



Universidad
Zaragoza

Proyecto Fin de Carrera

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TANQUETA HIDRÁULICA AUTOMOTRIZ

DIEGO GARCÍA PASCUAL

JOSÉ CEGOÑINO BANZO

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA / UNIVERSIDAD DE
ZARAGOZA
2017

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TANQUETA HIDRÁULICA AUTOMOTRIZ

RESUMEN

Este proyecto describe el desarrollo realizado durante la fase inicial de diseño y la posterior fase de construcción de una tanqueta hidráulica automotriz.

Para la fase previa de diseño, se han realizado los siguientes trabajos:

- Observación del diseño constructivo de las tanquetas existentes.
- Realización de una lluvia de ideas dentro del departamento técnica con el objetivo de buscar nuevas ideas
- Realización de un AMFE de diseño con el objetivo de analizar esas nuevas ideas aparecidas
- Análisis del proceso productivo a desarrollar para la fabricación de cada uno de los componentes del conjunto
- Rediseño de la tanqueta automotriz
- Descripción de las características y especificaciones definitivas
- Listado de materiales a emplear
- Realización de planos y documentación

Para la fase de construcción, se han realizado los siguientes trabajos:

- Pedido y recepción del material a emplear
- Mecanizado de cada una de las piezas en que consta los diferentes subconjuntos
- Ensamblaje de cada uno de los subconjuntos mediante el proceso de soldadura
- Ensamblaje del conjunto completo
- Instalación hidráulica y eléctrica
- Proceso de pintado
- Marcado CE
- Pruebas de funcionamiento

A modo de resumen, estas son las diferentes etapas desarrolladas en este proyecto y que posteriormente se pasará a profundizar y explicar con mayor detalle cada una de ellas.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	5
SECCIONES	10
1. MODELADO 3D	10
1.1. CONJUNTO CHASIS PRINCIPAL	11
1.2. CONJUNTO CAJA REDUCTORA	13
1.2.1. ENGRANAJES	13
1.3. CONJUNTO BASTIDOR OSCILANTE	15
1.3.1. RODAMIENTO	15
1.3.2. PIÑONES Y CADENA	17
1.4. GRUPO HIDRÁULICO	20
1.4.1. ESQUEMAS HIDRÁULICOS	20
1.4.1.1. MOVIMIENTO DE AVANCE	20
1.4.1.2. MOVIMIENTO DE RETROCESO	21
1.4.1.3. MOVIMIENTO DE GIRO A DERECHAS	21
1.4.1.4. MOVIMIENTO DE GIRO A IZQUIERDAS	22
1.4.2. BOMBA DE CAUDAL	22
1.4.3. MOTOR ELÉCTRICO	22
1.4.4. BLOQUE DE ELECTROVÁLVULAS	23
1.4.5. MOTORES HIDRÁULICOS	23
1.4.6. MANÓMETRO	23
1.5. CIRCUITO ELÉCTRICO	23
1.5.1. ESQUEMA ELÉCTRICO	24
1.5.2. FUENTE DE ALIMENTACIÓN	24
1.5.3. P.I.A	24
1.5.3.1. P.I.A. PARA MOTOR ELÉCTRICO	25
1.5.3.2. P.I.A. PARA FUENTE DE ALIMENTACIÓN	25
1.5.4. CONTACTOR	25
1.5.5. RELÉ TÉRMICO	25
1.5.6. CONTACTORES AUXILIARES	26
1.5.7. ZUMBADOR ACÚSTICO	26
1.5.8. MANDO	27
2. EXTRACCIÓN DE RESULTADOS DEL MODELADO 3D	28

2.1.	CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE TRANSMISIÓN	28
2.2.	CÁLCULO DE LA VELOCIDAD LINEAL.....	28
2.3.	CÁLCULO DE ESTABILIDAD Y RESISTENCIA.....	29
2.3.1.	CÁLCULO DE RESISTENCIA DE LAS RUEDAS.....	29
2.3.2.	CÁLCULO DE RESISTENCIA DE LOS EJES	30
3.	ENSAMBLAJE	31
3.1.	CONJUNTO CHASIS PRINCIPAL	31
3.2.	CONJUNTO BASTIDOR OSCILANTE.....	32
3.2.1.	CONJUNTO EJE 1	32
3.2.2.	CONJUNTO EJE INTERMEDIO 2	33
3.2.3.	CONJUNTO EJE INTERMEDIO 3	33
3.2.4.	CONJUNTO EJES TENSORES	33
3.3.	CONJUNTO CAJA REDUCTORA	35
3.4.	PLATO GIRATORIO	35
3.5.	CIERRE GRUPO HIDRÁULICO	36
3.6.	CIRCUITO ELÉCTRICO	37
3.7.	ENSAMBLAJE FINAL	38
4.	MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE.....	40
5.	NORMATIVA.....	40
6.	RESULTADOS	42
7.	CONCLUSIONES.....	45
8.	BIBLIOGRAFÍA	46

ANEXOS

ANEXO I – BOMBA DE CAUDAL GALTECH

ANEXO II – MOTOR HIDRÁULICO ORBITAL OMR 160

ANEXO III – FUENTE DE ALIMENTACIÓN PSL3 240 24

ANEXO IV – P.I.A. MN910V C10

ANEXO V – P.I.A. NDN316A D16

ANEXO VI – CONTACTOR BF09 10L

ANEXO VII – RELÉ TÉRMICO RELECO RF38 0650

ANEXO VIII – CONTACTOR AUXILIAR C90-A41X

ANEXO IX – PLANOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE

INTRODUCCIÓN

AYTECMA es una pequeña empresa zaragozana fundada en 2010 que ofrece los siguientes servicios en el sector industrial:

- Movimientos y traslados de maquinaria industrial y líneas de producción
 - Proyectos “llaves mano” asumiendo la dirección desde la parada hasta la puesta en marcha
 - Modificaciones de lay-out dentro y fuera de las instalaciones del cliente
 - Realización de mejoras y correctivos durante la ejecución del traslado
 - Análisis y verificación de funcionamiento productivo, antes de la desconexión y después de la puesta en marcha
 - Fabricación de dispositivos o estructuras especiales que requieren la manipulación de los equipos a trasladar
 - Equipos de manipulación, de elevación y traslación, de maquinaria industrial

Este proyecto surge de su necesidad empresarial de ampliar el servicio y mejorar la calidad que ofrece a sus clientes que le demandan estos trabajos de movimiento y traslado de maquinaria dentro del sector industrial.

Por ello, se toma la decisión desde la Gerencia de la empresa de diseñar una tanqueta automotriz que presenta características y funciones diferentes a las presentes en el mercado.

Actualmente, la empresa dispone de los equipos de traslación dispone de:

- Juego de tanquetas para trasladar maquinaria de hasta 60 y 100Tn respectivamente, compuestos cada uno de estos juegos por dos tanquetas fijas con 8 ruedas cada una y otra tanqueta giratoria.

Estos juegos de tanquetas, así como los que se encuentran actualmente en el mercado, necesitan para su traslación de un equipo auxiliar, normalmente una carretilla elevadora. De ahí, nace el deseo de la empresa de disponer de una tanqueta hidráulica totalmente autónoma que no necesite de ningún otro equipo auxiliar para poder realizar los trabajos de movimiento y traslado de maquinaria industrial a los cuáles se dedica y está especializada la empresa AYTECMA.

Como introducción al concepto de tanqueta, se define como una máquina diseñada y concebida para el traslado y movimiento de máquinas u otros equipos de gran volumen y peso a velocidad reducida por superficies lisas.

Dentro de las tanquetas existentes en el mercado podemos distinguir dos grandes grupos:

1. Tanqueta fija
2. Tanqueta giratoria

La tanqueta fija se descompone en los siguientes elementos:

1. Bastidor:

Es el elemento que le da rigidez y consistencia a la tanqueta además de alojarse en el tanto los ejes donde se alojan las ruedas que permiten deslizar el útil por el suelo.

2. Ruedas:

Son de un material plástico como es el polioximetileno, comúnmente llamado P.O.M. Este material termoplástico es elegido debido a que tiene una alta resistencia mecánica y resistencia de abrasión unido a un bajo coeficiente de fricción.

Las ruedas suelen tener un tamaño de unos 100 - 120mm de diámetro para permitir por un lado dotarlas de la resistencia suficiente y por otro lado para no perjudicar la estabilidad de la maniobra con una dimensión excesiva de las mismas.

Suelen disponer de 2 ejes cada tanqueta fija. En cada uno de ellos se suele colocar 6 ruedas por lo que se dispone de un total de 12 ruedas. También podemos encontrar tanquetas fijas que dispongan de 8 ruedas por eje con un total de 16 ruedas.

3. Ejes

Para permitir la rotación de las ruedas respecto a sus ejes se dispone de un rodamiento rígido de bolas en cada uno de sus extremos de las ruedas.

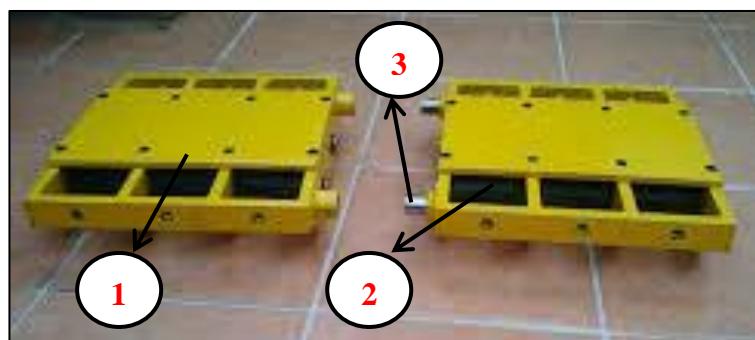


Ilustración 1. Juego de tanquetas fijas

La tanqueta giratoria se descompone en los siguientes elementos:

1. Bastidor

Es el elemento que le da rigidez y consistencia a la tanqueta además de alojarse en el tanto los ejes donde se alojan las ruedas que permiten deslizar el útil por el suelo.

2. Plato giratorio

Es el elemento que nos proporciona el giro de la tanqueta propiamente dicho. Este giro del plato respecto del bastidor es posible gracias a la colocación de un cojinete de bolas debajo de dicho plato.

