

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



DISEÑO Y OPTIMIZACION DE UN ARADO REVERSIBLE POR GRAVEDAD

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA
MECÁNICA**

AUTOR

Alexis Enrique Rubio Valle

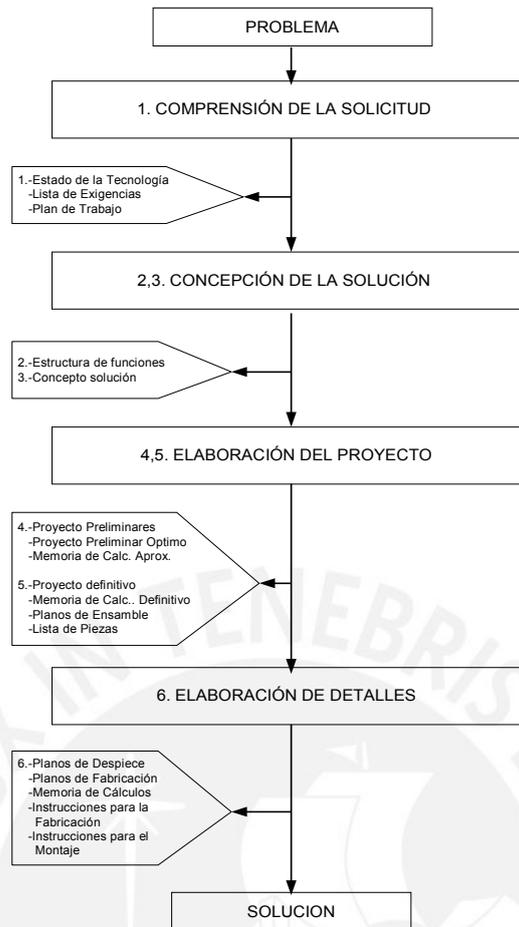
ASESOR:

Eliseo Benjamín Barriga Gamarra

Abril, 2018

RESUMEN

El aumento en la producción agrícola de exportación ha incrementado la importación de maquinaria agrícola de gran envergadura. Por otro lado, las zonas andinas del país albergan empresas agrícolas cuyo producto tiene como destino el mercado interno. Ante esto su demanda de maquinaria agrícola es distinta a las grandes empresas, no tan cara, tanto en sus costos como en su mantenimiento. Esta demanda es cubierta por empresas metalmecánica, fabricando esta maquinaria en forma artesanal. No se ha encontrado un estudio serio y completo referido a este tipo de maquinaria agrícola, Solo se encuentran planos de construcción realizados de forma artesanal y copiada una y otra vez por las empresas metalmecánicas mencionadas. Debido a esto los objetivos trazados en el presente proyecto son: Diseñar un arado reversible por gravedad, de tecnología intermedia y hecho de los materiales más comunes y económicos, aplicando correctamente los conceptos del diseño mecánico, las leyes de la mecánica, la ciencia de los materiales y las matemáticas. Así también se busca el almacenamiento y sistematización de la información acumulada durante el desarrollo del presente trabajo (base de datos digitales de cálculos, planos de despiece y ensamble) y finalmente la validación de los resultados durante y al final del proyecto. Los supuestos teóricos o metodológicos en la que se sustenta el presente trabajo están en la obra Engineering Design, a Systematic Approach escrito por Pahl and beits en el que explica cómo debido a la compleja naturaleza de la tecnología moderna es ahora raramente posible para un individuo lograr el diseño y desarrollo de un nuevo o mejor producto por sí solo. Para incrementar la probabilidad de éxito de un producto, el proceso del diseño debe ser planificado cuidadosamente y ejecutado sistemáticamente, en particular se necesita un método de diseño en ingeniería el cual debe dividirse primero en fases y luego en distintas etapas cada cual con su propio método de trabajo, con estos objetivos en mente es que Pahl y beitz nos proporcionan un extensivo conjunto de conocimiento acerca del diseño sistemático y sus principales fases: Planificación del producto y clarificación de la labor; Diseño conceptual; Desarrollo o elaboración del proyecto y Diseño de detalle. Los términos son usados en BS 7000, The Management of Product Design y publicados por la British Standards Institution en 1989. Hay un progreso paso a paso del estado cualitativo del proyecto al estado cuantitativo del proyecto y finalmente hay una deliberada variación y combinación de los elementos solución de diferente complejidad. El método o procedimiento realizado se resume en el siguiente Diagrama.

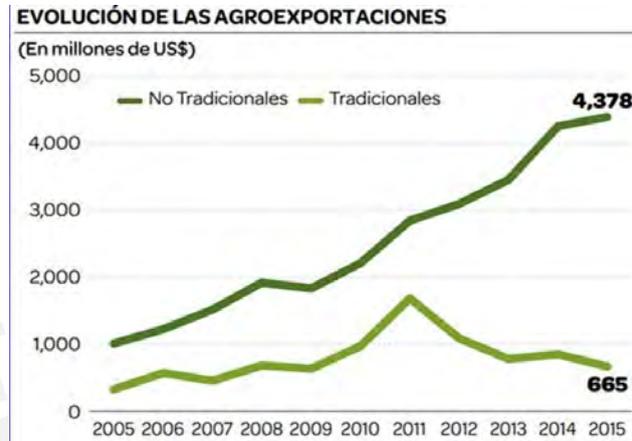


Como conclusión podemos llegar a lo siguiente: En este Proyecto se cumplieron los objetivos referidos a la utilización de los perfiles más comunes presentes en el Mercado. Los bastidores primario y secundario están diseñados utilizando ángulos estructurales ASTM A-36, canales U ASTM-A36. Para los sistemas discos de Arado se utiliza el acero AISI-SAE1045 (UNS G1045) que es el acero endurecido más común en el mercado. Además, es necesario considerar que todas las juntas estructurales están hechas con tornillería y soldadura presente en el Mercado. Con el desarrollo de este Proyecto se dieron cumplimiento a todas las exigencias requeridas en la Teoría del Diseño y la correcta aplicación de la física, así como las matemáticas para el dimensionamiento de cada una de los elementos de máquina. Se cumplió con el diseño y dimensionamiento de un sistema de reversión de los discos de arado que utiliza únicamente el peso de los componentes del arado y las inerciales originados por la masa de estos elementos para revertir los discos. El peso total del arado es de 350 Kg, lo que lo hace factible ser trabajado por un tractor de 65 Hp. Finalmente, todo el proceso de diseño y registro se realizó a través del programa Solid Work,

I.- INTRODUCCION Y OBJETIVOS

INTRODUCCION

La producción agrícola con fines de exportación genera una mayor demanda de maquinaria agrícola, debido a eso las principales empresas de maquinaria han incrementado sus inversiones en la importación de maquinaria agrícola. Esta maquinaria importada es casi exclusivamente para las empresas agrarias de gran envergadura y competitividad, los cuales están



