



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA
INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO

**Diseño de sistema limitador de desplazamiento hidráulico para la
eliminación de la falla en el bellcranck del cargador frontal
Komatsu modelo WA 470-6.**

AUTORES

Br. Johnny Emmanuel Betanco Castillo
Br. Jonathan José Betanco Castillo
Br. Pablo Miguel Zelaya Reyes

TUTOR

Msc. Juan Oswaldo Blandino Rayo

Managua, Abril de 2021



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA
INGENIERIA MECÁNICA**

TÍTULO

Diseño de sistema limitador de desplazamiento hidráulico para la eliminación de la falla en el bellcranck del cargador frontal Komatsu modelo WA 470-6.

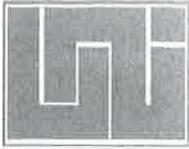
AUTORES

Br. Johnny Emmanuel Betanco Castillo
Br. Jonathan José Betanco Castillo
Br. Pablo Miguel Zelaya Reyes

TUTOR

Msc. Juan Oswaldo Blandino Rayo

Managua, 09 de Abril de 2021



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

ZELAYA REYES PABLO MIGUEL

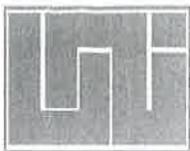
Carne: **2012-41713** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA MECANICA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los dieciseis días del mes de marzo del año dos mil veinte y uno.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

BETANCO CASTILLO JOHNNY EMMANUEL

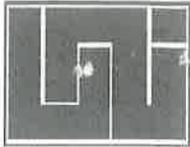
Carne: **2014-0033U** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA MECANICA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los dieciseis días del mes de marzo del año dos mil veinte y uno.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





Lider en Ciencia y Tecnología

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

BETANCO CASTILLO JONATHAN JOSÉ

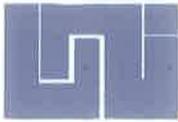
Carne: **2006-23113** Turno **Diurno** Plan de Estudios **972A** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA MECANICA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los diecinueve días del mes de agosto del año dos mil diecinueve.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





Handwritten signature or initials in the top right corner.

DECANATURA

Managua, 21 de agosto de 2020

Brs. Johnny Emmanuel Betanco Castillo

Jonathan José Betanco Castillo

Pablo Miguel Zelaya Reyes

Por este medio hago constar que el protocolo de su trabajo monográfico titulado **Diseño de sistema limitador de desplazamiento hidráulico para la eliminación de la falla en el bellcranck del cargador frontal Komatsu modelo WA 470-6**, para obtener el título de **Ingeniero Mecánico** y que contará con el **MSc. Juan Oswaldo Blandino Rayo** como tutor, ha sido aprobado por esta Decanatura.

Cordialmente,


MSc. Lester Antonio Artola Chavarría
Decano



C/c: Archivo
LACH/art

Managua, octubre 26 del 2020

Ingeniero
Lester Artola Chavarría
Decano
Facultad de Tecnología de la Industria

Estimado Ing. Artola:

Reciba cordiales saludos.

Por este medio me dirijo a usted para asigne fecha de defensa de la monografía titulada "Diseño de sistema limitador de desplazamiento hidráulico para la eliminación de la falla en el bellcranck del cargador frontal Komatsu modelo WA 470-6" elaborado por los bachilleres Johnny Emmanuel Betanco Castiilo, Jonathan José Betanco Castillo y Pablo Miguel Zelaya Reyes. Cabe mencionar que dicha solicitud la hago por considerar que la misma cumple con los requisitos necesarios para la misma.

Sin más que agregar, me despido.

Atentamente,



Juan Oswaldo Blandino Rayo
Tutor

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a Dios y a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Agradecimiento:

A mi familia, por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo.

De manera gentil a mi tutor de tesis, por haberme guiado, a mis diferentes maestros por compartir sus conocimientos y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

A la Universidad Nacional de Ingeniería, por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento.

Resumen ejecutivo.

El presente trabajo monográfico muestra los resultados obtenidos del diseño de un sistema limitador hidráulico de desplazamiento para el cargador frontal Komatsu WA 470-6, con el objetivo evitar la constante falla que al menos en 4 ocasiones en un lapso menor a dos años afectó al bellcrank que es parte del mecanismo de accionamiento del cucharón del equipo de trabajo.

El cargador frontal WA 470-6 es una máquina del tipo pesado que opera en trabajos de minería donde la exigencia de la disponibilidad de los equipos es alta, sin embargo, debido a diversos factores, como son: operación inadecuada e interferencia estructural entre algunos elementos que conforman el bastidor frontal de la máquina propiciaron la aparición de fallas que afectaron componentes importantes y que están relacionados indirectamente con la función principal de la máquina que es movimiento de material.

En este documento se brinda un análisis breve de las causas de la falla de estos componentes, gracias a la recopilación de información de forma presencial. Mediante software de diseño mecánico se analizó cinemáticamente el brazo de alzado para identificar eslabones críticos, representar la estructura de manera simplificada y determinar el punto muerto o máximo de desplazamiento antes del impacto.

Se selecciona una solución para evitar la colisión entre brazo de alzado y bellcrank (elementos del bastidor frontal) tras el análisis de las diversas posibilidades y condicionantes por parte del cliente y fabricante. A partir de la solución definida como “Sistema de Limitación Hidráulica” que se compone de la integración en conjunto de un circuito hidráulico, elementos mecánicos y un circuito eléctrico de alimentación y control independientes a la intervención del operador para aumentar la confianza en el diseño. De igual manera se seleccionan los componentes que forman este sistema aplicando criterios a nivel de diseño de ingeniería, utilización de normas internacionales y recomendaciones del fabricante de la máquina.

Se presenta el procedimiento de instalación completo de todos los componentes, lugares de montaje y consideraciones importantes para realizar una instalación correcta.

Se toma como referencia una de las máquinas para demostrar el beneficio de la decisión de llevar a cabo una acción correctiva de reparación de la falla en la máquina y la opción preventiva que es la instalación del sistema limitador, dando como resultado un ahorro alrededor del 150% del monto de instalación del sistema de limitación, pudiendo ser amortizada la operación en menos de un año.

Índice

I. Introducción.....	1
II. Objetivos.	3
III. Justificación.....	4
IV. Marco teórico.	6
4.1 Minería y maquinaria para minado.....	6
4.1.1 Minería a cielo abierto.....	6
4.1.2 Maquinaria para explotación minera a cielo abierto.....	6
4.2 Diseño en ingeniería mecánica.	6
4.2.1 Fases del diseño en ingeniería mecánica.....	6
4.2.2 Análisis y síntesis.	7
4.3 Cinemática	7
4.3.1 Cinemática del solido rígido.....	7
4.3.2 Análisis cinemático de mecanismo plano	8
4.3.2.1 Cadenas cinemáticas	9
4.3.2.2 Diagramas cinemáticos.	9
4.3.2.3 Movilidad o grados de libertad de una cadena cinemática.	9
4.4 Hidráulica, generalidades.....	9
4.5 Hidráulica aplicada a maquinaria pesada	10
4.5.1 Circuitos hidráulicos.....	10
4.5.2 Dispositivos y elementos de los circuitos Hidráulicos.	10
4.5.2.1 Bombas.	11
4.5.2.2 Depósito o tanque hidráulico.	11
4.5.2.3 Válvulas.....	12
4.5.2.4 Sistema de circulación.....	15
4.5.2.5 Conectores y accesorios	17
4.6 Electricidad aplicada a maquinaria pesada.....	18
4.6.1 Carga y corriente.	18
4.6.2 Voltaje y diferencia de potencial.	18
4.6.3 Resistencia eléctrica y efecto Joule.	19
4.6.4 Potencia eléctrica.	19

4.6.5 Circuitos eléctricos.....	19
4.6.6 Fuentes y acumuladores.....	19
4.6.7 Elementos que componen los circuitos eléctricos.	20
4.6.8 Selección de conductor.....	20
4.6.9 Dispositivos de control electromecánico.	21
4.7 Manufactura y elementos constructivos.	22
4.7.1 Piezas y elementos.....	22
4.7.2 Tecnologías de fabricación.	22
4.7.3 Procesos con remoción de material.....	23
4.7.4 Operaciones y herramientas de corte.....	23
4.7.5 Propiedades mecánicas.....	24
4.7.6 Tolerancias dimensionales.	24
4.7.6.1 Norma de tolerancia y dimensionado.	24
4.7.6.2 Norma ISO para calidad y grados de tolerancia.	25
4.7.7 Roscas y normas de tornillos, pernos y tuercas.	25
4.7.8 Soldadura	26
4.7.8.1 Soldadura por arco eléctrico.....	26
4.7.8.2 Tipos de uniones.	26
4.7.8.3 Tipos de soldadura.	26
4.7.8.4 Normas utilizadas para soldadura.	27
V. Diseño metodológico.....	28
VI. Análisis y presentación de resultados.	29
6.1. Descripción general de la máquina	29
6.2. Ubicación y descripción de la falla	29
6.3. Costos inherentes a las fallas	31
6.4. Sistema limitador.....	32
6.5. Proceso de Diseño del Limitador.	32
6.5.1. Consideraciones básicas.....	32
6.5.2. Solución adoptada.	33
6.6. Análisis cinemático.....	34
6.6.1. Diagrama cinemático.	34
6.6.2. Punto muerto inferior.	36

6.7.	Diseño de circuito hidráulico.	40
6.7.1.	Diagrama hidráulico del Bypass limitador.	43
6.7.2.	Elementos hidráulicos seleccionados.	43
6.8.	Diseño de circuito eléctrico.	46
6.8.1.	Diagrama eléctrico de control.	47
6.8.2.	Elementos eléctricos seleccionados.	48
6.9.	Diseño de soporte del sensor.	50
6.10.	Presupuesto y costos de componentes e instalación.	52
6.11.	Beneficios de la instalación del Sistema de Limitación Hidráulica.	53
VII.	Conclusiones.	56
VIII.	Recomendaciones.	57
IX.	Bibliografía y webgrafía.	58
X.	Anexos.	61
	Anexo I.	61
	Tablas de elementos que componen el sistema limitador.	61
	Anexo II.	62
	Tablas de propiedades de los materiales.	62
	Anexo A.	64
	Instalación.	64
	Test de funcionamiento.	70
	Anexo B.	76
	Memoria de cálculo.	76
	Anexo C.	96
	Planos y diagramas.	96

I. Introducción.

Las fallas en los equipos de trabajo agrícola e industrial o de construcción y de minería representan grandes pérdidas económicas a la empresa propietaria o dueño particular de los tales, el tiempo que se mantiene sin operar y el costo de repuestos muchas veces e incluso la mayoría de las veces es mayor que los costos de mantenimiento regulares, por lo tanto, siempre se debe planificar la manera en que se genere la menor cantidad de pérdidas para la empresa.

Cuando las operaciones de mantenimiento son insuficientes para proteger a una máquina, equipo, instrumento, o dispositivo quiere decir que las condiciones a las que se encuentra expuesto son adversas, ante una falla en éstos equipos se debe, como labor de ingeniería analizar y dar solución al problema, algunas veces se tomarán medidas leves, se requerirá adaptar piezas y en ocasiones diseñar o rediseñar sistemas que no estaban presentes en la estructura original de la máquina, con la finalidad de mejorar su fiabilidad, confiabilidad y/o eficiencia

En este trabajo de diseño se da solución a la falla en un cargador frontal de la marca japonesa Komatsu modelo WA470 el cual se emplea en movimientos de materiales, específicamente trabajos de minería de extracción de Oro en la zona de chontales.

Esta máquina tiene jornadas de trabajo continuas de hasta 23 horas diarias, sumado a esto, el personal que trabaja en el equipo no mantiene buenas prácticas operacionales, lo que deriva en fallos o desgaste prematuro de algunos componentes; uno de estos fallos originado por una operación inadecuada es el que se procedió a solucionar y exponer en este documento. Dicha falla es la rotura de uno de los componentes estructurales del equipo de trabajo, la pieza que sufre daños y que estaba representando un punto relevante debido a su costo y las pérdidas de producción es llamada "BELLCRANK", cuyo elemento es parte esencial del sistema de articulación del brazo del equipo de trabajo.

Se requería encontrar una solución para erradicar las colisiones entre el brazo de levantamiento del equipo de trabajo y el Bellcranck, de tal modo que sea completamente independiente a la acción o influencia del operador, mediante un sistema que pueda inhibir la acción operacional utilizando una relación de sistemas mecánicos, hidráulicos y eléctricos para tal fin.

Se realizaron mediciones y se calculó el desplazamiento máximo del movimiento de recogida y alzado de material (cucharón y brazo), se determinó la ubicación de sensores, se diseñaron el circuito hidráulico sin que este afecte la potencia hidráulica de la máquina, se dibujaron las líneas eléctricas, además de la representación en planos de las operaciones de manufactura de pequeñas piezas que servirán para el montaje del sistema, además de los costos inherentes a estas operaciones.

Con el diseño obtenido finalmente, se puede equipar de igual manera a las demás máquinas del mismo modelo que posee la empresa, de este modo se evitaran pérdidas y desgaste excesivo, presentando beneficios económicos reales y amortizables en un corto período de tiempo.

II. Objetivos.

Objetivo General.

- Realizar el diseño de un sistema limitador de desplazamiento hidráulico para la eliminación de la falla en el bellcranck del cargador frontal Komatsu modelo WA470.

Objetivos específicos

- Analizar cinemáticamente la estructura del brazo del cargador para el señalamiento de los puntos de interés y determinación de los límites máximo y mínimo de desplazamiento.
- Definir los componentes y accesorios que se emplearán en el diseño del limitador, tomando en cuenta los lugares de montaje más apropiados, observaciones del fabricante y los criterios de los diseñadores para su aplicación.
- Mostrar el esquema y el circuito hidráulico y eléctrico, con limitación independiente al operador para su aplicación en base a las normas establecidas por el fabricante.
- Exponer los beneficios técnicos y económicos que se obtienen con la instalación e implementación de este sistema limitador.

III. Justificación.

La premisa de este proyecto es precisamente una situación problemática, pues debido a las condiciones de operación, y según el reporte de la empresa que brinda el servicio de Leasing, garantía y mantenimiento Construmarket Nicaragua.

En el cargador frontal modelo WA 470, que es un equipo utilizado en minería, se produjo una falla de rotura y destrucción del punto de apoyo del bellcranck que realiza la acción de alzado y descenso del boom o cuchara durante el depósito de material hacia la entrada de uno de los trituradores del sistema de molienda.

Esta falla se ha repetido en dos ocasiones, generando grandes pérdidas en la producción, y el alto costo del componente dañado genera una preocupación para el propietario de la máquina, debido a que la pieza queda inservible y se debe reemplazar. No obstante, al analizar las condiciones de operación se rescata que la causa de esta falla se produce debido a la acción recurrente de impacto o colisión entre el bellcranck y la estructura del brazo de carga principal al final del recorrido de volteo e incluso de carga.

Ante estas circunstancias se determina que se necesita evitar fallas futuras, conociendo que los métodos de operación no cambiarán debido a que la maquina debe cumplir con metas de productividad, y siendo informados que el cliente no puede permitirse un cambio en la estructura de la maquina debido a la validez de la garantía, además que los elementos más importantes que se vayan a instalar deben ser originales de KOMATSU y/o aprobados por el fabricante.

El desarrollo de este trabajo de diseño se realizará en base a recomendaciones realizadas por el fabricante de la maquina con respecto a los elementos que no se deben modificar, a este también es consultado por la aprobación de las piezas utilizadas evitando conflictos relacionados a la fiabilidad de los componentes.

Se tomará en cuenta criterios de diseño básicos y específicos para las áreas de hidráulica y eléctrica, así como la manufactura para la selección y ensamble de las piezas necesarias.

Al final de este proyecto además de la prevención de futuras fallas, con este diseño se logrará reducir costos, pues se presentará y se comparará el costo de instalación total del sistema limitador con el costo que supuso la falla en esta máquina, lo cual se traduce en beneficios económicos continuos para la empresa.

IV. Marco teórico.

4.1 Minería y maquinaria para minado

La minería es una actividad económica que permite la explotación y extracción de minerales que se encuentran acumulados en el suelo y subsuelo llamados yacimientos en Nicaragua se clasifican como:

Metales, semimetales, minerales no metálicos, rocas, combustibles minerales sólidos, minerales radioactivos y cloruro de sodio. (Gobierno de Nicaragua, 2012)

4.1.1 Minería a cielo abierto

La minería a cielo abierto superficial es aquella que se realiza a través de un proceso de eliminación de la vegetación y de las capas superiores del suelo hasta llegar al mineral. (Gobierno de México, 2019)

4.1.2 Maquinaria para explotación minera a cielo abierto

Debido a que las explotaciones mineras buscan generar los mayores beneficios económicos, es lógico que el tiempo sea un factor relevante, pues se busca procesar la mayor cantidad de material en el menor tiempo posible lo cual conlleva a emplear maquinaria pesada.

- ❖ Raspador y nivelador (Bulldozer)
- ❖ Compactadora
- ❖ Excavadora.
- ❖ Camión.
- ❖ Cargador frontal.

4.2 Diseño en ingeniería mecánica.

Los ingenieros mecánicos están relacionados con amplias ramas de la industria y deben no solamente innovar, mantener y explotar recursos, sino que una de sus principales labores es la recuperación de elementos y la solución de problemas técnicos que afectan cualquier actividad productiva, o que conlleve a gastos por reparaciones. (Budynas & Nisbet, 2008)

4.2.1 Fases del diseño en ingeniería mecánica

Las fases del diseño en ingeniería mecánica están bien definidas por la experiencia, pueden variar bajo ciertas circunstancias extraordinarias, pero siempre que se pueda se seguirán estas fases:

- Identificación de la necesidad.
- Decidir la ruta para solucionar el problema.
- Presentar los planes para satisfacer la necesidad.

4.2.2 Análisis y síntesis.

El diseño y el análisis son dos aspectos distintos en el estudio de los sistemas mecánicos. El concepto del término "diseño" podría llamarse más correctamente síntesis, o sea, el proceso de idear un patrón o método para lograr un propósito dado. Diseño es el proceso de establecer tamaños, formas, composiciones de los materiales y disposiciones de las piezas. (Shigley & Uicker Jr, 2001)

4.3 Cinemática

La cinemática es una rama de la física dedicada al estudio del movimiento de los cuerpos en el espacio, sin atender a las causas que lo producen (lo que llamamos fuerzas). Por tanto, la cinemática sólo estudia el movimiento en sí, a diferencia de la dinámica que estudia las interacciones que lo producen.

La cinemática trata con la manera en que se mueven los cuerpos. Es el estudio de la geometría del movimiento, según sea la conveniencia del estudio y su profundidad (Myszka, 2012)

4.3.1 Cinemática del sólido rígido.

La cinemática del sólido rígido es una aplicación de la cinemática al movimiento de un objeto tridimensional rígido en el espacio.

Movimiento plano de un cuerpo rígido

El movimiento plano de un cuerpo rígido ocurre cuando todas sus partículas se desplazan a lo largo de trayectorias equidistantes de un plano fijo, existen tres tipos de movimiento plano de un cuerpo rígido: traslación, rotación y movimiento plano-general. (Hibbeler, 2010)

❖ Traslación.

- traslación rectilínea.
- Traslación curvilínea.

❖ Rotación alrededor de un eje fijo.

❖ **Movimiento plano general.**

4.3.2 Análisis cinemático de mecanismo plano

El análisis cinemático se utiliza para evaluar el movimiento del mecanismo gobernado por motores cinemáticos. Este motor puede ser cualquier elemento que proporcione la fuerza para mover el mecanismo con un valor de aceleración finita. (Myszka, 2012)

Eslabón.

Es un cuerpo rígido (supuesto) que posee por lo menos dos nodos que son puntos de unión con otros eslabones. Según el número de puntos de unión o nodos se clasifican:

- ❖ Eslabón binario. Tiene dos nodos.
- ❖ Eslabón ternario. Tiene tres nodos.
- ❖ Eslabón cuaternario. tiene cuatro nodos.

Pares cinemáticos

Una unión es una conexión móvil entre los eslabones que permite el movimiento relativo entre ellos.

- ❖ Unión de revoluta.
- ❖ Unión prismática.

Los seis pares inferiores		
Nombre (símbolo)	GDL	Con- tiene
Revoluta (R)	1	R
Prismático (P)	1	P
Helicoidal (H)	1	RP
Cilíndrica (C)	2	RP
Esférica (S)	3	RRR
Plana (F)	3	RPP

Tabla 4.1 Juntas

Juntas según los grados de libertad: son los movimientos que son permitidos a una junta por su unión mecánica son sus grados de libertad.

Entonces las juntas que permiten un solo movimiento, de rotación o de traslación tienen un solo grado de libertad. Las juntas que permiten dos movimientos tienen dos grados de libertad, y las que permiten tres tipos de movimiento tienen tres grados de libertad, estas son las juntas esféricas y las planas. (Norton, 2009)

Juntas según el orden: son definidas como: “el número de eslabones conectados menos uno”, esto es que se requieren dos eslabones para una junta simple, por lo tanto, la combinación más simple de dos eslabones es una junta de orden uno (Norton, 2009), Entonces, orden = N° eslabones – 1

4.3.2.1 Cadenas cinemáticas

Cuando un número de uniones son conectadas por medio de juntas, el sistema resultante es una “cadena cinemática”. El movimiento relativo siempre será el mismo entre las juntas. (Mabie & Reinholtz , 1986)

4.3.2.2 Diagramas cinemáticos.

El primer paso en el análisis del movimiento de mecanismos es esbozar el *diagrama cinemático*, que tiene un propósito similar al de un diagrama eléctrico, se trata de mostrar sólo los aspectos esenciales del mecanismo. (Erdman & Sandor , 1998)

4.3.2.3 Movilidad o grados de libertad de una cadena cinemática.

Para determinar el *GDL* global de cualquier mecanismo, se debe considerar el número de eslabones, así como las juntas y las interacciones entre ellos. El *GDL* de cualquier ensamble de eslabones se puede pronosticar con una investigación de la condición de **Gruebler**. (Norton, 2009)

$$M = 3L - 2J - 3G \text{ Ec 5.1}$$

- M= Grados de libertad
- L= Número de eslabones
- J= Número de juntas
- G=Número de bastidores

De igual manera se debe tomar en cuenta que el valor de J debe reflejar el valor de todas las juntas del mecanismo. Esto es, las semijuntas cuentan como $\frac{1}{2}$ porque solo eliminan un grado de libertad. Lo cual está planteado en la modificación de **Kutzbach** a la ecuación de Gruebler.

$$M = 3(L - 1) - 2J_1 - 2J_2 \text{ Ec 5.2}$$

Donde J_1 es el número de juntas de un grado de libertad (completas) y J_2 es el número de juntas de 2 grados de libertad (semijuntas).

4.4 Hidráulica, generalidades

La hidráulica es una subcategoría de la hidrodinámica y estudia los flujos de líquido en tubos, mangueras y canales abiertos. (Cengel & Cimbala , 2010)

En el desarrollo de los principios de la mecánica de los fluidos en la hidráulica, algunas de las propiedades de los fluidos juegan un papel preponderante, mientras que otras o influyen muy poco o nada. (Giles, 2005)

Presión.

La presión en un punto se define como el valor absoluto de la fuerza por unidad de superficie, en el caso de los fluidos en reposo la fuerza ejercida sobre una superficie debe ser siempre perpendicular a la superficie, ya que, si hubiera una componente tangencial, el fluido fluiría. (Domingo, 2011)

4.5 Hidráulica aplicada a maquinaria pesada

Actualmente la hidráulica se considera fundamental en cualquier maquina o vehículo, según la finalidad para la que se requiera conllevará una distribución, un control, y una presión distinta, ejemplos de ello son los sistemas de frenos de acción hidráulica, el accionamiento de brazos mecánicos o incluso robóticos.

Sistemas hidráulicos

Los sistemas oleo-hidráulicos se utilizan en múltiples aplicaciones tanto en sistemas de mando como de control, en aplicaciones en que se necesitan pequeñas fuerzas se emplea la neumática, mientras que la hidráulica se emplea en sistemas de potencia. (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016)

4.5.1 Circuitos hidráulicos

Un circuito hidráulico es una línea para que el aceite fluya por medio de mangueras y componentes desde un dispositivo de acción como las bombas hasta el elemento actuador, como lo es un cilindro o un disco de freno. (Lab-Volt)

4.5.2 Dispositivos y elementos de los circuitos Hidráulicos.

Son los elementos que conforman el circuito hidráulico, cada cual tiene sus características y variables según la aplicación que se requiere.

Los circuitos hidráulicos básicos están compuestos por los siguientes elementos:

- El depósito, o tanque.
- La bomba.
- Válvula direccional.
- El cilindro.
- La válvula de alivio.

4.5.2.1 Bombas.

Las bombas que conocemos en los sistemas hidráulicos de potencia son las de desplazamiento positivo (volumétrico), en estas máquinas el intercambio de energía es sobre todo en forma de presión mediante el paso de fluido a través de una cámara de trabajo. (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016)

Los parámetros más importantes en una bomba hidráulica son:

- Presión de operación
- Caudal de trabajo
- Potencia.
- Eficiencia.

Bombas volumétricas.

El funcionamiento consiste en el paso periódico de determinadas porciones de líquido, desde la cavidad de aspiración a la descarga de la bomba, con un aumento de presión. (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016)

Las bombas alternativas o reciprocantes: generalmente son conocidas como de pistones, las hay de acción simple y de doble acción, su funcionamiento es sencillo y práctico. Cuenta con válvulas de admisión y descarga que se abren y cierran en la compresión y en la expansión del volumen dentro del cilindro.

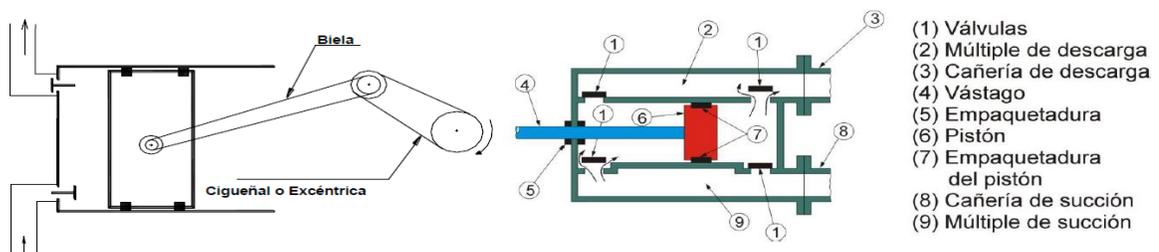


Figura 4.1. A la izquierda bomba alternativa de efecto simple, a la derecha una bomba alternativa de doble efecto con una capacidad mejorada de acción.

4.5.2.2 Depósito o tanque hidráulico.

El depósito o tanque hidráulico cumple con más de una función: (Department of the Army, 1997)

- Es donde se almacena y se rellena el líquido hidráulico.
- Sirve como disipador de calor para el aceite que retorna.

- Reposa el aceite para asentar partículas y contaminantes que se pueden arrastrar del circuito.

Tipos de tanques.

Presurizados: permanecen sellados, evitando que penetre la suciedad y la humedad en su interior.

Ventilados: Los tanques ventilados no son sellados y al estar abiertos a la atmosfera, permiten que haya compensación de presión por lo que no necesitan válvula de alivio.

Capacidad del depósito

El depósito debe tener suficiente capacidad para enfriar el aceite y reposarlo para evitar cualquier espuma por eso se requiere el mayor periodo de permanencia, de este modo el tanque debe tener al menos la siguiente capacidad: (Rodriguez Galbarro, 2020)

$$V = 3 * Q_c \text{ en litros Ec. 5.3}$$

Q_c es el caudal de la bomba por minuto

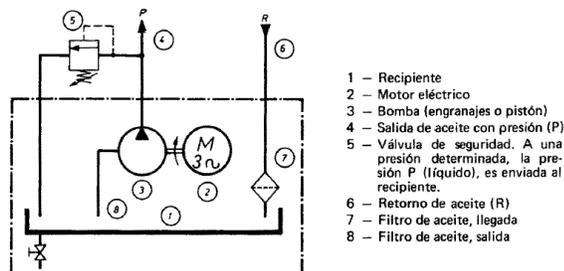


Figura 4.2. Representación de tanque hidráulico

4.5.2.3 Válvulas

Las válvulas son elementos de regulación, de control y de mando de la circulación del fluido hidráulico por el interior del cilindro, pueden ser de diversos tipos: válvulas controladoras de presión, de caudal, válvulas direccionales, distribuidoras, de boqueo o de cierre. (Rodriguez Galbarro, 2020)

Válvulas de presión: actúan cuando la presión del fluido en el interior del circuito alcanza un cierto valor, llamado también valor de tarado, según su función se clasifican en **válvulas de seguridad** y **válvulas de compensación de carga**.

Válvulas de caudal: limitan el caudal máximo que circula por el circuito derivando los excesos a la línea de retorno a tanque

Válvulas direccionales: una de las principales funciones de las válvulas direccionales es la conexión o aislamiento de una o más vías de flujo, están identificadas de acuerdo a sus funciones específicas, las más comunes son: (Taylor & Francis Group, 2012)

- El número de puertos de salida.
- El número de posiciones de la válvula.

Válvulas de control direccional tipo Spool: la válvula de control direccional de tipo carrete deslizante es la mejor manera de lograr una inversión de flujo, estas válvulas tienen un eje cilíndrico llamado “carrete” (spool), que se desliza en un orificio mecanizado en la carcasa de la válvula. La carcasa tiene puertos para conectar la válvula al circuito hidráulico.

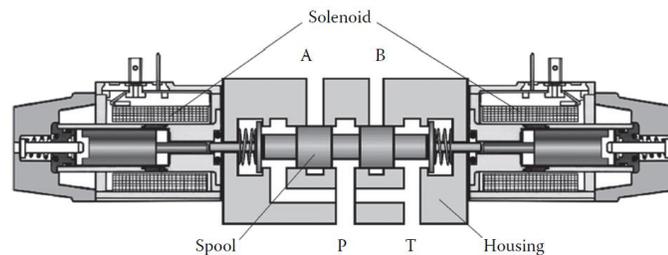


Figura 4.3. Válvula de control direccional, controlada directamente por dos solenoides con centrado por resortes en posición central (Taylor & Francis Group, 2012)

Sistema de detección de carga de centro cerrado. (CLSS)

Cuando todos los carretes están en posición neutra, el aceite bombeado a la válvula de control, no retorna a tanque, porque tiene normalmente una bomba de caudal variable, entonces la válvula que se mantenía en neutro “de golpe” incrementa el flujo de aceite cuando el circuito hidráulico está en uso. (Komatsu, Cummings, 2016)

Válvula de Control

- 1 Válvula de alivio principal
- 2 Carrete ECSS
- 3 Carrete de brazo
- 4 Carrete de cucharón
- 5 Carrete de Servicio
- 6 Reductor de caudal en movimiento combinado de pala

Electro válvula ECSS

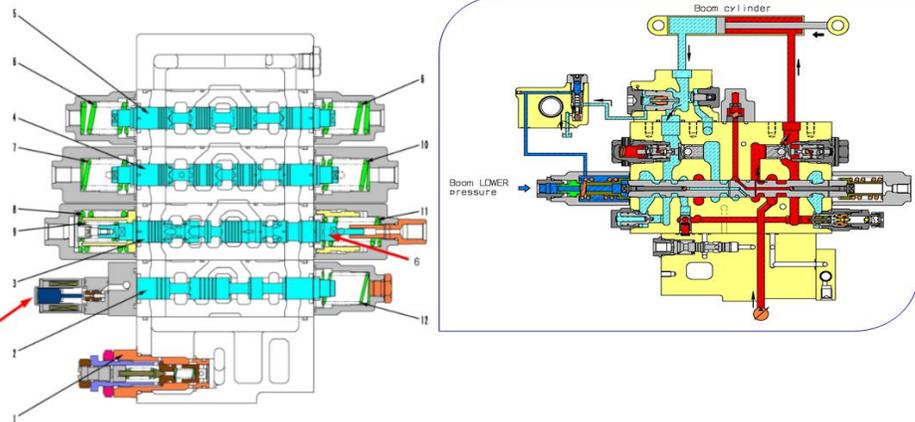


Figura 4.4. Control central, en los puertos de entrada se reciben las señales de control proporcional PPC de “muy baja presión” (WA 380-470) (Komatsu, Cummings, 2011)

Cuando el carrete está abierto:

La presión piloto es introducida al circuito para “bajar el Boom” empujando el carrete hacia la derecha, la presión de la bomba pasa al puerto entre el carrete y la válvula check de carga. (komatsu, 2016)

Control proporcional de presión piloto. (CLSS-PPC)

El control PPC es conocido como “aceite de control”, que está en un circuito de baja presión para proveer al operador y a la maquina una señal y un circuito auxiliar con el propósito de comunicar (a la válvula de carrete) los deseos del operador. Activando ciertas válvulas solenoides que controlan funciones específicas. (komatsu, 2016)

Válvula auto reductora de presión SPR: la SPR reduce la presión de descarga suministrada desde una bomba principal (desde el frente o la parte posterior) bajándola a la presión piloto usada por la EPC, válvulas solenoides y PPC. La presión de la bomba puede variar entre 30-400 kg/cm², mientras la presión piloto PPC está nivelada en 33 kg/cm², si la bomba está al mínimo hay una diferencia de 3 kg/cm² y es sufragada por el acumulador.

Cuando la válvula de control piloto (PPC) está en neutro.

El aceite desde la SPR entra al puerto P y es bloqueado por los carretes. Los puertos P1 y P2 son conectados al puerto de drenaje a través del agujero X de control fino. El carrete de la válvula de control es mantenido en la posición neutral por los resortes de retorno del carrete.

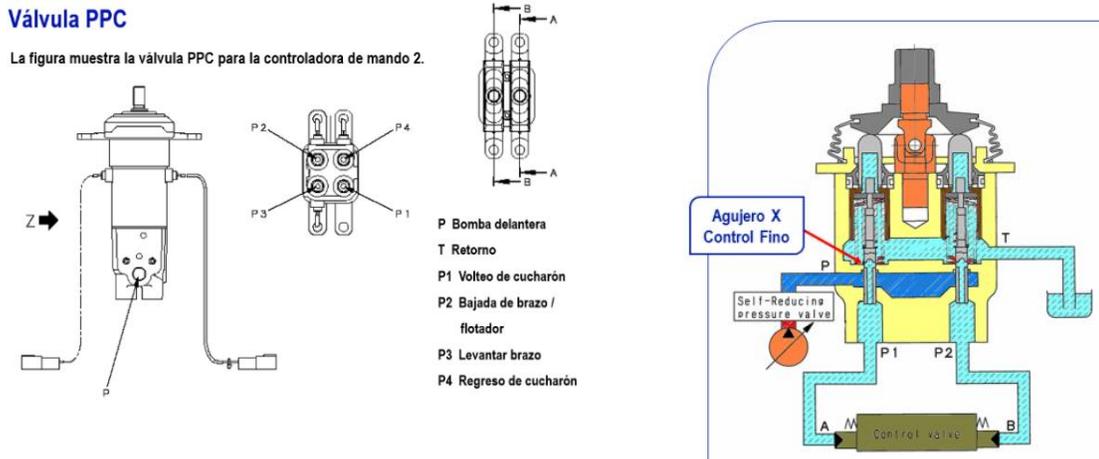


Figura 4.5. La señal proporcional de baja presión controla el flujo de alta presión. Vista lateral y superior (Komatsu, Cummings, 2011)

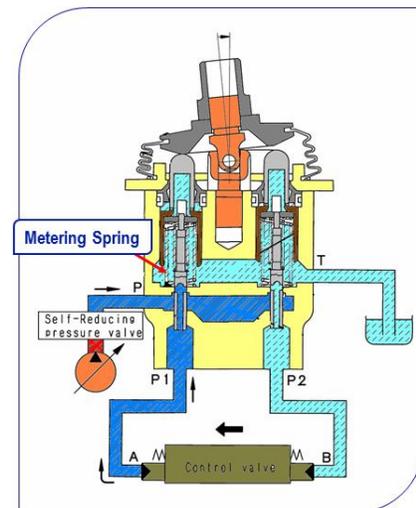
Cuando la válvula de control piloto (PPC) está en operación.

