

DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE CARROCERÍAS DE
CARROS Y CAMIONETAS

OMAR ANDRÉS CRUZ ROPERO
EDWIN GARRIDO JARABA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2017

DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE CARROCERÍAS DE
CARROS Y CAMIONETAS

OMAR ANDRÉS CRUZ ROPERO
EDWIN GARRIDO JARABA

Proyecto integral de grado para optar por el título de
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2017

NOTA DE ACEPTACIÓN:



Firma del presidente del jurado
Ing. Gabriel H. Rivera R.



Jurado 1
Ing. Miguel Morales



Jurado 2
Ing. Scherazada Calderón

Bogotá, D.C. 24 de julio del 2017

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

DR. JAIME POSADA DÍAZ

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

DR. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados

DRA. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Secretario General

DR. JUAN CAMILO POSADA GARCÍA-PEÑA

Decano Facultad de Ingenierías

ING. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa Ingeniería Mecánica

ING. CARLOS MAURICIO VELOZA M.

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

Dedico este documento a mis padres a mis padrinos y abuelos que desde pequeños me han conducido por ser una persona trabajadora y líder de una empresa, a toda una vida de esfuerzo y dedicación para salir adelante y ser un profesional y un empresario; a todas las personas que sin saberlo me han enseñado pequeñas cosas que dejan huella para forjar un gran horizonte, a todos los docentes y compañeros que me han acompañado en mi formación profesional. Este es el fin de un ciclo muy importante, que me ayuda a fortalecer en mi integridad y poder cumplir los proyectos más anhelados de mi familia.

Omar Andrés Cruz R.

A mis padre quien con su apoyo, paciencia y dedicación logro encaminarme hacia lo que hoy estoy culminando, ser profesional, a mi madre que siempre estuvo a mi lado mostrándome la mejor forma de hacer las cosas, a mis tíos por su apoyo incondicional y recibirme siempre con los brazos abiertos y a mis compañeros que me brindaron su apoyo y con los cuales he compartido y de quienes me llevo un grato recuerdo, así como los docentes que tuvieron sabiduría para ilustrarme y enseñarme la mejor forma de enfrentarme a la vida profesional.

Edwin Garrido Jaraba.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	18
1.1 VISIÓN	18
1.2 MISIÓN	18
1.3 SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO	18
1.4 PASOS DEL PROCESO	19
1.4.1 Limpieza y fumigación	19
1.4.2 Drenado	20
1.4.3 Extracción	20
1.4.4 Selección	21
1.4.5 Corte	21
1.4.6 Almacenamiento	22
1.4.7 Transporte	22
1.5 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO	22
1.6 CARACTERÍSTICAS DE LAS CARROCERÍAS	23
1.6.1 Carrocería tipo “estructura unitaria” y “cuerpo con chasis”	23
1.6.2 Materiales de carrocerías	24
2. PARÁMETROS Y REQUERIMIENTOS	26
2.1 PARÁMETROS	26
2.1.1 Dimensiones	26
2.1.2 Dureza del material	26
2.1.3 Espacio	26
2.1.4 Cantidad	27
2.1.5 Peso máximo	27
2.1.6 Fuerza de compactación	27
2.2 REQUERIMIENTOS DE CESVI REPUESTOS	27
2.2.1 Seguridad	27
2.2.2 Tamaño de la máquina	28
2.2.3 Forma de la chatarra compactada	28
2.2.4 Fácil transporte de la chatarra	28
2.2.5 Fabricación y montaje	28
2.3 CONFIGURACIÓN DE COMPACTACIÓN	28
3. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	29
3.1 ALTERNATIVA N°1	29
3.2 ALTERNATIVA N°2	31
3.3 ALTERNATIVA N°3	32
3.4 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO	33
3.5 DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN	35

4.	DISEÑO DETALLADO	37
4.1	CÁLCULO DE LOS CILINDROS HIDRÁULICOS	39
4.1.1	Cálculo del pistón	39
4.1.2	Cálculo del vástago	40
4.1.3	Longitud de carrera	41
4.1.4	Dimensiones normalizadas.	41
4.1.5	Cálculo del volumen del cilindro	44
4.1.6	Materiales del cilindro	44
4.2	CÁLCULOS DE LA CENTRAL HIDRÁULICA	45
4.2.1	Cálculo del caudal	46
4.2.2	Cálculo de los tiempos de avance y retroceso	47
4.2.3	Cálculo del volumen del tanque	48
4.2.4	Cálculo potencia de la bomba	49
4.2.5	Diámetro de la tubería	49
4.2.6	Selección del aceite hidráulico	51
4.3	SISTEMA DE CONTROL HIDRÁULICO	52
4.4	CÁLCULOS ESTRUCTURALES	55
4.4.1	Análisis de columnas	55
4.4.2	Análisis de flexión de vigas	61
4.4.3	Análisis de esfuerzos en pasadores y sus uniones	67
4.5	CÁLCULO DE SOLDADURAS	68
4.5.1	Cálculo de soldaduras láminas centrales	70
4.5.2	Cálculo de soldadura soporte del pistón	74
5.	ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS	78
5.1	ANÁLISIS DE LA PLACA DE COMPACTACIÓN	78
5.2	ANÁLISIS DE LA GUÍA LATERAL	81
5.3	ANÁLISIS DE PLACA INFERIOR	83
6.	EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.	87
6.1	DISPOSICIÓN DE RESIDUOS	88
6.2	ESTUDIO AMBIENTAL AL PROCESO DE FABRICACIÓN	89
6.2.1	Matriz PEM	89
6.2.2	Plan de manejo ambiental	90
7.	MANUAL DE OPERACIÓN Y SEGURIDAD	91
7.1	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	91
7.2	FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO	92
7.2.1	Encendido de la máquina	93
7.2.2	Precauciones de operación	93
7.2.3	Operación manual	93
7.2.3.1	Primer paso	94
7.2.3.2	Segundo paso	95
7.2.3.3	Tercer paso	95
7.2.3.4	Cuarto paso	95

7.2.3.5	Quinto paso	95
7.2.3.6	Sexto paso	96
7.2.3.7	Séptimo paso	96
7.3	MANUAL DE MANTENIMIENTO	96
8.	MANUAL DE MONTAJE	98
8.1	CORTE DE LÁMINAS Y PERFILES	98
8.2	MECANIZADO DE PIEZAS	98
8.3	ENSAMBLAJE Y SOLDADURA	98
8.3.1	Ensamble placa de compactación inferior	99
8.3.2	Ensamble placa de compactación superior	100
8.3.3	Ensamble de columnas laterales	101
8.3.4	Ensamble placa posterior	101
8.3.5	Ensamblaje máquina de compactación	102
9.	EVALUACIÓN FINANCIERA	103
9.1	COSTOS ACTUALES	103
9.2	INVERSIÓN	103
9.3	COSTOS DE OPERACIÓN Y DE MANTENIMIENTO	105
9.4	ANÁLISIS FINANCIERO	106
10.	CONCLUSIONES	111
11.	RECOMENDACIONES	112
	BIBLIOGRAFIA	113
	ANEXOS	114

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Cuerpo unitario y cuerpo en chasis	24
Ilustración 2. Alternativa de diseño tipo container.	29
Ilustración 3. Orientación de movimiento en alternativa 1	30
Ilustración 4. Alternativa de diseño tipo cámara	31
Ilustración 5. Orientación de movimiento en alternativa 2.	31
Ilustración 6. Alternativa de diseño tipo prensa.	32
Ilustración 7. Orientación de movimiento en alternativa 3	33
Ilustración 8. Representación básica de un cilindro hidráulico de doble efecto	38
Ilustración 9. Materiales cilindros hidráulicos	45
Ilustración 10. Velocidad del fluido según la presión.	49
Ilustración 11. diámetro interno de manguera	50
Ilustración 12. Fuerzas y reacciones de la máquina.	56
Ilustración 13. Cotas para perfiles en C	64
Ilustración 14. Tipos de aplicación de soldadura	69
Ilustración 15. Factores geométricos para análisis de soldadura	71
Ilustración 16. Simplificación soporte de pistón y pasador	76

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Aceros por sección de estructuras	25
Tabla 2. Asignación de ponderación	35
Tabla 3. Criterios de ponderación	35
Tabla 4. Ponderación lineal	36
Tabla 5. Ponderación por alternativa de diseño	36
Tabla 6. Marcas de la Ilustración 9	38
Tabla 7. Medidas normalizadas	42
Tabla 8. Medidas normalizadas cilindro placa superior	42
Tabla 9. Propiedades aceite ISO 68	51
Tabla 10. Especificaciones pistón hidráulico	54
Tabla 11. Propiedades de los aceros	56
Tabla 12. Medidas normalizadas perfil cuadrado	60
Tabla 13. Dimensiones normalizadas perfiles en C.	65
Tabla 14. Esfuerzos en uniones.	68
Tabla 15. Esfuerzos cortantes admisibles sobre soldadura de chaflán.	69
Tabla 16. Tamaños mínimos de cordón para placas.	74
Tabla 17. Matriz ambiental PEM	89
Tabla 18. Tabla para mantenimiento preventivo	96
Tabla 19. costos actuales del proceso	103
Tabla 20. Costo de fabricación	104
Tabla 21. Costos de recursos implementados	104
Tabla 22. Valores totales de fabricación	104
Tabla 23. Consumo de energía	105
Tabla 24. Costos adicionales	105
Tabla 25. Costos del operario	105
Tabla 26. Cargos prestacionales	106
Tabla 27. Costos mantenimiento anual	106
Tabla 28. Costo de operación	106
Tabla 29. Comparativo	106

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Incremento en la utilización de grados HSS	24
Figura 2. Esquema simplificado momento longitudinal	58
Figura 3. Diagrama de una viga inferior	61
Figura 4. análisis por secciones de la viga inferior	62
Figura 5. Esfuerzo cortante y momento máximo	63
Figura 6. Costo de operación actual	108
Figura 7. Costo de operación del proyecto	108

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Cesvi, Limpieza y fumigación	19
Imagen 2. Cesvi drenado	20
Imagen 3. Cesvi Extracción	20
Imagen 4. Cesvi Selección	21
Imagen 5. Cesvi Corte	21
Imagen 6. Cesvi almacén	22
Imagen 7. Partes de la compactadora	37
Imagen 8. Catalogo manguera.	50
Imagen 9. Manómetro	52
Imagen 10. Representación válvula 4/3.	52
Imagen 11. Válvula de descarga.	53
Imagen 12. Bomba pistones	53
Imagen 13. Esquema hidráulico	54
Imagen 14. Fuerzas aplicadas a la columna	57
Imagen 15. Pasador y soporte	67
Imagen 16. Cordón de soldadura lamina central superior.	70
Imagen 17. Análisis fuerza puntual placa de compactación.	71
Imagen 18. Cordón de soldadura soporte de pistón	75
Imagen 19. Restricciones placa de compactación.	78
Imagen 20. Esfuerzos placa de compactación	79
Imagen 21. Deformación placa de compactación	80
Imagen 22. Restricción guía lateral	81
Imagen 23. Esfuerzos guía lateral	82
Imagen 24. Desplazamiento guía lateral	83
Imagen 25. Restricciones de placa inferior	84
Imagen 26. Esfuerzos placa inferior	84
Imagen 27. Desplazamiento placa inferior	85
Imagen 28. Compactadora para chasis de automóviles	91
Imagen 29. unidad de potencia hidráulica	92
Imagen 30. Posicionamiento de la placa compactadora.	93
Imagen 31. Tablero de instrumentación	94
Imagen 32. Control de compactadora	95
Imagen 33. Pasos ensamble placa compactación inferior	99
Imagen 34. Ensamble soporte de pistón	100
Imagen 35. Ensamble placa compactación superior	101

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Catálogo aceite hidráulico	115
Anexo B. Catálogo aceite hidráulico	119
Anexo C. Catálogo para lamina	122
Anexo D. Catálogo para manguera	125
Anexo E. Catálogo para perfiles en c	127
Anexo F. Catálogo perfiles cuadrados	130
Anexo G. Catálogo soldaduras	132
Anexo H. Catálogo unidad de potencia hidráulica	135
Anexo I. Ficha técnica	139
Anexo J. Planos para máquina compactadora	144

RESUMEN

En este proyecto se realizó el “DISEÑO DE UNA MAQUINA COMPACTADORA DE CARROCERÍAS DE CARROS Y CAMIONETAS” con la finalidad de optimizar el espacio utilizado en los contenedores, reduciendo el volumen que ocupan las carrocerías de carros y camionetas, reduciendo costos y tiempos de operación y disminuyendo las posibilidades de riesgo laboral para la unidad estratégica de CESVI Repuestos.

En primera instancia, se definieron distintas formas de compactación, a través de tres alternativas propuestas, las cuales fueron evaluadas, para luego seleccionar aquella con el diseño que satisfacía de mejor manera los requerimientos de CESVI Repuestos y cumpliendo con los parámetros establecidos.

Se realizó un diseño detallado en el cual se calcularon los sistemas, componentes y estructura de la maquina compactadora; dicho diseño se evaluo por medio del análisis por elementos finitos, utilizando el software NX 9.0, confirmando de esta manera los cálculos mencionados.

Luego de obtener las especificaciones de los diferentes componentes de la maquina compactadora, sistemas, materiales y dimensiones, se procedió a desarrollar los planos de la máquina de compactación y se elaboraron el plan de mantenimiento manual de operación y manual de montaje.

Por último, se realizó la evaluación financiera y estudio de impacto ambiental para la fabricación de la maquina compactadora.

Palabras claves: Diseño de máquina, compactadora, carrocerías, análisis por elementos finitos.

INTRODUCCIÓN

La problemática tiene su origen en la empresa CESVI Colombia, específicamente en la unidad estratégica de CESVI Repuestos donde por medio de una cadena de procesos, a automóviles siniestrados que adquiere la empresa les retiran todas y cada una de las partes en buenas condiciones que sirven como repuestos para su venta, debido a la naturaleza del material no aprovechable que se genera en dicho proceso, se ven en la necesidad de cortarlo para su almacenamiento y posterior disposición en siderúrgicas, estos procesos de corte representan riesgos de salud y aumento en costos y tiempos de operación; además de esto para almacenar dicho material la empresa solo cuenta con un container suministrado por la siderúrgica el cual no logra almacenar la cantidad de material deseado y su espacio no es aprovechado de forma óptima debido a las formas y geometría de la chatarra.

La importancia de este proyecto se evidencia en la compactación de material no aprovechable, con el fin de optimizar los espacios utilizados en la empresa y de igual forma optimizando el espacio disponible en el contenedor que es usado con el objetivo de almacenar dicho material, mejorando de esta forma los tiempos de operación, así como sus costos y eliminando operaciones que presentan riesgos de tipo laboral para algunos operarios.

El objetivo general que responde a problemática expuesta es “Diseño de una máquina compactadora de carrocerías de carros y camionetas” que cumpla con los requerimientos establecidos por la empresa de CESVI Colombia. Con la finalidad de alcanzar el objetivo general se plantearon los siguientes objetivos específicos que permitieron un correcto desarrollo del mismo. Estos son:

- Evaluar la situación actual del proceso.
- Evaluar los parámetros básicos y requerimientos funcionales.
- Identificar y establecer las alternativas para lograr la funcionalidad de la máquina.
- Diseñar los componentes de la compactadora.
- Verificar por el análisis de elementos finitos los elementos críticos de la compactadora.
- Elaborar los manuales de montaje, operación, mantenimiento y de seguridad y salud ocupacional.
- Elaborar planos de fabricación, ensamble, montaje, eléctricos y de control.
- Evaluar el impacto ambiental del proceso y de la máquina.

- Evaluar financieramente el proyecto.

El alcance del proyecto es diseñar una compactadora para la compactación de carrocerías vehículos, incluyendo en esto vehículos tipo sedán con diferentes aleaciones de acero y todos sus subsistemas hidráulicos, mecánicos y eléctricos requeridos. El proyecto llegará hasta su diseño y simulación por elementos finitos, su construcción y posterior implementación dependerá de la empresa.

La metodología a seguir para el desarrollo del diseño de la compactadora será el de analizar los requerimientos de la empresa y a partir del análisis de los mismos, la experiencia de la empresa y comparando la tecnología actual pertinente, llegar a un diseño que satisfaga las necesidades de la empresa en cumplimiento de dichos requerimientos.

La aplicación de este diseño representará para la empresa una mejora en los tiempos de operación, así como una reducción de costos en los mismos, además permitirá aprovechar de una forma más óptima el espacio destinado para el almacenamiento de chasis no aprovechable, también reducirá los riesgos.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

Centro de Experimentación y Seguridad Vial Cesvi Colombia S.A. es una compañía de vanguardia, que mediante la investigación y experimentación en el área automotriz desde hace 18 años desarrolla productos y servicios, enfocados en las necesidades de la industria automotriz de Colombia y el continente.

Gracias a su importante trayectoria en la investigación de la cadena de valor del automóvil, Cesvi Colombia S.A. ha sido reconocida como Centro de Investigación y Experimentación por parte de Colciencias. En el ámbito internacional hacen parte del RCAR, un organismo cuyo objetivo es reducir los costos humanos y económicos de las pérdidas de vehículos de motor. Adicionalmente, Cesvi Colombia cuenta con la certificación ISO 9001.2008 en todos sus procesos, lo que nos compromete con la gestión integral y aplicación de mejores prácticas administrativas y de servicio.¹

1.1 VISIÓN

Investigar y experimentar con el propósito de construir soluciones para los sectores asegurador, automotor y de la seguridad vial. Septiembre 2016.

1.2 MISIÓN

En 2018 ser una entidad reconocida por el liderazgo en la construcción de soluciones competitivas y rentables para los sectores asegurador, automotor y de la seguridad vial. Septiembre 2016.

1.3 SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO

En Colombia se ha reportado 136.232 accidentes entre enero y agosto del 2016, según este informe la segunda ciudad que más ha reportado accidentes es Bogotá con 24.287; el índice de accidentalidad vial en promedio de los últimos tres años es de 178.048 accidentes cada año según datos recolectados por la Concesión RUNT (Registro único nacional de tránsito) para el Ministerio de transporte².

Gran parte de dichos accidentes son cubiertos por diferentes entidades aseguradoras, dedicadas a la venta de seguros que cubren diferentes tipos de accidentes relacionados con bienes materiales; teniendo en cuenta el tipo de inconveniente relacionado con el automóvil, así como su documentación, muchos de estos son clasificados como siniestrados.

¹ CESVI Colombia. Nosotros. [En línea] <http://www.cesvicolombia.com/cesvi/#nosotros>

² Concesión RUNT. Estadísticas 2016. [En línea] <https://www.runt.com.co>

Algunos de estos automóviles siniestrados llegan a CESVI Repuestos para un proceso de reciclaje que implica en primera instancia la LIMPIEZA Y FUMIGACIÓN (con el fin de evitar problemas de salubridad y eliminar posibles plagas contenidas en el vehículo); DRENADO (se drenan los líquidos que contiene el vehículo tales como fluidos refrigerantes, aceites lubricantes); EXTRACCIÓN (se retiran todas la piezas del automóvil incluyendo partes mecánicas, eléctricas y accesorios); SELECCIÓN (se separan todas aquellas piezas funcionales incluyendo secciones de carrocería útiles y se disponen a la venta o para reparación de vehículos); CORTE (se corta primero las secciones que irán para reparación de vehículos y luego de esto se procede a cortar el resto de la carrocería en secciones pequeñas); ALMACENAMIENTO (se almacena las secciones cortadas de carrocerías en un container); TRASPORTE (se transporta el container con material de carrocería hacia las siderúrgicas con el fin de reciclar dicho material).

1.4 PASOS DEL PROCESO

El proceso de limpieza y fumigación, drenado, extracción, selección, corte, almacenamiento y transporte de material reciclable, en la unidad estratégica de CESVI Repuestos actualmente se ha estado manejando dichos procesos de la siguiente forma:

1.4.1 Limpieza y fumigación. Luego de que el vehículo es ingresado, se sitúa en la primera de las estaciones donde un operario se encarga de fumigar el interior del automóvil, luego se espera un tiempo determinado y el operario procede limpiarlo por medio de chorros de Agua a presión, a continuación, el vehículo es inspeccionado para asegurar la inexistencia de plagas.

Imagen 1. Cesvi, Limpieza y fumigación



Fuente: Cesvi Colombia. Procesamiento de automóviles.

1.4.2 Drenado. Primero un operario se encarga de extraer los fluidos refrigerantes del sistema, luego de esto el vehículo es colocado en una plataforma que mediante un sistema de palanca inclina el automóvil de manera que un operario puede extraer por gravedad los aceites lubricantes y residuos de fluidos refrigerantes, estos fluidos y aceites son almacenados, luego el operario procede a desmontar la batería del carro.

Imagen 2. Cesvi drenado



Fuente: Cesvi Colombia. Procesamiento de automóviles.

1.4.3 Extracción. El vehículo es montado en una plataforma donde dos operarios se encargan de desmontar las piezas mecánicas, electrónicas y accesorios como cojinería haciendo uso de una variedad de herramientas. Continuamente debido a las condiciones de los automóviles es necesario emplear una cortadora retirando así parte de la carrocería para permitir la extracción de partes más grandes como el motor, en ocasiones también es necesario cortar algunas de estas partes debido a la imposibilidad de extraer la pieza.

Imagen 3. Cesvi Extracción



Fuente: Cesvi Colombia. Procesamiento de automóviles.

1.4.4 Selección. Se reúnen todas las partes retiradas del automóvil y a continuación pasan por un proceso de inspección donde el operario revisa la funcionalidad de la pieza, así como su estado, después de esto las piezas que se consideraron comerciales son clasificadas según su tipo y el operario procede a colocar el sello de registro a cada una de ellas, una vez cada pieza tiene código, son registradas en la base de datos de CESVI repuesto y almacenadas en la bodega.

Imagen 4. Cesvi Selección



Fuente: Cesvi Colombia. Procesamiento de automóviles.

1.4.5 Corte. Una vez desmontadas todas las piezas, se tiene tan solo la carrocería del automóvil, un operario mediante una cortadora retira en primera instancia las secciones que sirven como repuestos para venta comercial, luego procede a cortar las restantes en piezas pequeñas que son atadas entre ellas para facilitar su manipulación.

Imagen 5. Cesvi Corte



Fuente: Cesvi Colombia. Procesamiento de automóviles.

1.4.6 Almacenamiento. Mediante el uso de un montacargas un operario trasporta las piezas metálicas desde el módulo de corte hasta el container, donde el operario a cargo debe hacer encajar las diferentes piezas, con el fin de aprovechar de una manera eficiente el volumen disponible.

Imagen 6. Cesvi almacén



Fuente: Cesvi Colombia. Procesamiento de automóviles.

1.4.7 Transporte. El transporte del container que almacena las piezas de carrocerías está a cargo de la empresa siderúrgica que compra el material para su posterior fundición, enviando un camión de carga con la capacidad de llevar dicho container.

1.5 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO

Una de las divisiones de Cesvi repuestos, se enfoca en la parte de recolección de carros siniestrados, los cuales se remolcan por medio de una grúa y llevados a un lote predispuesto dentro de las instalaciones de Cesvi repuestos, con el fin de retirar las partes funcionales de los vehículos para su comercialización posterior, no sin antes pasar por un proceso de inspección y mantenimiento en el caso de algunos elementos mecánicos.

Además de esto, también a través de un proceso de corte se disponen de algunas secciones o partes de carrocería; otras partes como la pila, el refrigerante, y los aceites de los vehículos que son drenados, son almacenados en tanques para una correcta disposición de los mismos; todo el material restante es inutilizable para los fines comerciales de partes de vehículos, por lo que debido al compromiso que se tiene con el medio ambiente CESVI repuestos dispone de estos materiales restantes a las siderúrgicas.

Dichas siderúrgicas envían a la empresa un solo container para el proceso del transporte de dicho material, por lo que la empresa se ve en la obligación de sacar el máximo provecho a dicho container, para este fin CESVI se ha visto en la obligación de cortar las carrocerías y partes de los vehículos con el fin de

aprovechar de una mejor manera el espacio disponible para el transporte de material; sin embargo el proceso de corte no es el más óptimo debido a que no se logra utilizar al completo el espacio del cual se dispone, además de que dicho proceso de corte eleva considerablemente los costos y tiempos de operación en el proceso y genera otras desventajas como la contaminación auditiva y visual, agregado a esto debido a las vibraciones del proceso de corte se generan múltiples lesiones en las articulaciones de los operarios, por lo que hace que dicho proceso de corte no sea eficiente.

Cabe resaltar que el almacenamiento y abandono a largo plazo de estas partes afectan el medio ambiente causando gases invernaderos. Esta es una de las mayores preocupaciones a nivel mundial; debido a que CESVI es una empresa comprometida con el medio ambiente que busca reducir dicho impacto, no solo por el cumplimiento normativo sino también por el compromiso social.

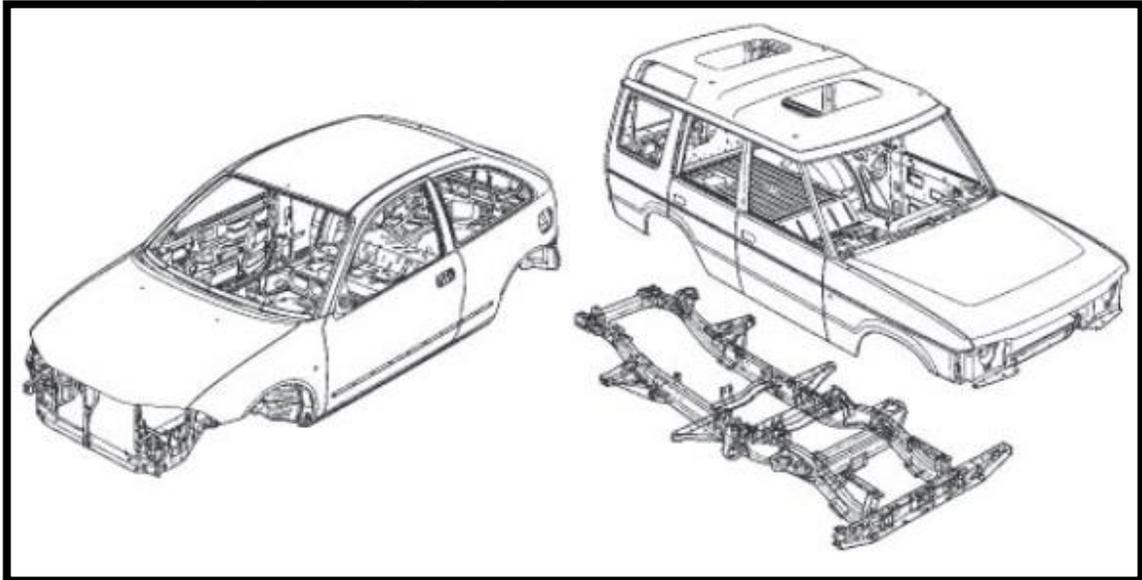
1.6 CARACTERÍSTICAS DE LAS CARROCERÍAS

La carrocería de un automóvil es la estructura sobre la que se montan todos los componentes, le da forma al automóvil además de ser el medio donde se encuentran los pasajeros o carga, por lo cual se dice que es en la que se soporta el diseño del automóvil.

Los materiales que comúnmente componen las carrocerías son algunos polímeros, aluminio y acero, sin embargo, hay que mencionar que dichos materiales varían según el tipo de diseño específico del automóvil, así como de su aplicación o requerimientos del cliente, haciendo uso de distintos tipos de aceros, polímeros y aluminios.

1.6.1 Carrocería tipo “estructura unitaria” y “cuerpo con chasis”. En algunos diseños la carrocería se compone de dos partes independientes, siendo estas el chasis y carrocería, en estos diseños el chasis es una estructura rígida que soportara los elementos mecánicos del automóvil y demás componentes. Este tipo de configuración mencionada es llamada por algunas fuentes “cuerpo con chasis” la cual fue la configuración más usada hasta el año 1930.

Ilustración 1. Cuerpo unitario y cuerpo en chasis

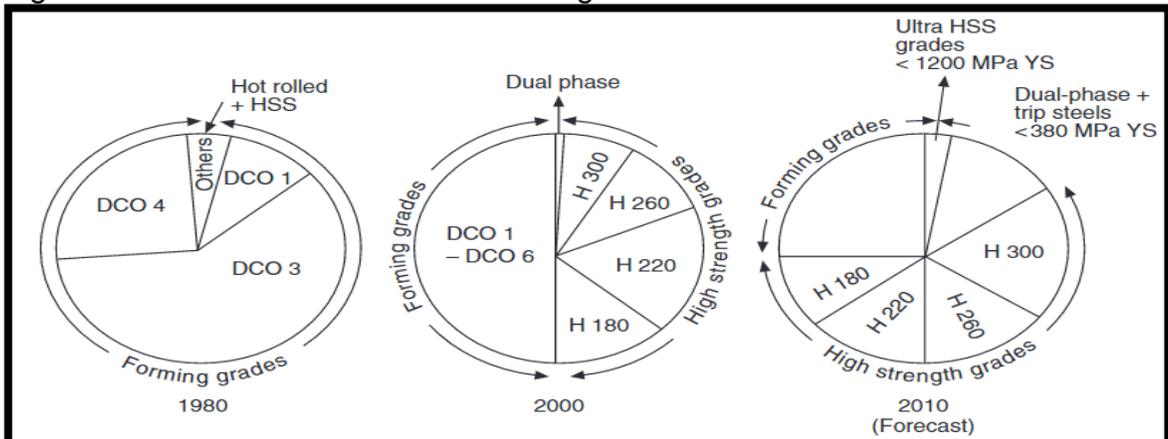


Fuente: Davies, G. (2003). Materials for automobile bodies. Ámsterdam: Elsevier

Luego de esto, debido a las facilidades que representaba para la producción en masa y reducción de costos, era más común usar la configuración de “estructura unitaria”, bajo la cual el chasis y la carrocería son parte de una misma estructura y distribuye los esfuerzos de igual manera alrededor de la misma.

1.6.2 Materiales de carrocerías. En el último siglo ha habido un significativo desarrollo en el diseño de las carrocerías de automóviles, y por tanto en los materiales comúnmente empleados, para que estos respondan a nuevos requerimientos y políticas de producción masiva.

Figura 1. Incremento en la utilización de grados HSS



Fuente: Davies, G. (2003). Materials for automobile bodies. Ámsterdam: Elsevier.

Es bastante común encontrar aluminio como remplazo del acero en algunas estructuras en carrocerías, debido a sus parecidas propiedades mecánicas; en los diseños más recientes de carrocerías se hace uso de los polímeros debido a la gran variación de propiedades que permiten acoplar los sistemas mecánicos de una manera más eficiente cumpliendo con las necesidades de producción masiva.³

Algunos de los aceros implementados cambian dependiendo de la sección de la estructura, debido a que las funciones que cumplen en el conjunto de carrocería son distintos, además de que se presenta la necesidad de que ciertas secciones sean fácilmente deformables, con el objetivo de proteger las partes mecánicas más importantes y cuidar el bienestar de los pasajeros.

Tabla 1. Aceros por sección de estructuras

Zone/Assembly	Requirements	Steels		Possible* alternatives (material/form)
		Type	YS MPa	
Main structure:				
• Front/rear longit mbrs	Impact resistance	HSS	300	DP600, AP
• 'A' post inner/outer	Rigidity, strength	HSS	300	AP, HT
• Cantrail	„ „	HSS	260	AP, HT
• Main/rear floor	Moderate strength	HSS	180	AS
• Bodyside	Moderate strength, formability	HSS	180	AS, TWB
• Spare wheel well	Deep drawability	FS	140	SWS, SPA
• Wheelhouse, valance	Formability	FS	140	AS
'Bolt-on' assemblies				
<i>Outer panels</i>				
Door skins	'A' Class surface Dent resistance	FS	140	BH180, AS, SPA PLA-RRIM,
Bonnet	'A' Class surface Dent resistance	FS	140	BH180, AS, SPA PLA-SMC
Boot	'A' Class surface Dent resistance	FS	140	BH180, AS, SPA PLA-SMC
Roof	'A' Class surface Dent resistance	FS	140	BH180, HS
<i>Inner panels</i>				
Doors	Drawability	FS	140	TWB
Intrusion beams, rails	High impact strength	UHS	1200	AT, DP600+
* Code:				
HSS = high strength steel; UHS = ultra HS steel; FS = forming steel; AS = aluminium sheet; AP = aluminium profile; SPA = superplastic Al; HT = hydroformed tube; HS = hydroformed sheet; BH180 = Bake hardened steel; Dpyyy = Dual phase steel; TWB = Tailor welded blank; PLA-xxx = Plastic-xxx type; RRIM = reinforced reaction injection moulded; SMC = sheet moulding compound; SWS = sandwich steel				

Fuente: Davies, G. (2003). Materials for automobile bodies. Ámsterdam: Elsevier

³ Davies, G. (2003). Materials for automobile bodies. Ámsterdam: Elsevier

2. PARÁMETROS Y REQUERIMIENTOS

Los parámetros y requerimientos permiten orientar el diseño, de manera que cumpla con las necesidades de la empresa y que no falle ante las diferentes variables que existen en el entorno del proceso, así mismo que este dentro de las capacidades necesarias para que cumpla su objetivo sin exceder los recursos disponibles.

2.1 PARÁMETROS

Los parámetros de diseño para la compactadora estarán definidos por las situaciones críticas que podrán ocurrir dentro del proceso de compactación, de esta forma se deben tener en cuenta variables como las DIMENSIONES, la DUREZA DEL MATERIAL, la CANTIDAD del ingreso de vehículos, el ESPACIO disponible para la máquina y el PESO MÁXIMO admisible del container.

2.1.1 Dimensiones. Para poder determinar las medidas que debe tener la zona de compactación de la compactadora, se tuvieron en cuenta aquellos diseños de chasis que ocupan una mayor cantidad de espacio y de acuerdo al promedio de aquellos datos, estimar una medida que permita un funcionamiento óptimo de la misma.

En Cesvi 0Colombia el modelo con chasis más grande es el de las camionetas Pick Up sin embargo en ocasiones llegan vehículos más grandes, por lo que las medidas que se tendrán en cuenta son las siguientes: Ancho de 2100mm, longitud de 7400mm, altura de 2700mm.

2.1.2 Dureza del material. Según lo expuesto anteriormente en el capítulo 1 los materiales de los carros varían según el diseño de los mismos y de la sección de la carrocería en cuestión, por lo que la dureza máxima encontrada según estas variaciones es el de un HSS bajo la cual tiende a llegar a una dureza de 300 MPa según la Tabla 1, por lo que para el diseño de la compactadora se debe tener en cuenta, que la presión necesaria para el funcionamiento de la misma, deberá estar por encima de dicho valor, siendo este la dureza más alta que es posible encontrar en los automóviles.

2.1.3 Espacio. El espacio destinado por Cesvi para la ubicación de la máquina compactadora, tiene las siguientes dimensiones; ancho 2600mm y largo de 6300mm; además de esto el espacio se encuentra a la intemperie justo después de los contenedores de almacenamiento de diferentes materiales, por lo que la máquina se encontrará expuesta a la humedad del ambiente, así como otras situaciones climáticas.

2.1.4 Cantidad. La cantidad de automóviles siniestrados que procesa Cesvi es de un promedio de 20 al mes actualmente, por lo que el flujo de chasis a compactar no es crítico para el diseño de la compactadora, ya que esta tendrá capacidad para compactar 1 o 2 chasis simultáneamente en un tiempo promedio de 10 minutos.

2.1.5 Peso máximo. El peso máximo que admite el container es un parámetro que se debe tener en cuenta para poder determinar la cantidad ideal de volumen de chasis compactado, que debe procesar la compactadora de tal forma que se pueda aprovechar al máximo el espacio del container sin exceder el peso máximo admisible; el peso máximo admisible del container está normalizado según las dimensiones de los mismos, para el caso del container del que dispone Cesvi Repuestos para el almacenamiento de dichos chasis; se conoce que el peso del container varía entre 2Ton y 2.5Ton con una capacidad máxima que varía entre 21,7Ton y 28Ton.

2.1.6 Fuerza de compactación. La fuerza de compactación necesaria para compactar cualquier automóvil en promedio está definida por su límite de fluencia, así como la calidad del material como se menciona en el capítulo 1, por lo que algunos fabricantes como Overbuilt mencionan que la fuerza ideal de compactación debe ser de aproximadamente 160 Toneladas; sin embargo, otros fabricantes como ATM Arnold Technology maneja una fuerza de 100 Ton, por lo que la fuerza de compactación deberá encontrarse en este rango.

2.2 REQUERIMIENTOS DE CESVI REPUESTOS

Para que el diseño de la compactadora sea el más óptimo a la aplicación que Cesvi Repuestos le dará a la misma, la empresa ha puesto ciertos requerimientos a cumplir, de forma que el diseño se adapte más al espacio disponible, los recursos con los que cuenta la empresa, y que de esta forma supla las necesidades que presenta. Los requerimientos que presenta Cesvi son de SEGURIDAD al operario, TAMAÑO de la máquina, FORMA de la chatarra compactada, FÁCIL TRANSPORTE de la chatarra.

2.2.1 Seguridad. Uno de los objetivos que Cesvi Repuestos busca cumplir, es aquel de disminuir el riesgo de lesiones al que están expuestos los operarios, debido a la gran cantidad de operaciones de corte necesarias; por lo que el requerimiento presentado por la empresa, es el de un diseño que evite al máximo cualquier tipo de riesgo para los operarios, como evitar que partes del material a compactar salgan disparados por la presión.

2.2.2 Tamaño de la máquina. Cesvi Repuestos cuenta con espacio al aire libre para el diseño de la máquina; sin embargo, debido a la necesidad de reducir los tiempos de operación, se requiere situar la máquina compactadora cerca al container destinado para estos materiales, el espacio cercano a dicho deposito es más reducido, por lo que para poder situar una zona de seguridad el espacio máximo del que se dispone para el diseño de la máquina es de un largo de 6100mm y un ancho de 2400mm.

2.2.3 Forma de la chatarra compactada. La meta principal es lograr aprovechar al máximo el espacio disponible en el container, debido a que solo se cuenta con uno para este objetivo; gracias a esto, la geometría final de la chatarra compactada juega un papel importante, ya que dependiendo de la misma será más sencillo acomodar más cantidad de material en el container; por ello Cesvi Repuestos ha solicitado que la geometría final sea rectangular o cuadrada siempre teniendo en cuenta que no puede tener un ancho o lado mayor a 2000mm ya que esta es la medida de ancho del container.

2.2.4 Fácil transporte de la chatarra. Según lo expuesto anteriormente una de las preocupaciones de Cesvi repuestos es la facilidad con la cual los operarios podrán montar los chasis a la máquina compactadora y la facilidad con la que podrán retirarlos una vez estén compactados, por lo que el diseño deberá tener preferiblemente un sistema por el cual los chasis compactados sean retirados de forma automática o sean fáciles de retirar.

2.2.5 Fabricación y montaje. La empresa requiere que sea de fácil fabricación y montaje, por lo que las piezas que componen la máquina compactadora deben ser fáciles de maquinar o cortar, adicional a esto el montaje de la máquina debe ser intuitivo, de manera que los costos relacionados con esta parte del proceso sean lo más bajos posible.

2.3 CONFIGURACIÓN DE COMPACTACIÓN

Existen dos clasificaciones generales para las compactadoras según la disposición de la placa móvil de compactación y la dirección en la que esta compacta. Una de ellas es horizontal en la cual la placa se mueve en cualquiera de las tres direcciones en el plano horizontal compactando de esta misma forma, la otra clasificación es la vertical donde la placa móvil se sitúa arriba de la estructura y compacta al bajar con determinada presión. Por lo que se debe tener en cuenta cual se adapta más a las necesidades de Cesvi.

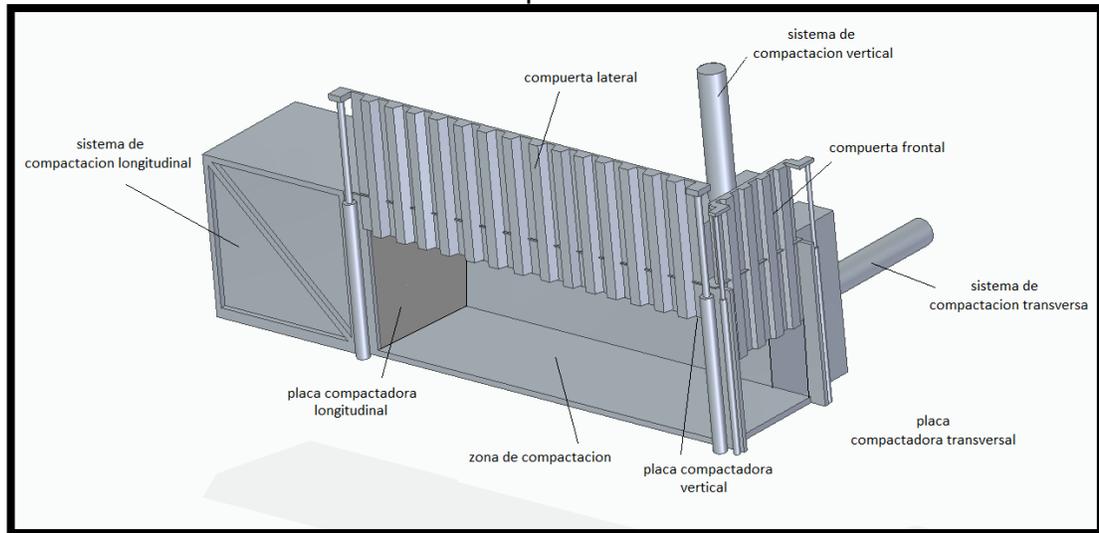
3. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

En las alternativas presentadas a continuación se tienen en cuenta principalmente que la geometría final de la chatarra compactada debe ser cubica o rectangular, todas las alternativas funcionan con un sistema de transmisión de movimiento hidráulico debido a que trasmite grandes fuerzas, no tiene gran emisión de ruido y son más bajos los costos de mantenimiento en comparación al mecánico, además de esto independiente a la alternativa seleccionada se contara con una estructura que soportara la máquina la cual contara con ruedas para permitir su desplazamiento.

A continuación, se presentan tres alternativas como solución al problema establecido y en cumplimiento de los requerimientos de Cesvi repuestos, así como de los parámetros críticos establecidos en el capítulo anterior.

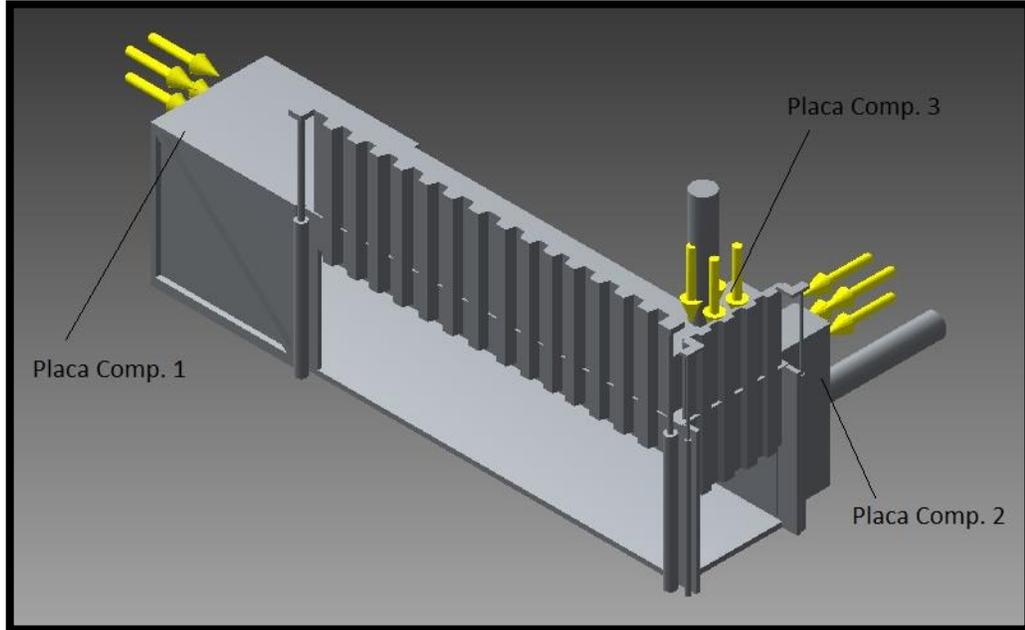
3.1 ALTERNATIVA N°1

Ilustración 2. Alternativa de diseño tipo container.



Para esta alternativa de diseño, el ingreso del chasis es por la parte lateral de la máquina, directamente en la zona de compactación; para esto es necesario que los pistones que controlan la compuerta lateral estén totalmente extendidos, una vez el montacargas ha dejado el chasis en la zona de compactación, a continuación, los pistones de compuerta se retraen para evitar que piezas del chasis salgan disparadas. Antes de empezar el proceso se debe asegurar que la compuerta frontal también se encuentre cerrada.

Ilustración 3. Orientación de movimiento en alternativa 1

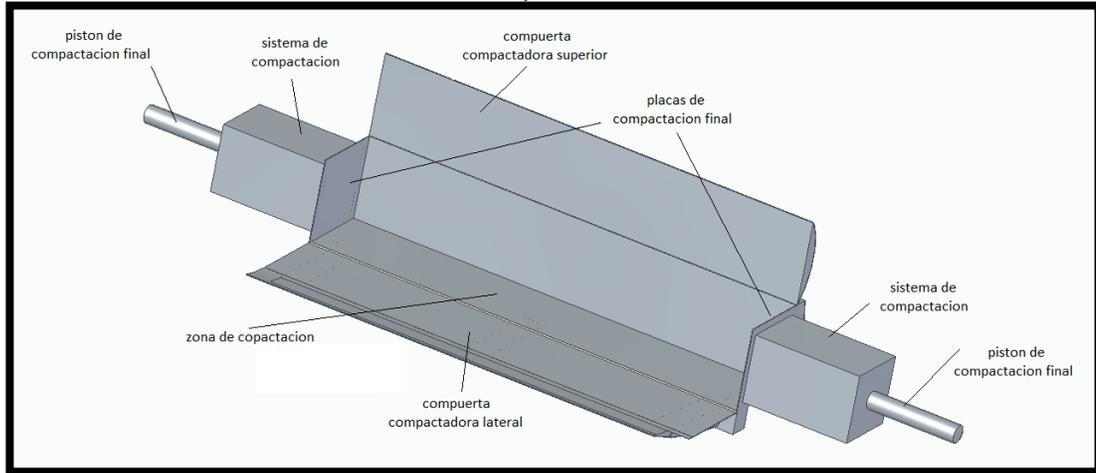


En primera instancia se activan los pistones correspondientes a la placa de compactación 1, de manera que el chasis queda en posición para los dos siguientes ciclos de compactación; a continuación, la placa de compactación 2, avanza hasta una distancia límite seguido de la placa de compactación 3, que descenderá en dirección como se indica la figura.

Luego las placas de compactación 2 y 3 regresaran a su posición de origen, mientras que la placa de compactación 1 solo retrocederá hasta cierto punto; una vez haya sucedido esto la compuerta frontal se abrirá y la placa 1 hará un avance completo expulsando de esta forma, fuera de la máquina, la chatarra compactada; gracias a esto, será mucho más fácil de trasportar, debido a que no existe la necesidad del uso del montacargas para retirar la chatarra.

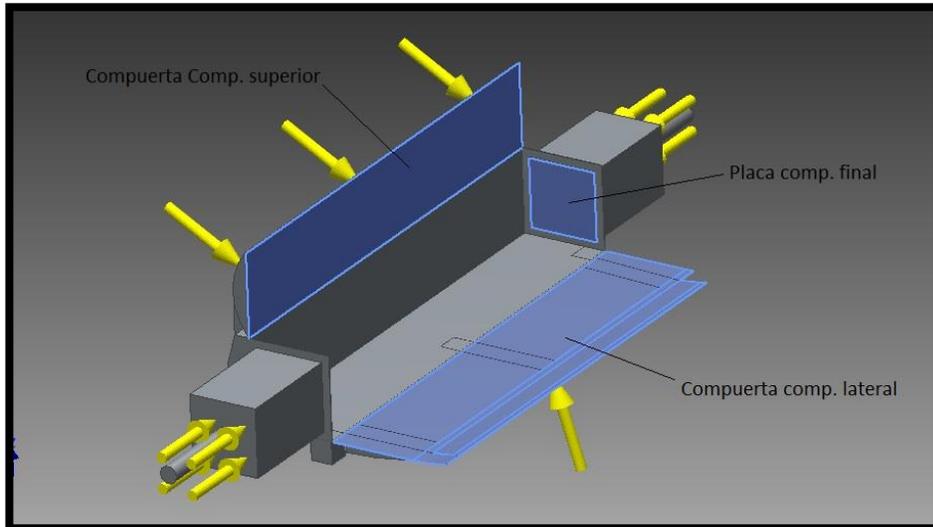
3.2 ALTERNATIVA N°2

Ilustración 4. Alternativa de diseño tipo cámara



Para esta alternativa de diseño es necesario que la compuerta de compactación lateral esté completamente extendida para permitir el ingreso del chasis, debido a que el montacargas deberá colocarlo sobre la zona de compactación más allá de la compuerta lateral; sin embargo, es posible ubicarlo a una distancia de forma tal que el chasis queda ubicado en una zona media entre la compuerta lateral y la zona de compactación, esto sucederá a menudo en aquellos modelos de automóviles de mayores dimensiones.