Fuente: COMEXPERU

ubicados en la zona de costa, siendo estas las más rentables. Por otro lado, están las zonas andinas del país, en las cuales se ubican empresas agrícolas de menor envergadura, cuyo producto no está destinado a la agro exportación, esta producción tiene como destino el mercado interno, con lo que sus costos deben de bajar. Estas empresas tienen una demanda de maquinaria agrícola distinta a las grandes empresas, maquinaria agrícola que no sea tan cara, tanto en sus costos como en su mantenimiento. Esta demanda es cubierta por empresas metalmecánica los cuales fabrican esta maquinaria en forma artesanal e informal, sin la aplicación de las leyes de la física, de la mecánica, de la ciencia de los materiales ni de los conceptos básicos de diseño que podrían ofrecer una optimización en la forma, funcionalidad y dimensionamiento de sus elementos, así como del sistema mecánico en su conjunto. No se ha encontrado un estudio serio y completo referido a esta maquinaria agrícola, Solo se encuentran planos de construcción realizados de forma artesanal y copiados una y otra vez por dichas empresas metalmecánicas mencionadas. Ofrecer el estudio completo de un arado, que sea reversible por gravedad y cuyo análisis sea hecha con la rigurosidad científica, es de una gran necesidad, no existe información de esta naturaleza y si es que la hubiese, estas están en propiedad de las empresas grandes de construcción de maquinaria y no lo comparten. Además de este análisis, cabe resaltar que es necesario que las piezas diseñadas sean hachas básicamente de elementos y perfiles que actualmente se encuentran en el mercado. Todo lo mencionado anteriormente justifica la necesidad de realizar un estudio como el que se intenta realizar en esta obra, siendo el inicio de posteriores estudios no solo para un arado reversible, si no para una gran variedad de implementos agrícolas, que se podría construir en forma económica, pero con un diseño óptimo

OBJETIVOS

Los objetivos que se busca alcanzar en el presente estudio son los siguientes:

1. Diseñar un arado reversible por gravedad utilizando los perfiles y elementos mecánicos más sencillos disponibles en el mercado.
2. Realizar la aplicación correcta de los conceptos del diseño mecánico, las leyes de la mecánica, la ciencia de los materiales y las matemáticas al desarrollo del proyecto, dando énfasis a la identificación y la puntualización de la necesidad de un arado en base a tecnología intermedia, reversible por gravedad y hecho de los materiales más comunes y económicos, esta necesidad es obtenida de la demanda del mercado objetivo, (pequeños y medianos agricultores).
3. El ordenamiento y almacenamiento de la información acumulada durante el desarrollo del presente estudio debe ser sistematizada (base de datos digitales de cálculos, planos de despiece y ensamble) de tal manera, que sirva como base para posteriores diseños de productos similares o de estudios más profundos sobre el tema.
4. La validación de los resultados en tres etapas:

En planos de despiece. - Comparar el diseño y dimensionamiento de los elementos en el estudio realizado con los elementos mecánicos existentes en arados ya construidos, con el fin de validar la aplicación de la ingeniería usada en este estudio.

En planos de ensamble. - La interacción correcta de los elementos diseñados en un sistema conjunto, cuyas piezas encajen como un todo, especialmente las piezas móviles del sistema.

Simulación de funcionalidad. - La interacción correcta de los elementos analizados en el intervalo de tiempo en el que ocurre la reversión de los discos, esto es muy importante debido a que este proceso puede no ocurrir con efectividad y la traba de sus elementos se verá en la simulación digital por computadora que se busca realizar como uno de sus objetivos

II. PLANIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y SISTEMATIZACIÓN DE LA LABOR

2.1. ANÁLISIS DE LA NECESIDAD

El arado es uno de los instrumentos más antiguos para la preparación de tierras agrícolas y representa el equipo básico en la labranza. Este instrumento ha evolucionado en mejores diseños, pero su construcción básica no ha sido cambiada, su parte operativa tiene que realizar de todas maneras las siguientes funciones: corte, levante y volteo de un prisma de tierra.

Este hecho sirve principalmente para aumentar el volumen de poros en el suelo, de tal manera que al aumentar la porosidad del suelo aumenta la capacidad de retener aire y agua.

Además de mejorar la estructura del suelo, el arado sirve también para cortar malas yerbas e incorporarlas en la tierra, de la misma forma se puede incorporar en el suelo los abonos verdes, residuos y estiércol que favorecen la descomposición apropiada de la materia orgánica.

Un efecto adicional de los beneficios de la aradura es que, cuando el prisma de tierra es volteado, la parte de abajo del prisma queda expuesto a la luz de tal manera que si existen malas yerbas, estas son volteadas y sus raíces son expuestas al sol con lo que en su mayoría mueren y son incorporadas al suelo como abono, de la misma manera hongos y bacterias que viven en las primeras capas del suelo y que pueden ser perjudiciales para la semilla, que va a ser sembrada, quedan expuestas al sol y mueren por este efecto, se debe considerar una importante pérdida de la humedad del suelo por este proceso.

Este proceso de corte levante y volteo del prisma de tierra, se representa en la figura 1, en la que, se está realizando el trabajo de aradura con uno de los arados más sencillos, en la que se usa tracción animal. Cuando la agricultura es de supervivencia la necesidad de esta herramienta es satisfecha por un arado de vertedera, en su forma más básica, véase figura 1, que inclusive, si se aplica la tracción animal esta es de un solo cuerpo y de forma rígida.

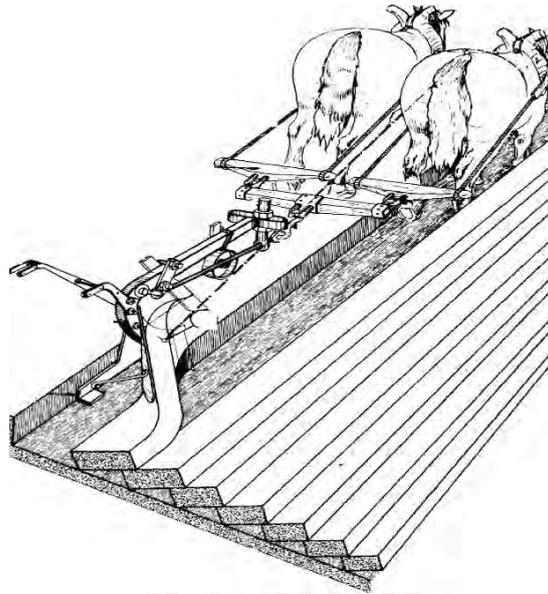


Fig.1: Acción del arado; Corte, Levante y volteo del prisma de tierra.

Cuando las extensiones agrícolas son considerables se genera un problema, cuando el arado no es reversible va en una dirección determinada acumula los prismas de tierra volteados en su lado izquierdo como se ve en la siguiente figura 2, cuando regresa en la dirección contraria vuelve a acumular la tierra en su lado izquierdo (es rígido) lo cual provoca amontonamiento de tierra y huecos en forma alternada en la superficie del terreno arado. Para que solo se voltee hacia una única dirección, el tractor tendría que regresar hasta el punto inicial de aradura, lo cual es una pérdida de tiempo (horas hombre), combustible y hasta el desgaste de la maquina. Esto se acentúa con la extensión agrícola de trabajo, con lo cual en grandes extensiones el tractor debe de dar la vuelta en la cabecera de la línea de aradura y regresar arando con lo que se genera estos desniveles de tierra, como se muestra en la figura 2.

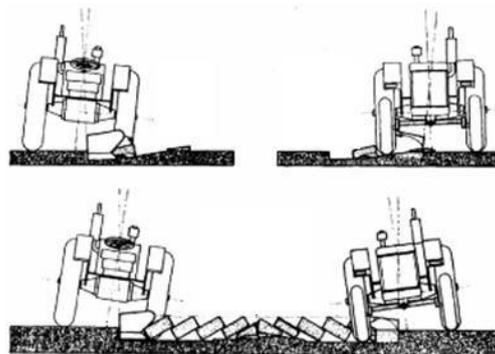


Fig. 2: Amontonamiento de tierra en el terreno y desnivelado del mismo por acción de un arado fijo

Para evitar este inconveniente el arado debe tener la posibilidad de revertir sus cuchillas de corte y volteo del terreno, en forma inmediata justo antes de empezar a arar la línea de regreso. Esto supone mecanismos de reversión incluidos en el arado. Además de que las elecciones de las cuchillas deben ser en base a discos, debido a que en arado de rejas y vertedera la sola reversión no asegura el cambio de dirección en el volteo del prisma, con lo que para una reversión en el arado de rejas se tendría que contar con dos juegos de cuchillas de aradura los cuales se intercambiarían para obtener la reversión. Es más conveniente un arado de discos. En las fotos 1 y 2 de la página siguiente se muestran esto dos tipos de arados de estructura fija, un arado de discos y un arado de vertedera tomadas en el Pool de Máquinas de la UNALM.