3. Brazo de tiro

Es el elemento que nos permite unir la tanqueta giratoria a un equipo auxiliar generalmente una carretilla elevadora, preferiblemente eléctrica, ya que la mayoría de las maniobras de movimiento y traslado se realizan dentro de las instalaciones del cliente.

4. Ruedas

Son de un material plástico como es el polioximetileno, comúnmente llamado P.O.M. Este material termoplástico es elegido debido a que tiene una alta resistencia mecánica y resistencia de abrasión unido a un bajo coeficiente de fricción.

Las ruedas suelen tener un tamaño de unos 80mm de diámetro para permitir por un lado dotarlas de la resistencia suficiente y por otro lado para no perjudicar la estabilidad de la maniobra con una dimensión excesiva de las mismas.

Suelen colocarse 6 a cada lado del plato giratorio en 2 ejes con 3 ruedas cada uno de los ejes para disponer de un total de 12 ruedas. También podemos encontrar tanquetas fijas que dispongan de 8 ruedas por eje con un total de 16 ruedas.

5. Ejes

Para permitir la rotación de las ruedas respecto a sus ejes se dispone de un rodamiento rígido de bolas en cada uno de sus extremos de las ruedas.

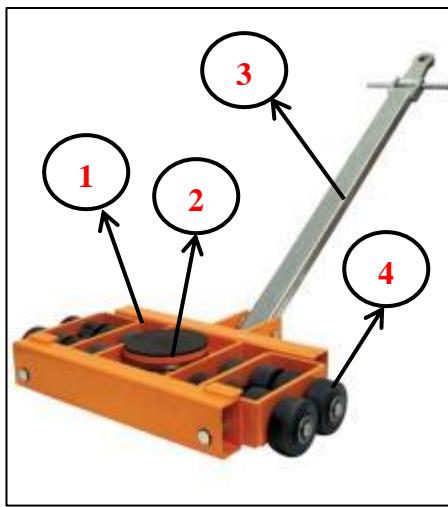


Ilustración 2. Tanqueta giratoria

En cuanto a la utilización de cada uno de los tipos de tanquetas para la realización de los trabajos de movimiento y traslado de maquinaria, la distribución más habitual que nos encontramos es la combinación denominada 2+1, que corresponde a la utilización de dos tanquetas fijas más una tanqueta giratoria.



Ilustración 3. Juego de tanquetas fijas + giratoria

Con esta disposición se logra tener apoyada de 3 puntos la máquina o equipo a trasladar lo que permite realizar la maniobra con mayor seguridad y estabilidad.

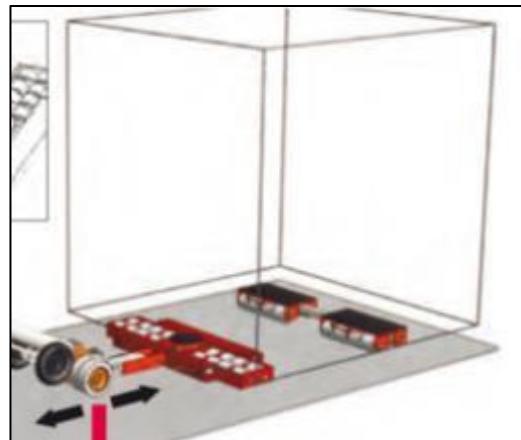


Ilustración 4. Aplicación distribución 2+1

SECCIONES

1. MODELADO 3D

Inicialmente en el proceso de diseño de la tanqueta hidráulica automotriz se ha realizado el modelado 3D de dicha tanqueta.

Para realizar este modelado se ha utilizado el software de CAD llamado SOLIDWORKS. Dicho software nos permite realizar para la fase de diseño el modelado 3D tanto de cada una de las piezas individualmente así como de su conjunto, el correspondiente ensamblaje de todos los conjuntos. Para la fase de construcción y montaje nos permite extraer los planos técnicos de cada uno de las piezas y conjuntos para su montaje.

En una fase inicial se decide seguir la estructura de las tanquetas giratorias existentes en el mercado, es decir, un chasis o bastidor principal cuya función será darle consistencia y rigidez al conjunto, dos conjuntos de ruedas para permitir el deslizamiento de la tanqueta por el suelo y el plato giratorio que permitirá el giro del chasis respecto a la máquina.

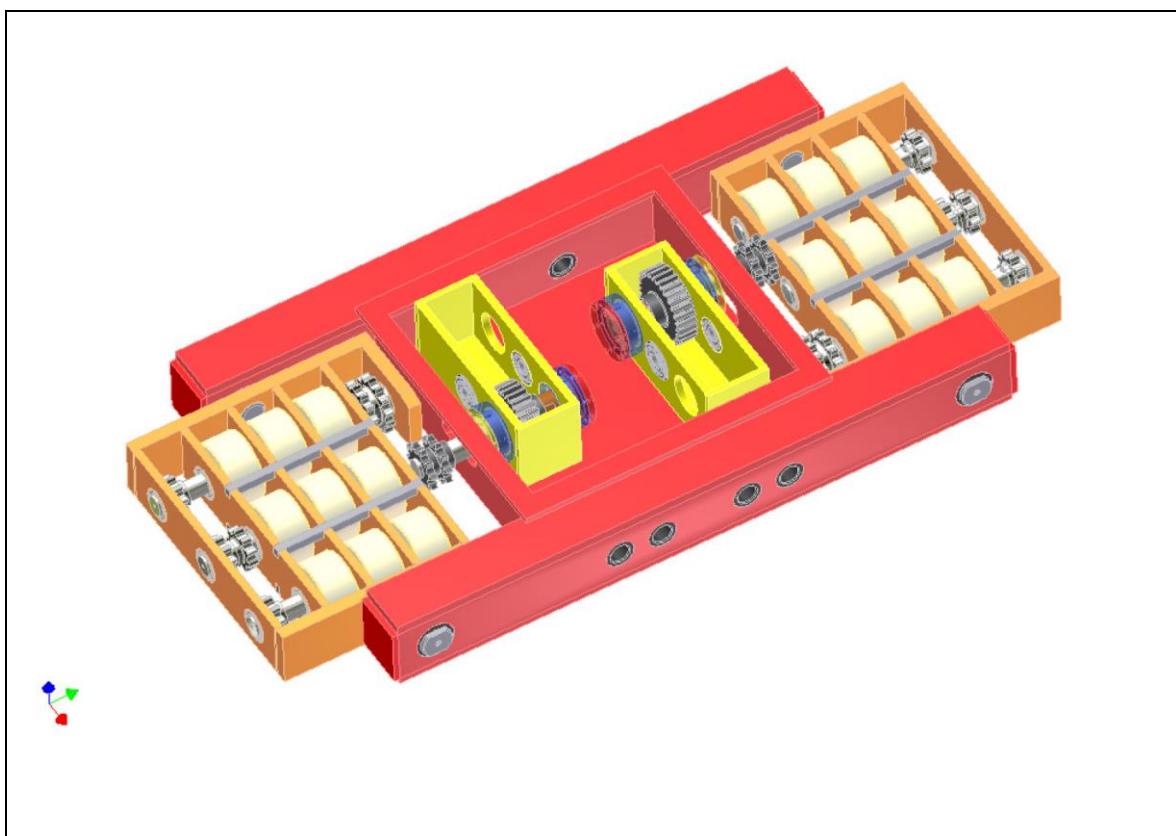


Ilustración 5. Modelado mecánico 3D

En la ilustración 5, se observa el modelado previo 3D de la tanqueta hidráulica. A continuación, se va a realizar una descripción de las diferentes partes o elementos que se observan en dicha ilustración y conforman la tanqueta hidráulica.

1.1. CONJUNTO CHASIS PRINCIPAL

El chasis principal es el elemento constructivo que aporta rigidez y estabilidad al conjunto de la máquina y sirve de alojamiento para las 2 cajas reductoras, con sus correspondientes trenes de engranajes y motores eléctricos.

Este conjunto consta de los siguientes elementos:

- Depósito hidráulico principal y secundario
- Estructura para alojamiento de cajas reductoras y plato giratorio

Los depósitos hidráulicos se fabrican con 2 vigas UPN de 120 enfrentadas y una longitud de 1.324mm que es la anchura total del habitáculo necesario para incorporar todos los componentes del grupo hidráulico. Con estas medidas obtenemos un depósito con una capacidad aproximada de 17l.

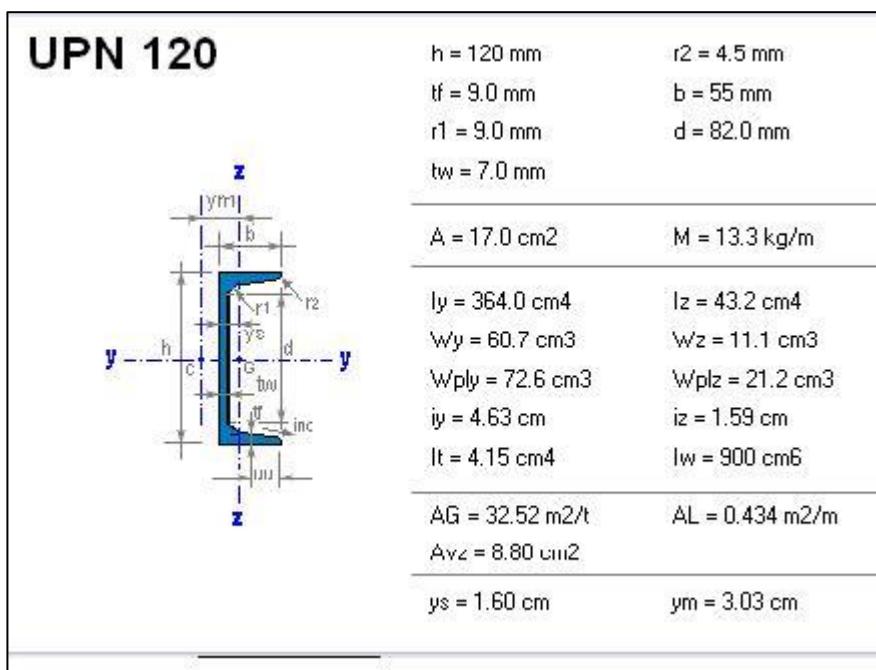


Ilustración 6. Hoja de características viga UPN 120

El depósito que se encuentra entre el grupo hidráulico y los conjuntos bastidores oscilantes, tiene la función de depósito hidráulico principal para el aceite hidráulico.

