\CHIEF AUTOMOTIVE, Innovative Equipment for the Collision Repair Industry.htm

Nuestro proyecto se enfoca a diseñar y construir un banco de enderezado de compactos con algunas características que describimos a continuación.

- Este banco consistirá en una base estática en la cual se fija la carrocería autoportante en la misma que va montado un brazo hidráulico en forma de "L", (ver figura 1.12) el cual tendrá la facilidad de girar alrededor de la carrocería del vehículo permitiendo adecuarse en la posición necesaria para corregir la deformación de la carrocería.

El brazo en forma de "L" dispondrá de un cilindro hidráulico que se acciona manualmente, también poseerá una cadena para fijar a la parte dañada de la carrocería la misma que puede ser regulable en su altura.

La base dispone de mordazas que permiten fijar la carrocería al banco y además de otros accesorios de fijación desmontables.

Para el ingreso del vehículo a la plataforma se dispondrá de un mecanismo hidráulico que permite bajar y subir un extremo del banco, Mientras el otro siempre estará apoyado en dos postes. El peso del vehículo que se pretende elevar es de 2500 Kg.

En la siguiente tabla se indica algunas características del banco.

Tabla 1.2 Características del banco

Cotas	Medidas
Longitud	4000 mm
Ancho	2100 mm
Altura	600 mm
Capacidad de elevación	2500 Kg
Capacidad del cilindro hidráulico	10 T

Fuente: Creación de los autores

CAPITULO II

DISEÑO DEL BANCO DE ENDEREZADO

Introducción.- En este capítulo se desarrollan todos los cálculos, análisis y dimensionado de los elementos para que el banco sea funcional, seguro, confiable y competitivo para su comercialización y fabricación.

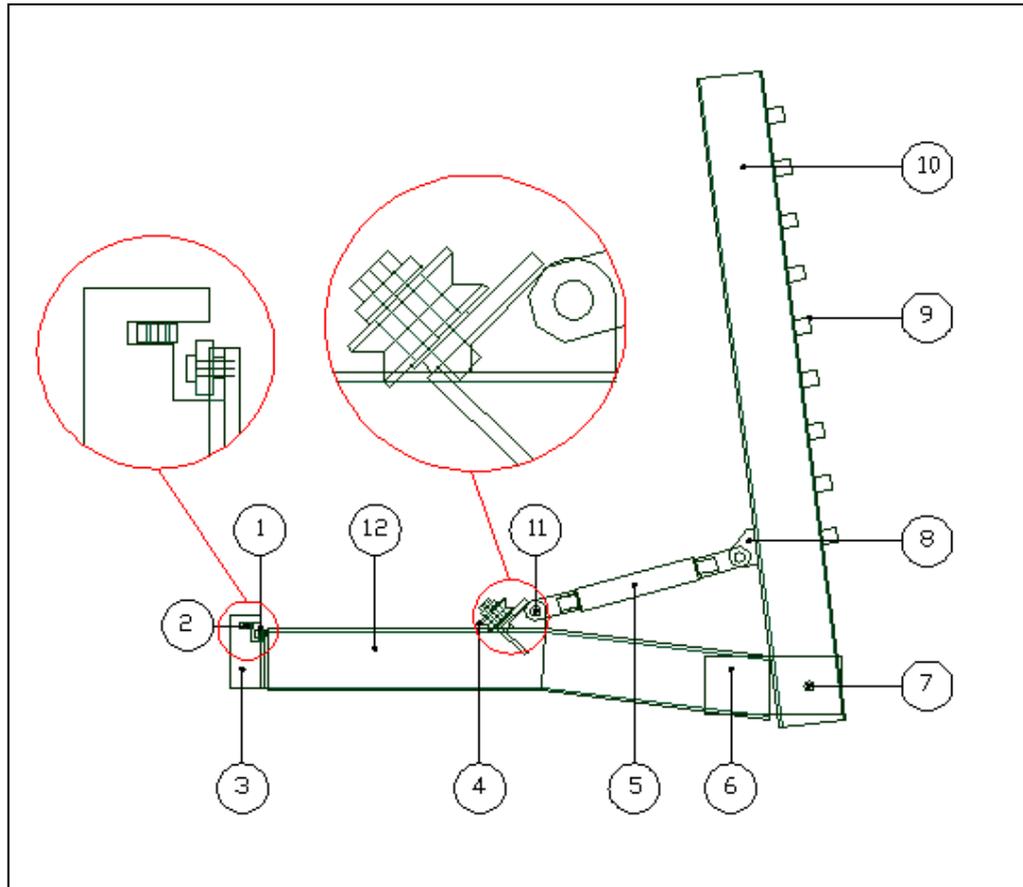
El diseño de cada elemento consiste principalmente en la selección del material adecuado para que soporte los diferentes esfuerzos mecánicos de flexión, cortante y fatiga.

También se analizan y diseñan los diferentes elementos como son: la bancada, la base, el brazo de tiro, los elementos de fijación y los accesorios de comprobación y medición.

En cada elemento se analizará tomando en cuenta un factor de seguridad para cada caso de acuerdo al servicio que desempeñara, de esta manera, podemos garantizar y dar mayor confianza en la utilización del banco.

2.1 Diseño del brazo de tiro en "L".- Este elemento tiene la misión de tensionar mediante una cadena que va fijada a la parte afectada del vehículo; además puede desplazarse alrededor del banco para facilitar el proceso de enderezado, el cual estará dotado de un cilindro hidráulico con capacidad de 10 toneladas con el que partiremos como dato para calcular los diferentes elementos mecánicos que componen el conjunto, los cuales se aprecian en la figura (2.1).

FIGURA 2.1 Brazo de tiro en "L"



Fuente: Creación de los autores

Tabla 2.1 Denominación de las partes del brazo de tiro

1	Rodillo	7	Pasador del brazo
2	Buje de acero	8	Soporte del cilindro hidráulico
3	Gancho	9	Guía de la cadena
4	Rueda	10	Torre del brazo
5	Cilindro hidráulico	11	Pasador del cilindro
6	Placa soporte	12	Base del brazo

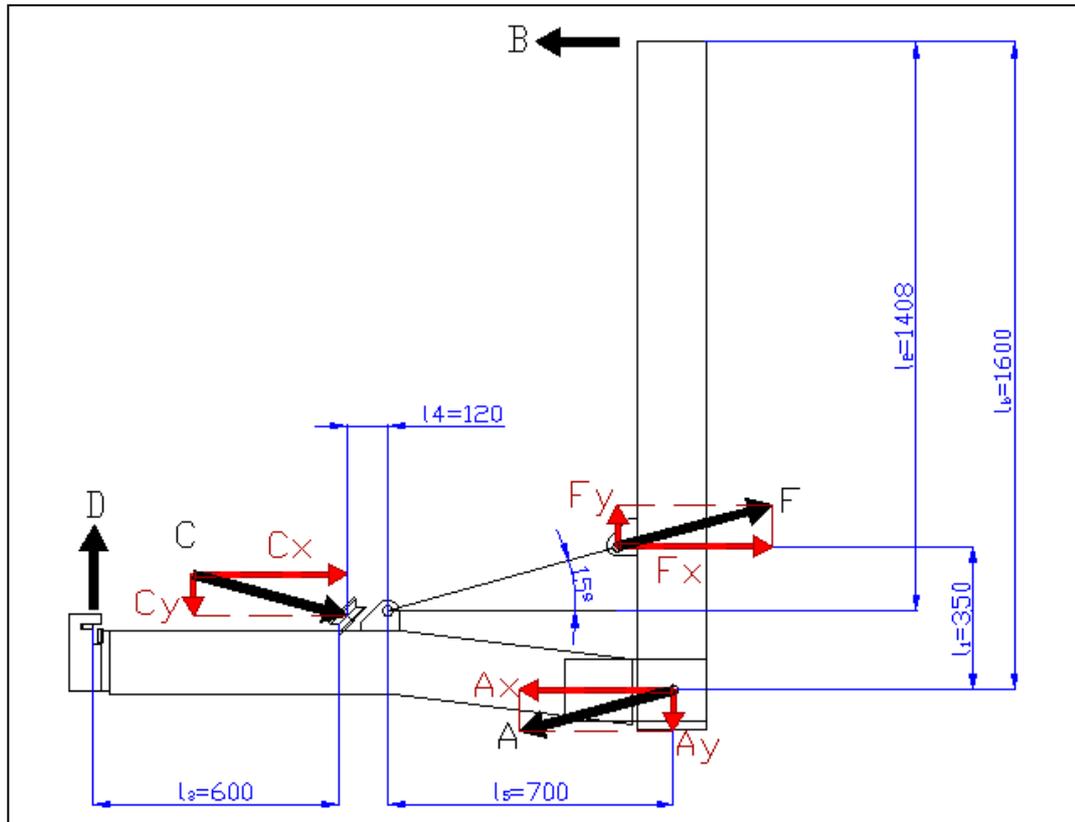
Fuente: Creación de los autores

2.1.1 Diseño de la torre del brazo.-Este elemento tiene que soportar cargas que generan esfuerzo flexionante y está sujeto a carga variable, para su construcción se empleara plancha de acero ASTM A36 cuya resistencia a

la fluencia (S_y) es 36Kpsi (ver anexo 2.1) con espesor de 6 mm, la sección será de forma cuadrada.

En la figura 2.2 se indica las fuerzas y distancias que actúan en el brazo de tiro.

FIGURA 2.2 Representación de fuerzas del brazo de tiro en "L"



Fuente: Creación de los autores

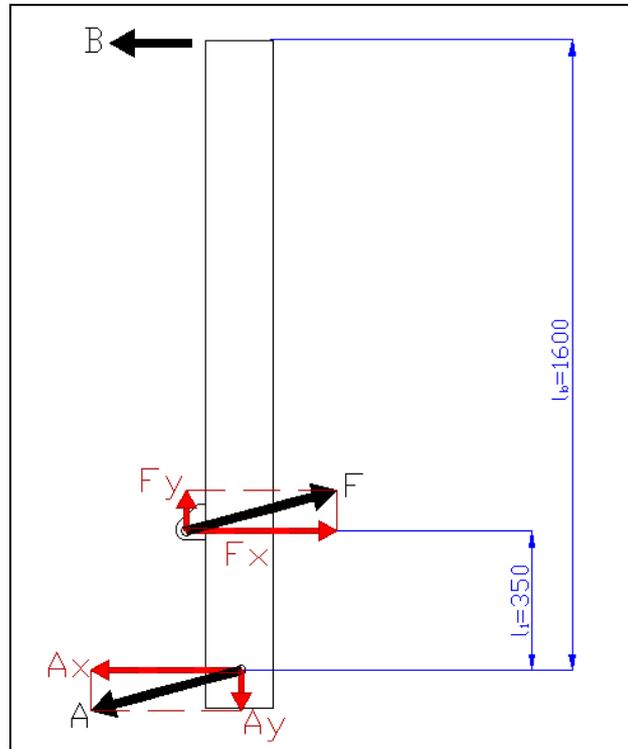
Tabla 2.2 Denominación de las fuerzas del gráfico 2.2

A	Reacción del pasador del brazo
B	Fuerza de tiro de la cadena
C	Reacción en la rueda
D	Reacción en el gancho
F	Fuerza del cilindro hidráulico (10 toneladas)

Fuente: Creación de los autores

Realizando un diagrama de cuerpo libre de la torre. (Ver figura 2.3)
 La capacidad del cilindro hidráulico (**F**) es de 10 Toneladas (98100 N).

FIGURA 2.3 Representación de fuerzas de la torre



Fuente: Creación de los autores

– **Cálculo de la fuerza de la cadena (B).**

$$F_x = (F \cdot \cos 15^\circ) \tag{Ec. 2.1}$$

$$F_x = 94757.32 \text{ N}$$

$$\Sigma M \rightarrow_A = F_x \cdot l_1 - B \cdot l_b \tag{Ec.2.2}$$

$$\Sigma M \rightarrow_A = 94757.32 \text{ N} \cdot 350 \text{ mm} - B \cdot 1600 \text{ mm}$$

$$B = 20728.16 \text{ N}$$

El momento flexionante máximo se determina.

$$M = B * l_b$$

$$M = 20728.16N * 1.6m \quad (\text{Ec. 2.5})$$

$$M = 33165.05Nm$$

Cálculo del esfuerzo flexionante (σ_f)

$$\sigma_f = \frac{M * C}{I_{XT}}$$

$$\sigma_f = \frac{33165,05 * 0,08m}{1,46E - 5m^4} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

$$\sigma_f = 181.72MPa$$

Donde:

M= momento máximo

C= distancia del eje neutro a la fibra más lejana

I_{XT} = momento de inercia con respecto al eje neutro

El factor de seguridad está dado por (n)

$$n = \frac{S_y}{\sigma_f}$$

$$n = \frac{248,04MPa}{181.72MPa} \quad (\text{Ec. 2.7})$$

$$n = 1.36$$

Donde:

Resistencia a la fluencia. $S_y=36kpsi$ (248,04 MPa). (ver anexo 2.2 Tabla de factores de conversión.)

De acuerdo al factor de diseño y de seguridad "Para vigas maestras de soporte y sus conexiones para grúas viajeras operadas desde el piso $K=1.1$ "¹

2.1.2 Diseño del pasador de la torre.- El pasador soportará esfuerzos cortantes y de aplastamiento en la placa, por ello se ha seleccionado un eje de transmisión SAE 1040 cuyo límite elástico (**Sy**) es de 400MPa y la resistencia a la tracción (**Sut**) es 780MPa.²

Está representada en la figura 2.2 la fuerza (A) que actúa sobre el pasador.

¹Shigley, Joseph, Mischke, Charles. (2002) *Diseño en Ingeniería mecánica*. Tabla 1-3 Pág. 29.

²Ivan Bohman C.A, Catalogo de aceros especiales IBCA Pág. 20

Donde:

$$F_y = F \cdot \sin 15^\circ \quad (\text{Ec.2.8})$$

$$F_y = 98100 \text{ N} \cdot \sin 15^\circ$$

$$F_y = 25390,14 \text{ N}$$

Por lo tanto

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_y = A_y$$

$$A_y = 25390,14 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_x - B - A_x = 0$$

$$A_x = 94757,32 - 20728,18 \quad (\text{Ec.2.9})$$

$$A_x = 74029,16 \text{ N}$$

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

$$A = \sqrt{(74029,156)^2 + (25390,14)^2} \quad (\text{Ec.2.10})$$

$$A = 78262,21 \text{ N}$$

Cálculo a Esfuerzo Cortante (τ).- Para determinar la sección (S) del pasador nos imponemos un diámetro $D=25\text{mm}$ resultando $S=490\text{mm}^2$.

$$\tau = \frac{A}{2S}$$

$$\tau = \frac{78262,21 \text{ N}}{2(490,87 \text{ mm}^2)} \quad (\text{Ec. 2.11})$$

$$\tau = 79,71 \text{ MPa}$$

Donde:

A= Fuerza cortante

S= Área transversal

El esfuerzo permisible se da según." La norma ANSI – ASTM B483-78" ³ a cortante se define como:

$$\tau_{perm} = 0,4 * S_y \quad (\text{Ec. 2.12})$$

$$\tau_{perm} = 0,4 * 400MPa$$

$$\tau_{perm} = 160MPa$$

El factor de seguridad (n) se calcula como

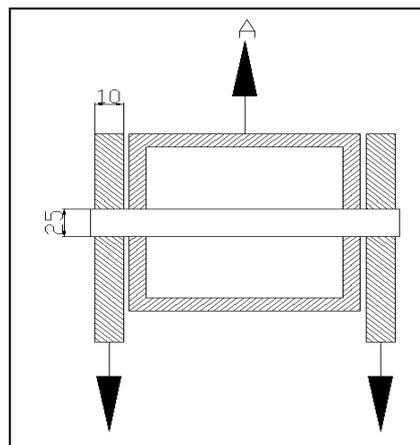
$$n = \frac{\tau_{perm}}{\tau}$$

$$n = \frac{160MPa}{79,71MPa} \quad (\text{Ec. 2.13})$$

$$n = 2$$

Cálculo del pasador de la torre por aplastamiento (σ_b)

FIGURA 2.5 Pasador de la torre



Fuente: Creación de los autores

El área de aplastamiento (A_b) se obtiene de la siguiente expresión.(ver fig. 2.5)

$$A_b = d * e$$

$$A_b = 25mm * 10mm$$

$$A_b = 250mm^2$$

(Ec. 2.14)

Donde:

d= diámetro del pasador.

e=espesor de las placas.

³Shigley. Joseph. Mischke. Charles. (2002) *Diseño en Ingeniería mecánica*. Ecuación 1-6 Pág. 28.

$$\sigma_b = \frac{A}{2 * A_b}$$

$$\sigma_b = \frac{78262,21N}{2(250mm^2)} \quad (\text{Ec. 2.15})$$

$$\sigma_b = 156,52MPa$$

Donde:

A=Fuerza cortante.

A_b= Área de aplastamiento

El esfuerzo permisible por aplastamiento en las placas del pasador se da por la norma antes mencionada de la citación bibliográfica (3).

$$\sigma_{per} = 0,9S_y$$

$$\sigma_{per} = 0,9 * 248,04MPa \quad (\text{Ec. 2.16})$$

$$\sigma_{per} = 223,23MPa$$

Donde el factor de seguridad (n) se da por

$$n = \frac{\sigma_{per}}{\sigma_b}$$

$$n = \frac{223,23MPa}{156,52MPa} \quad (\text{Ec. 2.17})$$

$$n = 1,42$$

Cálculo del pasador de la torre a fatiga (Se).- Estará siempre sometido a esfuerzos fluctuantes que varían desde cero cuando esta sin carga y hasta un máximo que es la capacidad del cilindro hidráulico. Las características del material empleado se encuentran en el anexo (2.1).

El cálculo del límite a fatiga se da a vida infinita.

$$S_e = S_e' * k_a * k_b * k_c * k_d * k_e \quad (\text{Ec. 2.18})$$

Donde:

S_e'= límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

K_a= factor de modificación de la condición superficial.

K_b= factor de modificación

K_c=factor de modificación de carga.

K_d=factor de modificación de la temperatura.

K_e=factor de modificación de efectos varios.

De acuerdo al anexo (2.3) se expresa la ecuación.

$$Se' = 0,504 * Sut$$

$$Se' = 0,504 * 780 \text{MPa} \quad (\text{Ec. 2.19})$$

$$Se' = 393,12 \text{ MPa}$$

Calculo del factor de superficie considerando que el acabado superficial es laminado en caliente (ver anexo 2.4).

$$Ka = a * sut^b$$

$$Ka = 56,1 * 780^{-0,719} \quad (\text{Ec. 2.20})$$

$$Ka = 0,467$$

Cálculo del factor de tamaño como el diámetro del eje es de 25,4mm cumple con la siguiente expresión ($2,79 \leq d \leq 51 \text{ mm}$) (ver anexo 2.5)

$$Kb = 1,24d^{-0,107}$$

$$Kb = 1,24(25,4)^{-0,107} \quad (\text{Ec. 2.21})$$

$$Kb = 0,87$$

Como el pasador se encuentra sometido a flexión se tiene

$$Kc = 1 \text{ (ver anexo 2.6)}$$

Como dicho elemento trabajara a temperatura ambiente se tiene

$$Kd = 1 \text{ (ver anexo 2.7)}$$

En este eje no tiene zonas de concentración de esfuerzos entonces

$$Ke = 1$$

Desarrollando (Ec.2.18)

$$Se = Se' * ka * kb * kc * kd * ke$$

$$Se = 393,12 \text{MPa} * 0,467 * 0,87 * 1 * 1 * 1$$

$$Se = 159,720 \text{ MPa}$$

Calculando el factor de seguridad (n).