Cuando se mueve la palanca, el cabezal entrega presión al muelle de distribución. Este empuja al carrete hacia abajo hasta que el agujero X de control fino quede abierto para el aceite presurizado en el puerto P. como resultado el aceite presurizado fluye al puerto P1 hacia el carrete de la válvula de control. (komatsu, 2016)

Figura 4.6 palanca de mando accionando válvula PPC.

4.5.2.4 Sistema de circulación.

Un sistema de circulación está formado por tuberías y conectores con sus respectivos sellos, la selección e instalación apropiada de estos elementos es muy importante, si se consigue una instalación o selección inapropiada el resultado



podría ser una seria pérdida de potencia o una perjudicial contaminación del líquido. (Department of the Army, 1997)

Los tres tipos comunes de líneas en los sistemas hidráulicos de potencia son tubos metálicos, tubería de alta presión y mangueras flexibles.

Selección de mangueras hidráulicas.

Los sistemas hidráulicos de potencia son análogos a los hidráulicos de servicio como los de agua potable. Las tuberías son seleccionadas en base al caudal máximo y la velocidad de flujo, y las pérdidas que estas generan.

Para seleccionar mangueras hidráulicas se debe tener en cuenta:

Temperatura: se deben considerar dos condiciones, la **temperatura ambiente** y la **temperatura del fluido** en el interior. (Parker Hannifin Corp 2020, 2017)

Aplicación: las mangueras deben ser específicas para cada aplicación.

Fluido: se debe garantizar la máxima compatibilidad entre la manguera seleccionada y el fluido que esta transportará.

Presión: se consideran los picos de presión producidos por cualquier posible causa, así como los golpes de ariete. Cuando se conozcan los picos de presión y la presión normal de trabajo se establecerá entonces ese valor como referencia. (Parker Hannifin Corp 2020, 2017)

Pérdidas de presión: se especifica si es un circuito de potencia o de control, si es un sistema con válvulas de control abierto o cerrado. En el caso de los cerrados las pérdidas de presión por mangueras de baja presión (control) son compensadas por la válvula SPR, por lo que las pérdidas de energía hidráulica serán despreciables.

Factor de seguridad en las mangueras

En el caso de mangueras flexibles, en su cálculo hay que tener en cuenta un factor de seguridad F_s . En función de la presión de servicio o de funcionamiento a la que trabaje la manguera. (Rodríguez Galbarro, 2020)

Factor de Seguridad en mangueras flexibles, F_s	
Presión de servicio, en bares	F_s
De 0-70	8
De 70-175	6
> 175	4

Tabla 4.2 Factor de seguridad

$$F_s = \frac{\text{Presión de rotura}}{\text{Presión del sistema}} \text{ Ec. 4.4}$$

4.5.2.5 Conectores y accesorios

Los accesorios son utilizados para realizar las conexiones en los sistemas hidráulicos. Muchos diferentes tipos de conectores están disponibles, el tipo que se utilizará dependerá del tipo de sistema que se emplee, el flujo medio y la presión máxima operativa (Department of the Army, 1997)

Los accesorios pueden ser permanentes o reutilizables, en dependencia de la aplicación. (Komatsu, Cummings, 2016)

Selección de accesorios y conectores

Para cualquier ensamble o adaptación se deben considerar los siguientes puntos:

- Tamaño y tipo de hilo
- Tipo de junta (macho o hembra)
- Angulo entre entrada y salida
- Longitud y forma

Los dos tipos de conectores más usados son **los de rosca**, que son utilizados en aplicaciones de flujo a bajas presiones y **Los de unión acampanada** que son comunes en los sistemas con tubería, estos conectores proveen seguridad, dureza sin necesidad de ser roscados o soldados. (Department of the Army, 1997)

Instalación

La instalación correcta incluye varios aspectos que en conjunto resultan ser sumamente importantes. Y va desde la inspección previa antes de la instalación hasta la selección adecuada de los conectores y su torque máximo.

Radio mínimo de curvatura.

La instalación con un radio de curvatura menor al capacitado por la manguera puede reducir drásticamente la vida de la manguera, se debe evitar a toda costa los dobleces excesivos. (SAE International, 2009)

Angulo de torcedura y orientación.

El movimiento relativo y la fijación de las mangueras pueden provocar un entorchamiento de la manguera con respecto a su eje, en el peor de los casos alcanzaría a provocar un 90% de reducción de la vida útil

Conexión apropiada a boquillas y prevención de daños externos.

Los terminales seleccionados corresponden al tipo de manguera, diámetro y construcción pertinentes, deben ser especiales si es necesario, los sellos y el método de sellado debe ser el que más se ajusta al fluido y a sus propiedades, se debe asegurar la eliminación de cargas de tensión, laterales dinámicas y estáticas enroscadura, abrasión, aplastamiento hilos dañados y vibraciones excesivas. (SAE International, 2009)

4.6 Electricidad aplicada a maquinaria pesada.

El sistema eléctrico en las máquinas pesadas, puede llegar a ser complejo, pero cumple con todos los componentes básicos de los circuitos eléctricos, como lo son la corriente, el voltaje, la potencia, las pérdidas, los conductores, los almacenadores y los dispositivos de seguridad y control como parte de un circuito eléctrico.

4.6.1 Carga y corriente.

La carga eléctrica es una propiedad de la materia. La corriente por su parte es la proporción a la cual circula una carga neta por unidad de segundo a través de una sección. Esta sección puede ser la de un conductor. (Serway & Jewett , 2008)

4.6.2 Voltaje y diferencia de potencial.

No es más que la diferencia entre el potencial eléctrico de dos puntos A y B. La unidad internacional equivalente es el Volt (V). Esto quiere decir que se realiza 1J

de trabajo para mover 1C de carga a causa de una diferencia de potencial de 1V. (Serway & Jewett , 2008)

4.6.3 Resistencia eléctrica y efecto Joule.

Todas las sustancias presentan cierta “resistencia” a ceder electrones, en unos casos es mayor y en otros casos es menor. Existen dos tipos de materiales los óhmicos y los no óhmicos. (Serway & Jewett , 2008)

$$R = \frac{\Delta V}{I} \text{ ley de ohm Ec. 4.5}$$

El efecto Joule es la generación de calor por el paso de corriente a través de un conductor con alguna resistencia. (Mantilla Quijano, 1985)

$$Q = I^2 * R * t \text{ (W) Ec 4.6}$$

4.6.4 Potencia eléctrica.

En los circuitos eléctricos típicos, la energía se transfiere de una fuente, como una batería, a algún dispositivo, el sistema de control, luces, etc. Por ello es conveniente calcular la rapidez de transferencia de esta energía. La potencia es la razón de transferencia de energía por unidad de tiempo.

$$P = I * \Delta V = I^2 * R = \frac{(\Delta V)^2}{R} \text{ Watt Ec 4.7}$$

4.6.5 Circuitos eléctricos.

El término de circuito eléctrico se utiliza principalmente para definir un trayecto continuo compuesto por conductores y dispositivos conductores. Un circuito puede denominarse circuito cerrado o abierto. (Alvarez Salazar, 2017)

4.6.6 Fuentes y acumuladores.

Un acumulador es todo elemento capaz de almacenar energía para ser utilizada posteriormente. Realizan transformaciones entre energía cinética, eléctrica y química. (Hella Tech World, 2019)

Los generadores eléctricos convencionales en sistemas de maquinaria, son los alternadores que transforman la energía mecánica de rotación en energía eléctrica de corriente alterna. (Komatsu-Furokawa Bateries Co., 2016)

4.6.7 Elementos que componen los circuitos eléctricos.

Un circuito eléctrico consta de elementos conectados entre sí. Hay dos tipos de elementos en estos circuitos, elementos activos y pasivos. (Alvarez Salazar, 2017)

Relés: son electroimanes formados por una parte fija (circuito magnético), una parte móvil y resortes que separan las partes móviles de las fijas. Capaces de controlar circuitos de mayor potencia. (Viloria, 1989)

Fusible: es un elemento importante del circuito eléctrico, cuya misión es la de protegerlo de intensidades producidas por cortocircuitos.

Conductores: son elementos empleados beneficiosamente para conducir la electricidad de un punto a otro, están graduados en calibres. Se seleccionan en base a su aplicación y sus factores principales deben ser:

El material es importante tanto para el conductor como el aislante.

La flexibilidad es relevante cuando hay partes móviles.

El dimensionamiento es fundamental, buscar el óptimo que genere menos pérdidas a un bajo costo inicial.

4.6.8 Selección de conductor.

En corriente continua se selecciona en función de tensión permisible y la corriente permisible para evitar pérdidas por efecto joule. Es cuestión de revisar las tablas y seleccionar el conductor adecuado.

Normas aplicables.

Norma	Descripción
NTC3942	Cables de control, extensiones de sensores y cables de instrumentación.
UL1277	Standard for electrical power and control tray cables with optional members
NTC3203(UL1581)	Norma de referencia para alambres y cables flexibles eléctricos.
NTC 307	Área transversal y diámetros para cables de cobre y aluminio

Tabla 4.3. Normas para cables conductores.

Norma NTC 307 calibres AWG y resistencia eléctrica (corriente directa a) nominal para secciones transversales de alambres de cobre clase 2. (Grupo EPM, 2016)

Calibre AWG	Diámetro nominal del conductor (mm)	Área de la sección transversal nominal (mm ²)
16	1.463	0.823
14	1.844	2.08
12	2.324	3.31
10	2.946	5.26

Tabla 4.4. Calibres de cables AWG según norma NTC 307.

Resistencia para los calibres AWG corriente continua.

Calibre del conductor AWG	Cableado clase B (Ω /Km a 20 °C)
16	13.4
14	8.46
12	5.35
10	3.35
9	2.65

Tabla 4.5. Resistencia eléctrica para cables de cobre clase 2 AWG.

4.6.9 Dispositivos de control electromecánico.

Electroválvulas: conocidas como válvulas solenoides abren y cierran el paso de un líquido en un circuito, la apertura y cierre de la válvula se efectúa a través de un campo magnético generado por una bobina en una base fija, esta es controlada por un pulso directo o en reacción a otro impulso. (Altec, 2012)

Sensor de efecto hall: Es el que utiliza el efecto hall, que es la aparición de un campo eléctrico por separación de cargas en el interior de un conductor por el que circula una corriente en presencia de un campo magnético. (Nova SMAR S/A, 2019)

Funcionamiento del sensor de efecto Hall: Puede funcionar en varias configuraciones con señales digitales y transductores en conjunto, comúnmente tienen tres cables, una línea correspondiente a tierra, una salida de señal Hall de 5.0 Voltios y una línea correspondiente a la alimentación de 12 o 24 Voltios.

Simbología.

La simbología para circuitos eléctricos está normalizada internacionalmente con la norma IEC 60617 equivalente a la EN 60617 y en España UNE-EN 60617.

4.7 Manufactura y elementos constructivos.

Una de las partes más importantes en el diseño de sistemas en ingeniería mecánica es la correcta aplicación de la experiencia y las normas para la selección de los materiales de construcción, de métodos de ensamble y fijación, así como garantizar una vida útil larga y una disponibilidad alta. (Shey, 2002)

4.7.1 Piezas y elementos.

Una vez que se diseña un sistema o un producto, se preparan todas las partes que no sean componentes estandarizados y producidos en masa. Se debe tomar la decisión sobre qué partes se deben comprar a proveedores externos y cuales se deben producir internamente. (Shey, 2002)

4.7.2 Tecnologías de fabricación.

Es necesario elegir el procedimiento de fabricación más idóneo, con el fin de dar forma al material.

Las técnicas de fabricación más usuales, se clasifican en tres grandes grupos:

1. Procedimiento de fabricación por deformación y moldeo.
2. Procedimiento de fabricación por separación y corte.
3. Procedimiento de fabricación mediante unión de piezas.

4.7.3 Procesos con remoción de material.

Uno de los métodos de mayor importancia para modificar la forma de un material, metálico, de madera, plástico o cualquier otro, es el de remoción de material llevado a cabo mediante técnicas muy específicas. (Guerrero, 2008)

Corte		Abrasivos		Avanzados
Forma circular	Forma diversa	Aglomerado	libre	
Torneado	Fresado	Rectificado	Maquinado ultrasónico	Maquinado y rectificado:
Barrenado	Cepillado	Horneado		
Taladrado	Conformado	Capa de abrasivo	Lapeado	Químico, electro-químico y descarga eléctrica
	Aserrado		Lustrado	
	Limado		Pulido	
	Tallado			Chorro de agua

Tabla 4.6. Procesos con remoción de material.

La selección de método depende de la magnitud de la producción el emplear herramientas manuales, maquinas herramienta o maquinas automatizadas e incluso llegar a emplear más de un método para una misma pieza.

4.7.4 Operaciones y herramientas de corte

Con estas herramientas se elimina material para terminar, o comenzar un proceso de fabricación, pueden ser manuales como: arcos de sierra, limas, cinceles y otros o a través de operaciones de maquinado con las maquinas herramienta tales como: el torno, taladradora, fresadora, rectificadora. (Silva Vásquez, 2012)

Operaciones de taladrado: El taladrado es un proceso de maquinado muy importante debido a su gran uso en la industria, el taladro hace un 25% del porcentaje de producción de todos los procesos de maquinado. En este proceso se utiliza una broca, que es una herramienta de corte rotatoria que tiene dos bordes cortantes en su extremo. (Guerrero, 2008)

Operación de aserrado: Es un proceso básico de desprendimiento de viruta que emplea una hoja triscada con una serie de dientes en el borde. Se usa para realizar una entalladura angosta, producir ranuras o estrías o partir una pieza en dos.

Se debe tomar en cuenta para la herramienta el diámetro del disco, su agujero central y el número de dientes, del mismo modo para el material se debe tomar en cuenta el espesor del material, la naturaleza del material y el acabado superficial. (Guerrero, 2008)

Corte con plasma: Es una operación avanzada que permite remover el material en posiciones incómodas y formas irregulares. Ampliamente usada en la industria metalúrgica. El costo promedio de este método es bastante bajo.

4.7.5 Propiedades mecánicas.

Las propiedades mecánicas tienen que ver con el comportamiento que tienen los materiales frente a distintos esfuerzos mecánicos a los que son sometidos. También, describen la forma en que un material soporta fuerzas aplicadas, incluyendo fuerzas de tensión, compresión, impacto, cíclicas o con influencia de temperaturas y ambiente. (Silva Vásquez, 2012)

4.7.6 Tolerancias dimensionales.

Las dimensiones son los tamaños lineales o angulares de un componente especificados en el plano de la pieza. Aunque las dimensiones deben ser controladas, no es posible ni necesario fabricar partes con dimensiones exactas. Se debe considerar siempre que: (Groover, 2007)

1. Los límites deben ser lo suficiente cerrados para permitir el funcionamiento de las partes ensambladas (incluyendo las intercambiables)
2. Los límites deben ser tan amplios como lo permita la funcionalidad.

Procedimiento.

Primero se define el tamaño básico de una de las partes del ensamble, a partir de tablas de tamaños preferidos si es posible. Luego se define la tolerancia, es decir, la diferencia permisible entre los límites máximo y mínimo de tamaño. (Shey, 2002)

4.7.6.1 Norma de tolerancia y dimensionado.

El dimensionado y tolerado deben definir claramente la intención de ingeniería y debe cumplir con normas internacionales. La norma ANSI Y14.5 proporciona las

reglas fundamentales para establecer los valores y rangos de tolerancia para piezas y formas multiformes. (ASME, 1994)

4.7.6.2 Norma ISO para calidad y grados de tolerancia.

En la anotación en dibujo de las dimensiones y el conocimiento de los valores aceptables de tolerancia se aplica la norma ISO 286-2 correspondiente a las tablas y especificaciones de aplicación de las calidades y grados de tolerancia para piezas y ejes. (UNE-EN, 1996)

La norma ISO 2768 nos brinda las tolerancias generales para medidas lineales en milímetros con una clasificación de tolerancias por descripción desde fina hasta muy grosera. La siguiente tabla lo muestra. (Xunta de Galicia, 2013)

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al valor nominal							
		0,5 ¹⁾ hasta 3	más de 3 hasta 6	más de 6 hasta 30	más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1 000	más de 1 000 hasta 2 000	más de 2 000 hasta 4 000
Designación	Descripción								
f	fina	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	media	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	grosera	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	muy grosera	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Tabla 4.7. Clases de tolerancia según norma ISO 2768

4.7.7 Roscas y normas de tornillos, pernos y tuercas.

Los pasos que existen son: paso fino, paso grueso, paso normal e incluso paso extra fino. La selección de cualquiera de estos depende de la aplicación, el paso fino se usa para aplicaciones particulares como motores, y los de paso grueso son más utilizado para uniones comunes y dinámicas, para elementos estructurales y en soportes de máquina.

Roscas para uso general: en este tipo tenemos la rosca métrica ISO de diseño cilíndrico, con un filete helicoidal en forma de triángulo equilátero con un ángulo de 60° según la norma ISO 68-1 e ISO 965-1.

La designación para roscas de paso grueso se designa con “M” seguida del valor del diámetro nominal y el sentido de giro si es necesario.

La norma ANSI/ASME B1.1 para roscas, antepone las letras UNC si es de paso grueso o UNF si es de paso fino,

4.7.8 Soldadura

La soldadura es un proceso de unión de materiales en el cual se funden las superficies de contacto de dos o más piezas mediante la aplicación conveniente de calor y/o presión. (Groover, 2007)

4.7.8.1 Soldadura por arco eléctrico.

La soldadura se da cuando se proporciona una diferencia de potencial entre el electrodo y la pieza a soldar, con lo cual se ioniza el aire entre ellos y pasa a ser conductor, el calor del arco funde parcialmente el metal base y funde el material de aporte el cual se deposita y se crea el cordón de soldadura. (Guerrero, 2008)

4.7.8.2 Tipos de uniones.

Existen cinco tipos básicos de uniones para pegar dos piezas de uniones para pegar dos piezas de una junta. Los cinco tipos de unión pueden definirse de la siguiente manera:

1. Unión empalmada.
2. Unión de esquina.
3. Unión superpuesta.
4. Unión “te”.
5. Unión en bordes.
6. Unión plana.

4.7.8.3 Tipos de soldadura.

Para realizar cualquiera de los tipos de uniones se necesita un tipo de técnica para llevar a cabo la misma, las diferencias entre los tipos de soldadura están en la forma (tipo de unión) y el proceso de soldadura. (Groover, 2007)

Unión de filete: Se utiliza para llenar los bordes de las placas creadas mediante uniones de esquina, sobrepuestas y en te. Las disposiciones para la unión de filete son: unión de esquina con filete interno único, unión de esquina con filete externo único, unión sobrepuesta con filete doble, unión en “te” con filete doble.

Unión de soldadura con surco: Requieren en su mayoría que se moldeen las orillas de las piezas. Las formas con surco incluyen un cuadrado, un bisel, la V, la U y la J, en lados sencillos o dobles. Se usa metal para saturar la unión.

Soldadura con inserto o ranurada y de costura: Se utilizan para unir placas planas, usando uno o más huecos o ranuras en la pieza superior, que después se rellenan con metal para fundir las dos piezas. La soldadura de costura consiste en una sección fundida más o menos continua entre las dos láminas o placas.

4.7.8.4 Normas utilizadas para soldadura.

Las normas incluyen códigos, especificaciones, recomendaciones prácticas, clasificaciones, métodos y guías. Las principales normas son las ASTM, y pueden ser referenciadas como ASME, AWS y otros códigos. De igual manera se conocen las normas ANSI, que son empleadas en la inspección y control de calidad en la soldadura.

V. Diseño metodológico

La presente investigación ha sido formulada bajo un diseño experimental, y tomando en cuenta el periodo de análisis, según su ocurrencia fue de carácter retrospectivo, para los eventos sucedidos en el periodo año 2018-2019, y de carácter prospectivo, en el periodo 2020, para el alcance de este proyecto.

Se realizaron las etapas iniciales bajo un nivel de profundidad de investigación exploratoria, dado que el fenómeno de análisis de falla en sistemas de articulación de Maquinaria de minería no se posee amplia información, se deseaba explorar los elementos que influyen en el fallo del sistema de mecanismo de articulación de la cargadora Frontal Komatsu WA470, que luego sería el aporte principal para obtener una investigación de tipo Explicativo, ya que se emplearon recursos de conocimientos Técnicos y de Ingeniería para mostrar el fenómeno, de esto se extendió al desarrollo del presente proyecto como una conclusión del caso.

Se empleó un enfoque de investigación tipo Cualitativa, ya que interesa dar a conocer el caso de estudio, pero mayormente se exponen conclusiones sin tomar variables específicas para estudio, sino todo el fenómeno que compete al ámbito de Ingeniería.

El foco de estudio una maquina cargador Frontal de marca Komatsu modelo WA470 ubicada en el proyecto de minería de oro en la ciudad de La Libertad municipio de Chontales, también se emplearon focos de estudio en maquinarias similares que operan en Nicaragua como apoyo.

Se empleó metodología de investigación secundaria como son: investigación Bibliográfica, Investigación en Línea y Estudios de Casos. Se empleó el método inductivo para la organización de la información recopilada, El método Analítico para la etapa de diseño Técnico-Ingeniería del sistema de Limitación Hidráulica en la que se expusieron los elementos y sus relaciones entre sí. Por último, el Método de Síntesis fue usado durante la elaboración de las conclusiones del Proyecto

VI. Análisis y presentación de resultados.

6.1. Descripción general de la máquina

El cargador frontal Komatsu WA 470 es una máquina de alta producción utilizada en operaciones de mediana y gran escala de trabajos de minería y construcción, ésta tiene un motor con una potencia de 272 Hp a 2000 rpm de un motor de bajo consumo tipo ecot3, sigue las normas Stage IIIA de la unión europea y Tier III de la EPA. La capacidad del cucharón varía entre los 4 y los 6 metros cúbicos.

El sistema hidráulico de potencia en el interior es de un sistema de centro cerrado con sensor de carga (CLSS), con una capacidad de 195 L para el sistema de dirección a 24.5 MPa y 260 L para el control a 34.3 MPa.



Figura 6.1 cargador frontal WA470 con cucharón y brazo alzados.

6.2. Ubicación y descripción de la falla

EL día 07 de noviembre de 2018 se reportó que se presentaban irregularidades en elementos estructurales que conforman la articulación del Boom (cucharón)¹, posteriormente se confirmó que los elementos que presentaron falla fueron.

Número de parte	Cantidad	Descripción
421-70-41500	1	BELLCRANK ASSY
421-70-00082	1	BOM/ BELCRANK
421-70-11961	1	PIN
423-70-41970	4	SHIM

Tabla 6.1 Elementos con falla de rotura/desgaste (condiciones anormales).

¹ Ver Figuras 6.2 y 6.3



Figura 6.2 Región de afectación por impacto (imagen ilustrativa)

Adicionalmente se encontró que el boom colisionaba con el brazo (fig. 6.3) de alzado bajo condiciones de operación recurrentes a la carga (esto es entre 4-6 m³) y durante la acción de remoción de residuos de material transportado. La disposición de las piezas y los elementos afectados es la siguiente.

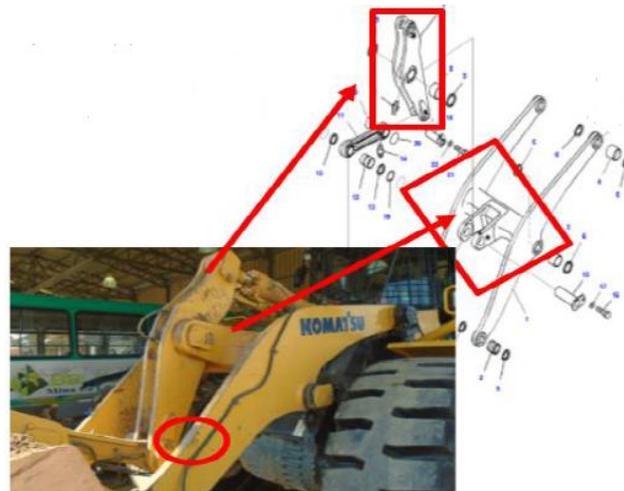


Figura 6.3 Elementos afectados de manera directa (WA470)

Finalmente se concluye que, como resultado de la colisión repetitiva producto de la operación, la zona remarcada, la región más débil del bellcrank cedió, esto corresponde a la articulación frontal del bellcrank con la parte posterior del eslabón del cucharón a como se aprecia en la Figura 6.4.

El cálculo de esfuerzos es irrelevante porque no debe haber contacto entre ambos elementos estructurales a parte de las articulaciones.

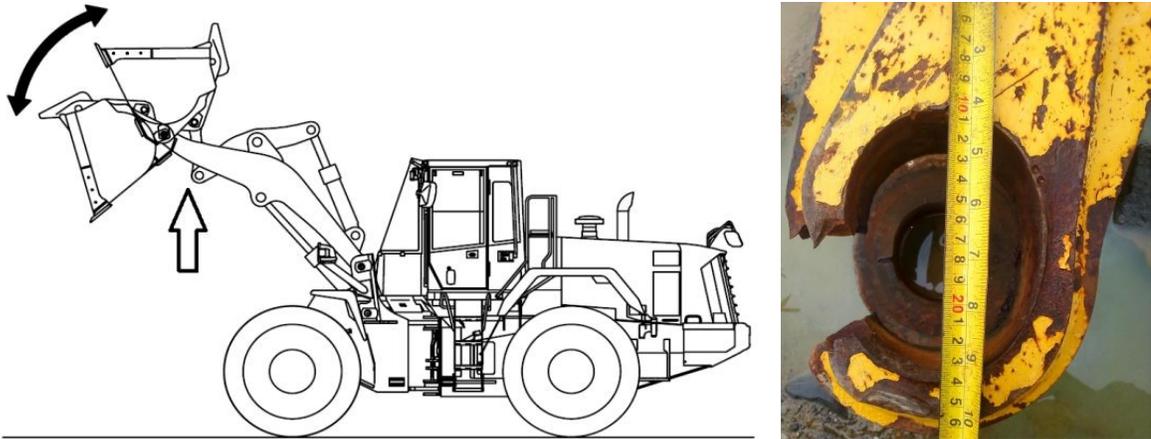


Figura 6.4 Falla en la articulación anterior del Bellcrank.

6.3. Costos inherentes a las fallas

Como resultado de la destrucción de los eslabones de la cadena se incurrió en costos económicos considerablemente altos. Los elementos señalados en la tabla 6.1 fueron sustituidos, a esto se le agrega el costo de la mano de obra y el tiempo de parada forzosa.

La siguiente tabla detalla los costos inherentes a la falla.

Item	No. Parte	cantidad	Descripción	Precio USD \$	Total USD \$
1	421-70-41500	1	Bellcrank Assy	15490.54	15490.54
2	421-70-00082	1	Bom/Bellcrank	4929.3	4929.3
3	421-70-11961	1	Pin	1078.78	1078.78
4	423-70-41970	4	Shim	19.27	77.08
5		1	mano de obra	1960	1960
			Subtotal		23535.7
			Garantía		-11767.85
			Total USD		11767.85

Tabla 6.2. Monto total de reinstalación de bellcrank y otros.

A como se puede apreciar en la tabla 6.2 la inversión realizada para poner en marcha la maquina a su estado previo a la falla fue de USD \$ 11,767.85, si tomamos en cuenta el tiempo perdido por parada, el monto de los recursos perdidos aumentaría, ya que no se cuenta con datos precisos de la empresa propietaria al respecto no se incluyó (pérdidas por hora).

6.4. Sistema limitador.

Para la limitación del movimiento de los elementos se seleccionó la solución más conveniente entre los factores más relevantes y que de manera imperativa debían llevarse a cabo como lo son:

- Máxima seguridad.
- Alta confiabilidad.
- Buena fiabilidad
- Fácil mantenimiento.
- Costo reducido en comparación a la reparación del bellcrank.
- Elementos estandarizados y aprobados por el fabricante.

6.5. Proceso de Diseño del Limitador.

6.5.1. Consideraciones básicas.

En base a las características de la Máquina y las condiciones de operación, se determinó que no podían ejecutarse cambios a la estructura ni del brazo ni de los elementos motrices o transmisores. Esto se debe a que el contacto no se da en una única ubicación, sino que se da en dos áreas, estos son el bellcrank contra el brazo de alzado del cucharón (fig. 6.2) y el cucharón contra el brazo de alzado del cucharón (fig. 6.3), estos dos son en movimientos opuestos pero el resultado de modificar la estructura puede provocar gastos excesivos.

En caso de intentar cambiar el cilindro del bellcrank o el cilindro del cucharón, se descartó por indicación y negación del cliente además que no es una opción aprobada por el fabricante por problemas relacionados a mantenimiento de seguimiento.

Por lo tanto, además de las opciones exploradas como: alterar el perfil del Bellcrank, confiar en la pericia del operador o incluir señales sonoras y luminosas, luego de analizar su posible implementación resulta ser que no brindan los resultados deseados, ya que no son seguros o de por sí no se ajustan a la visión del fabricante ni del cliente.

6.5.2. Solución adoptada.

Finalmente se consensuó entre cliente, fabricante y grupo de trabajo todos coordinados con Construmarket Nicaragua que la mejor solución debía resolver el problema desde la misma raíz, **cortando la opción al operador de manipular el equipo de trabajo hasta colisionar los elementos del brazo**. De esta manera se obtendría la máxima seguridad, al utilizar piezas originales además adquiriría la confiabilidad de las piezas del fabricante, si se ubicaba en una zona de fácil acceso se obtendría fácil mantenimiento o reparación y si se protegen los elementos expuestos se aseguraba la fiabilidad.

Esta solución consiste en la limitación del flujo hidráulico al cilindro del Bellcrank cortando o permitiendo el flujo hidráulico al movimiento de volteo del cucharón (por medio de una válvula direccional de tres puertos) cuando el bellcrank en su movimiento relativo con el brazo del boom (cucharón) alcance o salga de su punto limite, siendo captada tal posición por un sensor que haga la función de switch, este sensor envía una señal eléctrica a la válvula direccional para desviar el flujo hidráulico que inicialmente circulaba proveniente de la palanca de mando de control proporcional (baja presión) al control central hidráulico, desviando éste flujo hacia tanque, deteniendo el flujo a alta presión del control central al cilindro del bellcrank.

Para llevar a cabo esta solución se determinó el punto óptimo o punto muerto inferior para el movimiento de volteo de cucharón, posición con respecto al brazo, esto se hace de manera analítica/simulada y práctica, se emplearon los diagramas hidráulicos para encontrar la entrada específica al control central y su respectivo drenaje a tanque, asimismo se empleó el diagrama eléctrico para la selección correcta de la línea eléctrica de suministro de corriente.

Se seleccionaron conductores, mangueras y acoples de acuerdo a la especificación de la necesidad, se seleccionó una válvula direccional apropiada, se recomendó utilizar un sensor de efecto Hall por su confianza y durabilidad, así como la protección eléctrica y relé pertinente. Finalmente se creó un soporte para el sensor para protegerlo del ambiente adverso de trabajo.

6.6. Análisis cinemático.

El análisis cinemático proporciona de manera analítica los datos necesarios para identificar cuáles son las posiciones máxima y mínima del cilindro de alza y descarga de material, para llevarlo a cabo se cuentan con las medidas reales de los elementos que entran en interferencia, así como sus posiciones relativas al bastidor.

Primero se elabora el diagrama cinemático para la verificación de las diferentes cadenas cinemáticas, asimismo sus eslabones motrices, movimiento relativo y puntos muertos, de este modo se obtiene de manera analítica y sin considerar las cargas dinámicas el comportamiento del brazo en sus puntos de interés.

6.6.1. Diagrama cinemático.

Se identificaron las dos cadenas de eslabones en el brazo hidráulico, la cadena inferior es la que realiza el movimiento de alzado y descenso radial del brazo que consta de los eslabones 1', 1'', 2, 3, 4 y 9, la superior permite el control del cucharón en sus movimientos de recogida y volcado de material, esta consta de los eslabones 1''', 5, 6, 7, 8, 9. Se observa que se trata de una cadena cinemática abierta.

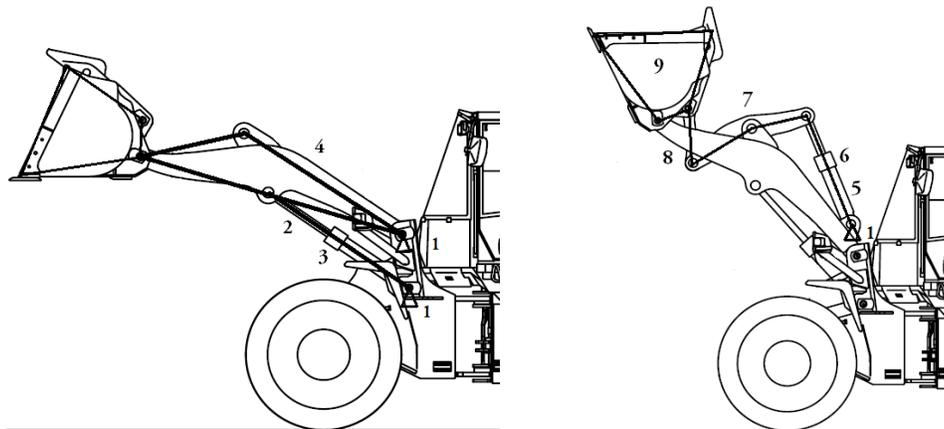


Fig. 6.5 elaboración del diagrama cinemático sin escala empleando el principio de superposición.

Se dibujó el diagrama cinemático y conjuntamente se realizó el modelado por computadora del brazo en su totalidad, ya que el análisis cinemático es una

herramienta para comprender el comportamiento del mecanismo y los elementos motrices que provocan el movimiento relativo. Y la simulación es una buena herramienta para el análisis de sólidos e interferencias entre ellos. En la tabla 6.1 se detallan los eslabones y sus juntas.

eslabón	Descripción	Clasificación	Juntas
1'	Bastidor del cilindro del brazo	-	A
1''	Bastidor del brazo de alzado	-	D
1'''	Bastidor del cilindro del Bellcrank	-	F
2	Cilindro del brazo de alzado	Binario	A, C
3	Vástago del cilindro de alzado	Binario	B, C
4	Brazo de alzado del cucharón	Cuaternario	D, E, B, K
5	Cilindro del Bellcrank	Binario	F, H
6	Vástago del cilindro del Bellcrank	Binario	G, H
7	Bellcrank	Ternario	E, G, I
8	Eslabón del cucharón	Binario	I, J
9	Cucharón	Binario/punto de interés	J, K (X)

Tabla 6.3 eslabones y sus respectivas juntas que conforman la cadena cinemática.

Finalmente se nombraron las juntas y se observó que todas son de primer orden pues son juntas de pasador o de corredera que permiten un solo grado de libertad, los cilindros hidráulicos son analizados como correderas.

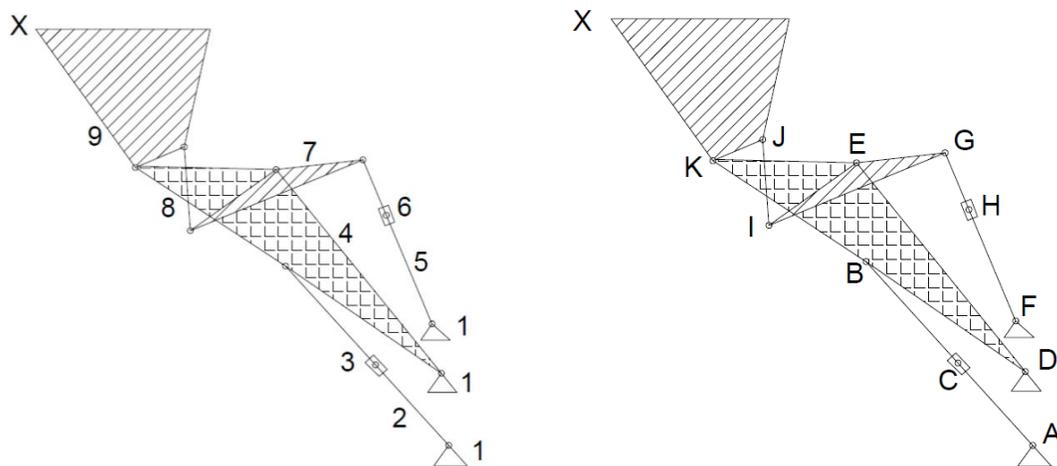


Figura 6.6. Diagrama cinemático del brazo del cargador frontal. Los números representan los eslabones y las letras las juntas.