El depósito secundario en principio no realiza la función de depósito en condiciones normales de trabajo y únicamente hace la función de chasis a modo de protección del resto de componente.

El aceite hidráulico empleado es, ACEITE PRESSOL HM 46, es el aceite de características intermedias y el más comúnmente empleado en maquinaria – herramienta, cuyas características son:

PRESOL HM (SERIE) ACEITE HIDRAULICO MICROFILTRADO HM

DESCRIPCIÓN Y APLICACIONES

Fluido para circuitos hidráulicos de:

- Carretillas y elevadores hidráulicos.
- Maquinaria de Obras Públicas.
- Maquinaria agrícola.
- Máquinas-herramienta.
- Prensas y máquinas inyectoras.

- Poder anticorrosivo, excelente resistencia a la oxidación.
- Elevada resistencia al envejecimiento
- Compatible con juntas de vitón, caucho o cualquier tipo de juntas sintéticas.
- Propiedades antiespumantes.

NIVEL DE CALIDAD

PROPIEDADES

- Aceite refinado y microfiltrado a 5 micras.
- Elevado índice de viscosidad (excelente respuesta frente a cambios de temperatura).

ISO 6074 (HM)
DIN 51524, parte 2 (HLP)
USS 127-136
DENISON HF-0, HF-1, HF-2
AFNOR NF E 48-603 HM
ISO 6743 HM, FC, FD, CB
VICKERS M-2950-S, I-286-S

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

	Norma	Valores típicos			Un.
ISO VG		32	46	68	
Aspecto		Ámbar transparente			
Densidad a 15°C.	ASTM D-1298	861	870	881	Kg/m ³
Viscosidad a 40°C.	ASTM D-445	32	46	68	cSt
Índice de viscosidad	ASTM D-2270	100	100	100	-
Punto de Fluídez	ASTM D-97	-24	-21	-21	°C
Punto de inflamación	ASTM D-92	215	225	235	°C
Índice desemulsión	ASTM D 1401	10	10	15	-

Rev: 12/16

La información presentada en este documento está basada en nuestros conocimientos a la fecha de la revisión indicada. Nos reservamos modificaciones. Dicha información no libera al usuario de ensayar el producto en su propia aplicación. Los datos indicados representan valores medios y no constituyen especificaciones de producto. Para más información contactar con el Servicio Técnico de COGELSA. COGELSA no se hace responsable de daños derivados de un uso inadecuado del producto.



Ilustración 7. Hoja de características aceite hidráulico HM46

La estructura para el alojamiento de las cajas reductoras, situada entre ambos depósitos, tiene anchura total de 575mm que queda determinada por la medida de los dos conjuntos bastidor oscilante y una longitud de 650mm que nos permite colocar las 2 cajas reductoras con sus respectivos motores hidráulicos y entre ambas cajas y el plato giratorio.

1.2. CONJUNTO CAJA REDUCTORA

Como se ha comentado en el apartado anterior, dentro del chasis principal se alojan las dos cajas reductoras con sus correspondientes componentes, tanto mecánicos como hidráulicos, encargadas de la transmisión del movimiento desde los motores hidráulicos hasta las ruedas.

Cada una de las 2 cajas transmite el movimiento a cada uno de los conjuntos bastidor oscilantes y sus correspondientes conjuntos de ejes y ruedas

Respecto a los componentes mecánicos, ahí que enumerar los siguientes componentes:

- Armazón de la caja reductora propiamente dicho
- Tren de engranajes
 - o Engranajes
 - o Ejes de giro

Las dimensiones del armazón de la caja vienen determinadas por la posición tanto horizontal como verticalmente de los engranajes para su engrane y por consiguiente, correcto funcionamiento.

Dicho tren de engranajes está formado por tren ejes de giro y por cuatro engranajes.

Respecto a los componentes hidráulicos, que posteriormente se detallan, cabe únicamente enumerar los dos motores hidráulicos así como los latiguillos, elementos auxiliares, para el transporte del aceite hidráulico desde el depósito hasta ambos motores.

1.2.1. ENGRANAJES

Los engranajes son los componentes mecánicos pertenecientes a las cajas reductoras que forman el tren de engranajes y son los encargados de transmitir el movimiento, en este caso, desde los dos motores hidráulicos hasta las ruedas de P.O.M.

Para esta aplicación se eligen engranajes de dientes rectos por dos motivos:

- Se van a montar en ejes paralelos
- No se les va a someter a altas velocidades, que es la problemática que presentan este tipo de engranajes debido al ruido producido por engrane de sus dientes.

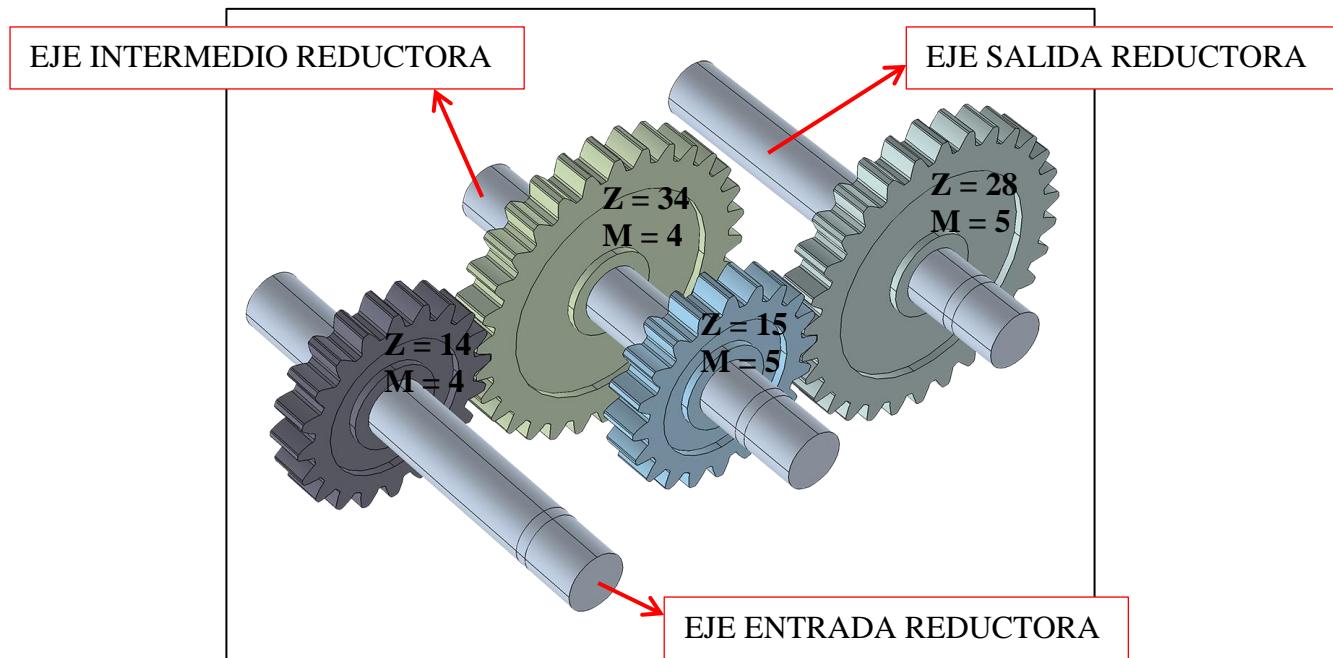
El tren de engranajes tiene una doble función:

- Transmisión del movimiento
- Reducción y ajuste de la velocidad de giro desde los motores hidráulicos hasta una velocidad lineal adecuada en las ruedas que nos permita realizar las maniobras con la tanqueta de una forma segura.

Cabe señalar, que el cálculo de la velocidad lineal de las ruedas se realizará en un apartado posterior.

Cada tren de engranajes compuesto, al tener más de un eje de giro, está formado por:

- 1 engranaje recto templado de $Z = 28$ y $M = 5$ para el eje de salida de la caja reductora
- 1 engranaje recto templado de $Z = 15$ y $M = 5$ para el eje intermedio de la caja reductora
- 1 engranajes recto templado de $Z = 34$ y $M = 4$ para el eje intermedio de la caja reductora
- 1 engranaje recto templado de $Z = 14$ y $M = 4$ para el eje de entrada de la caja reductora



En la siguiente ilustración, se observa con mayor detalle el modelado 3D completo de la tanqueta con todos los conjuntos con sus componentes, comerciales y no comerciales, que constituyen la tanqueta hidráulica diseñada.

Estos conjuntos son:

- Chasis principal
 - o Caja reductora
 - o Plato giratorio
- Bastidor oscilante
 - o Ruedas
 - o Piñones y cadena
 - o Ejes
- Grupo hidráulico
 - o Motor eléctrico
 - o Electroválvulas
 - o Cuadro eléctrico
 - o Motores hidráulicos