Donde (τ) se obtiene de (Ec. 2.11)

$$n = \frac{Se}{\tau}$$

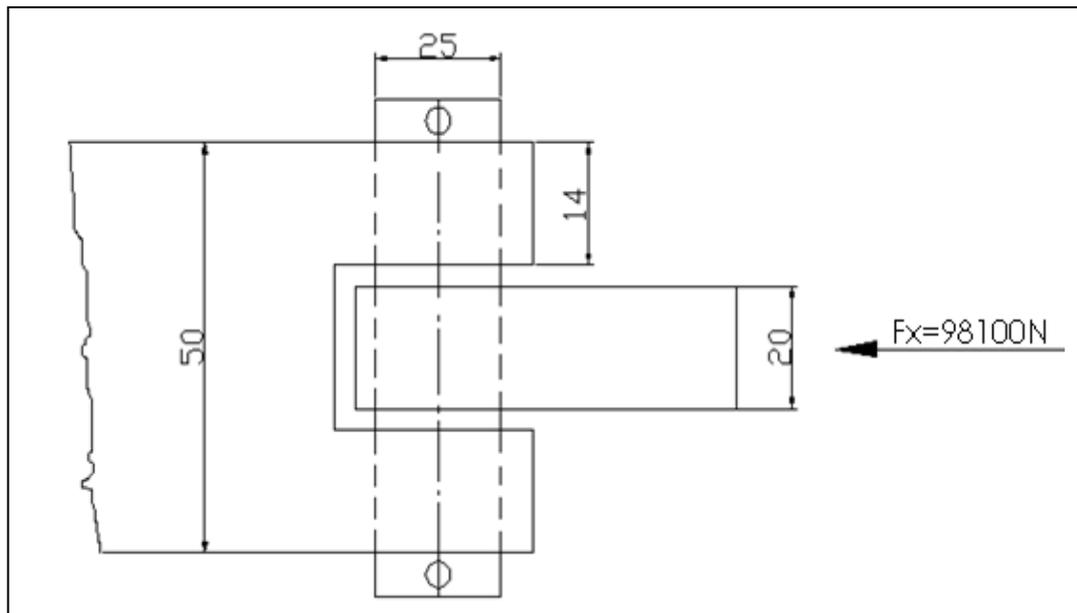
$$n = \frac{159,720MPa}{79,71MPa} \quad (\text{Ec. 2.22})$$

$$n = 2$$

2.1.3 Diseño del pasador del cilindro hidráulico.- este elemento está sometido a cortante doble por la fuerza que entrega el cilindro hidráulico como se muestra en la figura (2.6).

El pasador será de acero de transmisión SAE1040 con un diámetro de 25mm cuyas características del material se detallan en la cita bibliográfica "2".

FIGURA 2.6 Pasador del cilindro hidráulico



Fuente: Creación de los autores

Cálculo se la sección transversal (A_c).

$$A_c = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$A_c = \frac{\pi * 25^2}{4} \quad (\text{Ec. 2.23})$$

$$A_c = 490,87mm^2$$

Cálculo del esfuerzo cortante (τ)

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

$$\tau = \frac{98100N}{2(490,87mm^2)} \quad (\text{Ec. 2.24})$$

$$\tau = 99,92MPa$$

De la (Ec. 2.12) se tiene que:

$$\tau_{perm} = 160MPa$$

Sustituyendo en la (Ec. 2.13) se tiene

$$n = \frac{\tau_{perm}}{\tau}$$

$$n = \frac{160MPa}{99,92MPa}$$

$$n = 1,6$$

Cálculo de la placa soporte del cilindro hidráulico por aplastamiento (σ_b)

Aplicando la (Ec. 2.14) se obtiene el área de aplastamiento (A_b).

$$A_b = d * e$$

$$A_b = 25mm * 20mm$$

$$A_b = 500mm^2$$

Aplicando la ecuación del esfuerzo de contacto (σ_b) se tiene:

$$\sigma_b = \frac{F}{A_b}$$

$$\sigma_b = \frac{98100N}{500mm^2} \quad (\text{Ec. 2.25})$$

$$\sigma_b = 196,2MPa$$

De la (Ec. 2.16) se tiene que:

$$\sigma_{per} = 223,23MPa$$

Sustituyendo en la (Ec. 2.17) se obtiene el factor de seguridad (n) cuyo valor es satisfactorio para el diseño.

$$n = 1.13$$

Diseño del pasador del cilindro hidráulico a fatiga (Se).- el material empleado es el mismo que del pasador de la torre, para este cálculo partimos de la (Ec. 2.18).

$$S_e = S_e' * k_a * k_b * k_c * k_d * k_e$$

Al tener las mismas características como el acabado superficial, diámetro, condición de carga y temperatura resulta.

$$S_e = 159.72 \text{ MPa}$$

Calculando el factor de seguridad (n) de la (Ec. 2.22).

Donde (τ) se obtiene de (Ec. 2.24)

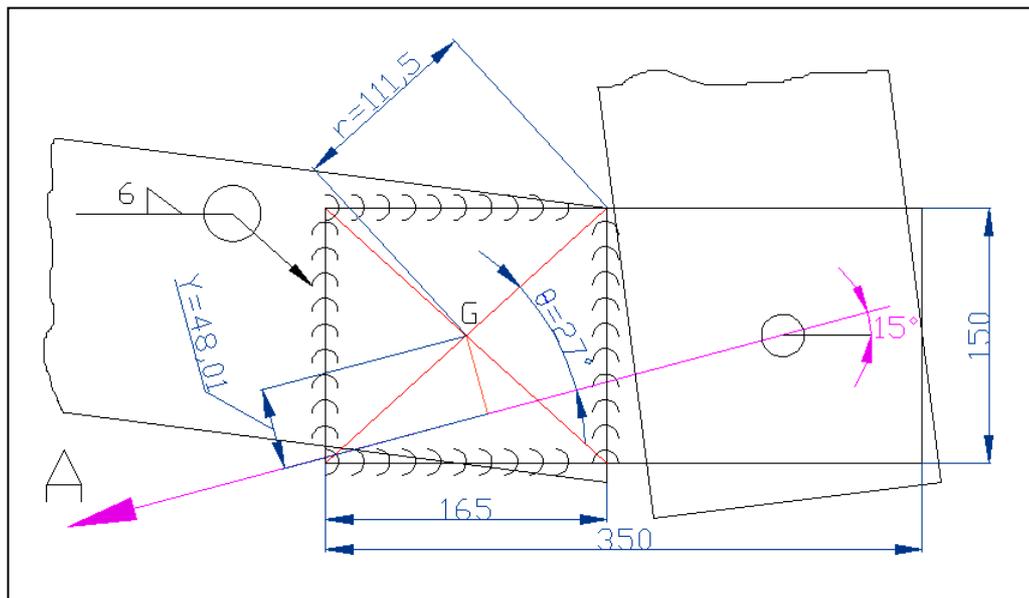
$$n = \frac{S_e}{\tau}$$

$$n = \frac{159,720 \text{ MPa}}{99,92 \text{ MPa}}$$

$$n = 1.5$$

2.1.4 Cálculo de soldadura de las placas soporte del brazo.- Las placas unen la base con la torre mediante un pasador y va soldado a la base del brazo; dicha placa es de acero ASTM A36 con espesor de 10mm cuyas características se muestran en el anexo (2.1). Las cotas y medidas se ilustran en la Fig. (2.7).

FIGURA 2.7 Soldadura en las placas soporte



Fuente: Creación de los autores

Se analiza la soldadura a torsión por que la fuerza (A) por la distancia (Y) genera un momento con respecto al centro de la placa.

En el anexo (2.8) se detalla las propiedades de la soldadura de filete para los cálculos que se desarrollan a continuación.

Cálculo del área de la garganta (A_g)

$$A_g = 1,414 * h * (b + d)$$

$$A_g = 1,414 * 6 * (165 + 150) \quad (\text{Ec. 2.26})$$

$$A_g = 2672,46 \text{mm}^2$$

Donde:

h = altura de la garganta.

b = ancho de la placa soldada.

d = alto de la placa soldada.

Cálculo del Segundo momento polar de inercia del área unitaria (J_u).

$$J_u = \frac{(b + d)^3}{6}$$

$$J_u = \frac{(165 + 150)^3}{6} \quad (\text{Ec. 2.27})$$

$$J_u = 5209312,5 \text{mm}^3$$

Entonces el esfuerzo cortante primario (τ') está dado por

$$\tau' = \frac{A}{2 \text{Placas} * A_g}$$

$$\tau' = \frac{78262,21 \text{N}}{2 * 2672,46 \text{mm}^2} \quad (\text{Ec. 2.28})$$

$$\tau' = 14,64 \text{MPa}$$

Donde el Segundo momento polar de inercia (J) se expresa como sigue

$$J = 0,707 * h * J_u$$

$$J = 0,707 * 6 * 5209312,5 \quad (\text{Ec. 2.29})$$

$$J = 22097903,63 \text{mm}^4$$

Cálculo del momento generado en la placa (M_p) por la fuerza (A).

Como son dos placas entonces ($A/2$).

$$M_p = A/2 * Y$$

$$M_p = 78262,21/2 * 48,01 \quad (\text{Ec. 2.30})$$

$$M_p = 1878684,35 \text{ Nmm}$$

Desarrollando la fórmula del esfuerzo cortante secundario (τ'') se tiene

$$\tau'' = \frac{M * r}{J}$$

$$\tau'' = \frac{1878684,35 * 111,5 \text{ mm}}{22097903,63 \text{ mm}^4} \quad (\text{Ec. 2.31})$$

$$\tau'' = 9,47 \text{ MPa}$$

Resolviendo las componentes del esfuerzo (τ_x, τ_y) tenemos

$$\tau_y = \tau' + \tau'' * \text{sen} \beta$$

$$\tau_y = 14,64 + 9,47 * \text{sen} 27^\circ \quad (\text{Ec. 2.32})$$

$$\tau_y = 18,93 \text{ MPa}$$

$$\tau_x = \tau'' * \text{cos} \beta \quad (\text{Ec. 2.33})$$

$$\tau_x = 9,47 * \text{cos} 27^\circ$$

$$\tau_x = 8,43 \text{ MPa}$$

El esfuerzo cortante (τ_T) total resulta

$$\tau_T = \sqrt{\tau_x^2 + \tau_y^2}$$

$$\tau_T = \sqrt{8,43^2 + 18,93^2} \quad (\text{Ec. 2.34})$$

$$\tau_T = 20,72 \text{ MPa}$$

El electrodo que se empleo es el E7018. Ver anexo (2.9).

Calculando la resistencia cortante (S_{sy}) se tiene

$$S_{sy} = 0,577 * S_y$$

$$S_{sy} = 0,577 * 393 \text{ MPa} \quad (\text{Ec. 2.35})$$

$$S_{sy} = 226,76 \text{ MPa}$$

Calculando el factor de seguridad (n) en la soldadura se obtiene

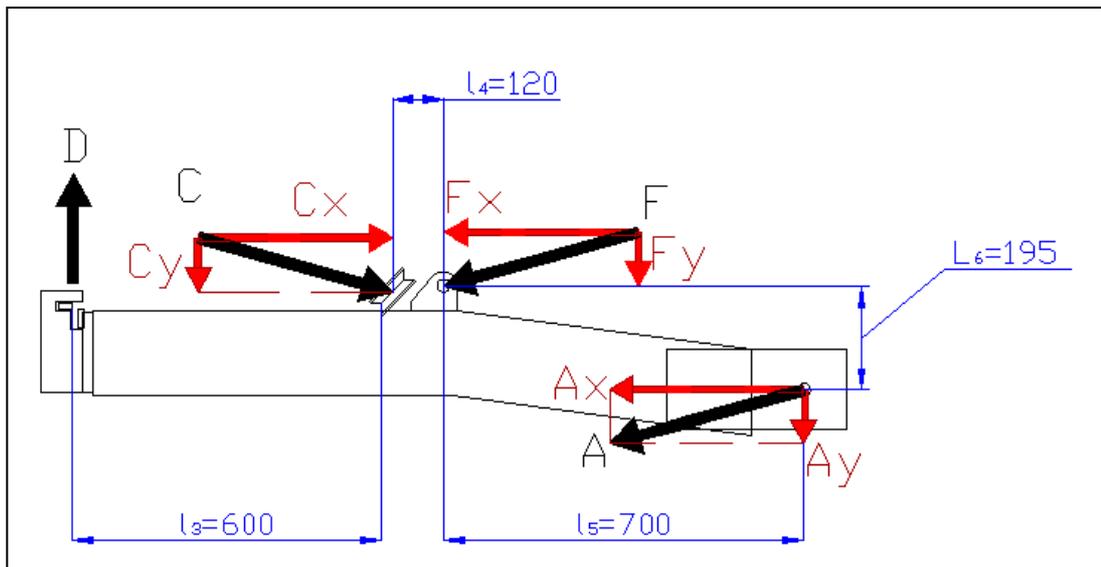
$$n = \frac{S_{sy}}{\tau_{\max}}$$

$$n = \frac{226,76MPa}{20,72MPa} \quad (\text{Ec. 2.36})$$

$$n = 10,94$$

2.1.5 Cálculo del gancho a tensión.- Este elemento se encuentra sometido a un esfuerzo de tensión por la fuerza (D) que se muestra en la fig. (2.8), el material empleado para la construcción es de acero ASTM A36 cuyas características se muestran en el anexo (2.1).

FIGURA 2.8 Fuerzas que actúan sobre el brazo de tiro



Fuente: Creación de los autores

Realizando sumatoria de momentos en (C) de acuerdo a la fig. (2.8)

$$\vec{\Sigma}M_c = 0$$

$$D * L_3 - F_y * L_4 - A_y * (L_4 + L_5) + A_x * L_6 = 0 \quad (\text{Ec. 2.37})$$

$$D * 600 - 25390,14 * 120 - 25390,14 * (820) - 74029,16 * 195 = 0$$

$$D = 63837,36N$$

Determinando C_y de acuerdo a la figura (2.8).

$$\sum f_y = 0$$

$$D - C_y - F_y - A_y = 0$$

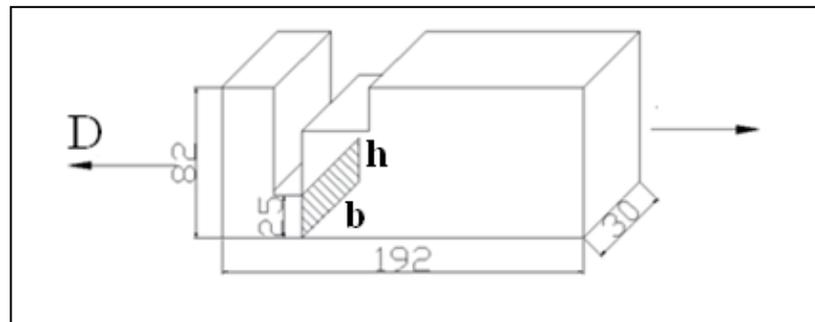
$$63837,36 - C_y - 25390,14 - 25390,14 = 0$$

(Ec. 2.38)

$$C_y = 13057,36N$$

Las dimensiones se detallan en la figura (2.9).

FIGURA 2.9 Gancho del brazo



Fuente: Creación de los autores

La sección del gancho (S_g) se expresa:

$$S_g = b \cdot h$$

$$S_g = 2,5\text{cm} \cdot 3,0\text{cm}$$

(Ec. 2.39)

$$S_g = 7,5\text{cm}^2 = 7,5E-4\text{m}^2$$

Donde:

b = base de la sección.

h = altura de la sección.

Aplicando la fórmula del esfuerzo a tensión (σ_t)

$$\sigma_t = \frac{D}{S_g}$$

$$\sigma_t = \frac{63837,63N}{7,5E-4\text{m}^2}$$

(Ec. 2.40)

$$\sigma_t = 85,11\text{MPa}$$

Donde el factor de seguridad (n)

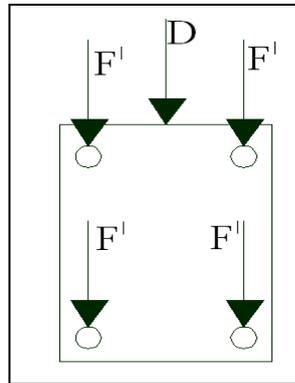
$$n = \frac{S_y}{\sigma_t}$$

$$n = \frac{248,04MPa}{85,11MPa} \quad (\text{Ec. 2.41})$$

$$n = 2,9$$

Cálculo de los pernos de la placa del gancho.- Este elemento se fija a la base del brazo como se ve en la (fig 2.10) mediante cuatro pernos M14 x 1.5 de grado 8.8 con una área transversal (A_t) 125mm² (ver anexo 2.10) y con resistencia mínima de fluencia (S_y) 660MPa (ver anexo 2.11).

FIGURA 2.10 Disposición de pernos del gancho



Fuente: Creación de los autores

Calculando a esfuerzo cortante (τ)

$$F' = \frac{D}{\#P}$$

$$F' = \frac{63837,63N}{4}$$

$$F' = 15959,4N \quad (\text{Ec. 2.42})$$

Donde:

F' = fuerza cortante primaria.

D = reacción en el gancho

#P = número de pernos

Remplazando los valores resulta

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{F'}{At} \\ \tau &= \frac{15959,4N}{125mm^2} \\ \tau &= 127,67MPa\end{aligned}\tag{Ec. 2.43}$$

Aplicando la (Ec. 2.12) se tiene

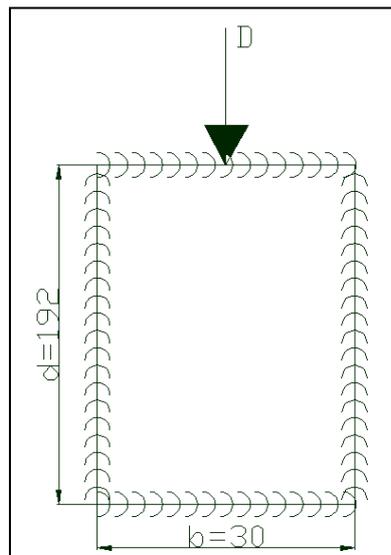
$$\tau_{perm} = 264MPa$$

En la fórmula del factor de seguridad (Ec. 2.13) resulta

$$n=2$$

2.1.6 Cálculo de la placa soporte a soldadura.- El electrodo que se emplee es el E7018 cuyas características se encuentran en el anexo (2.9), cuya garganta (h) es de 6mm, como se muestra en la figura (2.11).