Para conocer los grados de libertad o los movimientos que es capaz de hacer este brazo se aplicó la ecuación de Gruebler-Kutzbach (ecuación 4.2), estos son los movimientos independientes que puede realizar el mecanismo. Además, se pudo obtener un análisis del efecto de los movimientos entre sí.

$$M = 3(n - 1) - 2J_1 \text{ EC. 4.2}$$

En la tabla 7.1 se detallan los 9 eslabones (n) y las 11 juntas (J_1) de primer orden que sustituyen a sus respectivas variables. La movilidad es:

$$M = 3(9 - 1) - 2(11) = 2$$

Esto significa que se puede tratar de forma individual el desplazamiento del eslabón 7 hasta cierto punto que es antes de la colisión con el eslabón 4.

El análisis cinemático nos brindó las posiciones relativas de los eslabones entre sí. Entendiendo que el mayor interés es conocer una sola posición y el desplazamiento angular de los dos grados de libertad, en base al modelo computarizado y en la verificación física se determinó la zona ideal del posicionamiento del sensor o switch de efecto Hall.

6.6.2. Punto muerto inferior.

La simulación computarizada benefició en la reducción del tiempo que se necesitó medir y corregir dimensiones o calcular analíticamente como el movimiento plano-general del vástago del cilindro hidráulico.

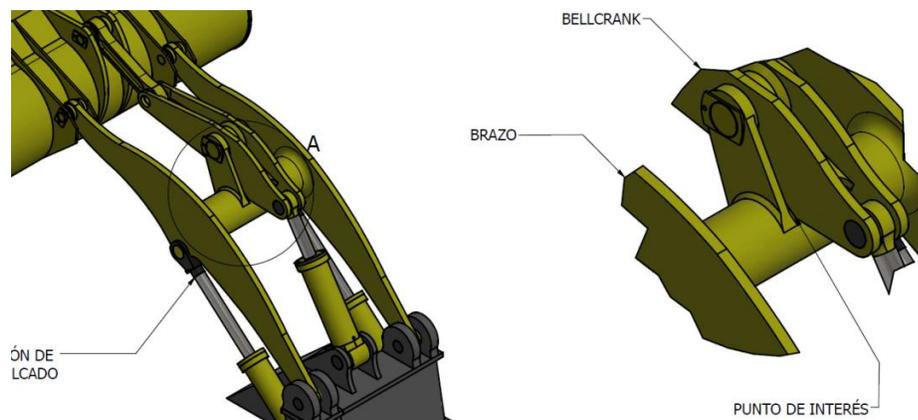


Figura 6.7. Punto de interés y zona ideal de instalación de soporte de sensor.

Se prefirió combinar los datos simulados y mediciones en tiempo real para la agilización de los resultados. En base a lo anterior se determinó que el punto de montaje óptimo se sitúa en el brazo de alzado de cucharón (eslabón 4) en la zona que se muestra en la figura 6.7.

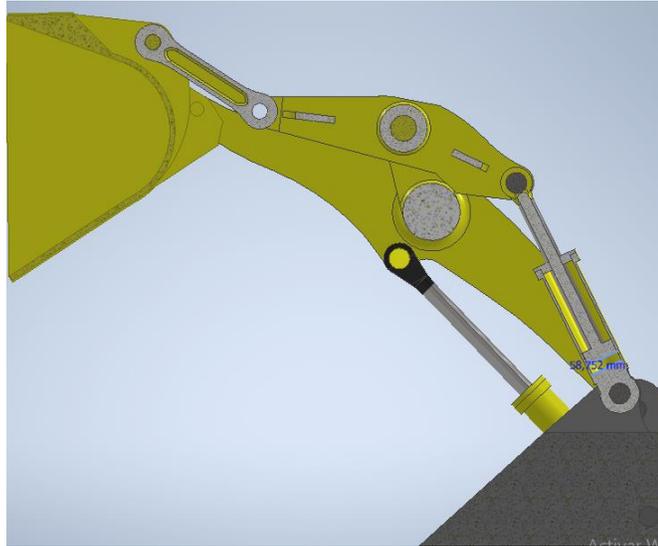


Imagen de simulación 6.1. Punto muerto inferior para la posición de volcado, depende del desplazamiento del cilindro del brazo 45-80mm.

La posición relativa entre ambos elementos varía con las dos movibilidades que nos presentó la ecuación de Grueber-Kutzbach por lo que para valores arbitrarios de posición del cilindro del brazo en un rango de altura máxima y 1/4 de carrera, en realidad presentaron un comportamiento similar en un mismo ángulo desplazado para la posición del bellcrank.

Esto quiere decir que **entre posición máxima y antes de 3/4** de desplazamiento del cilindro la colisión se da en un rango de carrera del cilindro **de 50-80mm** desde su posición completamente cerrado.



Figura 6.8. Prueba de campo para la medición del PMI.

Análisis de posición y colisión.

Finalmente, para comprobar el rango de colisión típica con respecto al desplazamiento del elemento motriz, que en este caso es el cilindro hidráulico se determinan posiciones para los rangos de desplazamientos de los vástagos tanto del brazo como del bellcrank seleccionados tales rangos de forma arbitraria para comprender el comportamiento del movimiento de alzado del brazo y volcado del cucharón. Las posiciones de la tabla 6.4, son correspondidas entre sí

Brazo de alzado		Bellcrank		
Posición	desplazamiento desde 0	posición	desplazamiento desde 0	Estado
1	0	1	575	Libre
2	50	2	575	Libre
3	100	3	575	Libre
4	150	4	575	Libre
5	200	5	575	Libre
6	250	6	575	Libre
7	300	7	575	Libre
8	350	8	570	Libre
9	400	9	565.6	Libre
10	450	10	560	Libre
11	500	11	520	Libre
12	550	12	477	Libre
13	600	13	424.5	Libre
14	650	14	360	Libre
15	700	15	330	Libre
16	700	16	280	Libre
17	700	17	230	Libre
18	700	18	180	Libre
19	700	19	130	rango de freno
20	700	20	80	Colisión
21	700	21	60	interferencia
22	700	22	50	interferencia

Tabla 6.4 Posiciones vs desplazamiento para brazo y bellcrank en mm.

Para el brazo de alzado (Tabla 6.4) las posiciones 1 a 15 corresponden el movimiento de carga o alzado desde su posición de trabajo. Para el bellcrank las posiciones 7 a 11 corresponden a los movimientos pasivos para mantener la carga en posición vertical y las posiciones 12 a 22 corresponden al movimiento de volcado.

Las posiciones 20, 21 y 22 (cuando el brazo está alzado) señalan puntos de interferencia y colisión por lo que idealmente se debe cortar el desplazamiento antes de alcanzar el PMI de entre 60 y 80 milímetros de desplazamiento del vástago dentro del cilindro del bellcrank.

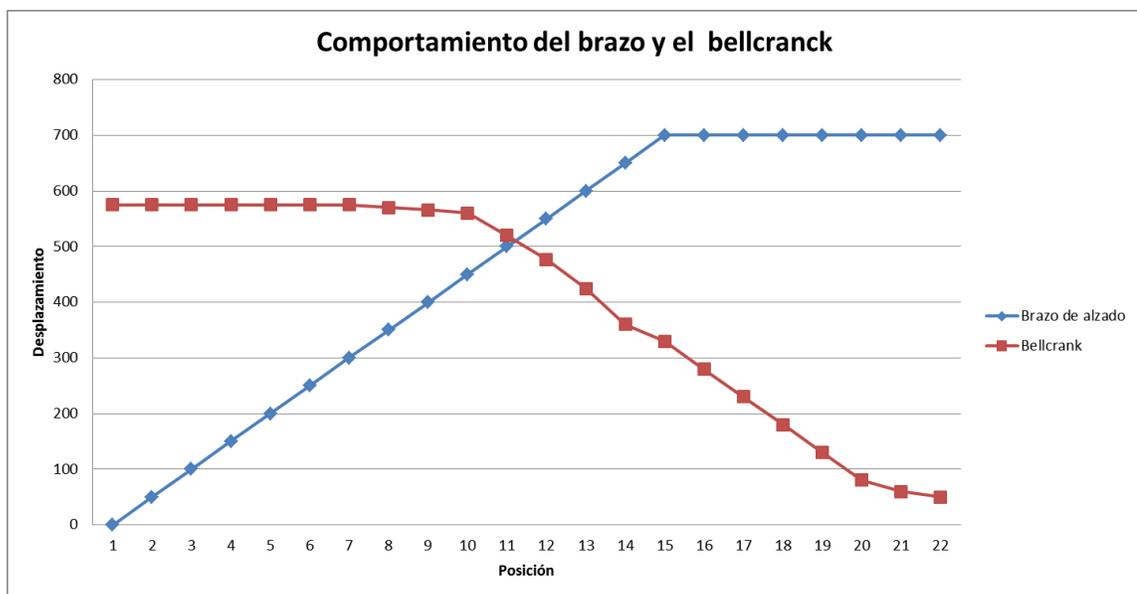


Gráfico 6.1. Comportamiento del brazo y del bellcrank de acuerdo a las posiciones arbitrarias cada 50mm.

En el gráfico 6.1, se puede apreciar que cuando el brazo se encuentra en su posición más alta comienza el movimiento de volcado. Ya en la posición 20 se encontraría el límite físico de desplazamiento por interferencia.

6.7. Diseño de circuito hidráulico.

El nuevo circuito hidráulico es una modificación del circuito de control. Sabiendo que el sistema opera a una presión de control o presión piloto proporcional PPC que es de baja presión y variable dependiendo de la posición de la palanca de mando (en algunos casos joystick), y otra presión de accionamiento o presión útil de servicio a alta presión, de caudal variable, en este caso variado por el control central hidráulico en función del flujo que el circuito de control permita.

Por lo tanto, se identifican dos circuitos hidráulicos, uno de control (baja presión) y otro de accionamiento (alta presión). Estos dos flujos hidráulicos interactúan entre sí por medio del control central a como se aprecia en la figura 4.4. Estos en conjunto y sin olvidar la bomba de caudal variable y sensores conforman un sistema de detección de carga de centro cerrado CLSS.

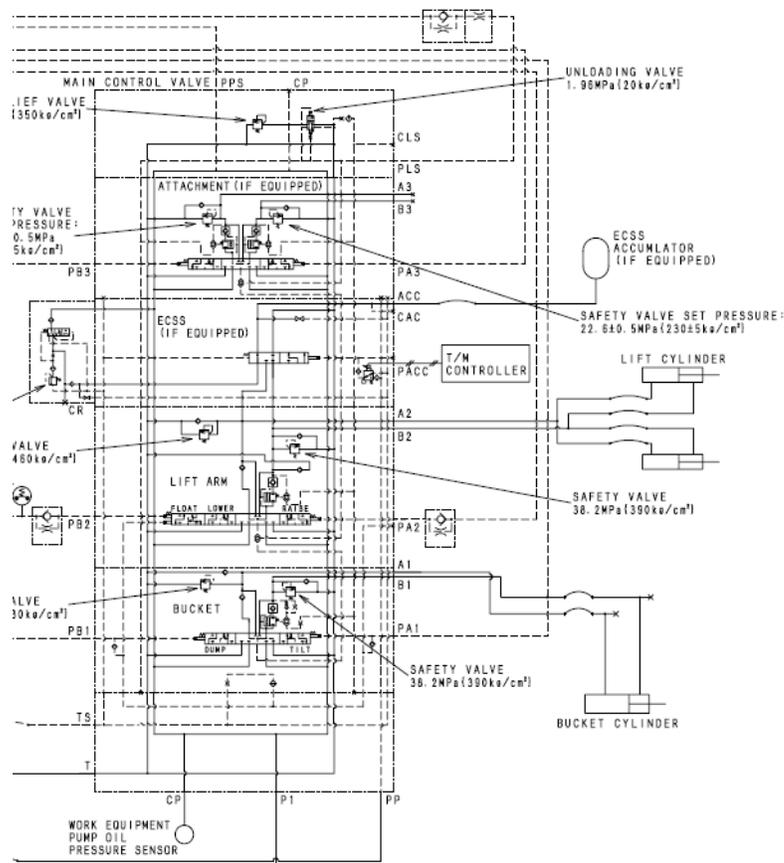


Fig. 6.8 Control hidráulico (main control valve), extraído del diagrama general hidráulico, incluye cilindros de alza y bellcrank, línea a tanque y presión piloto.

De igual manera se identifica el circuito de control, que consta de la palanca, la válvula accionada por la palanca, solenoides, los muelles de presión proporcional, el flujo de control a baja presión, el acumulador hidráulico y un retorno a tanque. A como se aprecia en la figura 6.9.

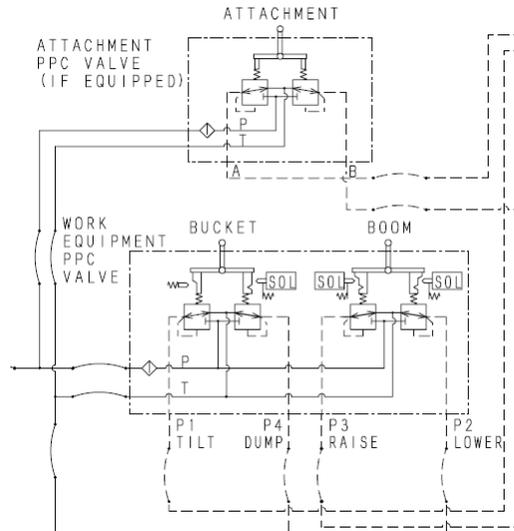


Figura 6.9 diagrama de la válvula PPC del equipo de trabajo.

El flujo que se interrumpe es el de baja presión que pertenece al circuito de control (figura 6.9). Con ayuda del diagrama se identifica la línea que corresponde al accionamiento de la palanca proporcional en movimiento de volcado del cucharón y que alimenta al carrito del control central del mismo movimiento (se encuentra opuesto al de alzado).

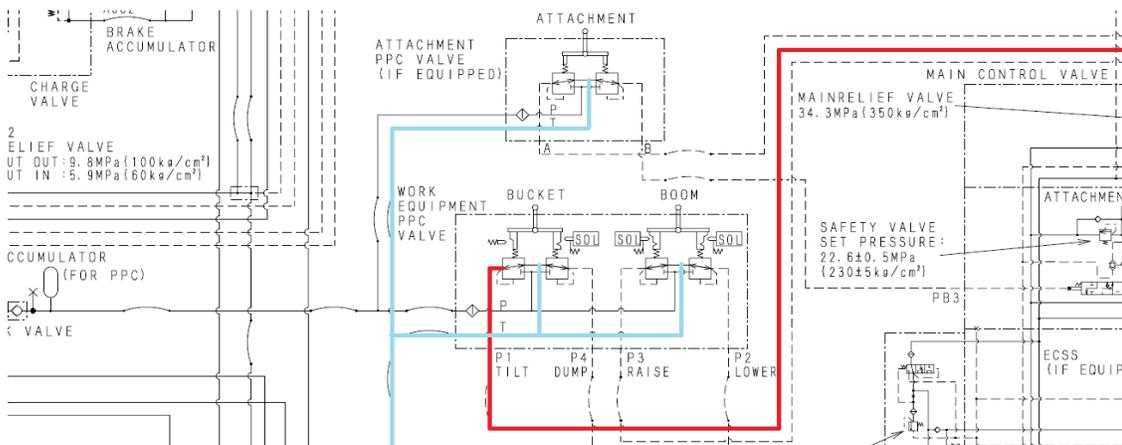


Figura 6.10 En rojo: línea hacia control central, movimiento de volteo de cucharón, en azul: línea de drenaje a tanque normal.

6.7.1. Diagrama hidráulico del Bypass limitador.

En base al análisis previo se dibujó el diagrama hidráulico que cumple la función de ser independiente al operador, a como se aprecia en la figura 6.13 aún si el operador acciona la válvula de control proporcional y envía un flujo hacia el control central, este debe pasar por la válvula direccional, cuando recibe la señal de cerrar el paso libre, desvía el flujo a tanque directamente.

La presión de operación es de 38 Kg/cm², lo cual es una baja presión, al mismo tiempo no sufre del retroceso del golpe de ariete e inercia del brazo entero, sino solo del circuito de control a baja presión.

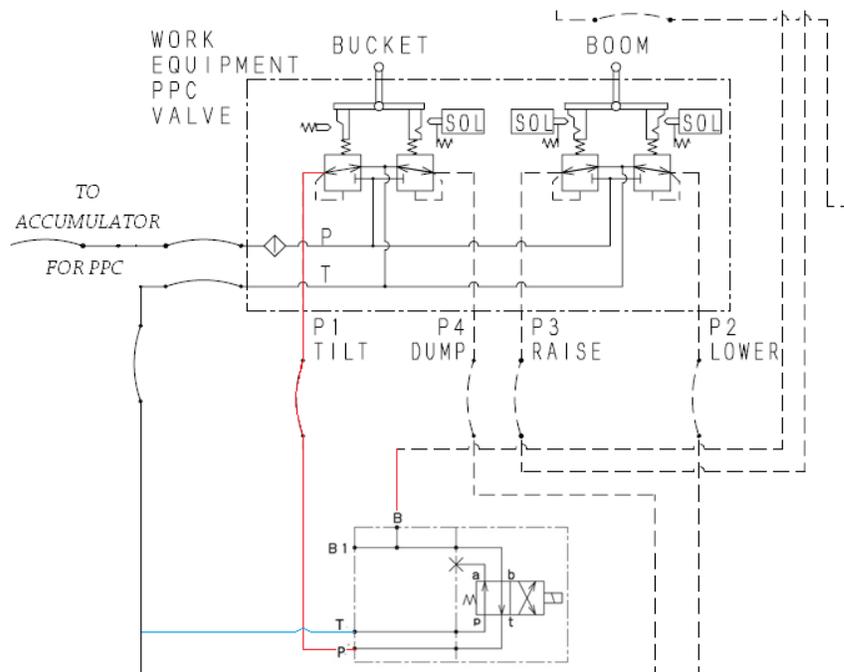


Figura 6.13 Diagrama hidráulico del sistema limitador con operación independiente al operador, en rojo: línea de presión de control. En azul: línea de drenaje a tanque.

6.7.2. Elementos hidráulicos seleccionados.

Los componentes nuevos que conforman el circuito hidráulico son:

- Mangueras.
- Válvula direccional...
- Acoples y conectores

La selección de cada uno de ellos se realizó en conjunto con el taller de Construmarket Nicaragua y Komatsu. Para garantizar que sean aceptados por el fabricante y que haya disponibilidad de manera local. En caso de no encontrar un componente se puede adaptar con las precauciones que se detallan en las recomendaciones.

Electroválvula o Válvula direccional.

Se seleccionó la Válvula direccional **Yuken** homologada por **komatsu**, esta es una válvula con tres puertos y dos posiciones. El diagrama hidráulico se puede ver en la figura 6.12, el número de serie es DSG-01-2B10B-D24-70285.



Figura 6.14 Solenoide, válvula direccional y tornillos del kit de la electroválvula.

Mangueras de circulación.

Se seleccionaron mangueras **Intertraco** de los modelos FlexIT 2T, específicamente de la serie de mangueras estándar EN 853 2SN o su equivalente SAE 100 R2AT. Con número de serie 2SN 10, de un diámetro nominal de 10 mm o 3/8 in calibre 06 con una presión nominal de trabajo de 330 bares y un radio de curvatura de 125 mm y 1m de longitud. El estándar SAE 100 R2AT permite temperaturas de -40°C hasta 100°C especial para aceite hidráulico y agua.



Figura 6.15. Mangueras hidráulicas de conexión entre la válvula, tanque y control central.

Conectores y adaptadores.

Como parte de la instalación se requieren conectores, acoples e incluso adaptadores. Debido a la longitud de la manguera se requiere que la fabricación de sea unitaria. Por lo que se presentan inconvenientes con los acoples estándar con numeración internacional o americana (milímetros o pulgadas).

Se **fabricaron** dos acoples rectos de $\frac{3}{4}$ in con dos hilos macho para el ensamble de la manguera en la válvula direccional, asimismo un codo de $\frac{3}{4}$ in con dos hilos macho. Estos acoples se adaptaron en base a unos terminales con número de parte 21J-60-11371 (figura 6.16)



Figura 6.16 Conectores rectos Komatsu para el montaje de la manguera en la válvula.

De la misma manera se seleccionaron dos acoples en forma de T de $\frac{3}{4}$, para su conexión en los puertos del control central. Para las líneas de presión de control y retorno a tanque de la línea Ts.



Figura 6.17 Imagen ilustrativa de conector en forma de T empleado para la conexión de la manguera en el puerto del control hidráulico.

6.8. Diseño de circuito eléctrico.

Se diseñó un circuito eléctrico de control y suministro de corriente al sensor y la electroválvula, este circuito no puede ser cortado por el operador, y en caso que la línea de alimentación sufra algún percance o la protección haga corte, el equipo podrá continuar operando, con la precaución de que no estará protegido ante una mala operación.

Se alimentó con 24 V la electroválvula y el sensor de efecto Hall de señal digital, la comunicación entre el sensor y la válvula se da por medio de un relé normalmente abierto de dos posiciones, el circuito fue protegido con un fusible por cortocircuito o sobrecarga.

En el diagrama eléctrico se buscó una línea activa junto con el giro de la llave desde la segunda posición (start). Para esto se seleccionó la línea del controlador del equipo de trabajo, correspondiente a la segunda caja de fusibles que se encuentra en la cabina del operador.

FUSE BOX 2			
15	10A	206	HEAD L
14	10A	205	HEAD R
13	10A	204	SMALL L
12	10A	203	SMALL R
11	20A	200	LAMP MAIN
10	10A	506	CAUTION BUZZER
		980	MONITOR MAIN
9	5A	650	COMPRESSOR MAIN
8	20A	630	A/C BLOWER
7	20A	600	WIPER MAIN
		---	WIND WASHER
		---	SIDE WIPER (OPT.)
6	10A	240	BACK&STOP LAMP
5	10A	400	BOOM MAIN
		---	T/M BYPASS Sol.
		---	BOOM DUMPER RELAY
		---	AUTO DIGGING SW
		---	BOOM DUMPER (ECSS) SW
		---	BOOM STD. ADJACENT SW
		---	BUCKET ADJACENT SW
		---	BOOM DUMPER Sol.
		---	PPC Sol.
		---	BBC CONT.
		510B	LOAD MATER SW
4	5A	390	EMR S/T
3	5A	340	PARKING BRAKE
2	10A	300	T/M CONT.
1	10A	190	HORN

LINEA 24V

KEY SW ON 24V



Figura 6.18 Caja de fusibles número 2 del diagrama del circuito eléctrico (1/10) y Figura 6.19 Cajas de fusibles 1 y 2, a la izquierda la número 2.

Se conectó de la línea de alimentación T0 2/10, 050A 8W. Esta línea proviene de la llave a como se aprecia en la figura 6.20, se protegió con un fusible de 10 A y va hacia un relé y la línea de alimentación del sensor.

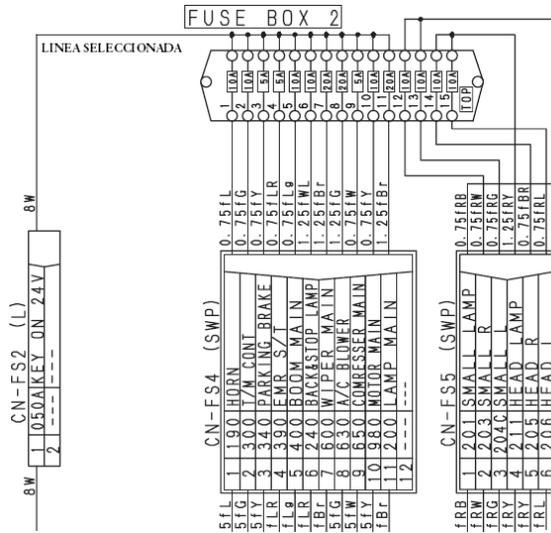


Figura 6.20 Diagrama eléctrico de la caja de fusibles número 2 con la línea de alimentación, donde se aprecian fusibles en paralelo.

6.8.1. Diagrama eléctrico de control.

Entonces en base al análisis del circuito eléctrico de los diagramas de la válvula se ha determinado la línea de alimentación, lo siguiente es trazar las líneas para alimentar la válvula, y el sensor.

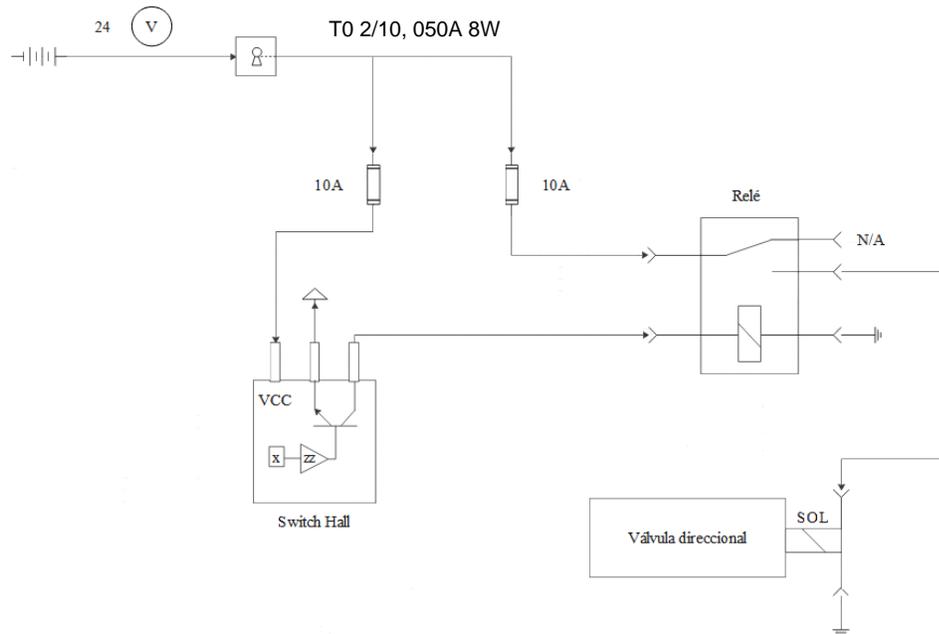


Figura 6.21. Diagrama de circuito eléctrico.

6.8.2. Elementos eléctricos seleccionados.

Fusible y porta fusible.

Se seleccionó un fusible estándar de 10 Amperios para proteger la línea de alimentación de la electroválvula y un fusible de 10 Amperios para alimentar el sensor de posición de efecto Hall. Soporta una tensión máxima de 32V y funciona para 12 y 24 Voltios. El porta fusible individual es estándar.



Figura 6.22 fusibles y base porta-fusible.

Relé y porta relé.

Se seleccionó un relé de dos posiciones normalmente abierto de uso vehicular e industrial modelo JD2912-1Z-24VDC. Con una tensión máxima de 28 V en operación y 40 Amperios con máximo de 80 Amperios, requiere de una señal de 5VDC para conmutar, una tensión nominal de la bobina de 2 VCD. Puede operar en condiciones de temperatura de -30°C a 80°C y un 85% de humedad.

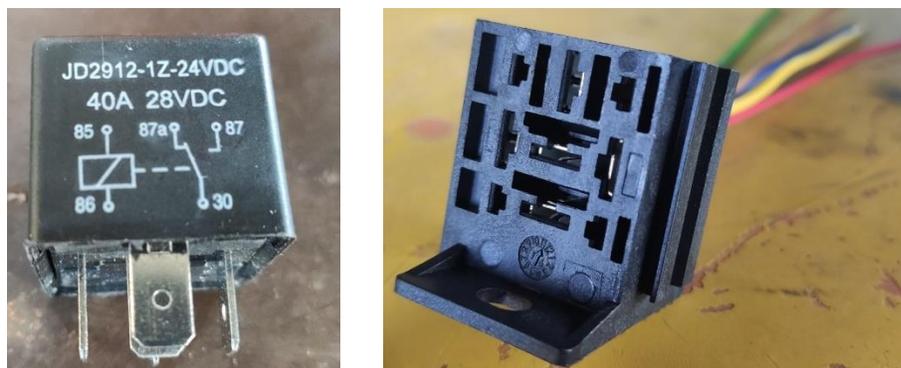


Figura 6.23 Relé normalmente abierto de dos posiciones y porta relé.

Sensor de efecto Hall.

Se seleccionó como switch de final de desplazamiento por su versatilidad y larga vida útil al no entrar en contacto directo con ningún elemento externo. Un sensor digital (dos posiciones) con una entrada máxima de 24 V y salidas de 5V y 0V en sus dos estados. El modelo es 56B-06-15610. Puede trabajar en condiciones adversas, sin embargo, no en condiciones extremas, por lo que requiere de protección ante impactos y agentes externos.



Figura 6.24 Switch sensor de efecto Hall Komatsu.

Conductores eléctricos.

Se seleccionó como conductor eléctrico un cable para uso rudo **TSJ** respaldado por la norma NTC 5521, **calibre 14 de tres líneas** con tensiones máximas de 600V y temperaturas permisibles de 60°C en ambientes secos y húmedos. Tiene una recubierta de PVC para protegerlo en la intemperie, es muy flexible con pequeños radios de curvatura permisibles.

No es recomendable para equipos de alta tensión o demanda de corriente, sin embargo, el circuito es de baja tensión, bajo consumo de corriente, una parte se encuentra en la intemperie además que se trata de corriente continua.



Figura 6.25 Conductor TSJ calibre 14 de uso rudo tres líneas, 10 metros de longitud.

6.9. Diseño de soporte del sensor.

Para la protección del sensor ante las condiciones adversas de clima y de trabajo a las que se había sido expuesta en un período de prueba, se determinó hacer una carcasa que aísla al sensor. Además de aislar funciona como soporte y base. Esta puede ser removida con una herramienta para la inspección. La posición es ajustable, tanto longitudinal como lateralmente.

Inicialmente se disponía de un prototipo, por lo que se pasó por dos etapas hasta el diseño final. Con ayuda del software de ingeniería INVENTOR se procedió a realizar el diseño en digital, la simulación de su ensamble y posteriormente la elaboración de los planos y selección del material.

Se seleccionó como material acero de medio carbono 1040 un acero estructural muy utilizado tanto en elementos de alto esfuerzo como de bajo esfuerzo. En realidad, no se seleccionó por sus propiedades mecánicas ya que la estructura no soporta esfuerzos significativos sino por la disponibilidad, fácil operación y al ser pintado con pintura anticorrosiva se añadió protección a la corrosión natural.



Figura 6.26. Corte y unión de la caja de protección del sensor.

Se emplearon electrodos E 7018 con cordón de soldadura continuo en posiciones vertical y horizontal. Se utiliza soldadura plana en bordes para las uniones de la caja y la lámina de ajuste en el exterior y de filete en el interior, además se emplea soldadura superpuesta para las cejas de sellado.

Se empezó por medir el sensor y el espacio que este ocupa, los cables que sobresalen de él y el radio de curvatura necesario para mantenerlos en perfectas condiciones el mayor tiempo posible, se ideó la forma cuadrada para facilitar la manufactura y el medio de sujeción para garantizar el desmontaje y ajuste que sea pertinente.

El diseño con ayuda de software y el resultado se pueden observar en la siguiente figura.

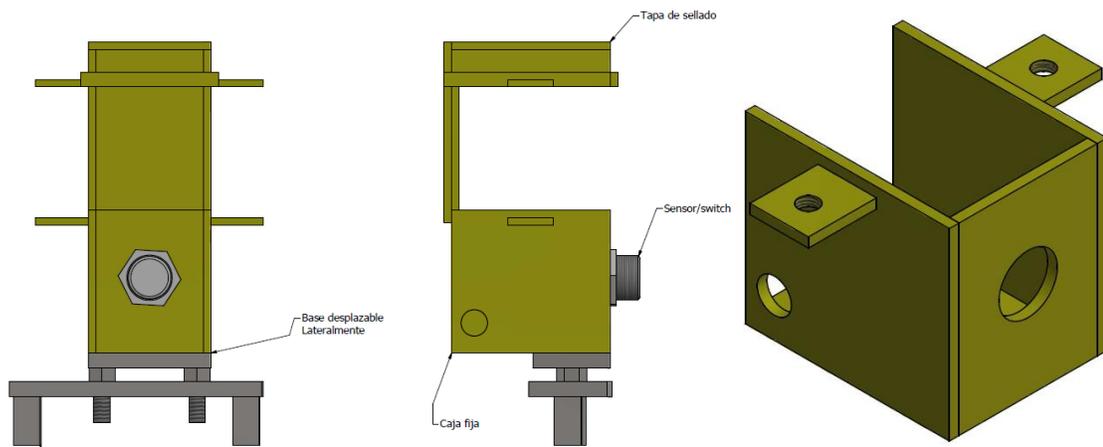


Figura 6.27. Caja de protección del sensor

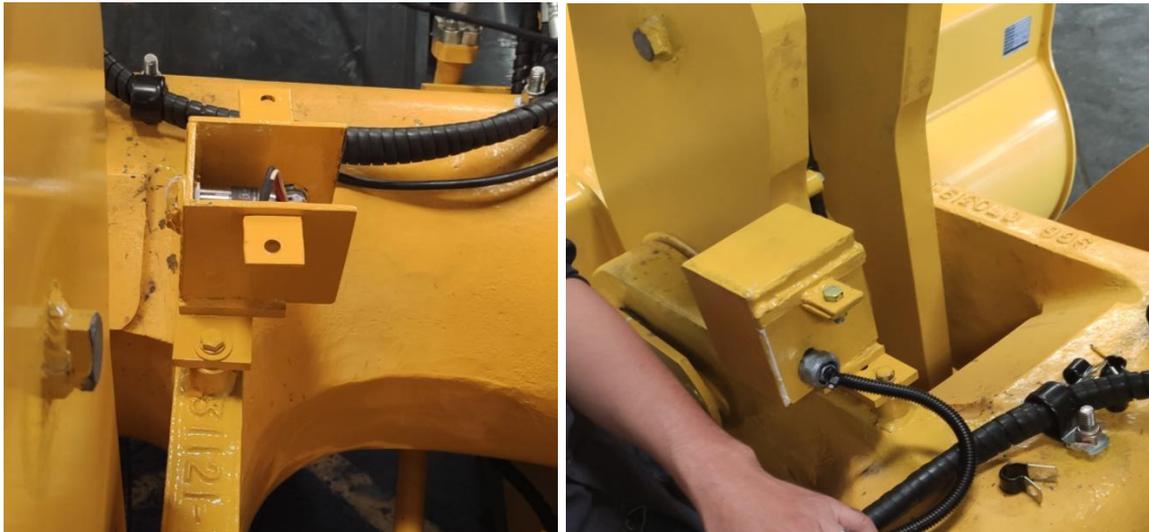


Figura 6.28. Soporte y protector del sensor instalado.

6.10. Presupuesto y costos de componentes e instalación.

Uno de los objetivos de este proyecto es comparar los costos inherentes a la instalación de un sistema limitador hidráulico al cargador frontal respecto a la inversión realizada para poner en marcha el cargador luego que la falla aparece para determinar si la viabilidad del proyecto.

La inversión total realizada para la instalación de un sistema limitador hidráulico para evitar la colisión en movimiento de volteo de un cargador frontal WA 470 ascendió a USD \$ 4603.04, incluyendo mano de obra y componentes como conectores, arandelas y tuercas.