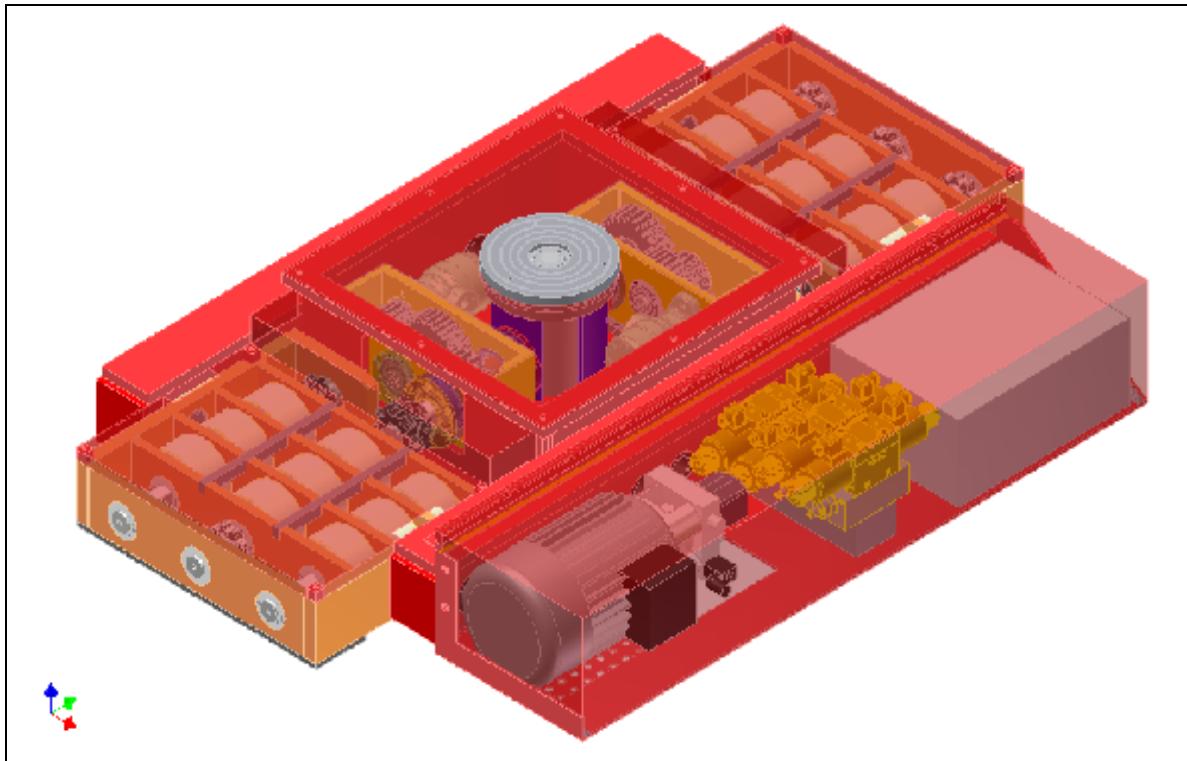


Ilustración 9. Modelado completo 3D

1.3. CONJUNTO BASTIDOR OSCILANTE

El bastidor oscilante es la estructura donde se alojan los 3 ejes con sus correspondientes ruedas, que permitirán el movimiento de avance – movimiento de retroceso – movimiento de giro, de la tanqueta hidráulica.

Dicho bastidor consta de una estructura en forma de enrejado con 9 cavidades para cada una de las ruedas. Dichas cavidades se han diseñado con una anchura de 82 mm ya que las ruedas diseñadas disponen de una anchura de 70 mm por motivos de resistencia que en el apartado 2 se detallarán.

1.3.1. RODAMIENTO

Para permitir el correcto giro de los ejes respecto al bastidor se decide colocar un rodamiento rígido de bolas 6007-2RSR, en cada uno de los alojamientos.

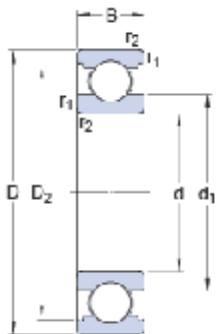
$$Carga_{TOTAL} = N^o \text{ Rodamientos} \times Carga_{DINÁMICA}$$

$$Carga_{TOTAL} = 32 \times 1.632 = 52,2 \text{ TN}$$



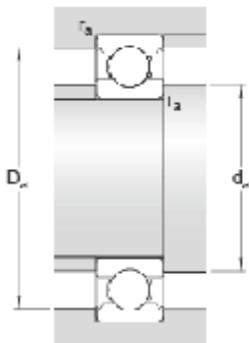
6007

Dimensions



d	35	mm	
D	62	mm	
B	14	mm	
d_1	≈	43.75	mm
D_2	≈	55.61	mm
$r_{1,2}$	min.	1	mm

Abutment dimensions



d_a	min.	39.6	mm
D_a	max.	57.4	mm
r_a	max.	1	mm

Calculation data

Basic dynamic load rating	C	16.0	kN
Basic static load rating	C_0	10.2	kN
Fatigue load limit	P_u	0.44	kN
Reference speed		24000	r/min
Limiting speed		15000	r/min
Calculation factor	k_r	0.025	
Calculation factor	f_0	15	

Mass.

Mass bearing 0.153 kg

Ilustración 10. Hoja de características rodamiento de bolas 6007

Como indica la hoja de características del rodamiento, las medidas son $\text{Ø}_{\text{ext}} = 62\text{mm}$, $\text{Ø}_{\text{int}} = 35\text{mm}$ y $e = 14\text{mm}$.

Estas medidas nos determinan el dimensionado de tres elementos. En primer lugar, la dimensión del alojamiento del rodamiento en el enrejado. En segundo lugar nos determinan la dimensión del diámetro de los ejes de giro que debe coincidir con el diámetro interior del rodamiento. Y en tercer lugar, nos determina la anchura de las piezas a mecanizar los alojamientos de los rodamientos. El espesor de estas piezas es de 15mm ya que es la anchura comercial de llanta inmediatamente superior.

Se decide utilizar estos rodamientos porque son los más sencillos y económicos además de que el requerimiento de resistencia a altas velocidades de giro no es determinante en este diseño ya que se trata de una máquina diseñada para trabajar a regímenes de baja velocidad por lo que trabajarán correctamente.

Para impedir la entrada de suciedad tanto a los propios ejes de giro y ruedas como a los rodamientos se decide tomar dos medidas:

1. Se decide colocar los rodamientos cerrados, es decir, con las bolas del rodamiento oculto para evitar que cualquier tipo de impureza derivadas de la rodadura de las ruedas por el suelo pueda penetrar en los rodamientos e impedir su correcto funcionamiento
2. Se decide incorporar una chapa corrugada a modo de protector sobre el bastidor oscilante con una doble función.
 - 2.1. Función de seguridad ante las exigencias de la normativa vigente de máquinas, para impedir el atrapamiento por elementos móviles ante la posibilidad de que una persona pueda meter la mano mientras está en funcionamiento la tanqueta
 - 2.2. Función de mantenimiento, para impedir que cualquier objeto no deseado caiga sobre el bastidor o cualquiera de los componentes que lo constituyen para su correcto estado y funcionamiento.

1.3.2. PIÑONES Y CADENA

Los piñones y la cadena que conforman el bastidor oscilante son los elementos mecánicos encargados de transmitir el movimiento de giro a la salida del tren de engranajes hasta las ruedas.

Cada conjunto de piñones y cadena está constituido por:

- 2 piñones dobles templados de paso 1" con $Z = 10$ repartidos de la siguiente manera:
 - 1 piñones en el eje de giro denominado conjunto eje 1
 - 1 piñones en el eje de giro denominado conjunto eje salida caja reductora

- 4 piñones simples templados de paso 1" con $Z = 9$ repartidos de la siguiente manera:
 - 1 piñón en el eje denominado conjunto eje 1
 - 2 piñones en el eje de giro denominado conjunto eje intermedio 2
 - 1 piñón en el eje de giro denominado conjunto eje intermedio 3
- Cadena doble de paso 1" como elemento auxiliar para la transmisión del movimiento entre los piñones dobles
- Cadena simple de paso 1" como elemento auxiliar para la transmisión del movimiento entre los piñones simples

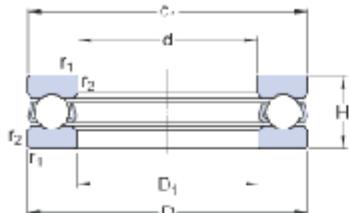
1.3.3. PLATO GIRATORIO

El plato giratorio es el elemento mecánico que nos permite el movimiento de giro de la máquina o equipo a trasladar respecto al chasis principal de la tanqueta. Sus dimensiones vienen determinadas por el rodamiento que se debe incluir para soportar la carga

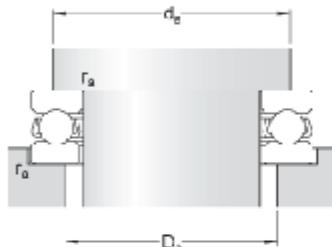
Dado que la carga que va a soportar el rodamiento sólo va a tener componente vertical por lo que la única solicitud de carga va a ser axial, se decide colocar un rodamiento axial de bolas de simple efecto, cuya referencia es 51232 y medidas son las que aparecen en la siguiente ilustración

Se puede extraer de la hoja de características que la carga estática del rodamiento es 830KN, que equivale a 84TN por lo que tenemos un factor de seguridad de 1,41 para una carga máxima según diseño a soportar de 60TN.

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{C_o}{60} = \frac{84}{60} \cong 1,41$$

51232 M**Dimensiones**

d	160	mm
D	225	mm
H	51	mm
d_1	\approx 222	mm
D_1	\approx 163	mm
$r_{1,2}$	min. 1.5	mm

Dimensiones de los resaltos

d_a	min.	199	mm
D_a	max.	186	mm
r_a	max.	1.5	mm

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica

C 238 kN

Capacidad de carga estática básica

C₀ 830 kN

Carga límite de fatiga

P_u 22.4 kN

Velocidad de referencia

1200 r/min

Velocidad límite

1700 r/min

Factor de carga mínima

A 3.8

Masa

Rodamiento de masa (incluida la arandela de asiento, cuando corresponde)

6.55 kg

Ilustración 11. Hoja características rodamiento 51232M

1.4. GRUPO HIDRÁULICO

El grupo hidráulico está constituido por:

- Motor eléctrico
- Bomba de caudal
- Bloque de electroválvulas
- 2 motores hidráulicos
- 1 manómetro

1.4.1. ESQUEMAS HIDRÁULICOS

La tanqueta puede realizar 4 movimientos:

- Movimiento de avance
- Movimiento de retroceso
- Movimiento de giro a derechas
- Movimiento de giro a izquierdas