Ilustración 5. Orientación de movimiento en alternativa 2.



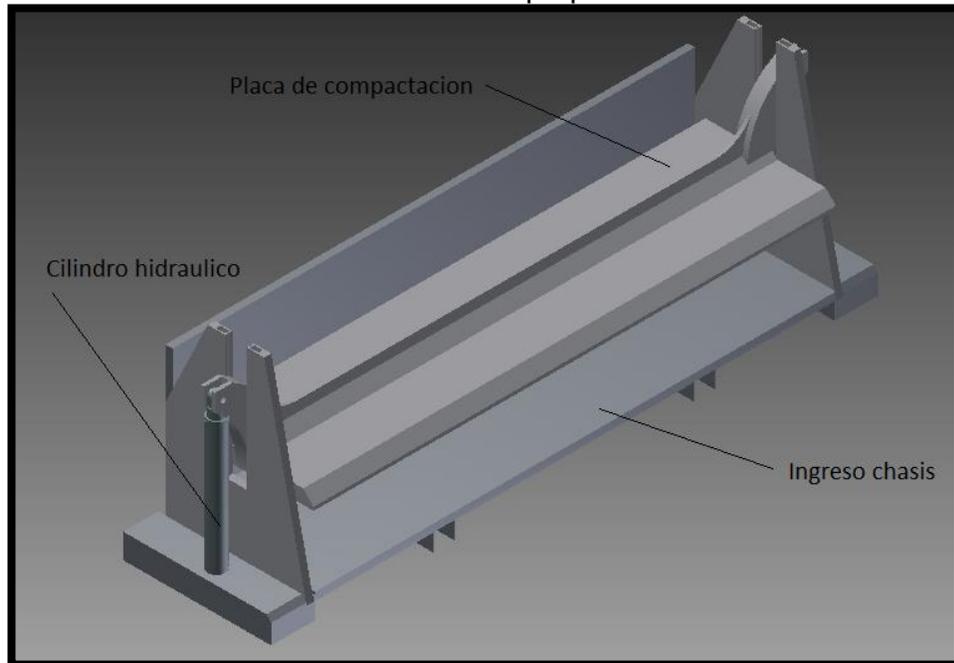
Una vez el chasis ha ingresado a la compactadora, el primer movimiento será realizado por la compuerta superior; la cual descenderá hasta una altura límite y luego regresará hasta cierto punto, permitiendo de esta forma que la compuerta lateral se cierre; una vez la compuerta lateral se ha cerrado la compuerta superior

desciende nuevamente hasta su límite, de forma que la compactadora tiene la apariencia de una caja cerrada, a continuación se accionan los pistones de compactación final, los cuales transmiten su movimiento a las placas de compactación, que comprimen el chasis al interior de la máquina dándole una geometría final cubica.

Luego de haber completado el ciclo, primero se retraen los cilindros de compactación final, luego la compuerta superior pasa a su posición inicial y por último la compuerta lateral se abre, permitiendo de esta forma retirar la chatarra compactada de la máquina por medio del uso del montacargas mencionado anteriormente.

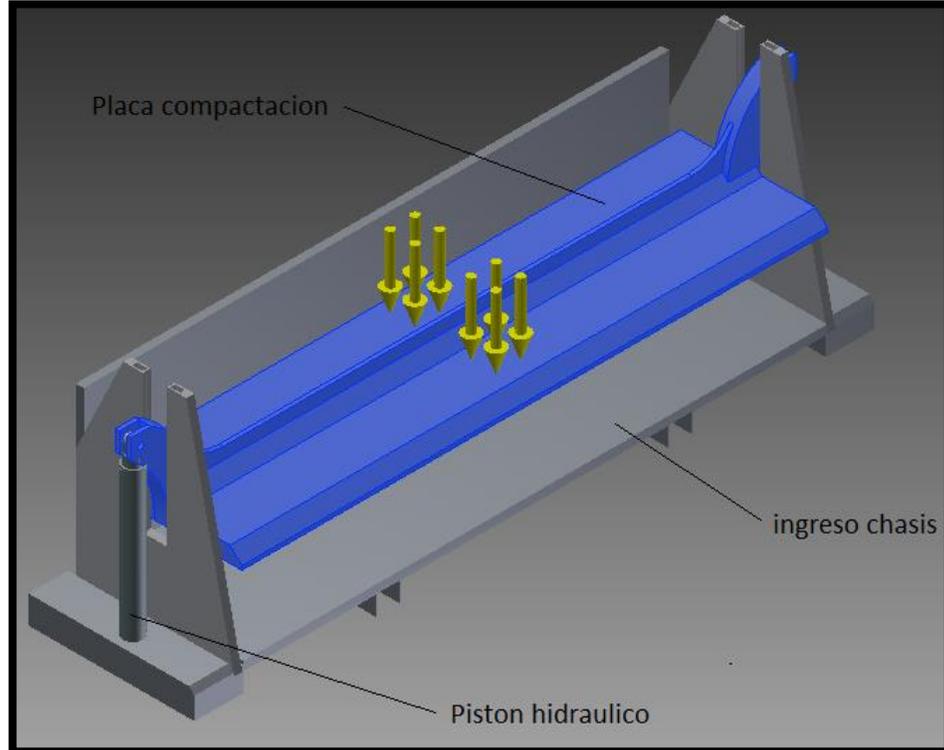
3.3 ALTERNATIVA N°3

Ilustración 6. Alternativa de diseño tipo prensa.



Para que el chasis pueda ser cargado, es necesario que los pistones hidráulicos que dan el movimiento a la placa de compactación vertical se encuentren totalmente extendidos, de esta forma se obtiene el espacio necesario para garantizar la entrada de los chasis de mayor dimensión. Sin embargo, será recomendable una extensión total de los cilindros aun cuando se trabaje con modelos más pequeños.

Ilustración 7. Orientación de movimiento en alternativa 3



En esta alternativa de diseño, el chasis de los automóviles es cargado por medio de un montacargas y es colocado en la compactadora por enfrente de la misma como se indica en la.

Una vez el chasis se encuentra dentro de la compactadora, la Placa de compactación descenderá, por medio de la retracción de los cilindros hidráulicos hasta una determinada altura compactando de esta forma el chasis, luego de esto procederá a elevarse hasta el punto de inicio dando fin a la etapa de compactación,

En este diseño se busca reducir los costos y ser de simple fabricación y montaje a comparación de los otros diseños mostrados anteriormente.

3.4 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Para evaluar las alternativas de diseño se optó por el método de scoring, el cual ayuda a establecer que alternativa es más adecuada con los requerimientos planteados por Cesvi.

Para utilizar este método se utiliza la siguiente ecuación:

$$S_j = \sum_i W_i r_{ij}$$

Donde:

r_{ij} = rating de la alternativa j en función de criterio i

W_i = ponderación para cada criterio i

S_j = score para alternativa J

Para facilitar la identificación de la alternativa más óptima en un problema, se deben identificar las siguientes etapas

- Identificar la meta general del problema.
- Identificar las alternativas.
- Listar los criterios a emplear en la toma de decisión.
- Asignar una ponderación para cada uno de los criterios.
- Establecer en cuanto satisface cada alternativa a nivel de cada uno de los criterios.
- Calcular el score para cada una de las alternativas.

Identificación de alternativas; como se mencionó anteriormente las alternativas seleccionadas son:

- Alternativa de diseño tipo container.
- Alternativa de diseño tipo cámara.
- Alternativa de diseño tipo prensa.

Lista de criterios; para evaluar las alternativas se tuvieron en cuenta los siguientes criterios.

- Costo de fabricación.
- Fácil manejo de operación.
- Fácil mantenimiento.
- Seguridad industrial.
- Dimensiones adecuadas

3.5 DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Estas alternativas deben cumplir con los siguientes criterios.

- La compactadora debe tener un bajo costo de fabricación, garantizando la durabilidad del equipo y que su fabricación no debe ser compleja.
- La compactadora debe ser fácil de manejar y que el operario no pueda cometer errores en el proceso de compactación.
- La compactadora debe tener una estructura que tenga la capacidad de resistir la compresión y tensiones en todos sus elementos y que todos estos sean fáciles de remplazar para tener un mantenimiento fácil y rápido.
- La compactadora debe garantizar la seguridad de los trabajadores con un cubrimiento que evite que salgan partes del chasis a compactar por fuera del equipo.
- La compactadora debe garantizar las dimensiones máximas permitidas por el ministerio de transporte.

Asignación de ponderación para cada uno de los criterios: en este método se realiza una evaluación de los requerimientos en el que la calificación será de 1 a 5 como se muestra en la tabla.

Tabla 2. Asignación de ponderación

<u>Ponderación</u>	
1	Muy poco importante
2	Poco importante
3	Importación media
4	Algo importante
5	Muy importante

Teniendo en cuenta la ponderación anterior se calificó los criterios de la siguiente manera.

Tabla 3. Criterios de ponderación

<u>Ítem</u>	<u>Criterios</u>	<u>Ponderación</u>
1	Costo de fabricación	5
	Fácil Manejo de	
2	operación	3
3	Fácil Mantenimiento	3
4	Seguridad industrial	4
5	Dimensiones adecuadas	5

Para mirar el nivel de satisfacción por el método de scoring se debe tener una calificación de 1 a 9 como lo muestra la tabla 3.

Tabla 4. Ponderación lineal

Ponderación	
Extra bajo	1
Muy bajo	2
Bajo	3
Poco bajo	4
Medio	5
Poco alto	6
Alto	7
Muy alto	8
Extra alto	9

Teniendo las alternativas ya establecidas con el nivel de satisfacción del cliente y la ponderación de cada criterio, se realizó los cálculos por el método de scoring que se pueden ver en la tabla 4.

Tabla 5. Ponderación por alternativa de diseño

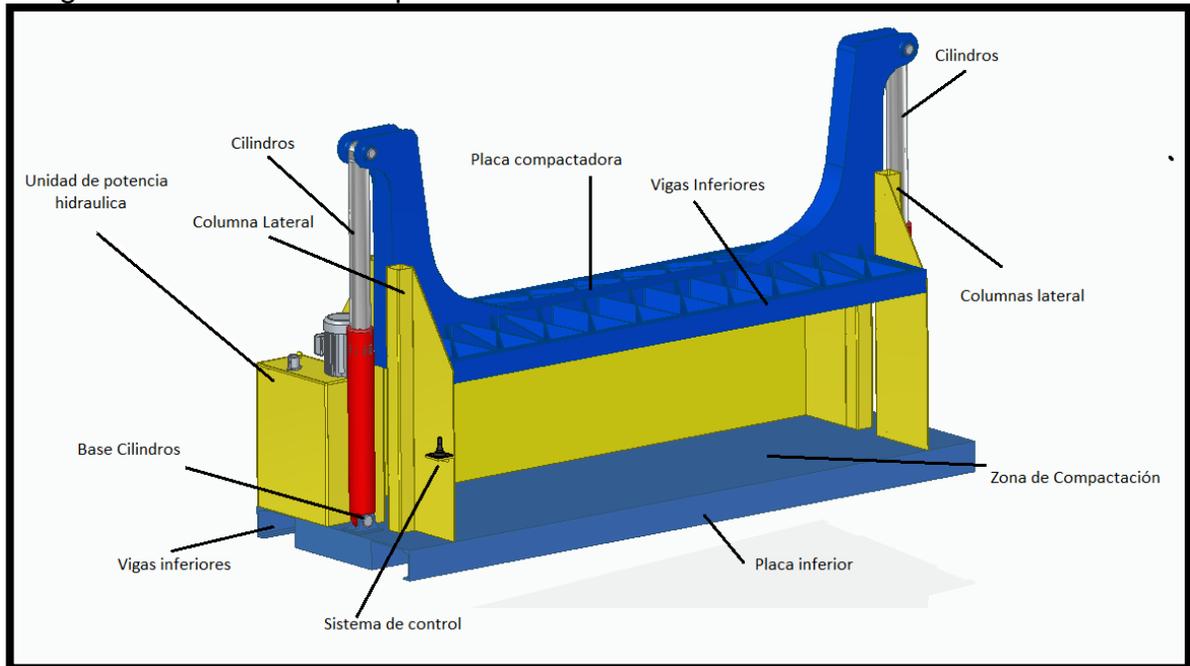
ítem	Criterio	Ponderación	Alternativas		
			1	2	3
1	Costo de fabricación	5	4	5	7
2	Fácil Manejo de operación	3	6	7	5
3	Fácil Mantenimiento	3	7	5	4
4	Seguridad industrial	4	8	8	6
5	Dimensiones adecuadas	5	6	5	9
SCORE			121	118	131

En la que se evidencia que la alternativa número 3 es la más asertiva para diseñar según los criterios de CESVI.

4. DISEÑO DETALLADO

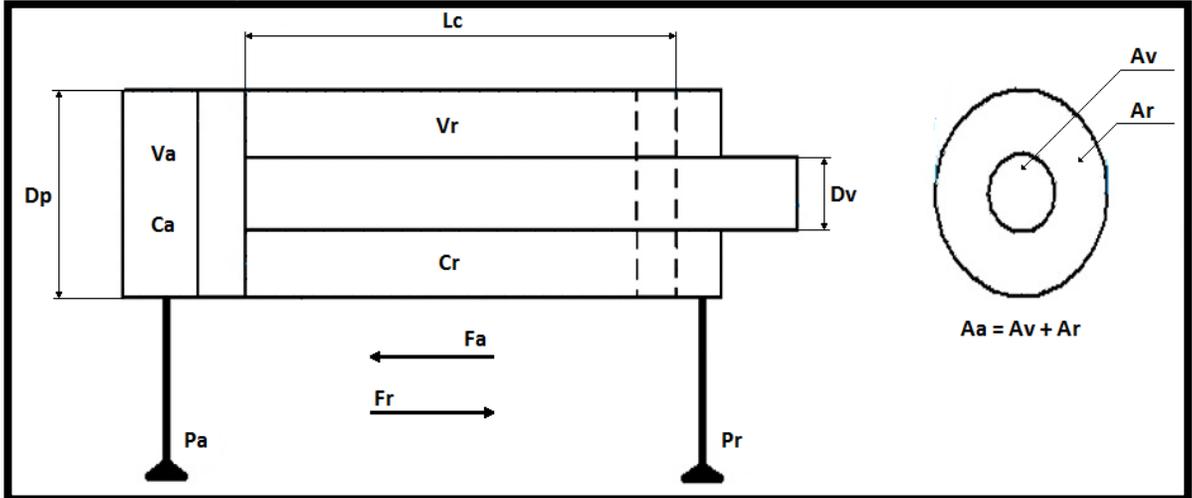
Debido al principio a través del cual la compactadora cumple su función, se deben definir en primera instancia, las dimensiones de los cilindros hidráulicos ubicados a los lados de la compactadora, como se muestra en la Imagen 7. Partes de la compactadora, para los cuales se tiene en cuenta que la fuerza de compactación es de 160 Toneladas según lo mostrado anteriormente; además sabiendo esto, se determinará también la potencia del motor y la presión de servicio de la bomba para el correcto funcionamiento de los pistones.

Imagen 7. Partes de la compactadora



Para calcular la dimensión de los cilindros, también se debe tener en cuenta, que el peso de la placa superior ejerce una fuerza de compactación debido a la gravedad, que se sumará a la de los cilindros una vez hayan sido calculados; de igual manera los cilindros calculados serán llevados a medidas normalizadas para reducir su costo y facilitar la adquisición de los mismos.

Ilustración 8. Representación básica de un cilindro hidráulico de doble efecto



Ya que, en ninguno de los casos, la carga ejercerá fuerza debido a la gravedad en sentido contrario al de la fuerza de salida de los cilindros, es necesario que estos sean de doble efecto, para permitir el retroceso de los mismos hasta la posición inicial.

Gracias a que se van a trabajar dos cilindros con una fuerza requerida de aproximadamente 160 toneladas, la presión del sistema fue elegida a partir de la selección de una bomba que hace parte de una unidad de potencia hidráulica comercial la cual es de 250 Bar = 3.625,9 Psi.

Tabla 6. Marcas de la Ilustración 8

Marca	Descripción	Unidades utilizadas
Fa	Fuerza de avance	Ton - N - Lbf
Fr	Fuerza de retroceso	Ton - N - Lbf
Dp	Diámetro del pistón	mm - in - cm
Dv	Diámetro del vástago	mm - in - cm
Aa	Área de avance	mm ² - in ² - cm ²
Ar	Área de retroceso	mm ² - in ² - cm ²
Av	Área del vástago	mm ² - in ² - cm ²
Cr	Cámara de menor capacidad	-----
Ca	Cámara de mayor capacidad	-----
Va	Volumen de avance	mm ³ - in ³ - cm ³
Vr	Volumen de retroceso	mm ³ - in ³ - cm ³
Pa	Presión del avance	Bar -psi
Pr	Presión del retroceso	Bar -psi
Lc	Longitud de carrera	mm - in - cm

4.1 CÁLCULO DE LOS CILINDROS HIDRÁULICOS

La placa superior cuenta con dos cilindros hidráulicos, por lo que la fuerza total de compactación se ve dividida entre los mismos de igual forma; para este caso debido a los requerimientos, se usarán cilindros hidráulicos de doble efecto, los cuales tendrán pivotes en la base de la botella y en el vástago.

4.1.1 Cálculo del pistón. La siguiente formula fue tomada del libro Prontuario de hidráulica industrial. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la fuerza de compactación es requerida en el retroceso del pistón y no en su avance, por lo que modificando la ecuación queda:

$$F_r = P_r \times A_r \times \eta$$

Donde:

F_r = Fuerza de retroceso

P_r = Presión de retroceso

A_r = Área de retroceso

η = eficiencia del motor = 87%

La fuerza requerida para la compactación de los automóviles es de 160 toneladas aproximadamente, para el cálculo de un solo pistón se tomará la mitad, a una presión de 250 bar, la cual es tomada de la especificación de la bomba elegida anteriormente, con estos datos y teniendo en cuenta la ecuación anterior, así como dichas consideraciones se tiene que:

$$F_r = 160 \text{ Ton} \times \frac{1000 \text{ Kg}}{1 \text{ Ton}} \times \frac{2,2 \text{ lbf}}{1 \text{ kg}} = 352.000 \text{ lbf} = 1565,77 \text{ KN}$$

Por lo cual, según lo mencionado anteriormente cada cilindro individual deberá tener una fuerza de retroceso de 80 Ton = 176.000 Lbf. Para hallar el diámetro del pistón es necesario conocer el área de avance y para este a su vez la fuerza de avance, para la cual se necesita la siguiente ecuación.

$$F_a = F_r \times 1,6$$

$$F_a = 176.000 \text{ lbf} \times 1,6 = 281.600 \text{ lbf} = 1252,62 \text{ KN}$$

Una vez obtenida la fuerza de avance de un pistón individual despejando en la primera ecuación y remplazando se tiene que:

$$A_a = \frac{F_a}{P_a \times \eta} = \frac{281.600 \text{ lbf}}{3626 \text{ psi} \times 0,87} = 89,26 \text{ in}^2 = 575,86 \text{ cm}^2$$

Conociendo el área de avance, la cual es de 501cm^2 , se puede hallar el valor del diámetro ideal del pistón a partir de la siguiente ecuación:

$$A_a = \frac{\pi}{4} x D_p^2$$

Donde:

$A_a = \text{Área de avance}$

$D_p = \text{Diámetro del piston}$

De esta forma se obtiene que:

$$D_p = 2 \sqrt{\frac{A_a}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{575,86\text{cm}^2}{\pi}} = 27,07\text{cm} = 10,65\text{in}$$

4.1.2 Cálculo del vástago. Para hallar el diámetro del vástago es necesario conocer su área, gracias a que se conoce el área de avance y el área de retroceso como se observa en Ilustración 8, se tiene que:

$$A_a = A_r + A_v$$

Donde:

$A_a = \text{Área de avance}$

$A_r = \text{Área de retroceso}$

$A_v = \text{Área del vástago}$

$\eta = \text{eficiencia del motor} = 87\%$

Primero se debe hallar el área de retroceso a partir de la fuerza de retroceso determinada anteriormente la cual es de 176.000lbf .

$$A_r = \frac{F_r}{P_r x \eta} = \frac{176.000\text{lbf}}{3626\text{psi} x 0,87} = 55,79\text{in}^2 = 359,93\text{cm}^2$$

Una vez se conoce el valor del área de retroceso es posible despejar y remplazar, de manera que se obtiene lo siguiente:

$$A_v = A_a - A_r = 575,86\text{cm}^2 - 359,93\text{cm}^2 = 215,93\text{cm}^2 = 29,12\text{in}^2$$

Luego de hallar el valor del área del vástago se debe despejar y remplazar de la ecuación que se manejó anteriormente.

$$A_v = \frac{\pi}{4} x D_v^2$$

$$D_v = 2 \sqrt{\frac{A_v}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{215,93 \text{ cm}^2}{\pi}} = 16,58 \text{ cm} = 6,52 \text{ in}$$

4.1.3 Longitud de carrera. Para este caso la longitud de carrera está determinada por los parámetros de diseño mencionados anteriormente, en el caso de estos cilindros hidráulicos se conoce que la altura a la cual debe llegar la placa es de 2700mm y la altura mínima a la que baja es de 800mm, por lo que se tiene que:

$$L_c = H_{max} - H_{min}$$

Donde:

$H_{m\acute{a}x}$ = *Altura máxima de la placa*

$H_{m\acute{i}n}$ = *Altura mínima de la placa*

De esta forma se obtiene que:

$$L_c = 2700 \text{ mm} - 800 \text{ mm} = 1900 \text{ mm} = 74,80 \text{ in}$$

4.1.4 Dimensiones normalizadas. Es necesario determinar diámetros de vástago y embolo normalizadas, debido a que son las más comunes de encontrar entre los fabricantes y disminuye los costos, para lo cual se toma en cuenta según la Tabla 7 extraída del libro Prontuario de hidráulica industrial.

Tabla 7. Medidas normalizadas

Carreras normalizadas según Cetop															
25	50	80	125	400	500	600	800	1.000	1.250	1.500	2.000	2.500	(mm)		
Bajo demanda se fabrican cilindros con otras carreras.															
Diámetros de pistones (émbolos)															
25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	(mm)		
Bajo demanda se fabrican cilindros con otros diámetros.															
Diámetros de los vástagos															
12	16	18	22	28	36	45	56	70	90	110	140	180	220	280	(mm)
Bajo demanda se fabrican cilindros con otros diámetros.															
Diámetro y rosca de las entradas de fluido al cilindro															
Diámetro interior del cilindro (*)	25	32	40	63	100	160	220	320							
			50	80	125	200	250	360							
							280	400							
Rosca para tubería alimentación	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"							
Diámetro de paso															
o mínimo	6	10	12	16	20	25	32	38							
o normal	8	12	16	20	24	30	40	50							

(*) También corresponde al diámetro del émbolo.

Fuente: Roldan J. (2001) Prontuario de hidráulica industrial

Al comparar las medidas obtenidas mediante cálculos, con aquellos valores de la tabla, se obtiene que las medidas normalizadas de diámetro de pistón, diámetro de vástago y longitud de carrera correspondientes son:

Tabla 8. Medidas normalizadas cilindro placa superior

Marca	Calculada (mm)	Normalizada (mm)
D_p	270,7	320
D_v	165,8	180
L_c	1900	2000
D_{rosca}		2"

Debido a que los valores de los diámetros de vástago y pistón cambian, también lo hacen sus respectivas áreas y por lo tanto es necesario volver a calcular sus valores, así como el de la fuerza ejercida en el avance y en el retroceso.

$$A_a = \frac{\pi}{4} \times (32\text{cm})^2 = 804,25\text{cm}^2 = 124,66\text{in}^2$$

$$A_v = \frac{\pi}{4} \times (18\text{cm})^2 = 254,46\text{cm}^2 = 39,44\text{in}^2$$

$$A_r = 804,25\text{cm}^2 - 254,46\text{cm}^2 = 549,79\text{cm}^2 = 85,22\text{in}^2$$

$$F_a = 3.626 \frac{lbf}{in^2} \times 124,66 in^2 \times 0,87 = 393.254,92 lbf = 1.749,28 KN$$

$$F_r = 3.626 \frac{lbf}{in^2} \times 85,22 in^2 \times 0,87 = 268.836,71 lbf = 1.195,84 KN$$

La fuerza de retroceso requerida por cada pistón es de 176.000lbf y la fuerza de retroceso obtenida es de 268.836,71lbf, por lo que se conoce que la fuerza total ejercida por los dos pistones es de 537.673,42lbf, debido a que dicha fuerza total es mayor que la especificada en el capítulo 2, en el sistema se debe colocar unas válvulas reguladoras de presión, haciéndolas funcionales para el diseño.

Los cilindros hidráulicos debido a la carga que soportan pueden presentar el fenómeno de tención, por lo que es necesario realizar un análisis de esfuerzos para saber si soportan las fuerzas a la que están sometidos, el cual se halla con la siguiente ecuación.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Donde:

σ = Esfuerzo a tensión

P = Fuerza a tensión

A = Área transversal del vástago

$$\sigma = \frac{1.195,84KN}{0,025446m^2} = 46,99MPa$$

Teniendo ya el esfuerzo al que está sometido el vástago podemos saber el factor de seguridad con la siguiente ecuación, sabiendo que el vástago se va a trabajar con un material SAE 4340 el cual tiene un esfuerzo de falla de 745MPa.

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

Donde:

σ_{per} = Esfuerzo permisible

σ_y = Esfuerzo de falla del material

n = factor de seguridad

Si se conoce el valor del esfuerzo de falla gracias a que el material que se tiene es el SAE 4340 y tenemos el esfuerzo al que está sometido el vástago solo nos queda despejar la eficiencia como se ve a continuación:

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

Entonces:

$$n = \frac{745MPa}{46,99MPa} = 15.85$$

4.1.5 Cálculo del volumen del cilindro. Una vez se definieron las dimensiones del embolo y del vástago, se determina el volumen de avance y retroceso del cilindro, usando las siguientes ecuaciones:

$$V_a = A_a \times L_c$$

Donde:

$V_a =$ Volumen de avance

$A_a =$ Área de avance

$L_c =$ Longitud de carrera

$$V_r = A_r \times L_c$$

Donde:

$V_r =$ Volumen de retroceso

$A_r =$ Área de retroceso

$L_c =$ Longitud de carrera

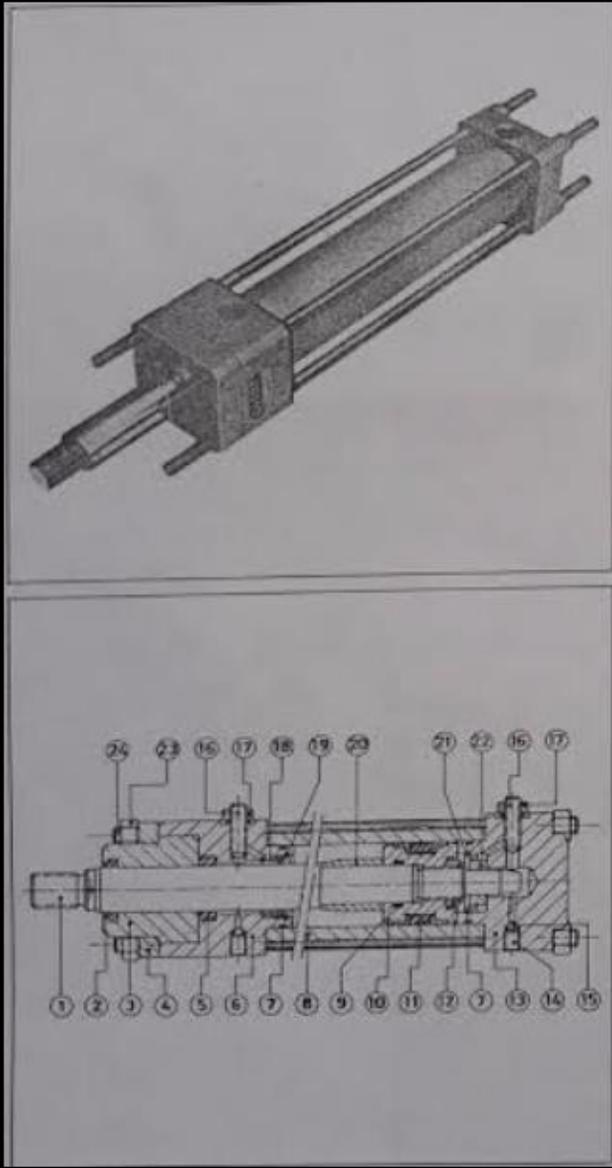
De esta forma se obtiene que:

$$V_a = 804,25cm^2 \times 200cm^2 = 160.850cm^3 = 42,49 \text{ galones}$$

$$V_r = 549,79cm^2 \times 200cm^2 = 109.958cm^3 = 29,05 \text{ galones}$$

4.1.6 Materiales del cilindro. En cuanto los materiales para la construcción del cilindro, se toman las recomendaciones que se encuentran en el libro de Prontuario de hidráulica industrial y que se puede observar a continuación.

Ilustración 9. Materiales cilindros hidráulicos



Posic.	Denominación	Material
1	Vástago	Acero cromado
2	Rascador	Goma nitrílica
3	Guía de vástago	Fund. perlítica
4	Platillo	Acero (fundición)
5	Junta de labio	Goma nitrílica
6	Cabeza delantera	Fundición (acero)
7	Junta tórica OR	Goma nitrílica
8	Camisa	Acero
9	Junta tórica OR	Goma nitrílica
10	Pistón	Acero
11	Junta de labio	Goma nitrílica
12	Tuerca autoblocante	Acero-Teflón
13	Cabeza posterior	Fundición (acero)
14	Purgador de aire	Acero
15	Bola purgador de aire	Acero
16	Tornillo reg. amortiguación	Acero
17	Tuerca autoblocante	Acero-teflón
18	Guía freno delantero	Acero
19	Arandela ajuste guía del.	Acero
20	Casquillo amortig. del.	Acero
21	Arandela ajuste guía tras.	Acero
22	Guía freno posterior	Bronce
23	Tuerca	Acero
24	Tirante	Acero

Fuente: Roldan J. (2001) Prontuario de hidráulica industrial

4.2 CÁLCULOS DE LA CENTRAL HIDRÁULICA

A continuación, se muestran los cálculos necesarios para posteriormente elegir por medio de los resultados obtenidos, una unidad de potencia hidráulica.

4.2.1 Cálculo del caudal. Para determinar el caudal requerido se tiene en cuenta que es necesario conocer la velocidad de avance del pistón y el área del avance, sin embargo, debido a que son dos los pistones requeridos para este diseño, el área de avance corresponde al conjunto de los dos cilindros, se tiene la siguiente ecuación:

$$Q = V_a \times A_a$$

Donde:

Q = Caudal de la bomba

V_a = Velocidad de avance del pistón

A_a = Área de avance

De acuerdo con la ecuación extraída del libro de hidráulica industrial, es necesario conocer el valor de la velocidad, la cual para este caso es de 1 cm/s debido a los tiempos de operación requeridos.

$$A_a = 804,25\text{cm}^2 \times 2 = 1.608,50\text{cm}^2$$

$$Q = 1.608,5\text{cm}^2 \times \frac{1\text{cm}}{\text{s}} = 1.608,5 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} = 0,42 \frac{\text{gal}}{\text{s}}$$

$$Q = 0,42 \frac{\text{gal}}{\text{s}} \times 60 \frac{\text{s}}{\text{min}} = 25,49\text{gpm} = 96,49 \text{ l/min}$$

En los cilindros de doble efecto existe un caudal inducido por el avance y por el retroceso, el cual se encuentra a partir de las siguientes ecuaciones extraídas del libro Prontuario de hidráulica industrial.

$$Q_{ia} = \frac{Q}{r}$$

$$Q_{ir} = Q \times r$$

Donde:

Q_{ia} = Caudal inducido por el avance

Q_{ir} = Caudal inducido por el retroceso

Q = Caudal de la bomba

r = Relación de áreas

La relación de áreas se calcula a partir del área de avance y área de retroceso del pistón hidráulico de la placa superior.

$$r = \frac{A_a}{A_r}$$

Donde:

r = Relación de áreas

A_a = Área de avance

A_r = Área de retroceso

Remplazando en las ecuaciones:

$$r = \frac{804,25\text{cm}^2}{549,79\text{cm}^2} = 1,46$$

$$Q_{ia} = \frac{25,49\text{gpm}}{1,46} = 17,45\text{gpm} = 66,05 \text{ l/min}$$

$$Q_{ir} = 25,49\text{gpm} \times 1,46 = 37,21\text{gpm} = 140,85 \text{ l/min}$$

4.2.2 Cálculo de los tiempos de avance y retroceso. Una vez se conoce el valor del caudal, es posible determinar los tiempos de recorrido de avance y tiempos de recorrido de retroceso. Ecuación para el tiempo de avance:

$$t_a = \frac{D_p^2 \times \pi \times L_c}{4 \times Q}$$

Donde:

t_a = Tiempo de carrera para el avance

D_p = Diámetro del pistón

L_c = Longitud de carrera

Q = Caudal

Ecuación para el tiempo de retroceso:

$$t_r = \frac{(D_p^2 - D_v^2) \times \pi \times L_c}{4 \times Q}$$

t_r = Tiempo de carrera para el retroceso

D_p = Diámetro del pistón

L_c = Longitud de carrera

Q = Caudal

Remplazando valores para el cilindro hidráulico de la placa superior:

$$t_a = \frac{(32cm)^2 \times \pi \times 200cm \times 2}{4 \times 1.608 \frac{cm^2}{s}} = 200,06s = 3,33min$$

$$t_r = \frac{((32cm)^2 - (18cm)^2) \times \pi \times 200cm \times 2}{4 \times 1.608 \frac{cm^2}{s}} = 136,76s = 2,28min$$

En operación normal la placa ejecutara un solo movimiento de avance y retroceso, por lo que es posible estimar el tiempo promedio que tardará la máquina en comprimir un automóvil al sumar los tiempos de avance y retroceso de cada uno, como se muestra a continuación.

$$T_{total} = 200,06s + 136,76s = 336,82s$$

$$T_{total} = 336,82s \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 5,61min$$

Por lo tanto, a la compactadora le tomará aproximadamente un minuto y veinte segundos compactar un automóvil, sin incluir los tiempos de montaje y desmontaje de los automóviles en la máquina.

4.2.3 Cálculo del volumen del tanque. Para calcular el volumen del tanque o depósito hidráulico es necesario conocer el caudal con el que trabajara la bomba, una vez se obtiene este dato se debe remplazar en la siguiente formula:

$$V_t = Q \times 4$$

Donde:

$V_t = \text{Volumen del tanque}$

$Q = \text{Caudal de la bomba}$

Se remplaza en la ecuación.

$$V_t = 25,49gpm \times 4 = 101,96 \text{ gal} \approx 102gal = 386.112,01cm^3$$

Una vez se conoce el volumen del tanque es posible determinar sus dimensiones, para este diseño se utiliza un tanque de geometría cubica, por lo tanto:

$$L = \sqrt[3]{V_t}$$

Donde:

$L = \text{Longitud arista del tanque}$

$V_t = \text{Volumen del tanque}$

De esta manera se obtiene que:

$$L = \sqrt[3]{314.946,25\text{cm}^3} = 68,04\text{cm} \approx 69\text{cm}$$

4.2.4 Cálculo potencia de la bomba. Debido a que ya se conoce el caudal (en galones por minuto) y la presión de la bomba, es posible hallar la potencia necesaria, sin embargo, se debe tener en cuenta la eficiencia de la misma, para hallar dicho valor de potencia se usa la siguiente formula.

$$H_p = \frac{Q \times P_b}{K \times \rho}$$

Donde:

$H_p = \text{Caballos de fuerza}$

$Q = \text{Caudal de la bomba en Gpm}$

$P_b = \text{Presión de la bomba}$

$K = \text{Constante } 1.714$

$\rho = \text{Eficiencia de la bomba}$

Según las especificaciones de bomba seleccionada la eficiencia de la misma es de 85%, al remplazar se tiene que:

$$H_p = \frac{25,49\text{gpm} \times 3626\text{psi}}{1.714 \times 0,85} = 63,44\text{Hp}$$

4.2.5 Diámetro de la tubería. Para hallar el diámetro de la tubería primero se debe determinar la velocidad de circulación del fluido bajo la presión de la bomba determinada anteriormente la cual es de $250\text{Kg}/\text{cm}^2$, como se puede observar en la Ilustración 10 la velocidad correspondiente bajo la acción de dicha presión es de $6\text{ m}/\text{seg}$.

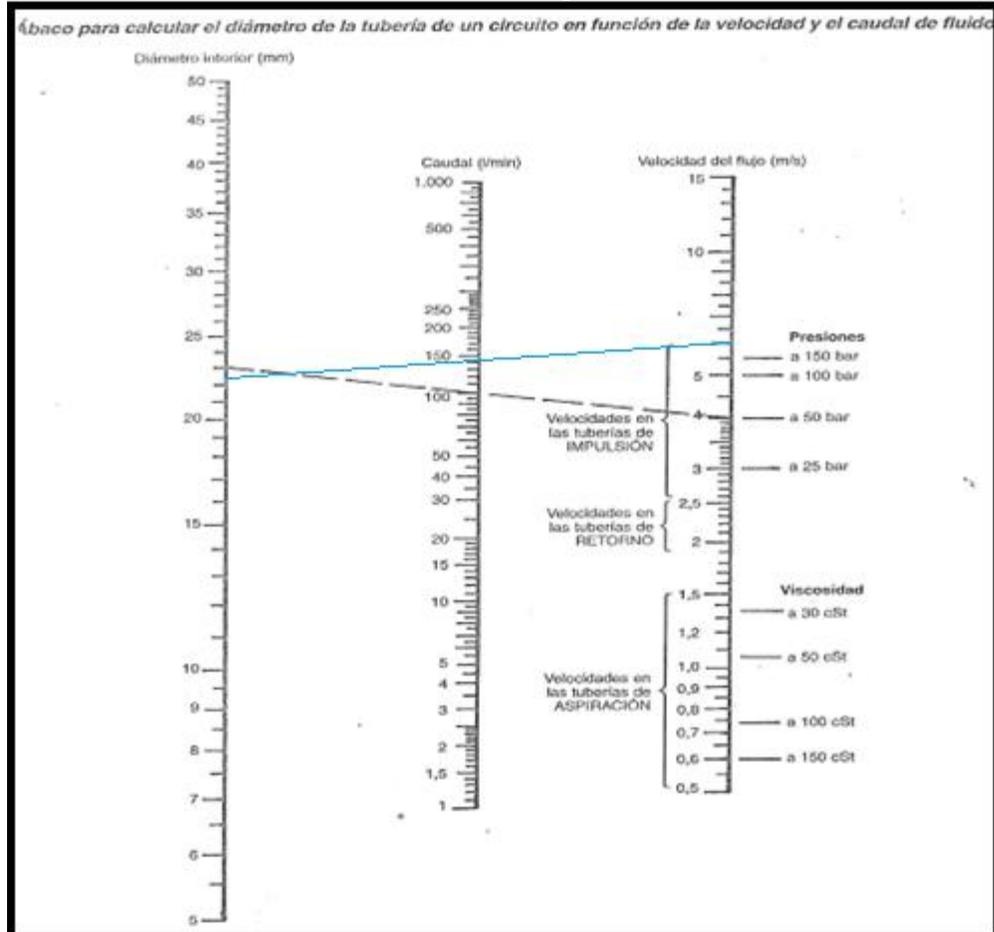
Ilustración 10. Velocidad del fluido según la presión.

Presiones en bar en la tubería de impulsión	10	25	50	100	200	En tramos cortos o de poco funcionamiento
Velocidades en m/s	2,5	3	4	5	6	7 a 10

Fuente: Roldan J. (2001) Prontuario de hidráulica industrial. Pág.87

Una vez se conoce el valor de la velocidad de circulación del fluido se puede usar la Ilustración 11, la cual se extrajo del libro de prontuario de hidráulica industrial para determinar el diámetro de la tubería relacionando los datos de caudal = $140,85\text{ (L}/\text{min})$ y de velocidad = $6\text{ (m}/\text{s})$.

Ilustración 11. diámetro interno de manguera



Fuente: Roldan J. (2001) Prontuario de hidráulica industrial. Pág.92

Del análisis de la tabla se obtiene que el valor del diámetro interno de la tubería es aproximadamente de 23mm, como se observa en la línea azul trazada sobre la ilustración 13 por lo cual se va utilizar una manguera de 1", y se le colocara a la salida y entra de cada cilindro un reductor de 2" a 1", para poder acoplar las mangueras a los cilindros.

Imagen 8. Catalogo manguera.

722 TC MANGUERA SAE 100R12

Manguera para aplicaciones hidráulicas de alta presión. Manguera con las características de una SAE 100R12 pero con la mitad del radio de curvatura de esta, lo que permite ahorrar manguera y dinero en sus instalaciones. Compatible con acoples serie 43.

Tubo : Hule sintético..

Refuerzo: 4 mallas en espiral

Cubierta : Hule sintético

Factor de seguridad : 4:1

Temperatura : -40°C a 125°C



Código	Diámetro interno		Presión trabajo PSI	Radio curvatura mm
	Pulgadas	mm		
001722TC06	3/8"	10	4000	125
001722TC08	1/2"	12.7	4000	90
001722TC10	5/8"	15.8	4000	100
001722TC12	3/4"	19	4000	120
001722TC16	1 "	25.4	4000	150
001722TC20	1 1/4"	31.8	3000	210

NOTA : Utilice acoples de la serie 43 y serie 71

Fuente: Mangueras Parker; catálogo de mangueras hidráulicas; Central de mangueras s.a.

Para la selección de mangueras, se recurre a los catálogos ofrecidos por la empresa CENTRAL DE MANGUERAS S.A., una vez se tienen los catálogos, se opta por la opción con diámetro interno de 19 mm, con una presión de trabajo de 6.000 psi, la cual está por encima de la presión de trabajo del sistema siendo esta de 3.626 psi.

4.2.6 Selección del aceite hidráulico. Debido a que la bomba y cilindros presentan desgaste se elige el aceite hidráulico ISO 68 ya que tiene aditivos anti desgaste a base de zinc; dicho aceite también es funcional para diseños de alta carga como a la que está sometida la bomba; varias de estas propiedades son garantizadas por su viscosidad y aditivos.

Tabla 9. Propiedades aceite ISO 68

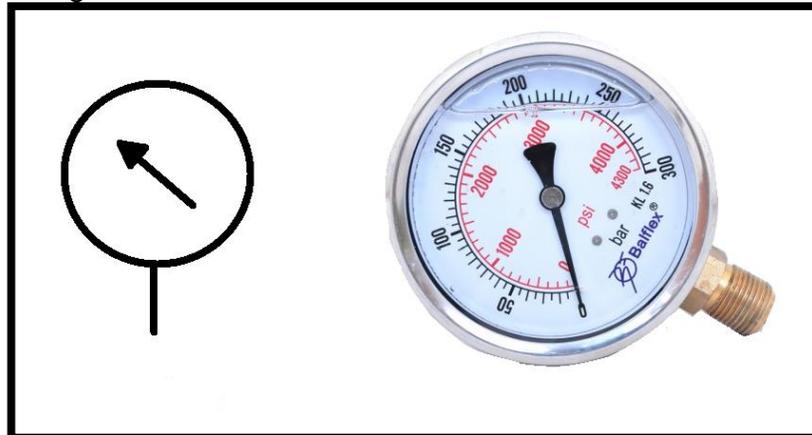
Grado ISO	Método ASTM	
Viscosidad 40°C, cSt	D-445	68
Viscosidad 100°C, cSt	D-445	68(+/-5%)
Índice de viscosidad	D-2270	Min 90
Punto de inflamación °C	D-92	Min 195
Punto de congelación °C	D-97	-12
Separación de agua min	D-1401	30 min A 54 °C

Royal Dutch Shell. Catalogo aceite hidráulico ISO 68

4.3 SISTEMA DE CONTROL HIDRÁULICO

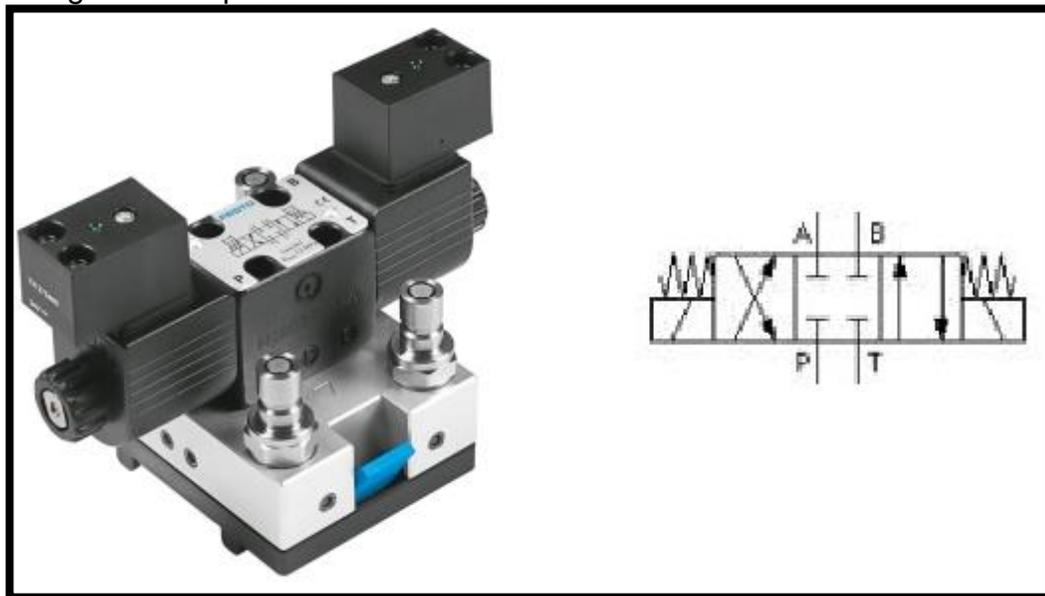
Para el sistema de control hidráulico se deben incluir diferentes herramientas o accesorios que permitan la construcción del mismo como lo son válvulas, manómetros y bomba.

Imagen 9. Manómetro



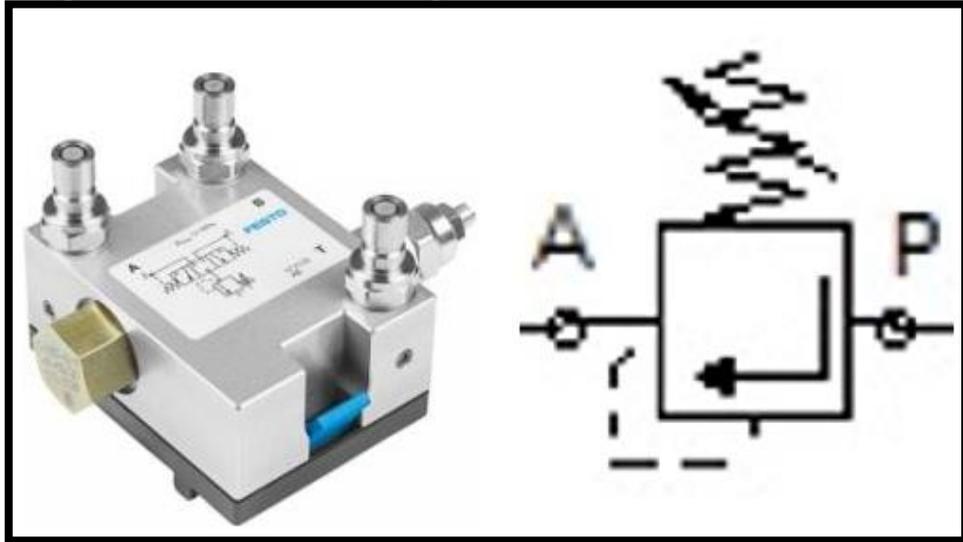
Fuente: catalogo manómetros - FESTO – www.festo.com

Imagen 10. Representación válvula 4/3



Fuente: catalogo válvulas – FESTO - www.festo.com.