Cantidad	descripción	subtotal USD
REPUESTOS		
1	426-43-27301 VALVE ASSY	2668.60
1	56B-06-15610 SWITCH	582.08
1	21J-60-11371 NIPPLE	90.39
2	07235-10315 ELBOW P	152.40
3	07002-12034 O-RING	9.57
TOTAL REPUESTOS		3503.04
MANO DE OBRA		
10014	MANGUERAS Y TERMINALES	150.00
10014	PLATINA BASE	60.00
10014	ARNES	250.00
10014	MATERIALES DE ARNES	32.00
10014	CAJA DE SENSOR	120.00
10014	OTROS MATERIALES	30.00
10015	MANO DE OBRA DE INSTALACIÓN	458.00
TOTAL DE MANO DE OBRA		1100.00
TOTAL USD		4603.04

Tabla 6.4. Inversión total realizada para la instalación del sistema limitador.

6.11. Beneficios de la instalación del Sistema de Limitación Hidráulica.

Previo a la instalación del sistema limitador en una máquina se presentó la falla de rotura 4 veces en un período de 20 meses, el tiempo de trabajo es monitoreado constantemente y se mide en horas con el motor encendido, este equipo ha trabajado un total de 15000 h.

El tiempo medio entre fallas según la formula $MTBF = \frac{TTO}{\#fallas}$ que brinda un parámetro para medir la disponibilidad de los equipos señala que para esta máquina en particular el tiempo medio entre fallas es:

$$MTBF = \frac{15000h}{4} = 3750h$$

Con un tiempo de trabajo de 23h por jornada, el promedio de tiempo hasta la siguiente falla sería de 5.4 meses. Minimizando el margen de gasto, el costo unitario por cada reparación había sido de USD \$ 11,767.85, las cuatro reparaciones debido a la falla sumaron la cantidad de USD \$ 47,071.4 aproximadamente pues no se contemplan otros gastos.

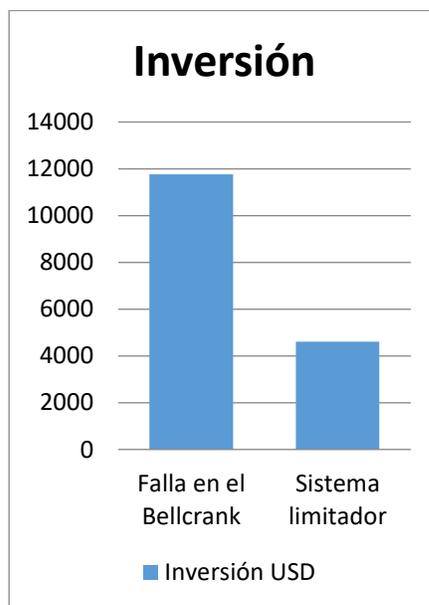
En base al historial de falla no resulta difícil pronosticar que en el mismo período de tiempo de operación se presente una falla similar en caso de no instalar el sistema limitador, y es importante recalcar que el cliente posee tres máquinas del mismo tipo.

En vista de ello y suponiendo que los operarios colisionen lo menos posible los eslabones (ya que sacudir el cucharón es una operación relativamente necesaria) con la mejora de las prácticas de manejo, al ser una falla que puede agravarse repentinamente no se puede pronosticar el comportamiento con los datos recopilados. Se puede estimar que al menos la próxima falla llegaría entre las 3800 y 4000 horas según el historial de fallas.

Con la instalación del sistema limitador no se presentará nuevamente la falla en el Bellcrank bajo las mismas condiciones por lo que se presenta un ahorro considerable y de hecho según el pronóstico anterior se amortizaría la inversión en menos de un año.

Es posible que alguna pieza que conforma el sistema de limitación se dañe, en caso de que esto ocurriese, por ejemplo, que el sensor se dañe por algún golpe contundente al área sensible que se encuentra expuesta, por lo que en cuanto al ahorro a la instalación del sensor se le agregará un variable máximo del costo del sensor y un mínimo del costo de los fusibles como fallo secundario.

Tomando en consideración que otros componentes no están expuestos a condiciones adversas y se estima que puedan tener una vida útil de más de 12,000 horas no es realmente posible que haya fallas en un año.



Grafica 6.1. Comparación de la inversión: Izquierda reparación de la falla, derecha instalación de sistema limitador.

El ahorro es el monto de la inversión de la reparación del bellcrank menos el costo de la instalación del sistema limitador más el costo variable de seguridad.

$$\text{Ahorro a } 1/2 \text{ año} = \text{Reparacion de Bellcrank} - \text{instalación SL} + Ms$$

$$\text{Ahorro a } 1/2 \text{ año} = \text{USD } 11,767.85 - \text{USD } 4,603.04 + \text{USD } 582.08$$

$$\text{Ahorro a } 1/2 \text{ año} = \text{USD } 7,746.89$$

El monto ahorrado previsto anualmente cubre completamente el monto de la instalación del sistema limitador por lo cual se considera amortizado totalmente seis meses después de su instalación.

De forma unitaria el beneficio derivado de la implementación del sistema limitador es de un 150% de ahorro en el primer semestre de su puesta en funcionamiento con respecto al monto de la inversión inicial total de instalación.

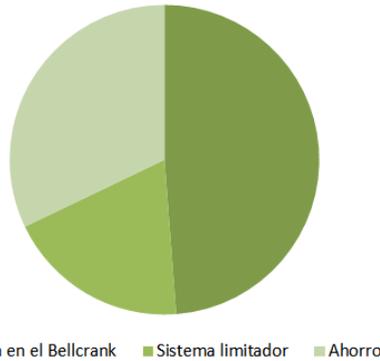


Gráfico 6.2. Comparación entre el ahorro, instalación y reparación.

El ahorro que se obtiene para la instalación en todas las máquinas, ya que los costos de reparación serían los mismos al ser modelos similares y fallas en la misma zona serían para un período de 6 meses:

$$\text{Monto total} = 4 (\text{costo de reparación USD})$$

$$\text{Monto total} = \text{USD } 11,767.85 \times 4 = \text{USD } 47,071.4$$

La inversión que se requiere para instalar la misma cantidad de limitadores con el costo del sensor como monto de seguridad:

$$\text{Monto de inversión} = 4(\text{inversión de instalación USD} + \text{MS})$$

$$\text{Monto de inversión} = 4(\text{USD } 4,603.04 + \text{USD } 582.08) = \text{USD } 20,740.48$$

El ahorro total derivado de la instalación de cuatro sistemas limitadores en un plazo de 6 meses es de:

$$\text{Ahorro} = \text{Monto total} - \text{Monto de inversión}$$

$$\text{Ahorro} = \text{USD } 47,071.4 - \text{USD } 20,740.48 = \text{USD } 26,330.9$$

Esto quiere decir que el ahorro según el pronóstico de falla al instalar en cuatro equipos en un periodo mínimo de 6 meses de USD \$ 26,330.9.

VII. Conclusiones.

Se determinó que la causa principal de la falla en el cargador frontal Komatsu WA470-6 partió de la colisión repetida del bellcrank contra el brazo de alzado del equipo de trabajo, provocadas dichas colisiones por las prácticas inadecuadas de operación y además que en la posición de volteo cuando el brazo se aproxima a la altura máxima, antes de que el cucharón alcance un desplazamiento angular de 45° hacia su posición de volteo completo impactan entre sí los elementos descritos anteriormente.

Para solucionar la falla se propuso y ejecutó la creación de un sistema que detecte la posición del bellcrank en un punto límite antes de impactar con el brazo de alzado mediante un Sensor tipo Switch (sensor de efecto Hall) que envía la señal de la proximidad del bellcrank a una electroválvula de tres vías y dos posiciones que conmuta entre el paso libre del aceite y su drenaje a tanque.

Se diseñó el circuito hidráulico que realiza un bypass a la línea de baja presión (correspondiente al flujo hidráulico proveniente de la palanca denominado presión piloto de control.) entre la salida de la palanca y la entrada de la válvula de control central que opera a alta presión)

Se diseñó el circuito eléctrico que alimenta a la electroválvula y al sensor y que a su vez comunica al sensor con la válvula por medio de un relé accionado por la señal digital del sensor.

Se diseñó una caja de protección hermética a las condiciones adversas del ambiente de trabajo, para alargar la vida útil del sensor. Además, se calculó su punto óptimo de montaje.

Se seleccionaron los componentes del sistema limitador aprobados por el fabricante, además se presentó de manera completa la instalación recomendada del sistema limitador, sus lugares de montaje e instrucciones de revisión.

Finalmente se realizó una comparación económica resultando un proyecto viable al ahorrar un 150% del costo de instalación en menos de un año y siendo completamente amortizado en ese período incluyendo un monto de seguridad.

VIII. Recomendaciones.

Instalación y revisión.

- Si se realiza instalación en equipos modificados de alguna manera, verificar que no haya interferencias entre los elementos instalados y el sistema limitador hidráulico de desplazamiento.
- Antes de la instalación la maquina debe estar completamente detenida, con la batería desconectada mientras se realiza la instalación del sistema eléctrico y se realizan las operaciones de soldadura.
- Seguir las instrucciones del procedimiento de instalación y los materiales seleccionados.
- Se permite cierta tolerancia en la selección de componentes dependiendo de la disponibilidad, pero los que se han seleccionado en este documento son aprobados por el fabricante.
- Realizar la medición del punto muerto inferior según lo señalado, se recomienda que sea hecho entre dos personas con un operador experimentado.
- Utilizar conectores eléctricos para intemperie que sellen el agua y la humedad, revisar y limpiar como operación de mantenimiento cuando se requiera.
- Se recomienda realizar chequeos de la condición del área sensible del switch, porque se ha comprobado que el bellcrank tiende a desplazarse lateralmente cuando la maquina se inclina o cuando ejerce fuerza de manera oblicua.
- Se recomienda revisar el estado del sistema antes de comenzar las operaciones ya que en caso de que este no funcione no afecta a la máquina, pero la deja desprotegida, en caso de notar algún inconveniente reportarlo.
- Utilizar los conductores recomendados, o de calibre menor (área mayor) en caso de que no haya disponibilidad, esto es calibre 12 AWG.
- Los elementos no pueden ser reparados, en caso de desperfecto se deberán intercambiar por piezas nuevas.

IX. Bibliografía y webgrafía.

- Altec. (10 de 08 de 2012). *Qué son las electrovalvulas*. Recuperado el 24 de 02 de 2020, de altecdust: <https://www.altecdust.com/soporte-tecnico/que-son-las-electrovalvulas>
- Alvarez Salazar, J. (30 de 03 de 2017). *Notas para un curso de electricidad*. Recuperado el 13 de 02 de 2020, de Maquinarias Pesadas: <https://www.maquinariaspesadas.org/blog/3002-manual-electricidad-circuitos-electricos-leyes-analisis-corriente>
- ASME. (1994). *Dimensionado y tolerado*. (J. R. Vásquez, Trad.) México: Mitutoyo Mexicana.
- Budynas, R. G., & Nisbet, K. J. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (8va ed.). Mexico D.F.: McGraw-Hill.
- Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2010). *Mecánica de fluidos, fundamentos y aplicaciones* (segunda ed.). México D.F.: McGraw-Hill.
- Department of the Army. (1997). *Hydraulics: FM 5-499*. Washintong DC: Createspace Independent Pub.
- Domingo, A. M. (2011). *Apuntes de Mecánica de fluidos*.
- Erdman, A., & Sandor, G. (1998). *Diseño de mecanismos, análisis y síntesis* (Tercera ed.). México: Prentice Hall, Inc.
- Giles, R. V. (2005). *Mecánica de los fluidos e hidráulica*. México: McGraw-Hill.
- Gobierno de México. (10 de 12 de 2019). *gob.mx*. Obtenido de https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Explotacion-minera.html
- Gobierno de Nicaragua. (12 de Septiembre de 2012). Ley especial sobre exploracion y explotación de minas. págs. 7448-7449.
- Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna* (Tercera ed.). México DF, México: McGraw-Hill interamericana.
- Grupo EPM. (04 de 08 de 2016). Materiales eléctricos- Cables de cobre para control. *Especificacion Técnica: Cable de cobre apantallado para control*. Medellín, Colombia.
- Guerrero, O. E. (2008). *Procesos de manufactura e ingeniería industrial*. Bogotá, Colombia: Editorial universitaria-UNAD.
- Hella Tech World. (12 de 08 de 2019). *Baterías, Funcionamiento y sistema de carga*. Obtenido de Baterías Hella : <https://www.hella.com/techworld/es/Informacion-Tecnica-52/>

- Hibbeler, R. C. (2010). *Ingeniería mecánica- Dinámica*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- komatsu. (23 de Febrero de 2016). CLSS. Curso de Valvulas de control de centro cerrado. Managua, Nicaragua.
- komatsu. (23 de Febrero de 2016). PPC: Curso de circuito de control de presion piloto. Managua, Nicaragua.
- Komatsu, Cummings. (22 de Diciembre de 2011). Caja de Válvulas, entrenamiento de cargadores hidrostáticos, estructura y función. Managua, Nicaragua. Recuperado el 27 de Enero de 2020
- Komatsu, Cummings. (23 de 11 de 2016). Curso de mangueras, tuberías, accesorios y acumuladores. Managua, Nicaragua.
- Komatsu, Cummings. (23 de febrero de 2016). Curso de Valvulas de control direccional. Managua, Nicaragua.
- Komatsu-Furokawa Bateries Co. (12 de 11 de 2016). Curso basico de electricidad (Baterias). Managua, Nicaragua.
- Lab-Volt. (s.f.). *Fundamentos de hidráulica*. Toronto: Festo Didactic.
- Mabie, H. H., & Reinholtz , C. F. (1986). *Mechanisms and Dynamics of Machinery*. Virginia: John Willey & sons. Inc.
- Mantilla Quijano, G. (Junio de 1985). *La ley de Joule*. Recuperado el 12 de 02 de 2020, de Repositorio SENA: <https://hdl.handle.net/11404/1852>
- Myszka, D. H. (2012). *Maquinas y mecanismos* (cuarta ed.). Mexico: Pearson educación.
- Norton, R. L. (2009). *Diseño de maquinaria Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos*. Mexico D.F.: McGraw-Hill.
- Nova SMAR S/A. (08 de 11 de 2019). *Hall sensor La tecnología de los posicionadores inteligentes de ultima generación*. Recuperado el 02 de 02 de 2020, de Smar Tecnology Company: <http://www.smar.com/espanol/articulos-tecnicos/hall-sensor-la-tecnologia-de-los-posicionadores-inteligentes-de-ultima-generacion>
- Parker Hanninfin Corp 2020. (15 de 02 de 2017). *Como seleccionar la manguera correcta para transmision de potencia*. Recuperado el 12 de 02 de 2020, de Parker.com: <http://www.parker.com/portal/site/PARKER/menuitem.223a4a3cce02eb6315731910237ad1ca/?vgnextoid=c883f1069475e210VgnVCM10000048021dacRCRD&vgnnextfmt=>

- Rodriguez Galbarro, H. (07 de 02 de 2020). *Sistemas hidraulicos de transmisión de potencia: ingemecanica*. Recuperado el 15 de 02 de 2020, de ingemecanica: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn212.html>
- SAE International. (17 de Febrero de 2009). *Recommended practices for hydraulic hose assemblies* . Obtenido de SAE Mobilus: https://saemobilus.sae.org/content/j1273_200902
- Serway, R. A., & Jewett , J. W. (2008). *Physics for scientist and Engineers* (Séptima ed., Vol. II). Belmont, United States: Thomson.
- Shey, J. A. (2002). *Procesos de manufactura*. México D.F., México: McGraw-Hill.
- Shigley , J. E., & Uicker Jr, J. J. (2001). *Teoría de máquinas y mecanismos*. México: McGraww-Hill.
- Silva Vásquez, W. J. (2012). *Ingeniería y procesos de manufactura I* (Primera ed.). Lima, Perú: Universidad Nacional de ingeniería, Editorial Universitaria.
- Taylor & Francis Group. (2012). *Handbook of hydraulic fluid technology* (segunda ed.). (G. Totten, & V. De Negri, Edits.) Florida: Taylor & Francis Group.
- UNE-EN. (1996). *Sistema ISO de tolerancias y ajustes (ISO 286-2)*. Madrid, España: AENOR.
- Viloria, J. R. (1989). *Neumática, hidráulica y electricidad aplicada*. S.A Ediciones Paraninfo.
- Xunta de Galicia. (01 de Septiembre de 2013). *Tolerancias dimensionales*. Recuperado el 20 de 02 de 2020, de Consellería de educación, universidade e formación profesional: https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrcoruna/aulavirtual2/file.php/186/Tolerancias_Dimensionales_.pdf
- Zamora Parra, B., & Viedma Robles, A. (2016). *Maquinas hidraulicas*. Cartagena: Ediciones Universidad Politecnica de cartagena.

X. Anexos

Anexo I.

Tablas de elementos que componen el sistema limitador.

SISTEMA ELECTRICO	
ELEMENTO	CANTIDAD
FUSIBLE 10 A	2
PORTAFUSIBLE	2
RELÉ	1
PORTARELÉ	1
SENSOR DE EFECTO HALL	1
CONDUCTOR TSJ	10m
CONECTORES ELECTRICOS	2

Tabla I.1 Elementos que conforman el sistema eléctrico.

INSTALACIÓN	
ELEMENTOS	CANTIDAD
CINTA ADHESIVA AISLANTE	1
CAUTIN	1
ESTAÑO	1
MANGUERA PROTECTORA	4m
BRIDAS PLASTICAS	10

Tabla I.2. Elementos necesarios para instalación.

SISTEMA HIDRÁULICO	
ELEMENTOS	CANTIDAD
MANGUERAS 3/8	2 X 1.1m
VALVULA	1
CONECTORES T	2
ADAPTADORES	2

Tabla I.3. Elementos que componen el sistema hidráulico.

CAJA DE PROTECCIÓN	
ELEMENTO	CANTIDAD
LÁMINAS 3/16	900 cm2
LAMINAS 3/8	128 cm2
TUBO SOLIDO 15/16	32 mm
SILICÓN	1
PERNO M12 X 1.5	4
NIPPLE	1

Tabla I.4. Elementos que componen la caja de protección.

Anexo II.

Tablas de propiedades de los materiales.

Use range	Manual welding	
	Down to -40°C	-40°C to -50°C
A	(A - 1) [D4301 D4327 D4303 D4340 D4311]	(A - 2) [D4316 D4326]
B	[D5016 D5316 D5026]	[D5016]
C	[D5816 D5826]	[D5816]
D	[E9016 - G E10016 - G E11016 - G]	[E11016 - G]

Note ① When joints require a high cycle fatigue limit, use C. When the static strength of joints must be equal to that of the base metal, or when high wear resistance is required, use D.

- In each use range, when high durability of the deposited metal is not especially required, use welding rods whose deposit metal has a strength below 50 kg/mm² in order to reduce the cost of welding rods.

Tabla II.1 observaciones para la selección de electrodos en base a la durabilidad del material de aporte.

Electrodo de clasificación AWS A5.1-91 E7018, equivalente la JIS D5016, electrodo básico recubierto de bajo hidrógeno, contiene polvo de hierro diseñado para soldadura dulce, aceros de medio carbono, baja aleación y tensión media

Typical all weld metal properties				
Chemical Composition (%)			Mechanical Properties	
C	0.07		Yield Strength	480 N/mm ²
Mn	1.20		UTS	570 N/mm ²
Si	0.45		Elongation	27%
S	0.020		Reduction of area	75%
P	0.022		Impact (Charpy V Notch)	80 J at minus 30°C
Storage and Re-drying: Keep in a dry place and re-dry immediately before use at 300 °C for 90-120 minutes in a vented oven and thereafter use from a hot box set at 100-120 °C.				
Operating Data: Use AC (Minimum OCV 70) or DC Electrode <i>Positive or Negative</i>				
Size	Length	Stick per	Kgs. per Pkt	Recommended Current Range
mm	mm	Pkt(±2)	(Approx.)	(Amperes)
2.5	350	91	2.0	70-110
3.2	350	82	3.0	110-140
3.2	450	66	3.0	110-140
4.0	450	43	3.0	140-185
5.0	450	49	5.0	160-275
Welding Position- All positions.				

Tabla II.2. Propiedades del electrodo AWS E7018.

Symbol (JIS)	Mechanical properties				Chemical composition						Weldability	Usage
	Tensile strength (kg/mm ²)	Yield point (kg/mm ²)	Elongation (%)	Hardness (Hb)	C	Si	Mn	P	S	Ceq		
S10C	≥ 32	≥ 21	≥ 33	109 to 156	0.08 to 0.13	0.15 to 0.30	0.30 to 0.60	<0.030	<0.035	0.24	○	Structure, wear resistant parts, gears, etc.
S15C	≥ 38	≥ 24	≥ 30	111 to 167	0.13 to 0.18					0.29		
S20C	≥ 41	≥ 25	≥ 28	116 to 174	0.18 to 0.23					0.34		
S25C	≥ 45	>27	≥ 27	123 to 183	0.22 to 0.28					0.39		
S30C	≥ 48	≥ 29	≥ 25	137 to 197	0.27 to 0.33					0.44	△	
S35C	≥ 52	≥ 31	≥ 23	149 to 207	0.32 to 0.38					0.49		
S40C	≥ 55	≥ 33	>22	156 to 217	0.37 to 0.43					0.54	X	
S45C	≥ 58	≥ 35	>20	167 to 229	0.42 to 0.48					0.59		
S48C	≥ 62	≥ 37	≥ 18	179 to 235	0.45 to 0.51					0.62		
S50C					0.47 to 0.53					0.64		
S55C					0.52 to 0.58					0.69		

Tabla II.3 Propiedades mecánicas de los aceros al carbono JIS. (S40C=AISI 1040).

Peso metros	3/16 4.8 mm.	1/4 6.3 mm.	5/16 7.9 mm.	3/8 9.5 mm.	1/2 12.7 mm.
3 x 6 (0.915 x 1.83)	62	83	104	125	167
3 x 8 (0.915 x 2.44)	83	111	139	167	222
3 x 10 (0.915 x 3.05)	104	139	173	208	278
3 x 20 (0.915 x 6.10)	208	278	346	416	556
4 x 8 (1.22 x 2.44)	111	148	185	222	296

Tabla II.4. Pesos y medidas estándar de placas de acero.

Tipo de alambre		AVS o AV						AEX	
Tipo de circuito	Carga	R	WG	-	-	-	-	R	-
	Tierra	B	-	-	-	-	-	B	-
	Arrancar	R	-	-	-	-	-	R	-
	Luz	RW	RB	RY	RG	RL	-	D	-
	Instrumentos	Y	YR	YB	YG	YL	YW	Y	Gr
	Señal	G	GW	GR	GY	GB	GL	G	Br
	Otros	L	LW	LR	LY	LB	-	L	-
		Br	BrW	BrR	BrY	BrB	-	-	-
		Lg	LgR	LgY	LgB	LgW	-	-	-
		O	-	-	-	-	-	-	-
		Gr	-	-	-	-	-	-	-
		P	-	-	-	-	-	-	-
		Sb	-	-	-	-	-	-	-
		Dg	-	-	-	-	-	-	-
Ch	-	-	-	-	-	-	-		

Tabla II.5. Código de colores para cables AV, AVS y otros. Homologados por Komatsu

Anexo A

Instalación.

Para garantizar el menor tiempo de instalación se recomienda tener a mano todos los componentes necesarios. De este modo se minimizan las pérdidas si la instalación es preventiva, en caso de que sea correctiva se recomienda no alterar los lugares de montaje, dimensiones o algunos materiales.

La lista completa de todos los componentes empleados se puede encontrar en el anexo1. El plano de la caja del sensor y el despiece se encuentra en el anexo C

Procedimiento de instalación.

Se puede llevar a cabo la instalación del sistema eléctrico y el montaje de la válvula y mangueras de conexión hidráulica a la vez de manera paralela. Esto reduce significativamente el tiempo de instalación.

El equipo debe ser probado antes de todo para observar su estado. Luego debe estar completamente detenido e inmovilizado, con el cucharón en posición de reposo y batería desconectada al momento de realizar instalaciones eléctricas.

Circuito eléctrico.

Con todos los elementos eléctricos a disposición se procede a retirar la tapa del panel de control eléctrico que se encuentra en la cabina detrás del asiento del operador. Dentro de este panel se encuentra el banco de relés y el porta fusibles de la cabina y la caja de komtrax.

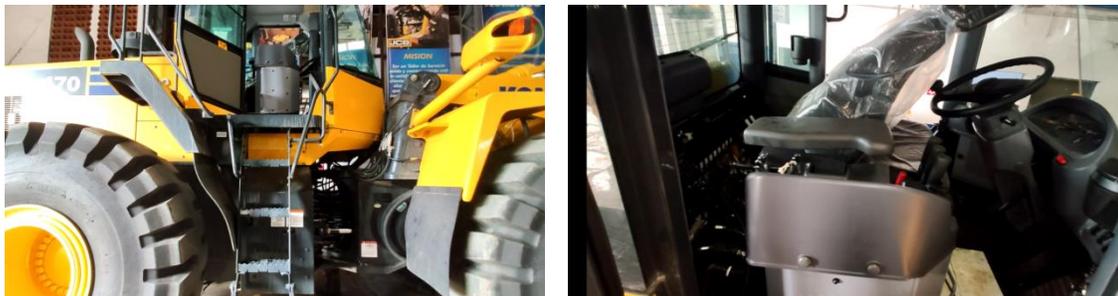


Figura A.1. Ubicación del panel eléctrico visto desde el perfil derecho.

Se remueve la tapa del panel, se identifica la caja de fusibles número 2 y se procede a retirar los tornillos que la sujetan.



Figura A.2. Panel eléctrico y caja de fusibles número 2.

Luego de retirar la tapa y los dos tornillos de soporte del porta fusible se retira el porta fusibles y se accede a los cables. De ellos se identifican las líneas (blancas) que son de alimentación procedentes de la llave a como se ve en la figura A.3. Se hace un empalme de los dos fusibles en la línea del posicionador del equipo de trabajo.

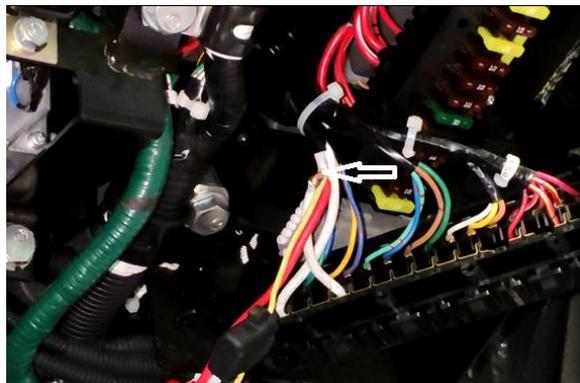


Figura A.3. Empalme para la conexión de las líneas de alimentación de la electroválvula y el sensor de efecto Hall.

La conexión en el relé a como se aprecia en el diagrama eléctrico de la figura 7.21. La línea positiva de alimentación con el fusible de 20A entra en la pata “30”, la señal de salida del sensor de efecto Hall en la pata “86”, la pata “85” va a “tierra”, la pata “87a” es línea muerta, y la pata “87” envía corriente a la electroválvula. Con esto presente, el cable TSJ de tres líneas se conecta en “86” y en “87” y la línea restante que es positiva de alimentación se conecta con el fusible de 10A. Para la

correcta identificación hay que prestar atención a los colores de los cables en el interior del TSJ.

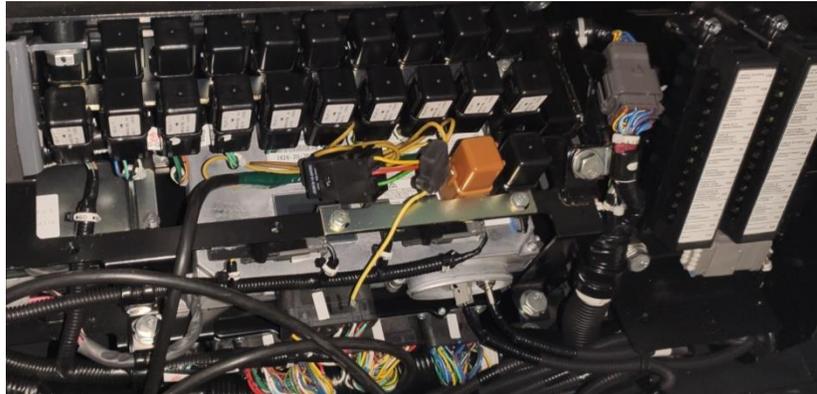


Figura A.4. Ubicación del relé antes de conectar el fusible, se presta atención a los colores de los cables.

Luego de realizar las conexiones de las líneas de señal, de alimentación y negativas, se fija el relé en un lugar donde no estorbe y se saca el cable TSJ de la cabina por el orificio destinado para cables y conexiones en el piso de la cabina

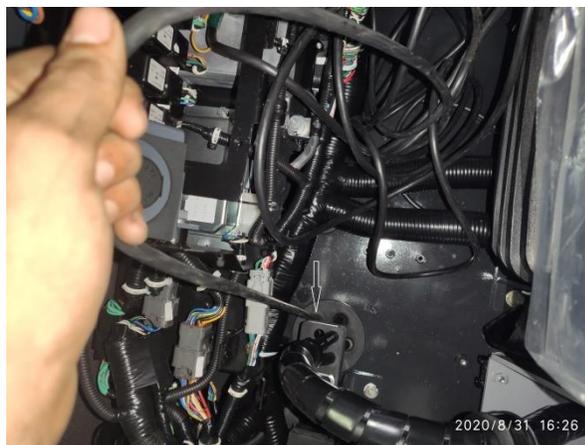


Figura A.5. Orificio de la cabina ideal para sacar el cable de señal/alimentación.

Con ayuda de un gancho se hala el cable, se saca de debajo de la cabina por la parte derecha y se fija con las mangueras hidráulicas cercanas, se mide con el cable la posición y la distancia hasta la electroválvula a como se aprecia en la figura A.6. Y se realiza un empalme. Se toma la línea positiva de alimentación que sale de la pata “87” del relé y se agrega una línea negativa para conectarse a

“tierra”. De este modo queda alimentada la electroválvula. Es importante recalcar que el cable negativo está conectado a la electroválvula y al sensor.

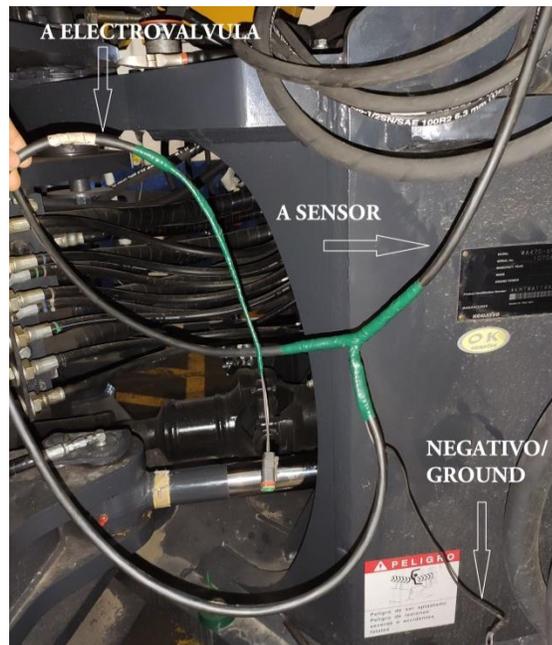


Figura A.6. Empalme de alimentación a electroválvula y sensor, acople estándar.

Posteriormente se ensaya el despliegue del cable hasta la posición ideal del sensor y se conecta un terminal. A partir del empalme de la figura A.6. Deben ir tres líneas, un negativo, una de retorno de señal y una de alimentación. Se conecta el sensor y se espera el montaje de la caja de protección y el test de funcionamiento.



Figura A.7. Conector y ensayo de posición del sensor.

Instalación de circuito hidráulico.

El sitio de montaje de la electroválvula más adecuado es en el soporte de la brida que sujeta un tubo hidráulico en la parte trasera del control central. Para que la electroválvula encaje bien en el soporte solamente se debe ampliar el orificio de la base de la válvula. El sitio es accesible desde el lado derecho.



Figura A.8. Lugar de montaje de electroválvula.

Luego de montar la electroválvula (figura A.11.) se instalan los adaptadores que se seleccionaron y fabricaron además de un tapón para un puerto auxiliar para toma de presión. Se abre la tapa en el lado frontal de la máquina que da acceso al control central.

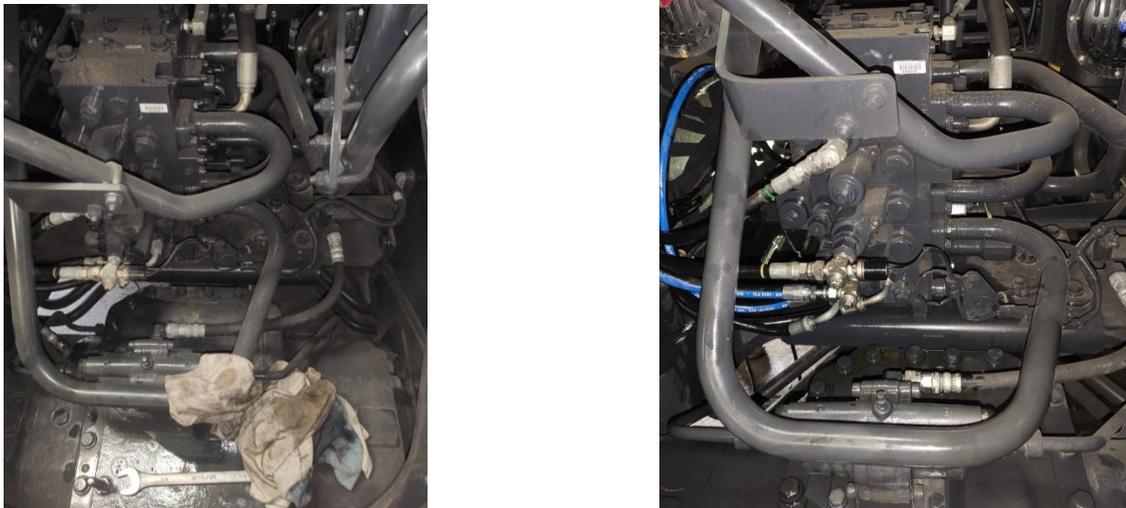


Figura A.9. Retirada de la tapa y acceso a control central. Figura A.10. Instalación de conectores en forma de T y de mangueras hidráulicas.

En el control central inicialmente está conectada la manguera de presión proveniente de la palanca PPC en la ubicación de P1' de la figura A.12. Se retira la manguera de ese puerto y se conecta a P1 de la válvula direccional (figura A.11).

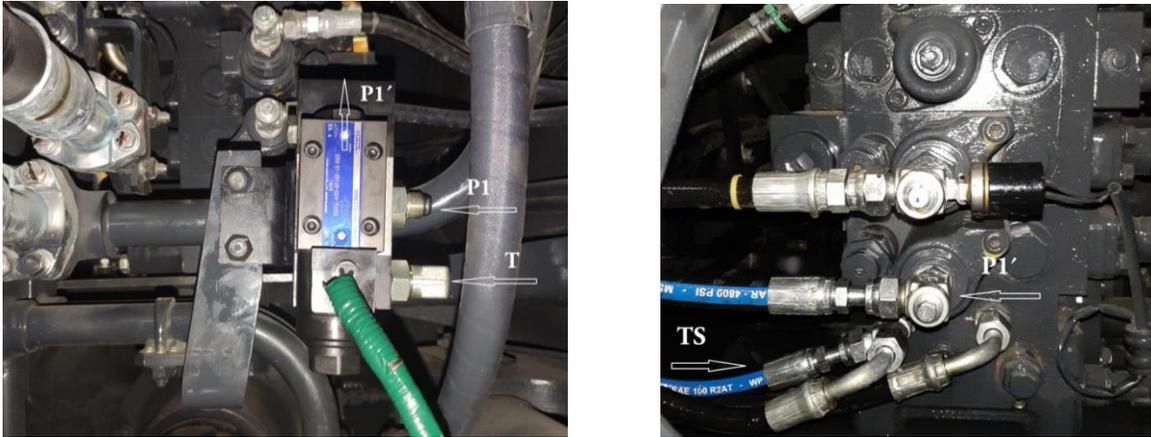


Figura A.11. Montaje de la válvula y adaptadores y líneas de salida, P1 es la entrada de presión desde la palanca de control proporcional, T es la salida a tanque TS, P1' es la salida al control central. Figura A.12. Conexiones en control central provenientes de la válvula direccional.