FIGURA 2.11. Soldadura de la placa soporte



Fuente: Creación de los autores

Calculo del área de la garganta (A_g) de la (Ec. 2.26)

$$A_g = 1,414 * h * (b + d)$$

$$A_g = 1,414 * 6 * (30 + 192)$$

$$A_g = 1883,4 \text{ mm}^2$$

Esfuerzo cortante primario (τ')

$$\tau' = \frac{D}{A_g}$$

$$\tau' = \frac{63837,63 \text{ N}}{1883,44 \text{ mm}^2}$$

$$\tau' = 33,89 \text{ MPa}$$

(Ec. 2.44)

De la (Ec. 2.35) se obtiene

$$S_{sy} = 226,76 \text{ MPa.}$$

Aplicando la (Ec. 2.36) el factor de seguridad (n) resulta

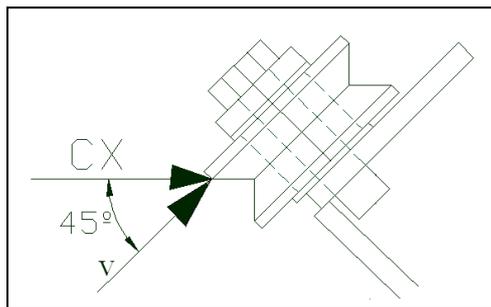
$$n = 6,69$$

2.1.7 Cálculo de los pernos de la rueda.- Este elemento fija y sirve como eje de las ruedas las mismas que están sometidas a un esfuerzo que se genera cuando el brazo de tiro entra en funcionamiento como se muestra en la (fig. 2.12).

Los pernos empleados son M 20 x1.5 de grado 8.8 con una área transversal (A_t) 272 mm^2 como se muestra en el anexo 2.10 y con resistencia mínima de fluencia (S_y) 660 MPa (ver anexo 2.11).

Para el cálculo consideramos la carga (V) aplicada en un solo perno como condición crítica.

FIGURA 2.12. Perno de la rueda



Fuente: Creación de los autores

Calculando la fuerza cortante en el perno (V).

Para el cálculo se considera el valor crítico $C_x = F_x$, que es el máximo que puede entregar el cilindro.

$$V = C_x * \cos 45^\circ$$

$$V = 94757.32N * \cos 45^\circ$$

$$V = 47378.66N$$

(Ec. 2.45)

Donde:

C_x = componente de la reacción de la rueda.

Remplazando los valores de (V) y con número de pernos igual a dos en la (Ec. 2.42) resulta

$$F' = 23689,33N$$

Aplicando la (Ec. 2.43) con ($A_t = 272\text{mm}^2$) y (F') resulta

$$\tau = 87,09\text{MPa}$$

Sustituyendo " S_y " en la (Ec. 2.12) se tiene

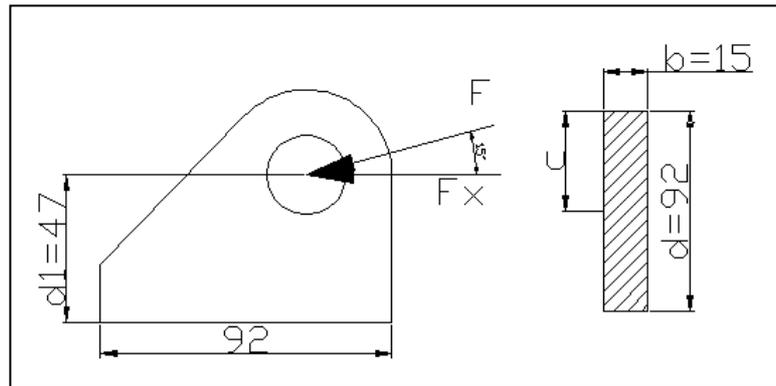
$$\tau_{\text{perm}} = 264\text{MPa}$$

En la fórmula del factor de seguridad (Ec. 2.13) resulta

$$n = 2,75$$

2.1.8 Cálculo de soldadura del soporte del cilindro hidráulico. El electrodo que se emplea es el E7018 cuyas características se encuentran en el anexo (2.9), cuya garganta (h) es de 6mm, como se muestra en la figura (2.13).

FIGURA 2.13 Soporte de cilindro hidráulico



Fuente: Creación de los autores

Calculo del área de la garganta (A_g) de la (Ec. 2.26)

$$A_g = 1,414 \cdot h \cdot (b + d)$$

$$A_g = 1,414 \cdot 6 \cdot (15 + 92)$$

$$A_g = 907,78 \text{ mm}^2$$

Esfuerzo cortante primario (τ')

Donde $F_x = 94757,32 \text{ N}$ de la (Ec. 2.1)

$$\tau' = \frac{F_x}{A_g}$$

$$\tau' = \frac{94757,32 \text{ N}}{907,78 \text{ mm}^2}$$

$$\tau' = 104,38 \text{ MPa}$$

(Ec. 2.46)

$$I_u = \frac{d^2}{6} (3b + d)$$

$$I_u = \frac{92^2}{6} (3 \cdot 15 + 92)$$

$$I_u = 193260,42 \text{ mm}^3$$

(Ec. 2.47)

Donde:

I_u = Segundo momento del área unitaria (ver anexo 2.12)

d = alto de la garganta

b= ancho de la garganta

Reemplazando (lu) en la siguiente ecuación de momento de inercia (I)

$$I = 0.707 * h * I_u \quad (\text{Ec. 2.48})$$

$$I = 0.707 * 6 * 193260.42 \text{mm}^3$$

$$I = 819810.7 \text{mm}^4$$

Entonces el momento (M) en la soldadura resulta

Donde (Fx) de la (Ec. 2.1)

$$M = Fx * d1$$

$$M = 94757.32 \text{N} * 47 \text{mm}$$

$$M = 4453594.04 \text{Nmm} \quad (\text{Ec.2.49})$$

Aplicando la (Ec.2.6) del esfuerzo flexionante

$$\sigma = \frac{M * c}{I}$$

$$\sigma = \frac{4453594.04 \text{Nmm} * 46 \text{mm}}{819810.7 \text{mm}^4}$$

$$\sigma = 249.89 \text{Mpa}$$

Aplicando círculos de Mohr se consigue el esfuerzo cortante máximo (τ_{\max}).

$$\tau_1, \tau_2 = \pm \sqrt{\left(\left[\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right]^2 + \tau_{xy}^2 \right)}$$

$$\tau_1, \tau_2 = \pm \sqrt{\left(\left[\frac{249.89 - 0}{2} \right]^2 + 104.38^2 \right)} \quad (\text{Ec. 2.50})$$

$$\tau_1, \tau_2 = \pm 162.8 \text{MPa}$$

De la (Ec. 2.35) se obtiene

$$S_{sy} = 226,76 \text{MPa}.$$

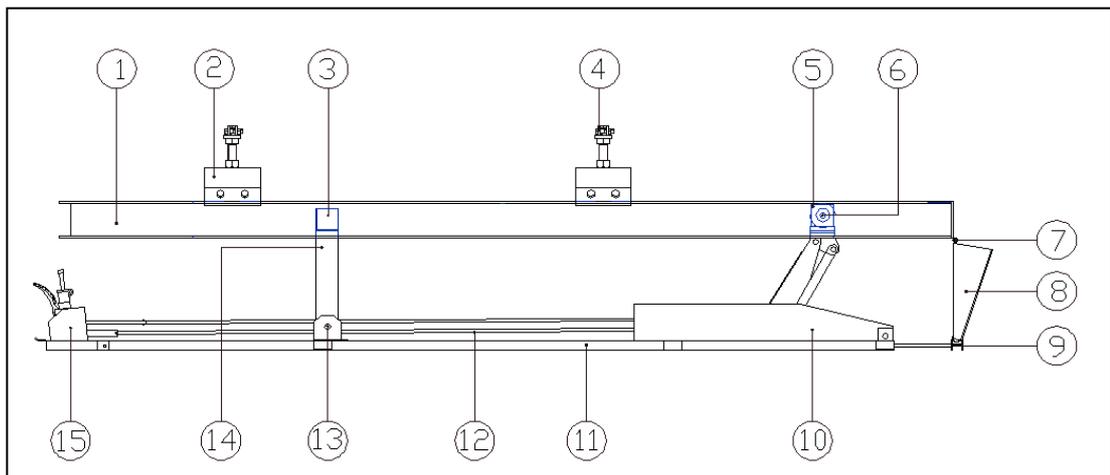
Aplicando la (Ec. 2.36) y reemplazando el valor de (τ_1, τ_2) en (τ_{\max}) el factor de seguridad (n) resulta

$$n = 1.39$$

2.2 Diseño de la bancada.- Es el componente principal que sirve de base para montar los elementos funcionales y tiene forma de plataforma con la característica de permitir el acceso del vehículo inclinando su parte posterior mediante un mecanismo hidráulico que se aprecia en la figura (2.14) Posee una rampa (8) que sirve para el ingreso del vehículo en el instante que esta bajada y también funciona como elemento de seguridad; además dispone de cuatro caballetes (2) con sus mordazas de fijación (4) que tiene la finalidad de sujetar y soportar el peso del vehículo; que se planteo como máximo de 2500 kg.

El material empleado para la construcción de la bancada es de plancha de acero ASTM A36, con un peso aproximado de 1000kg (9810N).

FIGURA 2.14 Bancada



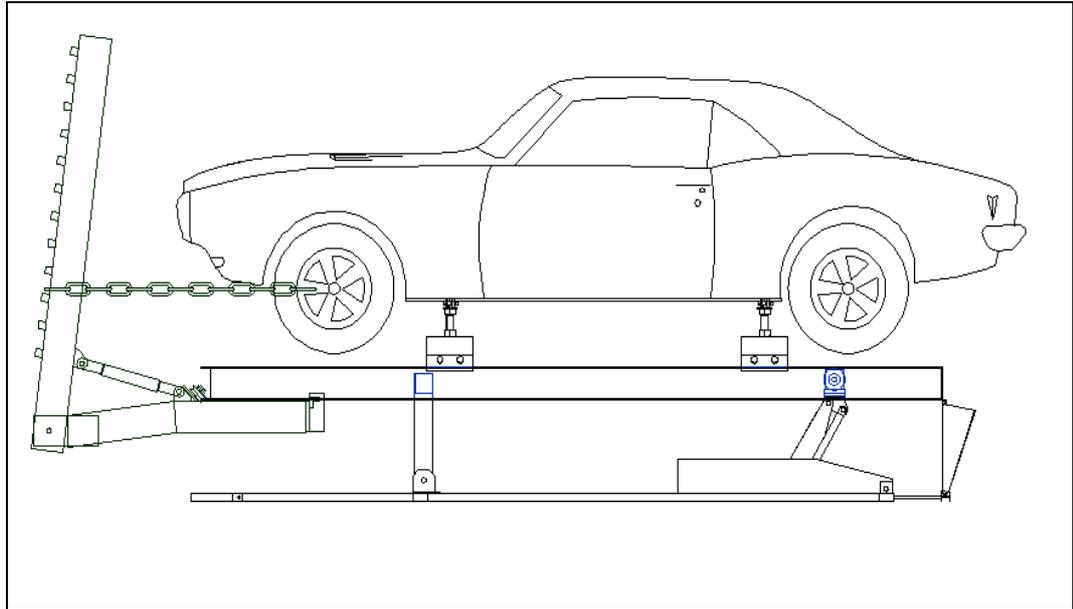
Fuente: Creación de los autores

Tabla 2.3 Denominación de las partes de la bancada

1	Plataforma	9	Perfil de seguridad
2	Caballete	10	Gato hidráulico
3	Travesaño principal	11	Base
4	Mordaza	12	Varilla de mando
5	Travesaño del gato hidráulico	13	Eje del poste soporte
6	Eje de la rueda	14	Poste soporte
7	Bisagra	15	Conjunto de mando
8	Rampa		

Fuente: Creación de los autores

FIGURA 2.15 Posición de trabajo del banco



Fuente: Creación de los autores

Diseño de la bancada a flexión (σ).- Para el cálculo consideramos la mitad de la plataforma (a lo largo) como una viga doblemente apoyada, y la carga que soportará será el peso del vehículo (P_v) repartida sobre dos apoyos o mordazas (Ver figura 2.15).

El peso del vehículo (P_v) es de 2500kg (24525 N).

Donde el peso en la mordaza ($F_{m1} = F_{m2}$).

$$F_{m1} = P_v / 4$$

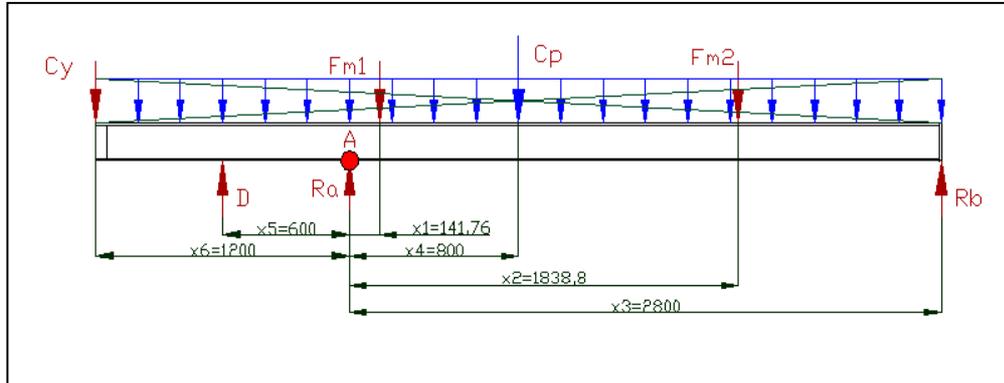
$$F_{m1} = 24525 \text{ N} / 4$$

$$F_{m1} = 6131.25 \text{ N}$$

(Ec. 2.51)

Cálculo de las reacciones.

FIGURA 2.16 Diagrama de cuerpo libre de la bancada



Fuente: Creación de los autores

El valor de la carga "Cp" es igual a la mitad del peso aproximado de la plataforma.

$$\vec{\Sigma}Ma = 0 \tag{Ec. 2.52}$$

$$D * (X5) - Cy * (X6) + Fm1 * (X1) + Cp * (X4) + Fm2 * (X2) - Rb * (X3) = 0$$

$$63837,36 * (600) - 13057,36 * (1200) + 6131,25 * (141,76) + 4905 * (800) +$$

$$6131,25 * (1838,8) - Rb * (2800) = 0$$

$$Rb = 13821,74N \tag{Rem}$$

plazando Rb en la sumatoria de fuerzas en el eje (y). (Ver figura 2.16).

$$\sum fy = 0$$

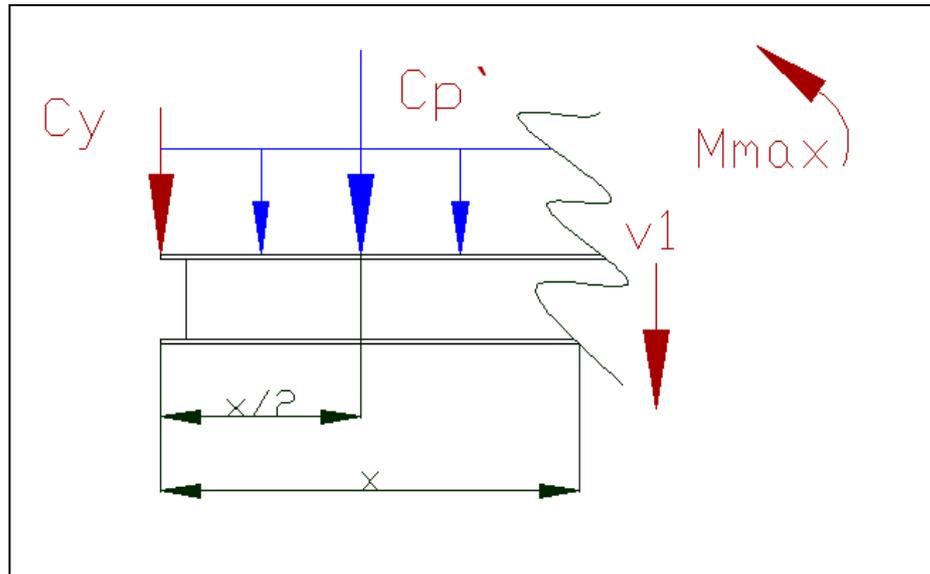
$$- Cy + D + Ra - Fm1 - Cp - Fm2 + Rb = 0 \tag{Ec. 2.53}$$

$$- 13057,36 + 63837,36 + Ra - 6131,25 - 4905 - 6131,25 + 13821,74$$

$$Ra = 47434,2N$$

En el tramo (Cy-D) de la figura (2.16) se produce un cruce por el eje del diagrama del esfuerzo cortante por ende en el punto "D" se da el momento máximo el cual determinamos de la siguiente manera.

FIGURA 2.17 Tramo (Cy-D)



Fuente: Creación de los autores

$$Cp' = \frac{Cp}{lp}$$

$$Cp' = \frac{4905N}{4m} \quad (\text{Ec. 2.54})$$

$$Cp' = 1226,25N/m$$

$$Mmax = Cy * x + Cp' * x/2 \quad (\text{Ec. 2.55})$$

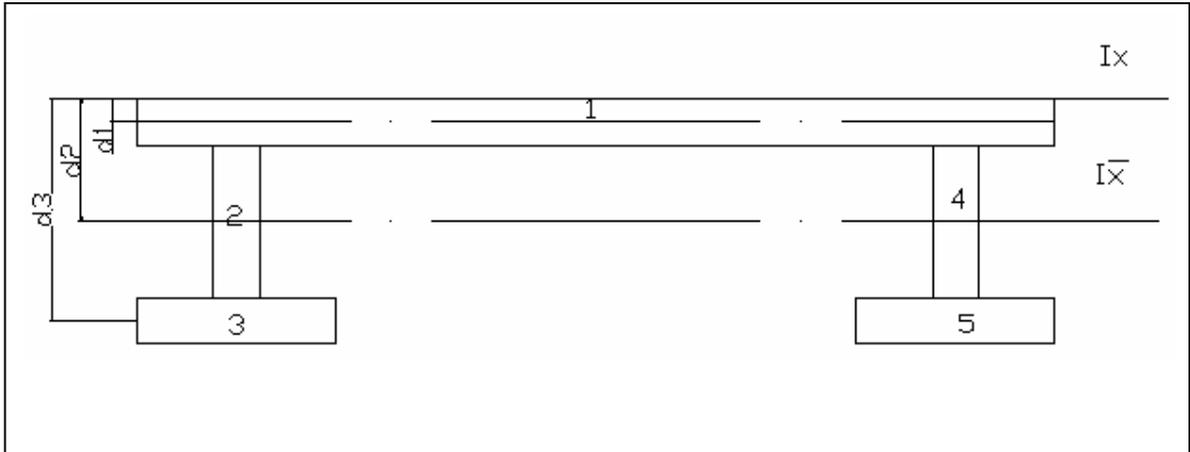
$$Mmax = 13057,36 * x + (1226,25 x^2)/2$$

Siendo $x=0,6m$ el momento máximo resulta.

$$Mmax = 8055,2Nm$$

Determinación del momento de inercia ($Ix1$) de la sección de la plataforma que se muestra en la figura (2.16).

FIGURA 2.18 Sección de la plataforma



Fuente: Creación de los autores

Procediendo se tiene:

$$\begin{aligned}
 A_T * d &= (a1 * d1) + 2(a2 * d2) + 2(a5 * d5) \\
 A_T * d &= (0,6 * 0,008 * 0,004) + 2(0,006 * 0,15 * 0,083) + 2(0,106 * 0,01 * 0,163) \\
 d &= \frac{5,14E-4}{A_T} \\
 d &= \frac{5,14E-4}{8,72E-3} \\
 d &= 0,0589m
 \end{aligned}
 \tag{Ec. 2.56}$$

Según el teorema de Steiner.