1.4.1.1. MOVIMIENTO DE AVANCE

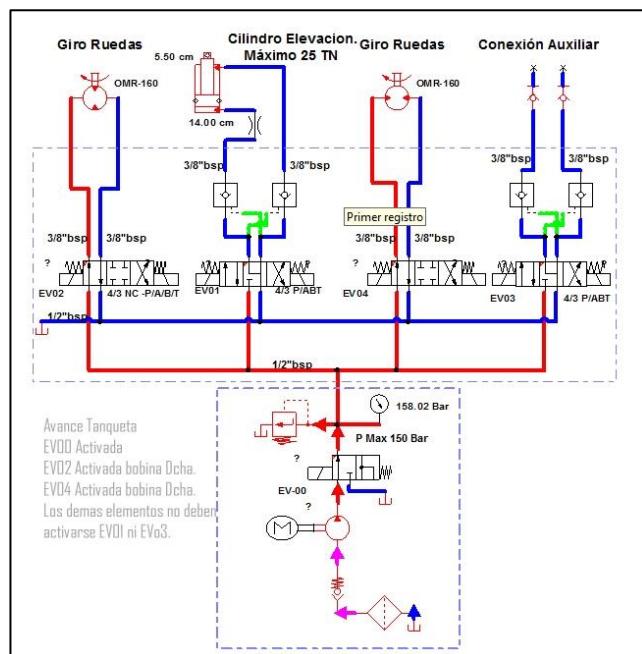


Ilustración 12. Esquema hidráulico movimiento de avance

1.4.1.2. MOVIMIENTO DE RETROCESO

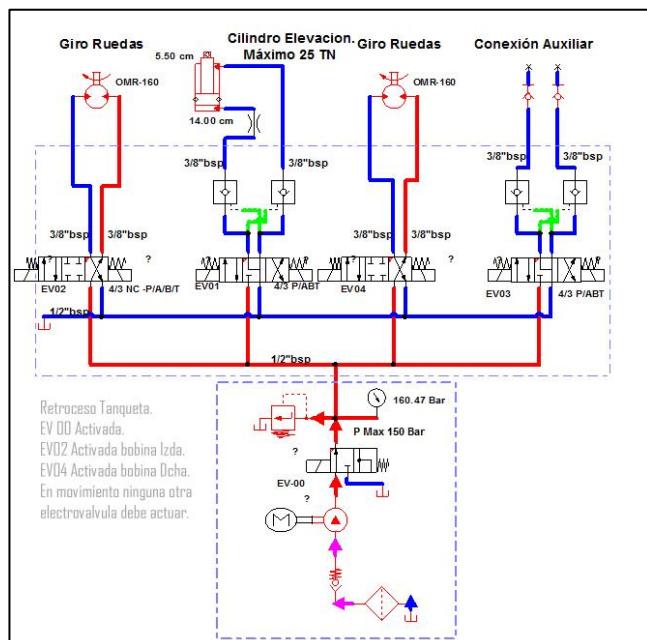


Ilustración 13. Esquema hidráulico movimiento de retroceso

1.4.1.3. MOVIMIENTO DE GIRO A DERECHAS

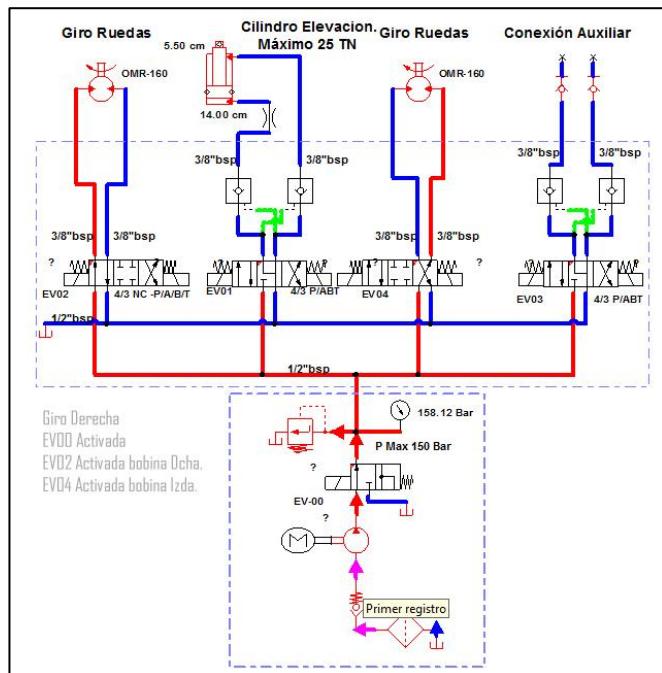


Ilustración 14. Esquema hidráulico movimiento de giro a derechas

1.4.1.4. MOVIMIENTO DE GIRO A IZQUIERDAS

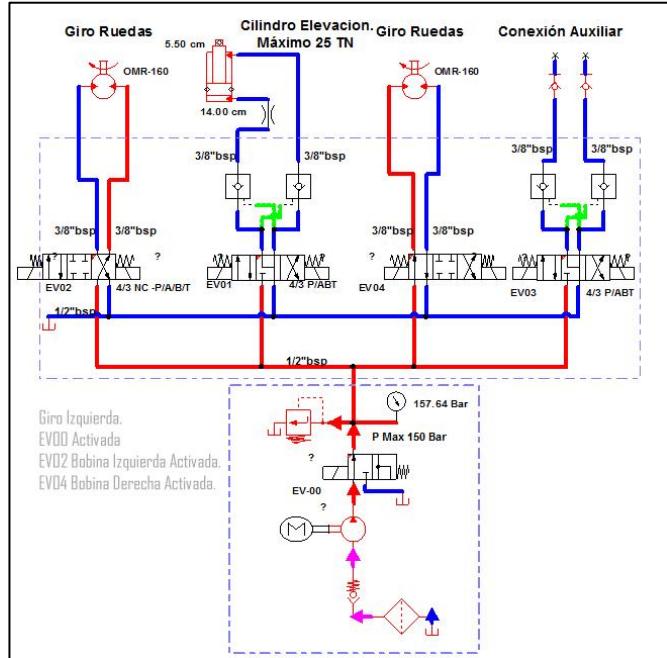


Ilustración 15. Esquema hidráulico movimiento de giro a izquierdas

1.4.2. BOMBA DE CAUDAL

La bomba elegida es la bomba de caudal GALTECH del tipo 2 y modelo SP 06.

La elección viene justificada, según se puede observar en el diagrama de caudal (l/min) frente a velocidad de giro (rpm) del Anexo I, porque es el tipo de bomba que para el régimen de giro de 1.450rpm del motor eléctrico se obtiene un caudal del aceite hidráulico impulsado por la bomba de 8l/min. Este caudal es el necesario para alcanzar nuestro punto óptimo de trabajo de la máquina.

En la siguiente ilustración, también se muestra el diagrama de potencia (kW) frente a velocidad de giro (rpm) como para la presión de nuestro punto de trabajo que es 60bar se requiere una potencia aproximada de 1,1 – 1,2kW.

1.4.3. MOTOR ELÉCTRICO

El motor elegido es un motor eléctrico trifásico AEG AM 100L AA de 2,2Kw para 380/420V de 50Hz.

Esta elección se justifica porque como se ha visto en el apartado anterior la bomba de caudal para funcionar en las condiciones de trabajo, caudal y presión, requiere una potencia de 1,1 - 1,2kw y se decide para evitar problemas con el motor sobredimensionarlo con un factor de seguridad 2.

1.4.4. BLOQUE DE ELECTROVÁLVULAS

Formado por:

- Placa base de aluminio NG06 de 4 estaciones en paralelo (NGG) con válvula limitadora de alta presión
- Distribuidores y electroválvulas de actuación del circuito hidráulico:
 - Electroválvula VENTING monoestable 4/2 NG06 D1VW004CNKW
 - Electroválvula reguladora de presión NG06-DS3-SB2-10N-D12K1 (4/3 centro A, B a tanque y P cerrado)
 - 2 electroválvulas 4/3 NG06-D1VW001CNKW con centro cerrado para el accionamiento de los motores
 - Bobinas NG06-DS53-12VDC para el accionamiento de las electroválvulas

1.4.5. MOTORES HIDRÁULICOS

Se colocan dos motores ORBITAL OMR 160 cuyo diagrama de flujo se muestra en el Anexo II.

En el diagrama se observa que para las condiciones de trabajo requeridas, $Q = 8\text{L/min}$ y $P = 60\text{bar}$, el motor hidráulico tiene una velocidad de giro aproximada de 25rpm.

1.4.6. MANÓMETRO

Se coloca un manómetro a la salida del grupo hidráulico para medir la presión de trabajo de la tanqueta queda estar en condiciones normales de trabajo de 60bar.

Por ello se toma la decisión en la fase de diseño de colocar un manómetro vertical con escala de 0 - 200bar.

1.5. CIRCUITO ELÉCTRICO

Para el diseño del circuito eléctrico se elige un armario eléctrico metálico con puerta abisagrada estándar cuyas medidas son de 400 x 300 x 200mm para disponer del espacio interior suficiente donde poder instalar y conectar todos los componentes eléctricos necesarios.

A continuación, se describen las características de estos componentes eléctricos.

1.5.1. ESQUEMA ELÉCTRICO

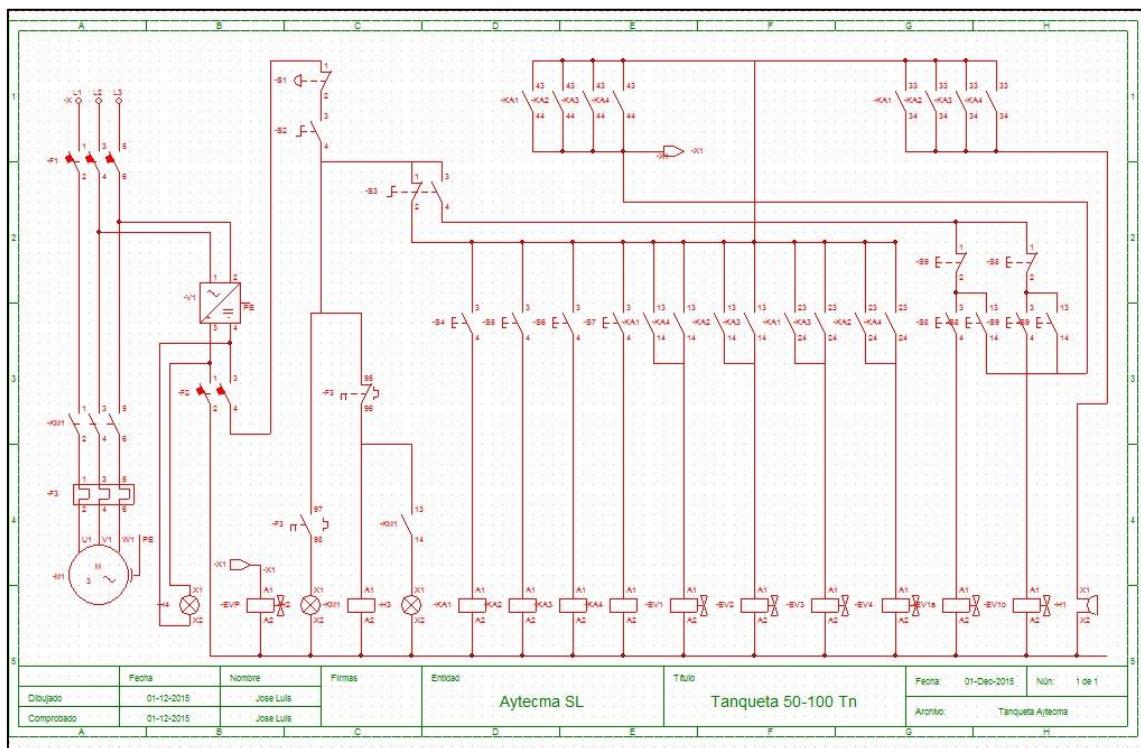


Ilustración 16. Esquema eléctrico

1.5.2. FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La fuente de alimentación es el dispositivo encargado de la conversión de la corriente eléctrica alterna que llega de la red convertirla en corriente continua.