Imagen 11. Válvula de descarga.



Fuente: catalogo válvulas – FESTO - www.festo.com

Imagen 12. Bomba pistones



Fuente: bombas hidráulicas – COHA - www.coha.com

Imagen 13. Esquema hidráulico

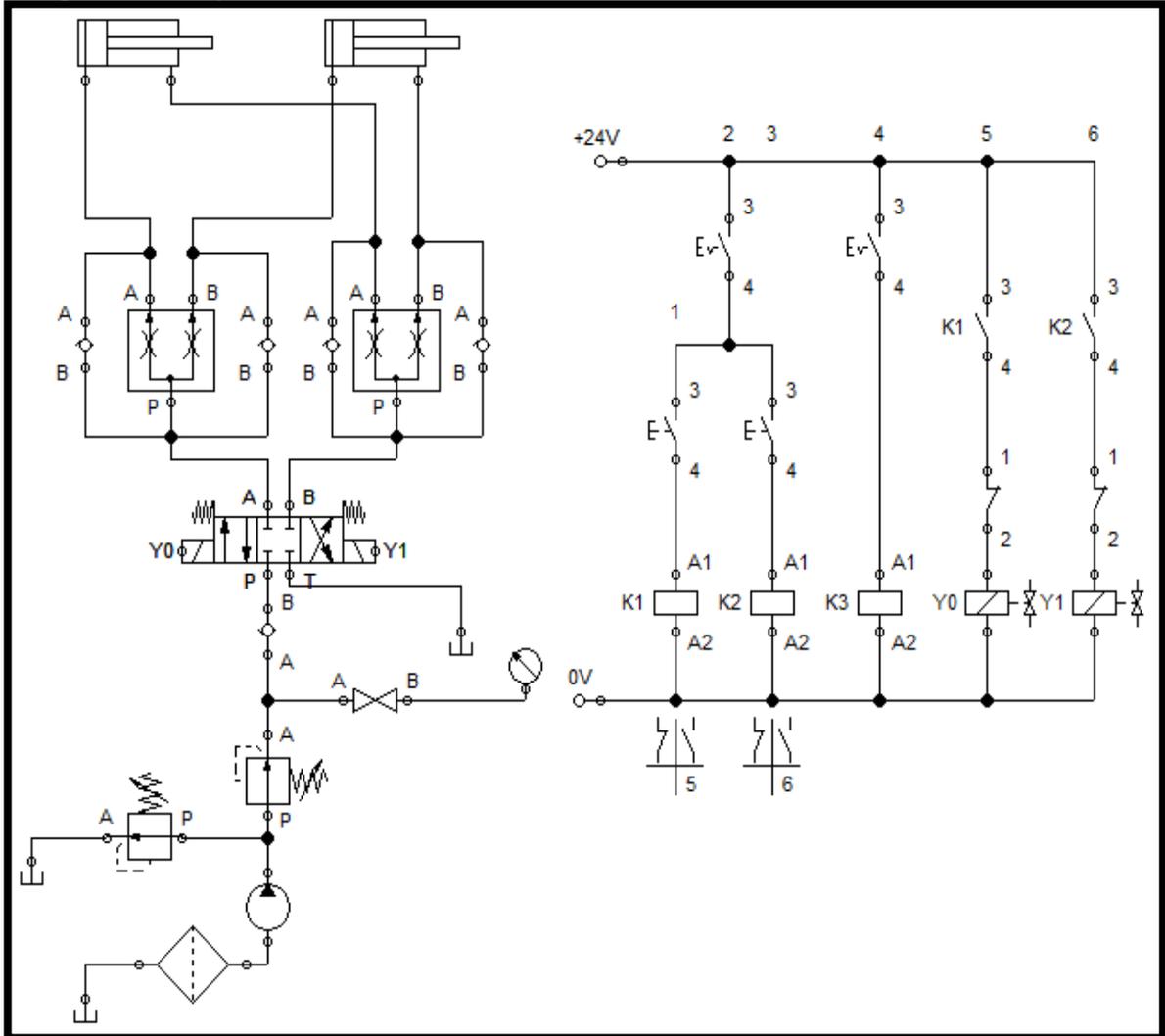


Tabla 10. Especificaciones pistón hidráulico

Especificación	variables	
Fuerza de retroceso	Fr	1.195,84 KN
Fuerza de avance	Fa	1.749,28 KN
Diámetro pistón	Dp	32 cm
Diámetro vástago	Dv	18 cm
Área de retroceso	Ar	549,79 cm ²
Área de avance	Aa	804,25 cm ²
Longitud de carrera	Lc	1900 mm
Caudal del cilindro	Q	94,49 l/min
Caudal inducido por el avance	Qia	66,05 l/min
Caudal inducido por el retroceso	Qir	140,85 l/min

Tabla 10. (continuación)

Especificación	variables	
Tiempo del avance	Ta	3,33 min
Tiempo del retroceso	Tr	2,28 min
Volumen del tanque	Vt	386.112 cm ³
Potencia requerida	Hp	36,44 Hp
Tipo de manguera		SAE100R12
Tipo de aceite hidráulico		ISO 68

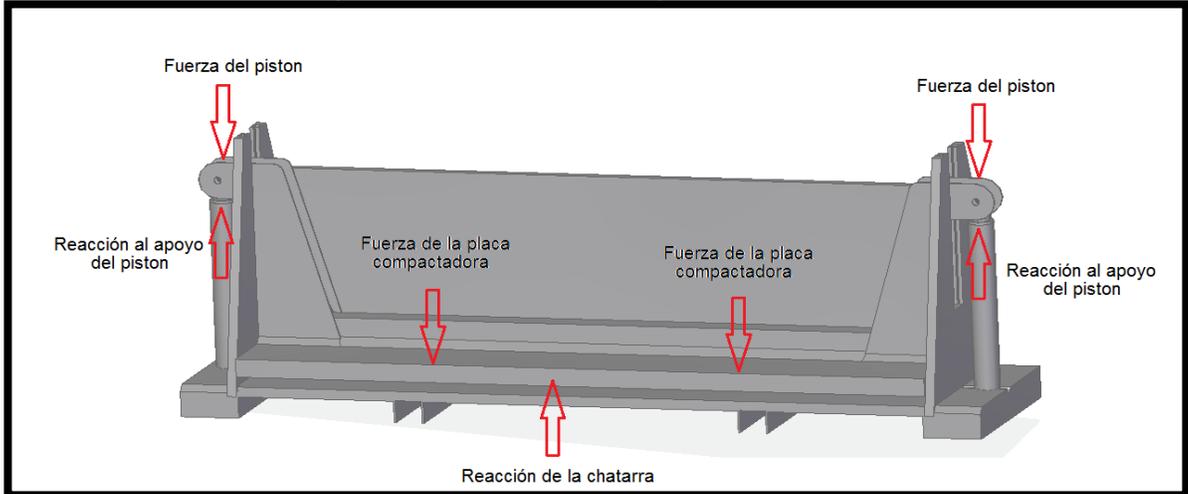
4.4 CÁLCULOS ESTRUCTURALES

Para realizar el diseño de la compactadora, se deben tener en cuenta los esfuerzos que la estructura debe soportar, por lo cual se desarrolla un análisis de las cargas generadas por la fuerza realizada en el trabajo de los dos cilindros a la hora de compactar, para esto se debe determinar los puntos críticos en la estructura, como lo son las uniones, pasadores columnas y vigas que soportaran los diferentes esfuerzos, así como cargas críticas en componentes específicos de la compactadora.

4.4.1 Análisis de columnas. Para la guía de la placa superior se busca reducir la cantidad de material necesario en la misma, por lo que para la estructura lateral se opta por una geometría triangular, además de esto dicha estructura servirá para evitar que la chatarra se expanda y llegue hasta los cilindros hidráulicos.

En este caso en que las columnas sirven de guía estructural, al analizar el sistema se puede deducir que van estar sometidas a esfuerzos de flexión en cada instante, ya que tanto en el momento de compactar, como cuando la placa compactadora está en la parte superior del sistema, las columnas estarán soportando el peso de la placa compactadora y los pistones.

Ilustración 12. Fuerzas y reacciones de la máquina



Para la elección del material de construcción se deben tener en cuenta diferentes variables como lo son la deflexión del material, su resistencia y además de esto es necesario implementar un acero que permita el uso de soldadura con la finalidad de lograr uniones entre piezas como lo son los aceros con contenido de carbono.

De la Tabla 11 que se observa a continuación se encuentran varios aceros al carbono, los cuales tienen diferentes valores de resistencia y de límite de fluencia, de los cuales se elige el más óptimo para la estructura de la compactadora.

Tabla 11. Propiedades de los aceros

Tipo de acero	Designación de la ASTM	Esfuerzo mínimo de fluencia F_y (klb/plg ²)	Esfuerzo ^a de tensión F_u (klb/plg ²)	Serie de perfiles aplicables										
				W	M	S	HP	C	MC	L	HSS		Tubo	
											Rect.	Redondo		
Al carbono	A36	36	58-80 ^b											
	A53 Gr. B	35	60											
	A500	Gr. B	42	58										
			46	58										
		Gr. C	46	62										
			50	62										
	A501	Gr. A	36	58										
		Gr. B	50	70										
	A529 ^c	Gr. 50	50	65-100										
		Gr. 55	55	70-100										

Fuente: McCormac. (2009). Diseño de estructuras de acero. México: Alfaomega

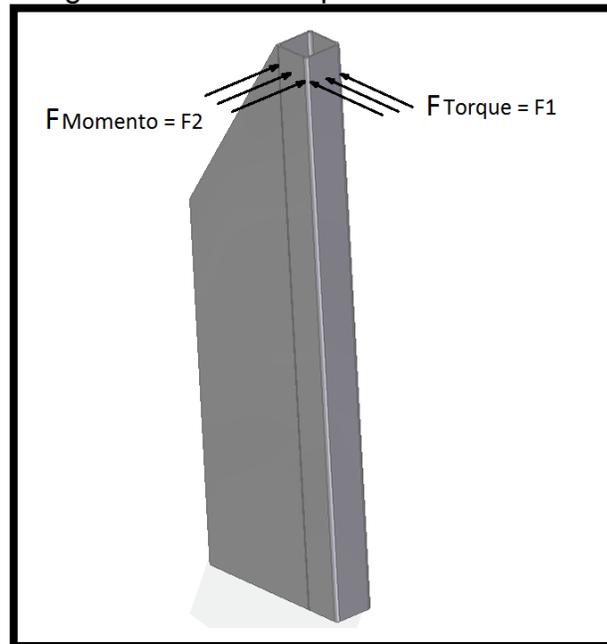
Se escoge el acero ASTM A36 que tiene una resistencia última de 400 MPa y un límite de fluencia de 250 MPa, posee un módulo de elasticidad de 200.000 MPa y una densidad de 7.850 Kg/m³, también es un acero de gran aplicación en estructuras, debido a que este acero tiene contenido de carbono es compatible con

diferentes tipos de soldaduras y es posible encontrar dicho acero comercialmente de forma sencilla y con costos realmente bajos.

Especificado el material que se va utilizar en la compactadora se debe escoger el tipo de perfil adecuado que soporte los esfuerzos de la compactadora en general, se escoge perfiles en c para el piso y el borde de la placa compactadora y en la placa compactadora también se escogió lámina de $\frac{1}{2}$ cortada según su ubicación.

Las columnas se ven afectadas por cargas producto del torque y momento generado en la placa de compactación, sobre las mismas que hacen parte de las guías laterales como se muestra en la Imagen 14. Fuerzas aplicadas a la columna); sin embargo, no soporta cargas verticales debido a que estas son soportadas por los pistones.

Imagen 14. Fuerzas aplicadas a la columna



Para hallar las fuerzas aplicadas, así como la posición donde se ubican, se tiene en cuenta el ángulo máximo posible generado a partir del espacio de la tolerancia, debido a que la inclinación genera un efecto de palanca el caso crítico es el más alejado de la base, siendo esta el borde superior de la columna.

Si la suma de las tolerancias máximas de ambos lados es de 2mm y la placa tiene una altura de $2482,7\text{mm}$, por lo que para hallar dicho valor se tiene que:

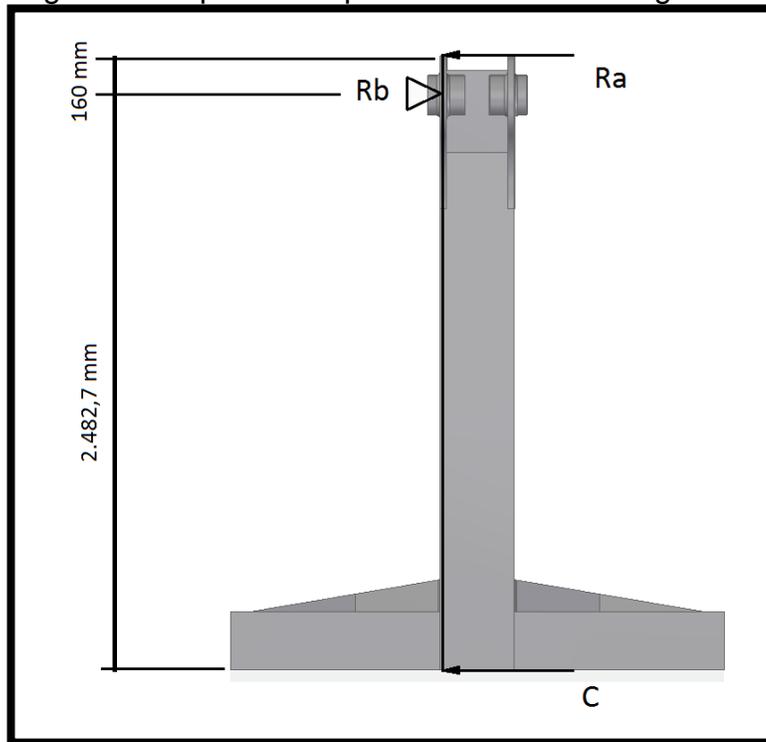
$$\tan \theta = \frac{2}{2482,7} = 0,046$$

La fuerza aplicada en uno de los laterales es la correspondiente a la componente en x de la fuerza de uno de los pistones la cual es de 589.361 N multiplicada por el ángulo que se halló anteriormente de $\theta = 0,046$, por lo que:

$$f_1 = 589.361\text{ N} \times \sin 0,046 = 473,16\text{ N}$$

La fuerza aplicada por el torque de la placa sobre la columna es de $473,16\text{ N}$; para hallar el valor de la fuerza aplicada por el momento sobre la columna se tiene en cuenta la unión del cilindro hidráulico con la placa compactadora como apoyo, lo que se busca encontrar es la reacción R_a planteando la ecuación de momento a partir del esquema básico planteado en la Figura 2.

Figura 2. Esquema simplificado momento longitudinal



Teniendo en cuenta que la distancia de R_a hasta R_b es de 160 mm y la distancia de R_b hasta C es de $2.482,7\text{ mm}$, se debe hallar R_b en primera instancia por lo que se tiene que la ecuación de momento para el punto A es:

$$\sum M_A = (R_b * 160\text{ mm}) - (473,70\text{ N} * 2.642,7\text{ mm})$$

$$R_b = \frac{473,7\text{ N} * 2.642,7\text{ mm}}{160\text{ mm}} = 7.821,97\text{ N}$$

Una vez conocido el valor de R_b es posible plantear la ecuación de momento en el punto C:

$$\sum M_C = -(R_a * 2.642,7mm) - (7.350,43N * 2.482,7mm)$$

$$R_A = \frac{7.350,43N * 2.482,7mm}{2.642,7mm} = 6.905,40N$$

Una vez se ha hallado el valor de las dos fuerzas aplicadas las cuales son de $f_2 = 6.905N$ y $f_1 = 473,16N$, se puede determinar el espesor y el tipo de perfil a utilizar, debido a que la fuerza máxima es $f_2 = 6.876N$ a partir de esta se puede hallar el esfuerzo y compararlo respecto a un perfil de viga seleccionado de acuerdo a las dimensiones de la compactadora, para esto se debe determinar en primera instancia el esfuerzo permisible, teniendo la siguiente ecuación extraída del libro Diseño de elementos de máquinas - Mott :

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

Donde:

σ_{per} = Esfuerzo permisible

σ_y = Esfuerzo de falla del material

n = factor de seguridad

Para todo aquel diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para los que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño $n = 1,25$ a $2,0^4$, por lo que tomamos un factor de seguridad de $n=2$. Si se conoce el valor del esfuerzo de falla gracias a que el material que se tiene es el A36 entonces:

$$\sigma_{permisible} = \frac{250 MPa}{2} = 125 MPa$$

A continuación, se calcula el valor para el momento máximo que se presenta en la pieza:

$$M_A = (7.350,43N * 160mm) - (473,70N * 2.482,7mm) = 276,6 N * mm$$

$$M_A = 2,77 \times 10^{-4} KN * m$$

⁴ Diseño de elementos de máquinas – MOTT – Factores de diseño Pág.185

Una vez se conoce el valor del esfuerzo con el que se trabajará se puede utilizarlo para hallar el $S_{requerido}$ con la siguiente ecuación:

$$S_{reque} = \frac{M_{max}}{\sigma_{perm}}$$

Donde:

$S_{reque} = S$ mínimo requerido

$M_{máx} =$ Momento máximo generado

$\sigma_{perm} =$ Esfuerzo de trabajo

Al remplazar se debe tener el valor del esfuerzo en KPa, de esta manera se obtiene:

$$S_{reque} = \frac{2,77 \times 10^{-4} \text{KN} * m}{125000 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} = 2,216 \times 10^{-9} \text{m}^3 = 0,002216 \text{cm}^3$$

Con el valor de $S_{requerido}$ mínimo es posible elegir un perfil admisible de la tabla de perfiles normalizados, para el diseño de las vigas inferiores se tomó las de perfiles en C.

Tabla 12. Medidas normalizadas perfil cuadrado

CARACTERÍSTICAS Y DENOMINACION							PROPIEDADES ESTÁTICAS						UNIDADES DE EMPAQUE	
TAMAÑO PERFIL		REAL		Espesor pared e mm	PESO		FLEXION		Radio de Giro rx = ry cm	TORSION				
TAMAÑO NOMINAL		d	b		Negro Kg/m	Galvanizado Kg/m	Módulo de Inercia	Módulo elástico		Módulo de Inercia	Módulo Elástico			
PULGADAS	MILIMETROS	mm	mm	cm ²			lx = ly cm ⁴	Sx = Sy cm ³	Zx = Zy cm ³	J cm ⁴	B cm ³			
6 X 6	6 X 6	150,00	150,00	6,00	26,40	-	33,63	1.145,91	152,79	5,84	179,88	1.843,64	230,58	6
		155,00	155,00	4,50	20,72	-	26,57	992,94	128,12	6,11	148,94	1.565,09	192,73	6
		175,00	175,00	5,00	27,56	-	33,36	1.590,86	181,81	6,91	211,24	2.506,58	273,47	6
8 X 8	8 X 8	200,00	200,00	5,00	30,11	-	38,36	2.410,09	241,01	7,93	278,87	3.771,59	362,24	1
		220,00	220,00	7,00	46,16	-	58,38	4.365,55	396,87	8,65	462,83	6.917,52	597,47	1
10 X 10	10 X 10	250,00	250,00	9,00	66,47	-	84,67	8.093,21	647,46	9,78	758,74	12.925,82	975,95	1
12 X 12	12 X 12	300,00	300,00	10,00	89,04	-	113,42	15.713,90	1.047,59	11,77	1.223,86	24.972,90	1.577,87	1

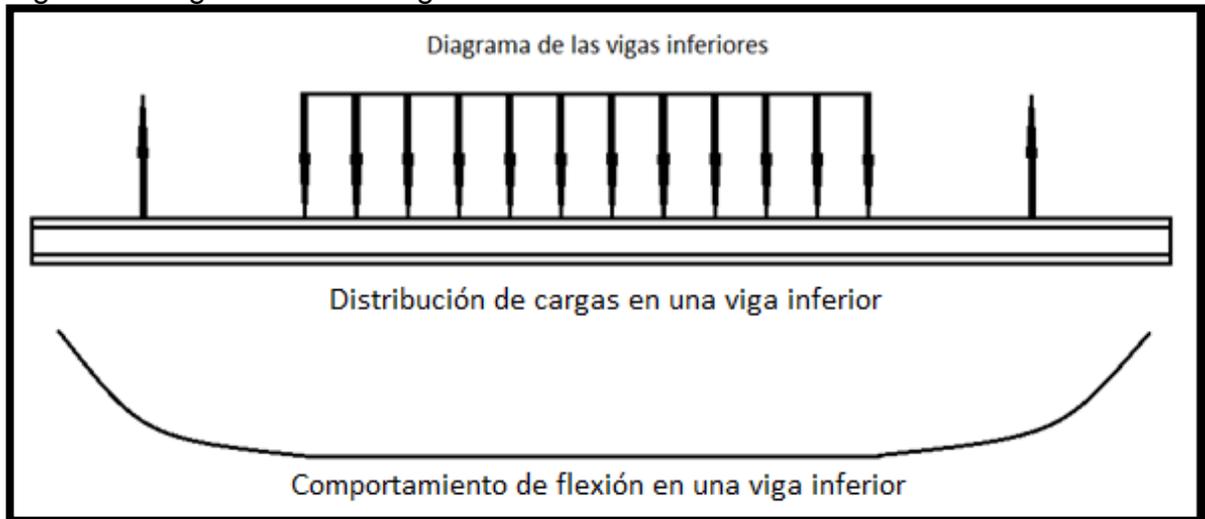
Fuente: Acero en evolución – catalogo perfiles estructurales

Se eligen perfiles de un espesor de $\frac{5}{16}$ de pulgada, aproximadamente 8 mm de espesor y ancho de 20 cm.

Para la guía lateral se utilizó perfiles cuadrados huecos como refuerzo para las láminas de $\frac{1}{2}$ pulgada que se colocan en los laterales, debido a que este perfil permite tener una mayor estabilidad, y en la parte de atrás de la compactadora también se agregaron perfiles cuadrados con un espesor de 4mm y 11cm de ancho con la finalidad de cumplir como restricción de área de la zona de compactación.

4.4.2 Análisis de flexión de vigas. Para el análisis de las vigas inferiores se tuvo en cuenta que hay cargas distribuidas en la zona de compactación y cargas puntuales donde se encuentra ubicados los pistones, ocasionando una deflexión las secciones laterales de la compactadora en dirección contraria a la de la fuerza de retroceso de los mismos, como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Diagrama de una viga inferior



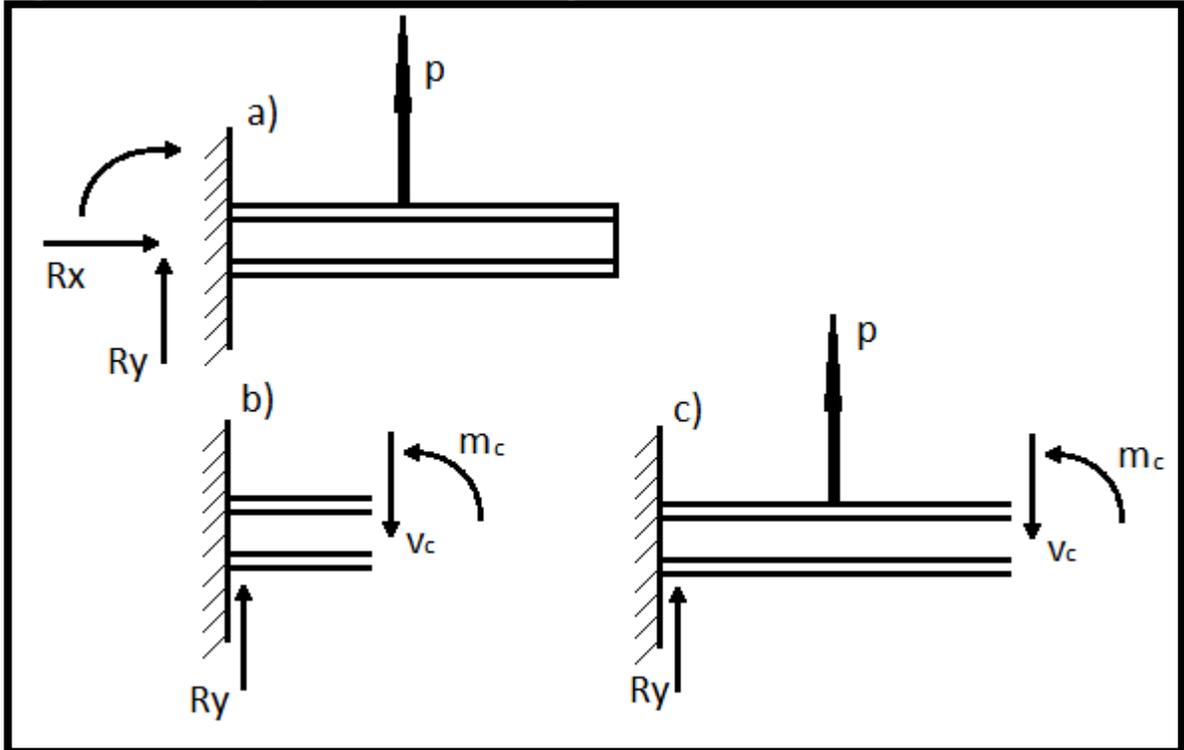
Debido a que la fuerza distribuida en el centro es de aproximadamente 120 ton, se analizan solo una sección de viga a cada lado a partir de la fuerza distribuida tomando este sistema como si se tratase de una viga en voladizo.

Para el análisis de dicha viga, se hizo por secciones, en primera instancia se hace un diagrama simplificado del mismo como se observa en el a) Figura 4, una vez se tiene dicho diagrama se hallan las reacciones del mismo como se muestra a continuación:

$$\sum f_x = 0, \quad \sum f_y = 0, \quad \sum M = 0$$

Debido a que no existen fuerzas en "X" las reacciones en este sentido son nulas, y se debe tener en cuenta que el valor de la carga P corresponde a la de los cilindros la cual es de 589,3626 KN, debido a que el diseño se piensa para un total de 4 vigas inferiores la carga P con la cual se debe hacer el análisis de la viga es de 147,34 KN.

Figura 4. Análisis por secciones de la viga inferior



Una vez se conoce el valor de la carga P se puede hallar el valor de la reacción en "Y" la cual debido a que solo se tiene una carga es del mismo valor de la carga.

$$0 = -fy + 147,34KN$$

$$fy = 147,34 KN$$

Una vez obtenido el valor de la reacción en "Y", se procede a analizar una sección de la viga haciendo un corte en la misma, en esta se analizan la fuerza V cortante y el momento en el punto de corte, para obtener las ecuaciones de cada uno que corresponden a dicha sección de la viga.

Para el caso del corte de viga b) Figura 4 se tiene que para los valores de cortante y momento en el corte:

$$-v - 147,34KN = 0$$

$$v = -147,34KN$$

$$-Ma + [147,34KN * X]$$

$$Ma = -147,34KN * X$$

Para el caso del corte de viga c) Figura 4 se tiene que para los valores de cortante y momento en el corte:

$$-V + 147,34KN - 147,34KN = 0$$

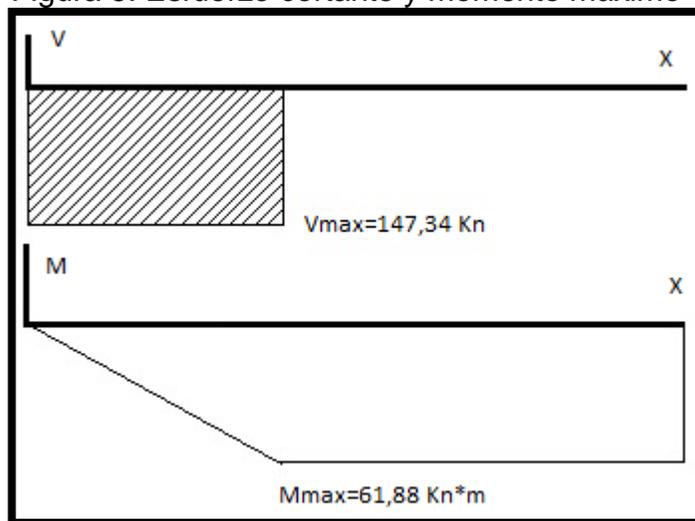
$$V = 0 KN$$

$$M - [147,34KN * (X - 0,42)] + [147,34KN * X] = 0$$

$$M = [147,34KN * (X - 0,42m)] - [147,34KN * X]$$

Una vez se obtienen los valores de las fuerzas cortantes, y las ecuaciones de momentos, se pueden obtener las gráficas que corresponden a las mismas.

Figura 5. Esfuerzo cortante y momento máximo



Dichas gráficas se obtienen al remplazar los valores de distancia de 420mm y distancia total la cual es de 600mm, de esta forma se obtiene que el momento máximo generado es de $84,1725Kn * m$ con el cual se puede reemplazar y hallar el valor de $S_{requerido}$, para esto se tiene que: esfuerzo

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

Donde:

σ_{per} = Esfuerzo permisible

σ_y = Esfuerzo de falla del material

n = factor de seguridad

Si se conoce el valor del esfuerzo de falla gracias a que el material que se tiene es el A36 entonces:

$$\sigma_{permisible} = \frac{250 MPa}{2} = 125 MPa$$

Una vez se conoce el valor del esfuerzo con el que se trabajara se puede utilizarlo para hallar el $S_{requerido}$ con la siguiente ecuación:

$$S_{reque} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{\sigma_{perm}}$$

Donde:

$S_{reque} = S$ mínimo requerido

$M_{m\acute{a}x} =$ Momento máximo generado

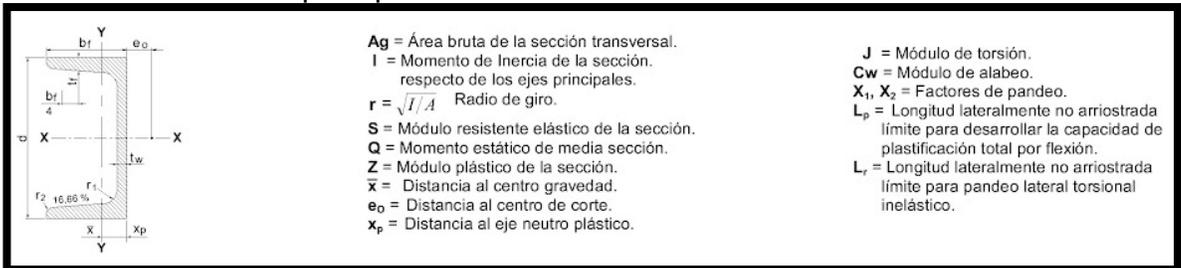
$\sigma_{perm} =$ Esfuerzo de trabajo

Al remplazar se debe tener el valor del esfuerzo en KPa, de esta manera se obtiene:

$$S_{reque} = \frac{61,88Kn * m}{125000 \frac{KN}{m^2}} = 0,00049504m^3 = 495,04cm^3$$

Con el valor de $S_{requerido}$ mínimo se pasa a elegir un perfil admisible de perfiles normalizados, para el diseño de las vigas inferiores se tomó las de perfiles en C.

Ilustración 13. Cotas para perfiles en C



Fuente: acceso. Manual de perfiles. Manual técnico.

Una vez definido el tipo de con el que se quiere trabajar se procede a tomar tablas de perfiles en C normalizados, para elegir el perfil que cumple con los requerimientos se comparó los datos de $S_{requerido}$ con el de S_x , se compara con el modulo resistente elástico de la sección en X debido a la disposición en la cual se colocara dentro del diseño de la misma.

Tabla 13. Dimensiones normalizadas perfiles en C.

Designación	Dimensiones					Relaciones		Ag	Peso	Distancias			X - X				
	h	bf	tf	h*	tw	bf 2tf	hw tw			\bar{x}	e _o	x _p	I _x	S _x	r _x	Q _x	Z _x
	mm	mm	mm	mm	mm			cm ²	Kg/m	cm	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³
MC18x58	457	107	15,9	386	17,8	3,36	21,7	110,3	86,3	2,19	1,77	1,20	28137	1231	15,98	775	1550
x51,9	457	104	15,9	386	15,2	3,28	25,3	98,71	77,2	2,18	2,02	1,07	26098	1142	16,28	709	1417
x45,8	457	102	15,9	386	12,7	3,20	30,4	87,10	68,2	2,20	2,31	0,94	24058	1054	16,66	642	1285
x42,7	457	100	15,9	386	11,4	3,16	33,8	81,29	63,5	2,23	2,46	0,88	23059	1009	16,87	610	1219
MC13x50	330	112	15,5	260	20,0	3,62	13,0	94,84	74,4	2,47	2,07	1,43	13070	793	11,73	496	991
x40	330	106	15,5	260	14,2	3,43	18,3	76,13	59,5	2,45	2,62	1,14	11363	688	12,24	417	834
x35	330	103	15,5	260	11,4	3,34	22,9	66,45	52,1	2,49	2,95	1,00	10489	636	12,57	379	757
x31,8	330	102	15,5	260	9,53	3,28	27,3	60,32	47,3	2,54	3,15	0,91	9948	603	12,85	353	706
MC12x50	305	105	17,8	238	21,2	2,95	11,2	94,84	74,4	2,67	1,88	1,55	11197	736	10,87	460	919
x45	305	102	17,8	238	18,1	2,87	13,2	85,16	67,0	2,64	2,14	1,39	10489	688	11,07	424	847
x40	305	98,8	17,8	238	15,0	2,78	15,9	76,13	59,5	2,64	2,42	1,24	9740	639	11,33	388	775
x35	305	95,7	17,8	238	11,9	2,69	20,1	66,45	52,1	2,67	2,72	1,08	8991	592	11,66	351	701
x31	305	93,2	17,8	238	9,40	2,62	25,3	58,84	46,1	2,74	3,00	1,06	8449	554	11,96	322	644
MC12x10,6	305	38,1	7,8	270	4,83	2,43	55,9	20,00	15,8	0,68	0,72	0,33	2306	151	10,72	95	190
MC10x41,1	254	110	14,6	191	20,2	3,76	9,42	78,06	61,2	2,77	2,19	1,53	6576	516	9,17	319	637
x33,6	254	104	14,6	191	14,6	3,57	13,0	63,68	50,0	2,74	2,69	1,24	5786	456	9,53	274	547
x28,5	254	100	14,6	191	10,8	3,43	17,6	54,00	42,4	2,84	3,07	1,05	5286	415	9,88	243	485

* Medidas Nominales

Fuente: acceso. Manual de perfiles. Manual técnico.

Debido a que el valor mínimo para el modulo resistente elástico de la sección, es de $495,04\text{cm}^3$, se toma una con un valor superior al cual se encuentra calculado que tiene un valor de 688cm^3 , de esta manera se obtiene las dimensiones normalizadas para las vigas de perfil en C inferiores, las cuales corresponden a la designación MC12x50.

Debido a que el análisis de la viga se hace solo sobre una sección de la misma, dicha viga puede considerarse como una viga corta, debido a esto el esfuerzo cortante puede ser crítico, por esta razón es necesario calcular el esfuerzo cortante de la misma para lo cual se tomó como referencia la siguiente ecuación tomada del libro Mecánica de materiales de James M:

$$\tau = \frac{V * Q}{I * t}$$

Donde:

$V =$ Fuerza cortante

$Q =$ Momento estatico de media seccion

$I =$ Momento de inercia de la seccion trasversal

$\tau =$ esfuerzo cortante

$t =$ sección trasversal a la fuerza sobre la viga

Tomando los datos que se encuentran en la Tabla 13. Dimensiones normalizadas perfiles en C. Se tiene que:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{0,000424m^3 * 147.340N}{0,00010489m^4 * 0,0181m} = 32'906,7 Pa$$

$$32'906,7 Pa = 32,90 MPa$$

De acuerdo con el libro Mecánica de materiales de James M, el esfuerzo τ_{falla} equivale a $0,5 * \sigma_y$, de esta forma el $\tau_{m\acute{a}x}$ encontrado debe ser menor que el τ_{falla} , al remplazar y comparar se tiene que:

$$\tau_{falla} = 0,5 * \sigma_y$$

Donde:

$\tau_{falla} =$ esfuerzo cortante de falla

$\sigma_y =$ esfuerzo de falla del material

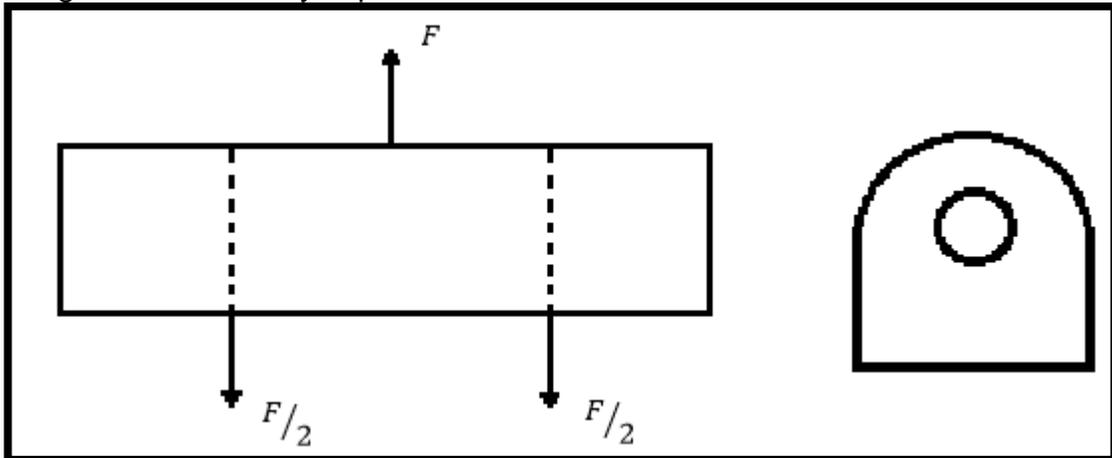
Remplazando se tiene que:

$$\tau_{falla} = 0,5 * 250 MPa = 125 MPa$$

De esta manera se sabe que la viga no falla debido a esfuerzos cortantes gracias a que $\tau_{Fall\acute{a}} > \tau_{M\acute{a}x}$, siendo el esfuerzo máximo aplicado a la viga mucho menor al de falla del material $125 MPa > 32,90 MPa$.

4.4.3 Análisis de esfuerzos en pasadores y sus uniones. Para el análisis de esfuerzos en dichos elementos, se tiene que se calcularon por esfuerzos cortantes en el caso del pasador y esfuerzos aplastantes en sus respectivas uniones de la siguiente forma.

Imagen 15. Pasador y soporte



Teniendo en cuenta que la fuerza aplicada en el pasador es la correspondiente a la de un pistón se dice que $F = 589,3626 \text{KN}$ para el caso de la unión que se encuentra en la plataforma, se tiene que el esfuerzo cortante en el pasador y el esfuerzo aplastante en la unión responde a:

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

Donde:

$\tau = \text{Esfuerzo cortante}$

$V = \text{Fuerza cortante}$

$A = \text{Área transversal del pasador}$

Para el pasador se diseñó con un diámetro de 80mm, y la longitud de contacto superficial en su respectiva unión es de 40mm, reemplazando dichos valores en la ecuación anterior se tiene que:

$$\tau = \frac{294,6813 \text{ KN}}{2 * \pi * 0.04 \text{ m}^2} = 1.172,49 \text{ kPa}$$

Para el caso de la unión que se encuentra en la plataforma, se tiene que el esfuerzo aplastante en la unión responde a:

$$\sigma = \frac{P}{\theta * e}$$

Donde:

$\sigma =$ Esfuerzo aplastante

$\theta =$ Diámetro del pasador

$e =$ Longitud de contacto

Para la unión se diseñó con un diámetro de 80mm, y la longitud de contacto superficial en su respectiva unión es de 40mm, reemplazando dichos valores en la ecuación anterior se tiene que:

$$\sigma = \frac{294,36 \text{ KN}}{0,08\text{m} * 0,04\text{m}} = 91.988,31 \text{ Kpa}$$

Para el caso de la unión que se encuentra en la placa de compactación se tiene que el esfuerzo cortante en el pasador cambia debido a que se incluyó para esa unión bujes, de esta manera el valor del esfuerzo cortante no cambia debido a que este no depende de la longitud de contacto superficial, sin embargo, el esfuerzo de aplastamiento si cambia debido a que depende de dicho valor, de esta forma se tiene:

$$\sigma = \frac{P}{\theta * e} = \frac{294,3626 \text{ kN}}{0,08\text{m} * 0,1\text{m}} = 36.795,325 \text{ KPa}$$

En resumen, se tienen cuatro uniones con pasador las cuales corresponden al montaje de los cilindros hidráulicos, debido a esto solo se calcularon dos uniones debido a que los dos cilindros se someten a las mismas cargas, se sabe que la unión superior cuenta con un buje mientras que la inferior carece del mismo.

Tabla 14. Esfuerzos en uniones.

	Superior	Inferior
Cortante	1.172,49 KPa	1.172,49 KPa
Aplastante	36.795,325 KPa	91.988,31 KPa

Como el material en el cual será fabricado dicho componente es acero A36 y su esfuerzo de falla es de 250.000 MPa, por lo que ninguno de estos elementos presenta falla alguna.

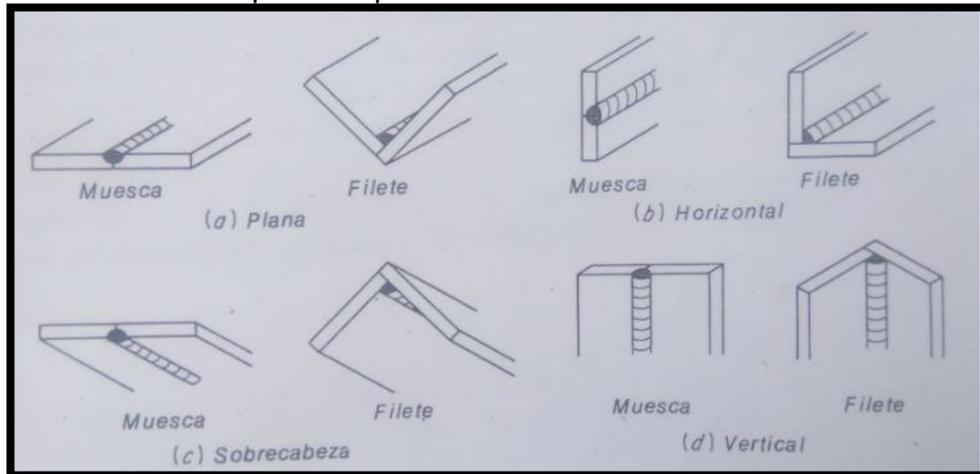
4.5 CÁLCULO DE SOLDADURAS

En este capítulo se explicará el cálculo de las soldaduras implementadas en las uniones de diferentes elementos como los son las placas, columnas, refuerzos y vigas utilizadas en la estructura de la compactadora. Para dichos cálculos se utilizará como guía el libro de Diseño de elementos de Robert L. Mott.

Los cálculos de soldadura se aplicarán en los elementos críticos del sistema, para la solución de estos cálculos según el libro Diseño de elementos de Robert L. Mott. Es necesario definir el tipo de electrodo a usar en la unión, además de identificar el tipo de geometría a la cual se le aplica el cordón de soldadura.

Para este caso el material de aporte se aplicará en posición tipo filete para la unión de perfiles columnas y elementos perpendiculares, y de posición tipo muesca para la unión de las láminas inferiores y la placa compactadora. Dichos tipos de aplicación se observan en la imagen a continuación.

Ilustración 14. Tipos de aplicación de soldadura



Fuente: McCormac. (2009). Diseño de estructuras metálicas pág. 95

El electrodo a usar debido a sus valores de esfuerzos es el E70 ya que maneja un esfuerzo cortante admisible de 21 Ksi o 145 MPa.

Tabla 15. Esfuerzos cortantes admisibles sobre soldadura de chaflán.

Espesor de la placa (pulg)	Tamaño máximo del lado, para soldaduras de chaflán (pulg)
$\leq 1/2$	3/16
$> 1/2 - 3/4$	1/4
$> 3/4 - 1\frac{1}{2}$	5/16
$> 1\frac{1}{2} - 2\frac{1}{4}$	3/8
$> 2\frac{1}{4} - 6$	1/2
> 6	5/8

Fuente: Diseño de elementos mecánicos. Mott pág. 783

Las uniones más críticas cuya soldadura deben ser calculadas para el diseño de la compactadora, son la de los soportes de los pistones y las láminas centrales de la placa compactadora superior.

4.5.1 Cálculo de soldaduras láminas centrales. Para el cálculo de esta soldadura es necesario hallar el valor de esfuerzo resultante bajo el cual estará sometido la soldadura por medio de la siguiente ecuación extraída del libro de diseño de elementos mecánicos de Mott.

$$f = \sqrt{f_r^2 + f_b^2 + f_s^2}$$

Donde:

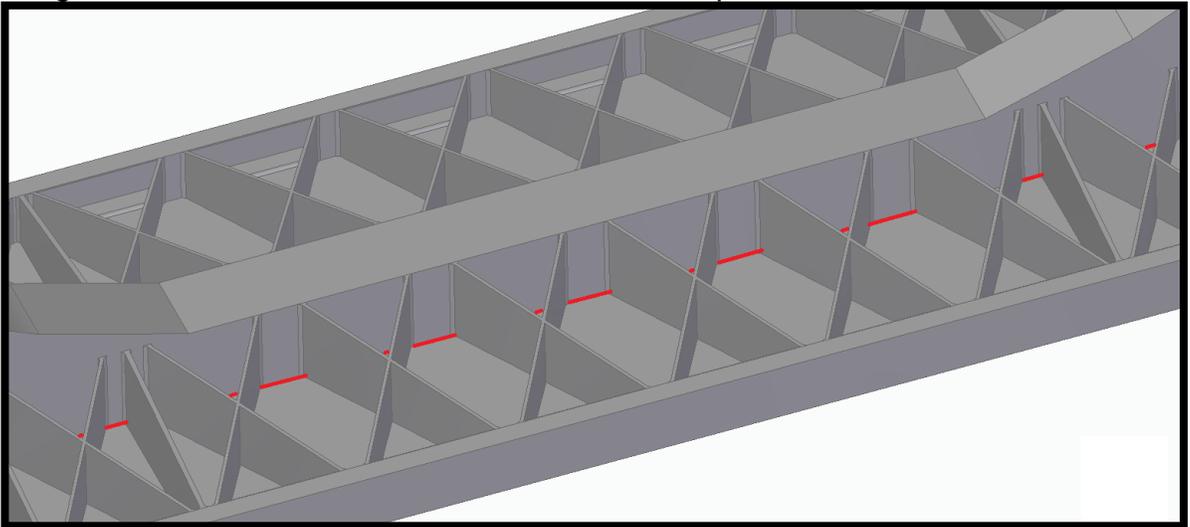
f_s = Esfuerzo generado por fuerza cortante

f_b = Esfuerzo generado por el momento

f_r = Esfuerzo generado por el torque

Al analizar la placa de compactación se encuentra que existen fuerzas cortantes sobre las láminas centrales, por lo que es necesario la aplicación de un cordón de soldadura a lo largo de esta, como muestra la línea roja en Imagen 16, debido a las fuerzas que actúan sobre dicha pieza, se puede decir que es la unión soldada más crítica.

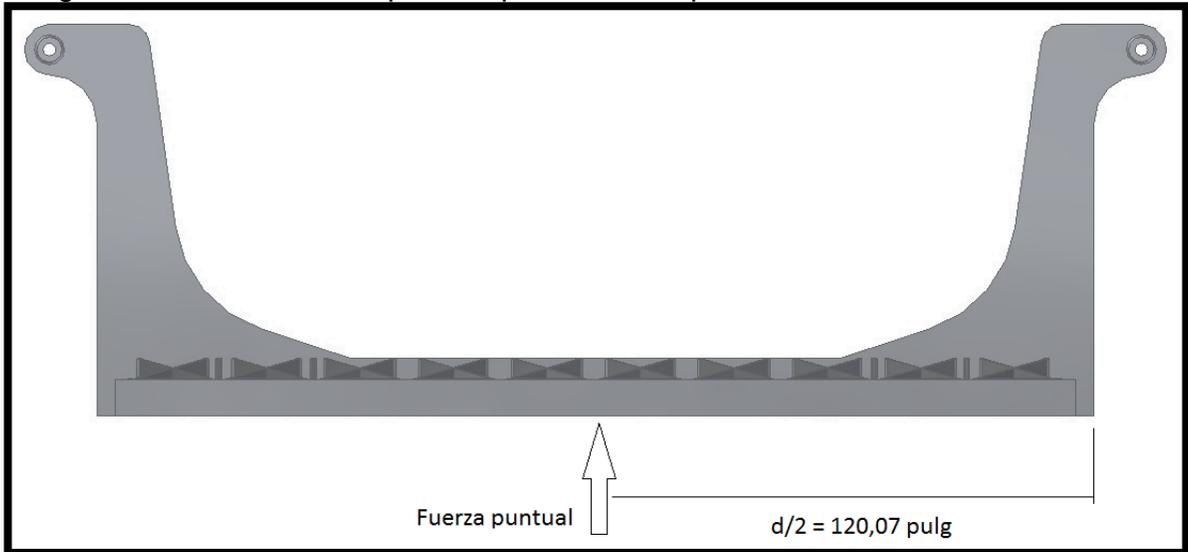
Imagen 16. Cordón de soldadura lamina central superior.