Se instalan conectores en forma de T en el control central en los puertos de TS y P1', se acoplan las mangueras en ambos puertos y luego se conectan con P1' y T de la válvula direccional (figura A.13.) respectivamente. Esto completa el circuito hidráulico.

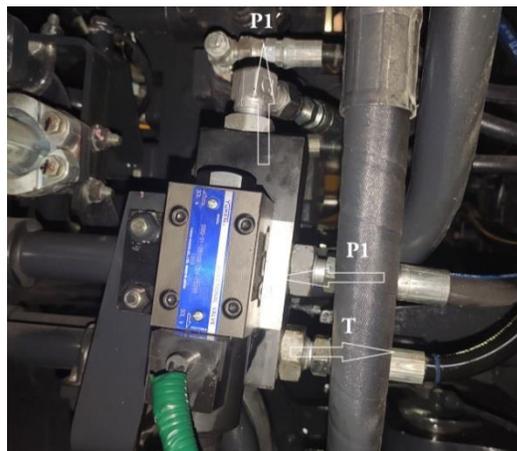


Figura A.13. Instalación de mangueras en electroválvula. Flechas indican salidas.

Test de funcionamiento.

Luego de la instalación y revisión de todos los componentes con la seguridad de que todo se encuentra en orden, se debe probar el circuito antes de montar el sensor en la caja de protección. Solamente se deben seguir los siguientes pasos:

1. Conectar Batería y retirar dispositivos de fijación y seguridad ante accidentes si se encontraban puestos.
2. Encender el motor y revisar funcionamiento correcto del circuito hidráulico ante fugas o respuesta correcta a las acciones del operador.
3. Tomar el sensor y una platina metálica de acero estructural, por ejemplo.
4. Alzar el brazo al punto más alto y poner el cucharón en posición de transporte de material.
5. Coordinar con el operador la acción de hacer descender el cucharón de la posición de transporte a la posición de volcado.
6. A mitad de la carrera acercar la platina al sensor lo que provocará que se corte el flujo de la palanca PPC al control central deteniendo el cucharón.
7. Si no se detiene el cucharón o no se mueve es posible que haya problemas con la señal eléctrica, se recomienda:
 - a. Revisar con un multímetro si hay tensión eléctrica en cada una de las líneas positivas y si están bien conectadas a tierra.
 - b. Revisar si el sensor envía señal al relé. Midiendo la tensión, deben haber al menos 4V.
 - c. Probar la válvula direccional en solitario. Se testea el solenoide para comprobar su correcto funcionamiento, se le hace pasar corriente a 24V y este debe reaccionar.
 - d. Probar o cambiar de relé, si se comprobó el correcto funcionamiento de todo lo anterior.
8. Si no se detiene el cucharón o no se mueve y la señal eléctrica se encuentra en óptimas condiciones se recomienda:
 - a. Revisar las líneas hidráulicas, mangueras y conectores ante dobleces y obstrucciones internas por desperfectos.

- b. Cerciorarse de que la válvula no haya sido conectada en la posición abierta lo que provocaría que todo el flujo de la palanca PPC se drene a tanque. Si esto sucede invertir las mangueras P1 y T.

Luego del test de funcionamiento del conjunto de circuito hidráulico y eléctrico se procede al montaje del sensor en la caja de protección.

Instalación de la caja de protección del sensor.

La instalación consta de dos pasos, el primero consiste en el armado de los componentes que conforman la caja de protección, el segundo es el ensamble en el brazo, los componentes que conforman la caja de protección son:

- Cubierta superior o tapa.
- Caja fijada en la platina deslizante.
- Base con orificio para fijación y posicionamiento de la platina deslizante.
- Soporte soldado a la estructura del brazo de alzado.

En los planos se encuentran las dimensiones de los componentes, con la representación de las operaciones de soldadura. La manufactura de estas piezas consta de dos operaciones, operación de separación y corte y operación de unión de piezas. En la tabla 5.6 se señalan los tipos de procesos con remoción de material para manufactura

Operaciones de separación y corte.

Las operaciones de corte y separación son dos, corresponden al corte longitudinal y a la perforación de agujeros. Ya que son elementos estructurales no se requiere un acabado superficial fino ni preparación de la superficie o de los bordes.

Las piezas planas se pueden cortar con sierra en dependencia de la disponibilidad del taller, se recomienda una máquina Herramienta, en este caso una sierra de Banco, sin embargo, también se puede realizar con una amoladora/esmeril angular manual para esto se recomienda un disco de corte fino para acero con corindón como abrasivo, el diámetro puede ser de 4.5in o 7in

El taladrado de los agujeros se puede hacer en una fresa o con un taladro de columna o banco, el agujero para el sensor de 30mm nominales se realiza la operación de remoción de material en tres pasos. El primero con una broca de 3/8in de acero con plaquitas intercambiables o de metal duro integral, el segundo a 3/4in y el siguiente con una broca de 1 1/5in, en caso de hacerlo en fresa se recomienda realizar la primera operación con taladro y luego los avances pertinentes.

En este caso se empleó la operación de corte con plasma, muy recomendado para corte de láminas de menos de 25mm de espesor, con este tipo de operación se pueden cortar contornos difíciles con sierras y fresas. Para los agujeros pequeños de 10mm y de 14mm se empleó el taladro de columna con brocas estándar de metal duro.



Figura A.14. Revisión de las piezas cortadas con plasma, incluyendo el ensayo del posicionamiento del sensor.

Operaciones de unión.

Las operaciones de unión que se emplean son dos, soldado de las piezas que conforman cada uno de los elementos y la base con el brazo del cargador y la fijación por medio de pernos. La soldadura es permanente y los pernos realizan una fijación temporal.

Se realiza soldadura de filete en el interior de la caja y la tapa y se refuerza por el exterior con soldadura de borde, el cordón de soldadura es continuo y el filete de 5mm. Se emplearon electrodos para acero al carbono E 7018. En la figura A.15. Se puede apreciar el resultado del proceso de soldadura en la caja fija y la tapa de sellado.



Figura A.15. Operación de fijación por soldadura de borde y de filete.

Para la fijación con pernos se emplean roscas métricas de hilo grueso las dimensiones se encuentran en los planos de construcción e incluyen la selección de los pernos y tuercas. Cabe señalar que la platina en la parte superior de la base de la figura A.16. (Base deslizable) está unida por soldadura a la rosca en la que están ensambladas las tuercas espaciadoras y las de sujeción.

La base se ensaya antes de soldar la caja de protección posteriormente se suelda la base deslizable a la caja fija con soldadura plana en el contorno de la base deslizable y la base de la caja. (Figura A.17.)



Figura A.16. Ensayo de ensamble de la base fija, base deslizable y soporte.



Figura A.17. Proceso de soldadura entre la base deslizable y la caja del sensor.

Se separa la base deslizable de la base fija y los soportes para ensamblarlos en las posiciones calculadas con el ensayo de la ubicación del brazo en el PMI, se emplea soldadura con electrodo E 7018 en el contorno del soporte, el filete debe ser de 5mm.



Figura A.18. Izq. Ensamble de los soportes en el brazo de alzado en su punto de interés para montaje. Der. Prueba de ubicación de las piezas y placa de contacto.

Se suelda la placa de “contacto” para el sensor, es una placa metálica que puede ser fabricada de acero o hierro colado, debe ser un metal conductor para que el sensor pueda detectar su posición y mandar la señal al relé.

Se pintan todas las piezas, se instala un acople para sellar la salida del cable de alimentación TSJ (figura A.19. Derecha), se instala la tapa, se instala una protección extra al cable TSJ y se sujeta con bridas para fijarlo.



Figura A.19. Izq. Instalación de protección al cable TSJ, Der. Fijación de línea de cables con bridas a la estructura.

Para finalizar la instalación se hace una prueba general del funcionamiento del sistema limitador de desplazamiento para garantizar el correcto funcionamiento antes de la entrega del equipo.



Figura A.20. Prueba de funcionamiento. Se observa que no hay contacto entre el Bellcrank y el brazo, y que existe suficiente espacio de seguridad.

Anexo B

Memoria de cálculo.

Interferencia y punto muerto inferior.

La colisión de los puntos señalados en la imagen 7.2 y 7.3 se comprobó con los datos técnicos de las posiciones máximas y mínimas de los cilindros del brazo y del Bellcrank respectivamente (tabla B.1), Además se puede determinar la zona de impacto por medio de la revisión in situ, de igual manera la deformación total en el metal.



Figura B.1. De izquierda a derecha: a) Impacto en el Bellcrank, b) deformación de 15 milímetros, c) impacto entre el cucharón y en eslabón del cucharón.

Lo importante es calcular o medir el punto muerto inferior en una posición antes del contacto. Tomando como referencia la carrera del vástago dentro del cilindro hidráulico de control de volteo y recogida de material (cilindro del Bellcrank), con ayuda del software de diseño INVENTOR se simula la posición del punto de interés del bellcrank (figura 8.1a) con respecto al brazo de alzado de cucharón (figura 8.2) en el movimiento de volteo de material.

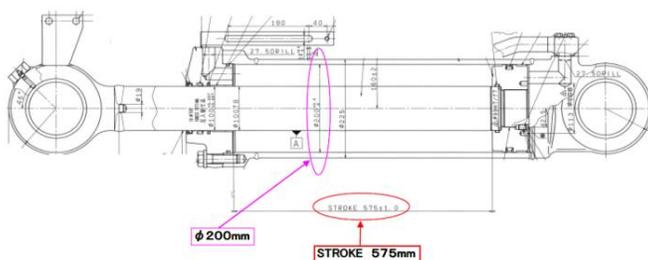


Figura B.2 dimensiones del cilindro del bellcrank, carrera total interna.

Cilindro de elevación	Tipo		Pistón de doble acción	Pistón de doble acción
	Diámetro del cilindro	mm	140	140
	Diámetro exterior del vástago del pistón	mm	95	95
	Carrera	mm	764	881
	Max. distancia entre los pasadores centrales	mm	2,167	2,382
	Min. distancia entre los pasadores centrales	mm	1,403	1,501
Cilindro del cucharón	Tipo		Pistón de doble acción	Pistón de doble acción
	Diámetro del cilindro	mm	160	180
	Diámetro exterior del vástago del pistón	mm	100	110
	Carrera	mm	575	572
	Max. distancia entre los pasadores centrales	mm	1,795	1,855
	Min. distancia entre los pasadores centrales	mm	1,220	1,283

Tabla B.1. Dimensiones de referencia de los actuadores hidráulicos Fuente: Komatsu.

La verificación por medio de software se hizo poniendo ambos elementos en sus posiciones extendidas a su máximo, esto corresponde al movimiento de transporte previo al volcado, en teoría el cilindro de elevación del brazo permanecerá inmóvil y el cilindro de volcado (cilindro del Bellcrank) comprimirá su recorrido hasta que el cucharón alcance 45° de desplazamiento con respecto a la horizontal.

En perjuicio de lo anterior en la posición de máxima altura el cucharón no puede realizar el desplazamiento de los 45° pues se presenta previamente a la finalización de ese recorrido la colisión entre el bellcrank y el brazo, en operación normal.

El segundo inconveniente que se pudo corroborar es que sin necesidad de permanecer en su máxima altura el operador colisiona el Bellcrank con el brazo para crear la vibración y el retroceso en el cucharón para sacudir y retirar con tal movimiento el lodo o sedimentos que se encuentran adheridos al cucharón luego del vaciado.

Con apoyo del modelado por software se pudo simular (las posiciones relativas y las interferencias, no las cargas dinámicas ni la velocidad de impacto, porque se supone que se quieren eliminar las colisiones) la carrera máxima del cilindro de alzado del brazo y la carrera mínima para el cilindro del bellcrank, otra manera de visualizarlo es con la distancia entre centros de los pasadores, de ambas maneras se señalarán.

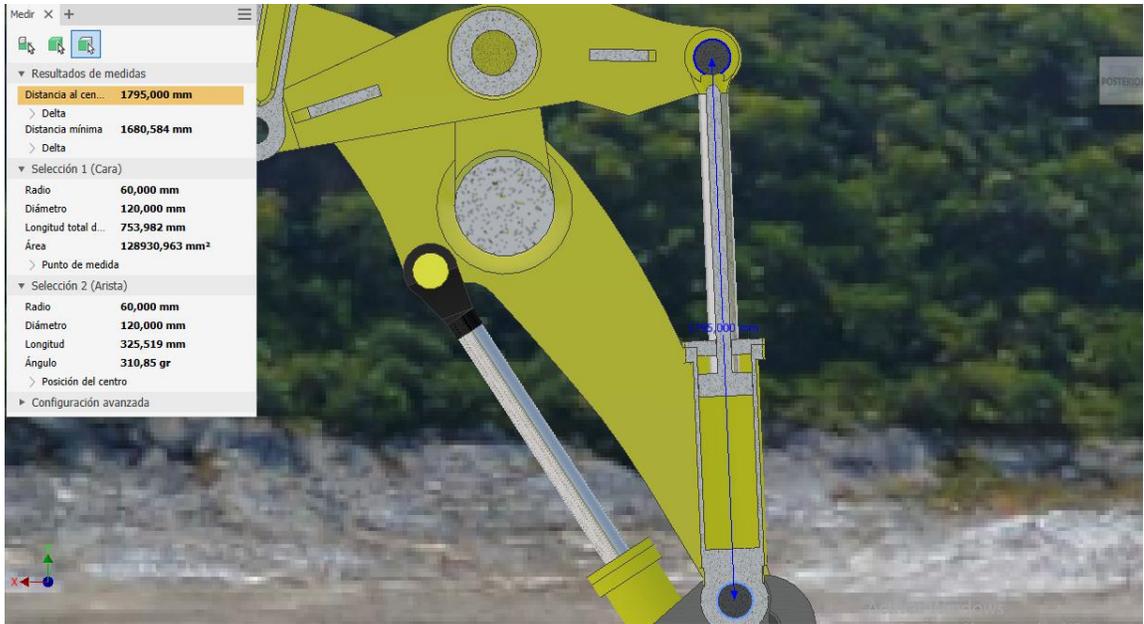


Figura B.3. Distancia máxima entre centros según la tabla B.1, movimiento de traslado previo al volteo.

Se pusieron en sus puntos máximos y mínimos según el fabricante (Figura B.3), y aunque la posición de máxima relevancia era únicamente para la posición de máxima distancia entre centros del cilindro del brazo de alzado se determinó una posición previa al máximo para éste mismo que permita un desplazamiento de 45° del cucharón.

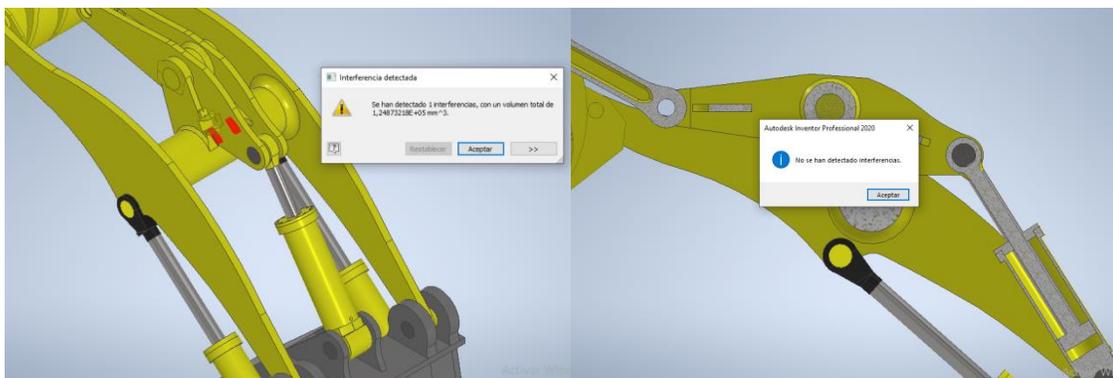


Figura B.4. Detección de interferencias y posterior obtención de la carrera del vástago.

Se detectaron los contactos en la posición de volteo, para encontrar un punto sin interferencias y con suficiente distancia para evitar posibles contactos por flexión de alguno de los eslabones se permite una distancia como margen de seguridad.

En la figura B.3. Con la herramienta de calcular interferencias de Inventor se encontró un rango de posiciones para un desplazamiento desde el tope inferior de entre 45mm y 80mm.

Como el rango de desplazamiento antes del impacto fue medido desde el interior del cilindro, no es realmente visible, se presentan las coordenadas en el bellcrank en la figura B.5. O se puede encontrar el punto muerto llevando el brazo a la posición de volteo, con el brazo alzado en un rango de altura de máximo a 3/4 y realizar el movimiento de volcado del cucharón hasta un punto cercano al contacto (contacto entre el bellcrank y el brazo de alzado), entre 20mm y 45mm.

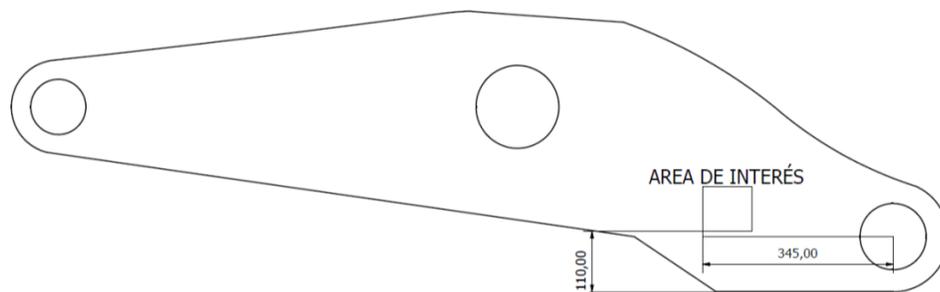


Figura B.5. Zona de posicionamiento en el bellcrank de la placa de "contacto" mm.



Figura B.6. Posición de instalación del Sensor tras verificación de ubicación exacta.

Cálculo de selección de mangueras.

A como se mencionaba en la sección 5.5.2.4, la selección de la manguera se hace en base a la presión, temperatura, aplicación, fluido sin olvidar el factor de seguridad. La presión de control proporcional es de 38 Kg/cm² (3.72 MPa), esto

implica que es de baja presión, el circuito hidráulico desde la salida de la válvula de control proporcional (palanca) tiene una longitud muy corta de menos de 3 metros hasta el control central, estos dos factores hacen insignificante el golpe de ariete.

Modelo de máquina			WA470, 480-6				
Categoría	Ítem	Condición de medición	Unidad	Valor estándar para máquina nueva		Valor límite de servicio	
				WA470-6	WA480-6	WA470-6	WA480-6
PPC (Control de Presión Proporcional)	Presión básica de la válvula PPC	Temperatura del aceite hidráulico: Dentro del rango de operación Velocidad del motor: Alta velocidad sin carga	MPa {kg/ cm ² }	3.72 (+0.2/0) {38 (+2/0)}		3.72 (+0.2/-0.2) {38 (+2/-2)}	
	Presión de salida válvula PPC	Temperatura del aceite hidráulico: Dentro del rango de operación Velocidad del motor: Alta velocidad sin carga Palanca de control operada en su totalidad		3.72 (+0.1/-0.1) {38 (+1/-1)}		3.72 (+0.1/-0.2) {38 (+1/-2)}	
				2.2 ± 0.25 {22.5 ± 2.5}		2.2 ± 0.39 {22.5 ± 4}	

Tabla B.2. Valores promedio de presión para el aceite hidráulico del circuito PPC.

La temperatura de operación usual del aceite hidráulico en uso prolongado habiendo pasado por el intercambiador de calor permanece en un valor aceptable a 60°C que es el rango de operación de este cargador frontal. Según el manual provisto por el fabricante la temperatura del aceite hidráulico se ajusta entre 55°C y 70°C.

En cuanto al radio de curvatura, por la posición de la válvula direccional, la salida y el puerto de entrada T y P1 requieren de un radio de curvatura de al menos 200mm, a como se puede apreciar en la figura A.10. El espacio lateral es reducido.

Siguiendo el cálculo de la ecuación 5.4 y la tabla 5.2 para determinar el valor límite de la presión de rotura necesaria. Según la tabla para presiones de menos de 70 bares se recomienda un factor de seguridad de 8, siendo la presión del sistema de 37.26 bar (38 Kg/cm²), la presión requerida es:

$$Presion\ de\ rotura = 8 * Presion\ del\ sistema.$$

$$P\ de\ rotura = 8 * 37.26\ bar$$

$$P \text{ de rotura} = 298.1 \text{ bar}$$

Finalmente, de la tabla de un fabricante, en este caso es Intertraco se selecciona el rango de mangueras recomendadas y el que se seleccionó en este sistema.

Serial number	Ø HOSE		REINFORCEMENT DIAMETER		OUTSIDE DIAMETER		WORKING PRESSURE		BURST PRESSURE		BEND RADIUS		WEIGHT		
	dn	inch size	mm	in	mm	in	bar	psi	bar	psi	mm	in	kgm	lbft	
2SN-04	6	1/4"	04	12,7	0,500	15,0	0,591	400	5800	1600	23200	100	3,94	0,33	0,22
2SN-05	8	5/16"	05	14,3	0,563	16,4	0,646	350	5075	1400	20300	115	4,53	0,39	0,26
2SN-06	10	3/8"	06	16,7	0,657	18,8	0,740	330	4785	1320	19140	125	4,92	0,50	0,34
2SN-08	12	1/2"	08	19,8	0,780	22,2	0,874	275	3990	1100	15960	180	7,09	0,59	0,40
2SN-10	16	5/8"	10	23,0	0,906	25,2	0,992	250	3625	1000	14500	200	7,87	0,71	0,48
2SN-12	19	3/4"	12	27,0	1,063	29,3	1,154	215	3120	860	12480	240	9,45	0,86	0,58
2SN-16	25	1"	16	34,9	1,374	37,2	1,465	165	2395	660	9580	300	11,81	1,28	0,86
2SN-20	31	1.1/4"	20	47,3	1,862	48,3	1,902	125	1815	500	7260	420	16,54	2,02	1,36
2SN-24	38	1.1/2"	24	50,8	2,000	53,7	2,114	90	1305	360	5220	500	19,69	2,23	1,50
2SN-32	51	2"	32	63,5	2,500	66,7	2,626	80	1160	320	4640	630	24,80	2,85	1,92
2SN-40	63	2.1/2"	40	75,8	2,984	79,3	3,122	69	1000	276	4000	760	29,92	3,81	2,56
2SN-48	76	3"	48	87,8	3,457	91,3	3,594	50	725	200	2900	900	35,43	4,04	2,71

Tabla B.3 Tabla de información técnica de mangueras hidráulicas intertraco.

A como se puede ver en la tabla físicamente todas las mangueras cumplen el requisito de presión con el factor de seguridad. Lo siguiente es seleccionar el diámetro más conveniente, las mangueras más la válvula direccional tiene puertos de 3/4in, pero no es relevante porque se emplean adaptadores en caso que sea necesario.

Nº serie	D int. in	P. rotura	D. de curvatura
2SN-12	3/4	860	240
2SN-10	5/8	1000	200
2SN-08	1/2	1100	180
2SN-06	3/8	1320	125

Tabla B.4. Comparativa de diámetros de mangueras.

La manguera recomendable es la de 1/2in porque cumple con el parámetro de presión y radio de curvatura. La manguera de 3/8 también cumple correctamente con el parámetro de presión y temperatura. Por lo tanto, se aceptan ambas en dependencia de su disponibilidad.

También se cumple con el rango de temperatura pues las mangueras del standard EN 853 2SN - SAE 100 R2AT pueden operar entre los rangos de -40°C a 100°C , el tipo de fluido para el que es fabricada es aceite para aplicaciones industriales o en maquinaria de trabajo pesado.

Cálculo de conductores eléctricos.

Los parámetros empleados para la selección del conductor son: tensión y corriente permisible, pérdidas por efecto Joule, agentes ambientales adversos y alta flexibilidad para resistir las vibraciones constantes provocadas por las labores normales de operación de la máquina.

La tensión de operación del circuito es de 24V, la corriente en el circuito de alimentación de la válvula es de un máximo de 20A y su longitud es de 5 metros, para el sensor la corriente es de 10^{a} y su longitud es de 10 metros el cobre tiene una resistencia eléctrica de $0.0175 \text{ ohmio/mm}^2$.

Para elegir un cable adecuado se debe considerar la selección del sistema y la disponibilidad. Para conductores eléctricos están de uso general los AWG, de uso para baja tensión y potencia los AV, AVS, AVSS, CIVUS, AVSSC y otros. La diferencia entre el AWG y el resto de uso vehicular es el aislamiento. Los cables vehiculares están diseñados para interiores y bajas tensiones, con espesores de aislante muy pequeños como por ejemplo el AVSSC tipo F es de alta flexibilidad, pero su sección transversal más amplia es de 1.3mm^2 , y su aislante de 0.3mm de espesor total.

Lo anterior indica que es conveniente para esta aplicación en particular un cable de bajo consumo con alta protección a la intemperie y los rayos UV que perjudican a los aislantes, esto no lo ofrece en su totalidad el cable especial para vehículo, por lo tanto, se parte de la selección de un cable AWG.

Se selecciona primero en base al rango de corriente eléctrica que puede transportar. Para ello puede funcionar como referencia la tabla B.5.

Tamaño de los cables (AWG)	Capacidad (Amperios)
14	25
12	30
10	40
8	55
6	75
4	95
2	130
1	150
1/0	170
2/0	265
4/0	360

Tabla B.5. Corriente permisible para distintos calibres AWG.

Según la tabla el calibre 14 satisface el criterio de corriente, el área de la sección transversal del cable de calibre 14 es de alrededor de 2.5mm². El uso del cable demanda buena protección y alta flexibilidad por lo que se requiere un cable de uso rudo.

Formación Calibre	Área de la Sección Transversal Nominal	Espesor de Cubierta Nominal		Diámetro Total Aproximado		Peso Total Aprox.	Resistencia Eléctrica C.D Máx. @20°C
		in	mm	in	mm		
Dúplex							
2 x 18	0,82	0,030	0,762	0,231	5,869	48,45	22,40
2 x 16	1,31	0,030	0,762	0,256	6,492	63,86	14,10
2 x 14	2,08	0,030	0,762	0,285	7,244	86,06	8,88
2 x 12	3,31	0,045	1,143	0,353	8,956	133,17	5,58
2 x 10	5,26	0,060	1,524	0,463	11,752	222,53	3,51
2 x 8	8,37	0,060	1,524	0,559	14,205	332,63	2,23
2 x 6	13,3	0,060	1,524	0,628	15,949	456,25	1,40
Triples							
3 x 18	0,82	0,030	0,762	0,244	6,192	58,42	22,40
3 x 16	1,31	0,030	0,762	0,271	6,874	78,49	14,10
3 x 14	2,08	0,030	0,762	0,303	7,684	107,80	8,88
3 x 12	3,31	0,045	1,143	0,373	9,469	166,68	5,58
3 x 10	5,26	0,060	1,524	0,489	12,420	276,82	3,51
3 x 8	8,37	0,060	1,524	0,593	15,063	417,18	2,23
3 x 6	13,3	0,060	1,524	0,667	16,942	582,54	1,40

Tabla B.6. Tabla técnica de conductores TSJ, AWG de uso rudo con revestimiento de policloruro de vinilo sobre las líneas individuales.

El cable adecuado es el cable TSJ de tres líneas calibre 14 de General cable con disponibilidad en Nicaragua.

Cálculo de la caja de protección del sensor.

Las consideraciones pertinentes para el cálculo de las dimensiones de la caja de protección son las siguientes:

- La caja debe resistir impactos de rocas de pequeño tamaño 40-150mm.
- Debe proteger los contactos eléctricos del agua
- Debe proteger los contactos eléctricos de agentes químicos.
- Debe ser compacta.
- Ser ubicada en una zona que no afecte el funcionamiento normal del brazo.
- Debe ser accesible y desmontable fácilmente.
- Resistir condiciones climáticas adversas.

Los requisitos son principalmente de forma y no de propiedades mecánicas, no presentan la necesidad de alta resistencia a la tracción, compresión, flexión, torsión, cizalladura, alta dureza superficial, resistencia a la fatiga, de igual manera no se requiere de acabados superficiales finos, ni bajas tolerancias para los agujeros. En cambio, se deben emplear altas tolerancias y acabados superficiales brutos para mantener los costos de manufactura bajos.

Selección de material.

Se selecciona acero, el acero estructural de medio carbono de alta disponibilidad y bajo costo, el acero puede proporcionar una base suficientemente sólida y robusta para la protección del sensor y el conector eléctrico. Para que resista condiciones de corrosión y niveles altos de humedad se puede recubrir con pintura anticorrosiva según la disponibilidad.

NORMAS EQUIVALENTES		RANGOS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA				
AFNOR (Fr)	1C40	CARBONO	AZUFRE	FÓSFORO	SILICIO	MANGANESO
BS (Ingl)	O80 A40	C	S	P	Si	Mn
DIN (Alem)	11186	0.37 - 0.44	0.04 (Máx)	0.04 (Max)	0.15 - 0.35	0.60 - 0.90
JIS (Jap)	S40C	CROMO	NIQUEL	MOLIBDENO	VANADIO	TUNGSTENO
UNI (Ital)	C40	Cr	Ni	Mo	V	W
Grado Thyssen	XC 40H1	—	—	—	—	—

Tabla B.7. Composición química del acero AISI 1040, acero estructural para maquinaria, fuente: Fabricante Sumindu.

Dimensionado.

Las dimensiones de los elementos se realizaron tomando como base el sensor, partiendo del diámetro del sensor, el radio de curvatura de los cables, y un espacio suficiente para que pueda permanecer de manera interna el conector eléctrico.

Caja y tapa.

Con apoyo del programa de diseño asistido por computadora INVENTOR, se comenzó con el proceso de diseño mixto (diseño ascendente y descendente), a partir de un criterio de forma y ensamble en constante cambio para ajustarlos según la conveniencia.

El diámetro del sensor es de 30mm por lo que se estimó un factor de 2.35 para el frente o el ancho de la caja pues se requiere que sea lo más compacto posible sin dificultar las operaciones de soldadura por tamaños muy compactos, el agujero para el sensor se centró lateralmente y de forma asimétrica verticalmente entonces:

$$LF = 2.35 * 30mm = 70.5mm \cong 71mm$$

Para el largo o profundidad se utilizó como medida de referencia la longitud del sensor con los cables respetando su radio de curvatura, se observó que la longitud total del sensor con el radio de curvatura incluido es de 90mm y que el sensor no está completamente dentro de la caja, en cambio sobresale el área sensible por lo que se tiene que la longitud de la caja es igual a:

$$L_{lat} = L_{Ts} - L_{As} + h + 2e \text{ Ec. 8.1}$$

Donde L_{Ts} es la longitud total del sensor incluyendo los cables con su radio de curvatura, L_{As} es la longitud que sobresale al exterior el área sensible, h es la holgura necesaria para poder ajustar el sensor de manera que pueda acercarse o alejarse del Bellcrank y e es el espesor de la lámina de metal.

La longitud del sensor es $L_{Ts} = 90mm$, la longitud que sobresale del área sensible considerando ya la tuerca de sujeción es $L_{As} = 15mm$, la holgura que se requiere

es de 25mm para permitir que se desplace, el espesor de la lámina es de 5mm, entonces la longitud es:

$$L_{lat} = (90 - 20 + 25 + 10)mm = 105mm$$

La altura de la caja sí se toma de manera más arbitraria, sin embargo, se consideró también que existiera el suficiente espacio como para mantener el conector y los cables en la parte baja de la caja. De igual manera el cálculo de la altura de la caja es:

$$H_{caja} = 3D + e$$

Al sustituir los valores se tiene que

$$H_{caja} = (3 * 30)mm + 5mm = 95mm.$$

El área de la base por construcción es igual a:

$$B = L_{front} * (L_{lat} - e) = 71mm * (105 - 5)mm$$

$$B = 71mm * 100mm$$

De esta manera se obtuvieron las dimensiones de las láminas metálicas, la frontal que soporta al sensor mide 71mm x 95mm, las laterales miden igual 105mm x 95mm y la base es de 71mm x 100mm.

La tapa se mantiene en línea con las dimensiones de la caja, por lo que el frente y el largo de ella es igual al de la caja, el cambio es en la altura y en la lámina trasera.

La altura de las tres caras de la tapa que coinciden con la caja es de 20mm (H_{tapa}), por lo que la frontal es de 20mm x 71mm y las laterales de 20mm x 105mm. La lamina trasera de la tapa baja por el exterior y sella con una lámina interior. La dimensión de la lámina trasera se obtiene con:

$$LT_{trasera} = LF + 2e = 71mm + 2 * 5mm = 81mm$$

$$HT_{trasera} = H_{caja} + H_{tapa} + e = (95 + 20 + 5)mm = 120mm$$

La lámina de sellado que se soporta en la Tapa trasera se obtiene de:

$$LLs = LF = 71mm$$

Donde LLs es la longitud de la lámina de sellado, la altura de la misma es:

$$HLS = H_{caja} + e = (95 + 5)mm = 100mm$$

Para completar el sellado de la caja se diseñaron unas cejas que traslapan con la caja y están fijas a la tapa. Su altura es de 10mm y sus longitudes son:

$$LC_{frontal} = LF + 4e = (71 + (4 * 5))mm = 91mm$$

$$LC_{lateral} = L_{lat} + e = (105 + 5)mm = 110mm$$

Bases y soporte.

Considerando que el ajuste lateral es fundamental se requiere de una base para la caja que permita el movimiento y la fijación dependiendo de la circunstancia. La base del sensor consistirá de dos piezas, la superior es la que soporta la caja del sensor y cuenta con dos vástagos con rosca y la inferior por su parte en lugar de agujeros para ensamblar los vástagos, posee una ranura para que estos puedan deslizarse por un trayecto limitado.

La base deslizable debe medir lo mismo que la caja de manera frontal y menos de la mitad longitudinalmente para que la caja quede en el mismo plano que el soporte pivote izquierdo del Bellcrank.

Las dimensiones para la base deslizable son:

$$LF_{bd} = LF_{caja} = 71mm$$

La longitud transversal es arbitraria $LT = 51mm$. La rosca y el largo del vástago son arbitrarios, se selecciona la rosca M12 x 1.5 para los Vástagos roscados con longitud de 60mm, el espesor de la placa es de 10mm o 3/8in.

La base con orificios largos para el soporte de la base de la caja mide 170mm x 52mm y el soporte de fijación al brazo es de tubo sólido de 24mm de diámetro

Tolerancias.

No se requieren bajas tolerancias de forma ni de posición pues son elementos que no requieren de alta precisión, se aceptan tolerancias para los agujeros mayores para permitir el paso libre de la rosca del sensor y del acople de los cables.

La norma ISO 286 establece la calidad de tolerancia para los agujeros de las piezas en base al tipo de operación de mecanizado para los elementos operación que depende de la precisión de corte o unión que tenga la herramienta.

IT (calidad)	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
OXICORTE SERRADO	■	■														
LIJADO-CEPILLADO TALADRADO FRESADO			■	■	■	■	■	■	■							
TALADRADO+HESCA. ESCARREADO BROCHADO TORNEADO				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
RECTIFICADO AFINADO SUPERFIC. SUPERDEFINICIÓN									■	■	■	■	■	■	■	■

Tabla B.8. Calidad de tolerancia para distintas operaciones de mecanizado y corte.