Foto 1: Arado fijo de discos no reversibles, UNALM



Foto 2: Arado fijo de reja y vertedera no reversibles, UNALM

2.2. DESCRIPCIÓN DE LA LABOR, TAREA O TRABAJO REALIZADA POR EL IMPLEMENTO

Definición de las características del Arado

Funciones principales básicas:

Corte, levante, volteo y desmenuzamiento de un prisma de tierra.

El arado debe ser reversible para evitar desnivelar el terreno.

Debe responder a un terreno, no uniforme, y que mucha de las veces se encuentra pedregoso.

El arado es destinado en la mayoría de las veces a agricultores de nivel económico medio, en la costa y sierra del Perú principalmente, con lo cual el arado debe de ser de preferencia:

Lo más sencillo posible en cuanto a sus componentes.

El mecanismo de reversión debe de contribuir al ahorro de tiempo en el trabajo de aradura, evitando lo más posible trabajo extra del operador.

Debe contar con tecnología intermedia, evitando complejos sistemas hidráulicos de reversión.

Debe tener un peso máximo de 500 Kg, con lo cual el arado podrá acoplarse a un tractor de 60 a 75 HP de potencia, esto es importante debido a que en la mayoría de agricultores de mediana capacidad estos tractores son accesibles ya sea como propiedad, así como de alquiler.

El arado debe de ser económicamente factible, de tal manera que tanto en sus costos de fabricación como en sus costos de mantenimiento deben ser bajos, lo más bajos posibles, a la vez que, sin realizar un sobredimensionamiento del arado, este debe de ser lo más duradero posible. Y en el caso de desgaste, el reemplazo de la pieza debe de ser lo más sencillo posible, especialmente en las piezas de contacto con el suelo.

Esto es lo que se obtuvo de las entrevistas a los agricultores de los valles de la costa y la sierra, las cuales se tendrán que ordenar en una lista de requerimientos.

2.3. LISTA DE REQUERIMIENTOS

Demandas:

Uso

- El arado debe de realizar el corte, levante y volteo de un prisma de tierra.
- El arado debe ser reversible para evitar producir desniveles en el terreno.
- Condiciones del terreno de trabajo:
 - % de pedregosidad, 10% máx.
 - % de humedad; Capacidad de campo ó 20% de humedad máx.
 - Pendiente máxima; 15%.
 - Terrenos de naturaleza franco – arenoso – arcilloso.
 - Terrenos después de la cosecha con rastrojo.
 - Extensión de las parcelas de trabajo (5 – 20 ha).
 - Velocidad de trabajo; 3 – 6 Km./h.
- Potencia requerida del tractor a la barra de tiro (65 – 75 Hp.).
- Personal de operación del implemento, solo el tractorista.
- El acoplamiento del arado al tractor debe ser hecho por una sola persona, el tractorista.
- Evitar que se realice la reversión del arado en medio del surco al ser levantado por el sistema hidráulico del tractor por chocar con una piedra.
- Generar líneas de aradura recta, estable y sin ondulaciones ni crestas.

Fabricación

- No debe de pasar los 500 Kg. de peso bruto del arado.
- Fabricación en talleres locales.
- Material de fácil adquisición.
- Proceso de ensamblaje simple con un máximo de personal de 2 trabajadores.
- Geometría simple de las piezas.
- El sistema del mecanismo de reversión debe ser automático, sencillo, resistente y del menor numero de piezas posible.
- Debe engancharse al tractor por el sistema de tres puntos.

Mantenimiento y Reparación

- Fácil, sencillo, práctico y mínimo.
- Puntos de engrase internos protegidos del polvo, lluvia, sales, etc.
- Puntos de engrase externos, de alcance fácil y rápido.
- Piezas de recambio, fácilmente desmontables y colocables.

Costos

- Costo del arado debe ser menor de 7000 \$ US.

Deseos:

- Debe de desmenuzar el prisma de tierra levantado.
- Debe tener larga vida útil.

2.4. ESTADO DEL ARTE

2.4.1 MERCADO

Un estudio de los arados ofrecidos en el mercado, en el presente, da cuenta de lo siguiente:

- El 90 % de los arados reversibles ofrecidos por las empresas exportadoras están implementados con un sistema de reversión hidráulica.
- El 9 % restante de los arados ofrecidos por el mercado son de reversión manual.
- Se ha encontrado en el mercado una oferta muy reducida y solo de construcción artesanal de un arado con las características que se ajusten a las necesidades descritas: de mediana envergadura, menos de 500 Kg. 3 discos de aradura y para una potencia de tiro de 65 – 75 Hp.
- El 75% de los arados ofrecidos por el mercado son arados de 4 y 5 discos, los que necesitan tener como fuente de potencia un tractor de 100 – 120 HP.
- Hay una creciente oferta de maquinaria china, en las cuales se ofrecen maquinaria de gran envergadura, la maquinaria descrita en la necesidad solo lo fabrican para mercado interno y su importación se hace a pedido, aumentando los costos y manteniendo esa incertidumbre por la calidad del producto.



Arado BOSSWORTH

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Nº DE BRAZOS: Cuatro brazos de soporte

POTENCIA REQUERIDA: 88 Kw / 120CV;



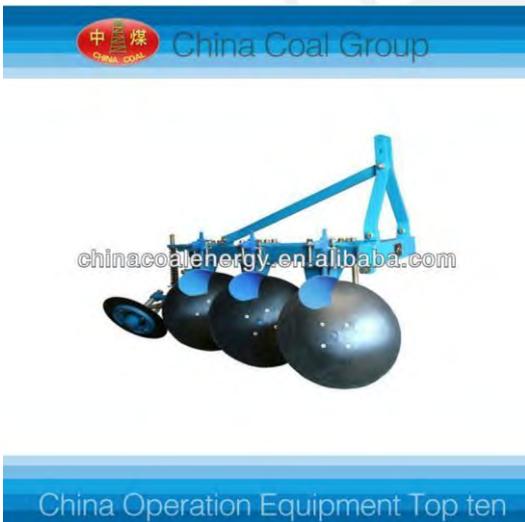
Arado SHANDONG YUCHENG ALI

Modelo: SX-425B

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Nº DE BRAZOS: Cuatro brazos de soporte

POTENCIA REQUERIDA: 80 – 100 HP



Arado SHANDONG YUCHENG ALI

Modelo: 1LY-320-325

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Nº DE BRAZOS: tres brazos de soporte

POTENCIA REQUERIDA: 50 – 70 HP



Arado SHANGHAI SHENG QIAN

Modelo: GWM00147-425

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Nº DE BRAZOS: Cuatro brazos de soporte

POTENCIA REQUERIDA: 80 – 100 HP

Se ha escogido figuras representativas de los principales productos que ofrece el mercado, y como se observa, los arados ofrecidos son arados de 4 discos y/o de reversión hidráulica, esto es por que las empresas ofrecen sus productos a las grandes y medianas empresas de agro exportación.

2.4.2. LITERATURA

Una búsqueda en la literatura concerniente al arado reversible, se encuentra, que la mayoría de la información está destinada a la descripción conceptual de los mecanismos más conocidos en un arado de reversión, estos describen en forma básica los conceptos usados en un arado reversible como lo que se puede ver en las siguientes figuras.