Dichas láminas centrales se ven involucradas en el momento generado por la placa; sin embargo, dicha placa no presenta torque, por lo que se hace cero en dicha parte de la ecuación. Para poder encontrar dichos valores de fuerza cortante y momento, se hizo el siguiente análisis a partir de la fuerza puntual como se muestra en la Imagen 17, donde el momento se halla a partir de la fuerza distribuida convertida en

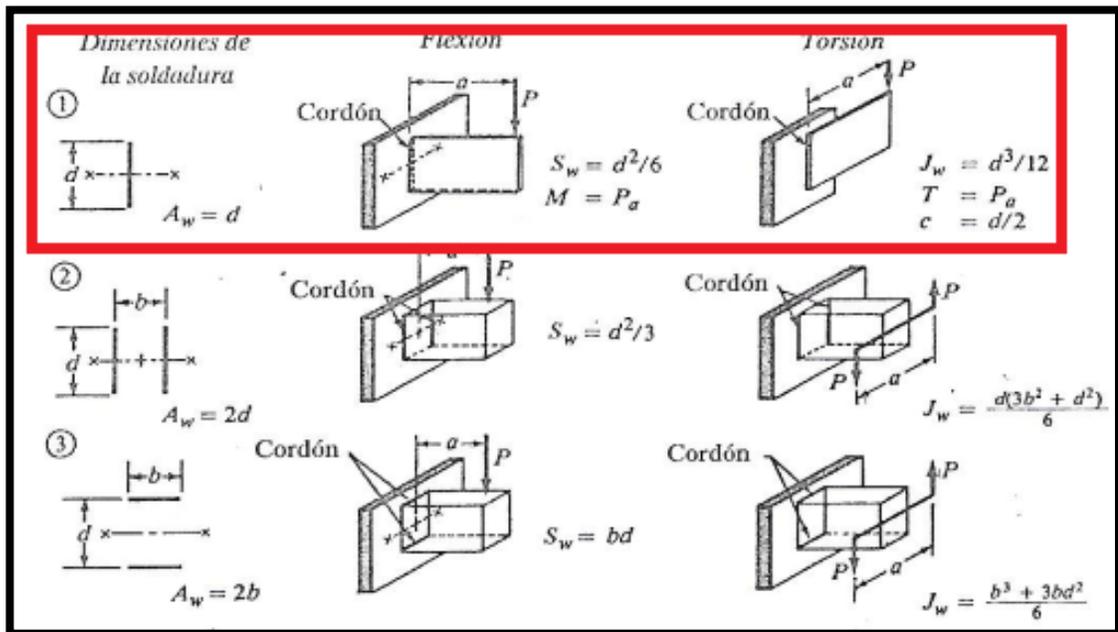
fuerza puntual en el centro de la placa por la distancia al borde de esta; a su vez la fuerza cortante equivaldrá al momento dividido entre la longitud entre placa y placa.

Imagen 17. Análisis fuerza puntual placa de compactación.



Para poder determinar los valores para los esfuerzos, es necesario determinar los factores geométricos para el análisis de soldaduras, para lo cual se debe tomar aquella que corresponde a la geometría a aplicar de la soldadura.

Ilustración 15. Factores geométricos para análisis de soldadura



Fuente: Diseño de elementos mecánicos. Mott pág. 787

Debido a que lo que se quiere soldar son láminas, se toma el número uno y su dimensión es de $d = 240,157 \text{ pul}$:

$$A_w = d$$

$$S_w = d^2/6$$

Debido a que como se mencionó anteriormente no se tienen valores de torque en la placa superior, no se halla el valor para el factor geométrico que depende del torque J_w , reemplazando valores se tiene que:

$$A_w = 240,157 \text{ pul}^3$$

$$S_w = \frac{240,157^2 \text{ pul}}{6} = 9.612,56 \text{ pul}^3$$

De esta forma, si se sabe que la distancia del centro hasta una de sus laterales es de $6,1 \text{ m}$ equivalente a $120,07 \text{ pul}$, entonces para la ecuación de momento se tiene que:

$$M = F \times d$$

Donde:

$M =$ momento de la placa compactadora

$F =$ fuerza puntual en el centro de la placa

$d =$ distancia del centro de la placa a un costado

La fuerza puntual es de $262.738,7 \text{ lb}$, debido a que existe más de un elemento longitudinal en la cual es distribuida la fuerza; dicha fuerza puntual en el caso del cálculo para la soldadura de una sola lamina es de $87.579,57 \text{ lb}$ reemplazando los valores se tiene que:

$$M = 87.579,57 \text{ lb} \times 120,078 \text{ pul} = 10'516.379,21 \text{ lb in}$$

Como se observa en la Imagen 17, una vez conocido el valor para el momento es posible hallar la fuerza cortante sobre la lámina de la siguiente forma:

$$F_v = \frac{M}{L}$$

Donde:

$F_v =$ Fuerza cortante

$M =$ momento en la placa

$L =$ longitud transversal entre las placas paralelas

Si se conoce que el valor de la distancia entre las láminas paralelas es de 11,811 *pul* entonces al reemplazar dichos valores:

$$F_v = \frac{10'516.379,21 \text{ lb pul}}{11,811 \text{ pul}} = 890.463,94 \text{ lb}$$

Una vez se conocen los valores para el momento y fuerza cortante es posible hallar los esfuerzos mencionados anteriormente, en el caso del esfuerzo dependiente del momento se tiene que:

$$F_b = \frac{M}{S_w}$$

Donde:

F_b = Esfuerzo de momento

M = Momento de la placa

S_w = Factor geométrico

Remplazando los valores respectivos:

$$F_b = \frac{M}{S_w} = \frac{10'516.379,21 \text{ lb pul}}{9.612,56 \text{ pul}^3} = 1.094,02 \frac{\text{lb}}{\text{pul}^2}$$

Gracias a que se calculó el valor para la fuerza cortante que existe en las láminas centrales es posible hallar el esfuerzo mencionado anteriormente el cual depende de la fuerza cortante, de la siguiente forma:

$$F_s = \frac{F_v}{A_w}$$

Donde:

F_b = Esfuerzo de fuerza cortante

F_v = Fuerza cortante en la viga

S_w = Factor geométrico

Remplazando los valores respectivos:

$$F_s = \frac{F_v}{A_w} = \frac{890.463,94 \text{ lb}}{240,157 \text{ pul}^3} = 3.707,84 \frac{\text{lb}}{\text{pul}^2}$$

Debido a que ya se obtuvieron los valores de F_b y F_s es posible calcular la fuerza resultante que se aplica sobre la soldadura con la ecuación ya mencionada anteriormente, de manera que al reemplazar dichos valores se tiene que:

$$f = \sqrt{3.707,84^2 + 1.094,02^2} = 3.865,87 \frac{lb}{pul^2}$$

El esfuerzo resultante aplicado a la soldadura en este caso, es de 2.802,64 lb/pul^2 por lo que para determinar el tamaño del lado para el cordón de la soldadura, es necesario dividir el resultado obtenido, entre el valor del esfuerzo máximo soportado por el electrodo E70 el cual es de 11200 psi , por lo que se tiene que:

$$\frac{3.865,87 \text{ psi}}{11.200 \text{ psi}} = 0,3451 \cong \frac{3}{8}$$

El chaflán calculado es de 1/4 de pulgada, según los valores especificados en la Tabla 16. Tamaños mínimos de cordón para placas. Es posible observar que el valor es satisfactorio debido a que el espesor de la placa es $> 1/2 - 3/4$

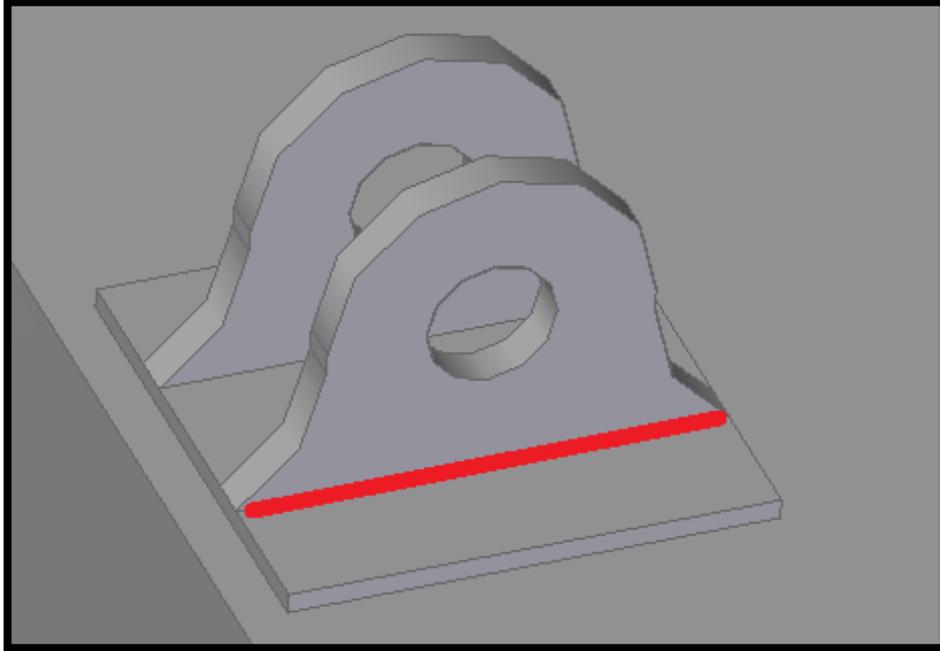
Tabla 16. Tamaños mínimos de cordón para placas.

Espesor de la placa (pulg)	Tamaño máximo del lado, para soldaduras de chaflán (pulg)
$\leq 1/2$	3/16
$> 1/2 - 3/4$	1/4
$> 3/4 - 1\frac{1}{2}$	5/16
$> 1\frac{1}{2} - 2\frac{1}{4}$	3/8
$> 2\frac{1}{4} - 6$	1/2
> 6	5/8

Fuente: Diseño de elementos mecánicos. Mott pág. 787

4.5.2 Cálculo de soldadura soporte del pistón. Debido a que el soporte del pistón debe aguantar el peso del cilindro hidráulico cuando está en reposo y la reacción de la fuerza del mismo cuando el cilindro está operando, es necesario aplicar soldadura como muestra la línea roja en la Imagen 18. Cordón de soldadura soporte de pistón, debido a la magnitud de la fuerza aplicada sobre el soporte, este es el segundo punto de soldadura más crítico.

Imagen 18. Cordón de soldadura soporte de pistón



Es necesario, para el cálculo de este cordón de soldadura, de igual forma que en el calculado anteriormente, hallar el valor de esfuerzo resultante bajo el cual estará sometida la soldadura, por medio de la ecuación extraída del libro de diseño de elementos mecánicos de Mott.

$$f = \sqrt{f_r^2 + f_b^2 + f_s^2}$$

Donde:

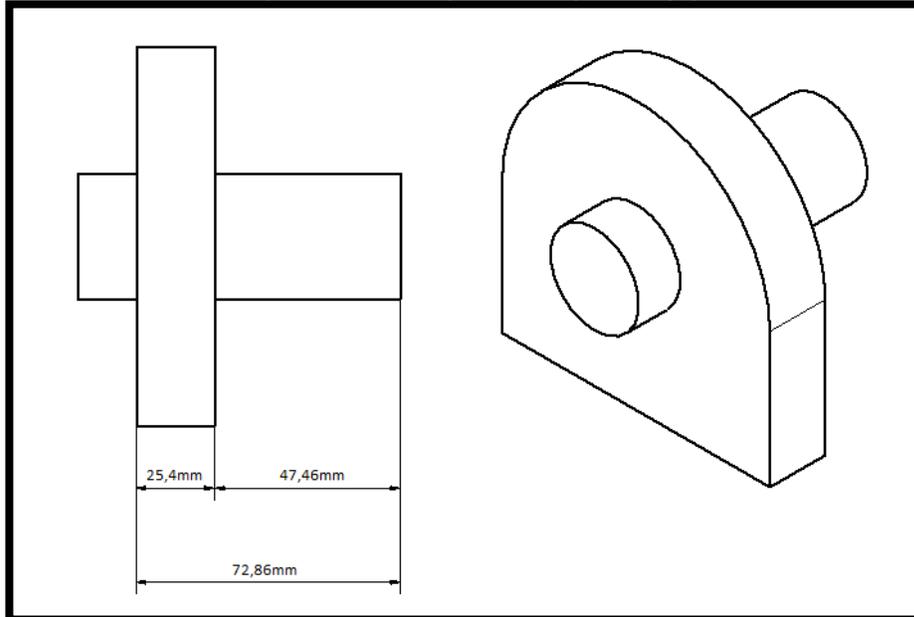
f_s = Esfuerzo generado por fuerza cortante

f_b = Esfuerzo generado por el momento

f_r = Esfuerzo generado por el torque

Para el caso del soporte del pistón, debido a que la manera bajo la cual se aplica la fuerza en el soporte es a través del pasador, la fuerza se aplica en el pasador en orientación vertical por lo que no se presenta torque alguno sobre el pasador y sobre el soporte, debido a esta razón tampoco hay fuerza cortante aplicada en el cordón de soldadura, debido a que no existen fuerzas en dichas direcciones.

Ilustración 16. Simplificación soporte de pistón y pasador



Debido a que el cordón de soldadura solo se ve afectado por el momento creado en el pasador y el soporte de pistón, como no se calculan los esfuerzos f_s, f_r , solo es necesario calcular el esfuerzo dependiente del momento f_b , para esto es necesario hallar el valor del momento:

$$M = F \times d$$

Donde:

M = momento de la placa compactadora

F = fuerza puntual en el centro de la placa

d = distancia del centro de la placa a un costado

La distancia existente entre el centro del pasador y el lateral del soporte es de 1,93 pul y la fuerza puntual en el centro del pasador es de 132.493,39 lb, la cual corresponde a la fuerza ejercida por el pistón, debido a que dicha fuerza es aplicada a dos de los soportes y en total son cuatro cordones de soldadura, la fuerza es de 33.123,34 lb, sabiendo esto se puede decir que:

$$M = 33.123,34 \text{ lb} \times 1,93 \text{ pul} = 64.164,64 \text{ lb in}$$

Debido a que el único esfuerzo presente es f_b , el valor del esfuerzo resultante es igual al correspondiente esfuerzo dividido entre el factor geométrico S_w , teniendo en cuenta que la longitud en la cual se aplicara el cordón es de 11,81 pul o 30 cm.

$$S_w = \frac{11,81^2 pul}{6} = 23,24 pul^3$$

Por lo tanto, se tiene que para el valor del esfuerzo:

$$F_b = \frac{M}{S_w} = \frac{64.164,64 lb pul}{23,24 pul^3} = 2.760,95 \frac{lb}{pul^2}$$

Debido a que es el único esfuerzo presente, este valor se compara directamente con el correspondiente al electrodo E70:

$$\frac{2.760,95 psi}{11.200 psi} = 0,246 \cong \frac{1}{4}$$

El chaflán calculado es de 1/4 de pulgada, según los valores especificados en la Tabla 16 se encuentra que el valor es satisfactorio debido a que el espesor de la placa es $\geq 1 pul$.

5. ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS

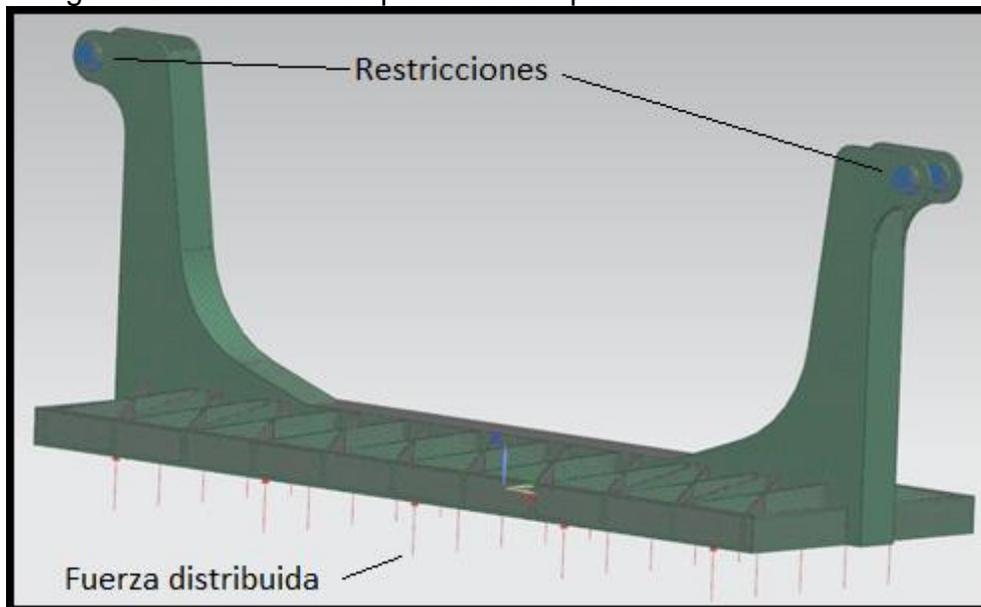
Debido a las grandes fuerzas aplicadas por los cilindros hidráulicos de la compactadora, existen varios elementos críticos como los son la placa de compactación, las vigas inferiores, lamina inferior, columnas y soporte de los cilindros hidráulicos, cuyos esfuerzos deben ser calculados con el fin de identificar posibles fallas del material y además para mantener dichos esfuerzos dentro de un factor de seguridad.

Por esta razón, se busca aplicar un software de análisis por elementos finitos, NX para desarrollar la simulación de dichos elementos y poder observar los esfuerzos que se aplican sobre cada uno de ellos, así como la deformación que sufren los mismos.

5.1 ANÁLISIS DE LA PLACA DE COMPACTACIÓN

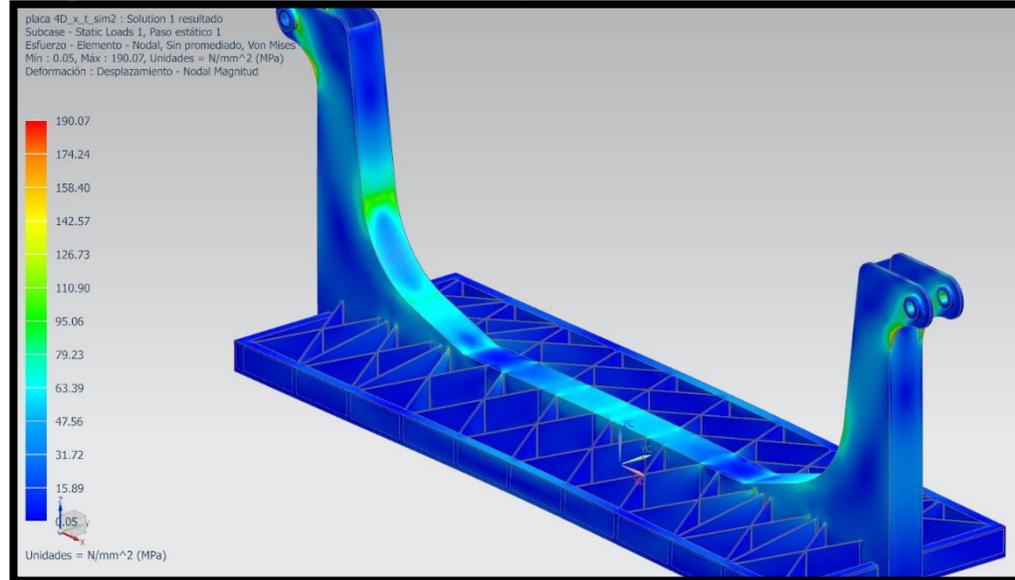
La placa de compactación es uno de los elementos estructurales más críticos de la compactadora, debido a que en dicho elemento se aplica toda la fuerza de compactación para comprimir el chasis; por esta razón, las restricciones para el modelado de esta pieza es la presión de compactación en el área de compactación y fija en los apoyos donde se unen los cilindros hidráulicos.

Imagen 19. Restricciones placa de compactación.



Para la simulación se ensayó con diferentes tamaños de mallas tetraédricas, con la finalidad de observar el cambio de resultados respecto a la malla y seleccionar un tamaño adecuado, cuyo resultado varíe de forma mínima; por esta razón, se seleccionó un tamaño de malla de 40mm.

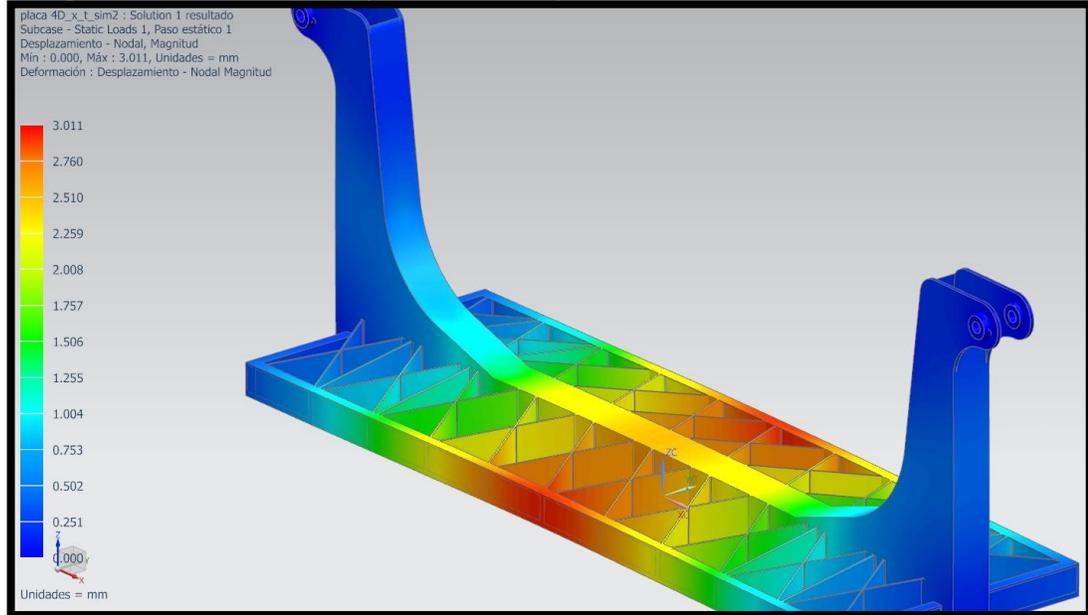
Imagen 20. Esfuerzos placa de compactación



Para el análisis de esta placa compactadora, se simuló con las propiedades mecánicas de un acero estructural A36, debido a que se presentaba fallas por concentración de esfuerzos en las placas en forma de L y en la lámina, la placa de compactación esta reforzada con perfiles en C en las aristas de la placa y con el objetivo de evitar la falla, hacia el centro del elemento se añadieron aletas dispuestas en x, además de esto la forma redondeada en los soportes se hace para evitar concentración de esfuerzos en el mismo.

La deformación máxima de la placa de compactación como se observa en la Imagen 21, es de $3,011\text{mm}$ en el centro geométrico de la misma, debido a las dimensiones de la placa, al analizar la deformación, se encontró que a comparación de esta es muy pequeña, por lo que se dice que es crítica además de no superar la zona elástica del material.

Imagen 21. Deformación placa de compactación



Como se observa en la Imagen 20, el máximo esfuerzo generado en la placa es de 190 MPa aproximadamente, y dicho esfuerzo existe en las uniones de las aletas. Para determinar el factor de seguridad real bajo el cual está el elemento se debe comparar dicho esfuerzo con el esfuerzo de falla del material:

$$n = \frac{\sigma_y}{\sigma}$$

Donde:

$n =$ Factor de seguridad

$\sigma =$ Esfuerzo al cual es sometido el elemento

$\sigma_y =$ Esfuerzo de falla del material

Siendo este un A36 el valor de falla es de $\sigma = 250 \text{ MPa}$, por lo que al remplazar se tiene que:

$$n = \frac{250 \text{ MPa}}{190 \text{ MPa}} = 1,315$$

El factor de seguridad obtenido es de $n = 1,315$, de acuerdo al libro de diseño de elementos de máquinas de Mott, $n = 1,25$ a $2,0$ para todo aquel diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para los que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño⁵, debido a que las cargas aplicadas son estáticas y el

⁵ Diseño de elementos de máquinas – MOTT – Factores de diseño Pág.185

valor del factor de seguridad está dentro del rango se dice que la estructura es funcional.

5.2 ANÁLISIS DE LA GUÍA LATERAL.

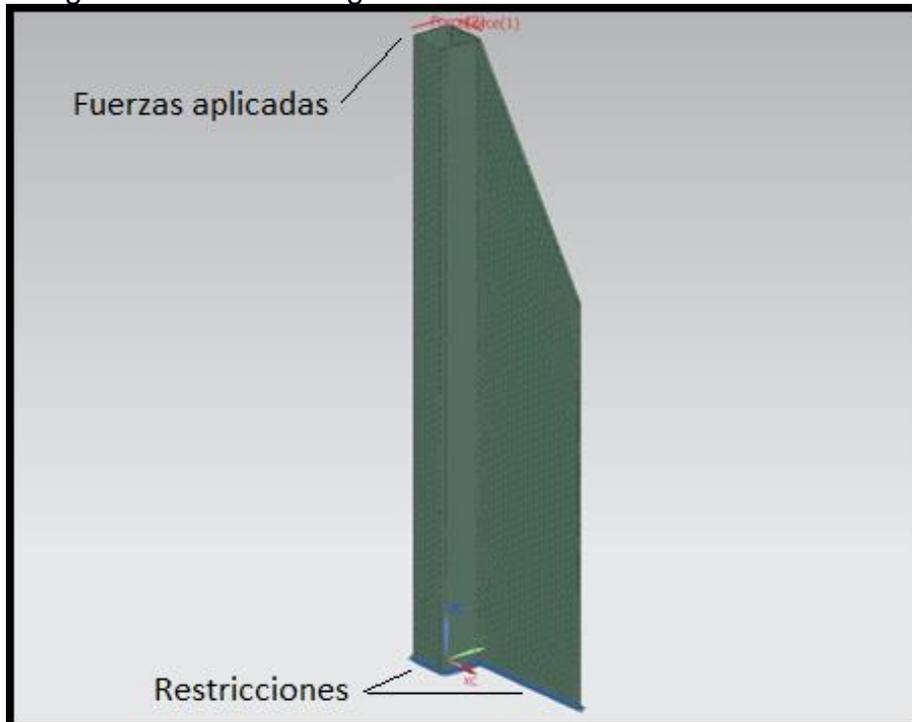
Como se ha mencionado anteriormente, para el caso de las guías laterales, se ven afectadas por cargas producto del torque y momento generado en la placa de compactación, sobre las columnas que hacen parte de las guías laterales.

A partir de estas fuerzas se colocan las restricciones en conjunto con las placas soldadas a las columnas, debido a que dichas placas ayudan a distribuir parte de las fuerzas que se encuentra sobre ellas y de esta manera disminuyen los esfuerzos generados hacia la parte superior de la misma.

Debido a que ya se halló el valor de las dos fuerzas aplicadas, las cuales son de $f_1 = 6.876N$ y $f_2 = 473,17N$, se aplicaron dichas restricciones sobre el modelo, teniendo en cuenta que se aplican dichas fuerzas sobre dos de los bordes superiores.

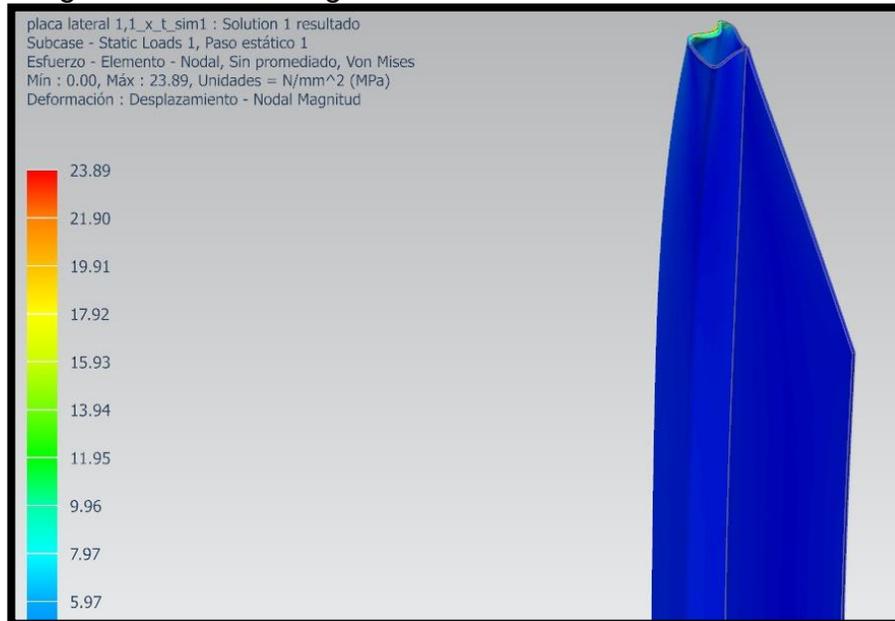
También se aplica una restricción fija en la parte inferior de la columna y de la placa en conjunto, debido a que dichas piezas deben soldarse a la placa inferior de la máquina compactadora.

Imagen 22. Restricción guía lateral



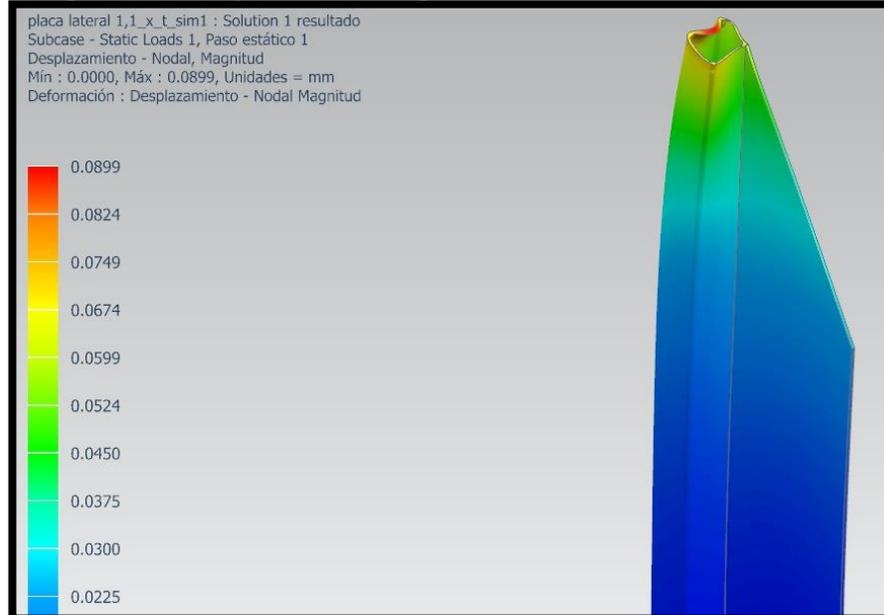
Para el tamaño del enmallado tetraédrico, como lo explicado anteriormente, se tomó un tamaño en el cual los esfuerzos resultantes no varíen significativamente respecto a otros tamaños de malla, la cual es de 40mm .

Imagen 23. Esfuerzos guía lateral



El esfuerzo máximo generado en la viga es de $23,89\text{ MPa}$ aplicado sobre el borde superior de la viga, teniendo en cuenta que la pieza se simula con datos mecánicos de un acero A36, se conoce que el esfuerzo de falla es de 250 MPa , debido a que el esfuerzo generado en la viga no es significativo en comparación del esfuerzo de falla por lo que se asegura la funcionalidad de la guía lateral.

Imagen 24. Desplazamiento guía lateral



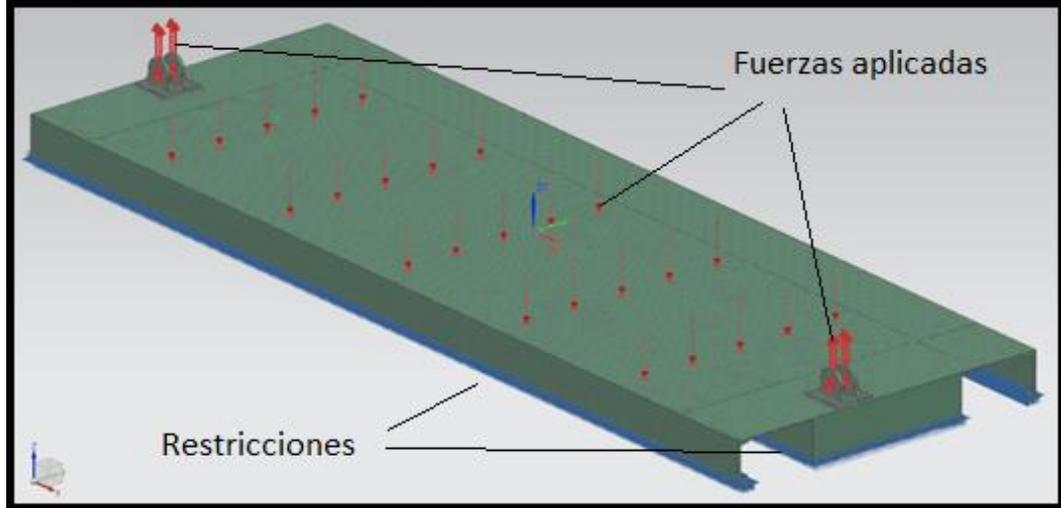
El desplazamiento máximo generado es de $0,0899\text{mm}$ el cual es casi nulo, por lo que la viga no presenta deformaciones significativas, por esta razón se dice que el diseño de la guía lateral es funcional.

5.3 ANÁLISIS DE PLACA INFERIOR.

Para el análisis de la placa inferior, debido a que soporta el chasis del carro a compactar, en una sección la cual es la correspondiente al área de la placa de compactación, soporta la presión de compactación, además de esto hacia los laterales se debe tener en cuenta la fuerza de reacción en respuesta a la acción de los pistones.

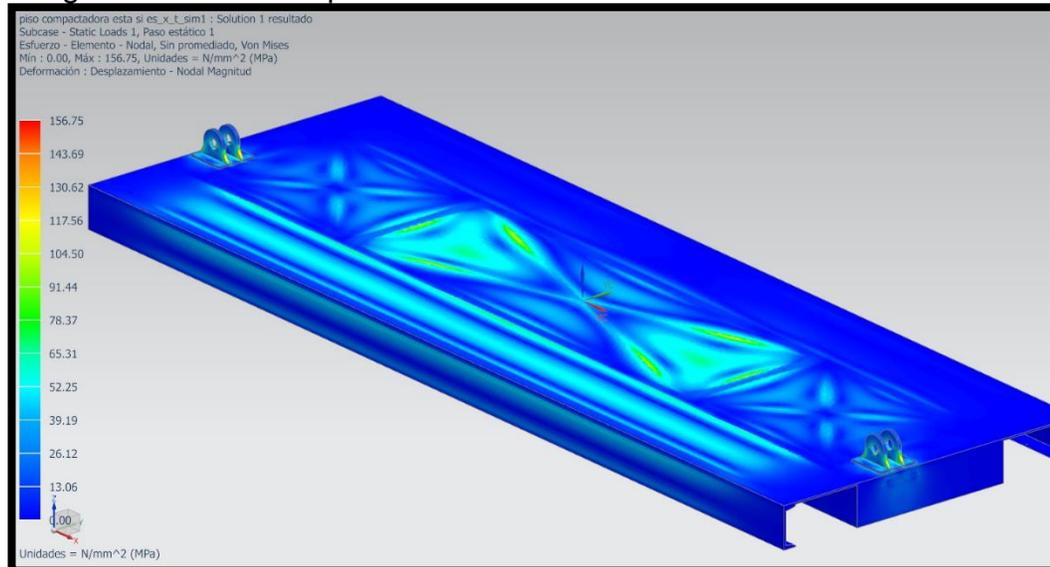
Por lo que las restricciones de fuerza existen en los apoyos de los cilindros hidráulicos, también existe una restricción de presión la cual corresponde a la de la presión de compactación como se mencionó anteriormente y por ultimo una restricción fija en las vigas inferiores las cuales son las que sirven de apoyo para la placa inferior.

Imagen 25. Restricciones de placa inferior



De igual forma que en las simulaciones anteriores, el tamaño de malla tetraédrica a utilizar es de 40mm, debido que a partir de este tamaño de malla los resultados tienden a ser constantes.

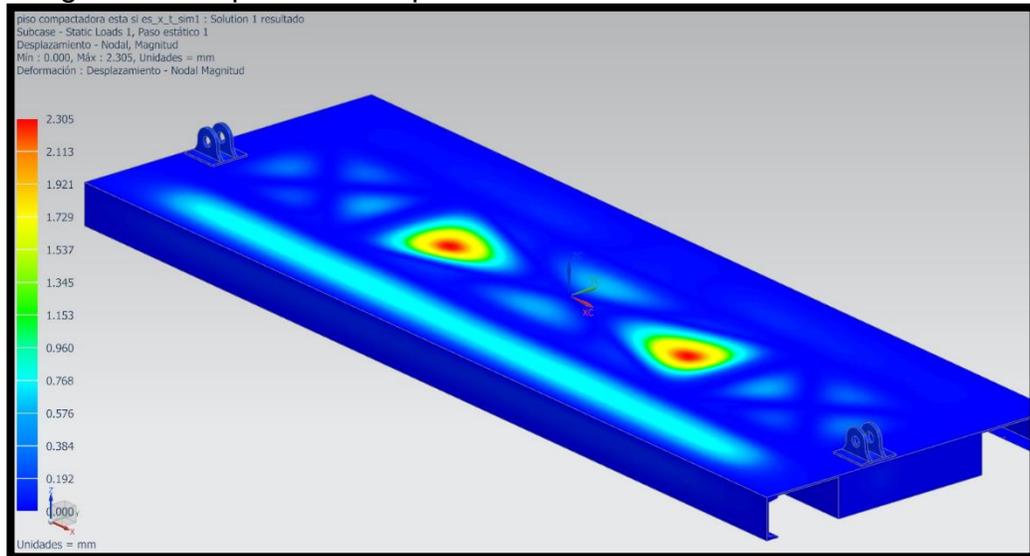
Imagen 26. Esfuerzos placa inferior



Debido a las reacciones generadas por la fuerza aplicada de los cilindros hidráulicos sobre los apoyos de estos, el centro, de la lámina tiende a deflectarse, por lo cual para evitar esto se agregaron laminas dispuestas en X que ayudan a distribuir los esfuerzos al mismo tiempo que disminuyen la deflexión presentada en la placa.

Para evitar la deflexión en los bordes, se agregó como se mencionó y calculó anteriormente, 4 perfiles en C de los cuales dos de ellos están dispuestos a lo largo de la placa en sus aristas y otras dos a 600mm de estas.

Imagen 27. Desplazamiento placa inferior



El esfuerzo máximo que se presenta en la placa inferior tiene un valor 156,75 MPa ubicado en los apoyos de los cilindros hidráulicos, como se observa en Imagen 26. Conociendo el valor del esfuerzo máximo generado se puede hallar el factor de seguridad real bajo el cual se encuentra la pieza, según lo expuesto anteriormente se tiene que para la placa inferior:

$$n = \frac{\sigma_y}{\sigma}$$

Donde:

n = factor de seguridad

σ = Esfuerzo al cual es sometido el elemento

σ_y = Esfuerzo de falla del material

Siendo este un A36 el valor de falla es de $\sigma = 250 \text{ MPa}$, por lo que al remplazar, se tiene que:

$$n = \frac{250 \text{ Mpa}}{156,76 \text{ Mpa}} = 1,59$$

De acuerdo con lo expuesto anteriormente según el libro Diseño de elementos de máquinas de MOTT, debido a que se presentan cargas estáticas y no hay

incertidumbre respecto a los datos tomados, se puede decir que $n = 1,59$ es un factor de seguridad admisible para el diseño de esta pieza.

6. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.

La responsabilidad Ambiental en Cesvi Repuestos es uno de los pilares de la ejecución de los procesos que se hacen a los VFU (Vehículos fuera de Uso), es por esto que los residuos que salen de estos vehículos son dispuestos ambientalmente a compañías especialistas en el tratamiento de residuos peligrosos como aceites, combustible, refrigerantes; así como también residuos como partes metálicas que son dispuestas para reciclaje.

De igual forma en Cesvi Repuestos se está comprometido con el medio ambiente dando un uso adecuado a los residuos de estos VFU y propendiendo por el cumplimiento de las normas vigentes en cuanto al tipo de residuos anteriormente mencionados, así mismo se preocupa por hacer mejoras continuas para que el impacto ambiental sea el mínimo posible.⁶

Entre los compromisos de CESVI REPUESTO en lo relacionado con el medio ambiente están:

- Prestar servicios de calidad, competitivos, que generen valor y que contribuyan con el medio ambiente.
- Integración del medio ambiente en la cadena de valor de nuestros productos y servicios.
- Prevención de la contaminación, conservación del medio ambiente, eficiencia energética, uso amigable y eficiente de nuestros recursos frente al cambio climático.
- Adecuada disposición de residuos.
- Promoción de la responsabilidad medioambiental en la sociedad.
- Reducción de la huella de carbono.
- Identificación de aspectos ambientales y peligros e implementación de controles adecuados para la gestión de impactos y riesgos.
- Identificar los riesgos laborales e impactos ambientales prioritarios o no aceptables e implementar controles rigurosos como uno de los objetivos principales del sistema.

⁶ CESVI COLOMBIA. Sitio web: http://www.cesvicolombia.com/cesvi_repuestos/index.php/responsabilidad-ambiental/

6.1 DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

De acuerdo con el decreto “4740 año 2.005, capítulo 3, artículo 10”⁷ se deben cumplir ciertas obligaciones respecto al manejo de residuos peligrosos al momento de la fabricación, ensamblaje y montaje de la compactadora de chasis de automóviles, algunas de estas obligaciones más importantes son:

- Garantizar la gestión y manejo integral de los residuos o desechos peligrosos que genera.
- Elaborar un plan de gestión integral de los residuos o desechos peligrosos que genere, tendiendo a prevenir la generación y reducción en la fuente, así como, minimizar la cantidad y peligrosidad de los mismos. En este plan deberá igualmente documentarse el origen, cantidad, características de peligrosidad y manejo que se dé a los residuos o desechos peligrosos. Este plan no requiere ser presentado a la autoridad ambiental, no obstante, lo anterior, deberá estar disponible para cuando esta realice actividades propias de control y seguimiento ambiental.
- Identificar las características de peligrosidad de cada uno de los residuos o desechos peligrosos que genere, para lo cual podrá tomar como referencia el procedimiento establecido en el artículo 7° del presente decreto, sin perjuicio de lo cual la autoridad ambiental podrá exigir en determinados casos la caracterización físico-química de los residuos o desechos si así lo estima conveniente o necesario.
- Garantizar que el envasado o empaçado, embalado y etiquetado de sus residuos o desechos peligrosos se realice conforme a la normatividad vigente.
- Dar cumplimiento a lo establecido en el Decreto 1609 de 2.002 o aquella norma que la modifique o sustituya, cuando remita residuos o desechos peligrosos para ser transportados. Igualmente, suministrar al transportista de los residuos o desechos peligrosos las respectivas Hojas de Seguridad.
- Contar con un plan de contingencia actualizado para atender cualquier accidente o eventualidad que se presente y contar con personal preparado para su implementación. En caso de tratarse de un derrame de estos residuos el plan de contingencia debe seguir los lineamientos del Decreto 321 de 1.999 por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia contra Derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas en aguas Marinas, Fluviales y Lacustres o aquel que lo modifique o sustituya y para otros tipos de contingencias el plan deberá estar articulado con el plan local de emergencias del municipio.

⁷ Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2.005). Decreto 4741

- Contratar los servicios de almacenamiento, aprovechamiento, recuperación, tratamiento y/o disposición final, con instalaciones que cuenten con las licencias, permisos, autorizaciones o demás instrumentos de manejo y control ambiental a que haya lugar, de conformidad con la normatividad ambiental vigente.

6.2 ESTUDIO AMBIENTAL AL PROCESO DE FABRICACIÓN

Con la finalidad de cumplir con la normativa ambiental y compromisos en las políticas de CESVI COLOMBIA, se hace un estudio de los elementos que tienen un impacto en el medio ambiente al momento de la fabricación de máquina compactadora, dichos elementos con efectos negativos son presentados a continuación:

- Generación de Humo
- Generación de ruido
- Generación de residuos peligrosos
- Generación de residuos solidos
- Generación de vertimientos
- Consumo de agua.
- Consumo de energía eléctrica

6.2.1 Matriz PEM. De acuerdo a los elementos mencionados anteriormente se construye una matriz PEM, mediante la cual es posible analizar algunos de los recursos como lo son láminas de acero, gas natural, energía eléctrica, agua, pintura y aceites, que son utilizados en la fabricación de la máquina compactadora, y como estos a través de procesos como lo son el corte, mecanizados, ensamblaje, lavado y pintado generan salidas, que de una u otra manera deben ser evitadas, dado que estas salidas afectan de forma directa al medio ambiente.

Tabla 17. Matriz ambiental PEM

Entradas	Proceso	Salidas
Gas natural	Corte	Acero A36 lamina cortada
Oxigeno		Acero A36 tubo cuadrado cortado
Acero A36 lamina		Residuos solidos
Acero A36 tubo cuadrado		Ruido ambiental

Tabla 17. (continuación)

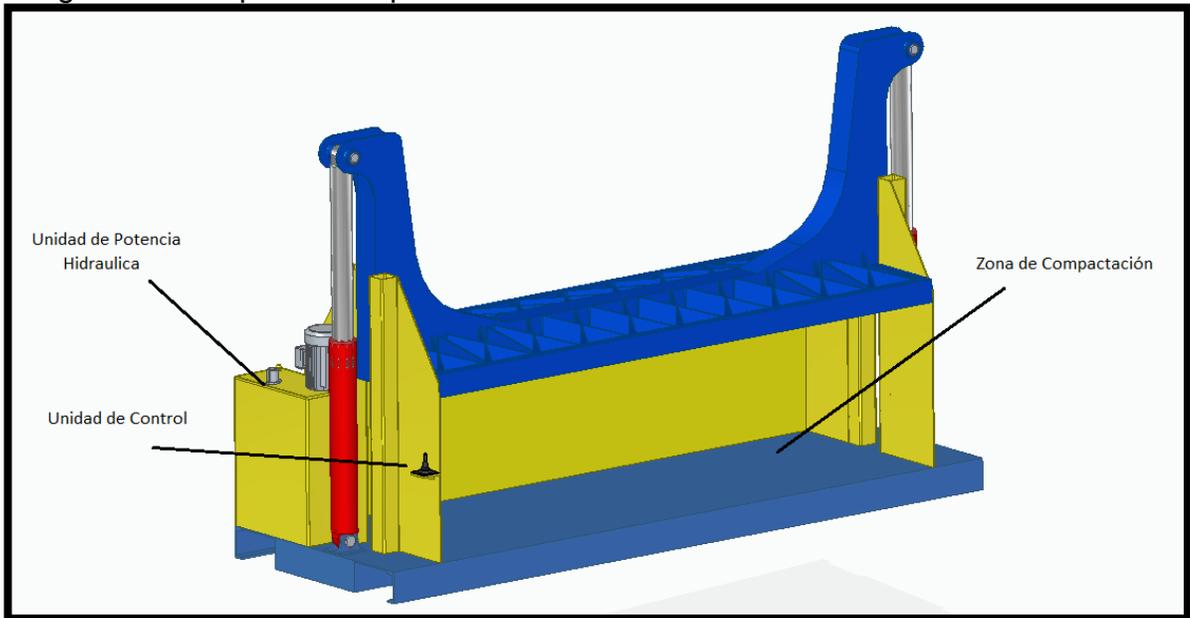
Entradas	Proceso	Salidas
Acero A36 lamina	Mecanizados	Acero A36 lamina mecanizada
Acero A36 eje		Acero A36 eje mecanizado
Energía eléctrica		Residuos solidos
Lubricantes		Vertimientos
Elementos de corte		Ruido ambiental
Acero A36 lamina cortada	Ensamble	
Acero A36 tubo cuadrado cortado		Compactadora en blanco
Acero A36 lamina mecanizada		Residuos solidos
Acero A36 eje mecanizado		Ruido ambiental
Energía eléctrica		Residuos peligrosos
Compactadora en blanco	Lavado	Compactadora en blanco lavada
Agua		Vertimientos
Desengrasantes		Residuos solidos
Energía eléctrica		Ruido ambiental
Compactadora en blanco lavada	Pintado	
Energía eléctrica		Compactadora terminada
Pintura		Vertimientos
Papel		

6.2.2 Plan de manejo ambiental. Para el manejo adecuado de los materiales en la fabricación, se tuvo en cuenta que los residuos sólidos como lo es la viruta producida por los cortes y los mecanizados de las piezas, se deben reciclar en un contenedor para una posterior reutilización o una posventa del mismo. Para los residuos peligrosos producidos por la soldadura como lo es la escoria del electrodo se deben agrupar en un recipiente distinto para la correcta disposición a las empresas autorizadas.