(Ec. 2.57)

$$\begin{aligned}
 \bar{I}_x &= I_x - A * d^2 \\
 I_x &= I_{x_1} + 2I_{x_2} + 2I_{x_3} \\
 I_x &= \frac{b_1 * h_1^3}{3} + 2 \left(\frac{b_2 * h_2^3}{12} + A_2 * d_2^2 \right) + 2 \left(\frac{b_3 * h_3^3}{12} + A_3 * d_3^2 \right) \\
 I_x &= \frac{600 * 8^3}{3} + 2 \left(\frac{8 * 150^3}{12} + 1200 * 79^2 \right) + 2 \left(\frac{108 * 10^3}{12} + 1080 * 163^2 \right) \\
 I_x &= 76987840mm^4 \\
 \bar{I}_x &= I_x - A * d^2 \\
 \bar{I}_x &= 7,69E-5 - (8,72E-3 * 0,0589^2) \\
 I_{x_T} &= 4,67E-5m^4
 \end{aligned}
 \tag{Ec. 2.58}$$

De la (Ec. 2.6) se tiene

$$\sigma_f = \frac{M * C}{I_{x_T}}$$

Siendo el alto de la viga 0,17 m y se tiene la distancia del eje neutro a la fibra más lejana (d) de 0,0589m por lo tanto C= 0.111m

De la (Ec. 2.55) se tiene Mmax.

$$\sigma_f = \frac{8055,2Nm * 0,111m}{4,67E - 5m^4}$$

$$\sigma_f = 22,3MPa$$

De la (Ec. 2.7) se tiene la fórmula del factor de seguridad (n)

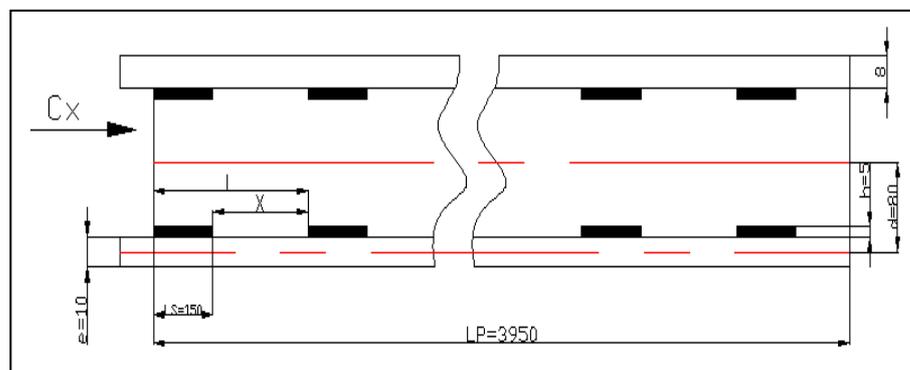
$$n = \frac{S_y}{\sigma_f}$$

$$n = \frac{248,04MPa}{22.3MPa}$$

$$n = 11$$

Cálculo de soldadura en la plataforma. Para encontrar la distancia entre cordones (x) ilustrada en la figura (2.19) consideramos la fuerza "Cx" distribuidas entre ocho filas de cordones a lo largo de la plataforma (Cx'), se aplicara electrodos E7018 cuyas características se encuentran en el anexo (2.9).

FIGURA 2.19 Soldadura en la plataforma



Fuente: Creación de los autores

Calculando el Momento Estático (Q) se procede

$$Q = A * d$$

$$Q = (Lp * e) * d$$

$$Q = (3950mm * 10mm) * 80$$

$$Q = 3160000mm^3$$

(Ec. 2.59)

Expresión del esfuerzo cortante unitario ($\tau_{unitario}$).

$$\tau_{unitario} = \frac{Cx' * Q}{Ix_T}$$

$$\tau_{unitario} = \frac{11844,66N * 3160000mm^3}{46700000mm^4}$$

(Ec. 2.60)

$$\tau_{unitario} = 801,48 \frac{N}{mm} * L$$

Encontrando el área del cordón de soldadura (A).

$$A = Ls * h$$

$$A = 150 * 5$$

$$A = 750mm^2$$

(Ec. 2.61)

Expresión del esfuerzo cortante admisible (τ_{adm}).

$$\tau_{adm} = \frac{V}{A}$$

$$240 \frac{N}{mm^2} = \frac{V}{750mm^2}$$

(Ec. 2.62)

$$V = 180000N$$

Igualando las ecuaciones (2.61) con (2.63) tenemos:

$$801,48 \frac{N}{mm} * L = 180000N$$

$$L = \frac{180000N}{801,48 \frac{N}{mm}}$$

(Ec. 2.63)

$$L = 224,58mm$$

Distancia entre cordones de soldadura (X)

$$X = L - L_s$$

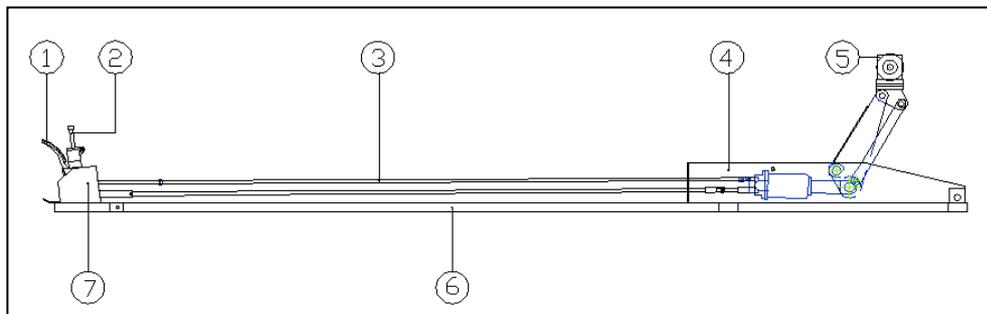
$$X = 224.58 - 150 \quad (\text{Ec. 2.64})$$

$$X = 74.58\text{mm}$$

2.3 Diseño del mecanismo de elevación.- Este conjunto consiste de un gato hidráulico (4) montado sobre una base (6) cuyo conjunto de mando (7) se encuentra alargado y conectadas mediante dos varillas (3) las mismas controlan la elevación del travesaño del gato hidráulico (5), como se muestra en la figura (2.20).

Para la selección del gato hidráulico (4) se considero el peso total del vehículo que se planteo al inicio del proyecto siendo de 2500 kg más un peso aproximado de la plataforma de 1000kg resultando aproximadamente 3.5 toneladas; por lo cual elegimos un gato hidráulico con capacidad de 5 toneladas.

FIGURA 2.20 Mecanismo de elevación



Fuente: Creación de los autores

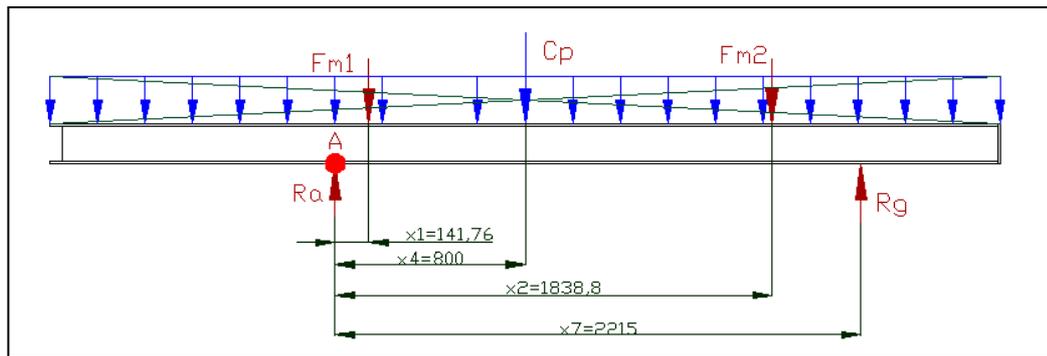
Tabla 2.4 Denominación de las partes del mecanismo de elevación

1	Pedal	5	Travesaño del gato hidráulico
2	Seguro	6	base
3	varillas	7	Conjunto de mando
4	Gato hidráulico		

Fuente: Creación de los autores

Cálculo del travesañ del gato hidráulico.- Este componente es de tubo cuadrado de acero (100 x 3) mm ASTM A36 cuya resistencia a la fluencia (Sy) es 36Kpsi (ver anexo 2.1), soportara carga en sus extremos con un apoyo en el centro generando esfuerzo flexionante como se muestra en la figura (2.21).

FIGURA 2.21 Reacción del gato hidráulico (Rg)



Fuente: Creación de los autores

Obtención de la reacción del gato hidráulico (Rg) según el grafico (2.21)

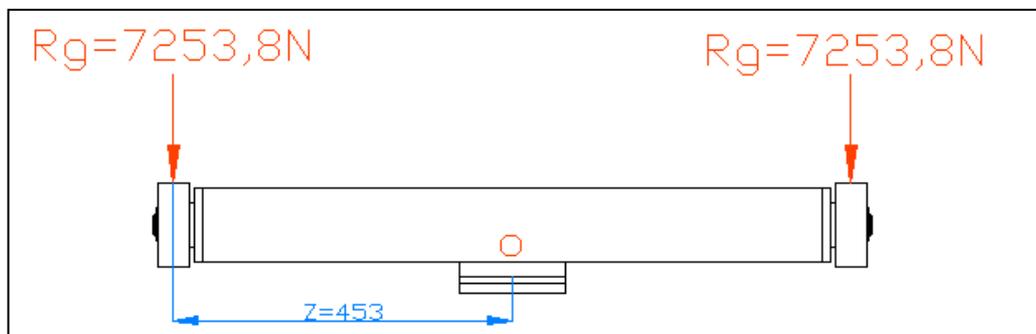
$$\sum \bar{M}_a = 0 \quad (\text{Ec. 2.65})$$

$$Fm1 * (x1) + Cp * (x7) + Fm2 * (x2) - Rg * (x4) = 0$$

$$6131,25 * (141,76) + 4905 * (800) + 6131,25 * (1838,8) - Rg * (2215) = 0$$

$$R_g = 7253,86N$$

FIGURA 2.22 Travesañ del gato hidráulico



Fuente: Creación de los autores

Calculando el momento flexionante del travesaño (M_t) de la figura (2.22).

$$M_t = R_g * z \quad (\text{Ec. 2.66})$$

$$M_t = 7253,86\text{N} * 453\text{mm}$$

$$M_t = 3285998,58 \text{ Nmm}$$

Entonces de la (Ec. 2.6) se tiene

$$\sigma_f = \frac{M * C}{I_{XT}}$$

$$\sigma_f = \frac{3285998,58\text{Nmm} * 50\text{mm}}{1769500\text{mm}^4}$$

$$\sigma_f = 92,85\text{MPa}$$

Donde $I_{xt} = 176,95 \text{ cm}^4$ (ver anexo 2.13) y $C = 50 \text{ mm}$

De la (Ec. 2.7) se tiene la fórmula del factor de seguridad (n)

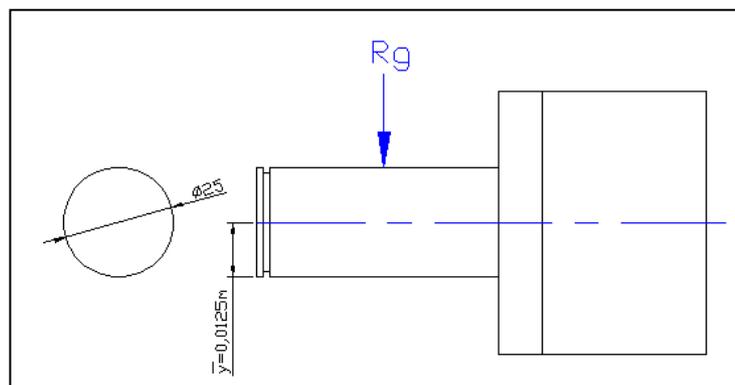
$$n = \frac{S_y}{\sigma_f}$$

$$n = \frac{248,04\text{MPa}}{92,85\text{MPa}}$$

$$n = 2,67$$

2.4 Cálculo del eje de la rueda. El material empleado es SAE 1040 cuyas características se encuentran en la citación bibliográfica "2".

FIGURA 2.23 Cotas del eje de rueda



Fuente: Creación de los autores

Área del círculo (A_c).

$$A_c = \Pi * r^2 \quad (\text{Ec. 2.67})$$

$$A_c = \Pi * 12,5^2$$

$$A_c = 490 \text{mm}^2$$

Calculando el esfuerzo cortante (τ)

$$\tau = \frac{4 * R_g}{3 * A_c}$$

$$\tau = \frac{4 * 7253,86}{3 * 490 \text{mm}^2} \quad (\text{Ec.68})$$

$$\tau = 19,7 \text{Mpa}$$

De la (Ec. 2.12) se tiene la condición de diseño a cortante.

$$\tau_{perm} = 0,4 * S_y$$

$$\tau_{perm} = 0,4 * 400 \text{MPa}$$

$$\tau_{perm} = 160 \text{MPa}$$

Aplicando la (Ec. 2.13) se tiene el factor de seguridad.

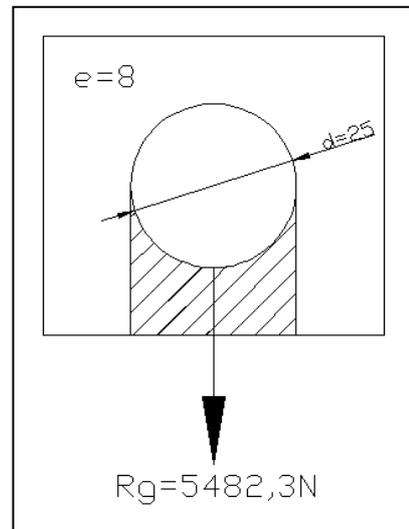
$$n = \frac{\tau_{perm}}{\tau_{\max}}$$

$$n = \frac{160 \text{MPa}}{19,7 \text{MPa}}$$

$$n = 8,1$$

Cálculo de la placa del eje de rueda.- la carga (R_g) provoca en la placa un esfuerzo de aplastamiento (σ_b) como se indica en la figura (2.24).

FIGURA 2.24 Placa soporte del eje de rueda



Fuente: Creación de los autores

Determinación del área de aplastamiento (A_b)

$$A_b = \frac{\pi * d}{2} * e$$

$$A_b = \frac{\pi * 25}{2} * 8$$

(Ec.2.69)

$$A_b = 314,15 \text{ mm}^2$$

Expresión del esfuerzo por aplastamiento (σ_b).

$$\sigma_b = \frac{R_g}{A_b}$$

$$\sigma_{apl} = \frac{7253,86}{314,15}$$

(Ec.2.70)

$$\sigma_{apl} = 23,09 \text{ Mpa}$$

El esfuerzo permisible por aplastamiento en las placas del eje de las ruedas se da por la (Ec. 2.16).

$$\sigma_{per} = 0,9S_y$$

$$\sigma_{per} = 0,9 * 248,04MPa$$

$$\sigma_{per} = 223,23MPa$$

Donde el factor de seguridad (n) se da por la (Ec. 2.17).

$$n = \frac{\sigma_{per}}{\sigma_b}$$

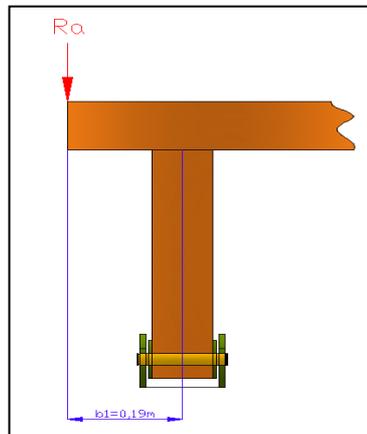
$$n = \frac{223,23MPa}{23,09MPa}$$

$$n = 9,6$$

2.5 Diseño del travesaño principal.- está constituido por un tubo cuadrado de 100mm por 3mm de espesor cuya longitud y cargas se encuentran en la figura (2.25).

La distancia entre apoyo y carga es igual en ambos extremos por lo cual consideramos la mitad para el cálculo.

FIGURA 2.25 Carga en el extremo del travesaño principal



Fuente: Creación de los autores

Cálculo del travesaño a flexión (σ_f).

Determinando el momento flexionante del travesaño (M_{FT}).

$$M_{FT} = R_a * b_1$$

$$M_{FT} = 47434,24N * 0,19m$$

$$M_{FT} = 4743,42Nm$$

(Ec.2.71)

Según la (Ec. 2.6) se tiene

El momento de inercia (I_{XT}) se encuentra en el anexo (2.13)

$$\sigma_f = \frac{M_{FT} * C}{I_{XT}}$$

$$\sigma_f = \frac{4743,42Nm * 0,05m}{1,76E - 6m^4}$$

$$\sigma_f = 134,75MPa$$

El factor de seguridad (n) está dada por la (Ec. 2.7).

Donde $S_y=36kpsi$ o $248,04 MPa$. (Ver anexo 2.2 Tabla de factores de conversion)

$$n = \frac{S_y}{\sigma_f}$$

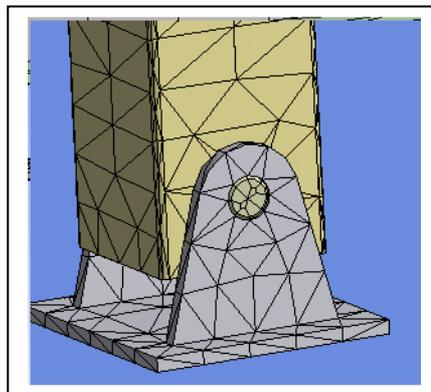
$$n = \frac{248,04MPa}{134,75MPa}$$

$$n = 1,84$$

Cálculo del eje del poste soporte.- Este elemento sirve como unión entre la base y el poste además permite el movimiento de la plataforma cuando se requiera como se ve en la figura (2.26).

El pasador será de acero de transmisión SAE1040 con un diámetro de 25mm cuyas características del material se detallan en la cita bibliográfica "2".

FIGURA 2.26 Eje del poste



Fuente: Creación de los autores

Para determinar la sección (S) del pasador tenemos un diámetro D=25mm resultando S=490mm².