El oxicorte o corte con plasma tiene una calidad estándar IT15 o IT16, en este caso se selecciona IT16 para su aplicación con un rango de

Grupos de Diámetros (mm)	CALIDADES																	
	IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16
$d \leq 3$	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
$3 < d \leq 6$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
$6 < d \leq 10$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
$10 < d \leq 18$	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
$18 < d \leq 30$	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
$30 < d \leq 50$	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
$50 < d \leq 80$	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
$80 < d \leq 120$	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
$120 < d \leq 180$	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
$180 < d \leq 250$	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900

Tabla B.9. Rango de medidas para las calidades de tolerancia μm .

Según la norma ISO 2768 y la tabla 5.7. Se selecciona una clase de tolerancia "m" que corresponde a una clase media que depende de la dimensión de cada elemento.

Manufactura.

Corte.

Las áreas de las piezas que conforman la caja son pequeñas y no necesitan de baja tolerancia por lo que se pueden elegir procesos de remoción de material con altos márgenes de tolerancia. Que sea eficaz y eficiente.

El corte por arco eléctrico con plasma es un método eficiente para cortar material tanto metales ferrosos como no ferrosos desde espesores de 4mm hasta 38mm y en aplicaciones especiales mayores espesores de hasta 100mm. Las aplicaciones para acero estructural son:

- Hacer orificios para pernos, para conexiones con perno
- Cortar los bordes de miembros y componentes, incluidos los ajustes “trim” de bordes cortados y laminados.
- Cortar para la preparación a tope de juntas de soldadura
- Cortar los detalles específicos, por ejemplo, hoyos de acceso a soldaduras y cortes de viga
- Cortar las penetraciones de miembro

Por lo tanto, ya que la aplicación de este método de corte es conveniente, es el que se selecciona. En la tabla B.8 se pueden apreciar las distintas aplicaciones del corte con plasma.

Material	Gas utilizado	Características del corte
Acero al carbono	Plasma: Oxígeno Protección: Oxígeno	Sólo espesores menores a 6mm Excelente acabado Sin escoria Máxima velocidad Excelente soldabilidad
	Plasma: Oxígeno Protección: Aire	Espesores de 0.5 a 38mm Excelente acabado Sin escoria Máxima velocidad Excelente soldabilidad
	Plasma: Aire Protección: Aire	Espesores de 0.5 a 38mm Buen acabado Sin escoria

Tabla B.10. Características y uso del corte con plasma. Espesores y acabados para precisión.

Soldadura.

La soldadura empleada en la unión de las piezas que conforma la caja no requiere de cuidados especiales como precalentamiento o biselado para el material de aporte, a como se analizaba en la selección del material la caja no se encuentra sometida a esfuerzos relevantes, sino a impactos de piedras y escombros de piedras y condiciones climáticas por lo que el material de aporte servirá para sellado.

Partiendo de la construcción de la caja que ha sido modelada previamente con ayuda de software se selecciona el tipo de unión soldada, existen muchos tipos para diversas aplicaciones, tanto para ensamble de armaduras y elementos para edificaciones como para maquinarias e incluso para reparar elementos dañados.

En este caso la soldadura para el sensor se requiere que sea en ambas caras, por la parte interna y la parte externa, ambos tipos de uniones soldadas se hacen con diferentes técnicas y posiciones, aunque se pueden realizar de manera horizontal o vertical por completo.

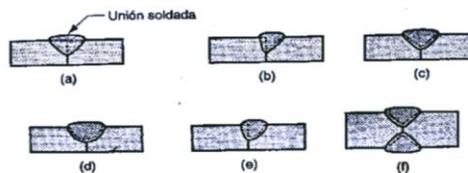


Figura B.8. Soldaduras a tope: a) cuadrada, b) de bisel, c) en V, d) en U, e) tope único, f) en V doble.

La parte interna de la caja la soldadura de chaflán de lados iguales dará soporte a las láminas laterales y frontal para fijarlas a la base al igual que la tapa.

SOLDADURA	DISEÑO	T en pulg.	CSA _s en cm ² .	Deposito teorico de soldadura, kg/m	CSA c/ref. en cm ² .	Deposito de soldadura c/refuerzo, kg/m
CHAFLAN (LADOS IGUALES)		1/8	0.052	0.040	0.058	0.045
		3/16	0.116	0.091	0.129	0.100
		1/4	0.200	0.158	0.219	0.174
		5/16	0.316	0.249	0.348	0.274
		3/8	0.416	0.355	0.497	0.391
		7/16	0.619	0.486	0.684	0.537
		1/2	0.806	0.634	0.890	0.698
		9/16	1.019	0.801	1.123	0.881
		5/8	1.258	0.989	1.387	1.087
		3/4	1.813	1.430	1.994	1.569
		7/8	2.471	2.240	2.645	2.465
		1	3.230	2.540	3.550	2.798

Tabla B.11. Áreas y pesos del metal de soldadura en chaflán.

En la parte exterior de la caja y de la tapa se emplea soldadura a tope cuadrada, también se puede emplear soldadura de borde, la diferencia es el traslape. La soldadura a tope cuadrada está diseñada para unir dos piezas planas o que son continuas entre sí, la soldadura de borde une dos placas que forman una L, pero para realizarla se le hace un bisel a ambas placas.

Por lo tanto, se adapta la soldadura cuadrada a la soldadura de borde porque la soldadura de soporte se encuentra de manera interna y no es necesario el refuerzo.

Selección de electrodo.

Komatsu recomienda emplear soldadura con arco eléctrico como una de las maneras de realizar operaciones de soldadura en los elementos de la máquina, los electrodos recubiertos proporcionan buenos resultados para aceros estructurales de amplio rango de espesores, en la tabla 8. Del manual de soldadura de Komatsu se toma referencia para la selección del tipo de soldadura y electrodo.

El más apropiado para grosores de entre 3.2 y 25mm, uniones de chablán o filete y aplicación para maquinaria es el arco eléctrico con electrodo recubierto.

• Appropriateness of main welding methods ⊙ Most appropriate ○ Appropriate △ Acceptable × Inappropriate

Appropriateness		Thickness (mm)			Type of joint			Type of structure							Cost	
		Thin, Less than 3.2	Medium, 3.2 to 25	Thick, 25 or more	Butt joint	Filler weld joint	Lap joint	Machine	Train	Bridge	Ship	Pressure container	Building	Automobile	Cost of equipment	Cost of welding
Fusion welding	Oxyacetylene welding	⊙	△	×	⊙	⊙	△	△	○	△	△	×	△	○	Low	Medium
	Arc welding with covered electrode	○	⊙	○	⊙	⊙	△	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	Low	Low
	Submerged arc welding	△	⊙	⊙	⊙	⊙	△	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	Medium	Low
	CO ₂ gas shielded arc welding	○	⊙	○	⊙	⊙	△	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	Medium	Low

Tabla B.12. Guía de selección de método de soldadura y electrodo.

Posteriormente se selecciona el electrodo en base a la aplicación y su uso, esto implica conocer el material que va a ser soldado y el material al que se va a soldar, en otras palabras, conocer el material de ambos elementos para evitar tensiones

excesivas o porcentaje de elongación demasiado alto. Lo más conveniente es que ambos materiales sean iguales.

Symbol	Tensile strength MPa (kg/mm ²)	Ceq	Corresponding standards		
			ASTM	BS	DIN
S10C	≥ 310 (≥ 32)	0.24	A576-1010	970Part1-045A10	17210-C10
S15C	≥ 370 (≥ 38)	0.29	A576-1015	970Part1-045A15	17210-C15
S20C	≥ 400 (≥ 41)	0.34	A576-1020	970Part1-050A20	17200-C22
S25C	≥ 440 (≥ 45)	0.39	A576-1025	970Part1-080A26	
S30C	≥ 470 (≥ 48)	0.44	A576-1030	970Part1-080A30	
S35C	≥ 510 (≥ 52)	0.49	A576-1035	970Part1-080A35	17200-C35
S40C	≥ 540 (≥ 55)	0.54	A576-1040 A107-61T	970Part1-080A42	C45
S45C	≥ 570 (≥ 58)	0.59	A576-1045	970Part1-080M46	17200-C45
S48C	≥ 610 (≥ 62)	0.62		970Part1-080A47 970Part1-80M50	
S50C		0.64	A576-1049 A107-61T	En9	
S55C	≥ 650 (≥ 66)	0.69	A576-1055	970Part1-070M55	17210-C55

Tabla B.13. Designación de los aceros al carbono según norma japonesa JIS y equivalente ASTM, BS y DIN. Se incluye resistencia a la tracción y el carbono equivalente debido a sus propiedades químicas de la ecuación $Ceq = C + 1/6 Mn + 1/24 Si + 1/40 Ni + 1/5Cr + 1/4 Mo + 1/14 V$.

Para seleccionar el electrodo correspondiente al material de la caja, Acero AISI 1040 o JIS S40C se selecciona en base al rango de uso que proporciona la tabla B.14, este rango de uso que corresponde a una letra A, B, C o D brinda el rango de electrodos que se pueden emplear.

Use range	Manual welding	
	Down to -40°C	-40°C to -50°C
A	(A - 1) [D4301] [D4327] [D4303] [D4340] [D4311]	(A - 2) [D4316] [D4326]
B	[D5016] [D5316] [D5026]	[D5016]
C	[D5816] [D5826]	[D5816]
D	[E9016 - G] [E10016 - G] [E11016 - G]	[E11016 - G]

Tabla B.14. Rango de uso para electrodos para distintas aplicaciones y materiales.

Material	Cast steel							Steel for machine structures			Steel pipe	
	SC450	SC450L	SC540W	SC620W	SCSiMn5	SCSiMn2BH	SCMn34H	SCMnCrMo3	S43C	S53C	SCM3H	ST340K
SS400	A(A-1)											A(A-1)
SM400B	A(A-1)											A(A-1)
SML400												
SML440												
SM490B												
SHT590												
SHT590K												
SHT590H												
SHT590L												
SHT780A												
SHT780B												
SHT1080A												
SHT1080B												
SC450	A(A-1)											
SC450L												
SC540W												
SC620W												
SCSiMn5												
SCSiMn2BH												
SCMn34H												
SCMnCrMo3												
S43C												
S53C												
SCM3H												
ST340K												A(A-1)
STKM13A												A(A-1)

Tabla B.15. Rango de electrodos para acero estructural JIS-S43C, AISI 1040-1045.

De la tabla B.14. Se puede observar que el rango ideal es el de electrodos rango C, según la tabla B.13. Esta categoría incluye los electrodos D5816 de la norma japonesa. Pero estos electrodos ofrecen prestaciones demasiado altas para la aplicación que se requiere.

En la tabla que tomamos como referencia existen dos Notas muy importantes en las que se establecen dos criterios de selección, la primera establece que si las juntas requieren un alto límite de ciclos para la fatiga se debe usar los electrodos de la categoría C, la segunda nota aconseja que para juntas con riesgo de fractura por demasiada tensión en la soldadura se seleccione el rango C.

El rango C es para aplicaciones de exigencia media y alta para aplicaciones donde se tienen forzosamente esfuerzos residuales y esfuerzos por altos ciclos de carga como en ejes o estructuras móviles. Sin embargo, adicionalmente en las notas proporcionadas por el fabricante aconsejan que:

“En cada rango de uso cuando la alta durabilidad del metal depositado, no es especialmente requerido usar varillas cuyo metal depositado tenga una resistencia inferior a 55 kg/mm²” (Komatsu)²

Con el criterio de diseño anterior se procede a seleccionar de la tabla el electrodo normalizado por la norma japonesa y la americana.

• **Types of covered arc welding rods for mild steel**

Type of welding rod		Type of covering material	AWS A5.1-1978	BS 639-1976	DIN 1913-1976
1	D4301	Ilmenite	–	E4343 AR24	E4333 Ar7
2	D4303	Lime-titania	–	E4333 RR24	E4333 RR(B) 7
3	D4311	High cellulose	E6011	E4333 C16	E4333 C4
4	D4313	High titanium oxide	E6013	E4300 R12	E4300 R3
5	D4316	Low hydrogen	E7016, E7018	E4343 B26(H)	E4343 B10
6	D4324	Iron powder-titanium oxide	E7024	E4300 RR12031	E4300 RR11
7	D4326	Low hydrogen	E7028	E4333 B36(H)	E4333 B12
8	D4327	Iron powder-iron oxide	E6027	E4333 A35	E4343 B10

Tabla B.16. Electrodo para soldadura con arco eléctrico de acero de medio carbono.

Se seleccionan los electrodos JIS-D4316, se aceptan de igual manera los electrodos JIS-D5016, sus homólogos en la norma AWS son los electrodos AWS-E7018 y AWS-7016. Electrodo de bajo hidrógeno para aplicaciones amplias desde bajo a media tensión dependiendo de sus propiedades químicas y el revestimiento, en el anexo II se amplían sus características.

² Komatsu: Manual de soldadura para taller II. Pag. 40-10

Selección del diámetro del electrodo.

El diámetro del electrodo se selecciona en base al espesor de las piezas, lo cual proporciona de igual manera el rango de amperaje recomendado, pues la penetración depende de la intensidad de la corriente y la composición del electrodo, los electrodos E 7018 tienen una penetración media

Posición Plana Espesor del Metal	Medida del Electrodo	Amperaje Aproximado
Calibre 18	3/32"	50 - 80
Calibre 16	3/32"	
Calibre 14	1/8"	90 - 135
Calibre 12	1/8"	
Calibre 10	5/32" ó 1/8"	120 - 175
3/16"	5/32" ó 1/8"	
1/4"	3/16" ó 5/32"	140 - 200
5/16"	3/16" ó 5/32"	200 - 275
3/8"	1/4" ó 3/16"	250 - 350
1/2"	1/4" ó 3/16"	
3/4"	1/4"	
1"	1/4"	325 - 400

Tabla B.17. Diámetro de electrodos y rango de amperaje en función del espesor del metal.

Una de las recomendaciones es seleccionar electrodos de diámetro más amplio posible ya que es más económico y tiene la capacidad de proporcionar una mayor cantidad de material de aporte.

La caja de protección está compuesta por láminas de acero de 5mm (3/16in) y 10mm (3/8in) por lo que según la tabla B.17 el diámetro adecuado de electrodo es el de 3/16 in.

Anexo C.

Planos y diagramas

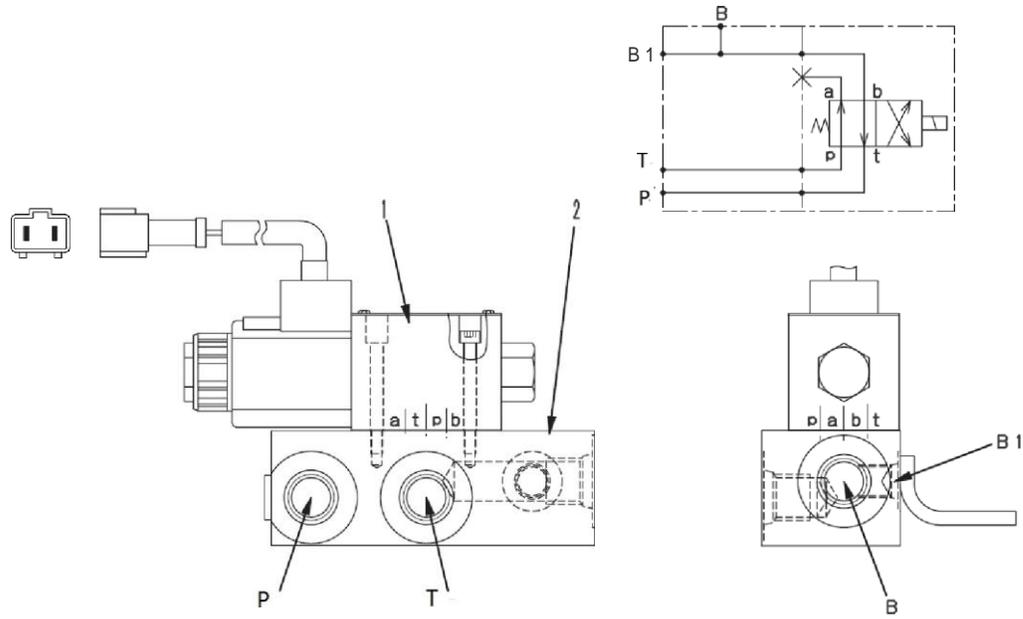


Diagrama C.1. Valvula direccional, puertos P, T y B.

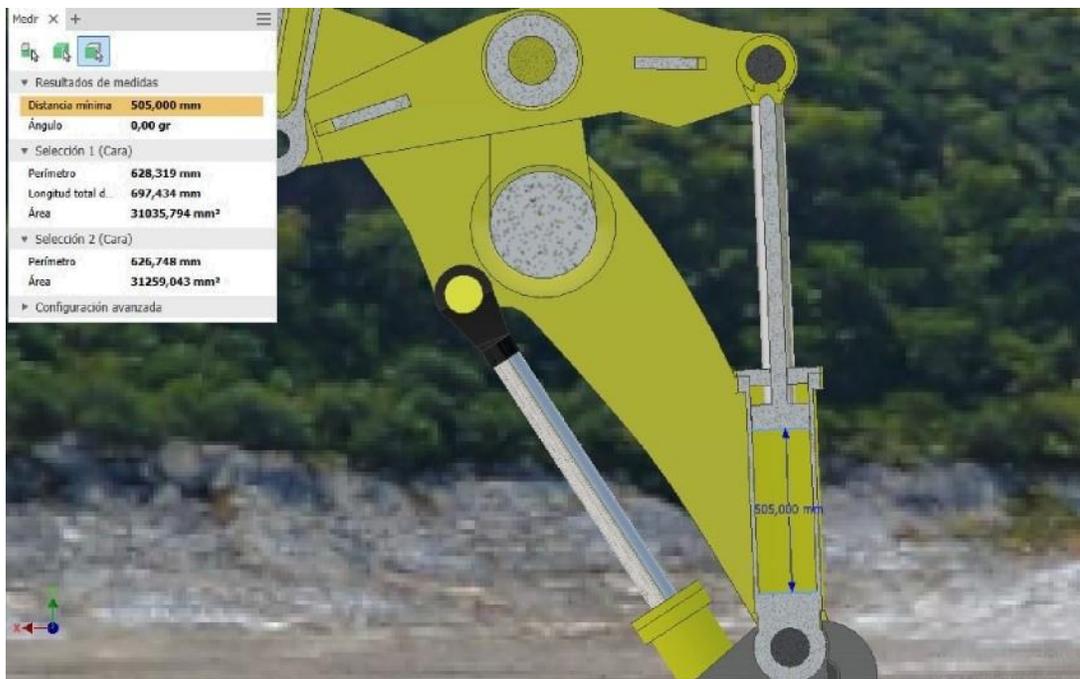
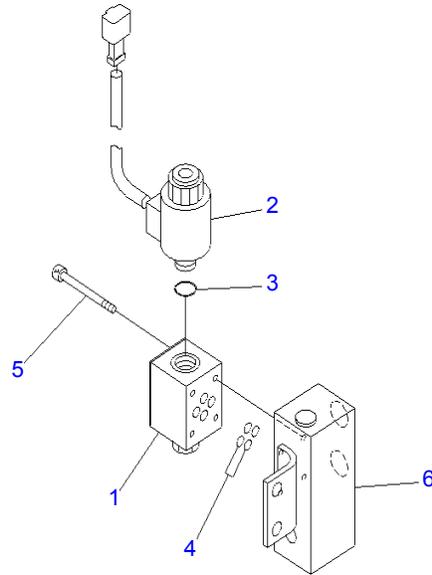


Figura C1, carrera de cilindro del bellcrank.



Diagrama C.2.Circuito eléctrico de la cabina.

WA800-3 S/N 50001-UP



PWE7300

Figura C.2. Electroválvula, despiece de electroválvula.

**WA800-3 S/N 50001-UP
BRAKE PIPING (VALVE SOLENOID) (INNER
PARTS)
(#50001-50085)**

Item	Part No.	Part Name	Qty	Serial No.
. .	426-43-27301	VALVE ASS'Y, SOLENOID	1	50001-
1. . .	23W-60-28230	VALVE ASS'Y	1	50001-
2 .	22T-60-13610	SOLENOID ASS'Y	1	50001-
3 .	07000-12018	O-RING	1	50001-
4	07000-11009	O-RING	4	50001-
5	01252-40545	BOLT	4	50001-
6	426-43-27131	BLOCK	1	50001-

Tabla C.1. Componentes internos según la numeración de la figura C.2.

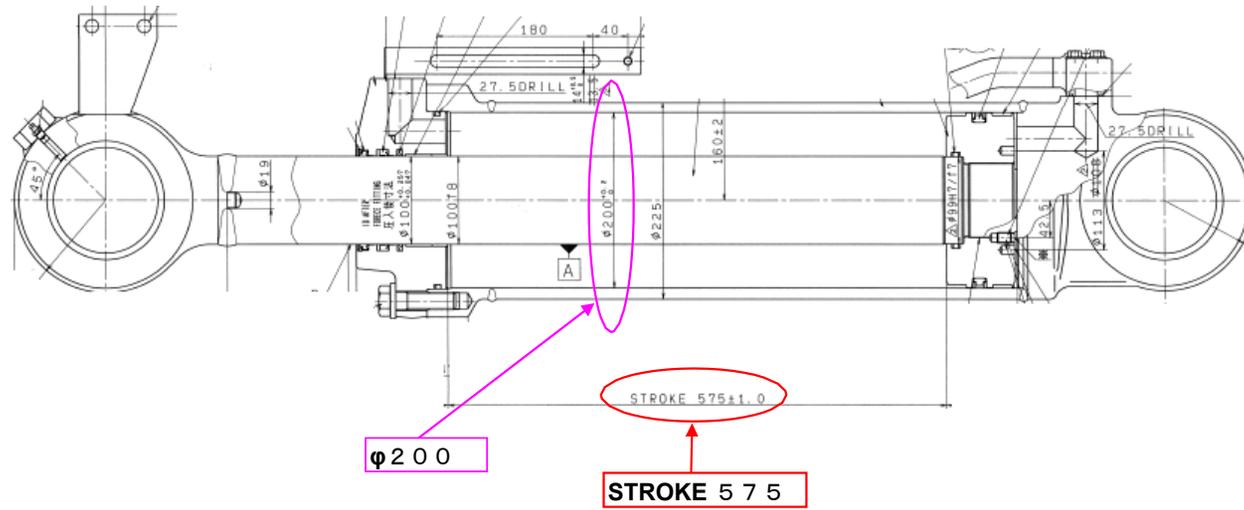


Figura C.3. Dimensiones del cilindro de movimiento del cucharón.

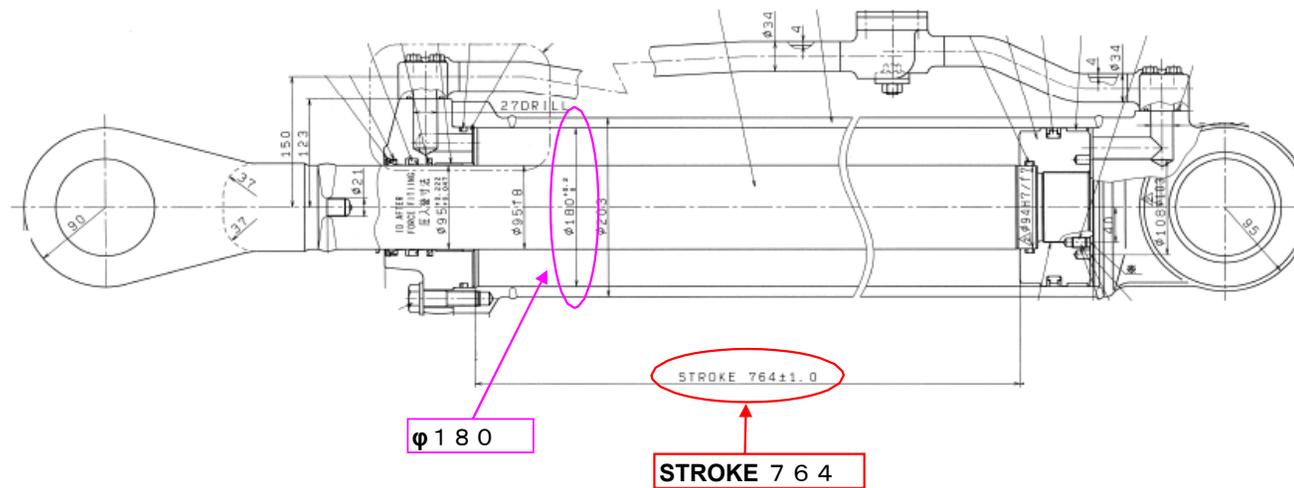
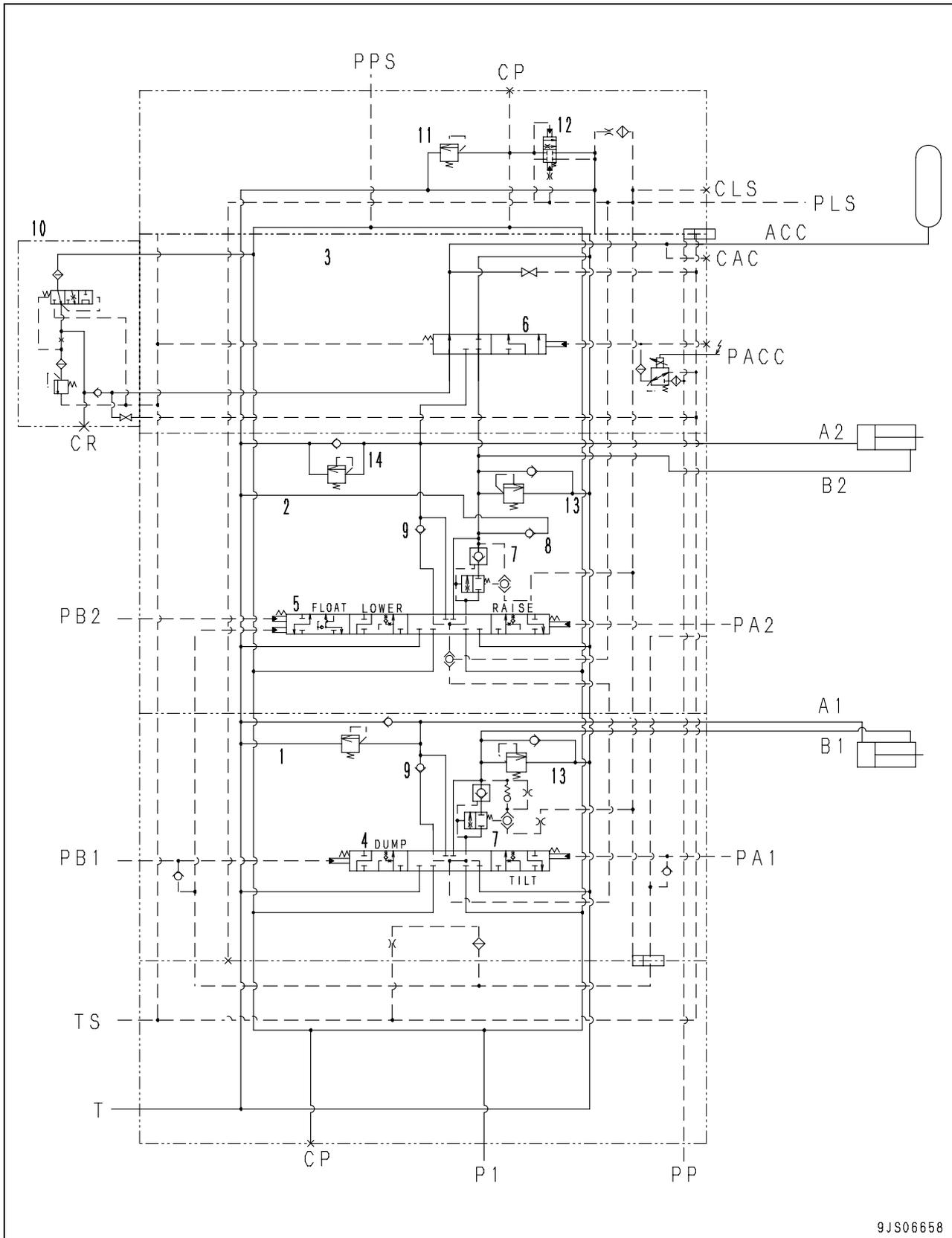
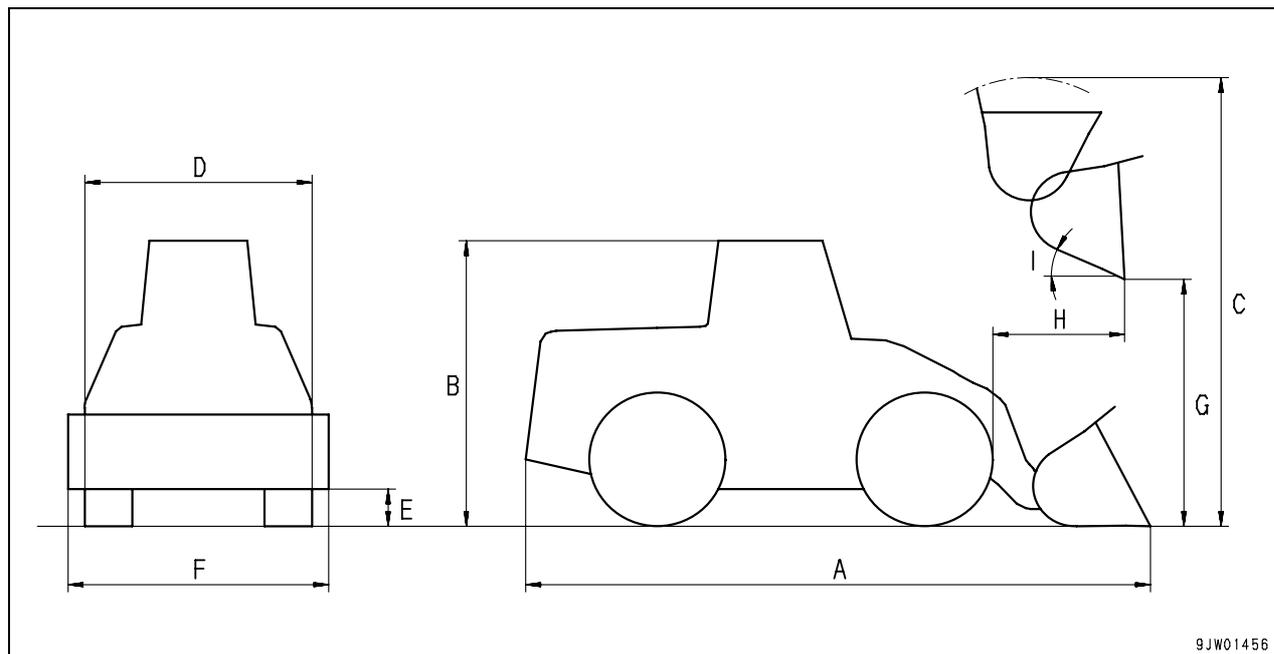


Figura C.4. Dimensiones del cilindro de alzado del brazo.



9JS06658

Dibujo de especificaciones de dimensiones



9JW01456

Ítemes a comprobar		Unidad	WA470-6 (en modo-P)	WA480-6 (en modo-P)	
Peso de la máquina (con BOC)		kg	22,880	24,925	
Carga de trabajo		kg	6,720	7,820	
Capacidad de cucharón (colmado, con BOC)		m ³	4.2	4.6	
Modelo de motor		—	Motor Diesel KOMATSU SAA6D125E-5		
Capacidad nominal del motor Net [ISO 9249/SAE J1349] (*1) Bruta [SAE J1955] (*2)		kw{HP}/rpm	203 {272}/2,000 204 {273}/2,000	223 {299}/2,000 224 {300}/2,000	
A	Largo total (con BOC)	mm	8,825	9,170	
B	Altura total	mm	3,500	3,500	
C	Altura total la levantar el cucharón a la máxima distancia	mm	5,960	6,175	
D	Ancho total	mm	3,010	3,010	
E	Holgura máx. del suelo	mm	525	525	
F	Ancho del cucharón	mm	3,170	3,170	
G	Altura libre de descarga (*3)	Punta del cucharón/punta BOC	mm	3,270/3,185	3,300/3,205
H	Alcance para descarga (*3)	Punta del cucharón/punta BOC	mm	1,190/1,235	1,370/1,410
I	Angulo de inclinación hacia adelante del cucharón (posición de desplazamiento)	grados	45	45	
	Radio mínimo de giro	Punta del cucharón/punta BOC	mm	7,610/7,640	7,670/7,700
		Centro del neumático exterior	mm	6,630	6,630
Carga de tracción admisible		kN {kg}	135 {13,720}	137 {13,930}	
	Velocidad de traslado	1ra (avance/retroceso)	km/h	7.6/7.9	7.7/7.9
		2da (avance/retroceso)	km/h	13.1/13.5	13.1/13.5
		3ra (avance/retroceso)	km/h	22.9/23.6	22.9/23.6
		4ta (avance/retroceso)	km/h	36.2/37.3	36.3/37.4

*1: Valor en velocidad mínima del ventilador

*2: Valor de la unidad de motor (sin ventilador).

*3: Value at 45° of bucket forward tilting angle.

★ La salida nominal del motor es indicada en valor neto y valor bruto. The gross output is the value measured on the engine unit and the net output is the value measured under almost the same condition as the engine is mounted on the machine.

★ A continuación, muestra la salida nominal (neta) a la velocidad máxima del ventilador de enfriamiento.

WA470-6: 191 kW {256 HP} / 2,000 rpm

WA480-6: 211 kW 283 HP @ 2,000 rpm

★ BOC: Abreviatura para Borde de Corte Atornillable

Especificaciones

Modelo de máquina			WA470-6		WA480-6	
No. de Serie			90001 y superiores		90001 y superiores	
Peso	Peso de la máquina	kg	22,880		24,925	
	Peso de la máquina (rueda delantera) en la postura de traslado SAE	kg	10,345		10,590	
	Peso de la máquina (rueda trasera) en la postura de traslado SAE	kg	12,535		14,335	
	Capacidad del cucharón (Colmado)	m ³	4.2		4.6	
	Carga de trabajo	kg	6,720		7,820	
Rendimiento	Velocidad de traslado		Modo E	modo P	Modo E	modo P
	1a. marcha de avance	km/h	6.6	7.6	7.1	7.7
	2a. marcha de avance		11.4	13.1	12.2	13.1
	3a. marcha de avance		19.6	22.9	21.1	22.9
	4ta de Avance		30.8	36.2	31.1	36.3
	1a. marcha de retroceso	km/h	6.8	7.9	7.3	7.9
	Retroceso 2da		11.7	13.5	12.6	13.5
	Retroceso 3ra		20.2	23.6	21.7	23.6
	4ta de retroceso		31.7	37.3	34.0	37.4
	Máxima fuerza de la barra de tiro	kN {kg}				
Avance	157 {16,000}		192 {19,600}	168 {17,100}	195 {19,900}	
Retroceso		151 {15,400}	181 {18,500}	162 {16,500}	192 {19,600}	
Pendiente superable	grados	25		25		
Mínimo radio de viraje (centro del neumático exterior)	mm	6,630		6,630		
Radio de giro (borde de corte/punta BOC), postura de traslado SAE	mm	7,610/7,640		7,670/7,700		
Dimensiones	Largo total (con BOC)	mm	8,825		9,170	
	Anchura total (cuerpo de la máquina)	mm	3,010		3,010	
	Ancho del cucharón (con BOC)	mm	3,170		3,170	
	Altura total (sobre la cabina)	mm	3,500		3,500	
	Altura total la levantar el cucharón a la máxima distancia	mm	5,960		6,175	
	Distancia entre ejes	mm	3,450		3,450	
	Trocha	mm	2,300		2,300	
	Holgura máx. del suelo	mm	525		525	
	Altura máxima del pasador de articulación	mm	4,360		4,505	
	Altura libre de descarga (*1) (Borde de corte/Punta BOC)	mm	3,270/3,185		3,300/3,205	
	Alcance de descarga (*1) (Borde de corte/Punta BOC)	mm	1,190/1,235		1,370/1,410	
	Ángulo de dirección	grados	35		35	
	Angulo de inclinación hacia atrás del cucharón (postura de desplazamiento/altura máxima)	grados	50/65		52/60	
	Angulo de inclinación hacia adelante del cucharón (altura máx.)	grados	45		45	
	Profundidad de excavación, 10° ° (borde de corte/punta BOC)	mm	265/315		305/355	

*1: Valor a los 45° del ángulo de inclinación hacia adelante del cucharón.