Una solución para controlar el efecto negativo del ruido, consiste en una dotación adecuada para los operarios con una mayor exposición a este factor, de auriculares contra el ruido. Para el control de vertimientos, se tuvo en cuenta a la hora de mecanizar, que el refrigerante que se utilice retornara en un tanque, lo mismo al lavado de la compactadora en blanco para que desengrasantes, grasas y demás elementos químicos no afecte el medio ambiente.

7. MANUAL DE OPERACIÓN Y SEGURIDAD

Imagen 28. Compactadora para chasis de automóviles



7.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Compactadora hidráulica para comprimir el chasis de los vehículos logrando reducir el volumen del mismo con una capacidad de 160 toneladas, la cual tiene una estructura construida en ASTM A36 con área de trabajo de 2,5m x 1,3m

- Capacidad de compactación: 160 Ton
- Área de compactación (ancho x largo): 2m x 6,1m
- Altura de la compactadora en descanso: 3,0677mts
- Altura de la compactadora en altura máx:4,82567mts
- Altura máxima de compactación: 2mts
- Tiempo de operación: 5min

La unidad de potencia hidráulica es aquella en el cual se encuentran el motor, la bomba y el tanque en conjunto con filtros reguladores de presión manómetros e indicadores de nivel.

Imagen 29. unidad de potencia hidráulica



ESPECIFICACIONES MOTOR

- Potencia del motor:40 HP
- Revoluciones del motor:2950 rpm
- Corriente: de 220 – 380 V
- Intensidad Nominal: 95-795 A
- Torque: 10 Kgf*m
- Peso: 225 Kg

ESPECIFICACIÓN DE LA BOMBA GHP2BK7-D-30

- Caudal de bomba a 2950 rpm: 15,882GPM
- Presión de la bomba:250Kg/cm²
- Velocidad máxima: 3400rpm
- Peso: 175 Kg
- Frecuencia: 50-60 Hz
- Vida Útil: 20.000-24000 Horas
- Tanque de aceite: 64 Galones

7.2 FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

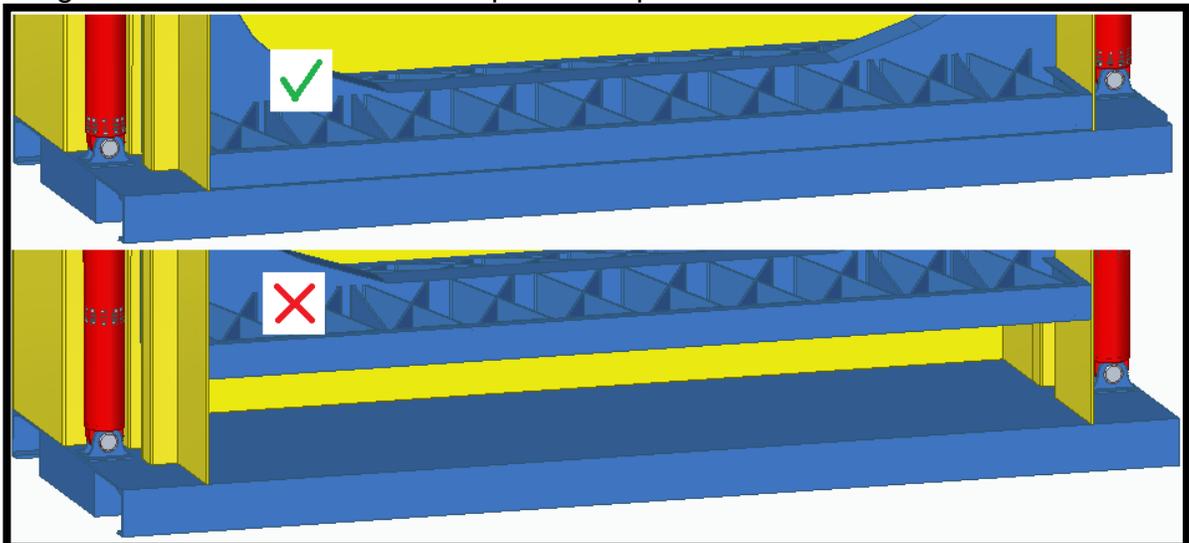
A continuación, se mostrarán algunas recomendaciones y especificaciones sobre el funcionamiento y manejo de la máquina compactadora. Además de esto se incluirá algunas precauciones a tener en cuenta al momento de operar la máquina compactadora.

7.2.1 Encendido de la máquina. Para operar la compactadora es importante que el operario haya leído con anterioridad el manual de operación, este explica el uso adecuado de la compactadora, y así evitar algún tipo de daño a la máquina.

Lo primero que se debe hacer antes de encender la máquina, es revisar si el nivel de aceite del tanque es propicio, adicionalmente se debe hacer una inspección para evaluar el estado general de la estructura y además observar que no hallan elementos que impidan el deslizamiento de la placa compactadora, después se procede a la revisión de los acoples del motor a la bomba.

7.2.2 Precauciones de operación. Para poder realizar una operación adecuada con la compactadora lo primero que se debe tener en cuenta es saber dónde se encuentra el sistema de control y tener conocimiento sobre cómo hacer correcto uso de este para operar la compactadora correctamente, la placa compactadora debe estar inicialmente en completo reposo sobre la placa inferior antes de comenzar con el proceso de compactación, en la siguiente imagen se expone la posición que ésta debe tener.

Imagen 30. Posicionamiento de la placa compactadora.

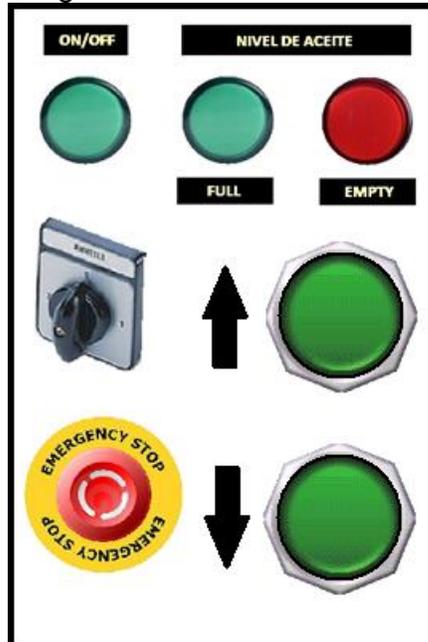


7.2.3 Operación manual. Primero, se debe encender el motor con el interruptor de levas giratorio y verificar que esté funcionando de forma adecuada, a continuación, se evalúa que los sonidos producidos por el motor sean acordes a los que se generarían por el buen estado y funcionamiento de éste, y no sonidos extraños que puedan indicar que hay algún problema en la bomba hidráulica, ésta debe entregar un caudal y presión adecuada ya que de lo contrario no se puede proceder.

Luego de asegurarse de ello, se puede ir a la zona de control en donde se encuentran los mandos de la compactadora, éstos se utilizan para realizar dos

movimientos con la placa compactadora (ascenso o descenso). Después se deben ejecutar los pasos que se encuentran a continuación para realizar un funcionamiento adecuado de la máquina:

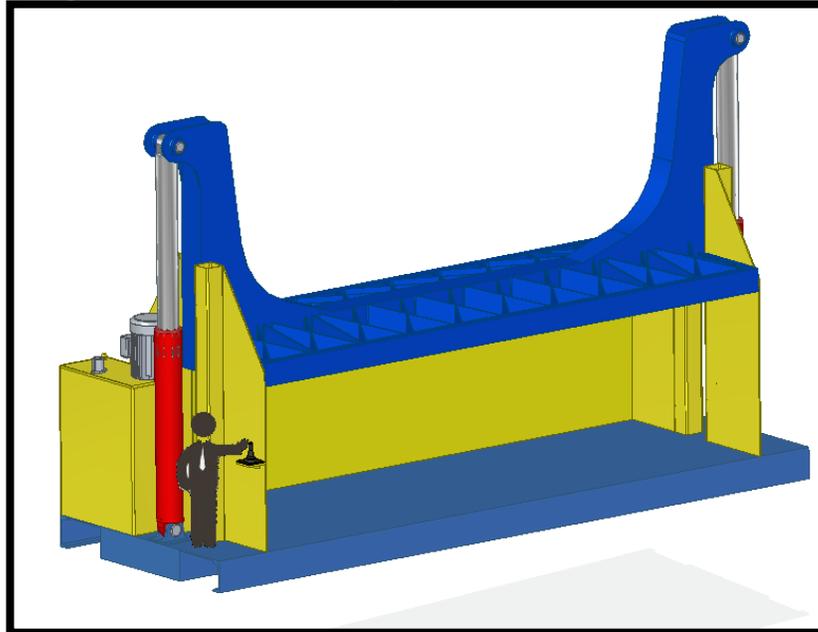
Imagen 31. Tablero de instrumentación



Fuente: Pulsadores – PILZ - www.pilz.com

7.2.3.1 Primer paso. Al inicio del funcionamiento, el operario de la compactadora debe subir la placa compactadora al máximo de la altura permitida por los pistones, como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 32. Control de compactadora



7.2.3.2 Segundo paso. Un operario distinto al de la compactadora debe ingresar el chasis a comprimir con un montacargas y ubicarlo en la zona de compactación, dejándolo contra la pared trasera de la compactadora y alejando el montacargas a una distancia prudente.

7.2.3.3 Tercer paso. El operario de la compactadora debe accionar el sistema para que la placa compactadora comience a descender, hasta que logre compactar el chasis al mínimo volumen posible.

7.2.3.4 Cuarto paso. El operario debe accionar el sistema para que la placa compactadora haga hasta el punto máximo del pistón, volviendo de esta forma a su punto de origen.

7.2.3.5 Quinto paso. El operario del montacargas debe retirar el chasis ya compactado, sujetándolo con una eslinga o correa de seguridad, para que el chasis no se caiga en el traslado al contenedor.

7.2.3.6 Sexto paso. El operario de la compactadora debe esperar el siguiente chasis a compactar y se debe realizar los últimos 3 pasos anteriores de nuevo. En caso que sea el último chasis, el operario debe bajar la compactadora a su altura mínima para poderla dejar en descanso.

7.2.3.7 Séptimo paso. El operario debe apagar el motor y verificar que se detenga por completo, para que el sistema quede totalmente inhabilitado y no pueda ser accionado por otra persona ajena al proceso de compactación.

7.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO

INSPECCIÓN PERIÓDICA MONTACARGAS CADA 1000 HORAS MOTOR

Método de Inspección(MI):

I: Inspección, corrija y remplace si es necesario. T: Apriete. C: Limpie. L: Lubrique. M: Mida, Corrija si es necesario.

Tabla 18. Tabla para mantenimiento preventivo

MOTOR			Estado general de cuñas	T,C	
• Componentes Básicos			Apriete de prisioneros acople	I,T	
Condición de arranque y ruidos anormales	I,M		Desgaste de dientes del acople	I	
Condición en rotación en mínima	I,M		Análisis de vibraciones por alineación	I,M	
Condición de rotación durante la acelerada	I		SISTEMA DE MANEJO DE COMPACTADORA		
Condición térmica	I		• Placa compactadora		
Elementos eléctricos "escobillas, piña, inducido"	I,M		Condición zona deslizante con columnas	I,C,L	
Elementos mecánico "rodamiento, eje"	I		Deformación, deterioro de soldaduras	I	
Condiciones de consumo eléctrico	I,M		Agrietamiento en las placas	I,C	
Máxima velocidad de rotación estabilizada sin carga			Deformación y deterioro de pasadores	I,M	
• Sistema de Lubricación			Condición de los pasadores de sujeción y pines	I,T	
Fugas de grasa en los retenedores	I		• Columna laterales		
Nivel de grasa en los rodamientos	I		Engrase columnas y ajuste	I,C,L	
Suciedad en rodamientos y cojinetes	I		Deformación, deterioro de soldaduras	I	
• Sistema Eléctrico			Flojedad de la placa compactadora entre columnas	I,T	
Estado general de cables de alimentación	I,T		Desgaste y deterioro de las paredes de la columna	I	
Estado general de pulsadores	I,T		Deformación y alineamiento columnas	I,M	

Tabla 18. (Continuación)

Deterioro de elementos de alerta	I,T		SISTEMA HIDRÁULICO		
Estado general del tablero eléctrico	I,T		· Cilindros hidráulicos		
Limpieza de sedimentos en elementos rotativos	I		Fugas de Aceite	I,T	
· Sistema de Enfriamiento			Engrase columnas y ajuste	I	
Estado general aletas carcasa	I,C		Deformación y deterioro del cilindro	I	
Deterioro del enfocador de aire	I,T, C		Deformación y deterioro de la camisa	I	
Condición del ventilador	I,T		Apriete tapa cilindro	I,T	
Tensión y deterioro de elementos de ajuste	I,T		· Unidad hidráulica		
SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA			Fugas de aceite	I,C, T	
· Acoples			Nivel de aceite	I	
Juego en el acople motor bomba	I,T		Obstrucción y daño del filtro de aceite	I	
Ruido y condición de operación anormales (Eje)	I		Presión adecuada del sistema	I	
Función de la goma anti ruido	I,T		Condiciones del unidad de control	I,L	

Se debe tener en cuenta que para la maquina compactadora de carros y camionetas, es necesario aplicar un mantenimiento preventivo cada 2000 horas de trabajo, este mantenimiento logrará que el funcionamiento de la compactadora sea optimo en el proceso.

Este mantenimiento se debe realizar con los instrumentos adecuados, respecto a cada elemento que se debe revisar. En el caso del motor y sus sistemas, se debe hacer una inspección visual y una revisión por medio de un tacómetro, un sonómetro, un termómetro digital infrarrojo y un amperímetro para garantizar el funcionamiento adecuado de este. En el caso del sistema de transmisión de potencia, se debe hacer una inspección visual en el momento que la maquina compactadora este apagada y desconectada, luego es necesario mover los elementos de transmisión para asegurar que estos funcionen adecuadamente y los acoplamientos estén bien ajustados.

8. MANUAL DE MONTAJE

Con el fin de simplificar el montaje y permitir la realización del mismo es necesario llevar un orden al momento de ensamblar las piezas, además se asegura el correcto posicionamiento de algunas de las partes de la compactadora.

8.1 CORTE DE LÁMINAS Y PERFILES

En primera instancia es necesario verificar y supervisar el corte de las piezas como lo son las láminas y perfiles. Para esto se recomienda tener en cuenta que una de las láminas la cual es la lámina de unión de columna vertebral que tiene por función la unión de las láminas, tiene dimensiones que no son comerciales por lo tanto existe la necesidad de completar dichas piezas por medio del corte de dos laminas y la unión de estas por medio de soldadura.

Además de esto se recomienda cortar en primera instancia las piezas de mayor dimensión con el fin de aprovechar al máximo las láminas. Dichos cortes pueden realizarse por medio de un proceso oxiacetilénico; sin embargo, cualquier proceso de corte es factible para la fabricación de las mismas

8.2 MECANIZADO DE PIEZAS

Antes de empezar el ensamble es necesario primero mecanizar los bujes y soportes de los cilindros hidráulicos, los cuales deben tener un rectificado como se indica en el Anexo B de $\pm 0,014 \text{ mm}$.

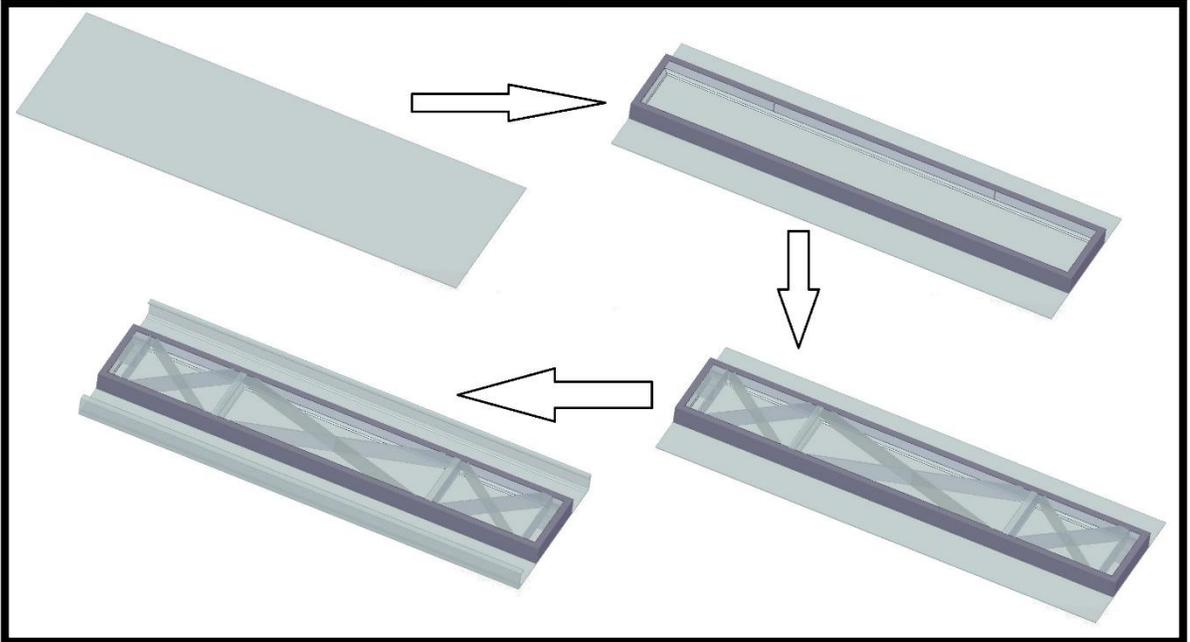
Además, se deben mecanizar los pasadores, los cuales irán ubicados en los soportes para los cilindros hidráulicos con sus respectivos pines.

8.3 ENSAMBLAJE Y SOLDADURA

A continuación, se muestra cuales piezas, cómo y en qué orden deben ser ensambladas para el correcto montaje de la máquina compactadora.

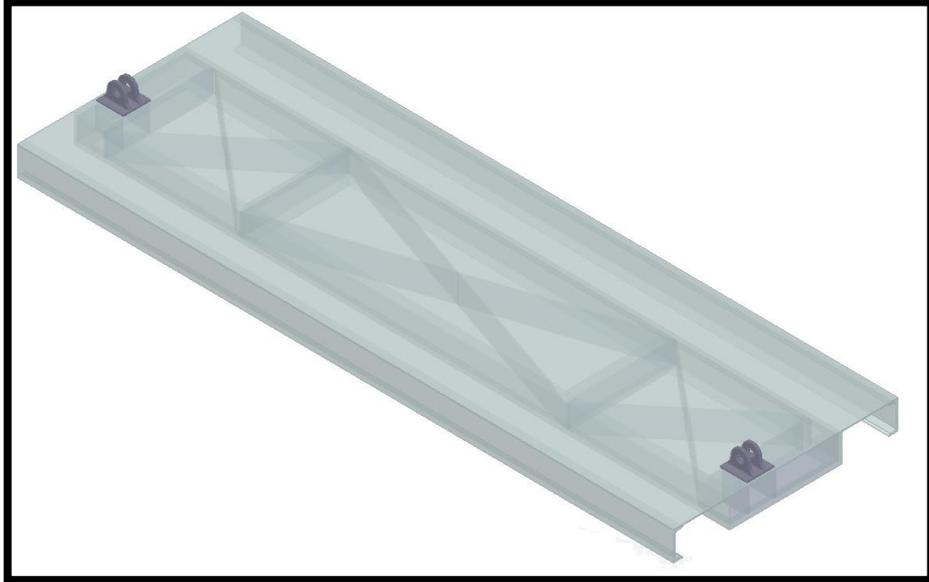
8.3.1 Ensamble placa de compactación inferior. Para el ensamblaje de la compactadora, es necesario primero armar los refuerzos inferiores sobre los que va situada la máquina, empezando por el marco realizado en perfiles en C, seguido a esto debe soldarse dicho marco sobre la lámina inferior.

Imagen 33. Pasos ensamble placa compactación inferior



Luego de tener soldados los perfiles en C el marco central, así como sus refuerzos, debido a que, al soldar dichas piezas de esa forma, la pieza queda invertida, se procede a voltear las piezas soldadas con la ayuda de un puente grúa.

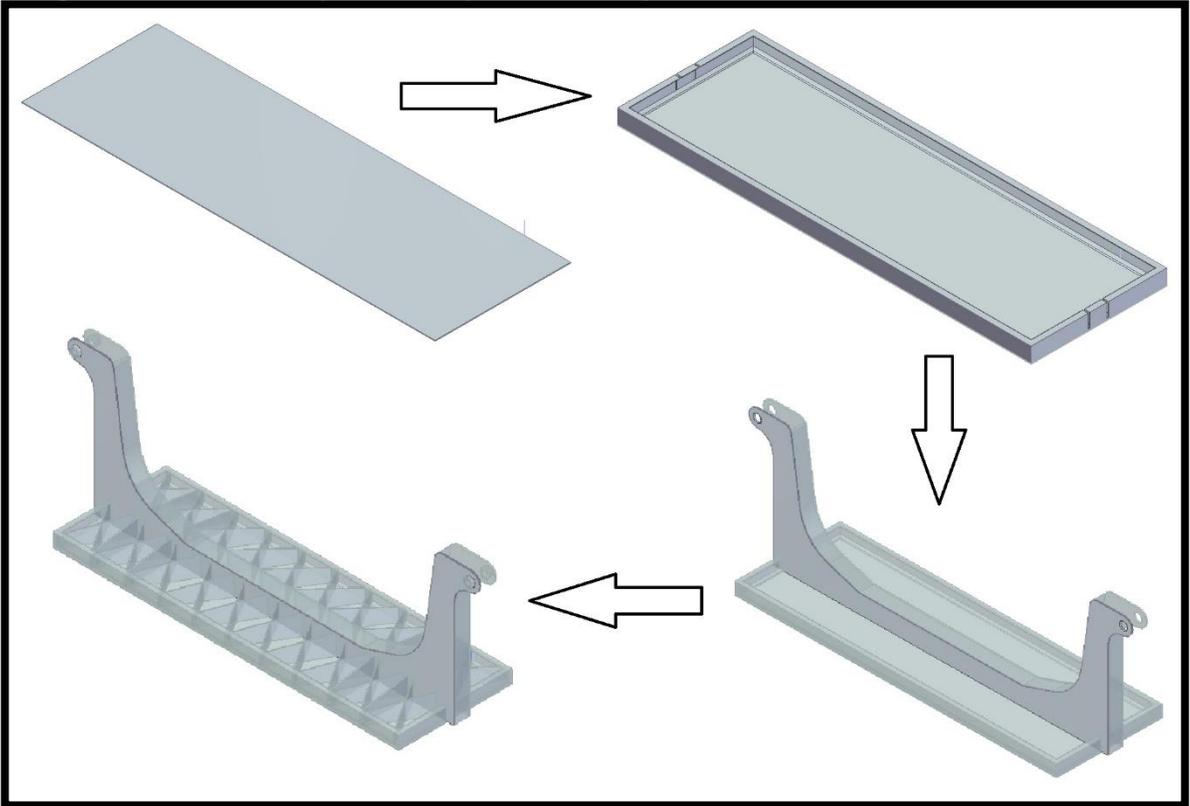
Imagen 34. Ensamble soporte de pistón



Una vez hecho esto, se deben soldar los soportes para los cilindros hidráulicos, teniendo de esta manera completo el subconjunto de piezas de la placa de compactación inferior.

8.3.2 Ensamble placa de compactación superior. De igual manera que la placa inferior es necesario primero armar y soldar el marco de perfiles en C; seguido a esto, dicho marco se debe soldar con la lámina de compactación superior, luego se deben ensamblar primero todas las láminas correspondientes a la pieza denominada columna vertebral para la cual, la lámina que sirve de unión primero debe ser doblada como se indica en el Anexo B, luego de esto se ensambla y se debe soldar sobre el marco de perfiles en C y la lámina de compactación superior.

Imagen 35. Ensamble placa compactación superior



Seguido a esto se procede a colocar las láminas que servirán como refuerzo a la estructura de la compactadora.

Luego de soldar cada una de las láminas de refuerzo, se deben tener en cuenta los bujes que hay en los agujeros de las láminas, de esta forma se tendrá ensamblada la placa de compactación superior.

8.3.3 Ensamble de columnas laterales. Para el ensamble de las columnas laterales es necesario tener precaución con la orientación de la placa en el momento de soldar la pieza debido a que, aunque entre ellas son parecidas e incluso dos de ellas tienen la misma orientación, su orientación es distinta.

8.3.4 Ensamble placa posterior. Se deben colocar los perfiles sobre la lámina y soldarlos, teniendo en cuenta las medidas de posición desde el centro de la lámina hacia fuera.

8.3.5 Ensamblaje máquina de compactación. Primero es necesario soldar la placa posterior, seguido a esto se ensamblan las columnas laterales teniendo en cuenta su orientación, después de haber soldado dichas piezas es necesario izar la placa de compactación y posicionarla entre las guías de las columnas laterales, luego se desciende lentamente la pieza hasta colocarla sobre la placa de compactación inferior.

Una vez hecho esto se procede a hacer el montaje de los pistones laterales haciendo uso de los pasadores, luego de esto solo es necesario ensamblar la unidad de potencia hidráulica, la cual es atornillada a la estructura de la compactadora.

9. EVALUACIÓN FINANCIERA

Se lleva a cabo el estudio financiero del proyecto para ver la viabilidad de este, por lo cual se realiza la comparación de los costos operacionales actuales, con los costos operacionales que se obtendrán con la aplicación de este proyecto, por medio del costo anual equivalente CAE. Este se evalúa con un tiempo de análisis de 3 años.

Al realizar la evaluación financiera se debe tener en cuenta que se desarrollará el proyecto en pesos colombianos y que no se verá afectado el costo por la inflación en cada periodo.

9.1 COSTOS ACTUALES

Para conocer las ganancias y los costos actuales que se están obteniendo en este momento, se hace una reunión de datos en la que se puede observar que se obtiene una ganancia de \$76.000 pesos por cada chasis y los costos que se están produciendo en el proceso actual, los cuales se podrán ver en la siguiente tabla.

Tabla 19. costos actuales del proceso

Tipo	Unidad	Cantidad	Valor	Valor total
Personal	\$/año	3	\$ 15.600.000	\$ 46.800.000,00
Montacargas	\$/año	1	\$ 20.160.000	\$ 20.160.000,00
Cuchillas de corte	\$/año	2	\$ 11.472.000	\$ 22.944.000,00
Discos de corte	\$/año	1	\$ 9.552.000	\$ 9.552.000,00
Combustible	\$/año	1	\$ 1.020.000	\$ 1.020.000,00
Mantenimiento de montacargas	\$/año	1	\$ 10.200.000	\$ 10.200.000,00
Mantenimiento de pulidora	\$/año	2	\$ 700.000	\$ 1.400.000,00
Mantenimiento cortadora	\$/año	2	\$ 1.740.000	\$ 3.480.000,00
Total	\$/año	13		\$ 115.556.000,00
Total	\$/operación	13		\$ 45.855,56

9.2 INVERSIÓN

Se calculó el costo de la fabricación de la compactadora, por medio de las cotizaciones en las diferentes empresas, las cuales se encuentra en los anexos y se verán resumidas en la siguiente tabla.

Tabla 20. Costo de fabricación

Tipo	Unidad	Valor	Valor total
Unidad Hidráulica completa	1	\$65.066.720	\$ 65.066.720
Cilindros hidráulicos	2	\$13.374.500	\$ 26.749.000
Mangueras	7	\$473.000	\$ 3.311.000
Material de bujes	4	\$287.000	\$ 1.148.000
Material de pasadores	4	\$253.000	\$ 1.012.000
Lamina de acero A36 1/2"	5	\$4.015.900	\$ 20.079.500
Mecanizado de bujes y pasadores	12	\$86.000	\$ 1.032.000
Cortes de lámina, vigas, columnas	127	\$120.000	\$ 15.240.000
Pin pasador eje	4	\$2.400	\$ 9.600
Soldaduras	260	\$45.000	\$ 11.700.000
Sistema eléctrico	1	\$1.439.000	\$ 1.439.000
Aceite hidráulico "Galón"	45	\$93.000	\$ 4.185.000
Perfil cuadrado columnas	4	\$1.857.350	\$ 7.429.400
Perfil en c	7	\$1.924.800	\$ 13.473.600
Perfil cuadrado pared	11	\$1.224.730	\$ 13.472.030
Total			\$ 185.346.850

En los costos de ingeniería se tuvieron en cuenta la cantidad de horas utilizadas y los recursos que fueron necesarios para el desarrollo de este proyecto, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 21. Costos de recursos implementados

Tipo	Unidad	cantidad	V/unitario	V/Total
Ingeniería	Horas	800	\$ 7.700	\$ 6.160.000
Informes	Unidad	8	\$ 137.000	\$ 1.096.000
Planos	Unidad	75	\$ 8.600	\$ 645.000
Total				\$ 7.901.000

Tabla 22. Valores totales de fabricación

Tipo	Valor
costos de fabricación, montaje y adecuación del equipo	\$ 185.346.850
costos de ingeniería	\$ 7.901.000
Total	\$ 193.247.850

De acuerdo a los costos de fabricación del equipo se necesita una inversión de \$193.247.850, a este valor se le suma el 10% para la puesta en marcha, este porcentaje lo sugiere la compañía por imprevistos que se presenten en la puesta en marcha.

$$V_{TOTAL} = \$193.247.850 \times 0,1 = \$19.324.785$$

$$V_{TOTAL} = \$193.247.850 + \$19.324.785 = \$212.572.635$$

9.3 COSTOS DE OPERACIÓN Y DE MANTENIMIENTO

En los costos de operación se evalúan el consumo anual de energía, operación y servicios adicionales. Para esto se toma como referencia el número de compactaciones, el cual es aproximadamente 2520 compactaciones anualmente. Teniendo en cuenta que el valor por kg de chatarra es de \$380 y que en promedio el chasis de un carro pesa 200kg, es posible obtener que por chasis existe una ganancia de \$76,000.

El tiempo empleado para la operación de compactación, dejando el chasis compactado en la zona de almacenamiento, es de 10 min en promedio. Estos datos fueron tomados del tiempo de operación de la máquina más un tiempo agregado por imprevistos.

Tabla 23. Consumo de energía

Consumo de energía eléctrica	Valor	Unidad	Unidad
Hora equivalente de trabajo		10 Minutos	
Costo por KWh (mes de julio)	\$ 450,49	\$/KWh	
Consumo del equipo		40 HP	29,41995KW
Consumo por operación de extracción		4,9033 KWh	
Costo por operación	\$ 2.208,89	\$/Operación	
Costo de operación anual	\$ 536.759,69	\$/año	

Tabla 24. Costos adicionales

Descripción	Valor	Unidad
Costos de montacargas	\$ 45.000,00	\$/operación
Costo anual por servicio	\$ 10.935.000,00	\$/año

Tabla 25. Costos del operario

Descripción	Valor	Unidad
S.M.L.V	\$ 737.717,00	\$
Auxilio de Transportes	\$ 83.140,00	\$
Total salario	\$ 820.857,00	\$/mes
Total salario	\$ 723,86	\$/operación
Total anual	\$ 1.824.126,67	\$/año

Tabla 26. Cargos prestacionales

Prima de servicios junio-enero	\$	737.717,00	\$
Vacaciones	\$	514.858,00	\$
Cesantías	\$	737.717,00	\$
Interés sobre Cesantías	\$	88.526,04	\$
EPS y pensiones	\$	147.600,00	\$
Dotación	\$	466.800,00	\$
Total	\$	6.159.782,57	\$
Cargo prestacional	\$	452,66	\$/operación
Cargo prestacional	\$	1.140.700,48	\$/año
Costo total más prestaciones	\$	2.964.827,14	\$/año

Tabla 27. Costos mantenimiento anual

Descripción	Valor	Unidad
Mano de obra	\$ 2.040.000,00	\$/año
Cambio de accesorios hidráulicos	\$ 1.450.000,00	\$/año
Grasa Gulf Crown LC EP	\$ 756.000,00	\$/año
Total	\$ 4.246.000,00	\$/año

Tabla 28. Costo de operación

Descripción	Unidad	Valor
Costos de energía	\$/año	\$ 536.759,69
Servicio adicionales	\$/año	\$ 10.935.000,00
Costo del operario total	\$/año	\$ 2.964.827,14
Costos de mantenimiento	\$/año	\$ 4.246.000,00
Total	\$/año	\$ 18.682.586,83
Total	\$/operación	\$ 7.413,72

Teniendo los datos obtenidos anteriormente se realiza un comparativo en el cual se puede ver que los costos de operación del proyecto son menores a las del proceso actual, el cual lo se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 29. Comparativo

Descripción	Unidad	Valor
Proceso actual	\$/año	\$ 115.556.000
Proyecto	\$/año	\$ 18.682.586,83
Ahorro	\$/año	\$ 96.873.413,17

9.4 ANÁLISIS FINANCIERO

Como se pudo ver con el análisis, el proyecto si es viable económicamente con el método mencionado anteriormente de CAE costo anual equivalente, para esto se halla un valor de salvamento que tiene un 20% sobre el valor inicial de equipo ya

que por el costo inicial de este proyecto se debe tener en cuenta, la estimación de 3 años con la siguiente ecuación.

$$\text{Valor de salvamento} = \frac{\text{valor inicial} - (\text{valor inicial} * \% \text{salvamento})}{\text{tiempo de depreciacion}}$$

$$\text{Valor de salvamento} = \frac{212,572,635 - (212,572,635 * 0.2)}{3} = \$56,686,036$$

$$\text{Valor de salvamento} = \$56,686,036$$

La tasa de oportunidad (TIO) que define la compañía es del 15% con esto se calcula al factor de anualidades como se determina en la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{(1 + 0.15)} + \frac{1}{(1 + 0.15)^2} + \frac{1}{(1 + 0.15)^3} = 2,2832$$

$$\text{Factor de anualidad} = 2,2832$$

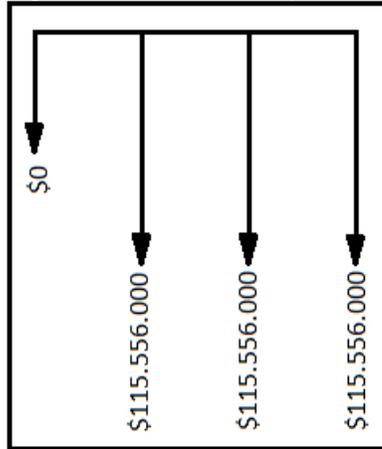
Después de determinar el valor de las anualidades y el factor actual, este es el último periodo de los cinco que fueron seleccionados, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Factor actual} = \frac{1}{(1 + 0,15)^3} = 0,6575$$

$$\text{Factor actual} = 0,6575$$

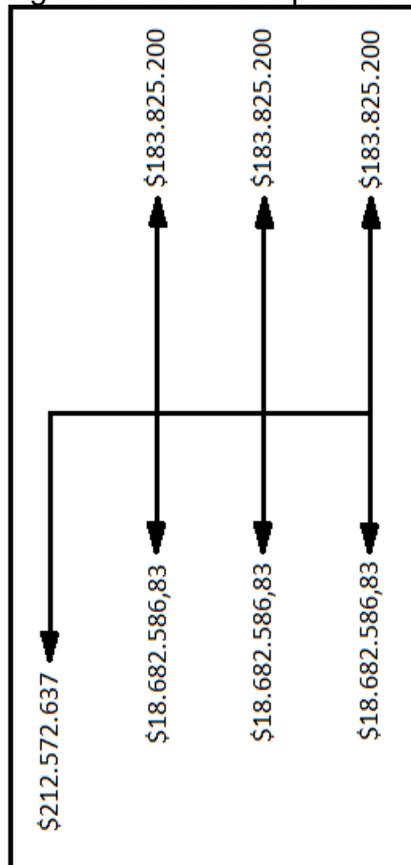
Para estos casos se hacen dos diagramas, uno del proyecto actual y el otro respecto al proyecto de la compactadora de chasis, los cuales explican la evaluación financiera. En estos momentos para CESVI son muy elevados los costos del proceso de corte, ya que hay demasiados costos de proceso, lo cual lo se puede ver evidenciado en la tabla de ahorros por operación, que se encuentra en este proyecto.

Figura 6. Costo de operación actual



Se puede ver en el siguiente diagrama del proyecto de la compactadora el ahorro que se generará a la compañía, con la implementación del proyecto de la compactadora de chasis.

Figura 7. Costo de operación del proyecto



Al hallar los factores se encuentra el valor actual del proyecto y del proceso que se realiza actualmente de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$VA = C + CO \times FA - VS \times Fa$$

Donde:

VA = Valor actual

C = Costo de la Máquina

FA = Factor de anualidades

VS = Valor de salvamentos

Fa = Factor actual

Valor del proyecto

$$\begin{aligned} VA_{con} &= \$212.572.637 + \$18.682.586,83 \times (2,2832) - \$56.686.036 \times (0,6575) \\ &= \$217.957.650,6 \end{aligned}$$

Valor sin proyecto:

$$VA_{sin} = \$0 + \$115.556.000 \times (2,2832) - \$0 \times (0,6575) = \$263.837.459,2$$

Al hallar el valor actual se puede conocer el costo anual equivalente para poder hacer la comparación, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$CAE = \frac{\text{Valor actual}}{\text{Factor de anualidades}}$$

Con proyecto:

$$CAE_{con} = \frac{\$217.957.650,6}{2,2832} = \$95.461.479,77$$

Sin proyecto:

$$CAE_{sin} = \frac{\$263.837.459,2}{2,2832} = \$115.556.000$$

Al tener el CAE de cada proyecto se comparan los valores y se determina si es viable económicamente el proyecto para la compañía:

Con proyecto < Sin proyecto

$\$95.461.479,77 < \$115.556.000$

Al comparar los costos anuales equivalentes CAE se determina que el proyecto propuesto es viable económicamente, ya que sin el proyecto CESVI REPUESTOS seguiría teniendo unos costos de proceso muy elevados como se mostró anteriormente.

10. CONCLUSIONES

- Con este proyecto se logran reducir los tiempos de operación, ya que actualmente existe un consumo de tiempo de corte de 2 horas, mientras que el consumo de tiempo de compactación es alrededor de 10 minutos como máximo.
- El diseño de la máquina compactadora, es viable ambientalmente ya que reducirá la generación de desechos generados por el proceso de corte, debido a que la máquina no genera partículas contaminantes durante su operación.
- El proyecto es viable económicamente, ya que CESVI disminuirá los costos al cambiar el proceso de corte por el proceso de compactación, el cual al implementarlo significará un ahorro anual de \$96'873.413,71, mejorando así la producción del proyecto CESVI REPUESTOS.
- De acuerdo con el análisis de elementos finitos desarrollado en el documento, la máquina compactadora no presenta fallas estructurales debido a la generación de esfuerzos ($Esfuerzo_{máx} = 190MPa$) y maneja un factor de seguridad ($F.seguridad \approx 1.32$).

11.RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar un sistema de automatización que permita a la compactadora identificar por medio de sensores, cuándo se termina de compactar o se llega a su límite superior.
- Se recomienda calcular e instalar un sistema de izaje para la totalidad de la máquina compactadora, que permita su transporte por medio de una grúa.
- Con la finalidad de transportar la máquina por medio de una cama baja, se recomienda diseñar un amarre para sujeción a dicha cama baja.

BIBLIOGRAFÍA

A. L. CASILLAS. Máquinas: Cálculo de taller. (1.997). reimpresa.

ATM ARNOLD TECHNOLOGY. RECYCLINGSYSTEMS. Sitio web: www.atm-recyclingsystems.com/systems/engineering.html

CESVI COLOMBIA. Nosotros. Política integral HSEQ. (2.016). Sitio web: <https://www.cesvicolombia.com/cesvi/#nosotros>

CONCESIÓN RUNT. Índice de accidentalidad vial. Sitio web: <https://www.runt.com.co>

DAVIES, G. (2003). Materials for automobile bodies. Ámsterdam: Elsevier

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Referencias bibliográficas, contenido, forma y escritura. NTC 5313. Bogotá: ICONTEC, 2008 P.1-2

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. NTC 4490. Bogotá: ICONTEC, 1998 P.2

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Trabajos escritos: presentación y referencias bibliográficas. NTC 1486 documentación, presentación de tesis, trabajo de grado y otros trabajos de investigación. Sexta actualización. Bogotá: ICONTEC, 2008 P.110

MC.CORMAC. Diseño de estructuras de acero. (2.009). México: Alfaomega

OVERBUILT. Car crusher products. Sitio web: <http://www.overbuilt.com/products/car-crushers>

PILZ. Pulsadores. Sitio web: <https://www.pilz.com/es-MX/eshop/00104002147028/PITestop-emergency-stop-pushbuttons>

ROBERT L. MOTT. Diseño de elementos mecánicos. (2.006). Pearson education.

ROLDÁN J. Cilindros Hidráulicos. En Prontuario de Hidráulica Industrial (2.001). España: Paraninfo.

ANEXOS

ANEXO A
CATÁLOGO ACEITE HIDRÁULICO



Previous Name: Aceites Shell Tellus

Shell Tellus S2 M 68

- Protección Extra
- Aplicaciones Industriales

Fluidos hidráulicos industriales

Shell Tellus S2 M son fluidos hidráulicos de alto rendimiento que utilizan la exclusiva tecnología patentada de Shell para proporcionar una protección y un rendimiento superior. Están especialmente recomendados para la lubricación de sistemas hidráulicos industriales y en la operación de equipos móviles. elevada resistencia de película bajo el efecto de altas temperaturas o el estrés mecánico y ayuda a prevenir la formación de depósitos dañinos que pueden disminuir la eficacia de los sistemas hidráulicos.

DESIGNED TO MEET CHALLENGES

Rendimiento, Características & Ventajas

• Larga vida del fluido - Ahorros en Mantenimiento

Shell Tellus S2 M ayuda a extender los intervalos de mantenimiento de los equipos mediante la resistencia a la descomposición térmica y química. Esto reduce al mínimo la formación de lodo y proporciona un rendimiento excelente según el ensayo ASTM D 943 TOST (Turbine Oil Stability Test), proporcionando una mayor confianza y limpieza del sistema.

Shell Tellus S2 M también tiene una buena estabilidad en presencia de humedad, lo que garantiza la mayor vida útil del lubricante y reduce el riesgo de corrosión y oxidación, en particular en ambientes húmedos.

• Excelente protección contra el desgaste

Tienen incorporado un nuevo conjunto de aditivos antidesgaste a base de zinc, muy efectivo en todas las condiciones de operación, incluidas las de servicio severo con altas cargas. Este permite tener excelentes resultados en todos los ensayos funcionales efectuados en bombas de pistón y paletas, y muy especialmente en los más exigentes como ser Denison T6C (en seco y húmedo) y Vickers 35VG25. Los fluidos hidráulicos Shell Tellus S 2 M, contribuyen de este modo a prolongar la vida útil de los componentes del sistema.

• Mantenimiento eficiente del sistema

Limpieza superior, excelente filtrabilidad y fácil separación del agua, liberación del aire y características antiespuma todas ellas contribuyen a mantener o incrementar la eficiencia del sistema hidráulico.

Una cuidadosa selección de aditivos en Shell Tellus S2 M, en combinación con la limpieza superior (cumpliendo los requerimientos máximos de la norma ISO 4406 clase 21/19/16, ex líneas de llenado de Shell; como indica la especificación DIN 51524,

las numerosas influencias a las que queda expuesto el aceite durante su transporte y almacenamiento, pueden afectar el nivel de limpieza) ayuda a reducir el impacto de los contaminantes en el filtro de bloqueo, lo que permite tanto la vida extendida del filtro y el uso de filtración más fina de los equipos de protección.

Shell Tellus S2 M están formulados para liberar el aire rápidamente sin excesiva formación de espuma para ayudar a la transferencia eficiente de energía hidráulica y minimizando los efectos de cavitación en bombas, oxidación del aceite y manteniendo la performance del sistema.

Aplicaciones principales



· Sistemas hidráulicos industriales

Con una amplia gama de aprobaciones de fabricantes de equipos y recomendaciones, Shell Tellus S2 M está especialmente recomendado para un amplio rango de aplicaciones industriales y de manufactura donde se requieran fluidos para transmisión de poder.

· Fluidos Hidraulicos para sistemas móviles de transmisión de poder

Shell Tellus S2 M pueden ser usados efectivamente en equipos móviles para transmisión de potencia como excavadoras y gruas, excepto donde se presenten significativas variaciones de la temperatura ambiente. Para estas aplicaciones recomendamos Shell Tellus "V".

· Sistemas hidráulicos Marinos

Apto para aplicaciones marinas, donde la norma ISO para fluidos hidráulicos categoría HM se recomienda.

Especificaciones, Aprobaciones & Recomendaciones

- Denison Hydraulics (HF-0, HF-1, HF-2)
- Cincinnati Machine P-68 (ISO 32), P-70 (ISO 46), P-69 (ISO 68)
- Eaton Vickers (Brochure 694)
- Listadopor Bosch Rexroth Ref 17421-001 and RD 220-1/04.03
- ISO 11158 (Fluidos HM)
- AFNOR NF-E 48-603
- ASTM 6158-05 (HM Fluids)
- DIN 51524 Parte 2 Tipo HLP
- Swedish Standard SS 15 54 34 AM
- GB 111181-1-94 (HM fluids)

Para un listado completo de aprobaciones y recomendaciones de los fabricantes de equipos, por favor contacte al Servicio Técnico local o consulte al página web de Aprobaciones de OEM.

Compatibilidad y miscibilidad

· Compatibilidad

Shell Tellus S2 M son adecuados para su uso con la mayoría de las bombas hidráulicas. Sin embargo, por favor consulte a su representante técnico de Shell antes de usar en las bombas de los componentes que contienen componentes de plata.

· Compatibilidad de los fluidos

Shell Tellus S2 son compatibles con la mayoría de aceites minerales. Sin embargo, los fluidos de aceite mineral hidráulico no deben ser mezclados con otros tipos de líquidos (por ejemplo, fluidos resistentes al fuego o ambientalmente aceptables).

· Compatibilidad con Sellos y Pinturas

Shell Tellus S2 M son compatibles con los materiales de los sellos y pinturas normalmente especificados para ser utilizados con aceites minerales.

Información adicional

· consejo

Para aplicaciones no contenidas en esta publicación, consulte con su representante Shell

Características físicas típicas

Properties	Method	Tellus S2 M 68
Grado de Viscosidad ISO	ISO 3448	68
ISO Fluido Tipo		HM
Viscosidad Cinemática	@0 ^o C cSt	Especificación D445 1040

Properties			Method	Tellus S2 M 68
Viscosidad Cinemática	@40 ^{°C}	cSt	Especificación D445	68
Viscosidad Cinemática	@100 ^{°C}	cSt	Especificación D445	8.6
Índice de Viscosidad			ISO 2909	97
densidad	@15 ^{°C}	kg/l	ISO 12185	0.886
Punto de Inflamación (COC)		°C	ISO 2592	235
Punto de Escurrimiento		°C	ISO 3016	-24

Los valores indicados son representativos de la producción actual y no constituyen una especificación. La producción del producto se realiza conforme a las especificaciones de Shell.

Seguridad, higiene y medio ambiente

· Salud y Seguridad

Shell Tellus S2 M improbablemente presente riesgo significativo para la seguridad o para la salud cuando es adecuadamente utilizado para la aplicación recomendada y se mantengan buenas prácticas de higiene personal.

Evitar el contacto con la piel. Use guantes impermeables cuando manipule aceite usado. Si hay contacto con la piel, lavar inmediatamente con agua y jabón.