El modelo de fuente elegido es la PSL3 240 24 porque las condiciones de trabajo son 24V y 10A.

En el Anexo III, se adjunta la hoja técnica de la fuente de alimentación elegida en el diseño.

1.5.3. P.I.A.

El P.I.A. o Pequeño Interruptor Automático es el dispositivo cuya función es la protección de los circuitos eléctricos, contra cortocircuitos y sobrecargas en sustitución de los fusibles, ya que tienen la ventaja de que no hay que reponerlos, cuando desconectan debido a una sobrecarga o un cortocircuito, se rearman de nuevo y siguen funcionando.

Hay que proteger tanto el motor eléctrico como la fuente de alimentación y a continuación se describe las características de cada uno de los P.I.A. a instalar.

1.5.3.1. P.I.A. PARA MOTOR ELÉCTRICO

Para proteger el motor eléctrico de 2,2kw se elige el P.I.A. modelo MN910V C10 ya que la corriente nominal es de 10A para proteger el motor eléctrico de la tanqueta y la hoja de características se incluye en el Anexo IV.

1.5.3.2. P.I.A. PARA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Para proteger la fuente de alimentación se elige el P.I.A. modelo NDN 316A D16 ya que la corriente nominal es de 16A que es la intensidad que entra en el cuadro eléctrico y la hoja de características se incluye en el Anexo V.

1.5.4. CONTACTOR

El contactor es el dispositivo que permite establecer o interrumpir el paso de corriente. Tiene la capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una de encendido y otra de apagado, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción.

El contactor elegido es el modelo BF09 10L ya que es el indicado para la intensidad de corte de 9A y una potencia máxima de 2,2kw para una tensión de 230V.

La hoja de características de este contactor se adjunta en el Anexo VI.

1.5.5. RELÉ TÉRMICO

El relé térmico es el dispositivo eléctrico para proteger al motor eléctrico contra sobrecargas débiles y prolongadas.

El modelo elegido es el RF38 0650 ya que es el diseñado para un rango de intensidad entre 4 – 6,5A y una intensidad de corte de 8A.

La hoja de características de este contactor se adjunta en el Anexo VII.

1.5.6. CONTACTORES AUXILIARES

Los contactores auxiliares son el dispositivo que permiten o interrumpen el paso de la corriente a las bobinas de los contactores o los elementos de señalización, por lo cual están dimensionados únicamente para intensidades muy pequeñas.

Se elige poner contactores auxiliares instantáneos ya que actúan tan pronto se pulsa la bobina del contactor del mando. Se encargan de abrir y cerrar el circuito.

Se instalan 4 contactores para el accionamiento del movimiento de la tanqueta, dos para cada uno de los motores hidráulicos. Deben colocarse dos contactores auxiliares para cada motor uno para el movimiento de avance y otro para el movimiento de retroceso y para el movimiento de giro se combinan.

Se eligen los contactores del modelo C90-A41X para 24V continua y 5A.

La hoja de características de este contactor se adjunta en el Anexo VIII.

1.5.7. ZUMBADOR ACÚSTICO

El zumbador acústico es el dispositivo que genera un sonido o zumbido como mecanismo de señalización o aviso.

Se elige el modelo SONO 59 porque es el indicado para trabajar a 24V.

En la siguiente ilustración, se muestra la hoja de características del zumbador elegido.



Señalización ACÚSTICA

Zumbadores Electrónicos

SONO 59 Sonido continuo y/o intermitente

Zumbador de fijación base o mural

CÓDIGO	TENSIÓN V	CORRIENTE mA	CONSUMO W	INTERMITENCIA Ciclos / min.	FRECUENCIA ACÚST. Hz
10 81 001C	12 / 24 c.c.a.	100-150	1,2-3,6	84	3220

Dimensiones: (Altura x Diámetro): 42 mm x 76 mm
Construcción: ABS
Terminal: Cable
Salida de sonido: Radial

Ilustración 17. Hoja de características zumbador

1.5.8. MANDO

Para el control y manejo de la tanqueta se ha construido un mando con los siguientes componentes:

- Caja de plástico de 220 x 85 x 90mm
- 2 selectores de maneta de 2 posiciones
 - o 1 selector de maneta cuya función es permitir o rechazar tensión a la máquina
 - “0”: sin tensión
 - “1”: con tensión
 - o 1 selector de maneta cuya función es permitir movimiento de la tanqueta o de otra máquina conectada a ella
- 3 pilotos led
 - o Led verde cuya función es indicar que hay tensión
 - o Led naranja cuya función es indicar que la bomba está en funcionamiento
 - o Led rojo cuya función es indicar si ha saltado el térmico
- 2 pulsadores cuya función es permitir el movimiento de elevar o bajar el plato giratorio mediante un cilindro hidráulico (elemento que por motivos económicos se ha desestimado del diseño inicial)
- Dispositivo de parada de emergencia cuya función es prevenir situaciones de peligro a las personas y evitar daños en la máquina

2. EXTRACCIÓN DE RESULTADOS DEL MODELADO 3D

2.1. CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE TRANSMISIÓN

Con los engranajes incorporados en las cajas reductoras logramos la siguiente relación de transmisión:

$$I = \frac{Z_1}{Z_2} \times \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{14}{34} \times \frac{15}{28} = \frac{105}{476}$$

Z_1 : Engranaje solidario al eje de salida del motor hidráulico

Z_2 : Engranaje grande del eje intermedio de la caja reductora

Z_3 : Engranaje pequeño del eje intermedio de la caja reductora

Z_4 : Engranaje del eje de salida de la caja reductora

2.2. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD LINEAL

Para el cálculo de la velocidad lineal de la tanqueta se dispone tanto de la relación de transmisión del tren de engranajes calculado en el apartado anterior como el régimen de giro de los motores hidráulicos ORBITAL OMR cuya velocidad angular aproximada, según se ha explicado anteriormente, es de 30rpm

Con estos datos podemos calcular la velocidad angular con la que giran las ruedas de la tanqueta mediante la siguiente fórmula:

$$N_{RUEDAS} = I \times N_{MOTOR} = \frac{105}{476} \times 25 = 5,51 \text{ r.p.m.}$$

Y conociendo el dato del diámetro de las ruedas de P.O.M., $\varnothing_{RUEDAS} = 140 \text{ mm}$, se puede calcular la velocidad lineal de las ruedas de la tanqueta con la siguiente fórmula:

$$V_{LINEAL} = N_{RUEDAS} \times R_{RUEDAS}$$

$$V_{RUEDAS} = 5,51 \text{ r.p.m.} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ vuelta}} \times \frac{0,14 \text{ m}}{2} = 2,42 \cong 2,5 \text{ m/min}$$

2.3. CÁLCULO DE ESTABILIDAD Y RESISTENCIA

Para realizar el cálculo de resistencia de la tanqueta hidráulica debemos realizar el cálculo de resistencia tanto de los ejes como de las ruedas.

2.3.1. CÁLCULO DE RESISTENCIA DE LAS RUEDAS

Los datos del diseño de las ruedas a emplear para el cálculo son:

MATERIAL	
DENOMINACIÓN	POLIOXIMETILENO “P.O.M.”
RESISTENCIA	527 MPA
	5.373,9 Kg/cm ²
DIMENSIONES	
DIÁMETRO EXTERIOR	140 mm
DIÁMETRO INTERIOR	65 mm
ÁREA	$\Pi \times (R_e^2 - R_i^2)$
	120,75 cm ²
MÓDULO RESISTENTE	$\Pi \times (R_e - R_i)^2 \times e$
	577,27 cm ³
CÁLCULO	
CARGA NOMINAL	6.000 Kg
FACTOR DE SEGURIDAD (f)	3
CARGA TOTAL (CARGA NOMINAL * f)	18.000 Kg
NÚMERO DE RUEDAS (N)	18
CARGA POR RUEDA (CARGA TOTAL / N)	10.000 Kg
CORTANTE	82,81 Kg/cm ²
CARGA MÁXIMA POR RUEDA A FLECTOR	830.000 Kg*cm
FLECTOR	1.437,81 Kg/cm ²
COMPROBACIÓN	
$\frac{RESISTENCIA}{FLECTOR} > FACTOR DE SEGURIDAD$	3,74 > FACTOR DE SEGURIDAD

En la anterior tabla, se puede comprobar que el $\varnothing_{ext} = 140$ mm de las ruedas de P.O.M. que se ha diseñado cumple las especificaciones.