De la (Ec. 2.11) tenemos

$$\tau = \frac{Ra}{2S}$$

$$\tau = \frac{47434,24N}{2(490,87mm^2)}$$

$$\tau = 48,3MPa$$

Según la (Ec. 2.12) tenemos el esfuerzo permisible (τ_{perm})

$$\tau_{perm} = 0,4 * S_y$$

$$\tau_{perm} = 0,4 * 400MPa \quad (n) \text{ se da por la (Ec. 2.13)}$$

$$\tau_{perm} = 160MPa$$

$$n = \frac{\tau_{perm}}{\tau}$$

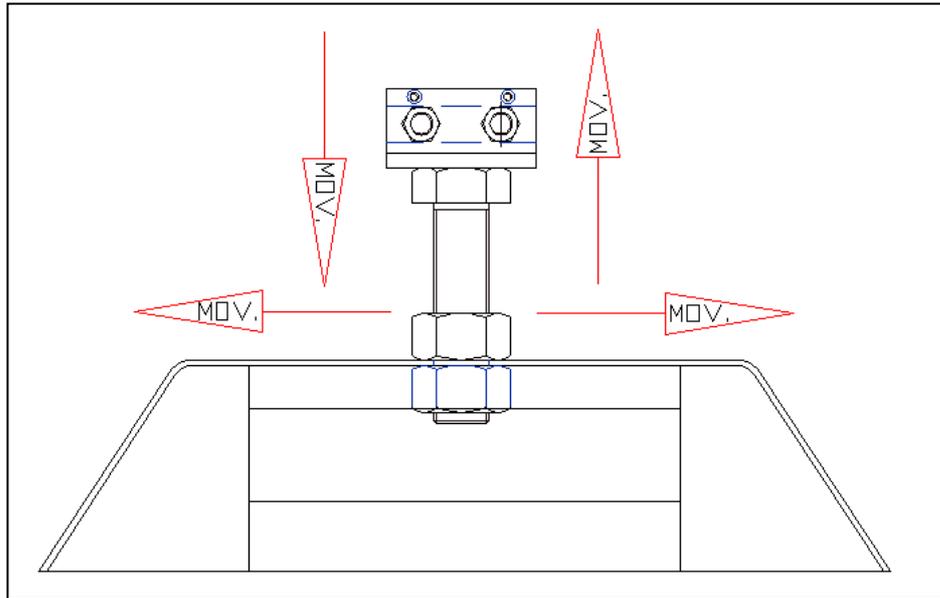
$$n = \frac{160MPa}{48,31MPa}$$

$$n = 3,3$$

2.6 Diseño de los conjuntos de fijación.- Estos elementos tienen la misión de sujetar la carrocería del vehículo a la bancada mediante unas mordazas y van dispuestas dos a cada lado; el material empleado para su construcción es plancha de acero ASTM A36 cuya resistencia a la fluencia (S_y) es 36Kpsi (ver anexo 2.1).

Cada conjunto dispone de un perno que sirve para regular la altura de la mordaza según la necesidad cuyos movimientos se muestra en la figura (2.27).

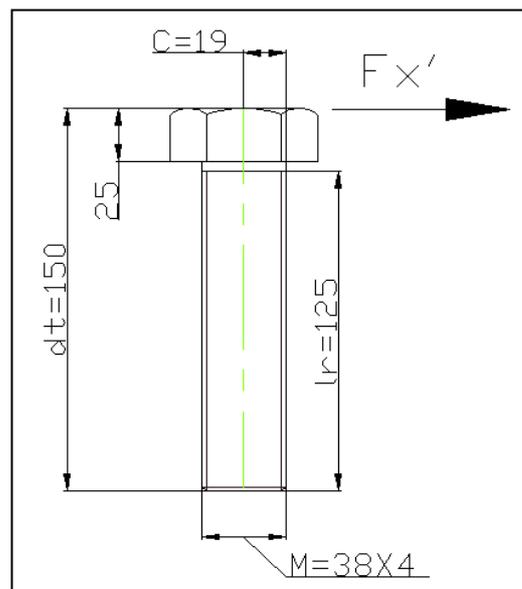
FIGURA 2.27 Conjunto de fijación



Fuente: Creación de los autores

Cálculo del perno principal a flexión

FIGURA 2.28 Perno principal



Fuente: Creación de los autores

La fuerza que actúa sobre el perno (F_x') (ver figura 2.28)

$$F_x' = \frac{F_x}{4mordazas}$$

$$F_x' = \frac{94757,32 \text{ N}}{4mordazas} \quad (\text{Ec. 2.76})$$

$$F_x' = 23689,33 \text{ N}$$

El momento flexionante se obtiene

$$M = F_x' * dt$$

$$M = 23689,33 \text{ N} * 0,15 \text{ m} \quad (\text{Ec. 2.77})$$

$$M = 3553,39 \text{ Nm}$$

El momento de inercia se da

$$I_{XT} = \frac{\pi * r^4}{4}$$

$$I_{XT} = \frac{\pi * 0,019^4}{4} \quad (\text{Ec. 2.78})$$

$$I_{XT} = 1,02e - 7 \text{ m}^4$$

De la (Ec. 2.6) se tiene la siguiente expresión.

$$\sigma_{flex} = \frac{M * C}{I_{XT}}$$

$$\sigma_{flex} = \frac{3553,39 \text{ Nm} * 0,019 \text{ m}}{1,02E - 7 \text{ m}^4}$$

$$\sigma_{flex} = 661,9 \text{ Mpa}$$

El factor de seguridad se obtiene de la (Ec. 2.7).

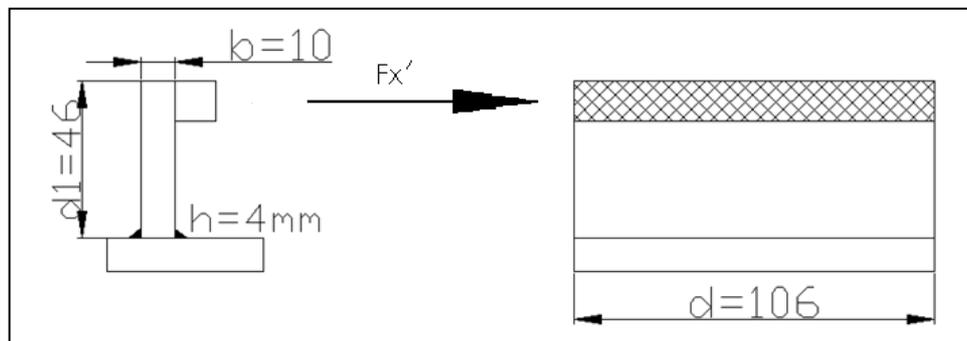
$$n = \frac{S_y}{\sigma_{flex}}$$

$$n = \frac{723.45MPa}{661.9MPa}$$

$$n = 1.09$$

Cálculo de la soldadura en la mordaza

FIGURA 2.29 Mordaza



Fuente: Creación de los autores

Entonces el momento se da por (Ver figura 2.29)

$$M = F_{x'} \cdot d_1$$

$$M = 23689.3N \cdot 0.046m$$

(Ec. 2.79)

$$M = 1089.7Nm$$

De la (Ec. 2.48) se tiene el Segundo momento del área unitaria (ver anexo 2.12).

$$I_u = \frac{d^2}{6} \cdot (3b + d)$$

$$I_u = \frac{0.106^2}{6} \cdot (3 \cdot 0.1 + 0.106)$$

$$I_u = 7.59E - 4m^3$$

Remplazando (I_u) en la (Ec. 2.48) del momento de inercia (I)

$$I = 0.707 * h * I_u$$

$$I = 0.707 * 0.004m * 7.59E - 4m^3$$

$$I = 2.14E - 6m^4$$

De la (Ec. 2.6) se tiene la siguiente expresión.

$$\sigma_{flex} = \frac{M * C}{I}$$

$$\sigma_{flex} = \frac{1089.7Nm * 0.023m}{2.14E - 6m^4}$$

$$\sigma_{flex} = 11.71MPa$$

Cálculo del área de la garganta (A_g) de la (Ec. 2.26)

$$A_g = 1.414 * h * (b + d)$$

$$A_g = 1.414 * 0.004m * (0.01m + 0.106m)$$

$$A_g = 6.56E - 4m^2$$

El esfuerzo cortante primario se calcula.

$$\tau' = \frac{Fx'}{A}$$

$$\tau' = \frac{23689.3N}{6.56E - 4m^2}$$

(Ec. 2.80)

$$\tau' = 36.1MPa$$

Aplicando círculos de Mohr se consigue el esfuerzo cortante máximo (τ_{max}) según la (Ec. 2.51).

$$\tau_1, \tau_2 = \pm \sqrt{\left(\left[\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right]^2 + \tau_{xy}^2 \right)}$$

$$\tau_1, \tau_2 = \pm \sqrt{\left(\left[\frac{11.7 - 0}{2} \right]^2 + 36.1^2 \right)}$$

$$\tau_1, \tau_2 = \pm 36.57MPa$$

El electrodo que se empleará es el E7018 cuyas características se encuentran en el anexo (2.9).

De la (Ec. 2.35) se obtiene

$$S_{sy} = 226,76 \text{ MPa.}$$

Aplicando la (Ec. 2.36) y reemplazando el valor de (τ_1, τ_2) en (τ_{max}) el factor de seguridad (n) resulta

$$n = 6.2$$

CAPITULO III

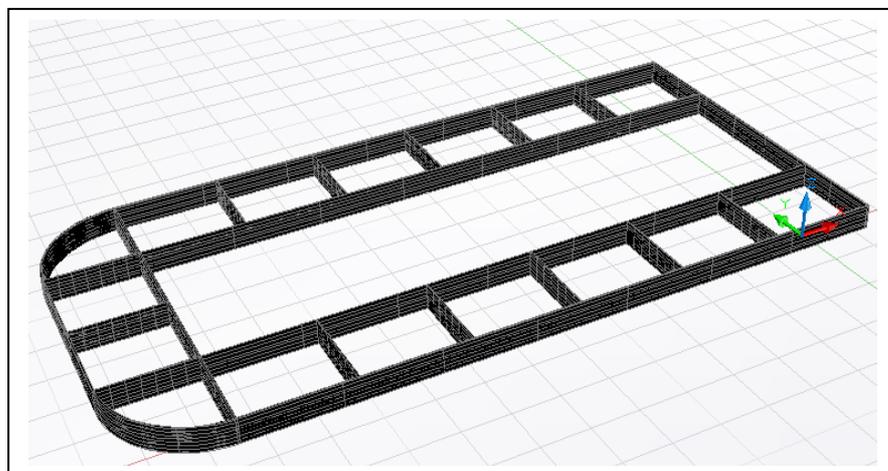
CONSTRUCCION DEL BANCO DE ENDEREZADO

Introducción.- En este capítulo se enfoca a los procesos que se requieren para construir cada componente del conjunto con los materiales seleccionados en el capítulo anterior y de acuerdo a los planos.

Se detalla paso a paso las actividades desde el trazado hasta el acabado final para lograr el conjunto diseñado.

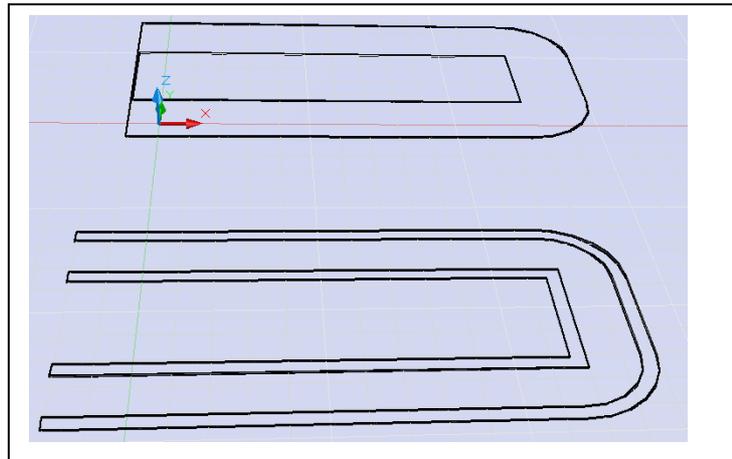
3.1 Construcción de la plataforma.- Esta constituido principalmente por un panelado interno formado de plancha de acero A36 con espesores de 4mm y 6mm unidas mediante soldadura de arco eléctrico como se aprecia en la figura (3.1) la misma que da rigidez al conjunto; además consiste de una plancha superior en forma de "U" y unas tiras de plancha de acero en su parte inferior (ver figura 3.2) que permiten el desplazamiento del brazo hidráulico a sus tres lados excepto en la parte posterior.

FIGURA 3.1 Panelado



Fuente: Creación de los autores

FIGURA 3.2 Planchas de la plataforma



Fuente: Creación de los autores

La forma y dimensiones de la plataforma se basan de acuerdo a un muestreo de 6 vehículos compactos comunes en nuestro medio.

Tabla 3.1 Dimensiones de algunos vehículos

Vehículo	Batalla (mm)	Trocha delantera (mm)	Trocha posterior (mm)
Chevrolet Alto	2150	1215	1170
Daewoo Matiz	2340	1315	1280
Mini Couper	2467	1458	1466
Hyundai Matrix	2600	1485	1485
Mitsubishi Space Wagon	2625	1410	1375
Chevrolet Zafira	2694	1470	1487

Fuente: Autodata 2.16

Calculando el promedio de las dimensiones de la tabla se tiene lo siguiente: Batalla=2479 mm, Trocha delantera= 1392 mm y Trocha posterior= 1377 mm. Considerando las medidas obtenidas dimensionamos la plataforma de tal manera que puedan ingresar vehículos tanto pequeños como grandes sin algún inconveniente, dichas medidas se encuentran en la lámina 1.

Proceso de construcción del panelado de la plataforma

- Trazado en la plancha de acero de 4 mm y 8mm (las medidas se encuentran en la lamina 1).
- Cortado de la plancha mediante la ayuda de una cizalla hidráulica.
- Rolado de la tira de 8mm.
- Ensamblada mediante soldadura de arco eléctrico y verificación.

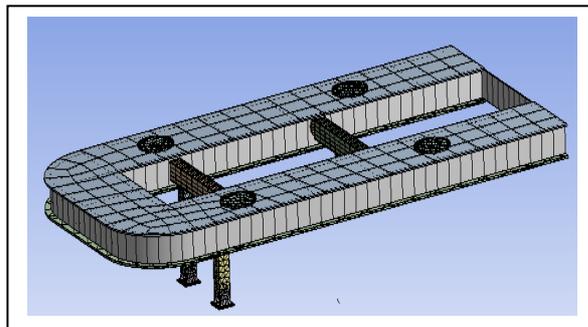
Armado de la plataforma

- Trazado de la plancha de 8mm y 10mm.
- Corte de la planchas con ayuda de la cizalla hidráulica.
- Corte de las curvas en las planchas con el equipo de corte plasma.
- Ensamble de la tapa superior a la estructura base mediante suelda de arco eléctrico.
- Ensamble de las placas inferiores con soldadura de arco eléctrico.
- Verificación de las medidas.

Montaje de los postes soportes de la plataforma

- Trazado de las medidas en el tubo cuadrado de 100mm para el travesaño principal y los postes soportes.
- Cortado manualmente del tubo.
- Ensamblado del travesaño principal a la plataforma aplicando soldadura E7018 (ver figura 3.3).
- Montaje de los postes soportes y verificación de las medidas.

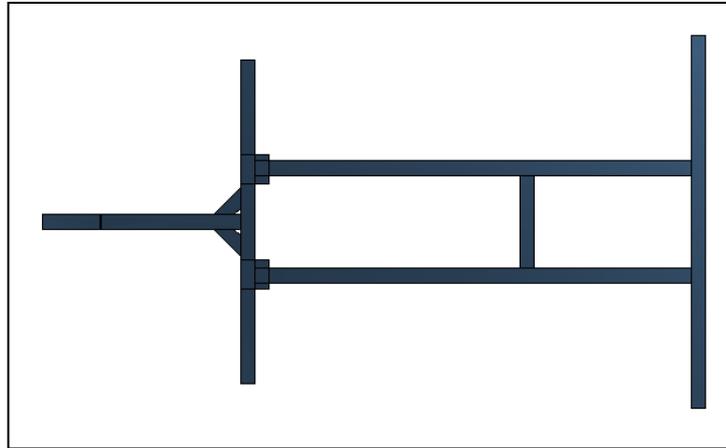
FIGURA 3.3 Conjunto armado de la plataforma



Fuente: Creación de los autores

3.2 Construcción de la base.- esta armada de perfil "C" 80x40x3 de acero A36 unidos mediante soldadura de arco eléctrico como se muestra en la figura (3.4), sobre la cual van montados el gato hidráulico con su mando de operación y la plataforma.

FIGURA 3.4 Base de la plataforma



Fuente: Creación de los autores

La forma que se muestra en la figura anterior se basa en los requerimientos para el montaje de los elementos del mecanismo de elevación y como apoyo para mantener la estabilidad de la plataforma.

Proceso de construcción de la base

- Trazado de los perfiles. (las medidas se encuentran en la lamina 2).
- Cortado de los perfiles con ayuda de la cierra manual.
- Ensamblada mediante soldadura de arco eléctrico.
- Esmerilado de los cordones de soldadura.
- Perforado de los agujeros para la unión del gato hidráulico.
- Montaje mediante soldadura de las placas para la base del poste soporte de la plataforma.
- Montaje de los perfiles de ángulo en los extremos que sirve para el empotramiento.
- Verificación de medidas.
- Limpieza y pintado.

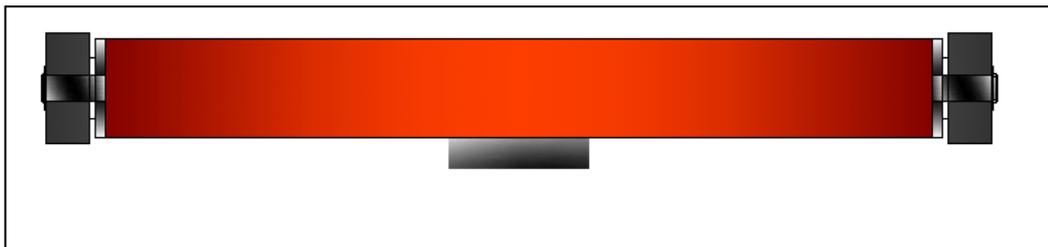
Ensamblado del gato hidráulico a la base

- Cortado del gato hidráulico para extender el mando del banco.
- Cortado y perforado de varillas para prolongación del mando.
- Montaje del mando del banco mediante pernos M10.
- Montaje del gato hidráulico con pasadores y pernos M12.
- Armado de varillas de mando.
- Montaje de las protecciones del gato hidráulico y varillas de mando.
- Verificación y comprobación del funcionamiento.

Construcción del travesaño del gato hidráulico.- Está formado por un tubo cuadrado de (100x3) mm y en sus extremos tiene soldado un eje el cual va montado una rueda de fundición de hierro como se aprecia en la figura (3.5), la cual sirve para disminuir la fricción durante la elevación de la plataforma.

La unión del travesaño con el gato hidráulico se da mediante una placa central con agujeros roscados.

FIGURA 3.5 Travesaño del gato hidráulico



Fuente: Creación de los autores

Proceso de construcción del travesaño del gato hidráulico

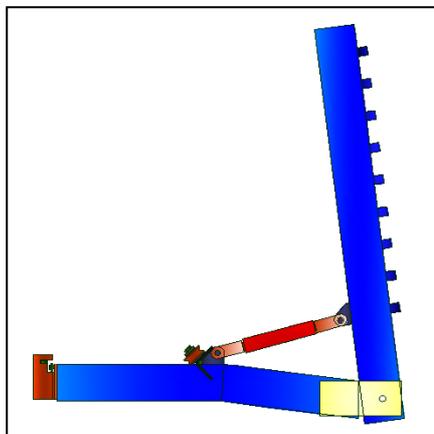
- Trazado del tubo. (las medidas se encuentran en la lamina 3).
- Cortado del tubo con la ayuda de la cierra manual.
- Trazado de placas de los extremos.
- Perforado de la placa con broca de 25mm.