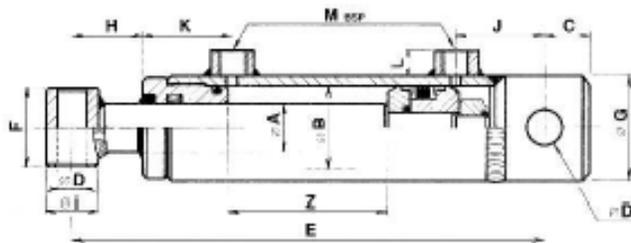
Información más detallada sobre higiene y seguridad se encuentra disponible en la Hoja de Seguridad del Producto que puede ser obtenida en <http://www.epc.shell.com/>

· Proteger el medioambiente

Lleve aceite usado a un punto de recolección autorizado; no lo vierta en drenajes, ni en suelos, o agua.

ANEXO B
CATÁLOGO CILINDRO HIDRÁULICO

CILINDROS ESTÁNDAR DOBLE EFECTO Características

2.1


Características Técnicas

Presión Máxima	200 bar
Velocidad Máxima	0.5 m/s
Temperatura de Trabajo	-30° C / + 90° C

Estanqueidad

Cabeza Cierre	
Collarín de poliuretano, rascador metálico y junta tórica.	
Pistón	
Junta compacta doble efecto.	

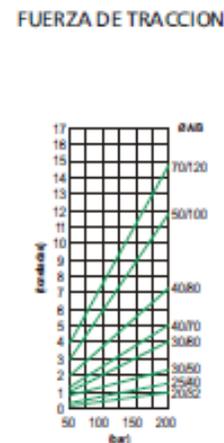
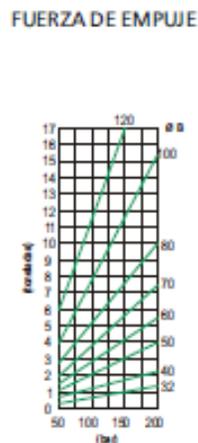
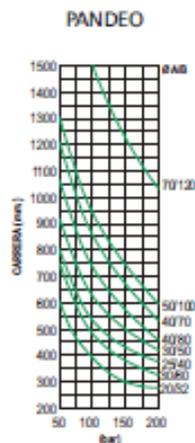
Materiales

Vástago	
Acero F-114 cromado 25 micras.	
Tubo	
Acero ST-52 lapeado.	

Sugerencias

- ❑ No realizar soldaduras sobre el tubo, ya que podría deformarse y causar problemas de fuga.
- ❑ No realizar soldaduras cercanas al cilindro para evitar proyecciones sobre el vástago.
- ❑ Para almacenamiento por tiempo prolongado a la intemperie, el vástago debe permanecer recogido en el interior del tubo o en su caso engrasado.

Pandeo, Fuerza de Empuje y de Tracción



CILINDROS ESTÁNDAR DOBLE EFECTO

Medidas y Tarifa

2.2

CODIGO	P.V.P. (€)	REF.	ØA mm	ØB mm	Z (anera) mm	E mm	C mm	D mm	F mm	G mm	H mm	I mm	J mm	K mm	L mm	M mm	VoL litros	Peso kg
CICFAAA		700/0.5	20	32	50	205	17	16	35	40	28	30	33	35	12	1/4	0.05	1.9
CICFAAB		700/1			100	255	17	16	35	40	28	30	33	35	12	1/4	0.11	2.2
CICFAAC		700/1.5			150	305	17	16	35	40	28	30	33	35	12	1/4	0.16	2.6
CICFAAD		700/2			200	355	17	16	35	40	28	30	33	35	12	1/4	0.21	2.9
CICFAAE		700/3			300	455	17	16	35	40	28	30	33	35	12	1/4	0.26	3.6
CICFAAI		700/7			700	855	17	16	35	40	28	30	33	35	12	1/4	0.31	3.9
CICFAAL		700/10			1000	1155	17	16	35	40	28	30	33	35	12	1/4	0.36	4.2
CICFABA		701/1	25	40	100	270	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	0.15	3.7
CICFABB		701/2			200	370	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	0.25	4.5
CICFABC		701/3			300	470	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	0.40	5.5
CICFABD		701/4			400	570	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	0.50	6.5
CICFABE		701/5			500	670	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	0.65	7.5
CICFABF		701/6			600	770	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	0.75	8.5
CICFABG		701/7			700	870	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	0.85	9.5
CICFABH		701/8			800	970	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	0.95	10.5
CICFABI		701/9			900	1070	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	1.05	11.5
CICFABJ		701/10			1000	1170	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	1.15	12.5
CICFABK		701/11			1100	1270	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	1.25	13.5
CICFABL		701/12			1200	1370	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	1.40	14.5
CICFACA		702/1	30	50	100	300	25	25.5	45	60	54	40	58	54	15	3/8	0.20	4
CICFACB		702/2			200	400	25	25.5	45	60	54	40	58	54	15	3/8	0.40	5
CICFACC		702/3			300	500	25	25.5	45	60	54	40	58	54	15	3/8	0.60	6
CICFACD		702/4			400	600	25	25.5	45	60	54	40	58	54	15	3/8	0.80	8
CICFACE		702/5			500	700	25	25.5	45	60	54	40	58	54	15	3/8	1.00	10
CICFACF		702/6			600	800	25	25.5	45	60	54	40	58	54	15	3/8	1.20	12
CICFACG		702/7			700	900	25	25.5	45	60	54	40	58	54	15	3/8	1.40	14
CICFACH		702/8			800	1000	25	25.5	45	60	54	40	58	54	15	3/8	1.60	14
CICFACI		702/9			900	1100	25	25.5	45	60	54	40	58	54	15	3/8	1.80	16
CICFACJ		702/10			1000	1200	25	25.5	45	60	54	40	58	54	15	3/8	2.00	18
CICFACK		702/11			1100	1300	25	25.5	45	60	54	40	58	54	15	3/8	2.20	20
CICFACL		702/12			1200	1400	25	25.5	45	60	54	40	58	54	15	3/8	2.40	22
CICFACM		702/13			1300	1500	25	25.5	45	60	54	40	58	54	15	3/8	2.60	24
CICFAD1		703/1	30	60	100	300	25	25.5	45	70	54	40	58	54	15	3/8	0.30	6
CICFADA		703/2			200	400	25	25.5	45	70	54	40	58	54	15	3/8	0.60	7
CICFADB		703/3			300	500	25	25.5	45	70	54	40	58	54	15	3/8	0.90	9
CICFADC		703/4			400	600	25	25.5	45	70	54	40	58	54	15	3/8	1.15	11
CICFADD		703/5			500	700	25	25.5	45	70	54	40	58	54	15	3/8	1.45	13
CICFADE		703/6			600	800	25	25.5	45	70	54	40	58	54	15	3/8	1.75	15
CICFADF		703/7			700	900	25	25.5	45	70	54	40	58	54	15	3/8	2.00	17
CICFADG		703/8			800	1000	25	25.5	45	70	54	40	58	54	15	3/8	2.30	19
CICFADH		703/9			900	1100	25	25.5	45	70	54	40	58	54	15	3/8	2.60	21
CICFADI		703/10			1000	1200	25	25.5	45	70	54	40	58	54	15	3/8	2.90	23
CICFADJ		703/11			1100	1300	25	25.5	45	70	54	40	58	54	15	3/8	3.15	25
CICFADK		703/12			1200	1400	25	25.5	45	70	54	40	58	54	15	3/8	3.45	27
CICFADL		703/13			1300	1500	25	25.5	45	70	54	40	58	54	15	3/8	3.75	29

ANEXO C
CATÁLOGO PARA LÁMINA

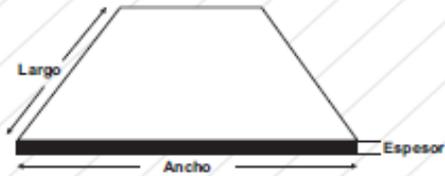
LÁMINAS HOT ROLLED

Especificaciones Técnicas

CALIDADES MAS COMUNES		COMPOSICION QUIMICA							PROPIEDADES MECANICAS				APLICACIONES MAS FRECUENTES	
ASTM	DIN	L	C	MN	P	S	SI	CU	LIMITE ELASTICO		RESISTENCIA A LA TRACCION			% ALARG
		(X100)	(X100)	(X100)	(X100)	(X100)	(X100)	(X100)						
A - 36	ST 33 - 1.2	Mín.	-	80	-	-	15	-	23Kg/mm2	-	41Kg/mm2	400MPa	20	Estructuras metálicas en general.
		Máx.	25	120	4	4	30	20	25Kg/mm3	250MPa	56Kg/mm2	550MPa	23	
A - 283 GR C	RST 37 - 1.2	Mín.	-	50	-	-	7	-	-	-	39Kg/mm2	380MPa	20	Tanques de almacenamiento.
		Máx.	18	90	3.5	3.5	35	30	21Kg/mm2	205MPa	46Kg/mm2	450MPa	23	
A - 285 GR C		Mín.	-	-	-	-	-	-	-	-	38Kg/mm2	380MPa	23	Recipientes a presión de baja e intermedia resistencia a la tracción.
		Máx.	28	90	3.5	3.5	-	-	21Kg/mm2	205MPa	45Kg/mm2	515MPa	27	
A - 131 GRA	RST 34 - 1.2	Mín.	-	53	-	-	-	-	-	-	41Kg/mm2	400MPa	21	Construcción naval en general.
		Máx.	21	-	4	4	50.4	-	23Kg/mm2	235MPa	50Kg/mm2	490MPa	24	
A 516 GR 70		Mín.	27	85	-	-	15	-	-	-	49Kg/mm2	485MPa	17	Recipientes a presión temperatura media-alta.
		Máx.	31	120	4	3.5	40	-	27Kg/mm2	260MPa	63Kg/mm2	620MPa	21	
A 514 GRA	RQT 601	Mín.	-	-	-	1.5	-	-	-	-	71Kg/mm2	690MPa	-	Resistencia a la abrasión.
		Máx.	20	150	3.5	4	50	-	64Kg/mm2	600MPa	87Kg/mm2	850MPa	19	

Dimensiones y Pesos de láminas comerciales

CALIBRE	ESPESOR		M2	1.0 x 2.0 Mts.	1.22 x 2.44 Mts.	1.83 x 6.09 Mts.	2.0 x 6.0 Mts.	2.44 x 6.09 Mts.
	PULGADA	MILIMETRO	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.
16		1.50	11.78	23.56	35.01	131.00	141.00	175.00
14		1.90	14.92	29.85	44.35	166.00	179.00	222.00
		2.50	19.63	39.27	58.35	219.00	236.00	292.00
12		2.66	20.89	41.78	62.09	233.00	251.00	311.00
	11		3.00	23.56	47.12	70.02	263.00	283.00
1/8"			3.17	24.90	49.79	73.99	278.00	299.00
		4.00	31.42	62.83	93.37	350.00	377.00	467.00
	4.50	35.34	70.69	105.04	394.00	424.00	525.00	
3/16"		4.76	37.38	74.77	111.11	417.00	449.00	556.00
		5.00	39.27	78.54	116.71	438.00	471.00	584.00
	6.00	47.12	94.25	140.05	525.00	565.00	700.00	
1/4"		6.35	49.87	99.75	148.22	556.00	598.00	741.00
	5/16"		7.94	62.36	124.72	185.33	695.00	748.00
		8.00	62.83	125.66	186.73	700.00	754.00	934.00
	9.00	70.69	141.37	210.07	788.00	848.00	1,051.00	
3/8"		9.53	74.85	149.70	222.44	834.00	898.00	1,113.00
		10.00	78.54	157.08	233.41	876.00	942.00	1,167.00
	12.00	94.25	188.50	280.10	1,051.00	1,131.00	1,401.00	
1/2"		12.70	99.75	199.49	296.44	1,112.00	1,197.00	1,483.00
		13.00	102.10	204.20	303.44	1,138.00	1,225.00	1,518.00
	15.00	117.81	235.62	350.12	1,313.00	1,414.00	1,751.00	
5/8"		15.88	124.72	249.44	370.66	1,390.00	1,497.00	1,854.00
		16.00	125.66	251.33	373.46	1,401.00	1,508.00	1,868.00
	19.00	149.23	298.45	443.49	1,664.00	1,791.00	2,218.00	
3/4"		19.05	149.62	299.24	444.65	1,668.00	1,795.00	2,224.00



LÁMINAS HOT ROLLED

Especificaciones Técnicas

CALIDADES MAS COMUNES		COMPOSICION QUIMICA							PROPIEDADES MECANICAS				APLICACIONES MAS FRECUENTES	
ASTM	DIN	L	C	MN	P	S	SI	CU	LIMITE ELASTICO	RESISTENCIA A LA TRACCION		% ALARG		
		(x100)	(x100)	(x100)	(x100)	(x100)	(x100)	(x100)						
A-36	ST 33 - 12	Min.	-	80	-	-	15	-	23Kg/mm2	-	41Kg/mm2	400MPa	20	Estructuras metálicas en general.
		Máx.	25	120	4	4	30	20	25Kg/mm3	250MPa	56Kg/mm2	550MPa	23	
A-283 GR C	R57 37 - 12	Min.	-	50	-	-	7	-	-	-	39Kg/mm2	380MPa	20	Tanques de almacenamiento.
		Máx.	18	90	3.5	3.5	35	30	21Kg/mm2	205MPa	46Kg/mm2	450MPa	23	
A-285 GR C		Min.	-	-	-	-	-	-	-	-	38Kg/mm2	380MPa	23	Recipientes a presión de baja e intermedia resistencia a la tracción.
		Máx.	28	90	3.5	3.5	-	-	21Kg/mm2	205MPa	45Kg/mm2	515MPa	27	
A-131 GRA	R57 34 - 12	Min.	-	53	-	-	-	-	-	-	41Kg/mm2	400MPa	21	Construcción naval en general.
		Máx.	21	-	4	4	50.4	-	23Kg/mm2	235MPa	50Kg/mm2	490MPa	24	
A516 GR 70		Min.	27	85	-	-	15	-	-	-	49Kg/mm2	485MPa	17	Recipientes a presión temperatura media-alta.
		Máx.	31	120	4	3.5	40	-	27Kg/mm2	260MPa	63Kg/mm2	620MPa	21	
A514 GRA	RQT 601	Min.	-	-	-	1.5	-	-	-	-	71Kg/mm2	690MPa	-	Resistencia a la abrasión.
		Máx.	20	150	3.5	4	50	-	64Kg/mm2	600MPa	87Kg/mm2	850MPa	19	

Dimensiones y Pesos de láminas comerciales

CALIBRE	ESPESOR		M2	1.0 x 2.0 Mts.	1.22 x 2.44 Mts.	1.83 x 6.09 Mts.	2.0 x 6.0 Mts.	2.44 x 6.09 Mts.
	PULGADA	MILIMETRO	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.
7/8"		22.00	172.79	345.58	513.51	1,926.00	2,073.00	2,568.00
		22.23	174.59	349.19	518.88	1,964.00	2,095.00	2,595.00
1"		25.00	196.35	392.70	583.54	2,189.00	2,366.00	2,919.00
		25.40	199.49	398.98	592.87	2,224.00	2,394.00	2,965.00
1 1/4"		31.75	249.36	498.73	741.09	2,780.00	2,992.00	3,707.00
		32.00	251.33	502.65	746.93	2,802.00	3,016.00	3,736.00
1 1/2"		38.00	298.45	596.90	886.97	3,327.00	3,561.00	4,436.00
		38.10	299.24	598.47	889.31	3,336.00	3,591.00	4,448.00
2"		50.00	392.70	785.40	1,167.07	4,378.00	4,712.00	5,837.00
		50.80	398.98	797.96	1,185.74	4,448.00	4,788.00	5,931.00
2 1/2"		62.00	486.95	973.89	1,447.17	5,429.00	5,843.00	7,238.00
		63.50	498.73	997.46	1,482.18	5,560.00	5,965.00	7,413.00
3"		75.00	589.05	1,178.10	1,750.61	6,567.00	7,089.00	8,756.00
		76.20	598.47	1,196.95	1,778.62	6,672.00	7,182.00	8,896.00
4"		100.00	785.40	1,570.80	2,334.14	8,756.00	9,425.00	11,675.00
		101.60	797.96	1,595.93	2,371.49	8,896.00	9,576.00	11,861.00

ANEXO D
CATÁLOGO PARA MANGUERA

791TC MANGUERA SAE 100R15



Manguera para aplicaciones hidráulicas de extrema presión hasta 6000PSI. Aplicaciones en industria de la construcción, agricultura y navegación, en donde se requiera una manguera de extrema presión pero con un mínimo de radio de curvatura, lo que le permite ahorrar manguera y dinero. Alta presión alto impacto. Disponible en cubierta uretano Tough Cover.

Tubo : Neopreno sintético.
Refuerzo: 4 a 6 espirales de acero carbón
Cubierta : Hule sintético cubierta altamente resistente a la abrasión MSHA
Factor de seguridad : 4:1
Temperatura : -40°C a 125°C

Código	Diámetro interno		Presión trabajo PSI	Radio curvatura mm
	Pulgadas	mm		
001791TC12	3/4"	19	6000	200
001791TC20	1 1/4"	31.8	6000	250
001791TC24	1 1/2"	38	6000	305

NOTA : Utilice acoples de la serie 79

792TC MANGUERA SAE 100R15



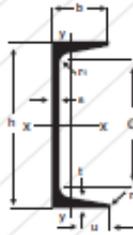
Manguera para aplicaciones hidráulicas de extrema presión hasta 6000PSI. Aplicaciones en industria de la construcción, agricultura y navegación en donde se requiera una manguera de extrema presión. Alta presión alto impacto. Disponible en cubierta uretano Tough Cover.

Tubo : Nitrilo sintético.
Refuerzo: 4 a 6 espirales de acero carbón
Cubierta : Hule sintético cubierta altamente resistente a la abrasión MSHA
Factor de seguridad : 4:1
Temperatura : -40°C a 125°C

Código	Diámetro interno		Presión trabajo PSI	Radio curvatura mm
	Pulgadas	mm		
001792TC16	1 "	25.4	5000	300

NOTA : Utilice acoples de la serie 79

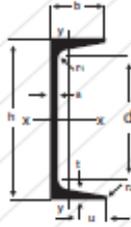
ANEXO E
CATÁLOGO PARA PERFILES EN C



PERFIL C EUROPEO LIVIANO - UPE

Dimensiones y Propiedades para el diseño

DESIGNACIÓN	DIMENSIONES								ÁREA cm ²	PESO kg/m	PROPIEDADES ELÁSTICAS						CONSTRIB
	ALTURA		ALA		DISTANCIAS						EJEJ-X			EJEJ-Y			
	h	S	b	t	r1	r2	d	Ix			Sx	rx	Iy	Sy	ry	Jt	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴			
UPE 80	80.00	4.50	40.00	7.40	5.50	2.50		9.00	7.10	89.00	22.40		12.80	4.75			
UPE 100	100.00	4.50	46.00	7.60	7.00	3.00		10.90	8.60	174.00	34.80		20.40	6.46			
UPE 120	120.00	4.80	52.00	7.80	7.50	3.00		13.30	10.40	304.00	50.60		31.20	8.52			
UPE 140	140.00	4.90	58.00	8.10	8.00	3.00		15.60	12.30	491.00	70.20		45.40	11.00			
UPE 160	160.00	5.00	64.00	8.40	8.50	3.50		18.10	14.20	747.00	93.40		63.30	13.80			
UPE 180	180.00	5.10	70.00	8.70	9.00	3.50		20.70	16.30	1,090.00	121.00		86.00	17.00			
UPE 200	200.00	5.20	76.00	9.00	9.50	4.00		23.40	18.40	1,520.00	152.00		113.00	20.50			
UPE 240	240.00	5.60	90.00	10.00	10.50	4.00		30.60	24.00	2,900.00	242.00		208.00	31.60			
UPE 270	270.00	6.00	95.00	10.50	11.00	4.50		35.20	27.70	4,160.00	308.00		262.00	37.30			
UPE 300	300.00	6.50	100.00	11.00	12.00	5.00		40.50	31.80	5,810.00	387.00		327.00	43.60			
UPE 400	400.00	8.00	115.00	13.50	15.00	6.00		61.50	48.30	15,220.00	761.00		642.00	73.40			



PERFILES C ESTANDAR EUROPEO - UPN

Dimensiones y Propiedades para el diseño

DESIGNACIÓN	DIMENSIONES							ÁREA	PESO	PROPIEDADES ELÁSTICAS						CONS TORS
	ALTURA		ALA		DISTANCIAS					EJE X-X			EJE Y-Y			
	h	a	b	t	r1	r2	d			Ix	Sx	rx	Iy	Sy	ry	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	
UPN 80	80.00	6.00	45.00	8.00	8.00	4.00	46.00	11.00	8.84	106.00	26.50	3.10	19.40	6.36	1.33	2.16
UPN 100	100.00	8.00	50.00	8.50	8.50	4.50	64.00	13.50	10.60	206.00	41.20	3.91	29.30	8.69	1.67	2.81
UPN 120	120.00	7.00	55.00	9.00	9.00	4.50	82.00	17.00	13.40	364.00	60.70	4.62	43.20	11.10	1.59	4.15
UPN 140	140.00	7.00	60.00	10.00	10.00	5.00	98.00	20.40	16.00	605.00	86.40	5.45	62.70	14.80	1.75	5.68
UPN 160	160.00	7.50	65.00	10.50	10.50	5.50	115.00	24.00	18.80	925.00	116.00	6.21	85.30	18.30	1.89	7.39
UPN 180	180.00	8.00	70.00	11.00	11.00	5.50	133.00	28.00	22.00	1,350.00	150.00	6.95	114.00	22.40	2.02	9.55
UPN 200	200.00	8.50	75.00	11.50	11.50	6.00	151.00	32.20	25.30	1,910.00	191.00	7.70	146.00	27.00	2.14	11.90
UPN 220	220.00	9.00	80.00	12.50	12.50	6.50	167.00	37.40	29.40	2,600.00	245.00	8.48	197.00	33.60	2.30	16.00
UPN 240	240.00	9.50	85.00	13.00	13.00	6.50	184.00	42.30	33.20	3,600.00	300.00	9.22	248.00	39.60	2.42	19.70
UPN 260	260.00	10.00	90.00	14.00	14.00	7.00	200.00	48.30	37.90	4,820.00	371.00	9.99	317.00	47.70	2.56	25.50
UPN 280	280.00	10.00	95.00	15.00	15.00	7.50	216.00	53.30	41.80	6,280.00	448.00	10.90	399.00	57.20	2.74	31.00
UPN 300	300.00	10.00	100.00	16.00	16.00	8.00	232.00	58.80	46.20	8,030.00	535.00	11.70	495.00	67.80	2.90	37.40
UPN 320	320.00	14.00	100.00	17.50	17.50	8.75	248.00	75.80	59.50	10,870.00	679.00	12.10	597.00	80.60	2.81	66.70
UPN 350	350.00	14.00	100.00	16.00	16.00	8.00	262.00	77.30	60.80	12,940.00	754.00	12.90	570.00	75.00	2.70	61.20
UPN 380	380.00	13.50	102.00	16.00	16.00	8.00	313.00	80.40	63.10	15,760.00	829.00	14.00	615.00	76.70	2.77	59.10
UPN 400	400.00	14.00	110.00	18.00	18.00	9.00	324.00	91.50	71.80	20,280.00	1,020.00	14.90	646.00	102.00	3.04	81.60

PERFILES C EUROPEO SECCION PEQUEÑA - U

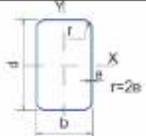
Dimensiones y Propiedades para el diseño



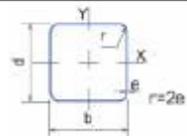
DESIGNACIÓN	DIMENSIONES							ÁREA	PESO	PROPIEDADES ELÁSTICAS						CONS TORS
	ALTURA		ALA		DISTANCIAS					EJE X-X			EJE Y-Y			
	h	a	b	t	r1	r2	d			Ix	Sx	rx	Iy	Sy	ry	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	
U 30 X 15	30.00	4.00	15.00	4.50	4.50	2.00	12.00	2.21	1.74	2.53	1.69	1.07	0.38	0.39	0.42	0.17
U 40 X 20	40.00	5.00	20.00	5.50	5.00	2.50	16.00	3.26	2.67	7.56	3.79	1.44	1.14	0.86	0.56	0.36
U 40 X 35	40.00	5.00	35.00	7.00	7.00	3.50	11.00	6.21	4.07	14.10	7.05	1.50	6.66	3.00	1.04	1.00
U 50 X 25	50.00	5.00	25.00	6.00	6.00	3.00	25.00	4.32	3.06	16.80	6.93	1.05	2.49	1.48	0.71	0.88
U 50 X 30	50.00	5.00	30.00	7.00	7.00	3.50	20.00	7.12	5.09	26.40	10.60	1.92	9.12	3.75	1.13	1.12
U 60 X 30	60.00	6.00	30.00	6.00	6.00	3.00	35.00	6.46	5.07	31.60	10.50	2.21	4.51	2.16	0.84	0.94
U 65 X 42	65.00	5.50	42.00	7.50	7.50	4.00	33.00	9.03	7.09	57.50	17.70	2.52	14.10	5.07	1.25	1.61
U 70 X 40	70.00	6.00	40.00	6.50	6.50	3.25	42.00	8.82	6.77	61.80	17.60	2.66	13.00	4.85	1.22	-

ANEXO F
CATÁLOGO PERFILES CUADRADOS

CARACTERÍSTICAS Y DENOMINACIÓN						PROPIEDADES ESTÁTICAS								UNIDADES DE EMPAQUE		
TAMAÑO PERFIL		REAL		Espesor pared		PISO		AREA		FLEXION					TORSION	
TAMAÑO NOMINAL	REAL	e	Negro	Galvanizado	I _x -I _y	S _x -S _y	r _x -r _y	J	I _p	Módulo elástico	Radio de Giro	Módulo Plástico	Módulo Inercia		Módulo Elástico	
PULGADAS	MILIMETROS	d	b	e	Kg/m	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ⁴		
1 X 1	25 X 25	25,00	25,00	1,50	1,23	1,42	1,22	0,97	0,92	1,27	2,03	1,48	2,03	1,48		
		25,00	25,00	2,00	1,49	1,90	1,90	1,46	1,19	0,88	1,47	2,58	1,82	2,58	1,82	
		25,00	25,00	2,50	1,80	1,90	2,29	1,69	1,35	0,86	1,71	3,07	2,11	3,07	2,11	
1 1/2 X 1 X/2	40 X 40	40,00	40,00	1,50	1,79	1,90	2,30	3,49	2,75	1,58	3,22	8,77	4,13	8,77	4,13	
		40,00	40,00	2,00	2,32	2,49	2,95	6,94	3,47	1,53	4,13	11,36	5,25	11,36	5,25	
		40,00	40,00	2,50	2,81	2,98	3,58	8,22	4,11	1,52	4,37	13,79	6,26	13,79	6,26	
2 X 2	50 X 50	50,00	50,00	1,50	2,29	2,53	2,92	11,07	4,43	1,95	5,15	17,45	6,96	17,45	6,96	
		50,00	50,00	2,00	3,06	3,21	3,87	14,15	5,66	1,91	6,65	22,73	8,53	22,73	8,53	
		50,00	50,00	2,50	3,76	3,27	4,79	28,94	6,78	1,88	8,57	27,75	10,26	27,75	10,26	
2 1/2 X 2 1/8	60 X 60	60,00	60,00	2,00	3,63	3,85	4,63	25,14	8,38	2,33	9,79	39,91	12,81	39,91	12,81	
		60,00	60,00	2,50	4,37	4,63	5,56	30,34	10,11	2,34	11,93	48,92	15,26	48,92	15,26	
		60,00	60,00	3,00	5,19	-	6,63	35,13	11,71	2,31	13,95	57,67	17,73	57,67	17,73	
2 3/4 X 2 3/4	70 X 70	70,00	70,00	1,50	3,20	3,54	4,08	31,46	8,99	2,78	10,95	48,89	13,50	48,89	13,50	
		70,00	70,00	2,00	4,32	4,65	5,50	43,73	11,64	2,73	13,33	64,10	17,92	64,10	17,92	
		70,00	70,00	2,50	5,26	5,29	6,70	49,41	14,12	2,73	16,54	78,79	21,72	78,79	21,72	
3 X 1	75 X 75	75,00	75,00	1,00	6,36	-	8,41	71,62	19,10	2,93	22,43	115,14	28,31	115,14	28,31	
		75,00	75,00	4,00	8,36	-	10,95	95,19	24,05	2,87	28,75	148,83	36,48	148,83	36,48	
		75,00	75,00	5,00	10,30	-	13,36	126,33	28,35	2,82	34,46	180,41	43,33	180,41	43,33	
4 1/2 X 3 1/2	90 X 90	90,00	90,00	2,00	5,98	6,01	7,11	88,86	19,75	3,54	22,78	138,32	29,96	138,32	29,96	
		90,00	90,00	2,50	6,81	7,23	8,68	128,55	24,12	3,54	28,00	170,65	36,27	170,65	36,27	
		90,00	90,00	3,00	8,03	8,45	10,23	177,28	28,29	3,53	33,04	202,14	42,59	202,14	42,59	
4 X 4	100 X 100	100,00	100,00	2,00	6,07	-	7,74	123,01	24,90	3,99	28,90	190,75	39,90	190,75	39,90	
		100,00	100,00	2,50	7,51	-	9,59	150,63	30,13	3,96	34,86	235,64	45,27	235,64	45,27	
		100,00	100,00	3,00	8,96	-	11,41	177,05	35,41	3,94	41,23	279,48	53,72	279,48	53,72	
5 X 5	120 X 120	120,00	120,00	4,00	11,73	-	14,95	276,35	45,27	3,89	53,30	364,04	68,31	364,04	68,31	
		120,00	120,00	5,00	14,97	-	18,36	327,10	54,22	3,84	64,59	444,62	82,14	444,62	82,14	
		120,00	120,00	6,00	17,88	-	21,63	351,67	62,29	3,79	75,10	521,39	94,85	521,39	94,85	
5 X 5	125 X 125	125,00	125,00	4,00	16,13	-	20,25	383,70	66,18	5,32	300,25	917,81	129,65	917,81	129,65	
		125,00	125,00	5,00	19,90	-	25,36	494,91	104,43	5,27	322,55	1.127,65	157,44	1.127,65	157,44	
		125,00	125,00	6,00	26,40	-	31,63	546,91	152,79	5,84	379,88	1.483,64	230,58	1.483,64	230,58	
6 X 6	150 X 150	150,00	150,00	4,50	20,72	-	26,57	602,94	128,12	6,11	348,54	1.505,09	192,73	1.505,09	192,73	
		150,00	150,00	5,00	27,95	-	33,36	690,86	181,81	6,91	211,24	2.205,58	273,47	2.205,58	273,47	
		150,00	150,00	6,00	30,11	-	38,36	2.410,09	240,01	7,93	278,67	3.771,58	382,34	3.771,58	382,34	
10 X 10	250 X 250	250,00	250,00	7,00	46,16	-	58,38	4.395,35	396,87	8,65	462,63	6.917,52	597,47	6.917,52	597,47	
		250,00	250,00	9,00	66,47	-	84,67	8.093,21	647,46	9,78	758,74	12.925,82	975,93	12.925,82	975,93	
		250,00	250,00	10,00	86,04	-	113,62	15.713,92	1.047,95	11,77	1.221,86	24.972,90	1.577,87	24.972,90	1.577,87	



Los perfiles tubulares Colmena cumplen con la norma ASTM A-500 grado C.
 Esfuerzo de Fluencia $F_y = 3.500 \text{ kg/cm}^2$ (50.000 psi) (350 MPa).
 * Los tubos en espesor de 1.5mm se suministran en grado B esfuerzo de fluencia $f_y = 3.220 \text{ kg/cm}^2$ (46.000 psi) (332 MPa)



PERFIL CUADRADO

No. Control CC - 620 - 010 - Edición No. 5-12-05-18. Revisión A: 12-05-18

CARACTERÍSTICAS Y DENOMINACIÓN						PROPIEDADES ESTÁTICAS												UNIDADES DE EMPAQUE
TAMAÑO PERFIL		REAL		Espesor pared		PISO		AREA		FLEXION				TORSION				
TAMAÑO NOMINAL	REAL	e	Negro	Galvanizado	I _x -I _y	S _x -S _y	r _x -r _y	J	I _p	Módulo elástico	Radio de Giro	Módulo Plástico	Módulo Inercia	Módulo Elástico				
PULGADAS	MILIMETROS	d	b	e	Kg/m	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ⁴				
2 1/2 X 1 1/8	50 X 30	50,00	30,00	1,50	1,35	1,60	1,72	6,54	1,21	1,62	1,62	0,60	0,77	0,54	2,46	0,60	1,31	1,35
		50,00	30,00	2,00	1,80	1,60	2,20	7,92	1,93	1,93	2,21	2,26	1,14	0,83	3,42	0,91	1,82	1,80
		50,00	30,00	2,50	2,25	1,60	2,75	9,08	3,05	1,94	3,51	2,86	1,16	4,12	1,08	2,19	2,16	2,16
2 3/8 X 1 1/2	60 X 40	60,00	40,00	1,50	1,79	1,90	2,30	11,07	4,43	1,95	5,15	17,45	6,96	17,45	6,96			
		60,00	40,00	2,00	2,32	1,90	2,95	14,15	5,66	1,91	6,65	22,73	8,53	22,73	8,53			
		60,00	40,00	2,50	2,81	1,90	3,58	18,22	7,13	1,88	8,57	27,75	10,26	27,75	10,26			
3 X 1 1/2	75 X 38	75,00	38,00	1,50	2,29	2,53	2,92	11,07	4,43	1,95	5,15	17,45	6,96	17,45	6,96			
		75,00	38,00	2,00	3,06	3,21	3,87	14,15	5,66	1,91	6,65	22,73	8,53	22,73	8,53			
		75,00	38,00	2,50	3,76	3,27	4,79	28,94	6,78	1,88	8,57	27,75	10,26	27,75	10,26			
3 1/4 X 1 1/2	80 X 40	80,00	40,00	2,00	3,63	3,85	4,63	25,14	8,38	2,33	9,79	39,91	12,81	39,91	12,81			
		80,00	40,00	2,50	4,37	4,63	5,56	30,34	10,11	2,34	11,93	48,92	15,26	48,92	15,26			
		80,00	40,00	3,00	5,19	-	6,63	35,13	11,71	2,31	13,95	57,67	17,73	57,67	17,73			
3 1/2 X 2	90 X 50	90,00	50,00	2,00	6,07	-	7,74	123,01	24,90	3,99	28,90	190,75	39,90	190,75	39,90			
		90,00	50,00	2,50	7,51	-	9,59	150,63	30,13	3,96	34,86	235,64	45,27	235,64	45,27			
		90,00	50,00	3,00	8,96	-	11,41	177,05	35,41	3,94	41,23	279,48	53,72	279,48	53,72			
4 X 1 1/2	100 X 50	100,00	50,00	1,50	5,26	-	6,70	49,41	14,12	2,73	16,54	78,79	21,72	78,79	21,72			
		100,00	50,00	2,00	6,81	-	8,68	64,91	17,92	2,73	21,72	94,85	26,48	94,85	26,48			
		100,00	50,00	2,50	8,03	-	10,23	81,86	21,72	2,73	27,75	113,67	32,27	113,67	32,27			
4 X 2	100 X 50	100,00	50,00	2,00	6,81	-	8,68	64,91	17,92	2,73	21,72	94,85	26,48	94,85	26,48			
		100,00	50,00	2,50	8,03	-	10,23	81,86	21,72	2,73	27,75	113,67	32,27	113,67	32,27			
		100,00	50,00	3,00	9,59	-	12,19	99,43	25,14	2,73	34,86	134,92	39,91	134,92	39,91			
4 X 3	100 X 50	100,00	50,00	2,00	6,81	-	8,68	64,91	17,92	2,73	21,72	94,85	26,48	94,85	26,48			
		100,00	50,00	2,50	8,03	-	10,23	81,86	21,72	2,73	27,75	113,67	32,27	113,67	32,27			
		100,00	50,00	3,00	9,59	-	12,19	99,43	25,14	2,73	34,86	134,92	39,91	134,92	39,91			
4 X 3 1/8	100 X 50	100,00	50,00	1,50	5,26	-	6,70	49,41	14,12	2,73	16,54	78,79	21,72	78,79	21,72			
		100,00	50,00	2,00	6,81	-	8,68	64,91	17,92	2,73	21,72	94,85	26,48	94,85	26,48			
		100,00	50,00	2,50	8,03	-	10,23	81,86	21,72	2,73	27,75	113,67	32,27	113,67	32,27			
4 X 3 1/4	100 X 50	100,00	50,00	2,00	6,81	-	8,68	64,91	17,92	2,73	21,72	94,85	26,48	94,85	26,48			
		100,00	50,00	2,50	8,03	-	10,23	81,86										

ANEXO G
CATÁLOGO SOLDADURAS



CONSUMIBLES COMUNES PARA SOLDAR

CARACTERISTICAS

WESTARCO, cuenta con un metal de aporte para cada necesidad, en caso de no encontrar el indicado, consulta con nuestro departamento técnico para pasar de psi a MPa (N/mm²) dividir por 1000 y multiplicar por 6.894757... doc: Corriente directa electrodos al positivo doc: Corriente directa electrodos al negativo

Table with columns: Clasificación AWS, Nombre WEST ARCO, Características y Aplicaciones, Posibilidad de la Trazada, Diámetro, Longitud, Balanceo de Impacto, Posición, Tipo de Corriente, and AMPERIOS. Rows include various electrode types like E6010, E6011, E7014, etc.

Continúa al respaldo

ANEXO H
CATÁLOGO UNIDAD DE POTENCIA HIDRÁULICA

Unidades de Potencia

D-Pak

D-Pak



Las unidades de potencia estilo D-Pak son ideales para muchos usos industriales. Las unidades de tipo vertical ahorradoras de espacio están disponibles con bombas de engranes y están diseñadas para una operación silenciosa y libre de fugas. La filtración estándar Parker en cada unidad le asegura un servicio de larga vida.

Datos de desempeño de la Unidad de Potencia

Serie	Tanque (Gal)	Caudal de la Bomba, LPM (GPM) @ 1725 RPM	Motor Eléctrico KW (HP)	Máxima Presión Bar (PSI)
D-Pak	5	10.2 (2.7) @ 1725 RPM	0.5 - 3	207 (3000)

Modelo

Modelo Driven	Tamaño del Depósito	Filtro (10 Micrones)	Potencia del Motor (HP)	Caudal de la Bomba a 1800 RPM	Máxima Presión Bar (PSI)
D-Pak-DRIVEN1	5 Galones	12AT	2	0.9	3000
D-Pak-DRIVEN1	5 Galones	12AT	3	1.8	2570

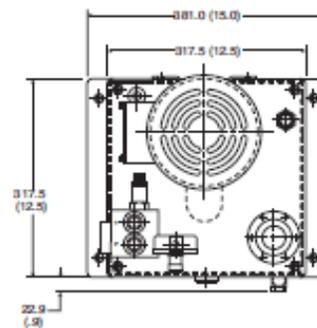
Características

- Diseño Vertical
- Bomba sumergida
- Puertos de retorno libres
- Adaptadores de precisión del montaje de la bomba
- Filtro de succión
- Manómetro con válvula aisladora
- Medidor de Nivel de Aceite con Termómetro
- Válvula de Alivio
- Tapa de respiradero y llenado
- Conexión de drenado SAE
- Tecnología de conectores Parker

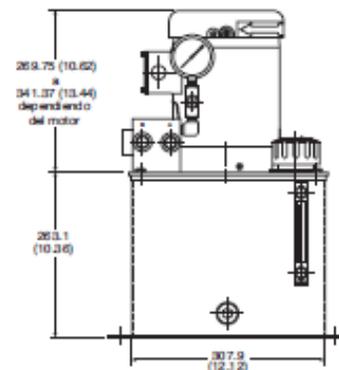
Beneficios

- Ahorra espacio de piso
- Operación mas silenciosa, Eliminación de Punto de Fuga Potencial
- Larga vida de bomba
- Protege a la bomba de contaminación
- Diagnóstico mejorado
- Ayuda a mantener el desempeño libre de problemas
- Protecciones contra choque del sistema
- Depósito de fácil relleno
- Previene las fugas

VISTA SUPERIOR

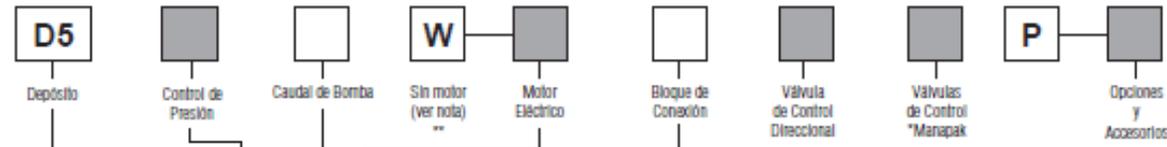


VISTA FRONTAL



Unidades de Potencia

Código para ordenar modelo



Código	Tamaño del Depósito
D5	18.9 Litros (5 Gal)

Código	Control de Presión
Omitir	Sólo Válvula de Alivio de Presión del Sistema
B	Válvula de Alivio de Presión del Sistema con Válvula de Descarga (2 Vías 120 VAC) N.O. (Energizar la bobina para cerrar)
J	Válvula de Alivio de Presión del Sistema con Válvula de Descarga (2 Vías 120 VAC) N.O. (Energizar la bobina para cerrar)

Código	Bomba Utilizada
0.9	331-9110-267
1.3	331-9110-011
1.8	331-9110-010
2.7	331-9110-101

Código	Descripción del Motor KW (HP) - RPM - Bastidor - Fase
U1	.37 (.5) - 1725 - 56 C - 1
T1	.75 (1) - 1725 - 56 C - 1
T3	.75 (1) - 1725 - 56 C - 3
G	1.5 (2) - 1725 - 56 C - 3
K	2.2 (3) - 1725 - 56 C - 3

Los motores eléctricos de una fase están clasificados como sigue:
115/230V, 1 HP, TEFC- 60 Hz 1800 RPM

Los Motores eléctricos de tres fases están clasificados como sigue:
208-230/460V, 3PH, TEFC- 60 Hz 1800RPM

Consulte a fábrica para otras velocidades de motor (RPM) y voltajes.

** Utilice el prefijo W cuando no es requerido motor en la unidad. Cuando ordene, W debe ser seguido por el código equivalente del modelo del motor. El acoplamiento del motor tendrá una interfase para un motor de bastidor 56C.

■ = Omitir si no es requerido.

Código	Bloque/Placa de Puertos o tipo de Múltiple	Puerto Alimentación/ Retorno o Tamaño del Puerto del Actuador	Otros
O	Bloque de Puertos de Presión y Retorno con Válvula de Alivio	Puertos P y T SAE-10 Cuerda Recta	Convertible a la Opción S3
S3	Placa de una estación D03 con Válvula de Alivio	Puertos A y B SAE-8 Cuerda Recta	Puertos P y T SAE-10
M33	Múltiple de Circuito Paralelo de Multiestación D03 con Válvula de Alivio	Puertos A y B SAE-8 Cuerda Recta	Puerto G SAE-6

Los múltiples son montados de forma vertical, La estación del fondo es la número 1.

Código	Número de Modelo de Válvula	Bloque de Montaje NFFPA	Flujo Nominal LPM (GPM)	Descripción	Símbolo del Circuito
B	D1VW001CN***	D03	26.5 (7)	Doble (Spr.Ctr)	
C	D1VW004CN***	D03	26.5 (7)	Doble (Spr.Ctr)	
T	D1VW008CN***	D03	26.5 (7)	Doble (Spr.Ctr)	

Las Unidades sin válvulas serán entregadas con placas de cubierta de estación instaladas.

Código	Función	Número de Modelo de Válvula	Bloque de Montaje NFFPA	Flujo Nominal LPM (GPM)	Símbolo del Circuito
1	Control de Flujo Meter-Out	FM2DDKN	D03	26.5 (7)	
3	Retención Operada por Piloto	CPOM2DDN	D03	26.5 (7)	

Las Válvulas Manapak son montadas en el orden según sean pedidas. La primera válvula será la más cercana a la Válvula de Control Direccional; la última válvula estará en el múltiple.

Código	Función	Número de Modelo	Datos Técnicos
B1	Intercambiador	RM-08-2-2	Aire/Aceite: 52 kW (0.7 HP) Ref. @ 11.4 LPM (3 GPM)
H	Filtro de Presión	15P110QXRS	Elemento de Microglass II Ind. Vls. 3.4 bar (50 PSI); Bypass - 0.14 bar (2 PSI) Dif. @ 11.4 LPM (3GPM)
K	Válvula Check a la Descarga de la Bomba	DT370MOMF05	Presión de ruptura 0.34 bar (5 PSI) 0.48 bar (7 PSI) Dif. @ 11.4 LPM (3 GPM)
L	Check de Desvío (en Intercambiador de Calor)	C1020S65	Presión de ruptura 4.5 bar (65 PSI)
O	Filtro de Retorno	12AT10C 45LPM (12 GPM)	Elemento de Celulosa Medidor Industrial - 1.03 bar (15 PSI) Bypass Flujo Máx. de Aceite
R1	Switch N.O. de Combinación Flotador/ Temp. Flotador arriba	8767820-1	Temp. Fija a 65°C (149°F) Cierre @ Bajo Nivel y/o 65°C (149°F) (N.O.)
R2	Switch de combinación Flotador/Temp. Flotador arriba	8767820-02	Temp Fija a 65°C (149°F) Apertura @ Bajo Nivel y/o 65°C (149°F) (N.C.)

* Disposición de calor basado en flujo dado con un diferencial de temperatura de 4.4°C entre el medio de transferencia. Nota: N.O. = Normalmente Abierto, N.C. = Normalmente Cerrado.



Unidades de Potencia

H-Pak & V-Pak

H-Pak & V-Pak



V-Pak Bajo Perfil

Las unidades de potencia estilo H-Pak y V-Pak son ideales para muchos usos industriales. Las unidades de tipo vertical ahorradoras de espacio están disponibles con bombas de engranes o pistones y están diseñadas para una operación silenciosa y libre de fuga. La filtración estándar Parker en cada unidad le asegura un servicio de larga vida. También disponible en V-Pak Bajo Perfil.

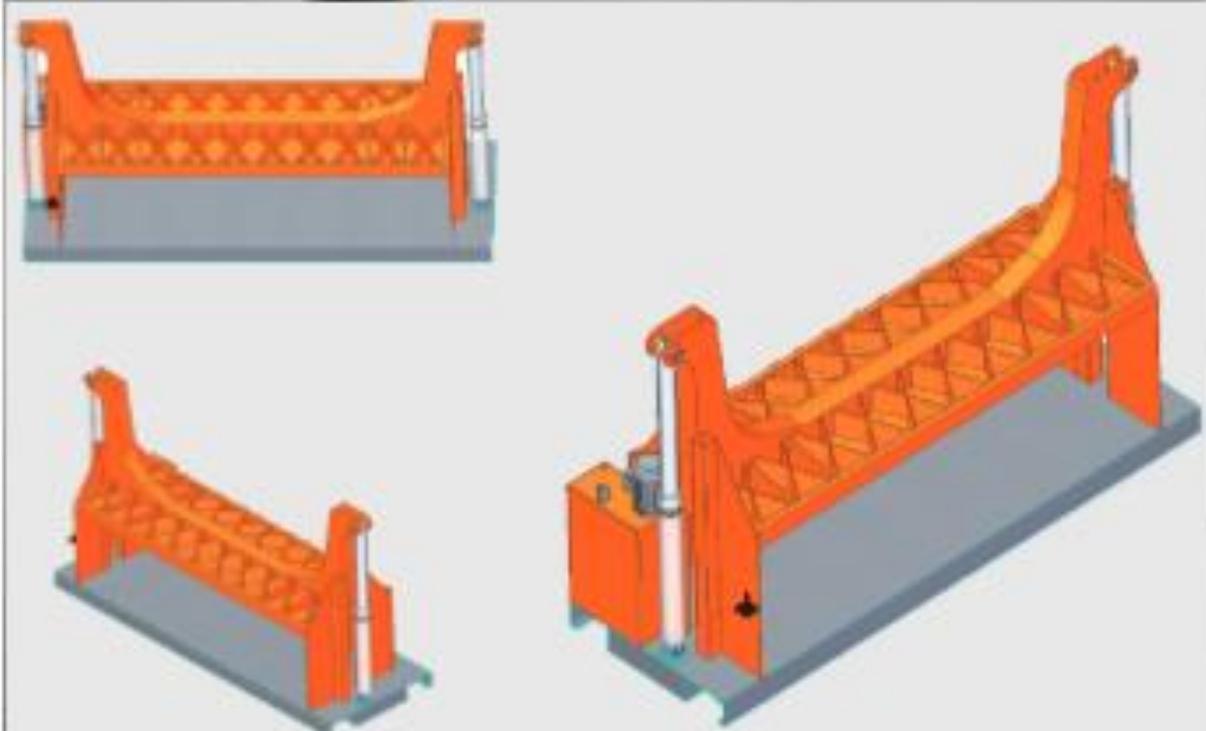
Datos de desempeño de la Unidad de Potencia

Serie	Tanque (Gal)	Caudal de la Bomba, LPM (GPM) @ 1725 RPM	Motor Eléctrico KW (HP)	Máxima Presión Bar (PSI)
H-Pak	10, 20, 30, 40	47 (12.3) @ 1725 RPM	0.5 - 20	207 (3000)
V-Pak	10, 20, 30, 40	59 (15.6) @ 1725 RPM	2 - 20	207 (3000)

Modelo

Modelo Driven	Tamaño del Depósito	Filtro (10 Micrones)	Potencia del Motor (HP)	Caudal de la Bomba a 1800 RPM	Máxima Presión Bar (PSI)
H-Pak-DRIVEN1	10 Galones	12AT	5	2.7	2900
H-Pak-DRIVEN2	20 Galones	12AT	10	4.5	3000
V-Pak-DRIVEN1	20 Galones	12AT	15	7	3000
V-Pak-DRIVEN2	30 Galones	40CN	20	15	2100
V-Pak-DRIVEN3	80 Galones	40CN	40	23	2800
V-Pak-DRIVEN4	80 Galones	40CN	40	36	1800

ANEXO I
FICHA TÉCNICA



COMPACTADORA 160 TON

FICHA TÉCNICA PARA COMPACTADORA DE CHASIS DE VEHÍCULOS

La máquina compactadora permite procesar chasis de vehículos, comprendiendo entre estos, vehículos pequeños tipo sedán, disminuyendo su volumen de forma considerable y permitiendo optimizar los espacios donde se disponen.