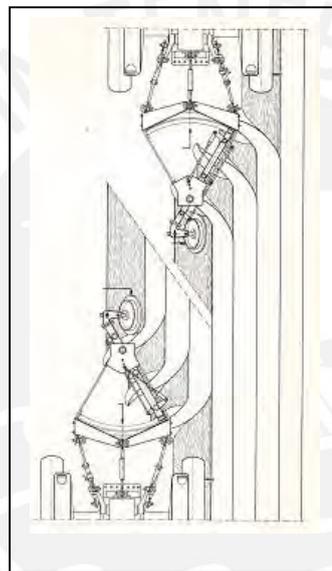


Fig. 3: Funcionamiento conceptual de un arado reversible

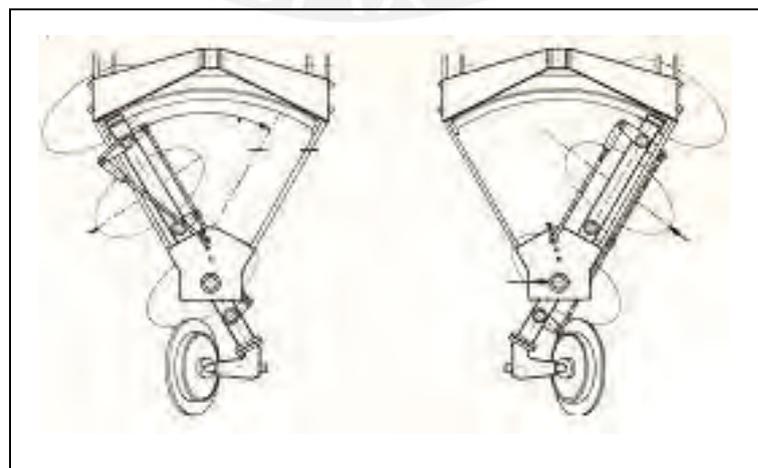


Fig. 4: Funcionamiento conceptual de la reversión de los discos en un arado reversible (a)

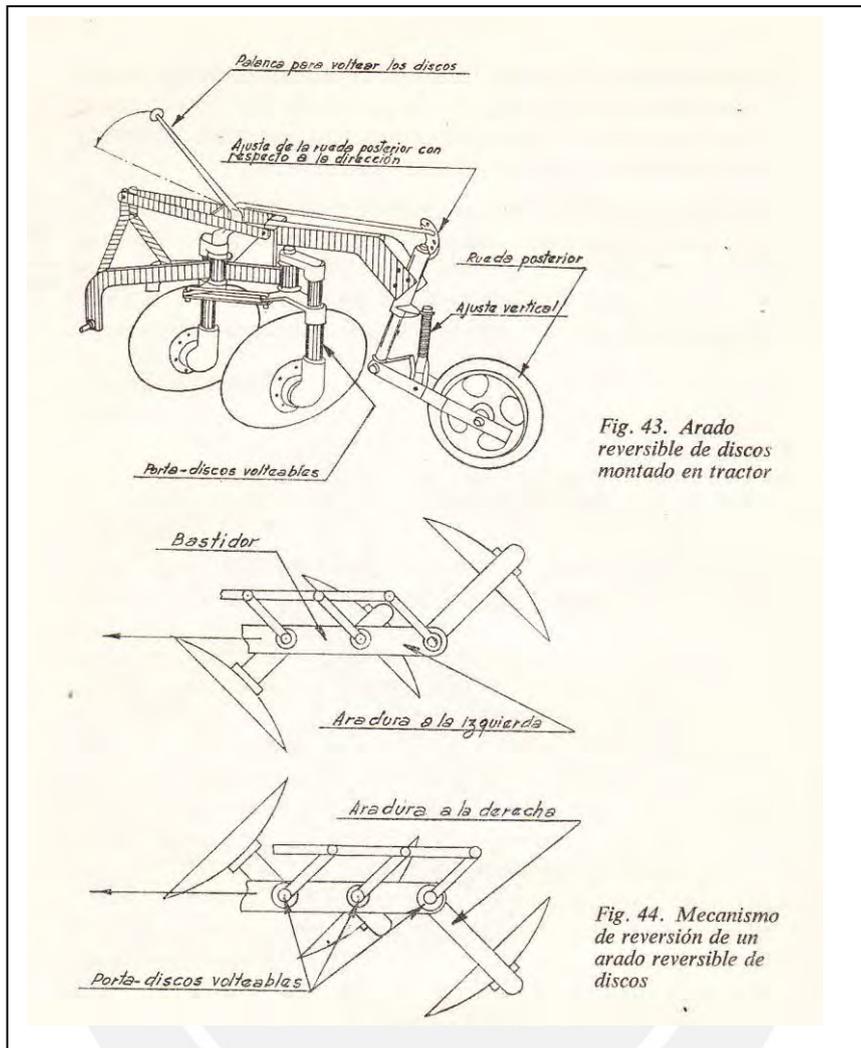


Fig 5: Funcionamiento conceptual de la reversión de los discos en un arado reversible (b)