- Cortado del eje de las ruedas.
- Trazado y cortado la placa intermedia.
- Soldado de las placas de los extremos.
- Soldado de los ejes.
- Soldado de la placa intermedia.
- Montaje de las ruedas mediante seguros.
- Comprobación y verificación.

3.3 Construcción del brazo de tiro.- Esta construido de plancha de acero A36 con espesor de 6mm doblado en forma de "C" que a su vez uniendo dos canales forman un tubo cuadrado cuyas medidas se representan en la lámina 4.

Esta constituido principalmente por una torre y una base formando un brazo en "L" como se aprecia en la figura (3.6).

FIGURA 3.6 Brazo de tiro



Fuente: Creación de los autores

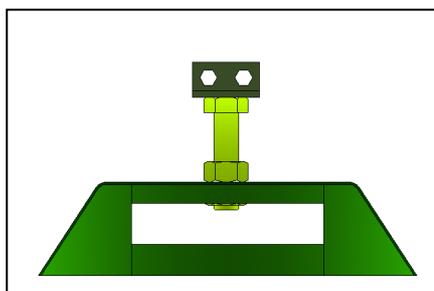
Proceso de construcción del brazo de tiro

- Trazado de la plancha de acero A36 para la base y la torre.
- Cortado de la plancha mediante cizalla hidráulica.

- Doblado de las placas en forma de "C" con la ayuda de una dobladora hidráulica.
- Unión de los canales "C" mediante soldadura de arco eléctrico.
- Perforado de un extremo de la torre con broca de 25mm.
- Trazado y cortado de las guías para la cadena en plancha de acero A36 con espesor de 10mm.
- Trazado y cortado de los soportes del cilindro hidráulico en plancha de acero A36 con espesor de 16mm.
- Soldado de las guías de la cadena y soporte del cilindro hidráulica a la torre.
- Mecanizado del gancho cuyas dimensiones se encuentran en la lamina 5.
- Soldado del gancho a la base del brazo.
- Trazado, cortado y soldado de las placas que unen a la base con la torre.
- Ensamblado de la base del brazo con la torre mediante un pasador.
- Mecanizado de las ruedas del brazo.
- Montaje de las ruedas mediante pernos a la base del brazo.
- Montaje del cilindro hidráulico mediante pasadores.
- Verificación y control de funcionamiento.

3.3 Construcción del conjunto de sujeción del banco.-Esta constituida por caballete, un perno principal y una mordaza como se aprecia en la figura (3.7).

FIGURA 3.7 Conjunto de sujeción



Fuente: Creación de los autores

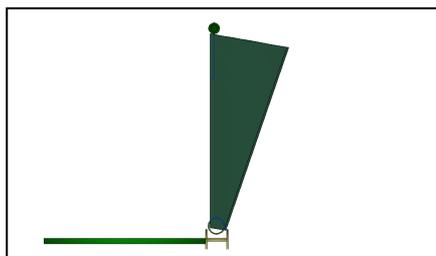
Proceso de construcción del conjunto de sujeción

- Trazado de la plancha de 4mm (ver lamina 6)
- Cortado de las piezas.
- Doblado en la prensa hidráulica de las placas.
- Soldado de las placas.
- Cortado de la ranura donde se desplaza el perno de la mordaza.
- Trazado y cortado de las placas de las mordazas en plancha de 10mm de acero A36.
- Trazado y cortado del material para las muelas de las mordazas en varilla rectangular 10x15 de acero AISI C 1045.
- Perforado de las muelas para tornillo M6.
- Fresado de las muelas para las mordazas.
- Ensamblado de las mordazas.
- Control y verificación de los componentes.

3.4 Construcción del mecanismo de seguridad.- Esta es construido de plancha de acero A36 con espesor de 4mm en forma de rampa, además posee dos bisagras y un perfil de seguridad como se muestra en la figura (3.8), cuyo propósito es cumplir con dos funciones la primera es de servir de apoyo de seguridad cuando la plataforma se encuentre elevada completamente con o sin vehículo, la otra finalidad es permitir el acceso del vehículo.

Las dimensiones se han definido de acuerdo a la altura y al ancho de la pista, dichos valores se representan en la lámina número 7.

FIGURA 3.8 Mecanismo de seguridad



Fuente: Creación de los autores

Proceso del mecanismo de seguridad

- Trazado cortado de la plancha de acero (ver lamina 7).
- Doblado de la plancha mediante una dobladora hidráulica.
- Soldado de la tapa superior.
- Soldado de las bisagras.
- Trazado y cortado del perfil canal "U" (50X25X3) mm.
- Soldado de los canales.
- Trazado y cortado de la varilla redonda de acero ASTM A36 12mm.
- Soldado de la varilla al canal.
- Control y verificación.

3.5 Construcción de herramientas de verificación.- Para el control y verificación de la estructura de un compacto de un vehículo se necesita de dos reglas telescópicas de puntas ideal para medir longitudes en cualquier dirección y una regla de bancada que va montada sobre la plataforma la cual sirve para la comprobación de alturas del compacto.

Regla telescópica de puntas.- Esta construido de tubos redondos de aluminio con diámetros de 21 y 25 mm formando una regla telescópica , y en los extremos tubo redondo de acero con diámetro 26mm, además dispone de unos conos y puntas que pueden ser fácilmente enroscada cuando se requiera, como se muestra en la figura(3.9).

FIGURA 3.9 Regla telescópica con accesorios



Fuente: Creación de los autores

Proceso de construcción de la reglas telescópica. (Ver lamina 8)

- Adquisición de los tubos telescópicos.
- Cortado de cuatro pedazos de tubo redondo de acero ASTM A36 (25mmx2mm).
- Adecuación del tubo redondo de acero a los tubos telescópicos.
- Perforado del tubo y soldados de tuercas M10x1,50.
- Cortado de cuatro ejes de transmisión de 150mm de largo por 10mm de diámetro.
- Roscado de los ejes en ambos extremos mediante una terraja M10x1.50.
- Mecanizado de los conos de gylon de diámetro 40mm por un largo de 52mm con la punta de 60°.
- Mecanizado de puntas de acero de diámetro 16mm por 53mm de largo con la punta de 15°.
- Pintado de los elementos.

Regla de bancada.- Este conjunto consiste en dos tubos verticales que van montado a los extremos laterales de la bancada y un tubo redondo transversal denominado regla central fijado mediante unos acoples de tubos redondos en forma de crucetas además dispone de una punta de centrado la misma que puede desplazarse sobre la regla central y fijarse mediante unos perno de fijación, como se ilustra en la figura (3.10).

FIGURA 3.10 Utilización de la regla de bancada



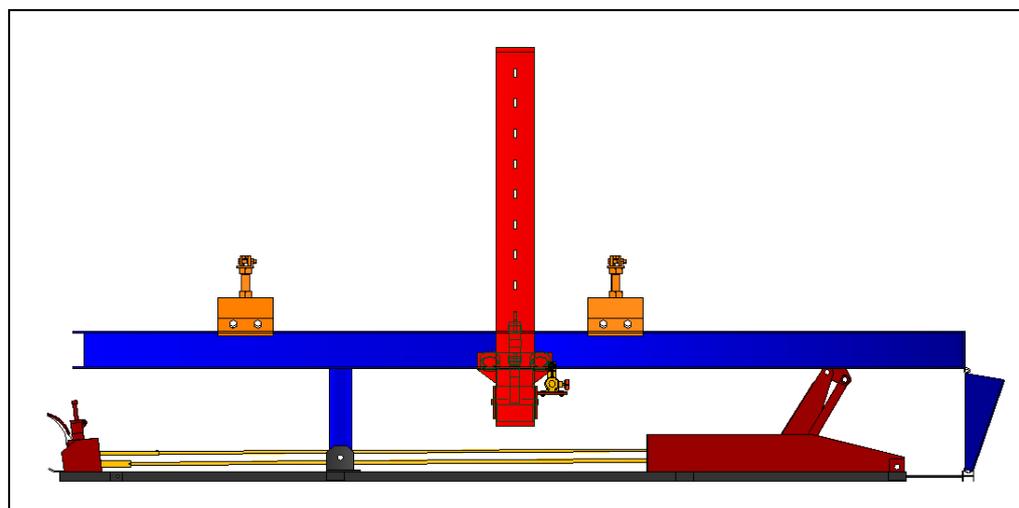
Fuente: Creación de los autores

Proceso de construcción de la regla de bancada. (Ver lamina 9)

- Cortado de dos tubos redondos ASTM A36 de 25mm de diámetro por 1500mm de largo.
- Cortado de un tubo redondo ASTM A36 de 25mm de diámetro por 2020mm de largo.
- Cortado y doblado en forma de "U" dos pedazos (120mmx80mm) de plancha de acero con espesor 10mm.
- Perforado y soldado de una tuerca M10x1,5mm
- Soldado de placas en forma de "U".
- Cortado de cinco pedazos (200mm) de tubo redondo de diámetro 32mm por 2mm de espesor.
- Soldado de los tubos en forma de cruz.
- Perforado y soldado de tuercas M10x1,5mm.
- Cortado de un eje de transmisión de 200mm de largo por 10mm de diámetro.
- Mecanizado de la punta en forma de cono.
- Pintado de los elementos.

3.6 Ensamblado del banco de enderezado. (Ver lamina 10)

FIGURA 3.11 Banco de enderezado



Fuente: Creación de los autores

- Montaje de la plataforma a la base mediante pasadores.
- Montaje del travesaño en el gato hidráulico con ayuda de pernos M12.
- Montaje del brazo de tiro mediante el gancho y las ruedas.
- Montaje del mecanismo de seguridad.
- Montaje del conjunto de sujeción.
- Control y verificación de funcionamiento.
- Aplicación de fondo para la pintura.
- Pintado de todo el conjunto.

3.7 Obtención del peso total del banco de enderezado.- Para saber el peso del banco nos colaboran la empresa de reciclaje Metales & Metales con la balanza electrónica de plataforma y mediante un camión transportamos el banco como se indica en la figura (3.12).

Figura 3.12 Pesado del banco



Fuente: Creación de los autores

El peso del banco resulto de la diferencia entre los datos del camión cargado y descargado como se muestra en la tabla (3.2).

Tabla 3.2 Resultado de la balanza

	Peso en Kg.
Camión con carga	3800
Camión sin carga	2610
Peso del banco.	1190

Fuente: Balanza de Metales & Metales

CAPITULO IV

ENSAYO DEL BANCO DE ENDEREZADO

Introducción.- Este capítulo se dirige a comprobar la funcionalidad la eficacia de operación y seguridad del operador, basándose en realizar ensayos con cada elemento y aplicando cargas reales.

Además se realizará algunas pruebas con vehículos de diferentes características y se procederá a enderezar un compacto de Chevrolet San Remo comprobando la capacidad del brazo hidráulico y la resistencia de los elementos en general.

También se detalla algunas advertencias y cuidados que se deben tener en cuenta al momento de operar el equipo.

4.1 Seguridad de operación.- La mayoría de accidentes en máquinas se pueden prevenir si se tiene en cuenta todas las precauciones en el momento de utilizar el equipo.

En cada elemento del banco de enderezado debemos saber la forma de manipular para evitar que se produzca un accidente.

Precauciones en el brazo de tiro

- ⚠ Se debe ajustar los pernos del elemento de bloqueo de la base del brazo de tiro, utilizando una palanca de fuerza con un dado 22 mm.
- ⚠ No exceder la capacidad del cilindro en el momento de trabajar (10T).

- ⚠ No ubicarse detrás de la torre del brazo cuando esté operando la bomba manual hidráulica.
- ⚠ No tocar la cadena cuando este tensada.
- ⚠ Liberar lentamente la presión del cilindro hidráulico.
- ⚠ No golpear la torre al momento de templar, para evitar daños en los elementos hidráulicos.

Precauciones en la bancada

- ⚠ Asegurarse de que la plataforma este completamente asentada al piso en el momento de ingresar el vehículo para evitar el desequilibrio.
- ⚠ Colocar los topes de seguridad para las ruedas del vehículo.
- ⚠ Asegurarse de ajustar el tornillo de mando del gato hidráulico.
- ⚠ Bajar y asegurar las rampas de seguridad cuando esté levantada la plataforma y a continuación liberar el gato hidráulico.
- ⚠ Cerciorarse de que el vehículo se encuentre centrado sobre la plataforma al momento de operar el banco.
- ⚠ No exceder la capacidad de carga del banco (2500kg).

Precauciones en la Mordazas

- ⚠ Ajustar los prisioneros de seguridad antes de operar.
- ⚠ Ajustar los pernos de las mordazas para evitar desplazamientos.
- ⚠ Verificar que las mordazas se encuentren al mismo nivel.
- ⚠ Asegurarse de sujetar el vehículo en la parte reforzada del compacto.
- ⚠ Apretar las contra tuercas que regulan la altura de las mordazas.

4.2 Mantenimiento del banco de enderezado.- La duración del equipo depende de los cuidados de mantenimiento preventivo y de la limpieza después de cada utilización.

Las partes que requieren mantenimiento periódico son los elementos de rodadura de la torre y las ruedas del travesaño del gato los mismos que disponen de graseros; la grasa puede ser de grado número 2 de multipropósito, como se aprecia en la figura (4.1), con la finalidad de disminuir la fricción y garantizar una rodadura suave.

FIGURA 4.1 Puntos de engrase



Fuente: Creación de los autores

4.3 Pruebas del banco.- Se realizará varias pruebas para comprobar su eficacia y deficiencias de operación como son:

Prueba de ingreso del vehículo al banco.- Se presentan dos casos de ingreso el primero cuando el vehículo puede acceder por su propia fuerza motriz y el segundo caso se tiene cuando el vehículo a sufrido graves daños que no le permiten movilizarse por su propios recursos entonces se procede arrastrar con ayuda del brazo hidráulico como se ilustra en la figura (4.2).

FIGURA 4.2 Casos de acceso a la plataforma



Fuente: Creación de los autores

Prueba de elevación de la plataforma.- Tiene que ser de manera suave, progresiva y segura para lo cual se dispone de un mecanismo para la manipulación del gato hidráulico situado en la parte delantera del banco.(ver figura (4.3)).

FIGURA 4.3 Elevación de la plataforma



Fuente: Creación de los autores

Prueba del mecanismo de sujeción.- En primer lugar se someterá el conjunto a una prueba de fijación al banco de enderezado que consiste en montar el caballete de la mordaza a la plataforma y ajustar los pernos de sujeción luego se le aplica una carga de 3 toneladas como condición crítica mediante el brazo hidráulico comprobando que no exista deslizamiento longitudinal con respecto a la plataforma como se muestra en la figura (4.4), cuyo resultado de la prueba es satisfactorio manteniéndose inmóvil todo el conjunto.

FIGURA 4.4 Prueba longitudinal



Fuente: Creación de los autores

Como segunda prueba del mismo conjunto se aplica la misma carga en sentido transversal a la plataforma para comprobar la fijación del perno de la mordaza con respecto al caballete como se indica en la figura (4.5).

FIGURA 4.5 Prueba transversal

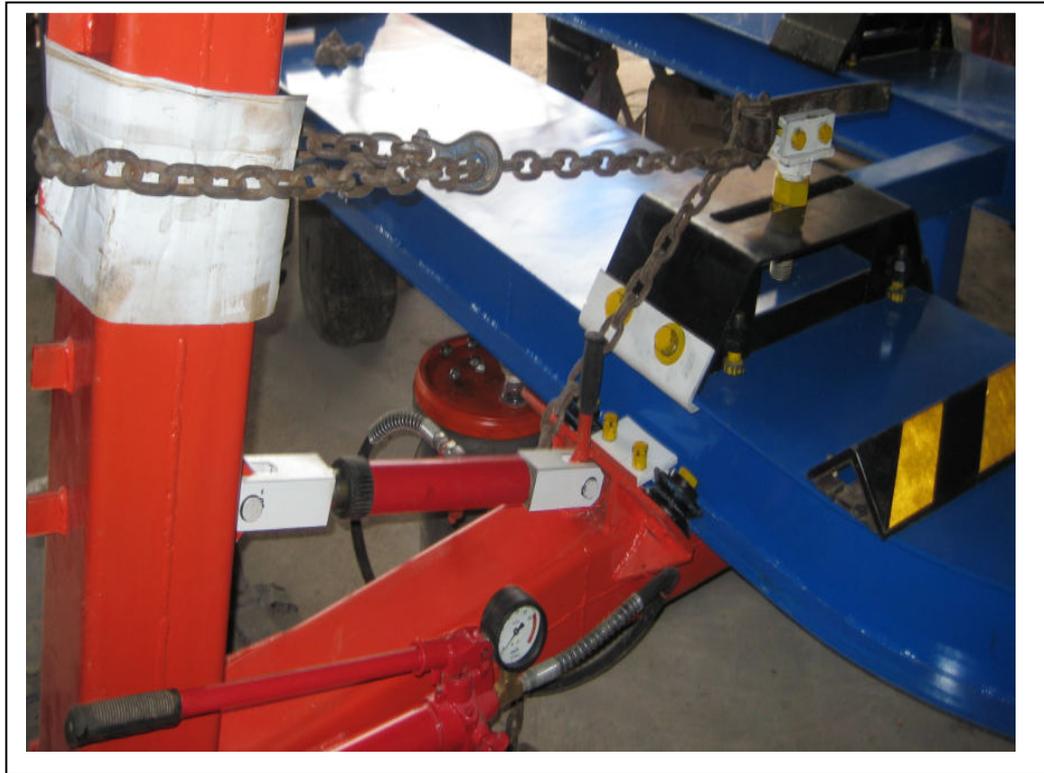


Fuente: Creación de los autores

Como tercera y última prueba consiste en verificar la capacidad de sujeción en las muelas de la mordaza para ello se sujeta una pieza de

prueba y se le aplica 3 toneladas por medio del brazo con ayuda de la cadena de tiro como se ilustra en la figura (4.6).

FIGURA 4.6 Prueba de la mordaza



Fuente: Creación de los autores

Prueba de rodadura del brazo.- La base de la torre está dotada de una palanca para mover el conjunto que con la fuerza de una persona es suficiente para desplazar el brazo a la posición que se desee y en caso de traba se dispone de unas láminas de calibración para la holgura de las ruedas de la torre con respecto a la plataforma.

Con la ayuda de un dispositivo para medir la fuerza colocamos un extremo en la palanca y el otro tensionamos hasta que rueda como se muestra en la figura (4.7), para provocar el movimiento se requiere una fuerza de 60N.

FIGURA 4.7 Fuerza requerida para mover la torre



Fuente: Creación de los autores

Prueba de fijación del brazo.- Para inmovilizar el conjunto, la base de la torre tiene una placa que presiona a la plataforma mediante dos pernos como se muestra en la figura (4.8).

FIGURA 4.8 Pernos de fijación del brazo



Fuente: Creación de los autores

Para la prueba se aplica una fuerza de 10 T al brazo con la ayuda de una cadena y un cilindro hidráulico adicional como se indica en la figura (4.9) lo cual demostró la eficacia del mecanismo de sujeción del brazo.

FIGURA 4.9 Prueba de fijación del brazo hidráulico



Fuente: Creación de los autores

Prueba de sujeción de la mordaza de la cadena.- Para comprobar la eficacia de sujeción del elemento montamos en un travesaño de un vehículo y mediante una cadena aplicamos una fuerza de tensión (10T) con el brazo hidráulico como se muestra en la figura (4.10).