★ BOC: Abreviatura para Borde de Corte Atornillable

Modelo de máquina		WA470-6	WA480-6	
No. de Serie		90001 y superiores	90001 y superiores	
Motor	Modelo	SAA6D125E-5		
	Tipo	4-ciclos, enfriado por agua, en línea vertical, tipo inyección directa, con cargador de turbo, postenfriador enfriado por aire, EGR enfriado por agua.		
	No. de cilindros –diámetro x carrera	mm	6 - 125 x 50	
	Desplazamiento total del pistón	ℓ {cc}	11.04 {11,040}	
	Rendimiento (En modo P)	Potencia nominal Neta [ISO 9249/SAE J1349] (*1) Bruta [SAE J1995] (*2)	kw{HP}/rpm	203{272}/2,000 204{273}/2,000
		Torsión máx (*1)	Nm{kgm}/rpm	1,307 {133}/1,450
		Proporción mínima del consumo de combustible	g/kWh {g/HPH}	192 {143}
		La velocidad en ralentí alto sin carga	rpm	2,170 ± 50
		Velocidad en ralentí bajo sin carga	rpm	800 (+50/0)
	Motor de arranque		24 V, 7.5 kW	24 V, 7.5 kW
Alternador		24 V, 50 A	24 V, 50 A	
Batería (*3)		12 V, 136 Ah x 2 piezas	12 V, 136 Ah x 2 piezas	
Tren de potencia	Convertidor de torsión	3-elementos, 1-etapa, 1-fase		
	Transmisión	Cambio servo mecánico del eje intermedio, engranajes helicoidal y tipo de dientes rector constantemente sincronizado, tipo de discos múltiples, actuados hidráulicamente tipo modulación		
	Sistema de reducción de engranaje	Tipo engranaje cónico hipoidal, tipo de lubricación por salpicadura		
	Diferencial	Tipo engranaje cónico recto		
	Mando final	Tipo de reducción sencilla del engranaje planetario, tipo de lubricación por salpicadura		
Eje	Tracción de rueda	Tracción en ruedas delanteras y traseras		
	Eje delantero	sujeto a la estructura tipo semi- flotante		
	Eje trasero	Soporte de pasador central, tipo semi flotante		
Neumático	Tamaño	26,5-25-16PR	26.5-25-20PR	
	Tamaño del Aro	22.00-25WTB	22.00-25WTB	
	Presión de inflado			
	Rueda delantera Rueda trasera	kPa {kg/cm ² }	350 {3.5} 280 {2.8}	420 {4.2} 350 {3.5}
Freno	Principal	Sistema de freno	Freno en las 4 ruedas, frenado de las ruedas delanteras independiente del frenado de las ruedas traseras.	
		Tipo de freno	Tipo de disco múltiple bañado en aceite	
		Sistema operativo	Sistema hidráulico	
	Sistema de control	Con refuerzo hidráulico		
Estacionamiento	Sistema de freno	Sistema de freno del eje de salida de la transmisión		
	Tipo de freno	Frenos de disco en aceite		
	Sistema operativo	Accionado con el resorte, sistema de alivio hidráulico		
Dirección	Sistema de dirección:	Sistema de articulación		
	Sistema operativo	Sistema hidráulico		

*1: Valor en velocidad mínima del ventilador.

*2: Valor de la unidad de motor (sin ventilador).

*3: La capacidad de la batería (Ah) es el valor de 5 horas.

★ La salida nominal del motor es indicada en valor neto y valor bruto. El producto bruto es el valor medido en la unidad de motor y el rendimiento neto es el valor medido bajo casi las mismas condiciones que el motor se monta en la máquina.

★ A continuación, muestra la salida nominal (neta) a la velocidad máxima del ventilador de enfriamiento.

WA470-6: 191 kW {256 HP} / 2,000 rpm

WA480-6: 211 kW {283 HP} / 2,000 rpm

Modelo de Máquina		WA470-6		WA480-6	
No. de Serie		90001 y superiores		90001 y superiores	
Sistema hidráulico	Bomba hidráulica	Bomba de carga del tren de potencia			
		Tipo		Tipo de engranaje	Tipo de engranaje
		Descarga teórica	55 cm ³ /rev	80	80
		Tren de potencia de la bomba de lubricación			
		Tipo		Tipo de engranaje	Tipo de engranaje
		Descarga teórica	55 cm ³ /rev	32	32
	Bomba de la dirección				
	Tipo		Cilindrada variable, tipo de pistón con placas de vaivén	Cilindrada variable, tipo de pistón con placas de vaivén	
	Descarga teórica	55 cm ³ /rev	90	90	
	Bomba del equipo de trabajo				
	Tipo		Cilindrada variable, tipo de pistón con placas de vaivén	Cilindrada variable, tipo de pistón con placas de vaivén	
	Descarga teórica	55 cm ³ /rev	120	120	
	Bomba del ventilador de enfriamiento				
	Tipo		Cilindrada variable, tipo de pistón con placas de vaivén	Cilindrada variable, tipo de pistón con placas de vaivén	
	Descarga teórica	55 cm ³ /rev	30	30	
	Bomba para dirección por emergencia				
	Tipo		Tipo de engranaje	Tipo de engranaje	
	Descarga teórica	55 cm ³ /rev	21	21	
Cilindro	Cilindro de la dirección	Tipo		Pistón de doble acción	Pistón de doble acción
		Diámetro del cilindro	mm	90	90
		Diámetro exterior del vástago del pistón	mm	50	50
		Carrera	mm	441	441
		Max. distancia entre los pasadores centrales	mm	1,296	1,296
		Min. distancia entre los pasadores centrales	mm	855	855
	Cilindro de elevación	Tipo		Pistón de doble acción	Pistón de doble acción
		Diámetro del cilindro	mm	140	140
		Diámetro exterior del vástago del pistón	mm	95	95
		Carrera	mm	764	881
		Max. distancia entre los pasadores centrales	mm	2,167	2,382
		Min. distancia entre los pasadores centrales	mm	1,403	1,501
	Cilindro del cucharón	Tipo		Pistón de doble acción	Pistón de doble acción
		Diámetro del cilindro	mm	160	180
		Diámetro exterior del vástago del pistón	mm	100	110
		Carrera	mm	575	572
		Max. distancia entre los pasadores centrales	mm	1,795	1,855
		Min. distancia entre los pasadores centrales	mm	1,220	1,283

Modelo de máquina			WA470-6	WA480-6
No. de Serie			90001 y superiores	90001 y superiores
Sistema hidráulico	Válvula de control	Válvula de control del equipo de trabajo		
		Tipo	Tipo de 2 carretes	Tipo de 2 carretes
	Presión establecida	MPa {kg/cm ² }	34.3 {350}	34.3 {350}
Válvula de la dirección	Válvula de la dirección			
	Tipo		Tipo de carrete	Tipo de carrete
Presión establecida	MPa {kg/cm ² }	24.5 {250}	24.5 {250}	
Motor	Motor de ventilador de enfriamiento			
	Tipo		Pistón de tipo con plato oscilante de desplazamiento fijo	Pistón de tipo con plato oscilante de desplazamiento fijo
	Capacidad del motor	cm ³ /rev	28	28
Equipo de trabajo	Tipo de eslabón		Acople de barra Z	Acople de barra Z
	Forma del borde de corte del cucharón		Filo plano con BOC	Filo plano con BOC

★ BOC: Abreviatura para Borde de Corte Atornillable

Tabla de pesos**▲ La tabla de pesos es para referencia en el manejo o transporte de componentes.**

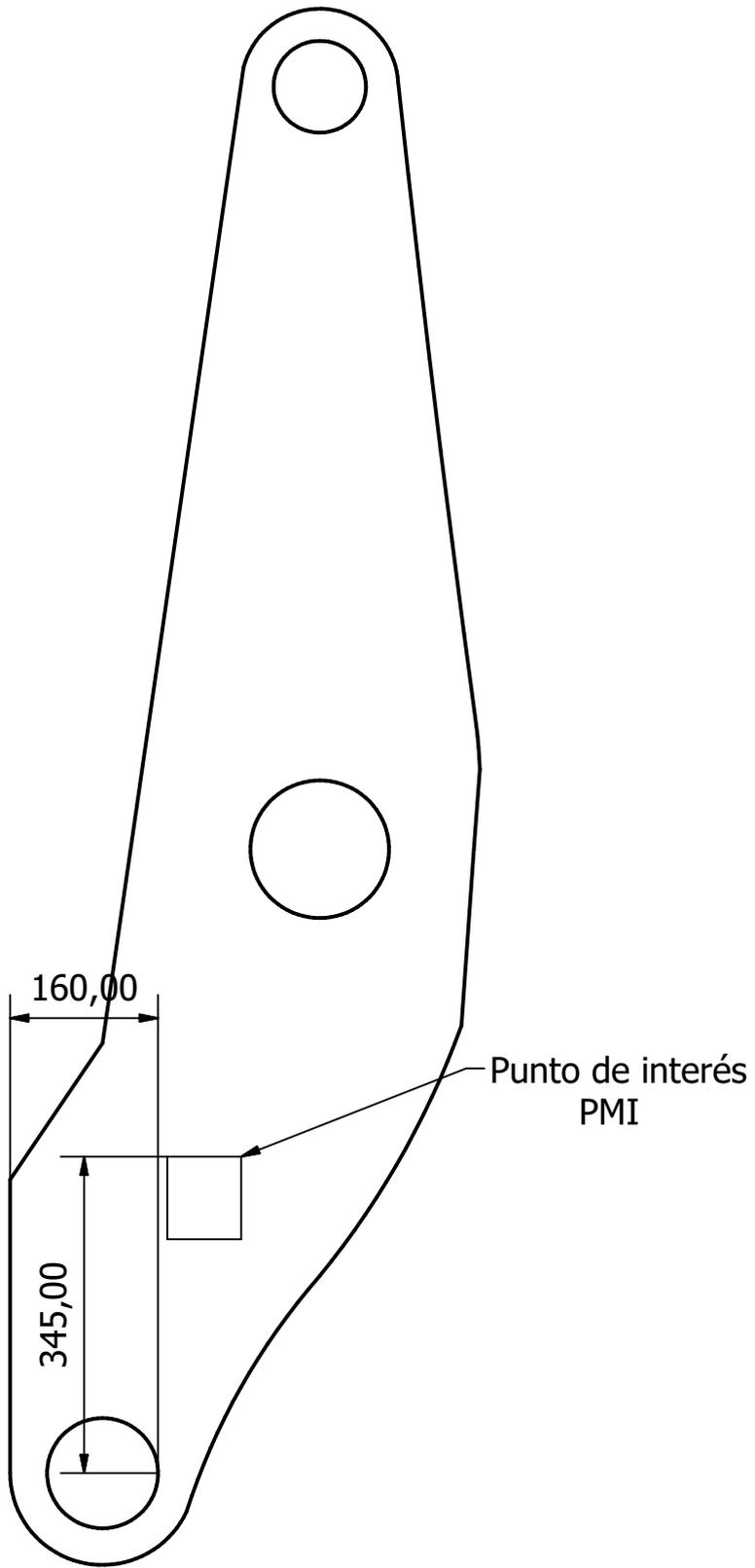
Unidad: kg

Modelo de máquina	WA470-6	WA480-6
No. de Serie	90001 y superiores	90001 y superiores
Motor (excluyendo el enfriador y el aceite)	1,280	1,280
Conjunto del enfriador (excluyendo el enfriador y el aceite)	147	147
Radiador (1 pieza)	20	20
Posenfriador	26	26
Enfriador del aceite	14	14
Enfriador del aceite del convertidor de torsión	25	25
Bomba del ventilador de enfriamiento	25	25
Motor de ventilador de enfriamiento	14	14
Transmisión (incluidos los convertidor de torsión)		
<Sin embrague de fijación>	1,148	1,148
<Con embrague de fijación>	1,193	1,193
Eje propulsor central	40	40
Eje propulsor delantero	33	33
Eje propulsor trasero	20	22
Eje delantero		
<Con diferencial convencional >	1,238	1,283
<Con diferencial anti-deslizante>	1,250	1,295
Eje trasero		
<Con diferencial convencional >	1,168	1,280
<Con diferencial anti-deslizante>	1,180	1,340
Pivote del eje (eje trasero)	144	144
Rueda		
<22.00-25WTB (1 pieza)>	251	251
Neumático		
<26.5-25-16PR (1 pieza)>	404	—
<26.5-25-20PR (1 pieza)>	—	421
Bomba del tren de potencia	20	20
Bomba del equipo de trabajo	103	103
Bomba de la dirección	40	40
Válvula de control del equipo de trabajo	108	108
Válvula PPC para el equipo de trabajo	4	4
Válvula del freno	7	7
Válvula de la dirección	24	24
Motor de dirección de emergencia	13	13
Bomba para dirección por emergencia	3	3
Conjunto del cilindro de dirección (1 pieza)	37	37
Conjunto del cilindro de levante (1 pieza)	185	196
Conjunto del cilindro del cucharón:	206	264
Bastidor delantero	1,852	1,972
Estructura trasera	1,735	1,735
Contrapeso	1,925	3,025
Conjunto del capo del motor	466	466
Cuerpo del capo	295	295
• Puerta lateral (1 pieza)	37	37
Tanque hidráulico (excluyendo el aceite hidráulico)	171	171
Tanque de combustible (excluyendo el combustible)	211	211

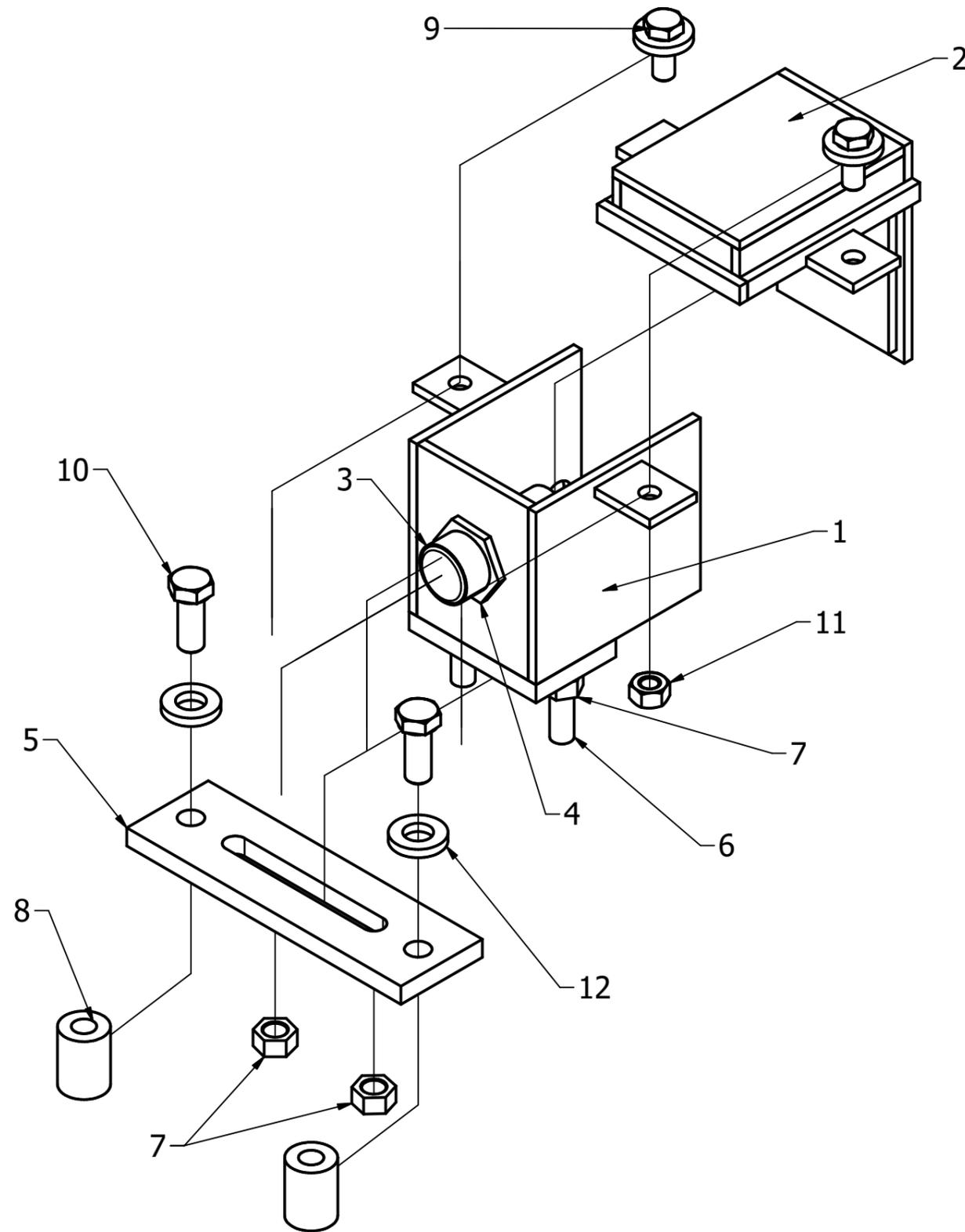
Unidad: kg

Modelo de máquina	WA470-6	WA480-6
No. de Serie	90001 y superiores	90001 y superiores
Brazo elevado (incluye buje)	1,470	1,571
Articulación del cucharón	89	108
Palanca acodada	390	410
Cucharón (3,170 mm de ancho, incluyendo BOC y protector lateral)	2,011	2,259
Cabina del operador (incluyendo el conjunto del piso)	945	945
Asiento del operador	35	35
Unidad acondicionadora de aire	5	5
Batería (1 pieza)	45	45

★ BOC: Abreviatura para Borde de Corte Atornillable

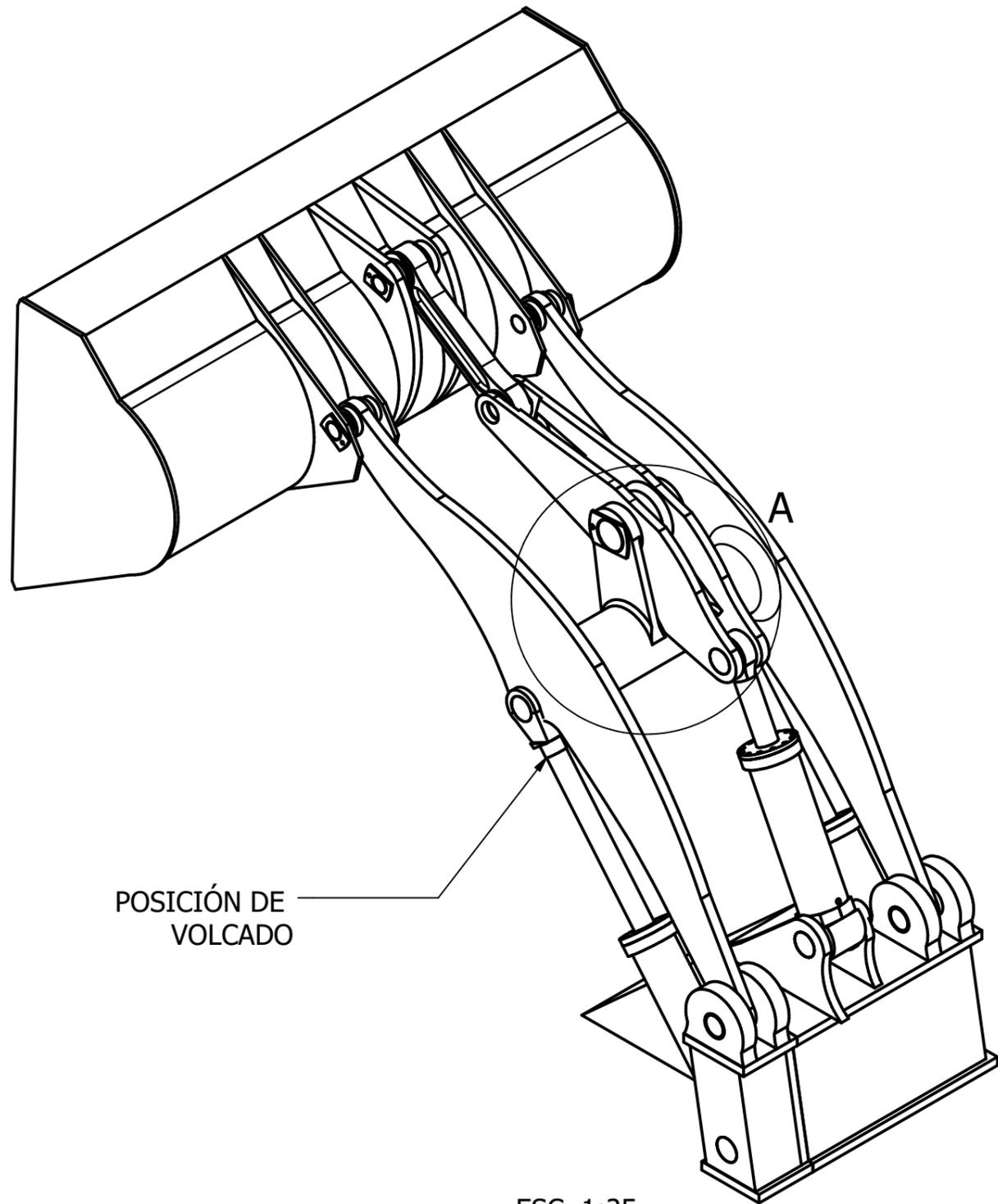


1/1	PMI DEL BELLCRANK				UNI
Elaborado	Betanco Castillo Johnny E.	JE BC	23/10/20		MONGF
Revisado	Blandino Rayo Juan		26/10/20		ESC: 1 : 8



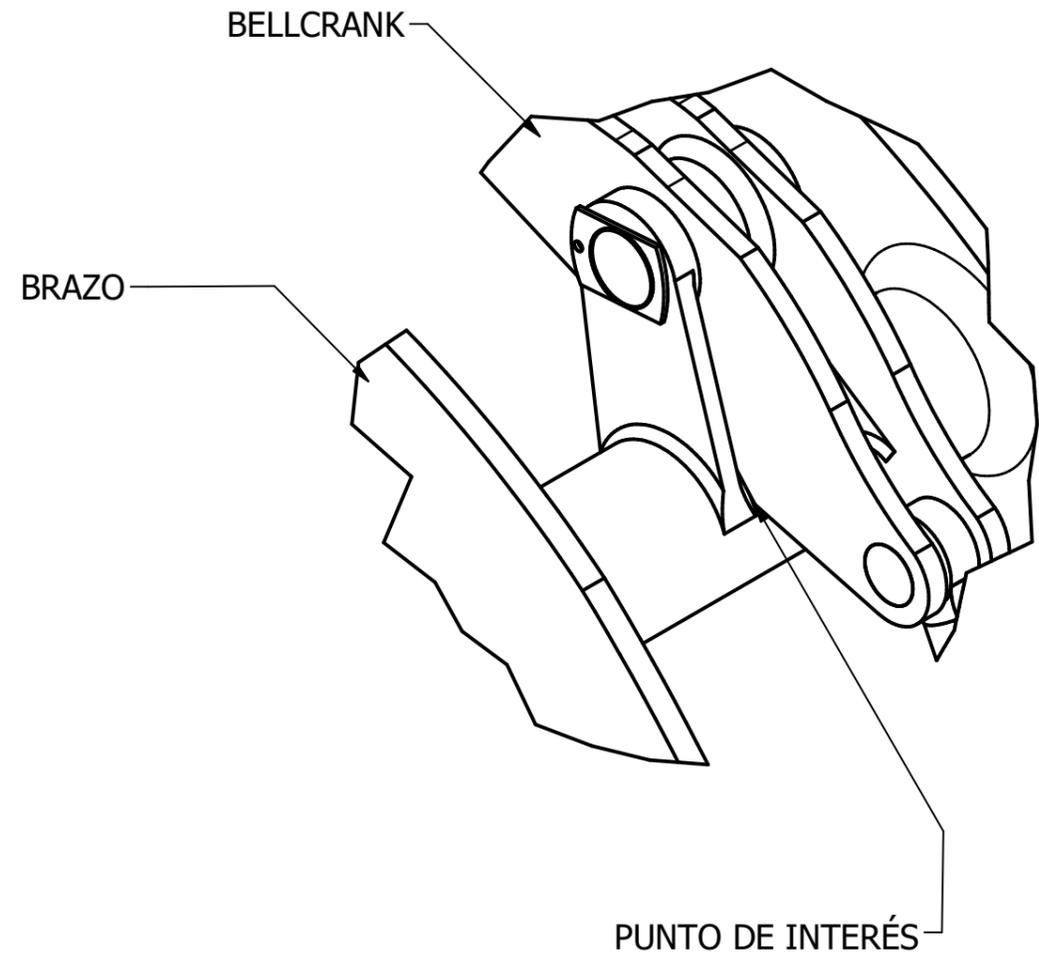
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	caja fija	
2	1	Tapa del sensor.	
3	1	sensor	
4	2	perno de sujecion de sensor	
5	1	Platina base principal	
6	1	placa de ajuste con roscas macho	
7	4	perno espaciador	
8	2	BASE SOBRE TODO	
9	2	AS 1110 - M10 x 25	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
10	2	AS 1110 - M12 x 30	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
11	2	AS 1112 - M10 Tipo 5	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas tuercas delgadas, tuercas ranuradas y tuercas entalladas
12	4	IFI 542 - 12, CW(1)	Arandela circular

1/1	DESPIECE DE LA CAJA DE PROT.			UNI
Elaborado	Betanco Castillo Johnny E.	JE BC	23/10/20	MONGF
Revisado	Blandino Rayo Juan		26/10/20	ESC: 1:2.5

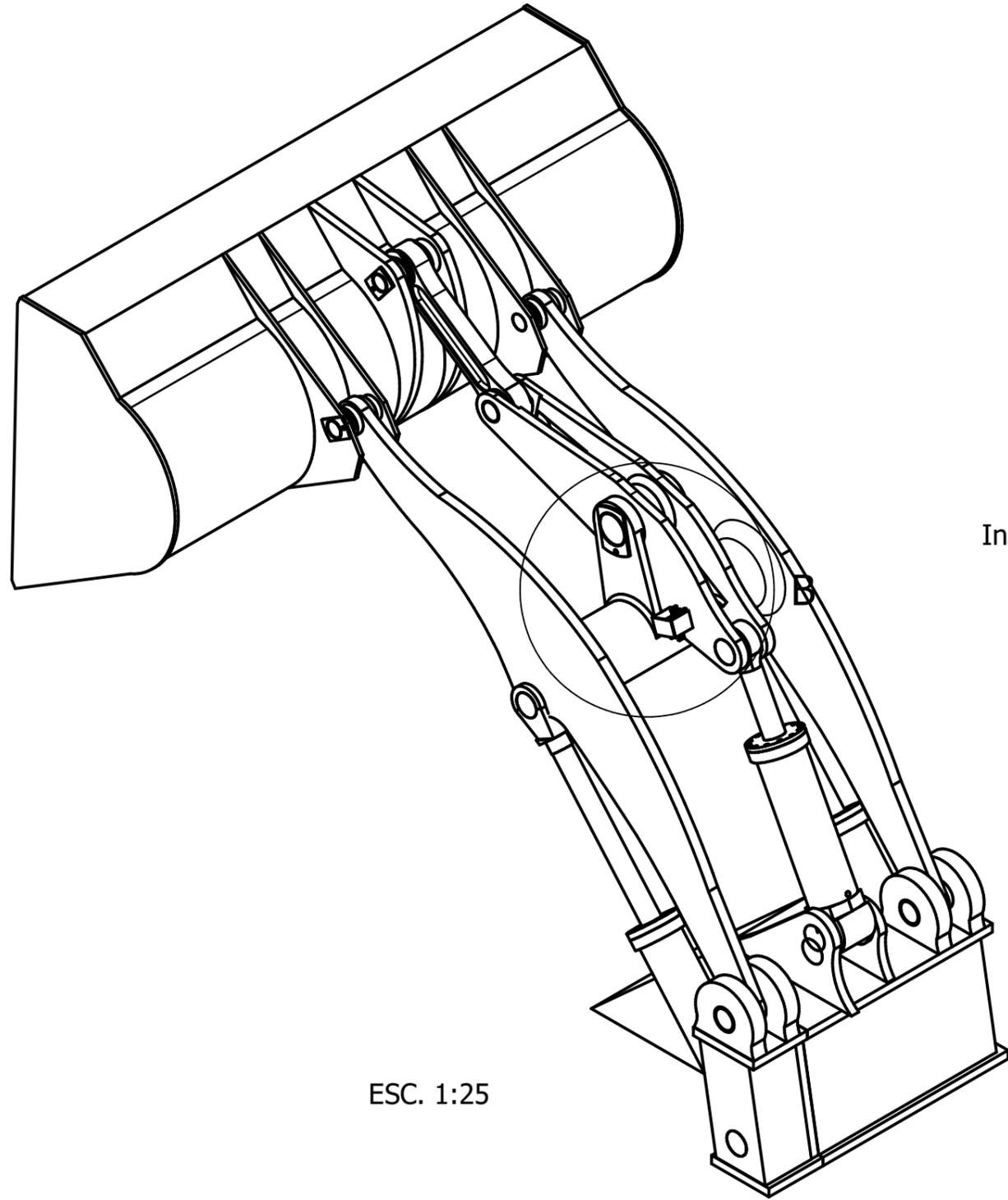


ESC. 1:25

A (0,08 : 1)



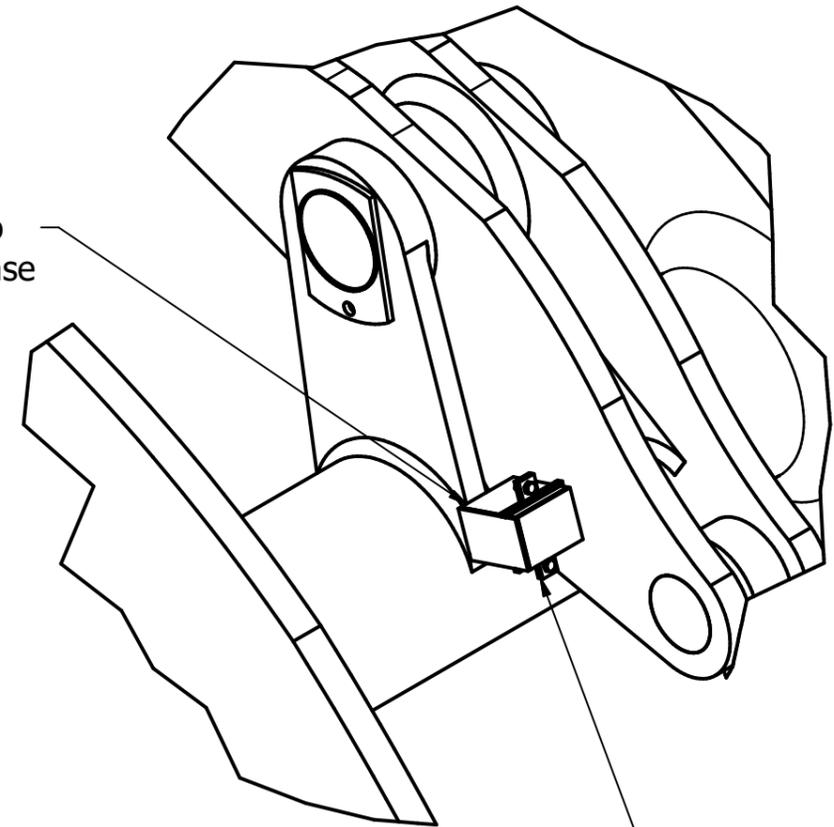
1/7	GUIA	DETALLE DE PUNTO DE INTERÉS			UNI
Elaborado	Betanco Castillo Johnny E.	JE BC	15/10/20		MON
Revisado	Blandino Rayo JUAN				ESC: IND