2.3.2. CÁLCULO DE RESISTENCIA DE LOS EJES

MATERIAL		
DENOMINACIÓN	ACERO	TEMPLADO F-1272 (según UNE 36011-12)
RESISTENCIA	784,53 MPA	8.000 Kg/cm ²
DIMENSIONES		
DIÁMETRO	35 mm	
ÁREA	$\Pi \times R^2$	9,62 cm ²
MÓDULO RESISTENTE	$(\Pi \times R^3) / 4$	4,21 cm ³
CÁLCULO		
CARGA NOMINAL	6.000 Kg	
FACTOR DE SEGURIDAD (f)	1,50	
CARGA TOTAL (CARGA NOMINAL * f)	18.000 Kg	
NÚMERO DE EJES (N)	6	
CARGA POR EJE (CARGA TOTAL / N)	3.000 Kg	
CORTANTE	311,81Kg/cm ²	
CARGA MÁXIMA POR EJE A FLECTOR	27.000 Kg*cm	
FLECTOR	6.413,3 Kg/cm ²	
COMPROBACIÓN		
$\frac{RESISTENCIA}{FLECTOR} > FACTOR DE SEGURIDAD$	1,25 > FACTOR DE SEGURIDAD	

En la tabla, se puede comprobar que el $\varnothing = 35$ mm para los ejes de giro que se han diseñado a partir de la determinación de colocar el rodamiento 6007 permite superar en un 25% la solicitud real máxima de carga.

3. ENSAMBLAJE

La tanqueta hidráulica está formada tanto por elementos comerciales indicados en el apartado anterior de “MODEL A 3D” cuyas medidas y características nos determinan el diseño de los elementos no comerciales a incorporar en la tanqueta hidráulica que se detallan a continuación.

Los planos de fabricación de cada una de las piezas no comerciales de la que constan los diferentes conjuntos de la máquina se encuentran en el Anexo IV.

3.1. CONJUNTO CHASIS PRINCIPAL

Para la fabricación de las diferentes piezas que conforman el chasis principal según los planos incluidos en el ANEXO I se mecanizan mediante oxicorte a la medida deseada.

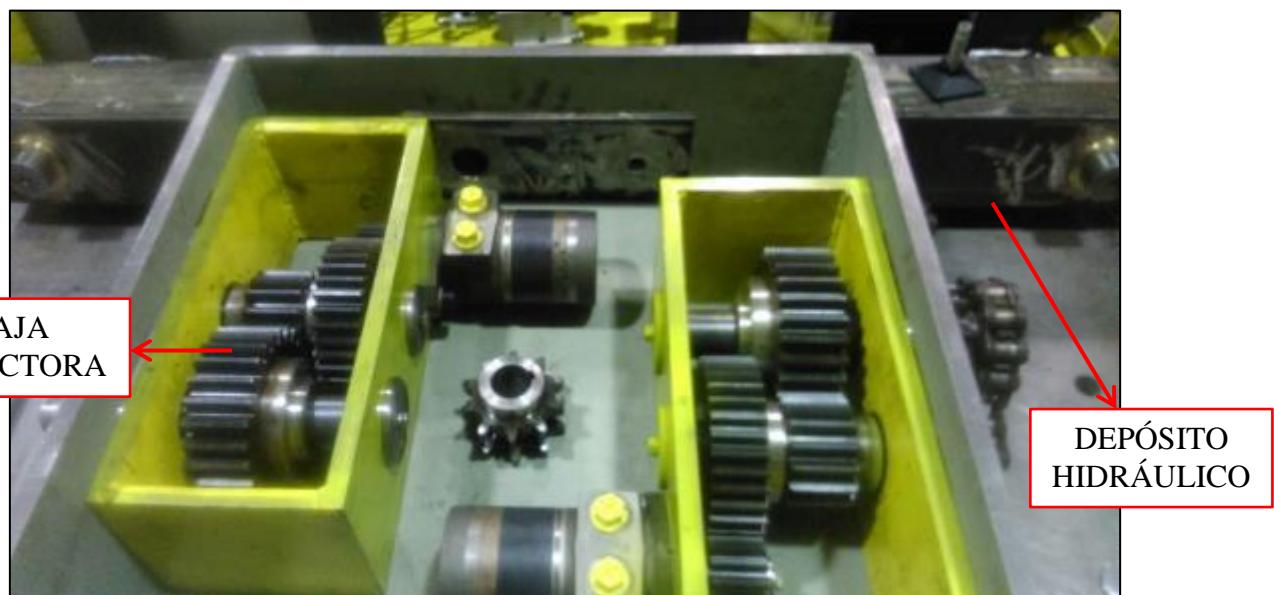


Ilustración 18. Ensamblaje chasis principal

El ensamblaje de las piezas que constituyen el chasis principal se ha realizado mediante soldadura.



Ilustración 19. Soldadura ensamblaje chasis principal y depósito

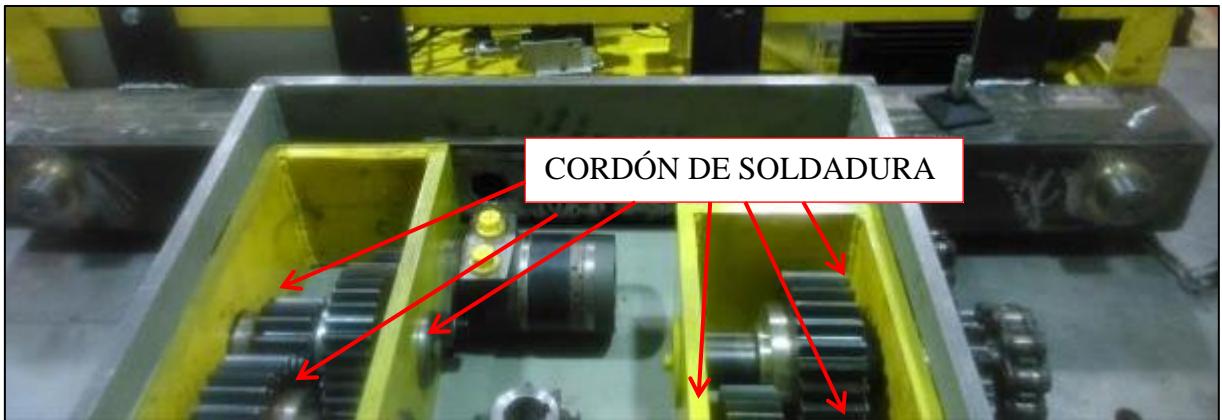


Ilustración 20. Soldadura ensamblaje caja reductora

3.2. CONJUNTO BASTIDOR OSCILANTE

Tras la revisión del diseño previo, se decide realizar la estructura en dos mitades para facilitar las labores de mantenimiento o reparación ante un futuro desmontaje.



Ilustración 21. Fabricación bastidor oscilante

3.2.1. CONJUNTO EJE 1

Constituido por los siguientes elementos mecánicos:

- Eje de $\varnothing = 35$ mm determinado por el rodamiento 6007
- Piñón simple de paso 1" y $Z = 9$
- Piñón doble de paso 1" y $Z = 10$ que permite la transmisión desde el tren de engranajes de la caja reductora hasta las ruedas a través de cadena doble de paso 1"

3.2.2. CONJUNTO EJE INTERMEDIO 2

Constituido por los siguientes elementos mecánicos:

- Eje de $\varnothing = 35$ mm determinado por el rodamiento 6007
- 1 Piñón simple de paso 1" y $Z = 9$ cuya función es la de transmitir el movimiento de giro desde el eje 1 hasta el eje intermedio 2 mediante el elemento mecánico auxiliar como es la cadena simple de paso 1" desde el eje 1
- 1 Piñón simple de paso 1" y $Z = 9$ cuya función es la de transmitir el movimiento de giro del eje intermedio 2 hasta el eje intermedio 3 mediante cadena simple de paso 1"

3.2.3. CONJUNTO EJE INTERMEDIO 3

Formado por:

- Eje
- Piñón simple
- piñón doble

3.2.4. CONJUNTO EJES TENSORES

La función de estos ejes tensores es la de permitir mantener la cadena simple en tensión suficiente para su correcto funcionamiento.

Formado por.

- Eje
- Piñón simple



Ilustración 22. Montaje conjunto ejes - ruedas

En esta ilustración, se observa la disposición tras el montaje previo de los ejes con sus correspondientes piñones y ruedas.

Posteriormente, se realiza el montaje de este conjunto dentro del bastidor oscilante como se muestra en la siguiente ilustración.

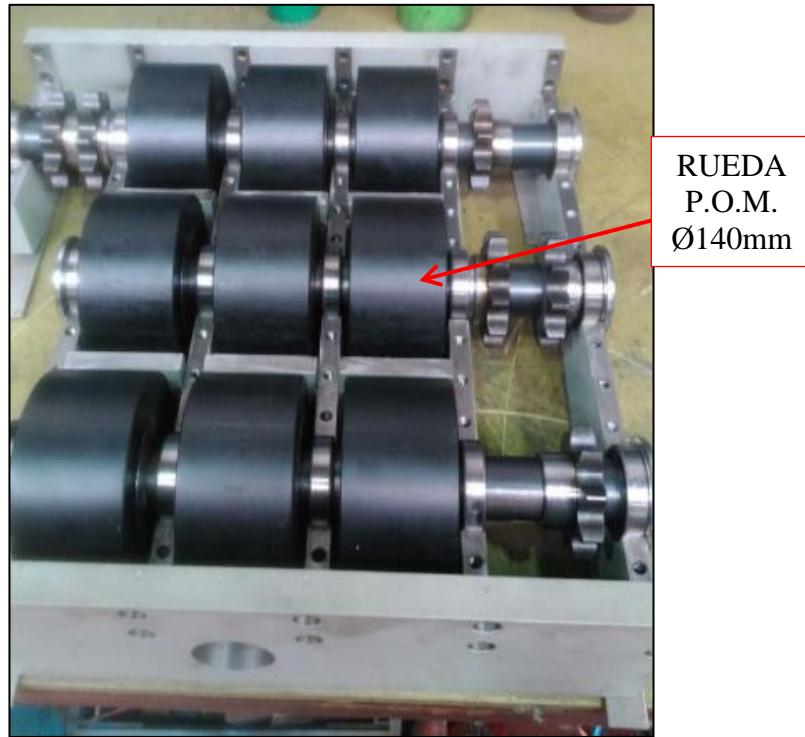


Ilustración 23. Ensamblaje bastidor oscilante

Finalmente, se realiza el ensamblaje de todo el conjunto bastidor



Ilustración 24. Ensamblaje completo bastidor oscilante

3.3. CONJUNTO CAJA REDUCTORA

La fabricación de las 4 piezas que forman el armazón de la caja se ha realizado mediante oxicorte y el ensamblaje entre ellas mediante soldadura realizando previamente un chaflán de $4 \times 45^\circ$ para poder realizar correctamente el cordón de soldadura.