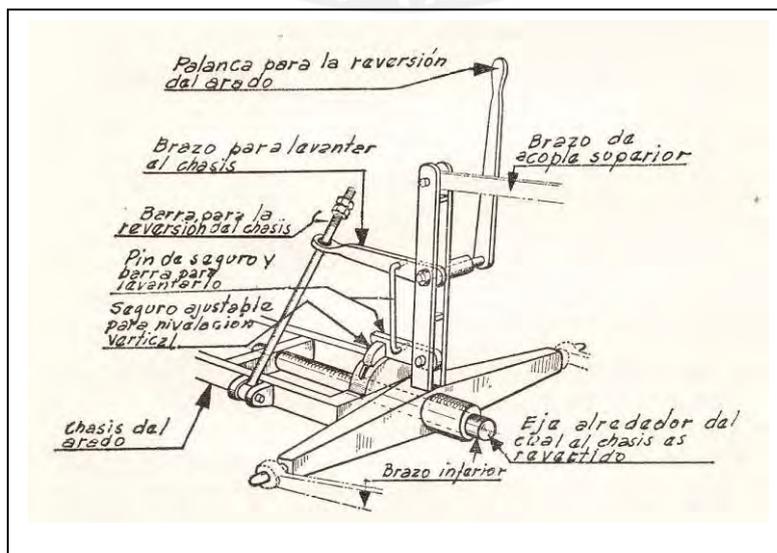


Fig. 6: Mecanismo de reversión manual, para un arado reversible

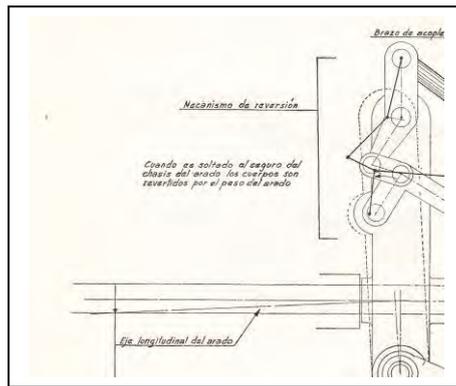


Fig. 7: Mecanismo de reversión por gravedad para un arado reversible

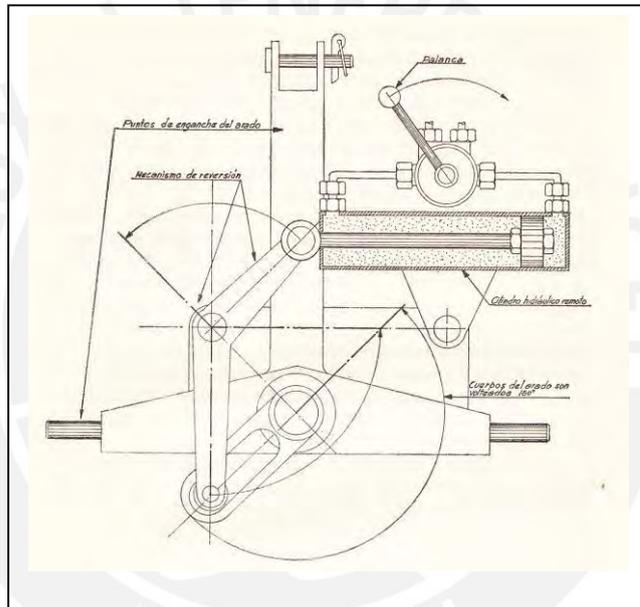


Fig. 8: Mecanismo de reversión por accionamiento hidráulico

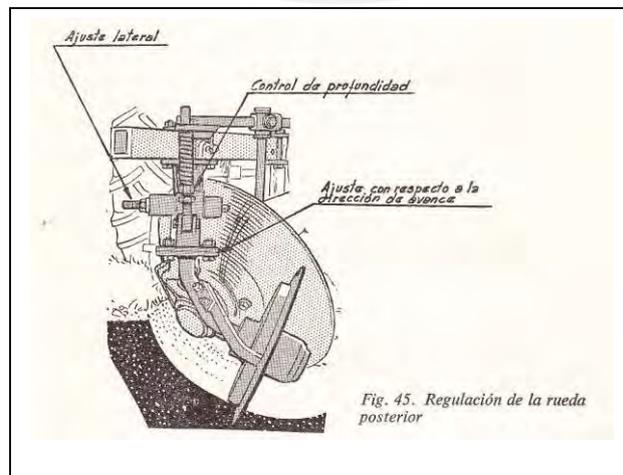


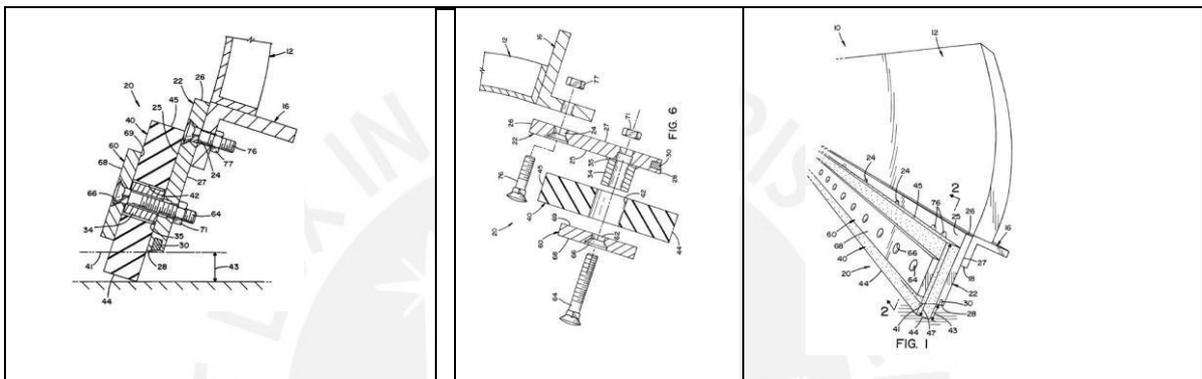
Fig. 9: Reversión del disco guía en un arado de reversión de discos

2.4.3. PATENTES

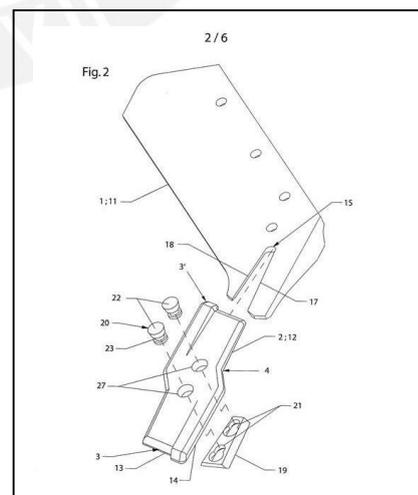
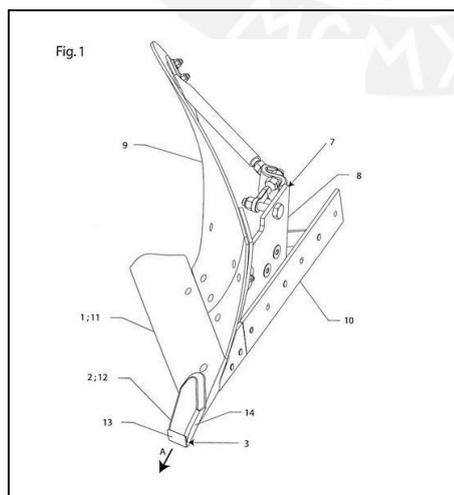
Una búsqueda entre las patentes registradas, a través de Internet, concerniente al arado reversible, se encuentra que la mayoría de la información esta destinada a los mecanismos de reversión para grandes arados, destinados a satisfacer las necesidades de empresas inmersas en mercados competitivos, las características principal es que son arados de gran envergadura

ELASTOMERIC PLOW EDGE:

Original document: US8191287 (B2) – 2012-06-05

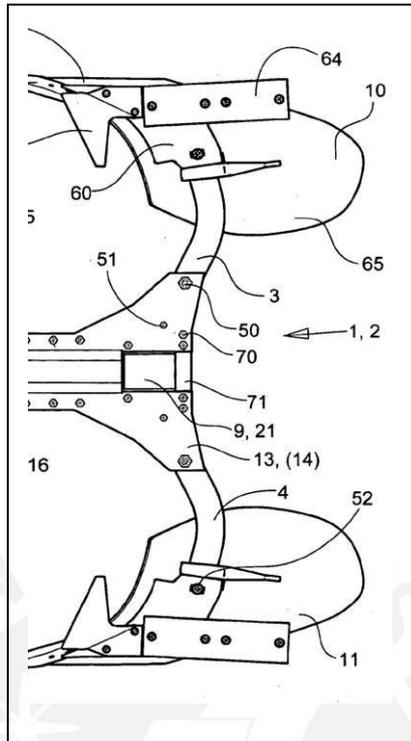


Working tool i.e. plowshare, for e.g. reversible plow in agricultural machine, has groove, and wear out part and/or point fixed on tool using wedge housed in groove and fixation device inserted in slot that is provided in wedge



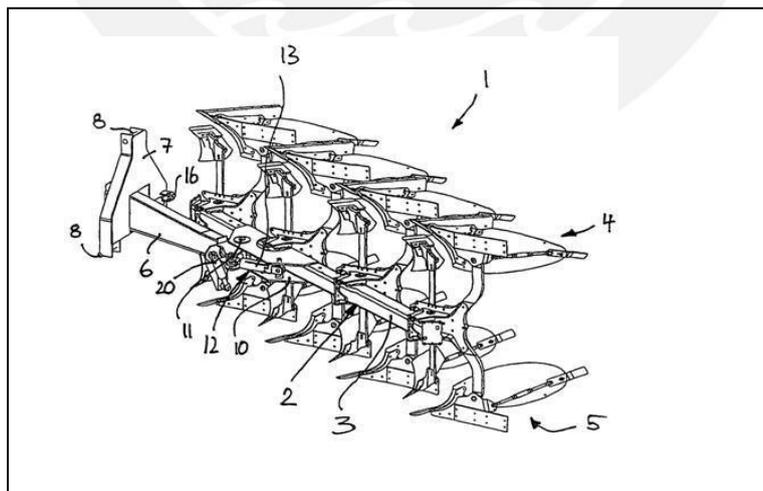
Reversible plough with overload safety device