FIGURA 4.10 Mordaza de la cadena



Fuente: Creación de los autores

Prueba de enderezado en el banco.- Para el ensayo se dispone de un automóvil de marca Chevrolet Swift modelo 1993 el mismo que ha sufrido un dañando en la estructura del compacto en la base del plato delantero parte derecha, como se aprecia en la figura (4.11).

FIGURA 4.11 Automóvil Chevrolet Swift



Fuente: Creación de los autores

Sujeción del vehículo al banco de enderezado.- Esta operación se realiza mediante cuatro caballetes con sus respectivas mordazas que sujetan al compacto con el propósito de inmovilizar por completo en todas las direcciones como se muestra en la figura (4.12).

Antes de realizar cualquier operación se debe ajustar todos los pernos que disponen los caballetes y además el vehículo debe quedar centrado sobre la plataforma

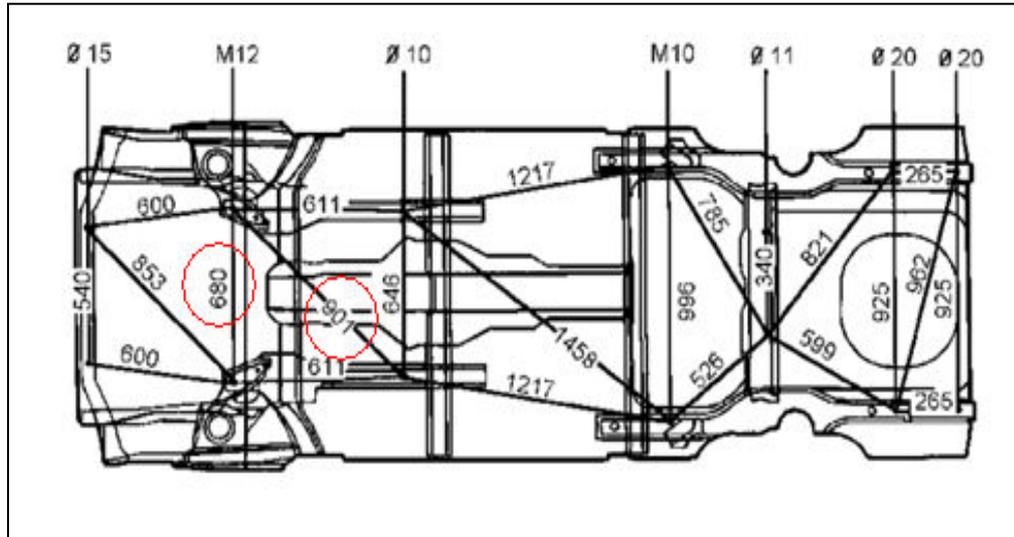
FIGURA 4.12 Sujeción del automóvil al banco



Fuente: Creación de los autores

Antes de corregir el compacto procedemos a verificar y comparar las cotas de fábrica para lo cual nos ayudamos del manual VividWorkshop Data ATI, como se puede apreciar en la figura (4.13).

FIGURA 4.13 Cotas del compacto vista inferior



Fuente: Programa de datos VividWorkshop

Como resultado de la comprobación de medidas se obtuvo dos cotas alteradas como se muestra encerradas en círculos de color rojo de la figura anterior y se detalla en la siguiente tabla (4.1).

Tabla 4.1 Comparación de cotas

	Medida original (mm)	Medida obtenida (mm)
<i>Cota transversal</i>	680	685
<i>Cota diagonal</i>	901	910

Fuente: Creación de los autores

De acuerdo a los resultados podemos saber que el compacto delantero se encuentra abierto, por lo tanto ubicaremos al brazo de tiro en sentido opuesto al daño y mediante una cadena procedemos a corregir la cota transversal y diagonal, como se muestra en la figura (4.14)

FIGURA 4.14 Corrección del compacto delantero



Fuente: Creación de los autores

Para realizar la operación de corrección del compacto fue necesario generar una fuerza de 13 toneladas de la capacidad del cilindro como se ve en la figura (4.15).

FIGURA 4.15 Fuerza aplicada



Fuente: Creación de los autores

Luego de obtener los datos del fabricante en la corrección de dicho compacto se aplicó soldadura de arco eléctrico en las grietas que se ilustra en la figura (4.11).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En la práctica se comprobó que las dimensiones del banco resultaron adecuadas para vehículos compactos con diferentes cotas de batalla y trocha, hasta un peso máximo de 2500 kg.
- Durante el trabajo en el banco resulto incomodo la toma de medidas inferiores del compacto ya que el espacio es reducido dificultando el ingreso del operario por debajo de la plataforma, por esta razón se recomienda para estudios futuros plantear otros mecanismos de elevación.
- Para las pruebas de resistencia de los diferentes elementos se aplicó 12 toneladas en el cilindro del brazo de tiro con el objetivo de comprobar los factores de seguridad calculados con 10 toneladas y como resultado no se produjo falla alguna.
- Para optimizar el banco de enderezado sería conveniente el uso de otro brazo de tiro en "L" y la construcción de un castillo desplazable longitudinal adicional que permitiría la corrección de techos y parantes de las carrocerías colisionadas.
- Para vehículos de chasis se puede utilizar el banco pero únicamente para enderezar la carrocería sin sobre pasar el peso recomendado.
- Es importante tener los datos de los vehículos antes de proceder a corregir compactos, por lo tanto recomendamos utilizar algunos programas de datos de vehículos como por ejemplo: Autodata, VividWorkshop Data ATI, Motor Alldata y entre otros.

- Para estudios posteriores sería conveniente mejorar el sistema de sujeción de las mordazas del banco por lo que resulto un tanto demorado el ensamblaje ya que posee varios pernos.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CASCAJOSA, Manuel (2005) *Ingeniería de vehículos*, 2da. Edición, ALFAOMEGA, México.
- MISCHKE, Charles R y Shingley, Joseph E, (2002) *Diseño de la Investigación Mecánica*, 6ta Edición, Mc Graw – Hill Interamericana, México.
- BOHMAN Ivan C.A, Catalogo de aceros especiales IBCA.
- SANZ Gonzales Ángel. *Tecnología de la Automoción 2.2*. Editorial Bruño. 1981. 305. única edición, Barcelona.
- MIGUEL DE CASTRO Vicente, (1988), *Carrocería y pintura*, 1ra. Edición CEAC, SA, ESPAÑA.
- QUEZADA Cerna Wilson, QUEZADA Cerna Carlos Jhony. *Autodesk Inventor Profesional 11*. Editorial Megabyte. 2006. 696. Primera edición. Perú.
- ARRIZABALAGA, Nicolas Larburu *Técnicas Máquinas Herramientas*, segunda edición, Paraninfo, Madrid.
- FIGLIOLA, Richard y BEASLEY Donald (2003). *Mediciones Mecanicas* 3ra. Edición, ALFAOMEGA, México.
- HAMM G y BURK G, (1986). *Tablas de la técnica del automóvil*, 14ª Edición, editorial Reverté, S.A. Barcelona.

REFERENCIAS ELECTRONICAS

- Carrocerías. http://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o_irracional_en_autom%C3%B3viles.
- Seguridad. http://www.cesvi.com.ar/revistas/r57/c3/citroen_c3_5.aspx.
- <http://www.aacontreras.com/korek.htm>.
- Banco de enderezado. <http://www.renace.com.mx/Banco.htm>.
- Estadísticas de accidentes. http://www.inec.gov.ec/interna.asp?inc=mt_metodologia&idMetodologia=6 – 66.
- Banco para enderezar. <http://www.Autotruck.com>.
- Manuales de operación <http://www.chiefautomotive.com/manuals.asp> - 49k -.
- Cilindro. <http://www.monografias.com/trabajos13/neumat/neumat>.
- Carrocerías de automóviles. <http://www.todocoche.com>.

ANEXOS 1

Anexo 1.1 Corte de placa en la cizalla hidráulica



Fuente: Los autores

Anexo 1.2 Corte de placa mediante cortadora plasma



Fuente: Los autores

Anexo 1.3 Rolado de la placa



Fuente: Los autores

Anexo 1.4 Unión de placas mediante soldadura de arco eléctrico



Fuente: Los autores

Anexo 1.5 Panelado interior de la plataforma



Fuente: Los autores

Anexo 1.6 Transporte de la plataforma



Fuente: Los autores

Anexo 1.7 Volteado de la plataforma



Fuente: Los autores

Anexo 1.8 Cortado de la placa mediante proceso oxiacetilénico



Fuente: Los autores

Anexo 1.9 Doblado de la placa en prensa hidráulica



Fuente: Los autores

Anexo 1.10 Banco de enderezado de compactos



Fuente: Los autores

Anexos 2

Anexo 2.1 Resistencias mínimas especificadas de algunos aceros ASTM

Tipo de acero	Núm. ASTM	S_{yr} kpsi	S_{ur} kpsi	Tamaño, pulg, hasta
Al carbono	A36	36	58	8
Al carbono	A529	42	60	$\frac{1}{2}$
Baja aleación	A572	42	60	6
Baja aleación	A572	50	65	2
Inoxidable	A588	50	70	4
Aleación revenida y templada	A514	100	110	$2\frac{1}{2}$

Fuente: SHIGLEY. Joseph y MISCHKE. Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México. Editorial MacGraw-Hill. 2002. 1257. Sexta edición, pag. 28

Anexo 2.2 Factores de conversión

Tabla E-2
Factores de conversión A para obtener una entrada X a una salida Y mediante la fórmula $Y = AX^*$

Multiplique la entrada X	Por el factor A	Para obtener la salida Y	Multiplique la entrada X	Por el factor A	Para obtener la salida Y
Unidad térmica británica, Btu	1.055	joule, J	momento de inercia $lbm \cdot ft^2$	0.0421	kilogramo-metro ² , $kg \cdot m^2$
Btu/segundo, Btu/s	1.05	kilowatt, kW	momento de inercia $lbm \cdot pulg^2$	293	kilogramo-milímetro ² , $kg \cdot mm^2$
caloría	4.19	joule, J	momento de sección (segundo momento del área), $pulg^4$	41.6	centímetro ⁴ , cm^4
centímetro de mercurio (0°C)	1.333	kilopascal, kPa	onza fuerza, oz	0.278	newton, N
centipoise, cP	0.001	pascal-segundo, $Pa \cdot s$	onza masa	0.0311	kilogramo, kg
grado (ángulo)	0.0174	radián, rad	libra, lb†	4.45	newton, N
pie, ft	0.305	metro, m	libra-pie, lb · ft	1.36	newton-metro, N · m
pie ² , ft ²	0.0929	metro ² , m ²	libra/pie ² , lb/ft ²	47.9	pascal, Pa
pie/minuto, ft/min	0.0051	metro/segundo, m/s	libra-pulgada, lb · pulg	0.113	joule, J
pie-libra ft · lb	1.35	joule, J	libra-pulg, lb · pulg	0.113	newton-metro N · m
pie-libra/segundo, ft · lb/s	1.35	watt, W	libra/pulg, lb/pulg	175	newton-metro, N/m
pie/segundo, ft/s	0.305	metro/segundo, m/s	libra/pulg ² , psi (lb/pulg ²)	6.89	kilopascal, kPa
galón (EUA), gal	3.785	litro, l	libra masa, lbm	0.454	kilogramo, kg
caballos de potencia, hp	0.746	kilowatt, kW	libra masa/segundo, lbm/s	0.454	kilogramo/segundo, kg/s
pulgada, pulg	0.0254	metro, m	cuarto de galón (EUA), qt	946	mililitro, ml
pulgada, pulg	25.4	milímetro, mm	módulo de sección, pulg ³	16.4	centímetro ³ , cm^3
pulgada ² , pulg ²	645	milímetro ² , mm^2	slug	14.6	kilogramo, kg
pulgada de mercurio (32°F)	3.386	kilopascal, kPa	ton (corta 2.000 lbm)	907	kilogramo, kg
kilolibra, kip	4.45	kilonewton, kN	yarda, yd	0.914	metro, m
kilolibra/pulg ² , kpsi (ksi)	6.89	megapascal, MPa (N/mm ²)			
masa, lb · s ² /pulg	175	kilogramo, kg			
milla, mi	1.610	kilómetro, km			
milla/hora, mi/h	1.61	kilómetro/hora, km/h			
milla/hora, mi/h	0.447	metro/segundo, m/s			

*Aproximado
†La unidad libra fuerza del sistema usual de Estados Unidos con frecuencia se abrevia lbf para distinguirla de la libra masa, que se abrevia lbm. En muchos casos en este libro la libra fuerza se escribe simplemente como libra v se abrevia lb.

Fuente: SHIGLEY. Joseph y MISCHKE. Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México. Editorial MacGraw-Hill. 2002. 1257. Sexta edición, pag. 1182

Anexo 2.3 Ecuación de limite de resistencia a la fatiga

$$S'_c = \begin{cases} 0.506\bar{S}_{ut} \text{LN}(1, 0.138) \text{ kpsi o MPa} & \bar{S}_{ut} \leq 212 \text{ kpsi (1 460 MPa)} \\ 107\text{LN}(1, 0.139) \text{ kpsi} & \bar{S}_{ut} > 212 \text{ kpsi (1 460 MPa)} \\ 740\text{LN}(1, 0.139) \text{ MPa} & \bar{S}_{ut} > 1 460 \text{ MPa} \end{cases} \quad (7-4)$$

Fuente: SHIGLEY. Joseph y MISCHKE. Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México. Editorial MacGraw-Hill. 2002. 1257. Sexta edición, pag. 375

Anexo 2.4 Factor de acabado superficial

Tabla 7-5
Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin

Acabado superficial	$k_a = aS_{ut}^b \text{LN}(1, C)$			Coeficiente de variación, C
	a		b	
	kpsi	MPa		
Esmerilado*	1.34	1.58	-0.086	0.120
Maquinado o laminado en frío	2.67	4.45	-0.265	0.058
Laminado en caliente	14.5	56.1	-0.719	0.110
Como sale de forja	39.8	271	-0.995	0.145

*Debido a la amplia dispersión en los datos de superficie esmerilada, una función alterna es $k_a = 0.878\text{LN}(1, 0.120)$. Nota: S_{ut} en kpsi o MPa.

Fuente: SHIGLEY. Joseph y MISCHKE. Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México. Editorial MacGraw-Hill. 2002. 1257. Sexta edición, pag. 380

Anexo 2.5 Factor de tamaño

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d < 2 \text{ pulg} \\ 0.859 - 0.021 25d & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 0.859 - 0.000 837d & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases} \quad (7-10)$$

Fuente : SHIGLEY. Joseph y MISCHKE. Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México. Editorial MacGraw-Hill. 2002. 1257. Sexta edición, pag. 380

Anexo 2.6 Factor de carga a flexión

$$(k_c)_{\text{flexión}} = \frac{\phi_{0.30}}{\phi_{0.30}} = (1, 0)$$

Fuente: SHIGLEY. Joseph y MISCHKE. Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México. Editorial MacGraw-Hill. 2002. 1257. Sexta edición, pag. 382

Anexo 2.7 Factor de temperatura

Tabla 7-11
Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión de acero.*
(S_T = resistencia a la tensión a temperatura ambiente, S_{RT} = resistencia a la tensión a temperatura ambiente; $0.099 \leq \hat{\sigma} \leq 0.110$.)

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

* Fuente de datos: Fig. 5-11.

Fuente: SHIGLEY. Joseph y MISCHKE. Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México. Editorial MacGraw-Hill. 2002. 1257. Sexta edición, pag. 385

Anexo 2.8 Propiedades a la torsión de soldadura de filete*

Tabla 9-2
Propiedades a la torsión de soldaduras de filete*

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento polar de inercia del área unitaria
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = d^3/12$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = d/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$ $\bar{y} = \frac{d^2}{2(b+d)}$	$J_u = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{(b+d)^3}{6}$
	$A = 1.414\pi br$		$J_u = 2\pi r^3$

* En el momento del origen de soldaduras: A es el tamaño de la soldadura; al valor del eje de torsión está en el plano de la soldadura; todas las soldaduras son de arco unitario.

Fuente : SHIGLEY. Joseph y MISCHKE. Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México. Editorial MacGraw-Hill. 2002. 1257. Sexta edición, pag. 545

Anexo 2.9 Características de los electrodos

Tabla 9-4
Propiedades mínimas del metal de aporte

Número de electrodo AWS*	Resistencia de tensión (MPa)	Límite elástico kpsi (MPa)	Elongación (%)
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

* Sistema de numeración del código de especificaciones de la American Welding Society (AWS) para electrodos. En este sistema se usa como prefijo la letra E, en un sistema de numeración de cuatro o cinco dígitos en el cual los primeros dos o tres números designan la resistencia mínima a la tensión. El último incluye variables en la técnica de soldado, como la fuente de corriente. El penúltimo dígito indica la posición de soldado, como por ejemplo, plano, vertical o sobre la cabeza. El conjunto completo de especificaciones se puede obtener solicitándolo a la AWS.

Fuente: SHIGLEY. Joseph y MISCHKE. Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México. Editorial MacGraw-Hill. 2002. 1257. Sexta edición, pag. 551

Anexo 2.10 Propiedades de roscas métricas

Tabla 8-1

Diámetros y áreas de roscas métricas de paso basto y fino. (Todas las dimensiones en milímetros)*

Diámetro mayor nominal d	Serie de paso basto			Serie de paso fino		
	Paso p	Área de esfuerzo de tensión A_t	Área al diámetro menor A_s	Paso p	Área de esfuerzo de tensión A_t	Área al diámetro menor A_s
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1 120	1 050	2	1 260	1 230
48	5	1 470	1 380	2	1 670	1 630
56	5.5	2 030	1 910	2	2 300	2 250
64	6	2 680	2 520	2	3 030	2 980
72	6	3 460	3 280	2	3 860	3 800
80	6	4 340	4 140	1.5	4 850	4 800
90	6	5 590	5 360	2	6 100	6 020
100	6	6 990	6 740	2	7 560	7 470
110				2	9 180	9 080

* Las ecuaciones y los datos utilizados para elaborar esta tabla se obtuvieron de la norma ANSI B1.1-1974 y B18.3.1-1978. El diámetro menor se determinó mediante la ecuación $d_s = d - 1.226 869p$, y el diámetro de paso a partir de $d_w = d - 0.649 519p$. La media del diámetro de paso y el diámetro menor se usaron para calcular el área de esfuerzo de tensión.

Fuente : SHIGLEY. Joseph y MISCHKE. Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México. Editorial MacGraw-Hill. 2002. 1257. Sexta edición, pag. 456

Anexo 2.11 Propiedades mecánicas de pernos de acero

Tabla 8-11
Clases métricas de propiedad mecánica para pernos, tornillos y birlos de acero*

Clase de propiedad	Intervalo de tamaños, inclusive	Resistencia mínima de prueba, † MPa	Resistencia de tensión mínima, † MPa	Resistencia mínima de fluencia, † MPa	Material	Marca en la cabeza
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero al bajo o medio carbono	
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero al bajo o medio carbono	
5.8	M5-M24	380	520	420	Acero al bajo o medio carbono	
8.8	M16-M36	600	830	660	Acero al medio carbono, T y R	
9.8	M1.6-M16	650	900	720	Acero al medio carbono, T y R	
10.9	M5-M36	830	1 040	940	Acero martensítico al bajo carbono, T y R	
12.9	M1.6-M36	970	1 220	1 100	Acero de aleación, T y R	

* La longitud de la rosca para pernos y tornillos de cabeza es

Fuente : SHIGLEY. Joseph y MISCHKE. Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México. Editorial MacGraw-Hill. 2002. 1257. Sexta edición, pag. 477

Anexo 2.12 Propiedades a flexión de la soldadura de filete

Tabla 9-3
(Continuación)

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento del área unitaria
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 1.414\pi hr$		$I_u = \pi r^3$

* I_u , segundo momento de área, se toma respecto a un eje horizontal que pasa por G, el centroide del grupo de soldaduras, siendo b el tamaño de la soldadura; el plano del par flexionante es normal al plano de la página y paralelo al eje y ; todos los soldaduras son del mismo tamaño.