COMPACTADORA 160 TON

FICHA TÉCNICA PARA COMPACTADORA DE CHASIS DE VEHÍCULOS

Cilindros hidráulicos

La compactadora cuenta con dos cilindros hidráulicos los cuales en conjunto en su cámara de retroceso logran compactar el chasis hasta el punto deseado.

Especificación cilindro	variables	
Fuerza de retroceso	Fr	1.195,84 KN
Fuerza de avance	Fa	1.227,27 KN
Diámetro pistón	Dp	32 cm
Diámetro vástago	Dv	18 cm
Longitud de carrera	Lc	1900 mm
Caudal del cilindro	Q	94,49 l/min
C. por el avance	Qa	66,05 l/min
C. inducido por el retroceso	Qr	148,85 l/min
Tiempo del avance	ta	3,33 min
Tiempo del retroceso	tr	2,28 min
Volumen del tanque	Vt	386,112 cm ³
Potencia requerida	Hp	36,44 Hp

Unidad de potencia hidráulica

La máquina cuenta con una unidad de potencia hidráulica para bombear el aceite hidráulico con la presión y caudal adecuados.

Especificación U.H.	Variables	
Potencia del motor	Hp	40 Hp
Revoluciones del motor	R	2950 rpm
Corriente	Y	220 V - 380 V
Intensidad/Amperaje	Ia	95 A - 795 A
Torque	T	10 Kg ^m /m
Peso	W	225 Kg

Esta unidad de potencia hidráulica fue seleccionada de la empresa Parker de acuerdo a la demanda de los cilindros hidráulicos

OPTIMIZA- CIÓN DE RECURSOS

La máquina compactadora está diseñada para reducir los tiempos de operación, así como los costos entre otros procesos encontrados en la industria para la disposición de chatarra, de igual forma permite un mejor aprovechamiento de los espacios disponibles para grandes volúmenes de chatarra.

Tiempo de operación

5 min aproximada

Capacidad vol. Proceso

10 vehic/día

Aceite hidráulico

La máquina compactadora utiliza aceite hidráulico Tellus S2 M 68 el cual cumple con las especificaciones por norma de un aceite hidráulico ISO 68 del cual la marca recomendada es Royal Dutch Shell.

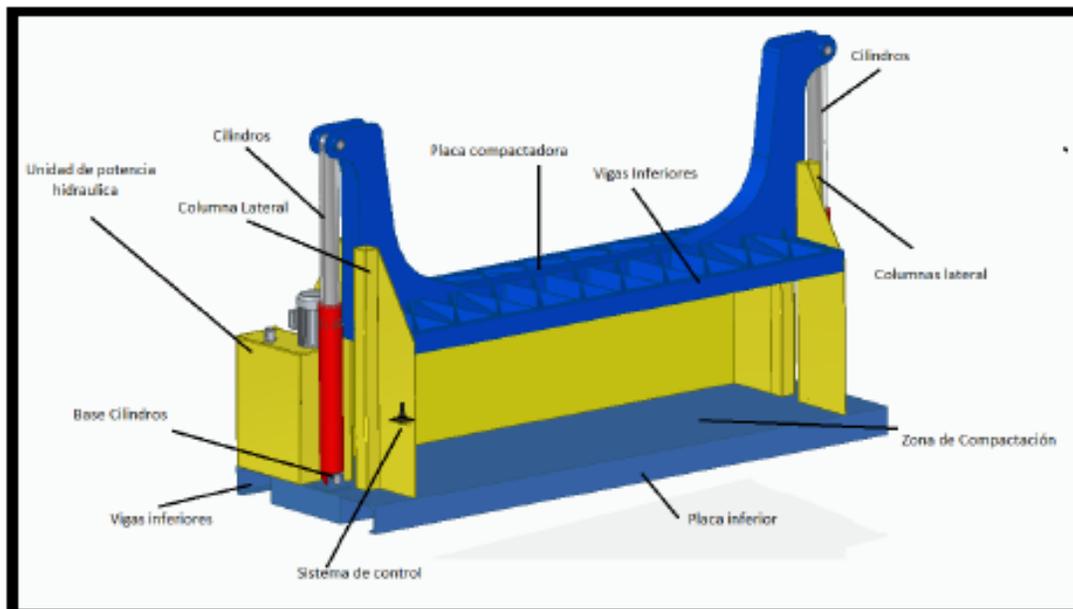
Grado ISO	Método ASTM	
Viscosidad 40°C, cSt	D-445	68
Viscosidad 100°C, cSt	D-445	68(+/-5%)
Índice de viscosidad	D-2270	Min 90
Punto de inflamación °C	D-92	Min 195
Punto de congelación °C	D-97	-12
Separación de agua min	D-1401	30 min A 54 °C

este aceite hidráulico cuenta con propiedades anti desgaste y su viscosidad asegura un correcto funcionamiento del sistema, además cuenta con resistencia a la oxidación.

Material estructural

La estructura de la máquina está diseñada en su mayoría con acero estructural ASTM A36 debido a que su contenido de carbono ofrece a las propiedades de la estructura una alta resistencia y su vez permite la implementación de soldadura.

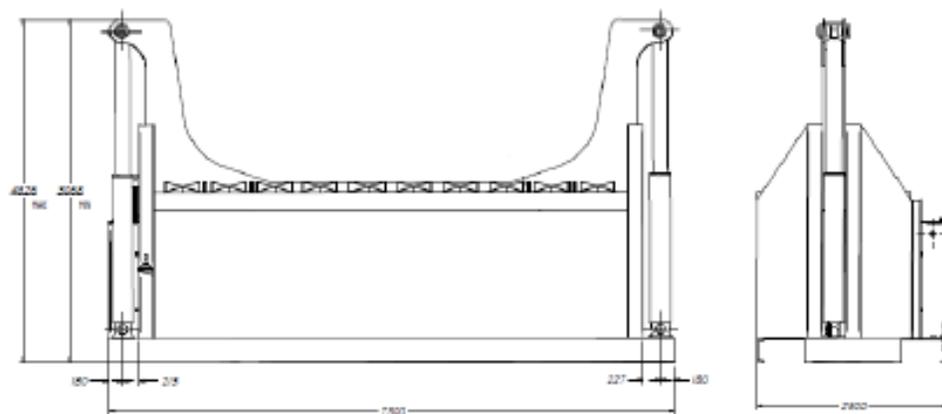
Componentes básicos



La máquina compactadora para su fácil operación, manejo e implementación de medidas de seguridad está conformada por subsistemas de piezas.

Dimensiones básicas

Especificación	variable	medida (mm)
Altura máxima	H máx	4826 mm
Altura mínima	H min	3068 mm
Longitud	L	7300 mm
Ancho	E	2500 mm
Altura de compactación	A cp	2000 mm
Longitud área compactación	L cp	6100 mm
Ancho área compactación	A cp	2000 mm



Fundación universidad de américa.

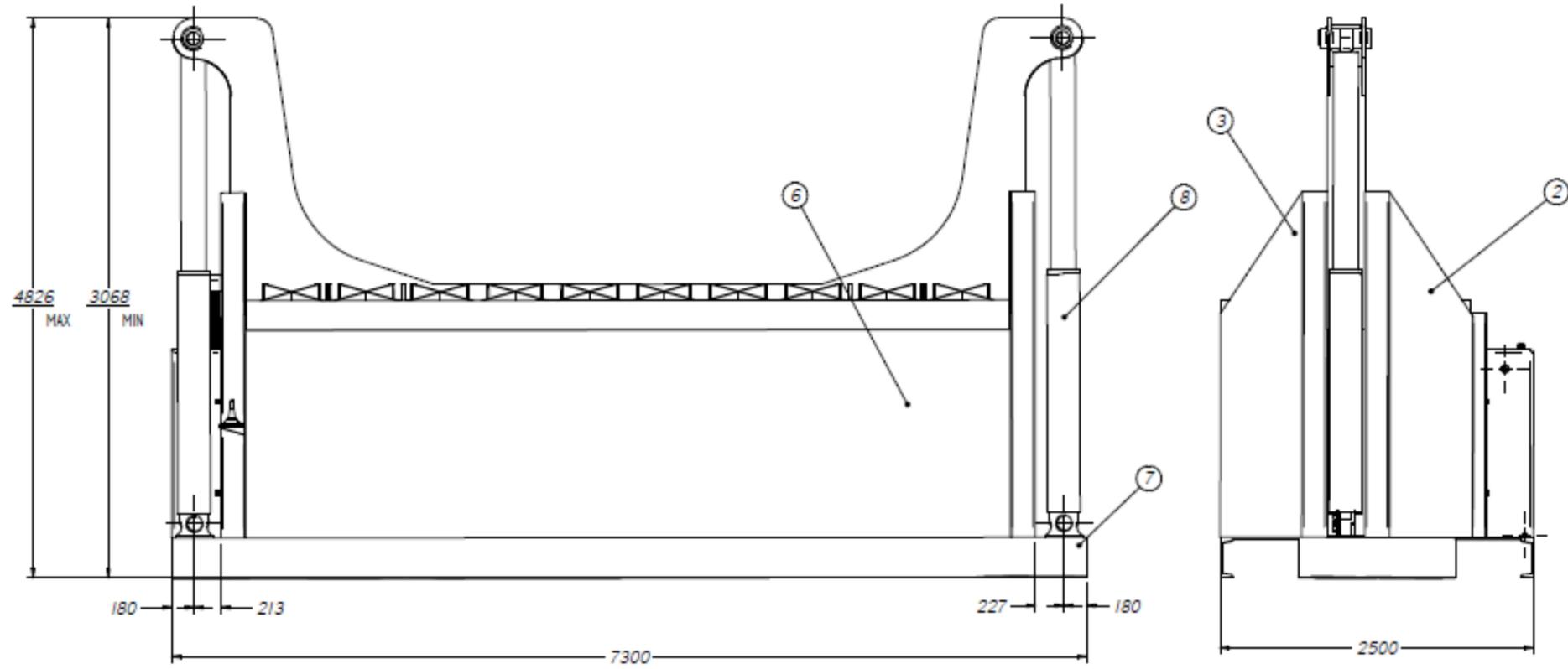
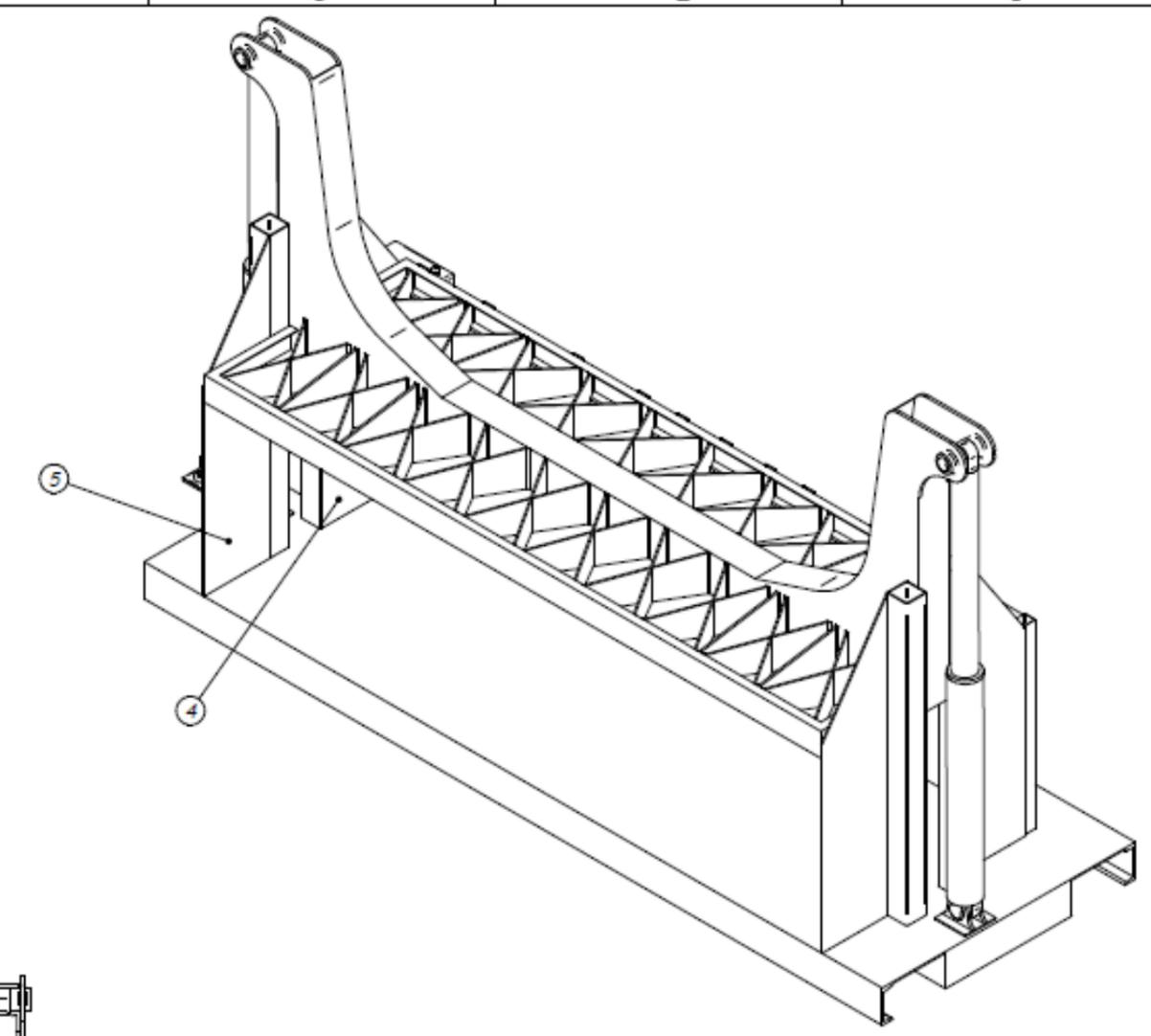
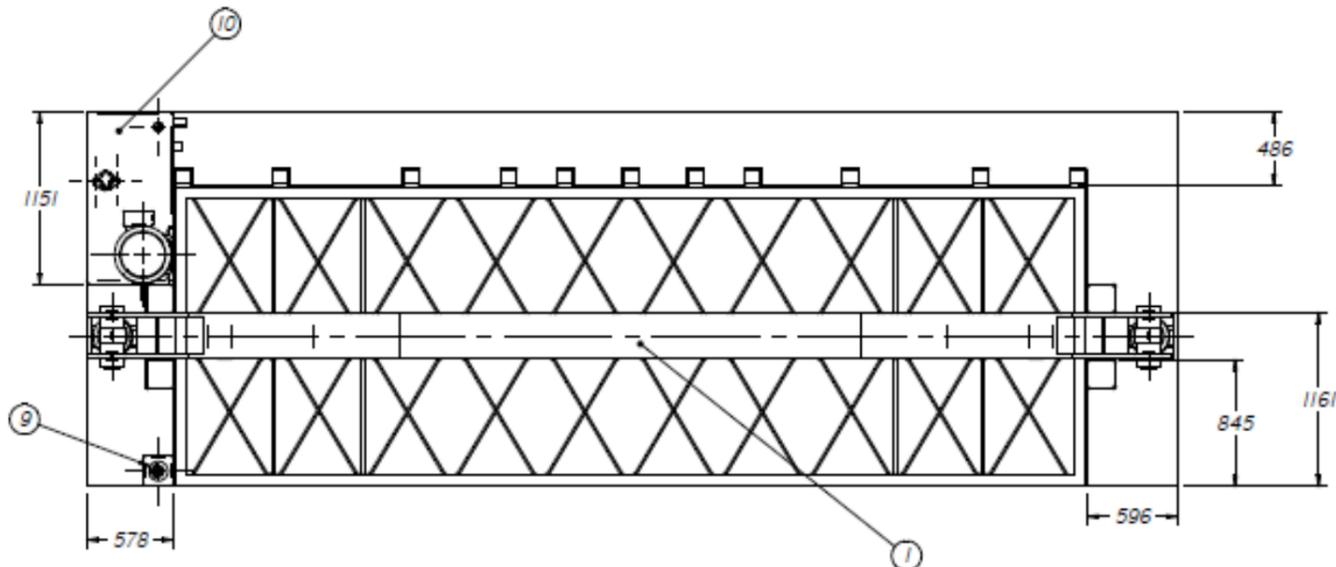
Los datos de este catálogo están determinados con base en las condiciones dadas por GESVI Repuestos.

El rendimiento puede variar dependiendo de la especificación y estado actual del vehículo a chatarrizar y dependiendo del área que este ocupe.

Los cálculos estructurales del diseño de la máquina presentada están respaldados por análisis por elementos finitos mediante un software

Diseñado por: Edwin Garrido Jaraba; Omar Andrés Cruz Ropero

ANEXO J
PLANOS PARA MÁQUINA COMPACTADORA



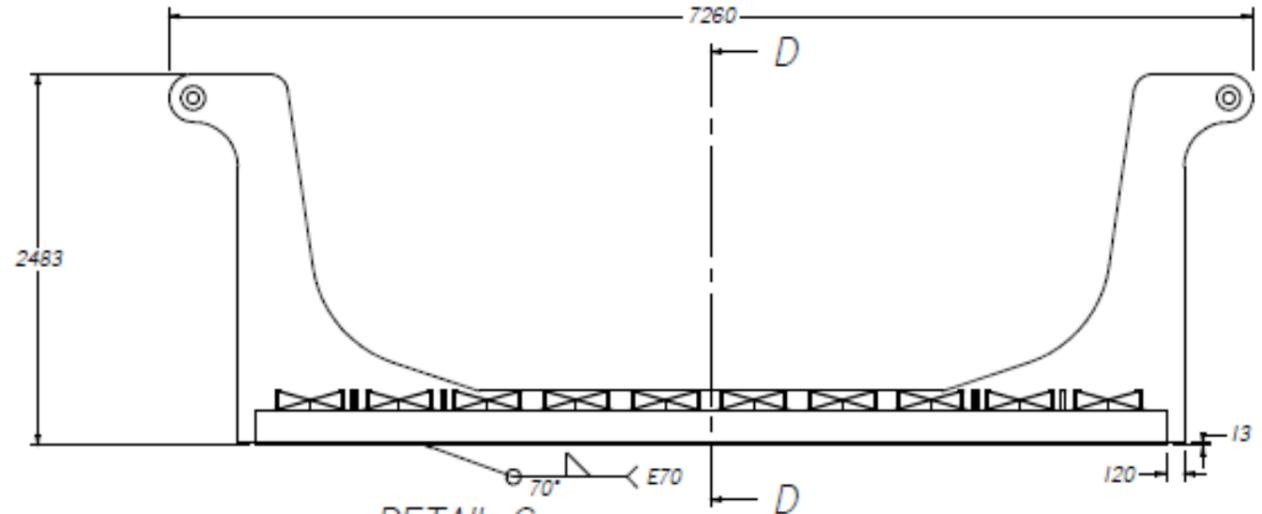
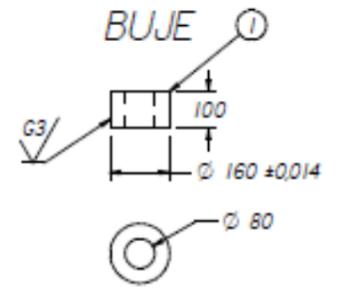
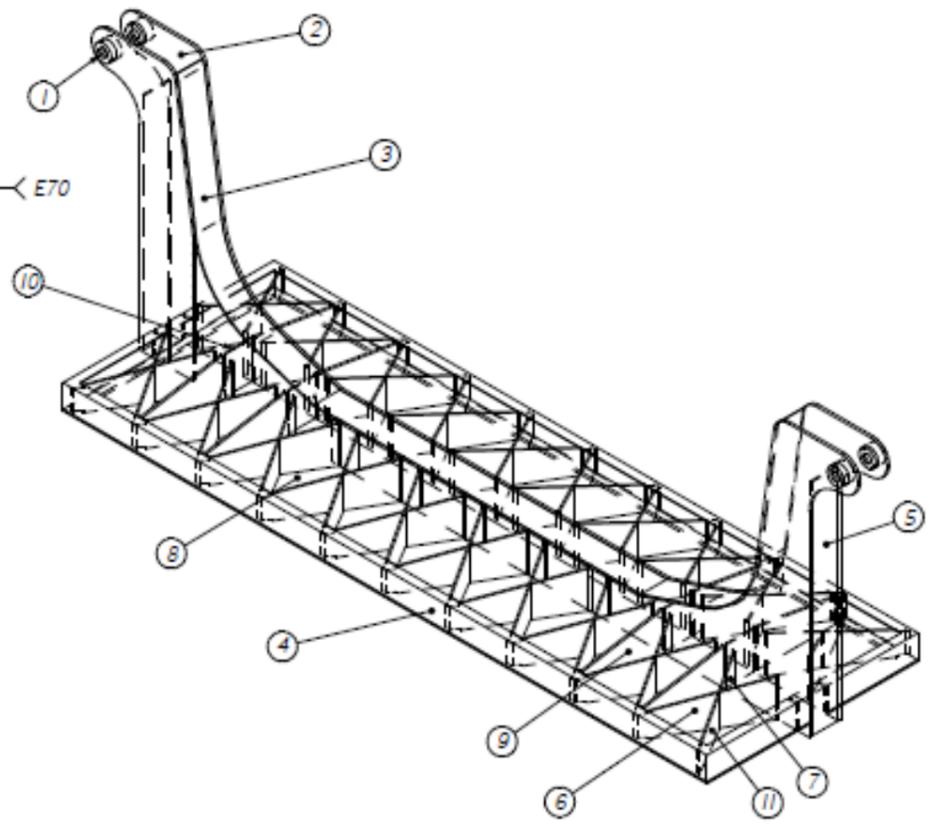
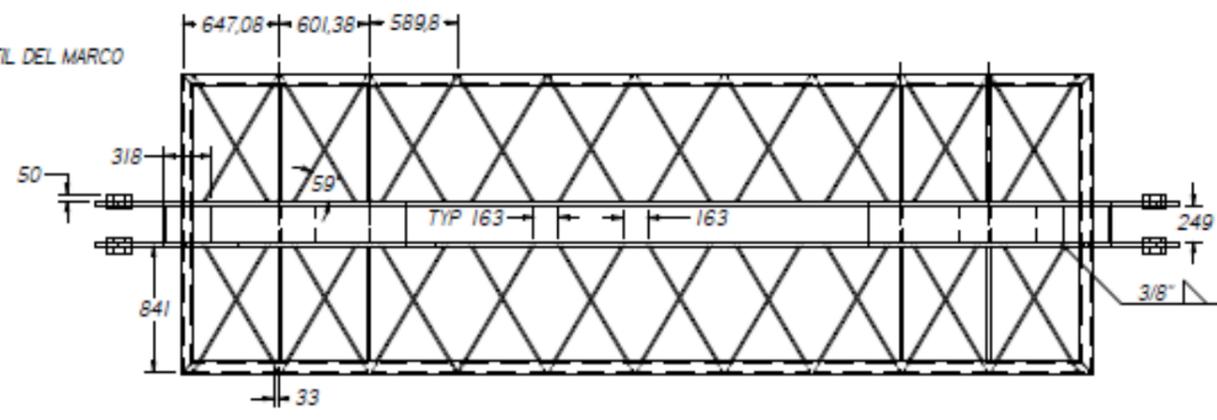
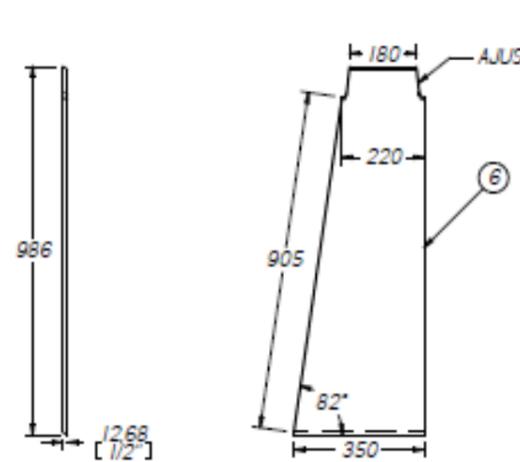
LISTA DE MATERIALES			
ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
10	1	UNIDAD DE POTENCIA HIDRAULICA	---
9	1	UNIDAD DE CONTROL	---
8	2	CILINDRO HIDRAULICO	---
7	1	PLACA INFERIOR	ASTM A 36
6	1	PLACA POSTERIOR	ASTM A 36
5	1	COLUMNA LATERAL IZQUIERDO ANTERIOR	ASTM A 36
4	1	COLUMNA LATERAL IZQUIERDO POSTERIOR	ASTM A 36
3	1	COLUMNA LATERAL DERECHA ANTERIOR	ASTM A 36
2	1	COLUMNA LATERAL DERECHA POSTERIOR	ASTM A 36
1	1	PLACA COMPACTADORA	ASTM A 36

1- TODAS LAS DIMENSIONES DADAS EN MILIMETROS (PLACAS ENTRE PARENTESIS)
 2- ANTES DEL SEGUNDO PAJE DE SOLDADURA PLUM HASTA ENCONTRAR METAL DURO
 TOLERANCIAS
 1- Tolerancia del Steel 3 F
 2- Tolerancias en Longitud
 "1/2" @ 4" ± 1/32"
 "1" @ 25" ± 1/16"
 "2" @ 115" ± 1/8"
 "115" @ 1400 ± 2/16"

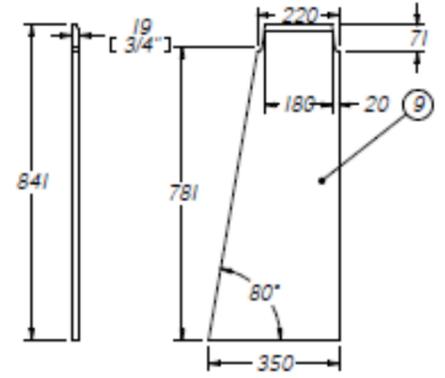
FUNDACION UNIVERSIDAD AMERICA FACULTAD DE INGENIERIA		PROYECTO		
		COMPACTADORA 180 TON		
DESCRIPCION		CONJUNTO COMPACTADORA		
		NOMBRE		
DIBUJADO POR EDWIN BARRIDO JARABA REVISADO POR DIANER CRUZ ROMERO APROBADO POR		DATE		
		DD	MM	AA
		5	7	16
		5	7	16
		5	7	16
DWG NO	ESCALA	PROJ	REV	
100	1:1	1-24-10	0	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

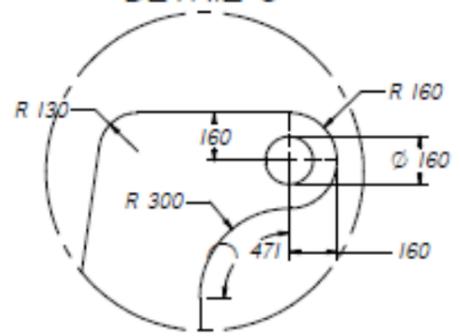
REFUERZO EN X LARGO



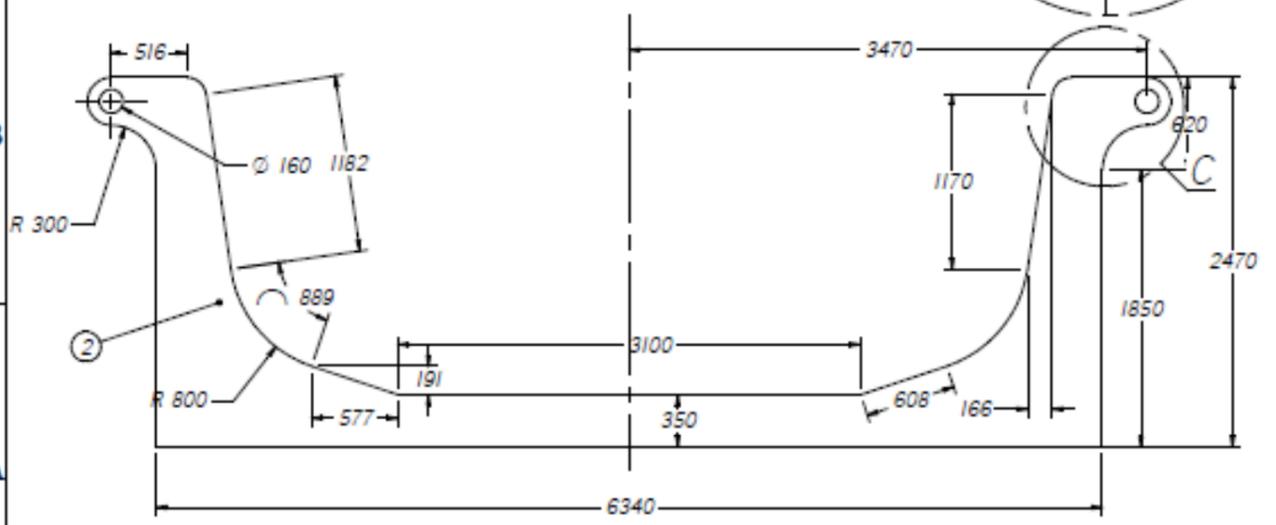
LAMINA REFUERZO HORIZONTAL



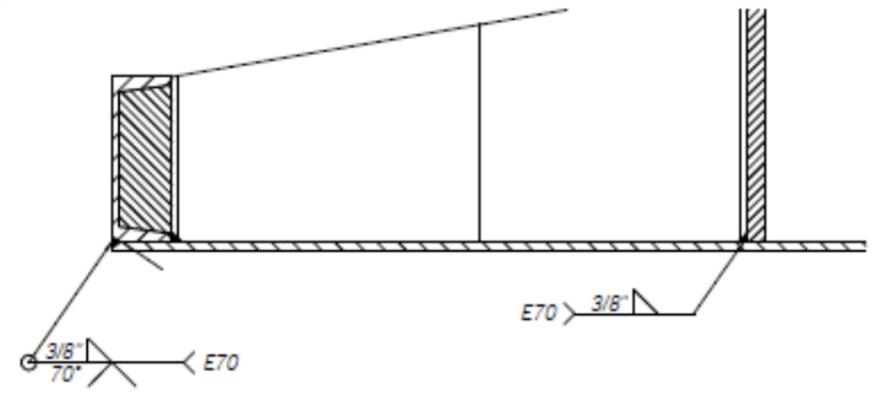
DETAIL C



LAMINA COLUMNA VERTEBRAL



VIEW D-D

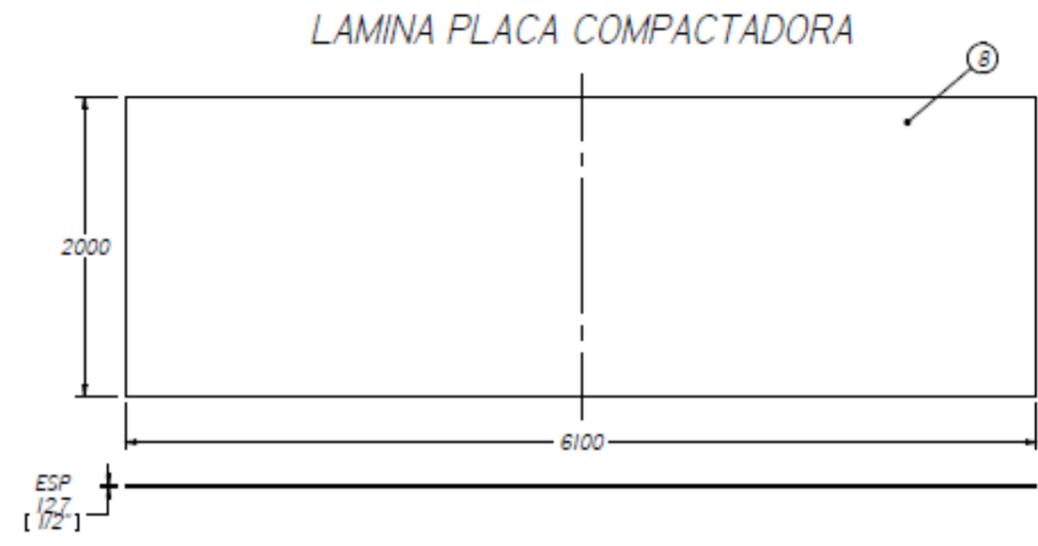
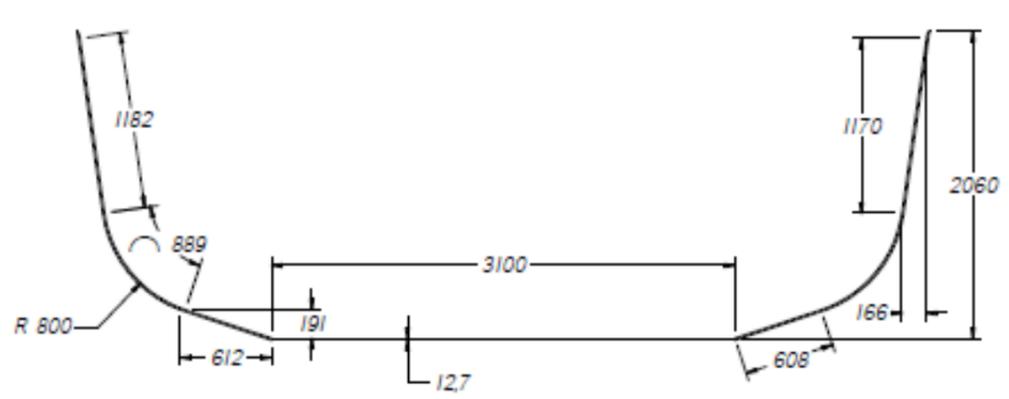
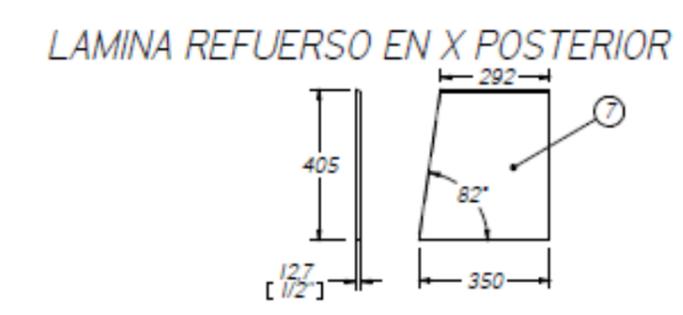
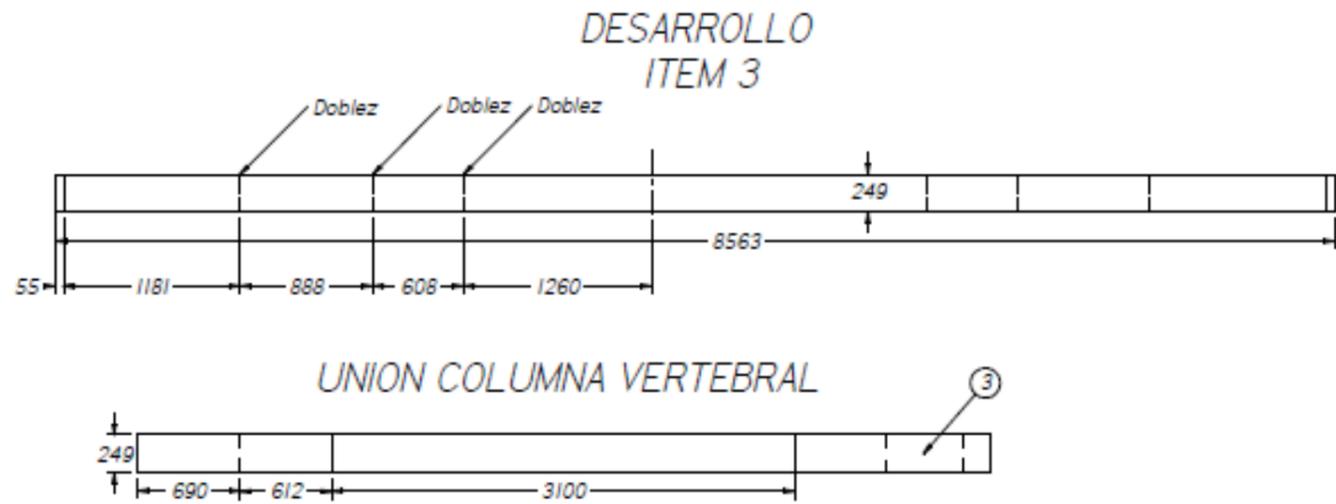


LISTA DE MATERIALES			
11	40	REFUERZO EN X ANTERIOR 1/2"	ASTM A 242
10	4	LAMINA REFUERZO INTERIOR 1/2" 249mm x 249mm	ASTM A 242
9	8	LAMINA REFUERZO HORIZONTAL 3/8"	ASTM A 242
8	1	LAMINA PLACA COMPACTADORA 1/2" 2000mm x 8100mm	ASTM A 242
7	40	REFUERZO EN X POSTERIOR 1/2"	ASTM A 242
6	20	REFUERZO EN X LARGO 1/2"	ASTM A 242
5	2	LAMINA VERTICAL UNION COLUMNA 1/2" 2080mm x 249mm	ASTM A 242
4	1	MARCO PERFILES RILC 270mm x 80mm	ASTM A 242
3	1	UNION COLUMNA VERTICAL 1/2" 6552mm x 249mm	ASTM A 242
2	2	LAMINA COLUMNA VERTICAL 1" 7260mm x 2470mm	ASTM A 242
1	4	BUJES Ø 160mm - DIST 80mm	ASTM A 242
ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL

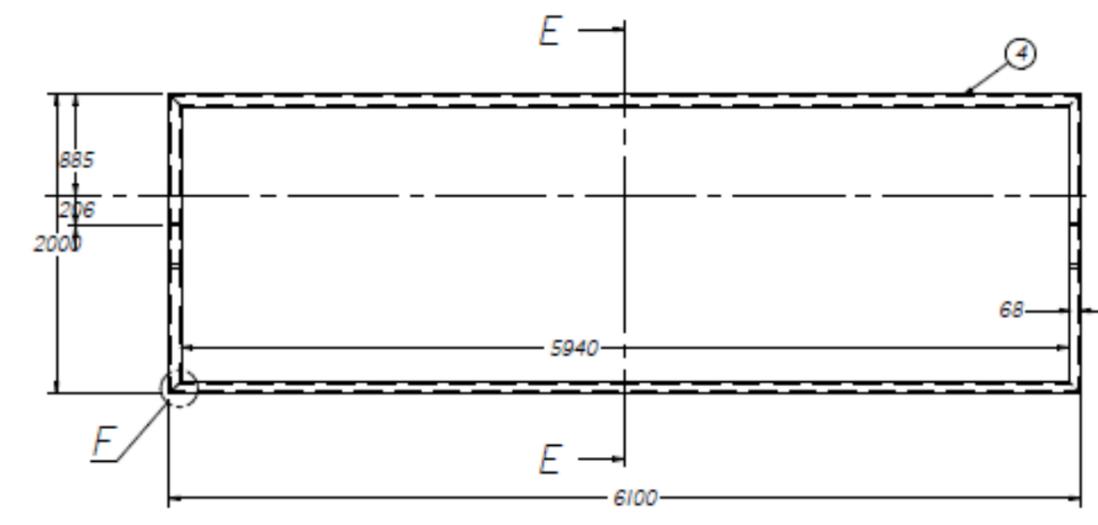
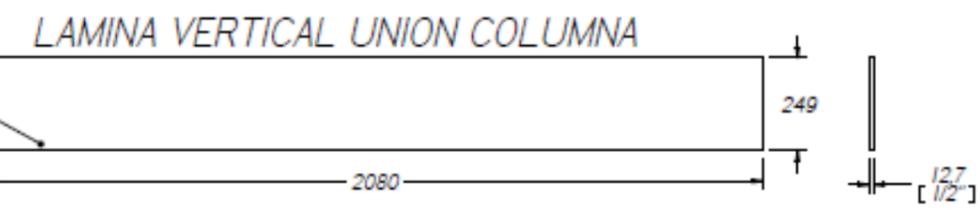
1- TODAS LAS DIMENSIONES DADAS EN MILIMETROS (PULGADAS ENTRE PARENTESIS)
 2- ANTES DEL REFUERZO HAY DE SOLIDARIDAD ALA PLACA EN CADA UNO DE LOS ANGULOS
 TOLERANCIAS
 1- Tolerancia del Steel & P
 2- Tolerancia en Longitud
 1/32" @ 1" & 1/32"
 1/4" @ 25" & 1/4"
 1/8" @ 1/4" & 1/8"
 1/16" @ 1/8" & 2/16"

FUNDACION UNIVERSIDAD AMERICA				
FACULTAD DE INGENIERIA				
PROYECTO	COMPACTADORA 160 TON			
DESCRIPCION	PLACA DE COMPACTACION			
	NOBRE	DATE		
		DD	MM	AA
DISEÑADO POR	EDWIN GARRIDO JARAHA	5	7	16
REVISADO POR	DIAR CUELLI RONDRO	5	7	16
APROBADO POR		5	7	16
DWG NO	ESCALA	HOJA	NO.	
101	1:1	2 de 10	0	

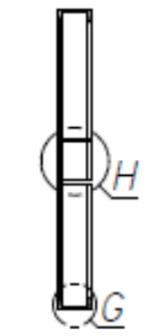
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



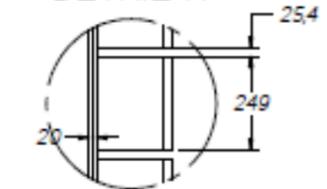
MARCO PERFILES EN C



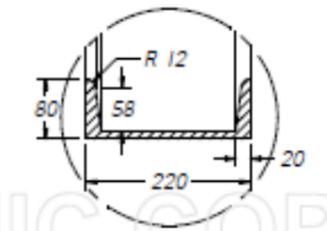
VIEW E-E



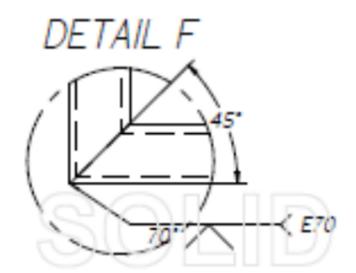
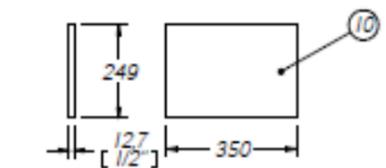
DETAIL H



DETAIL G



LAMINA REFUERZO INTERNO



LISTA DE MATERIALES

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
11	40	REFUERZO EN X ANTERIOR 1/2"	ASTM A 36
10	4	LAMINA REFUERZO INTERNO 1/2" 250mm x 249mm	ASTM A 36
9	2	LAMINA REFUERZO HORIZONTAL 3/4"	ASTM A 36
8	1	LAMINA PLACA COMPACTADORA 1/2" 2000mm x 6100mm	ASTM A 36
7	40	REFUERZO EN X POSTERIOR 1/2"	ASTM A 36
6	20	REFUERZO EN X LARGO 1/2"	ASTM A 36
5	2	LAMINA VERTICAL UNION COLUMNA 1/2" 2080mm x 249mm	ASTM A 36
4	1	MARCO PERFILES EN C 200mm x 60mm	ASTM A 36
3	1	UNION COLUMNA VERTICAL 1/2" 690mm x 249mm	ASTM A 36
2	2	LAMINA COLUMNA VERTICAL 1" 7200mm x 249mm	ASTM A 36
1	4	PLACA BENT 180MM - BENT 80MM	ASTM A 36

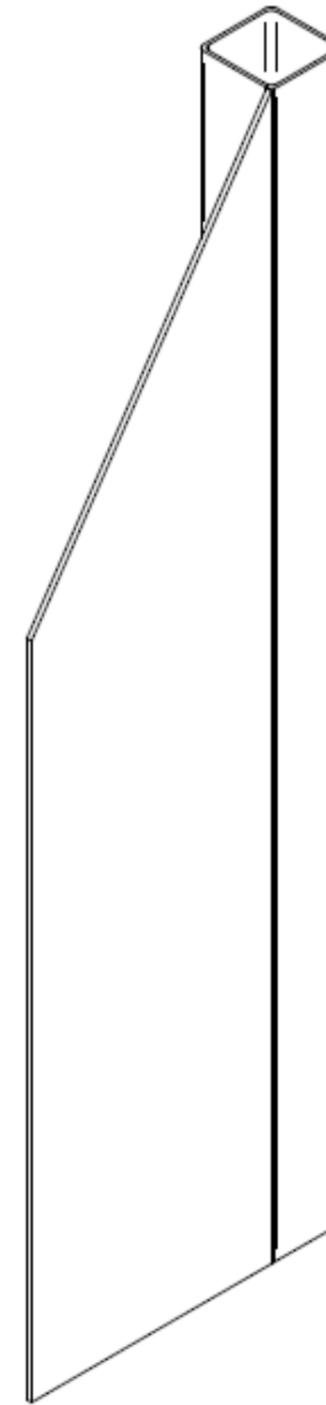
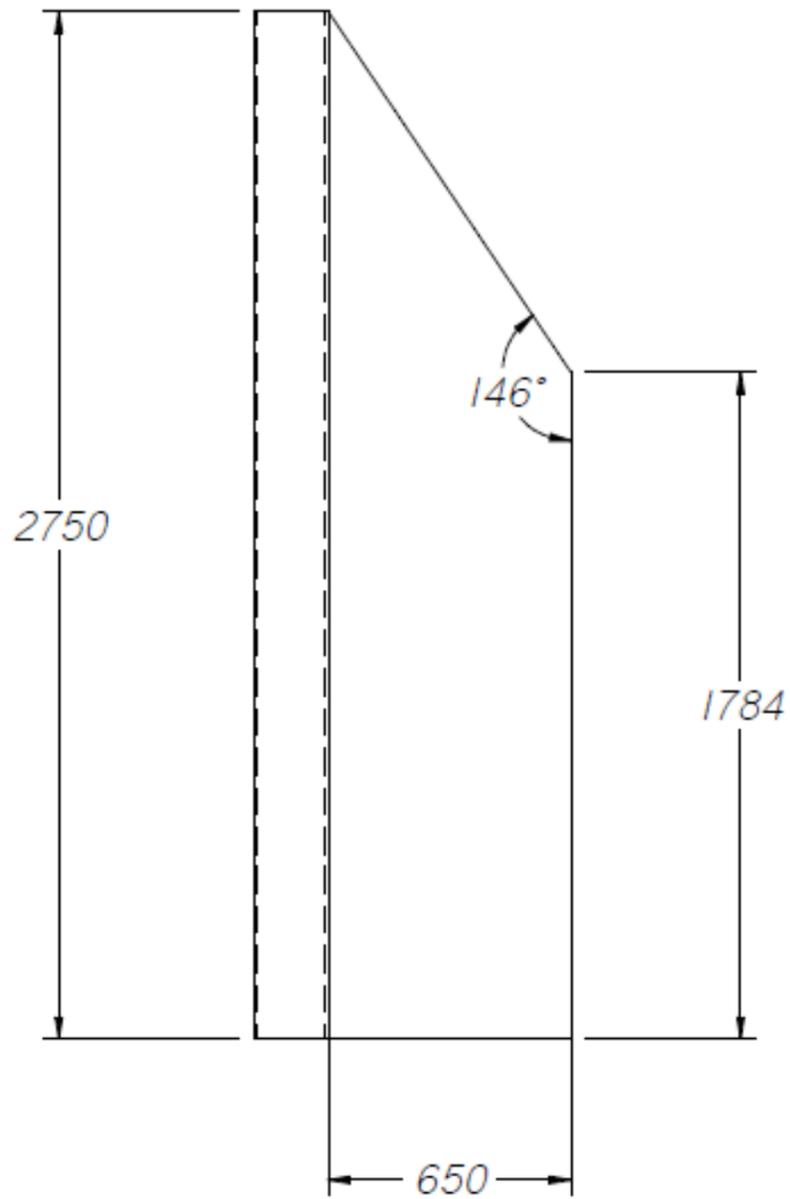
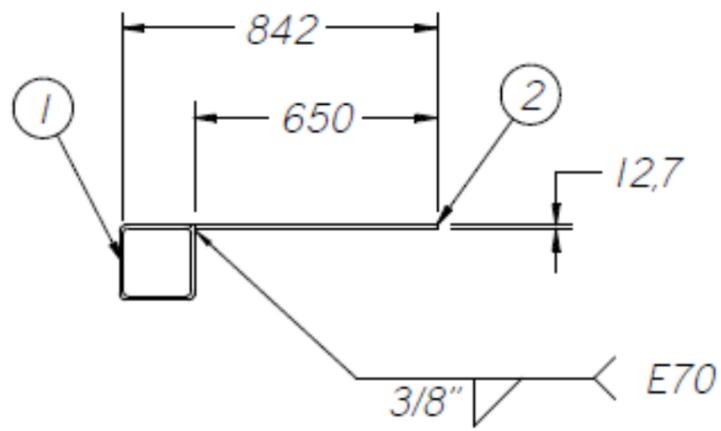
1- TODAS LAS DIMENSIONES DADAS EN MILIMETROS / PULGADAS ENTRE PARENTESIS
 2- ANTELOS DEL BORDADO DEBE DE SER CUALQUIER PLACA HASTA DISPOSITIVO ASTM 3040
 TOLERANCIAS
 1- Tolerancia en Steel & P
 2- Tolerancia en Longitud
 1/32" @ 2" & 1/32"
 1/8" @ 25" & 1/8"
 3/32" @ 118" & 1/8"
 1/16" @ 1405" & 3/16"