Original document: EP1856965 (B1) — 2009-07-29



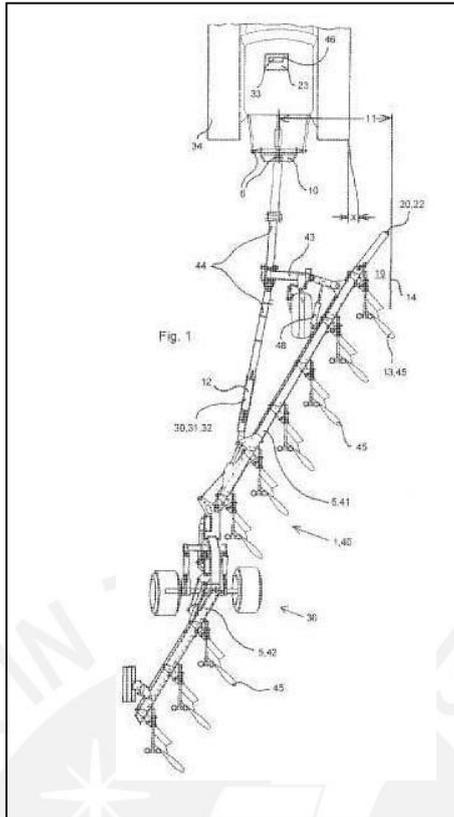
Mounted reversible plough

Original document: EP1625781 (B1) — 2008-01-09



PLOUGHING METHOD AND REVERSIBLE PLOUGH THEREFOR

Bibliographic data: PL345942 (A1) — 2001-08-27



PLOUGHING METHOD AND REVERSIBLE

Bibliographic data: PL345942 (A5) — 1995-08-27

III. ESTRUCTURA DE FUNCIONES Y CONCEPTO SOLUCIÓN

3.1. FUNCIÓN TOTAL

La lista de requerimientos como datos de entrada en esta etapa del diseño trae consigo ideas fijadas de solución, de lo cual nos debemos liberar, esto se hace a través de un proceso de abstracción. Por lo tanto una vez que lo esencial del problema completo ha sido formulado, es posible representar la función total basado en un flujo de energía, materia o signos, (Fig. 10), caja negra que representara la abstracción del diseño.

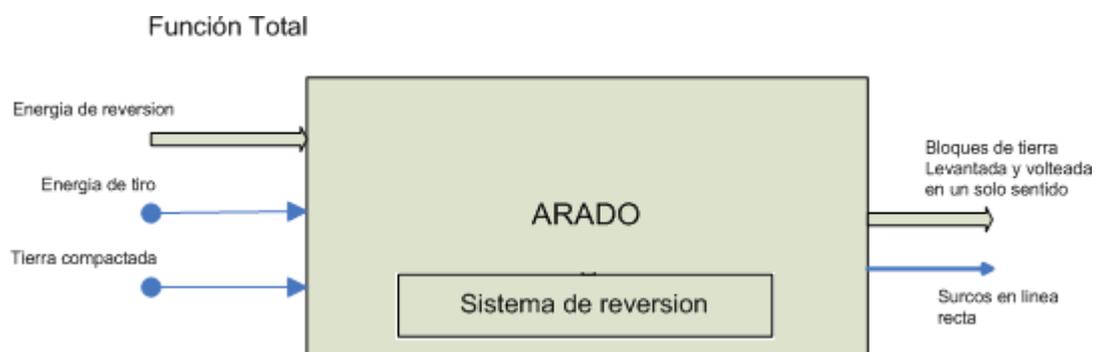


Fig. 10: Función total del arado

3.2. DISGREGANDO LA FUNCIÓN TOTAL EN SUB FUNCIONES ESPECÍFICAS

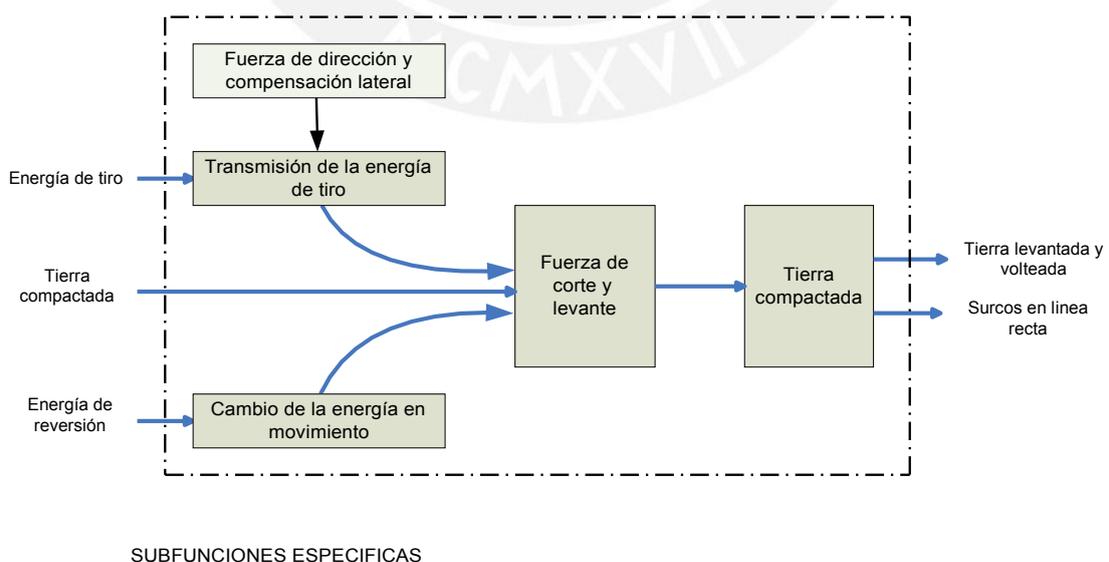


Fig. 11: Disgregación de la función principal en funciones específicas (a)

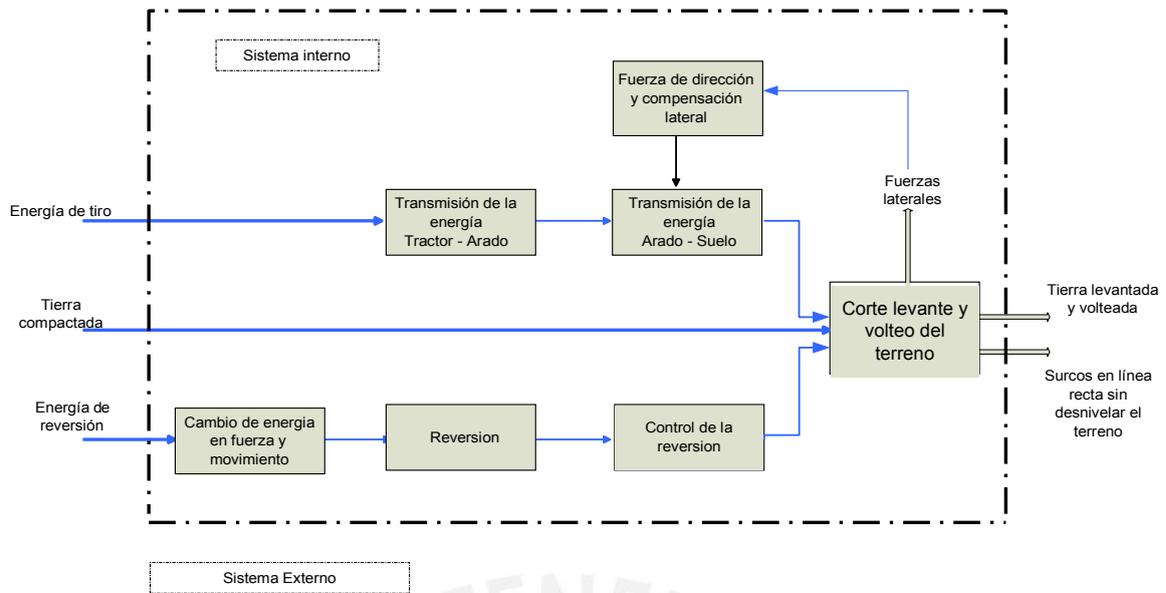


Fig. 12: Disgregación de la función principal en funciones específicas (b)