ESC. 1:25

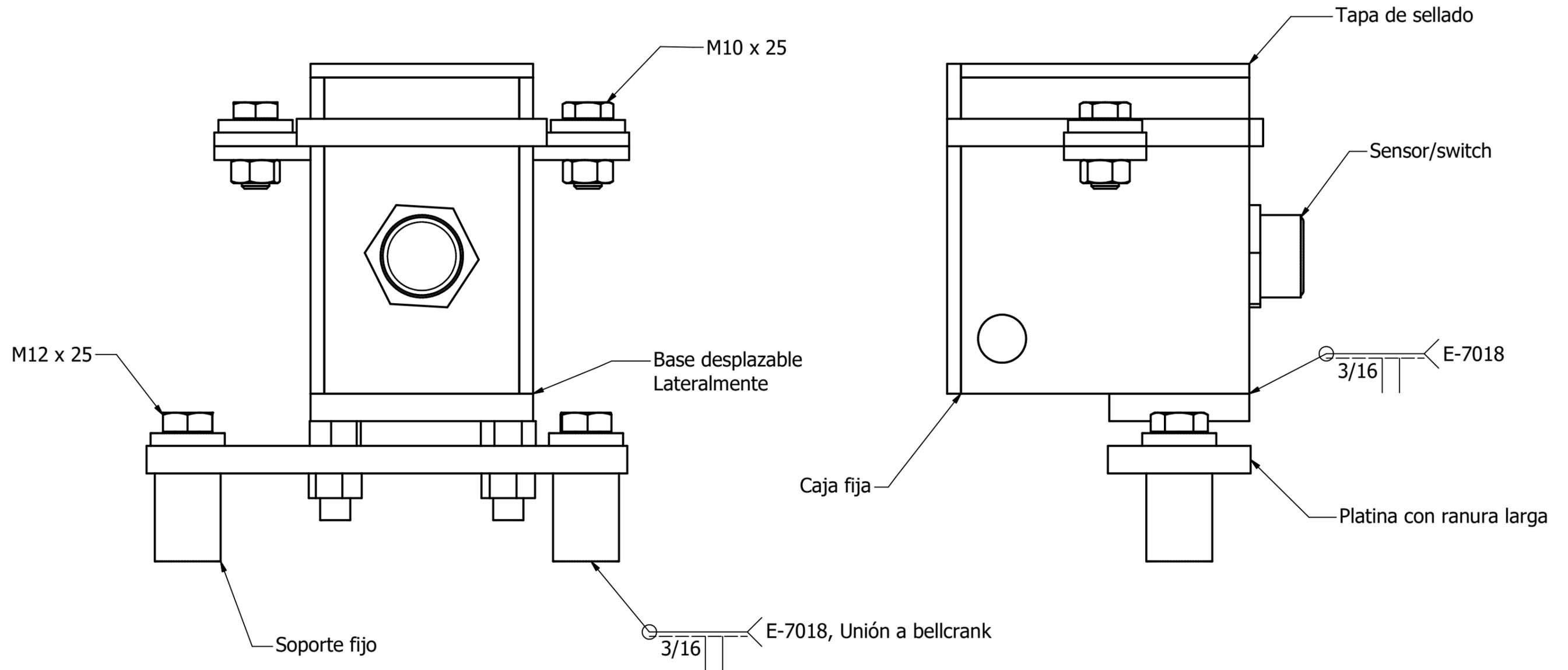
B (0,1 : 1) 1:10

Punto muerto
Instalación de base



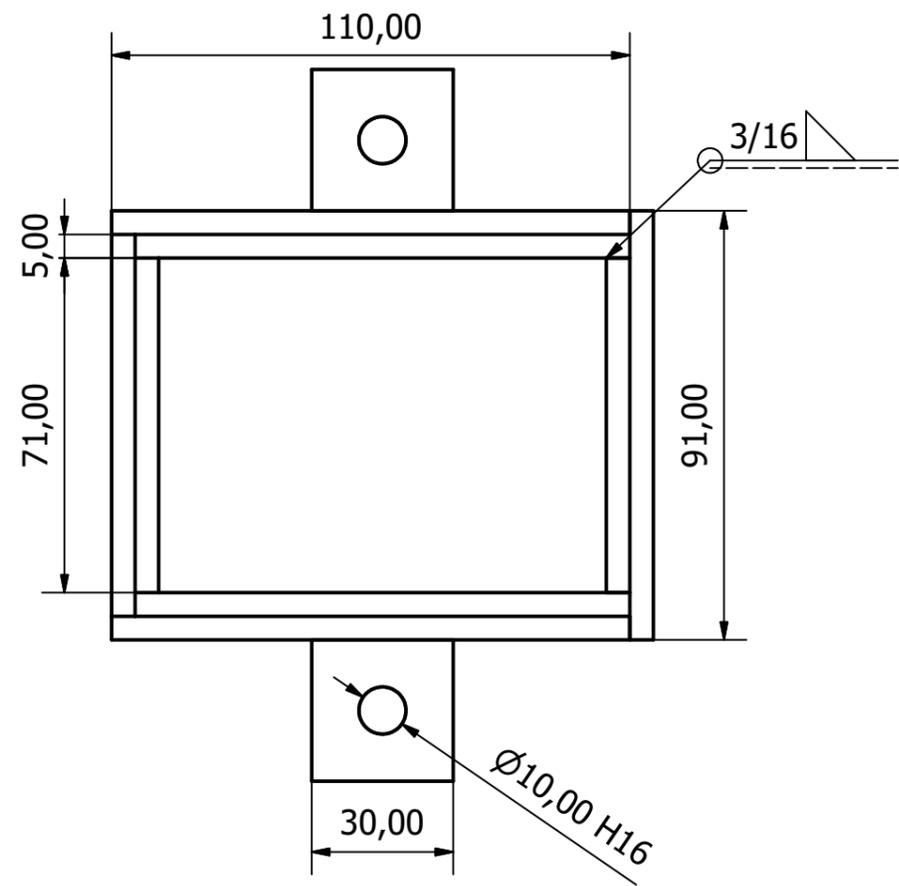
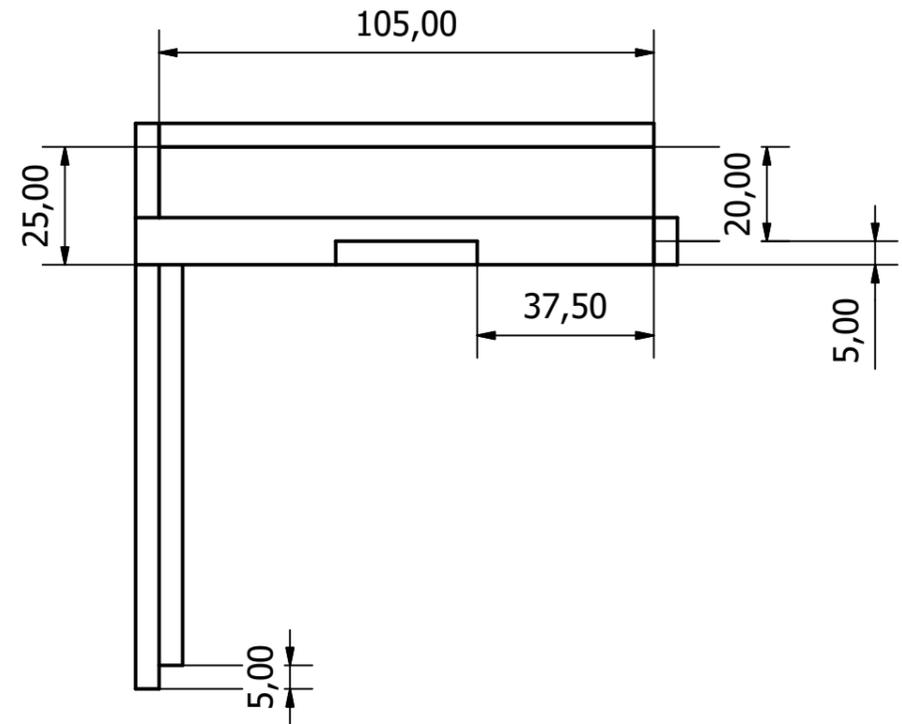
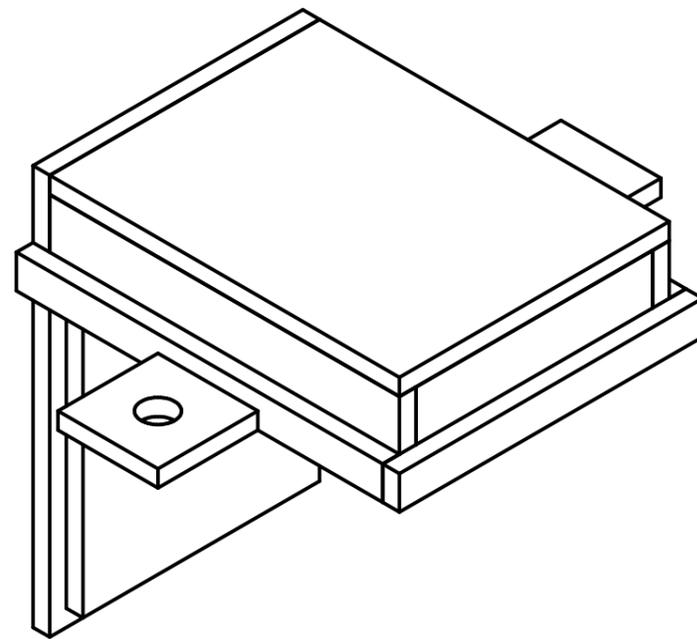
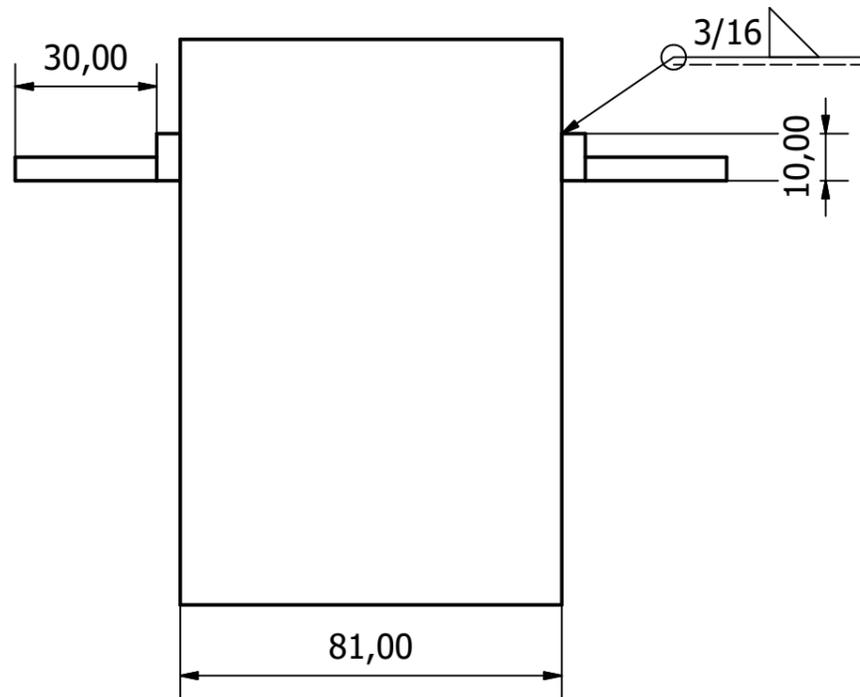
Caja de protección

2/7	REF	DETALLE DE INSTALACIÓN			UNI
Elaborado	Betanco Castillo Johnny E.	JE BC	23/10/20		MON
Revisado	Blandino Rayo Juan		26/10/20		ESC: IND



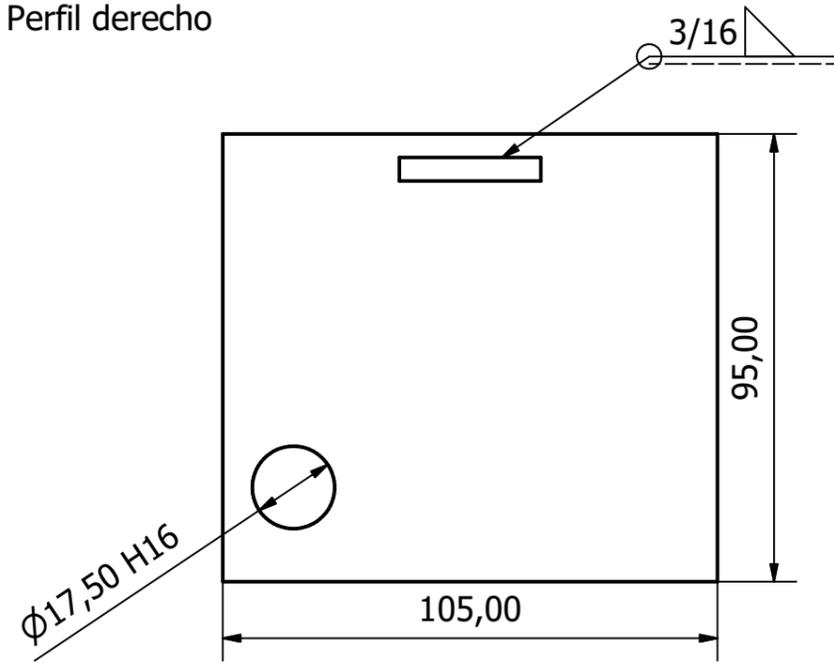
LISTA DE PIEZAS		
Nombre de pieza	Cantidad	Descripción
Perno de sujeción	2	AS 110 - M10 x 25
Tapa	1	Lámina 5mm
Perno de la base	2	AS 110 - M12 x 30
Caja fija	1	Lámina 5mm
Platina con vástago	1	Lámina 10mm, Vástago M14 x 35
Platina ranura larga	1	10mm, Ranura 15mm x 100mm
Soporte fijo	2	Tubo sólido D=24mm

3/7	DET	CAJA DE PROTECCIÓN DEL SENSOR			UNI
Elaborado	Betanco Castillo Johnny E.	JE BC	23/10/20		MGRF
Revisado	Blandino Rayo Juan		26/10/20		ESC: 1:1.5

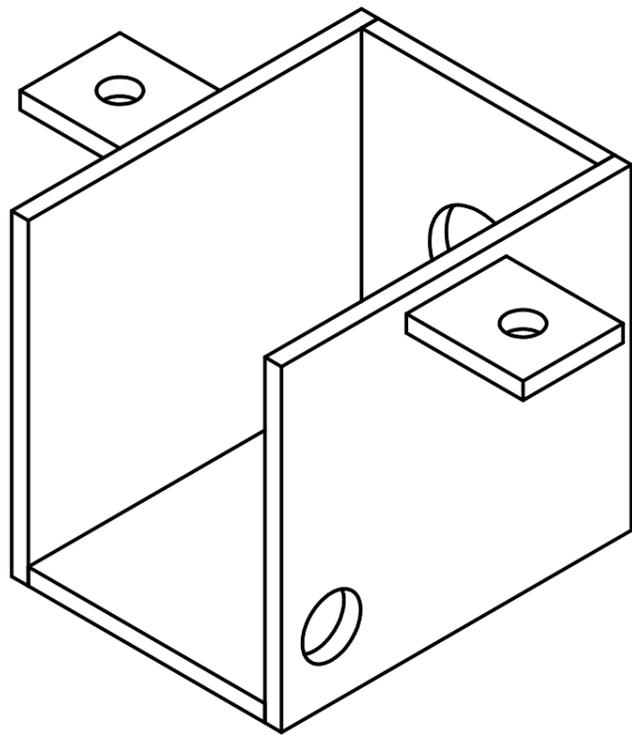
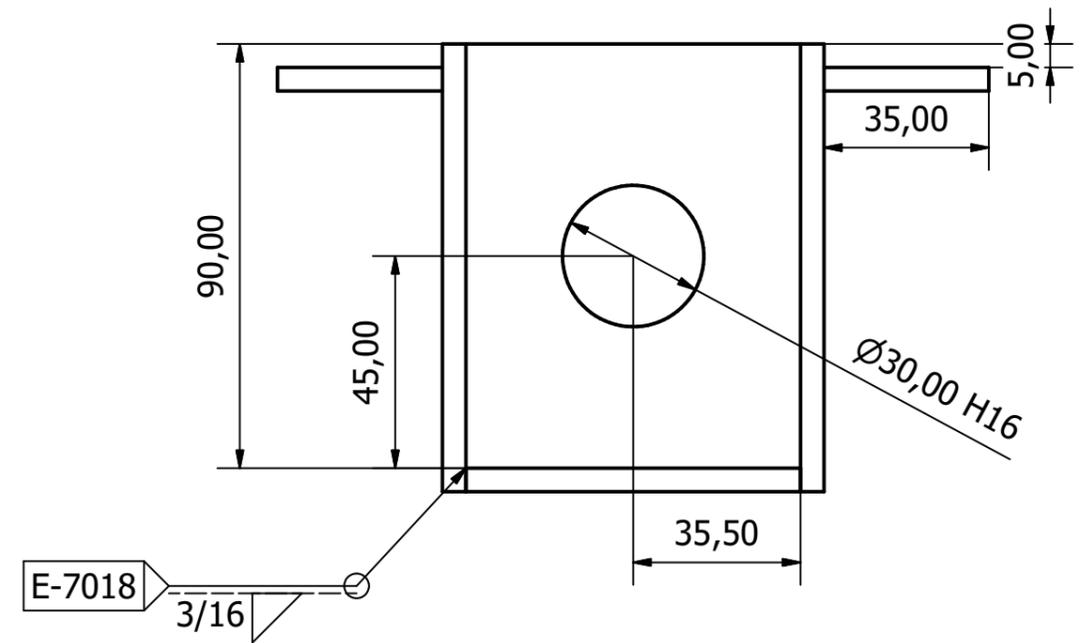


4/7	TAPA DE PROTECCIÓN				UNI
Elaborado	Betanco Castillo Johnny E.	JE BC	23/10/20		MONGF
Revisado	Blandino Rayo Juan		26/10/20		ESC: 1:1.5

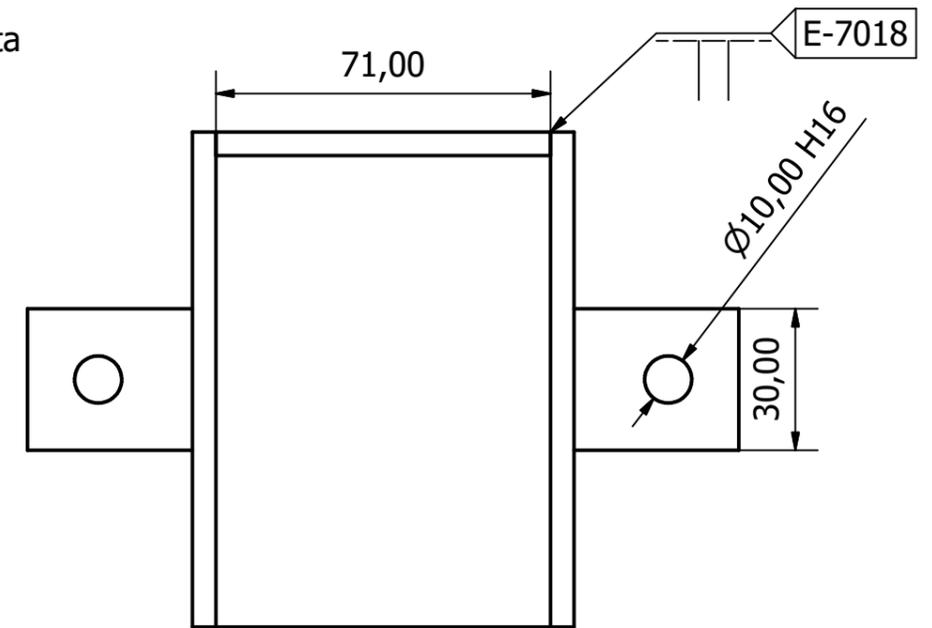
Perfil derecho



Frontal

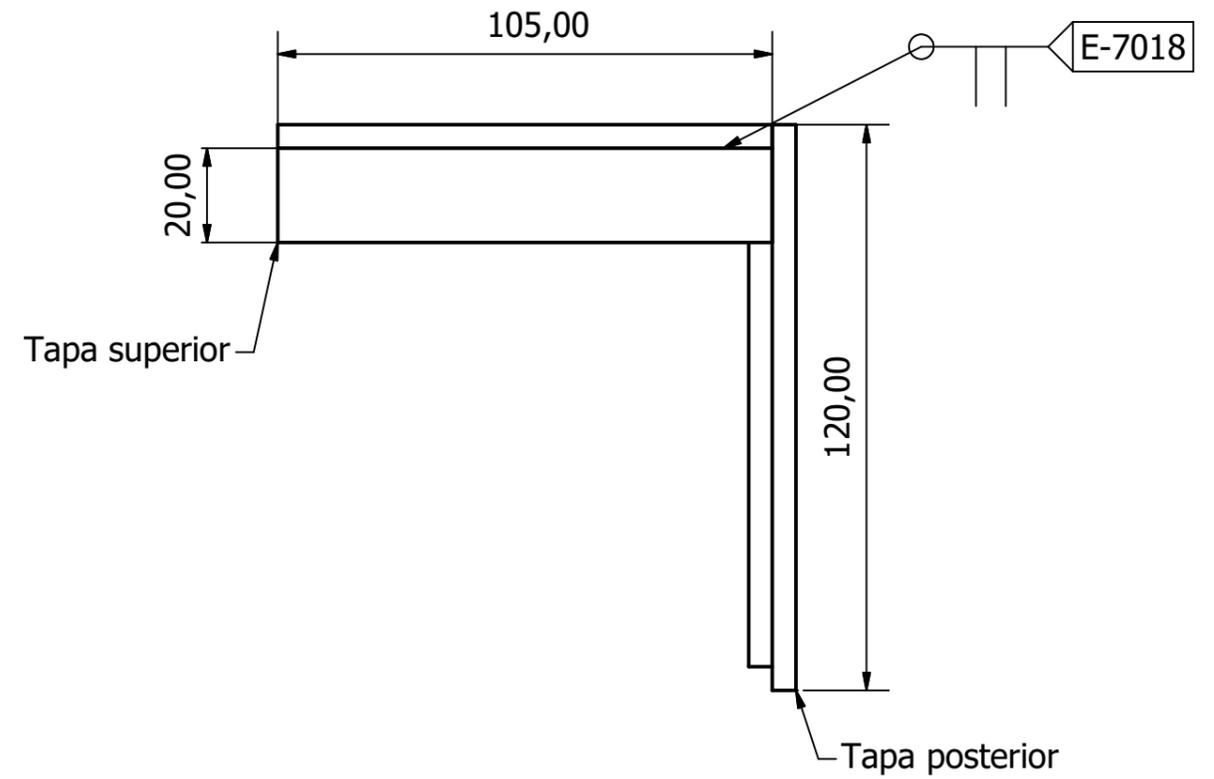
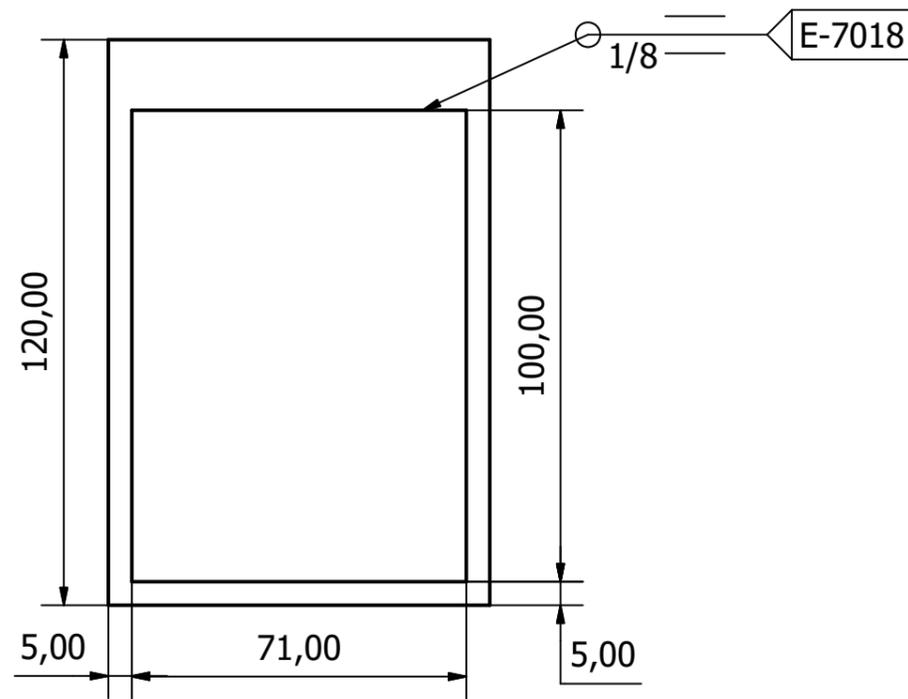


Planta

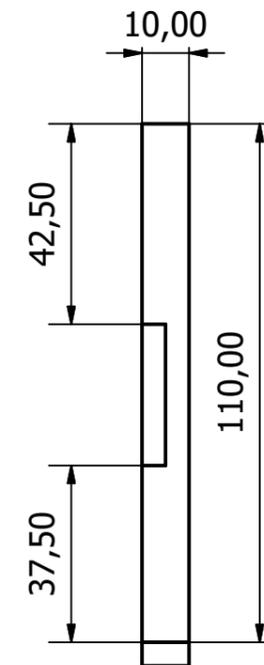
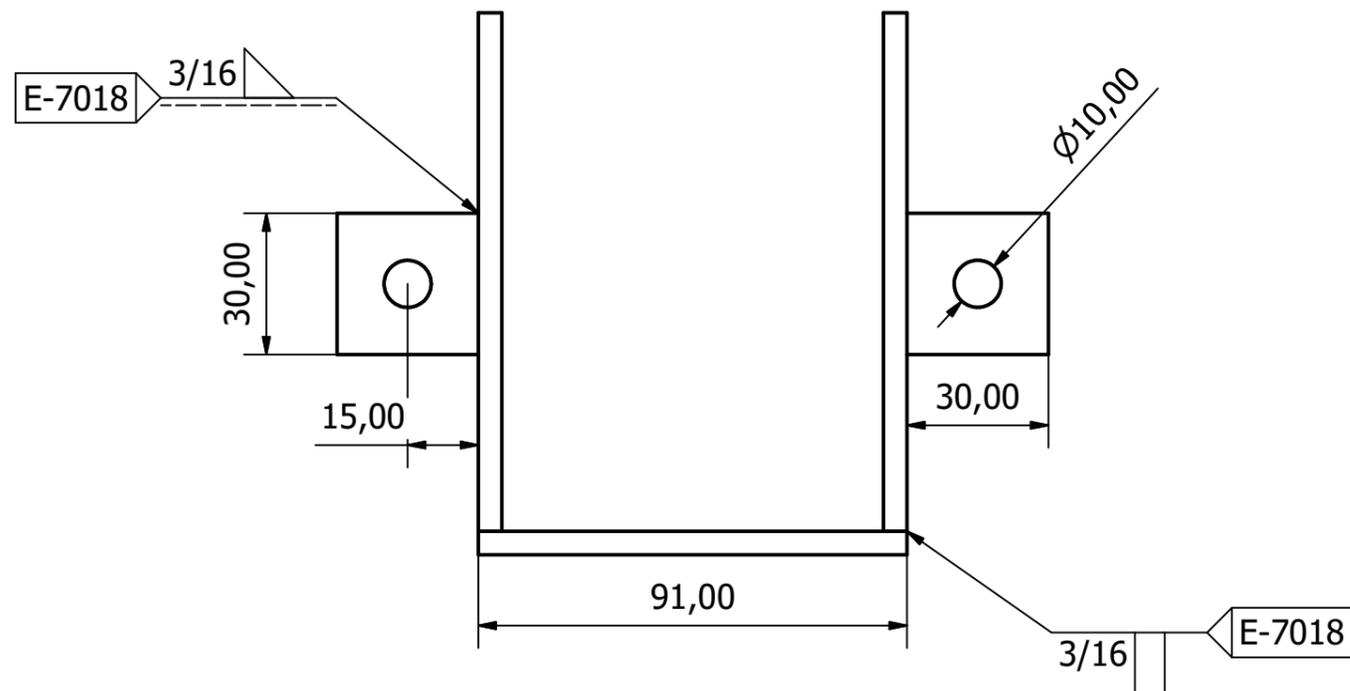


5/7	DIM	CONJUNTO DE LA CAJA			UNI
Elaborado	Betanco Castillo Johnny E.	JE BC	23/10/20		MONGF
Revisado	Blandino Rayo Juan		26/10/20	ESC:	

Tapa posterior

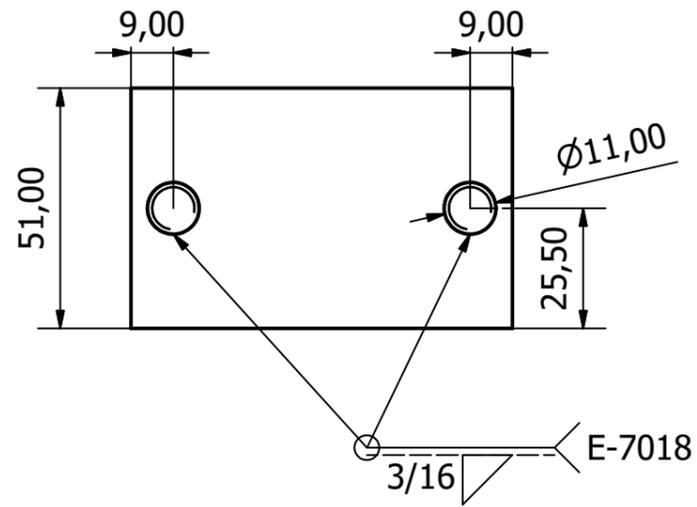


Ceja de sellado

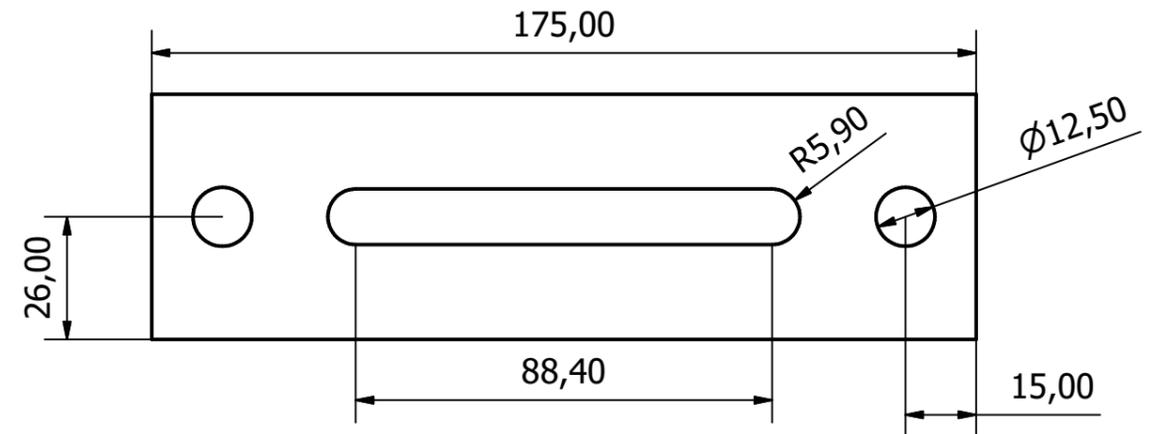


6/7	CONJUNTO DE LA TAPA				UNI
Elaborado	Betanco Castillo Johnny E.	JE BC	23/10/20		MONGF
Revisado	Blandino Rayo Juan		26/10/20		ESC: 1:1.5

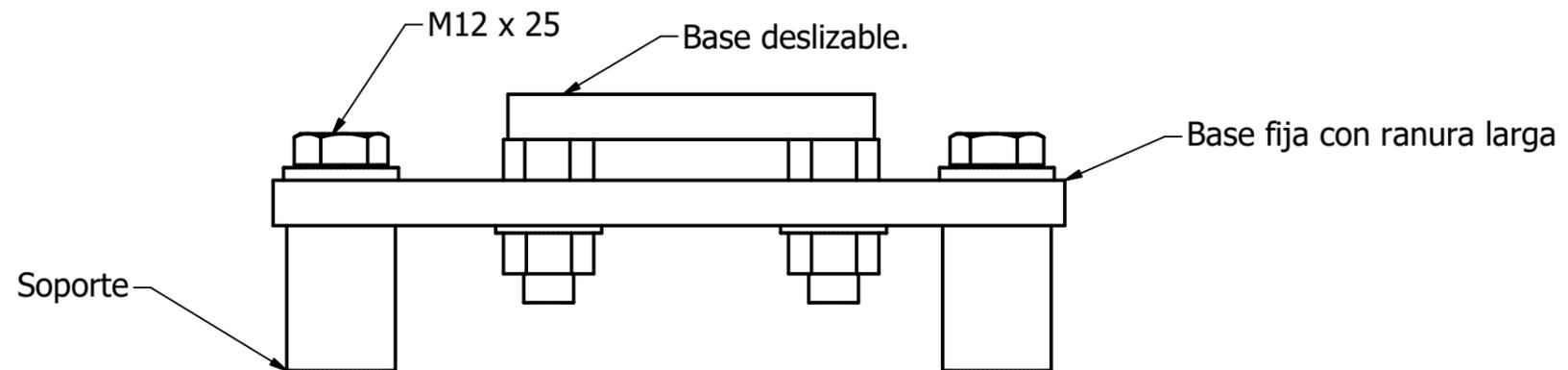
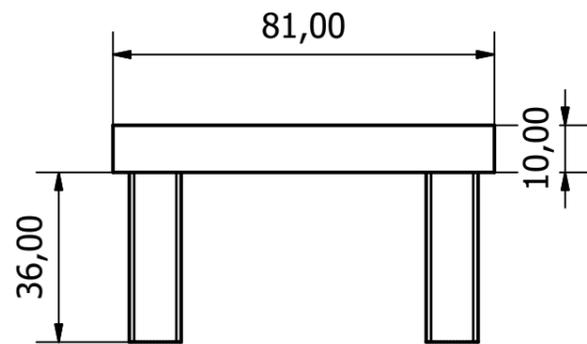
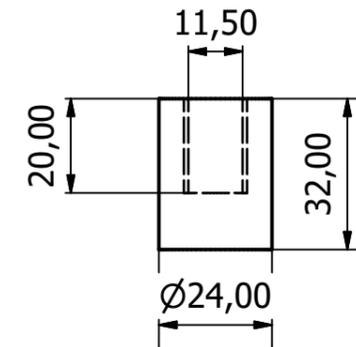
Base deslizable con vástago



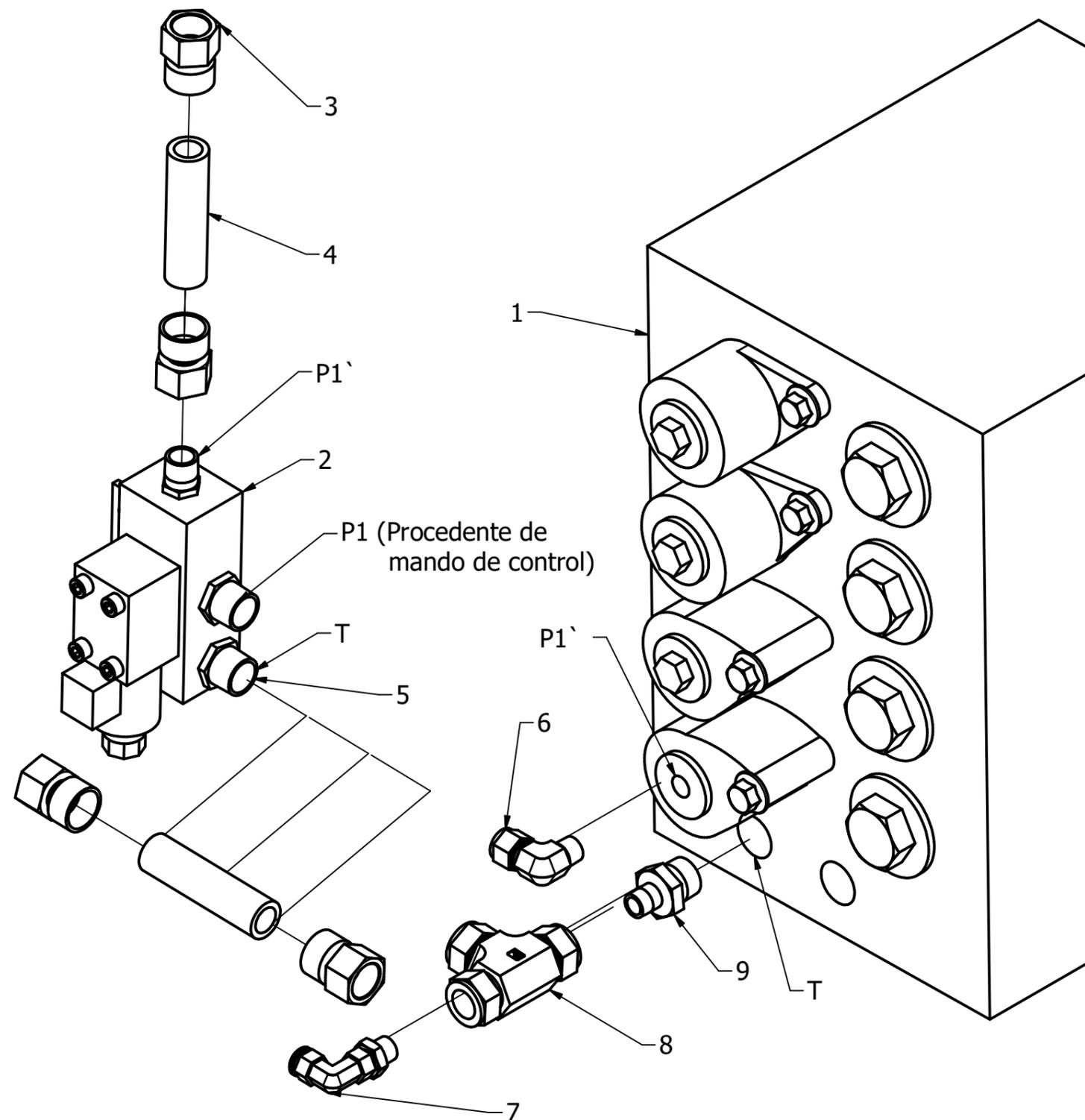
Base fija con ranura larga.



Soporte fijo



7/7		CONJUNTO DE LA BASE				UNI
Elaborado	Betanco Castillo Johnny E.	JE BC	23/10/20		MONGF	
Revisado	Blandino Rayo Juan		26/10/20		ESC: 1:1.5	



LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Control Central	Control hidràulico CLSS
2	1	Electrovàlvula direccional	
3	6	JIS B 2301 Boquilla hexagonal de reducción - Clase II 3/4 x 3/8	Boquilla x6
4	2	Manguera FlexIT 2T Estandar SAE 100 R2AT 2SN10	Manguera para aceite x 1.2m
5	2	Acoples reductores macho	adaptador 3/4-1/2 in
6	1	Rosca cónica macho A-Lok - Codo de 90° - Tubo métrico 12 x 3/8	Codo
7	1	Codo macho con rótula de 90° W169PL de Parker W169PL-8-8	Codo macho
8	1	A-Lok - Tubo métrico 20	Tubo en T
9	1	Adaptador macho adaptador hexagonal 3/8-1/2	

8/8	EXP	DESPIECE SISTEMA HIDRÀULICO			UNI
Elaborado	Betanco Castilo Johnny E.	JEBC	23/10/20		MGRF
Revisado	Blandino Rayo Juan O.		26/10/20		ESC: 1:5