El ensamblaje de la caja reductora sobre el chasis principal realiza mediante 3 tornillos Allen de M8 así como un pequeño tornillo tensor para ajustar la posición definitiva del tren de engranajes y asegurar su correcto funcionamiento.



Ilustración 25. Tren de engranaje compuesto

3.4. PLATO GIRATORIO

El plato giratorio apoya sobre dos tacos 200x50mm con 2 tornillos allen de M8 en cada uno de los tacos.

También se le ha incluido dos taladros pasantes de M12 en la chapa de 10mm de espesor para facilitar mediante 2 cáncamos de M12 el montaje / desmontaje del plato giratorio.

La medida de la chapa viene determinada por la dimensión interior de la estructura del chasis principal ya que va montada dentro de ella.



Ilustración 26. Ensamblaje plato giratorio



Ilustración 27. Montaje de plato giratorio

Las ranuras circulares de 10mm de anchura por 5mm de profundidad se han realizado mediante torneado y su función es la de evitar el deslizamiento de la máquina sobre el plato.

3.5. CIERRE GRUPO HIDRÁULICO

Posteriormente, se ensambla el grupo hidráulico con su cajón a modo de soporte dónde se alojan los diferentes componentes descritos en apartados anteriores.



Ilustración 28. Ensamblaje grupo hidráulico



Ilustración 29. Protección grupo hidráulico

3.6. CIRCUITO ELÉCTRICO



Ilustración 30. Montaje circuito eléctrico

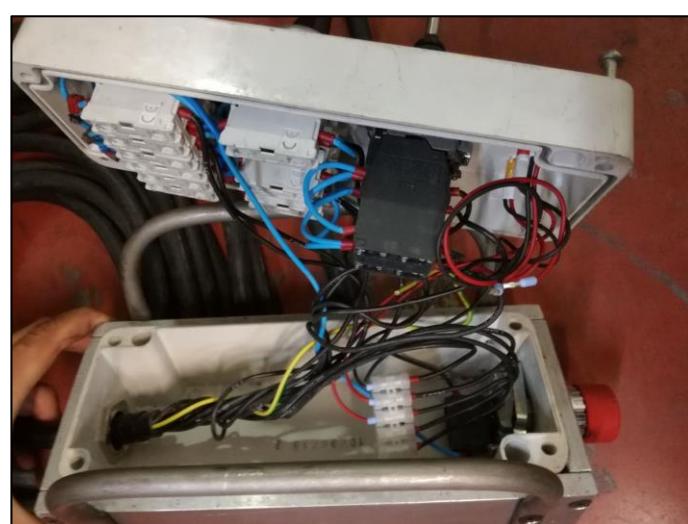


Ilustración 31. Montaje mando



Ilustración 32. Montaje mando y manguera

3.7. ENSAMBLAJE FINAL

Tras el ensamblaje de cada uno de los conjuntos se ensamblan entre ellos y montar definitivamente todo el conjunto tanqueta hidráulica.



Ilustración 33. Montaje final



Ilustración 34. Ensamblaje tanqueta



Ilustración 35. Tanqueta

4. MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE

Para la correcta manipulación de la tanqueta se han colocado 4 puntos de izado.

Y por otro lado, para facilitar su transporte de un modo seguro se ha construido un bastidor de metal a medida con 4 topes para evitar el deslizamiento de la tanqueta sobre el bastidor.



Ilustración 36. Puntos de anclaje tanqueta

5. NORMATIVA

Para el diseño y construcción de la tanqueta se ha tenido en cuenta la siguiente legislación:

- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales
- Directiva comunitaria 2006/42/CE relativa a máquinas

Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización (BOE 23-04-1997)

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (varios artículos de esta

disposición contienen referencias de aplicación a los equipos de trabajo) (BOE 23-04-1997)

Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo (art. 10) (BOE 02-11-1989; 26-05-1990)

Resolución de 5 de julio de 1999, publicada en la BOE 197 de 18 de agosto de la Dirección General de Industria y Tecnología, por la que se acuerda la publicación de la lista actualizada de normas armonizadas en el ámbito del Real Decreto 1435/1999, de 27 de noviembre, de aplicación de la Directiva 89/392/CEE, sobre máquinas, modificado por el Real Decreto 56/1995, de 20 de enero.

Real Decreto 494/2012, de 9 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de máquinas

6. RESULTADOS

Tras la fase de diseño y construcción de la tanqueta en este capítulo se van a mostrar varios ejemplos del funcionamiento de la tanqueta durante trabajos reales realizados por la empresa AYTECMA.

En la siguiente ilustración se muestra el movimiento por cambio de lay-out de una inyectora en una empresa zaragozana.



Ilustración 37. Movimiento inyectora de 60TN

En la siguiente ilustración se muestra el movimiento por cambio de lay-out de una cabeza de un aerogenerador. Para realizar la maniobra fue necesario implementar una estructura entre la cabeza del aerogenerador y la tanqueta.

La función de esta estructura era el aseguramiento del correcto apoyo sobre las dos patas ya que la carcasa del aerogenerador es de chapa.



Ilustración 38. Movimiento cabeza aerogenerador de 55TN



Ilustración 39. Movimiento rectificadora

En la anterior ilustración, se muestra el movimiento de una rectificadora por el traslado de la empresa a unas nuevas instalaciones.

La maniobra se realiza mediante la tanqueta hidráulica en un extremo de la máquina y en el otro extremo, debido a la geometría de la máquina y el reducido espacio de maniobra, se coloca una tanqueta giratoria para favorecer el giro y facilitar el movimiento de la rectificadora hasta el exterior de las instalaciones para su carga.

En esta última ilustración, se muestra el movimiento de una prensa vertical para su colocación en la nueva instalaciones.

La maniobra se realizó en varias fases, en una primera fase se realizó la descarga de la prensa mediante grúa del camión. En una segunda fase, se colocó la prensa horizontalmente sobre la tanqueta para su movimiento hasta una zona próxima a la ubicación definitiva. En la tercera y última fase, la prensa fue alzada por un pórtico hidráulico la colocó en posición vertical y la colocó en su ubicación definitiva.

La maniobra se debió realizar en estas fases, ya que la poca altura de la nave no permitía realizar la maniobra con una grúa salvo quitando el techo de la nave.



Ilustración 40. Movimiento prensa 55TN

7. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este proyecto se ha logrado diseñar y desarrollar un sistema mecánico en el ámbito de la Ingeniería Industrial que satisface las exigencias técnicas y los requisitos exigidos por su usuario, respetando los límites impuestos por los factores presupuestarios y la normativa vigente utilizando herramientas avanzadas computacionales y aplicándolas en el ámbito de la ingeniería mecánica.

Por otra parte, con el desarrollo de este proyecto se han cumplido todos los objetivos inicialmente fijados y cuya conclusión con éxito, han permitido recorrer y ejecutar las diferentes fases durante los procesos de diseño, construcción y validación de la tanqueta hidráulica automotriz:

- Fase previa de investigación del estado de la técnica que ha permitido identificar los diferentes tipos de tanquetas existentes en el mercado y sus especificaciones técnicas.
- Fase de diseño mediante modelos virtuales que han permitido ensayar y validar los diferentes elementos constitutivos que componen la tanqueta para un funcionamiento correcto.
- Fase de cálculo técnico de los elementos comerciales para determinar sus características y dimensionado.
- Fase de construcción de los diferentes elementos no comerciales.
- Fase de ensamblaje de los diferentes conjuntos que componen la tanqueta.
- Fase final de pruebas experimentales para la validación del correcto funcionamiento según las especificaciones indicadas en el diseño de la tanqueta.

Finalmente, y atendiendo al desarrollo de competencias alcanzadas al cursar la titulación de Ingeniero Industrial, y ligadas al desarrollo profesional con la ejecución de este proyecto se ha conseguido adquirir:

- Conocimiento y capacidad para proyectar, calcular y diseñar componentes mecánicos elementos estructurales.
- Conocimiento y capacidad para analizar y caracterizar el comportamiento de componentes mecánicos y elementos estructurales.
- Conocimiento y capacidad para evaluar y valorar las metodologías más adecuadas para abordar el diseño estructural de elementos.
- Conocimiento y capacidad para proyectar, calcular y diseñar componentes eléctricos.
- Conocimiento y capacidad para proyectar, calcular y diseñar componentes hidráulicos.
- Conocimiento y capacidad para controlar y verificar sistemas de fabricación.
- Conocimiento y capacidad para diseñar, modelar y optimizar sistemas integrados de producción mecánica.

8. BIBLIOGRAFÍA

- <http://merle.es/perfiles-ipn-ipe-upn-hea-heb/>
- [http://www.corefluid.es/imagenes/maestrodoc/2ccpgad4qz2PRESOL%20HM__SERIE_2016%20\(Esp\).pdf](http://www.corefluid.es/imagenes/maestrodoc/2ccpgad4qz2PRESOL%20HM__SERIE_2016%20(Esp).pdf)
- <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0f8e/0900766b80f8e262.pdf>
- <http://www.skf.com/ve/products/bearings-units-housings/ball-bearings/thrust-ball-bearings/single-direction/index.html?designation=51232%20M>
- http://www.interfluid.es/documentacion/galtech/motores_y_bombas/gear_pumps.pdf
- <http://www.lafert.es/descargas/aegesp.pdf>
- <http://files.danfoss.com/documents/520l0262.pdf>
- http://www.lovatoelectric.es/Download/PD60GB05_11.pdf
- http://www.hager.es/catalogo-de-productos/distribucion-de-la-energia/proteccion-modular/vivienda/interruptores-automaticos-magnetotermicos/mn910v/15448.htm?utm_source=print
- <https://www.hager.de/modulargeraete/leitungsschutzschalter/ls-schalter-10-ka/ndn316/954951.htm#Downloads>
- http://www.lovatoelectric.com/Download/PD55GB03_08.pdf
- http://www.lovatoelectric.cn/HandlerDoc.ashx?s=03+-+Motor+protection+relays_01_14.pdf&ic=130
- http://www.releco-relays.net/es/Reles-QRC/C9-A4x_es.pdf
- http://www.fcarrasco.es/img_productos/archivos/SONO_59_3286275.pdf