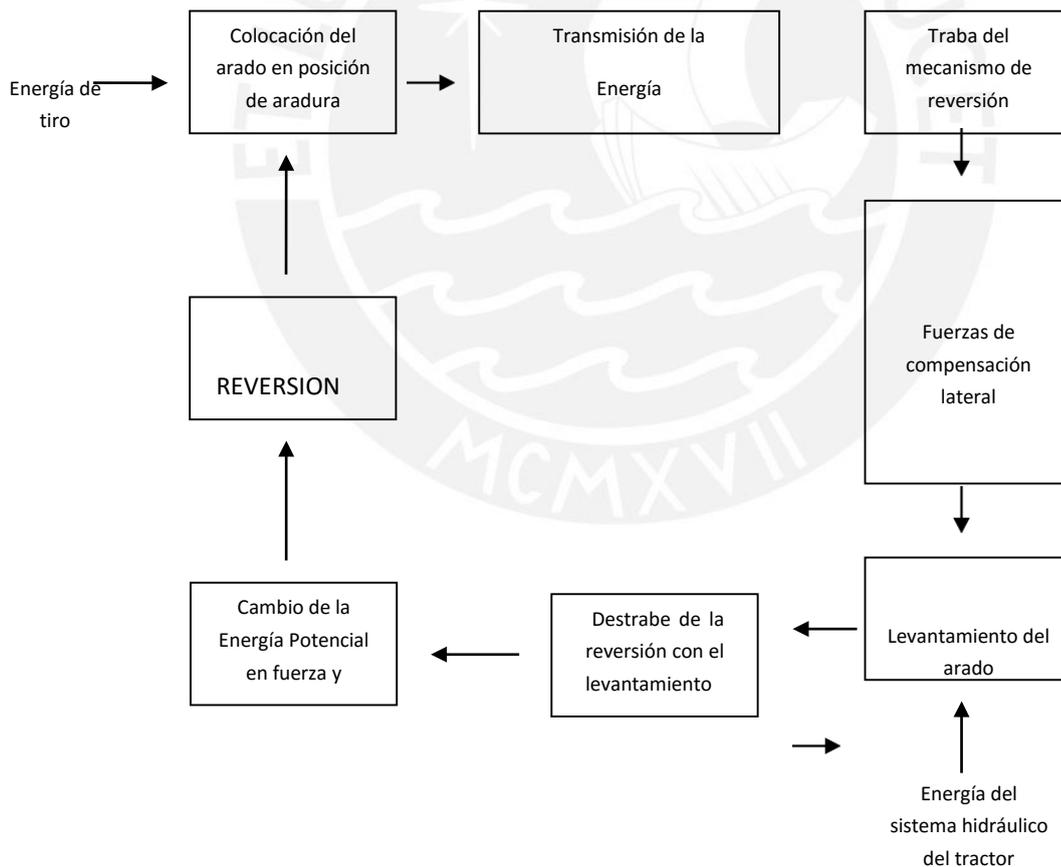


Fig. 13: Disgregación de las funciones específicas en sub funciones dentro del ciclo de operación

3.3. ESTRUCTURA DE FUNCIONES PARA EL MECANISMO DE REVERSIÓN

La reversión de los mecanismos del arado se basa en la transformación de la energía potencial debido al peso y las inerciales de masa, en el momento en que se inicia el levante del arado, en fuerza y movimiento, el cual se transfiere a los sistemas de reversión, dando lugar al diagrama propuesto en la figura 14.

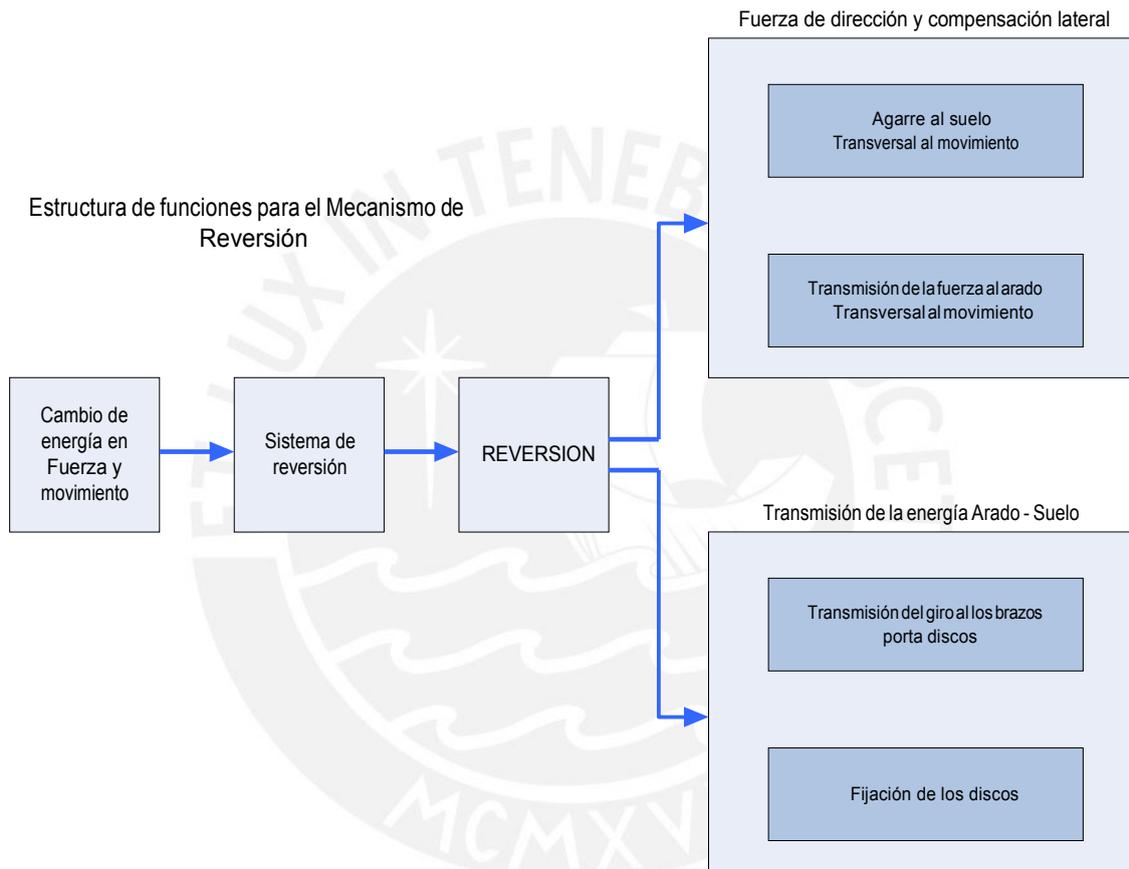


Fig. 14: Disgregación de la función de reversión en sub funciones específicas (c)

Una vez entregada la fuerza y movimiento de reversión al sistema técnico, este tendrá que repartir dicha fuerza y movimiento entre los elementos del arado que requieren nuevas posiciones para cumplir con los requerimientos de trabajo que exigen la lista de exigencias tratadas anteriormente.