FUNDACION UNIVERSIDAD AMERICA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: COMPACTADORA 160 TON
 DESCRIPCION: PLACA DE COMPACTACION

HOMBRE	DATE
DIAGRAMADO POR: EDWIN GARRIDO JARAHA	11 7 16
REVISADO POR: DIANA CRUZ RIVERA	11 7 16
APROBADO POR:	11 7 16

DWG NO: 1010 ESCALA: 1:1 Hoja: 2 de 10 REV: 0



LISTA DE MATERIALES			
ID	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
1	1	LAMINA 1/2" 650mm x 2750mm	ASTM A 28
2	1	TUBO CUADRADO 200mm x 200mm	ASTM A 28

1- TODAS LAS DIMENSIONES DADAS EN MILIMETROS / PULGADAS ENTRE PARENTESIS
2- ANCHOS DE SOLDADURA DE 200mm PARA TODAS LAS UNIONES METAL-CANAL

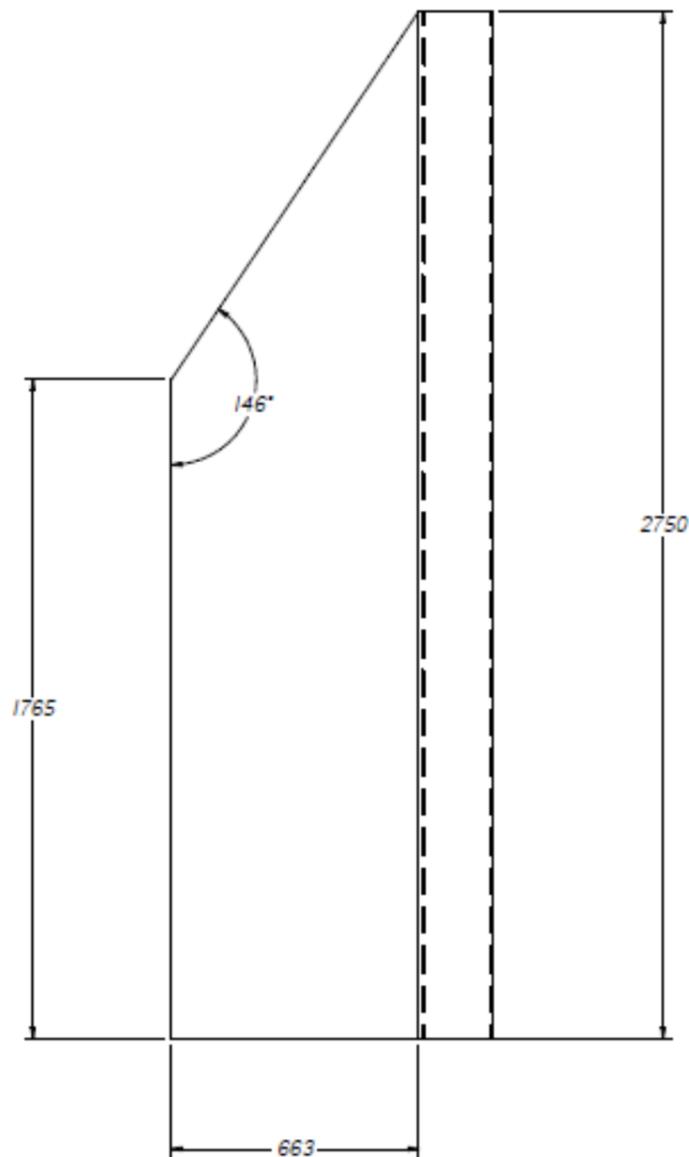
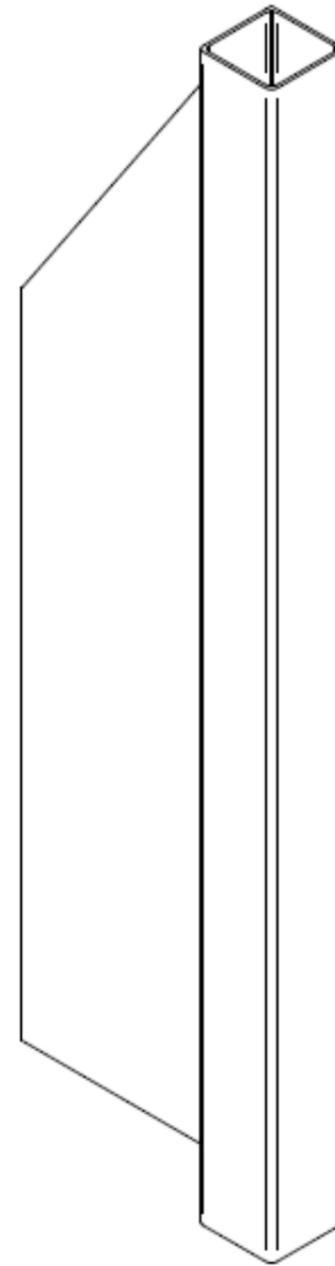
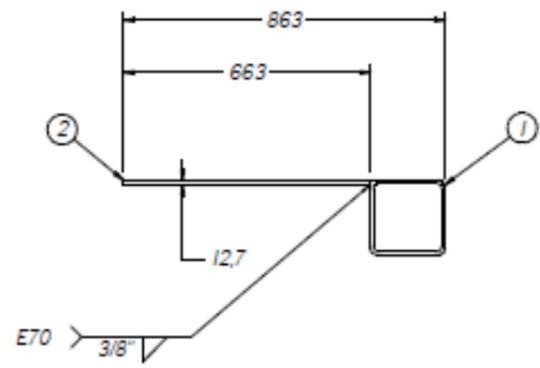
1- Tolerancia en Steel & P
2- Tolerancia en Longitud
1/32" @ 2" & 1/32"
1/16" @ 25" & 1/16"
1/32" @ 118" & 1/32"
1/16" @ 1405" & 1/16"

FUNDACION UNIVERSIDAD AMERICA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: COMPACTADORA 150 TON
DESCRIPCION: COLUMNA LATERAL DERECHA POSTERIOR

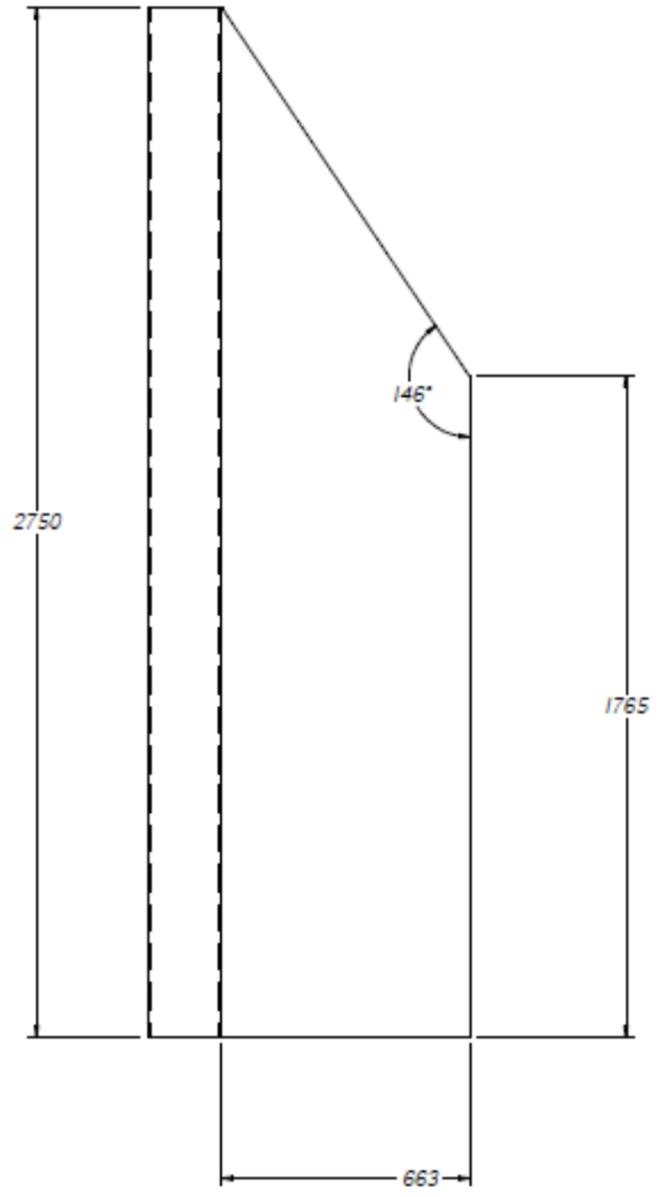
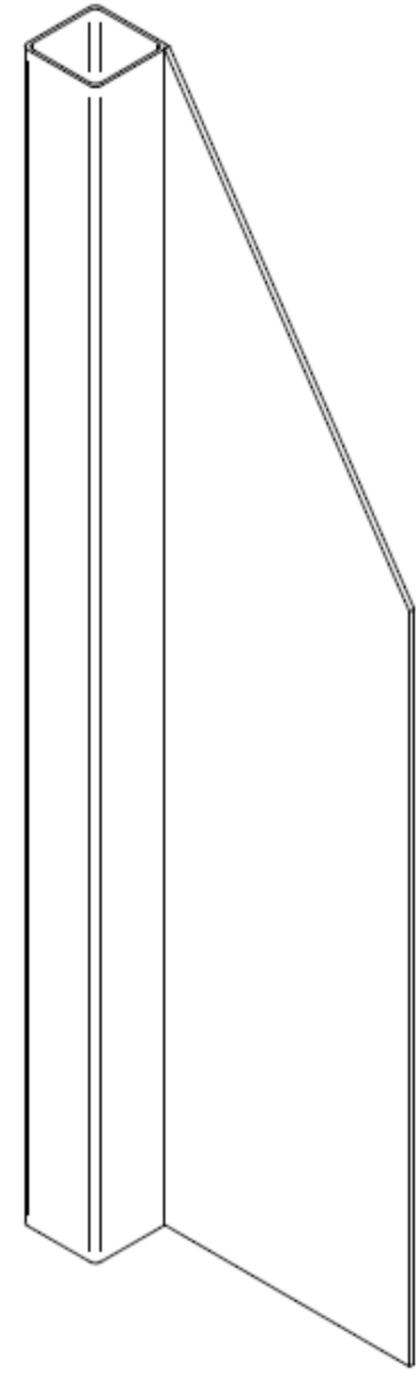
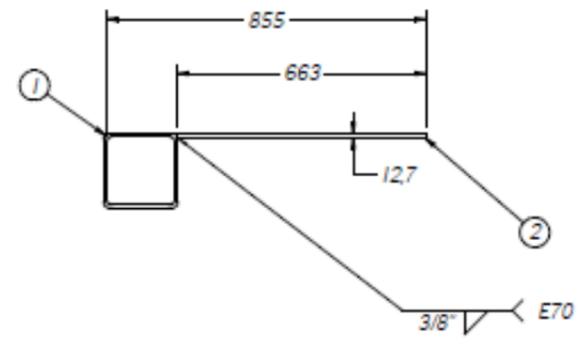
NOMBRE	DATE		
	DD	MM	AA
DIBUJADO POR: EDWIN GARRIDO JARAHA	5	7	15
REVISADO POR: DIANA CRUZ POPERO	5	7	15
APROBADO POR:	5	7	15

DRG NO	ESCALA	HOJA	TOT
102	1:1	4 de 10	0



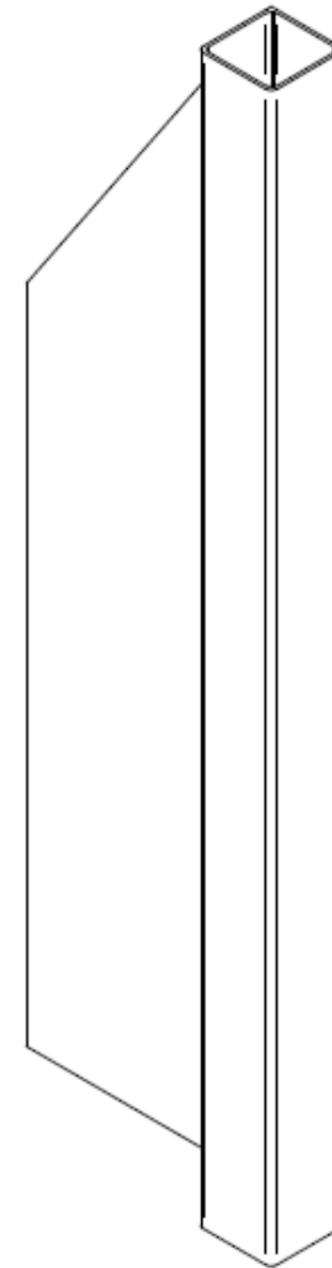
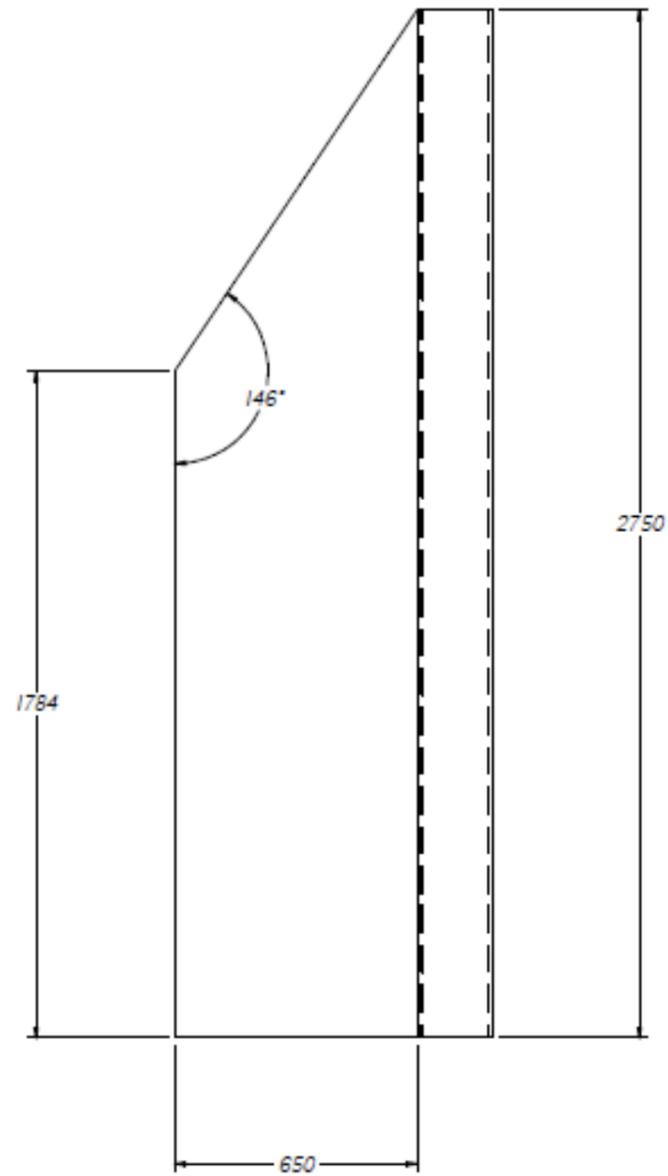
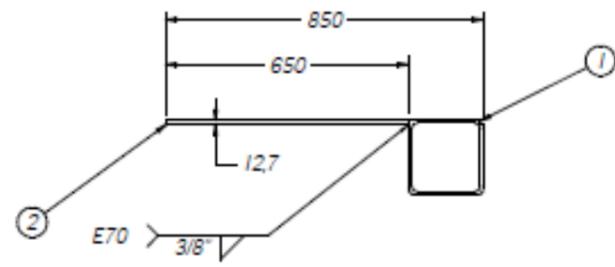
LISTA DE MATERIALES				
2	1	LAMINA 1/2" 863mm X 2750mm	ASTM A 28	
1	1	TUBO CUADRADO 200mm X 200mm	ASTM A 28	
ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL	
1- TODAS LAS DIMENSIONES DADOS EN MILIMETROS (PULGADAS ENTRE PARENTESIS)				
2- ANTES DEL PRIMER PAIS DE SOLDADURA PLASMA HASTA ENCONTRAR METAL SANO				
TOLERANCIAS				
1- Tolerancia en Diámetro				
2- Tolerancia en Longitud				
1/32" @ F & 1/32"				
1/4" @ 25" & 1/4"				
1/8" @ 1/4" & 1/8"				
1/16" @ 1/8" & 1/16"				
 FUNDACION UNIVERSIDAD AMERICANA FACULTAD DE INGENIERIA				
PROYECTO	COMPACTADORA 160 TON			
DESCRIPCION	COLUMNAS LATERAL DERECHA ANTERIOR			
	NOMBRE	DATE		
		DD	MM	AA
DIBUJADO POR	EDWIN GARRIDO JARAMA	5	7	16
REVISADO POR	DIANER CRUZ RONDRO	5	7	16
APROBADO POR		5	7	16
DWG NO	ESCALA	HOJA	TOTAL	
103	1:1	5 de 10	0	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



LISTA DE MATERIALES				
2	1	LAMINA 1/2" 862mm X 2750mm	ASTM A 28	
1	1	TUBO CUADRADO 200mm X 200mm	ASTM A 28	
ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL	
1- TODAS LAS DIMENSIONES DADAS EN MILIMETROS (PULGADAS ENTRE PARENTESIS)				
2- ANTES DEL PRIMER PAIS DE SOLDADURA PLASMA HASTA ENCONTRAR METAL SUAVE				
TOLERANCIAS				
1- Tolerancia en Area ± 2'				
2- Tolerancia en Longitud				
1/32" @ 4" ± 1/32"				
1/8" @ 25" ± 1/16"				
1/16" @ 114" ± 1/16"				
1/32" @ 1405" ± 2/16"				
 FUNDACION UNIVERSIDAD AMERICA FACULTAD DE INGENIERIA				
PROYECTO	COMPACTADORA 160 TON			
DESCRIPCION	COLUMNA LATERAL DERECHA ANTERIOR			
	NOMBRE	DATE		
		DD	MM	AA
DISEÑADO POR	EDWIN GARRIDO JARAMA	5	7	16
REVISADO POR	OSCAR CRUZ RIVERA	5	7	16
APROBADO POR		5	7	16
DWG NO	ESCALA	HOJA	TOTAL	
104	1:1	6 de 10	0	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



LISTA DE MATERIALES			
ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
2	1	LAMINA 1/2" 600mm X 2750mm	ASTM A 36
1	1	TUBO CUADRADO 200mm X 200mm	ASTM A 36

1.- TODAS LAS DIMENSIONES DADAS EN MILIMETROS / PULGADAS ENTRE PARENTESIS
 2.- ANTES DEL DESARROLLO DE 2D PASARLA A 3D HASTA PODERSE VER EN 3D

TOLERANCIAS

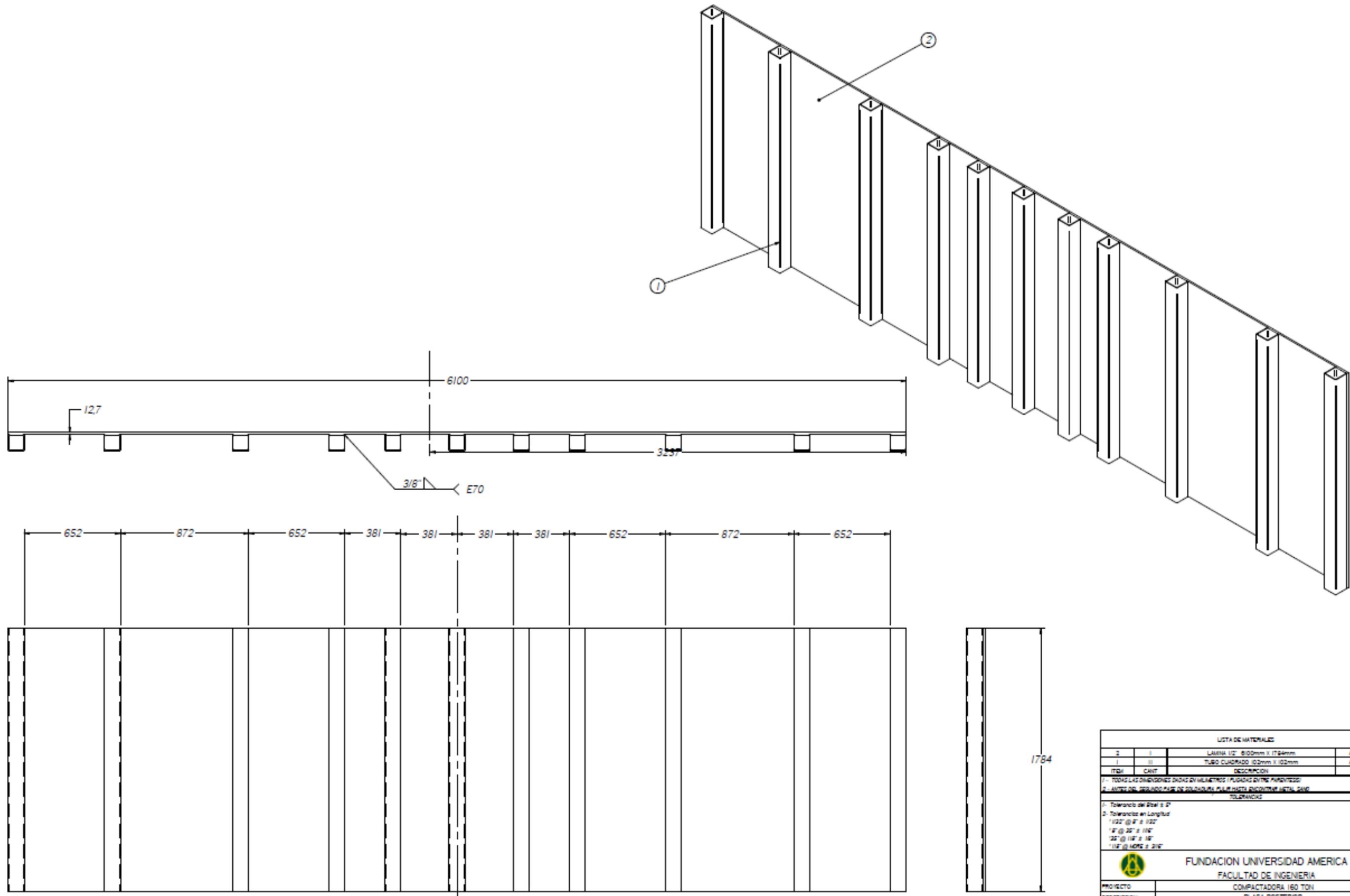
1.- Tolerancia de Nivel ± 0"
 2.- Tolerancia en Longitud
 "122" @ 0" ± 0.02"
 "6" @ 20" ± 0.01"
 "25" @ 118" ± 0.01"
 "118" @ 1405" ± 0.01"

 FUNDACION UNIVERSIDAD AMERICANA
 FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO	COMPACTADORA 150 TON		
DESCRIPCION	COLUMNA LATERAL IZQUIERDA ANTERIOR		
	NOMBRE	DATE	
		DD	MM
DIBUJADO POR	EDWIN GARRIDO JARABA	5	7
REVISADO POR	DIANA CRUZ MORA	5	7
APROBADO POR		5	7

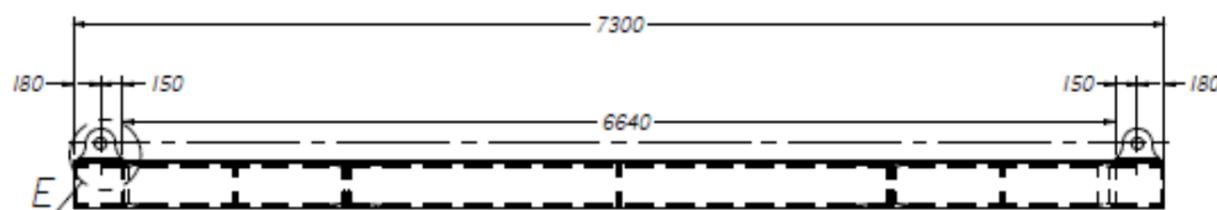
DISEÑO	ESCALA	FECHA	REV
1:25	1:1	7 de 10	0

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

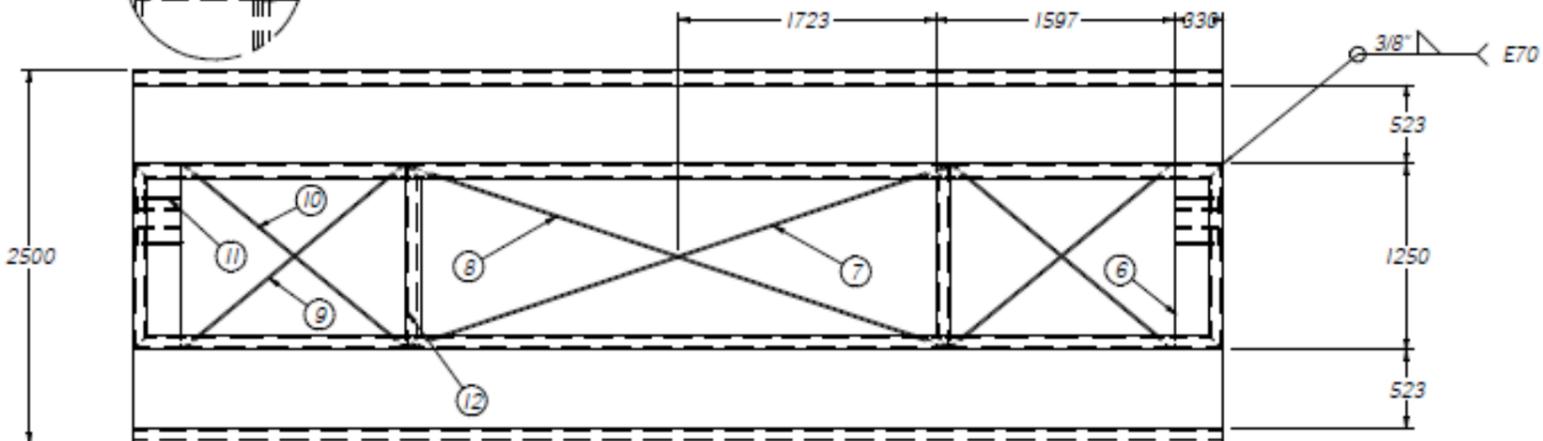
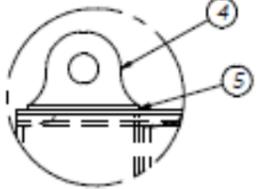


LISTA DE MATERIALES			
Q	U	DESCRIPCION	ASTM A 26
2	I	LAMINA 1/2" 810mm X 1784mm	ASTM A 26
1	II	TUBO CUADRADO 102mm X 102mm	ASTM A 26
ITEM	CAJIT	DESCRIPCION	MATERIAL
1- TODAS LAS DIMENSIONES DADAS EN MILIMETROS (PUNTO ENTRE PARENTESIS)			
2- ANCHOS DEL BARRIDO PARA DE SOLAPAMIENTO PARA EL BARRIDO SUPERVIENTE HASTA 200% TOLERANCIA			
1- Tolerancia de Nivel ± 2"			
2- Tolerancia en Longitud			
1/2" @ 4' ± 1/2"			
1' @ 25' ± 1/4"			
25' @ 1/4" ± 1/4"			
1/2" @ 1/4" ± 2/16"			
FUNDACION UNIVERSIDAD AMERICA FACULTAD DE INGENIERIA			
PROYECTO	COMPACTADORA 160 TON		
DESCRIPCION	PLACA POSTERIOR		
	HOMBRE	DATE	
		DD	MM
DIBUJADO POR	EDWIN GARRIDO JARAMA	11	7
REVISADO POR	DMAR ORTIZ ROMERO	11	7
APROBADO POR		11	7
DWG NO	ESCALA	HOJA	NOV
106	1:1	8 de 10	0

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



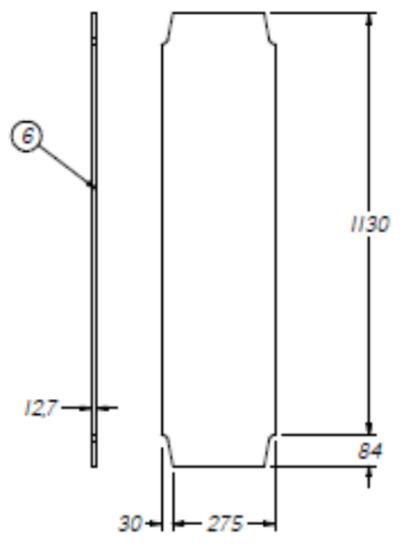
DETAIL E



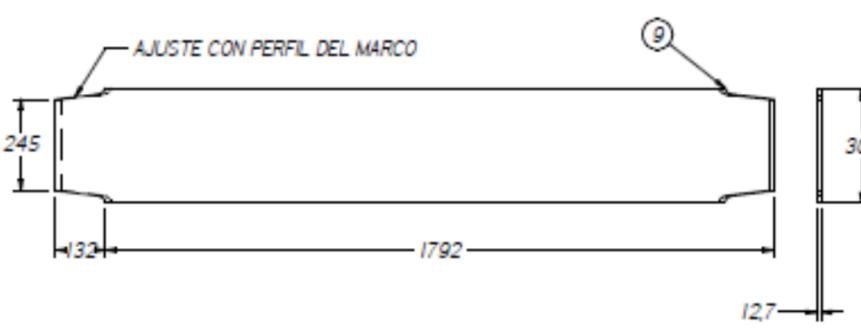
LAMINA INFERIOR



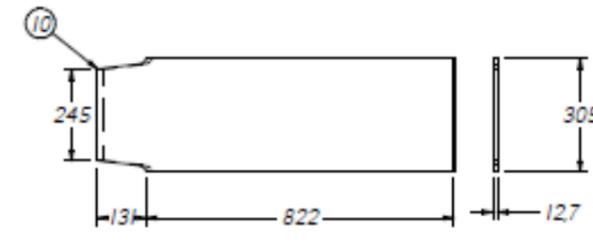
LAMINA REFUERZO HORIZONTAL



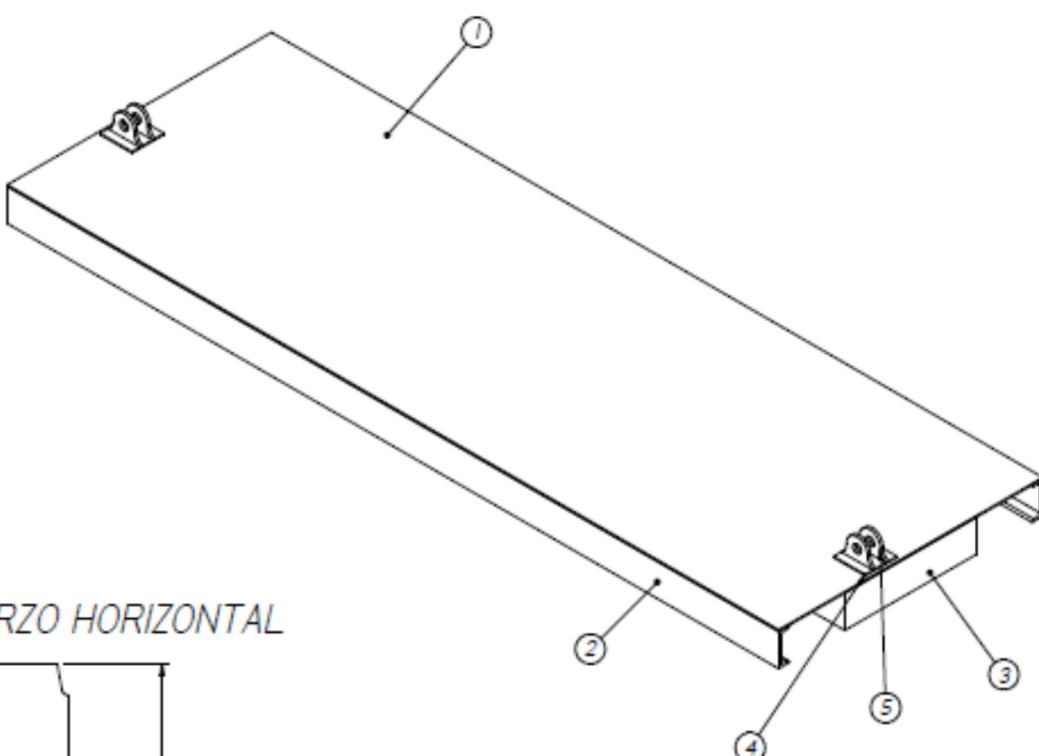
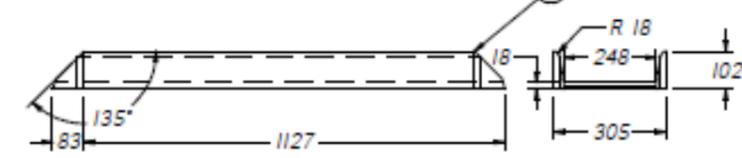
REFUERZO EN X LARGO



REFUERZO EN X CORTO



PERFIL EN C CENTRAL

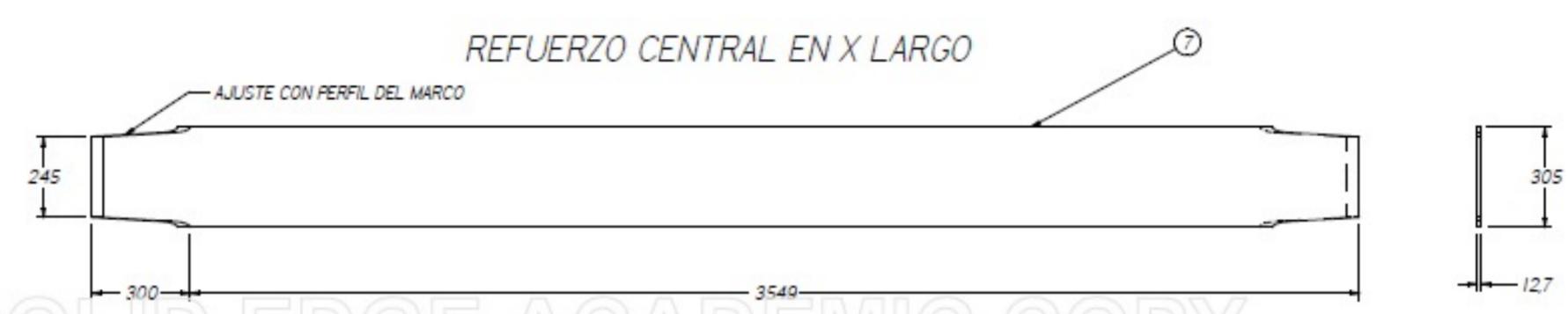
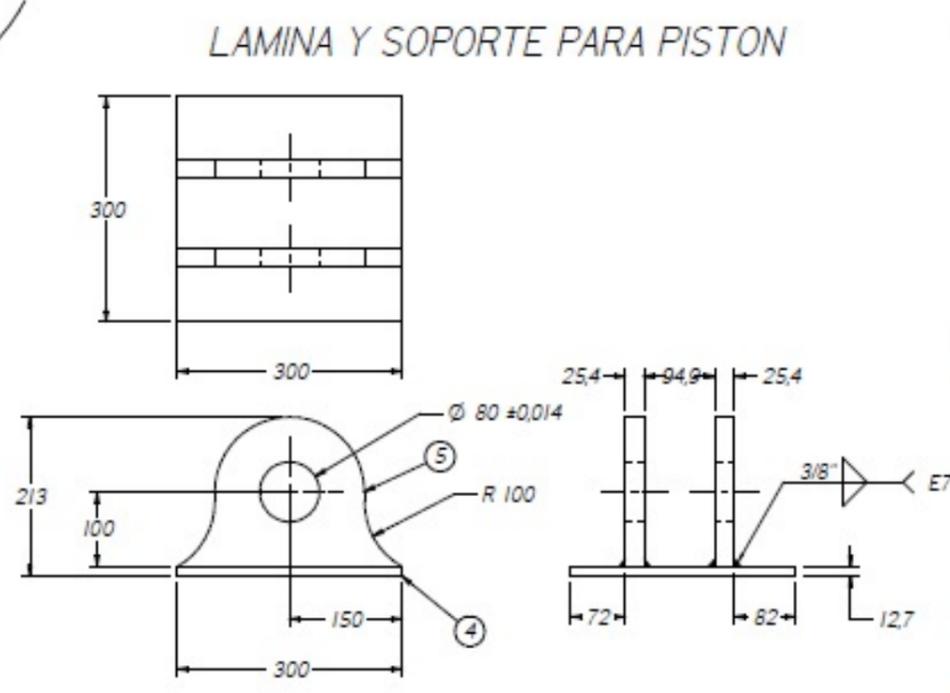
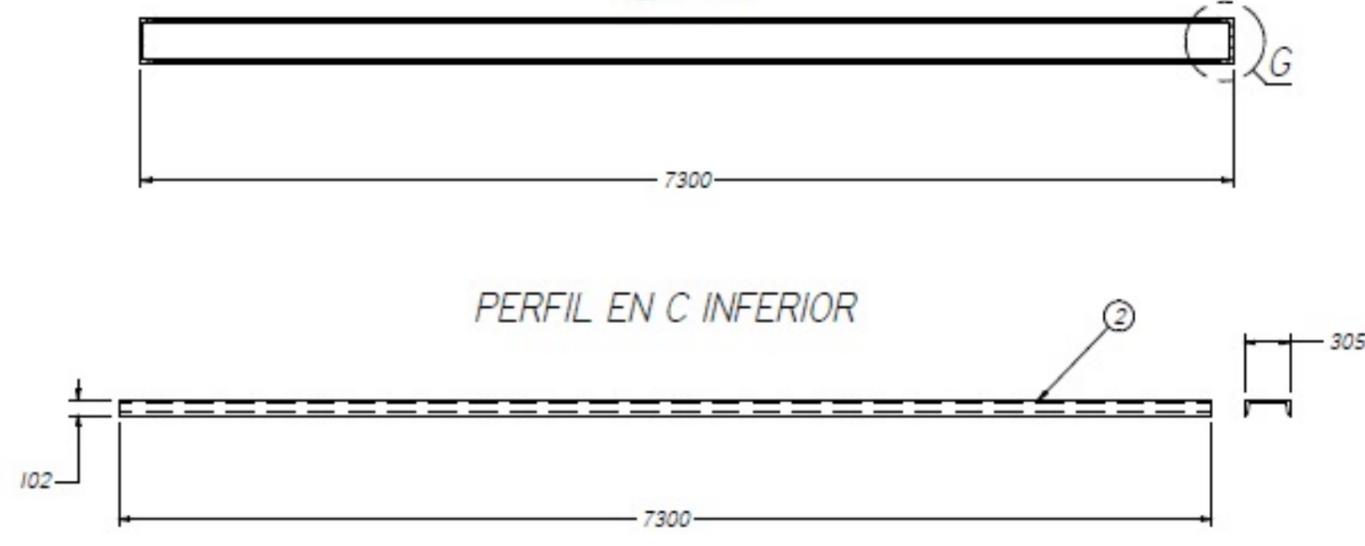
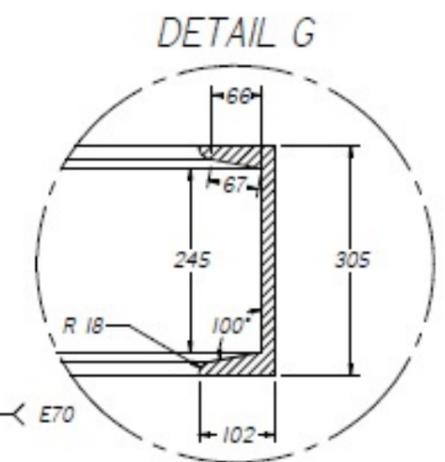
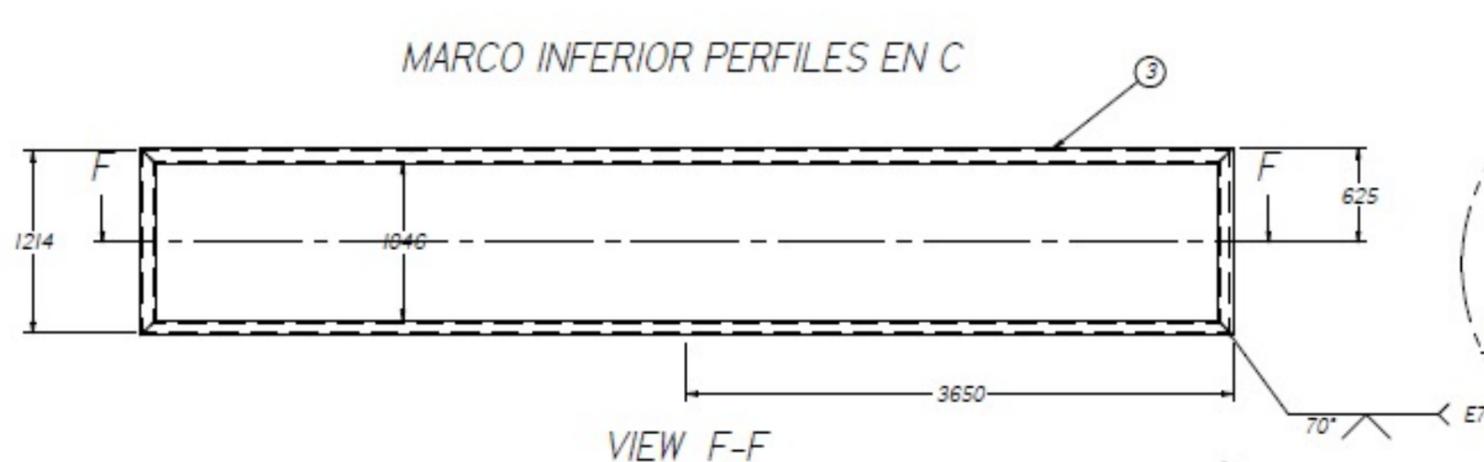


LISTA DE MATERIALES			
ITEM	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
11	2	PERFIL EN C CENTRAL 205mm x 102mm	ASTM A 26
10	4	REFUERZO EN X CORTO 1/2"	ASTM A 26
9	2	REFUERZO EN X LARGO 1/2"	ASTM A 26
8	2	REFUERZO CENTRAL EN X CORTO 1/2"	ASTM A 26
7	1	REFUERZO CENTRAL EN X LARGO 1/2"	ASTM A 26
6	2	LAMINA REFUERZO HORIZONTAL 1/2"	ASTM A 26
5	4	SOPORTE PARA MOTOR 1"	ASTM A 26
4	2	LAMINA BASE PARA SOPORTE 1/2" 200mm x 200mm	ASTM A 26
3	1	MARCO PERFILES EN C INFERIOR 205mm x 102mm	ASTM A 26
2	2	PERFIL EN C INFERIOR 205mm x 102mm	ASTM A 26
1	1	LAMINA INFERIOR 1/2" 7300mm x 2500mm	ASTM A 26

TOLERANCIAS

1- TOLERANCIA DEL ACERO A P
 2- TOLERANCIA EN LONGITUD
 1/2" @ 1/2" ± 1/32"
 1" @ 25" ± 1/16"
 25" @ 150" ± 1/8"
 150" @ 1000" ± 3/16"

FUNDACION UNIVERSIDAD AMERICA		FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO	COMPACTADORA 160 TON		
DESCRIPCION	PLACA INFERIOR		
DIBUJADO POR	HOMBRE	DATE	
REVISADO POR		DD	MM
APROBADO POR		11	7
		18	
		11	7
		18	
DWG NO	ESCALA	FOLIO	TOTAL
107	1:1	9 de 10	0



LISTA DE MATERIALES			
ID	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL
11	2	PERFIL EN C CENTRAL 305mm x 102mm	ASTM A 26
10	4	REFUERZO EN X CORTO 1/2"	ASTM A 26
9	2	REFUERZO EN X LARGO 1/2"	ASTM A 26
8	2	REFUERZO CENTRAL EN X CORTO 1/2"	ASTM A 26
7	1	REFUERZO CENTRAL EN X LARGO 1/2"	ASTM A 26
6	2	LAMINA REFUERZO HORIZONTAL 1/2"	ASTM A 26
5	4	SOPORTE PARA PISTON 1"	ASTM A 26
4	2	LAMINA BASE PARA SOPORTE 1/2" 200mm x 200mm	ASTM A 26
3	1	MARCO PERFILES EN C INFERIOR 305mm x 102mm	ASTM A 26
2	2	PERFIL EN C INFERIOR 305mm x 102mm	ASTM A 26
1	1	LAMINA INFERIOR 1/2" 7300mm x 2500mm	ASTM A 26

1- TODAS LAS DIMENSIONES DADAS EN MILIMETROS (PULGADAS ENTRE PARENTESIS)
 2- ANTES DEL SEÑALADO PARA SOLDADURA, PASE EL PUNTO ENCONTRANDO ANTES DEL
 TOLERANCIA

1- Tolerancia del Perfil a F
 2- Tolerancia en Longitud
 1/32" @ F ± 1/32"
 1/8" @ 2F ± 1/8"
 3/16" @ 1F ± 1/16"
 1/16" @ 1/2F ± 1/32"

FUNDACION UNIVERSIDAD AMERICA
 FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: COMPACTADORA 180 TON
 DESCRIPCION: PLACA INFERIOR

DIBUJADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	DATE	
			DD	MM
EMINI GARRIDO JARAMA	DIAR CRUZ ROMERO		11	7
			11	7

DWG NO	ESCALA	HOJA	Nº
10701	1:1	10 de 10	0

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

Nosotros **Omar Andrés Cruz Roper** y **Edwin Garrido Jaraba** en calidad de titulares de la obra **DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE CARROCERÍAS DE CARROS Y CAMIONETAS**, elaborada en el año 2016 , autorizamos al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que nos corresponden y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autores manifestamos conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de los autores y podrá darse por terminada una vez los autores lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autores establecemos las siguientes condiciones de uso de nuestra obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: http://co.creativecommons.org/?page_id=13

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a sus autores.

De igual forma como autores autorizamos la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	x	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	x	

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaremos, en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
		x

Para constancia se firma el presente documento en Bogotá DC, a los 16 días del mes de agosto del año 2017.

EL(LOS) AUTOR(ES):

Autor 1

Nombres	Apellidos
Omar Andrés	Cruz Roperó
Documento de identificación No	Firma
CC. 1010209353	

Autor 2

Nombres	Apellidos
Edwin	Garrido Jaraba
Documento de identificación No	Firma
CC.1033776198	