Fuente : SHIGLEY. Joseph y MISCHKE. Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México. Editorial MacGraw-Hill. 2002. 1257. Sexta edición, pag. 550

Anexo 2.13 Tubos estructural cuadrado

DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84

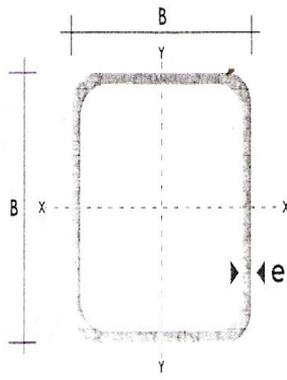

Fuente: www.dipacmanta.com

LÁMINA 1

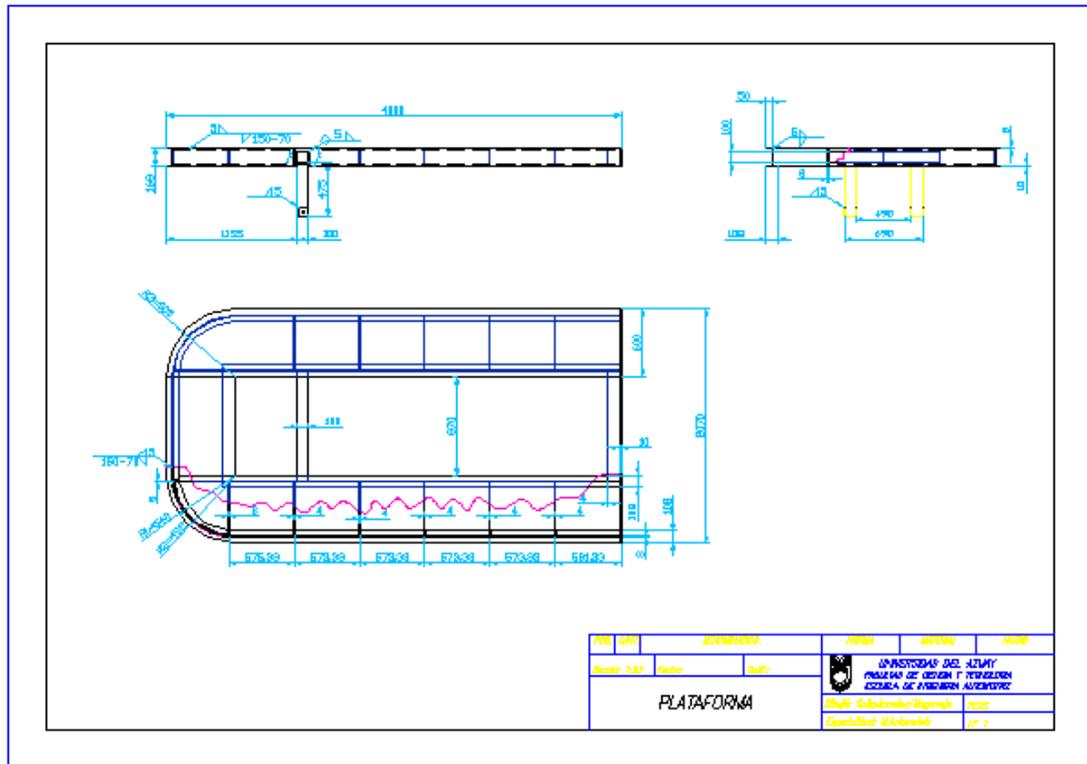


LÁMINA 2

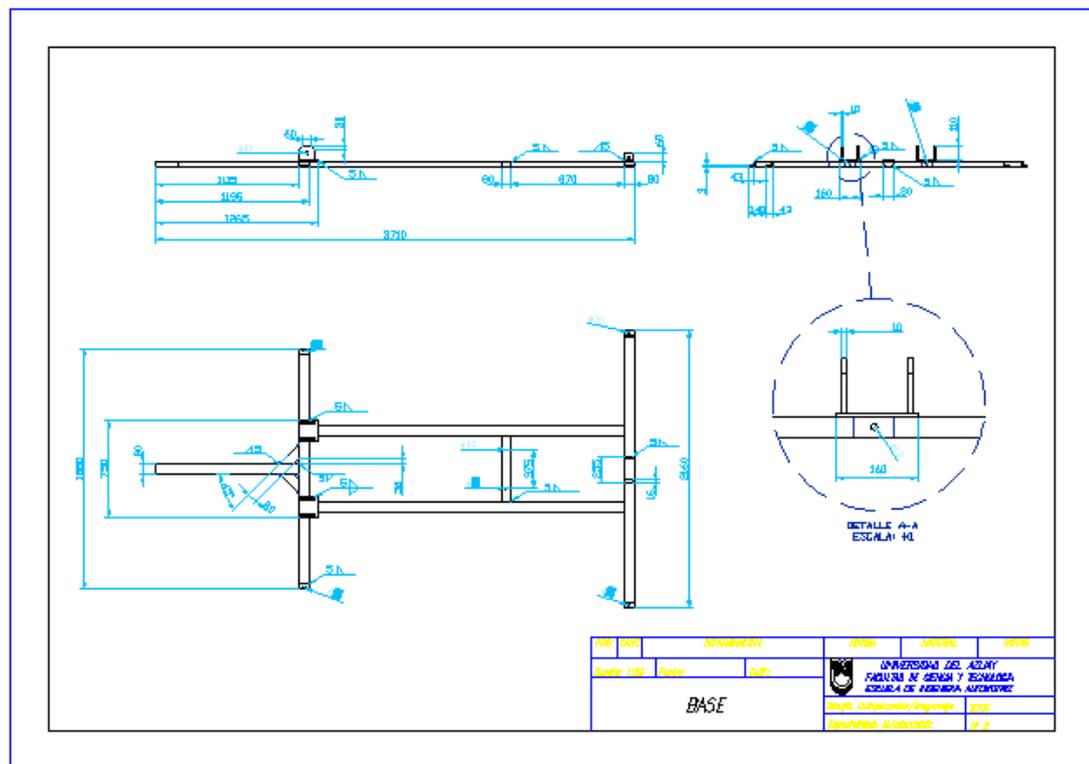


LÁMINA 3

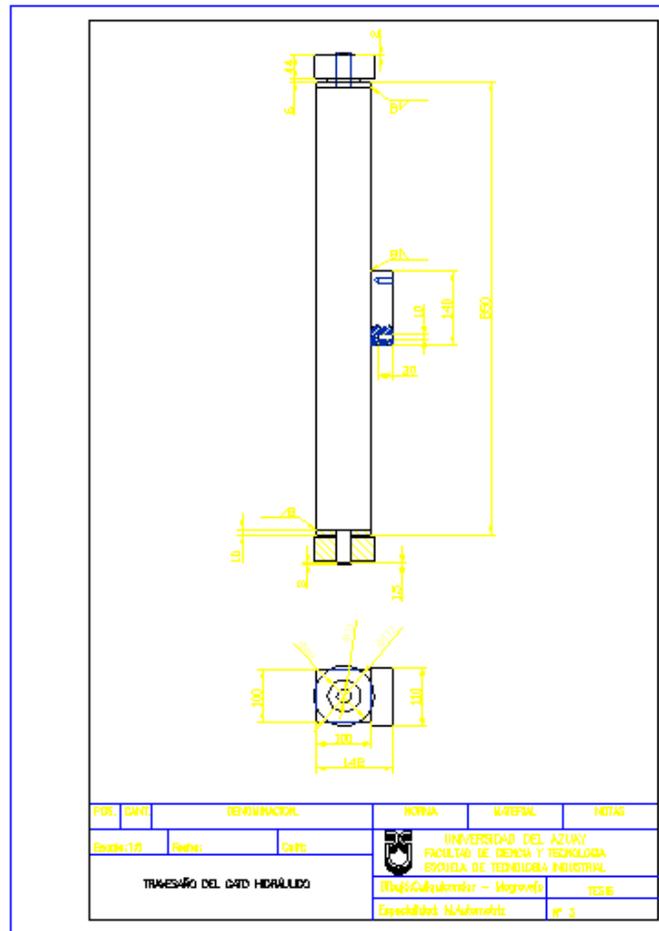


LÁMINA 4

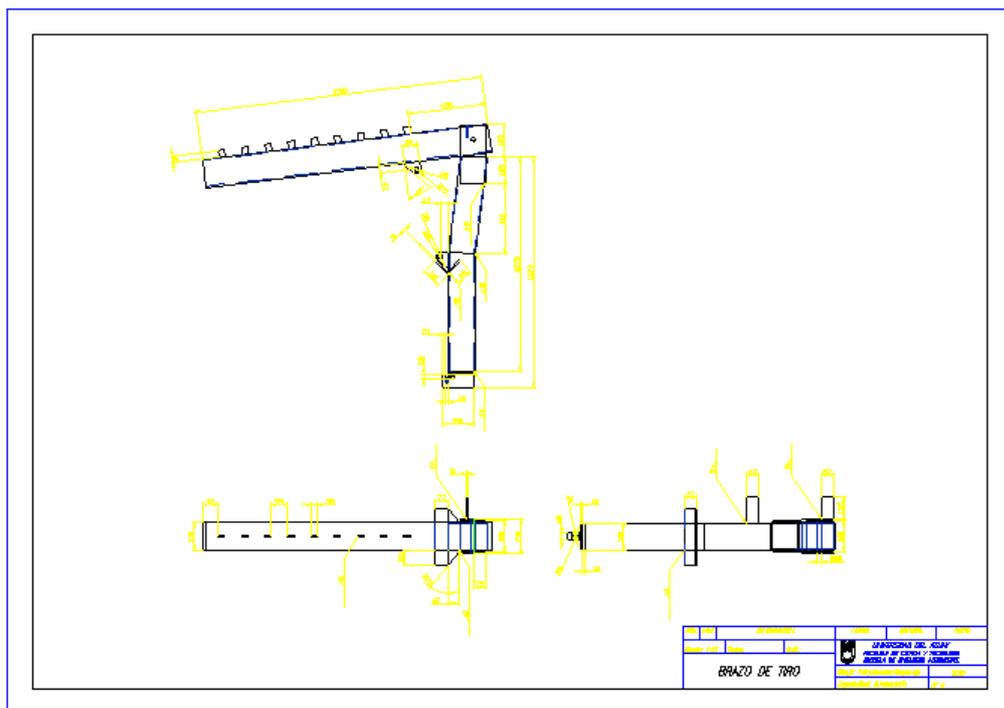


LÁMINA 5

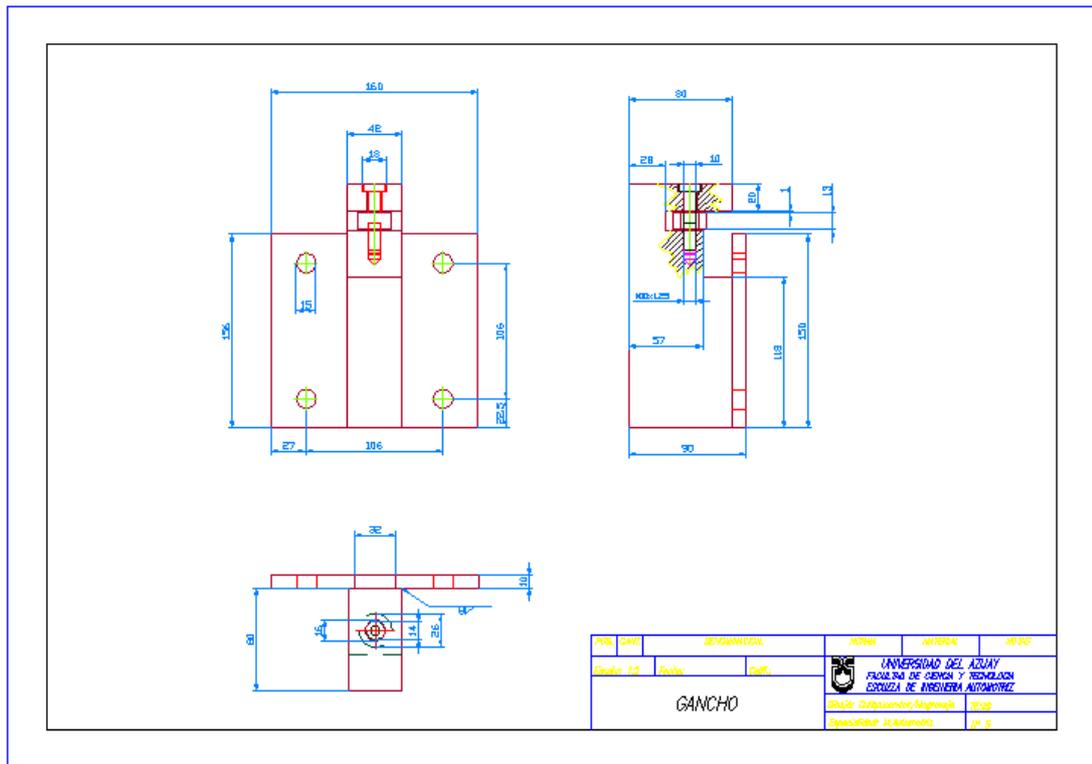


LÁMINA 6

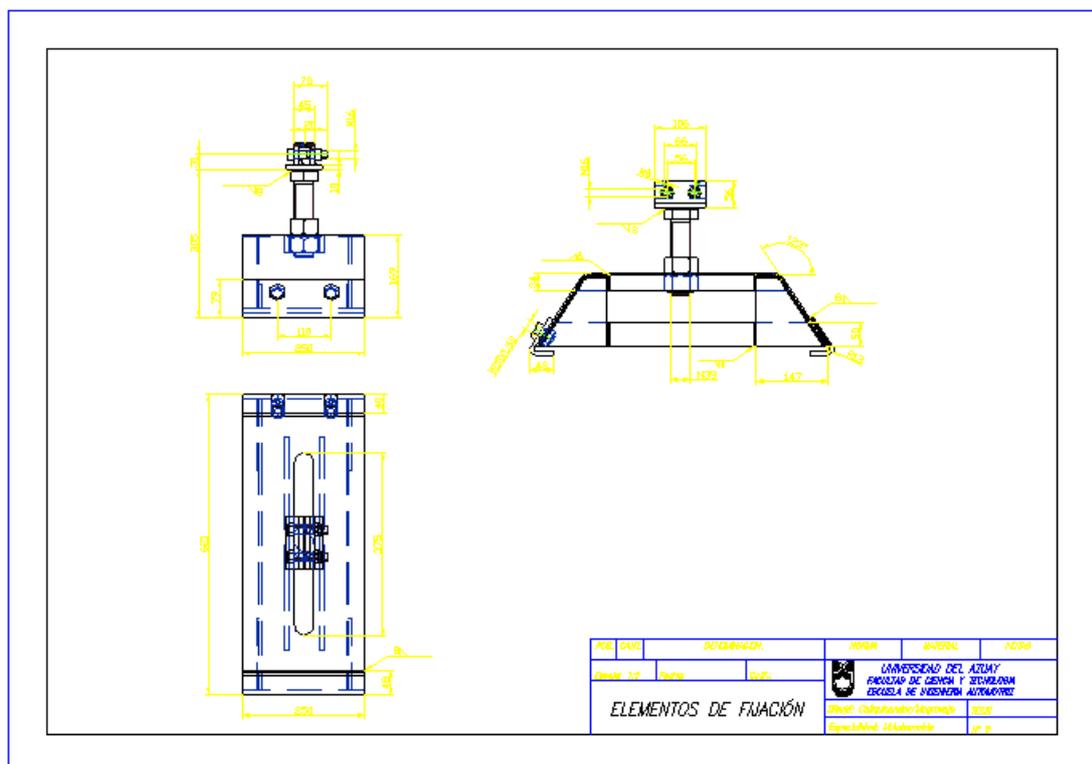


LÁMINA 9

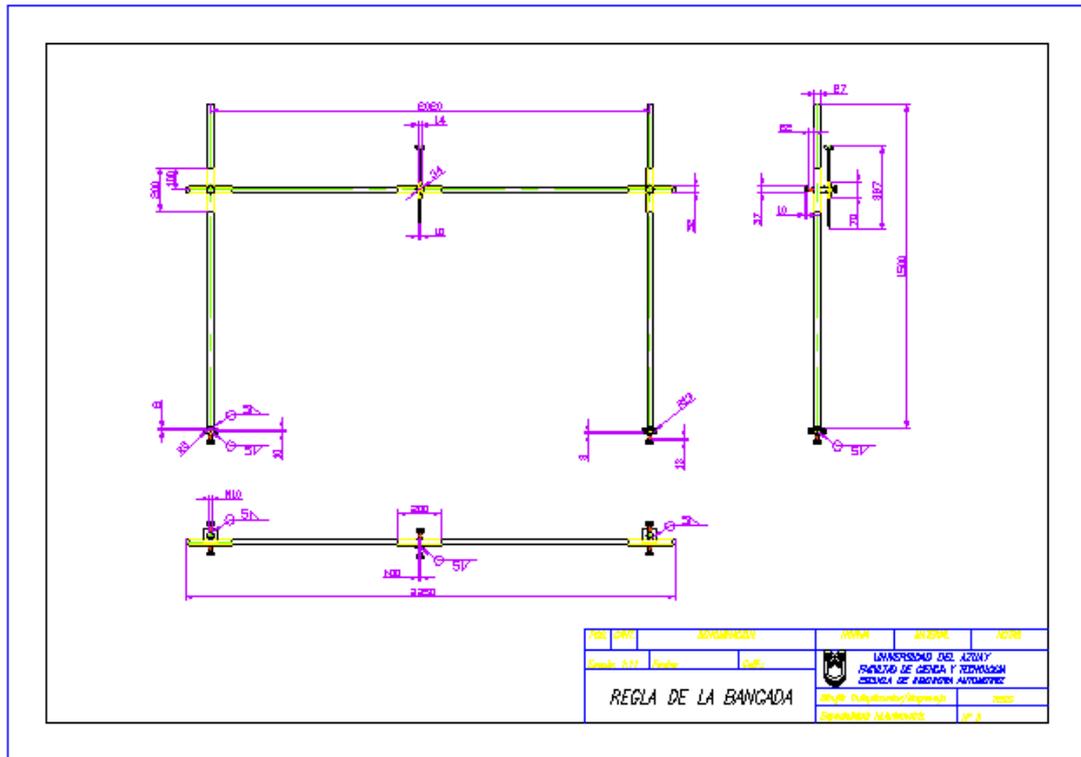


LÁMINA 10