En las figuras 14 y 15 se intenta representar en forma ordenada, la dirección de flujo que siguen las fuerzas y movimiento dentro del sistema técnico en análisis.

La función de reversión y el reparto de las fuerzas y/o movimientos necesarios para las reversiones primaria, secundaria y del disco guía.

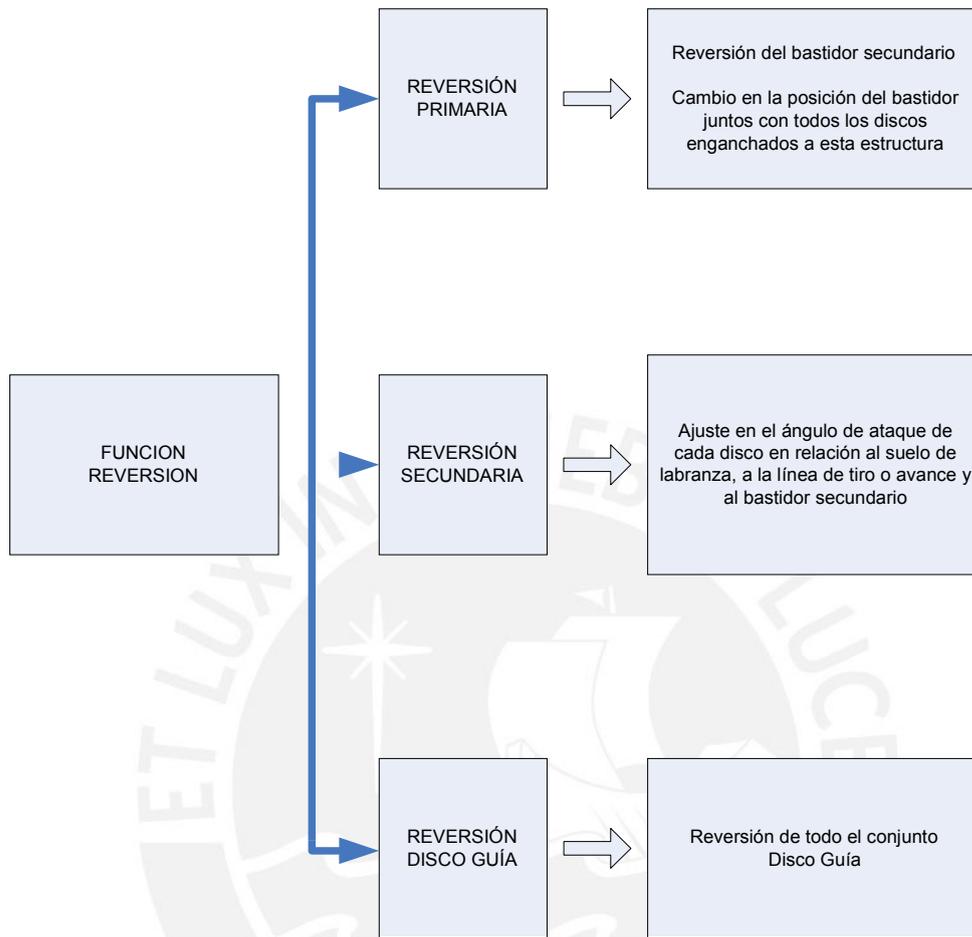


Fig. 15: Disgregación de la función de reversión en sub funciones específicas (d)

La grafica 16 disgrega aún más las funciones encontradas previamente, llegando hasta un nivel, en el que cada función encontrada, es un problema básico de diseño a resolver, puede haber muchas soluciones posibles a estos problemas básicos de diseño, de tal manera que cada respuesta, como principio de solución a cada función, es el inicio de la solución total.

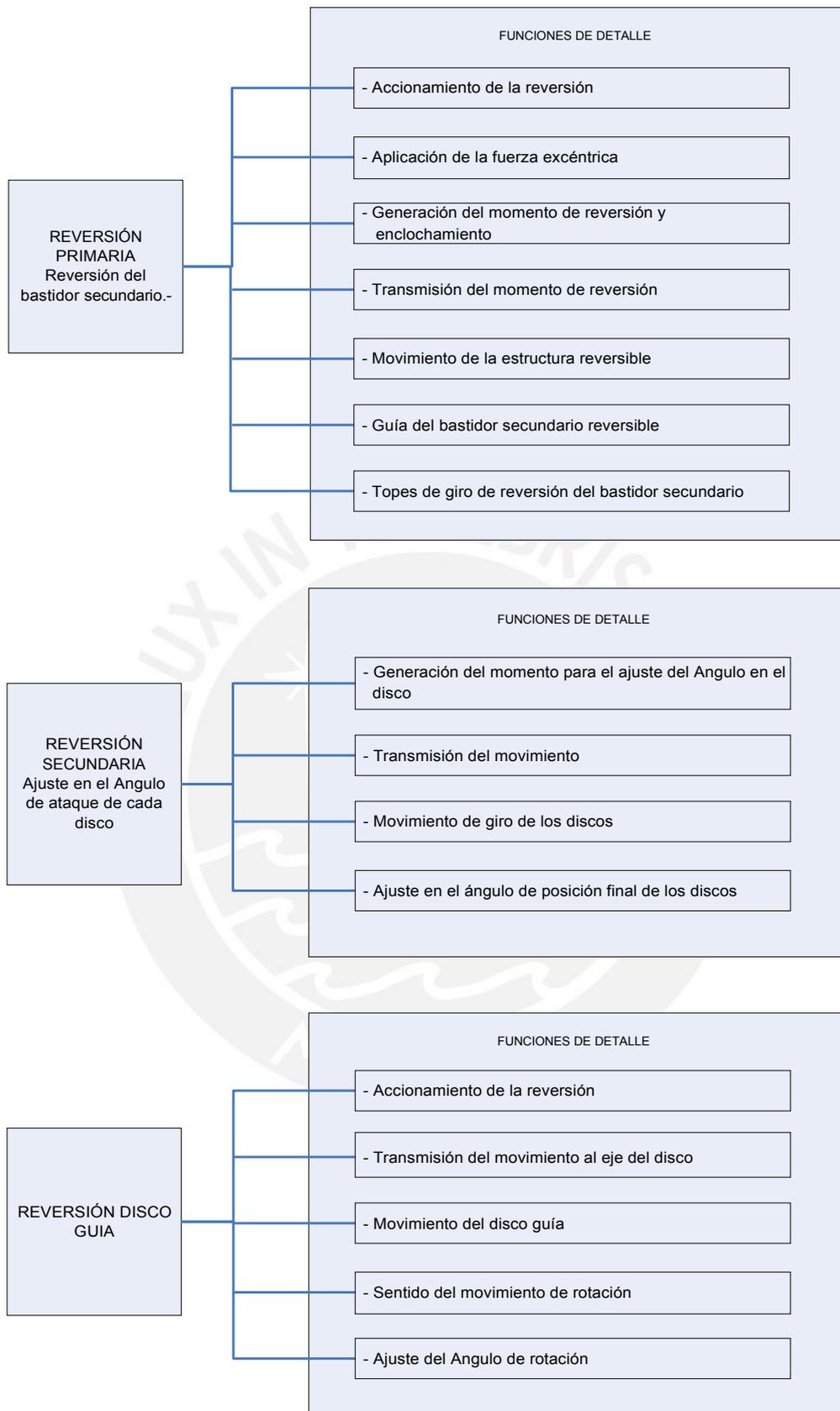


Fig. 16: Disgregación de la función de reversión en sub funciones específicas (e)

3.4. ESTRUCTURA DE FUNCIONES PARA LA ESTRUCTURA PRINCIPAL

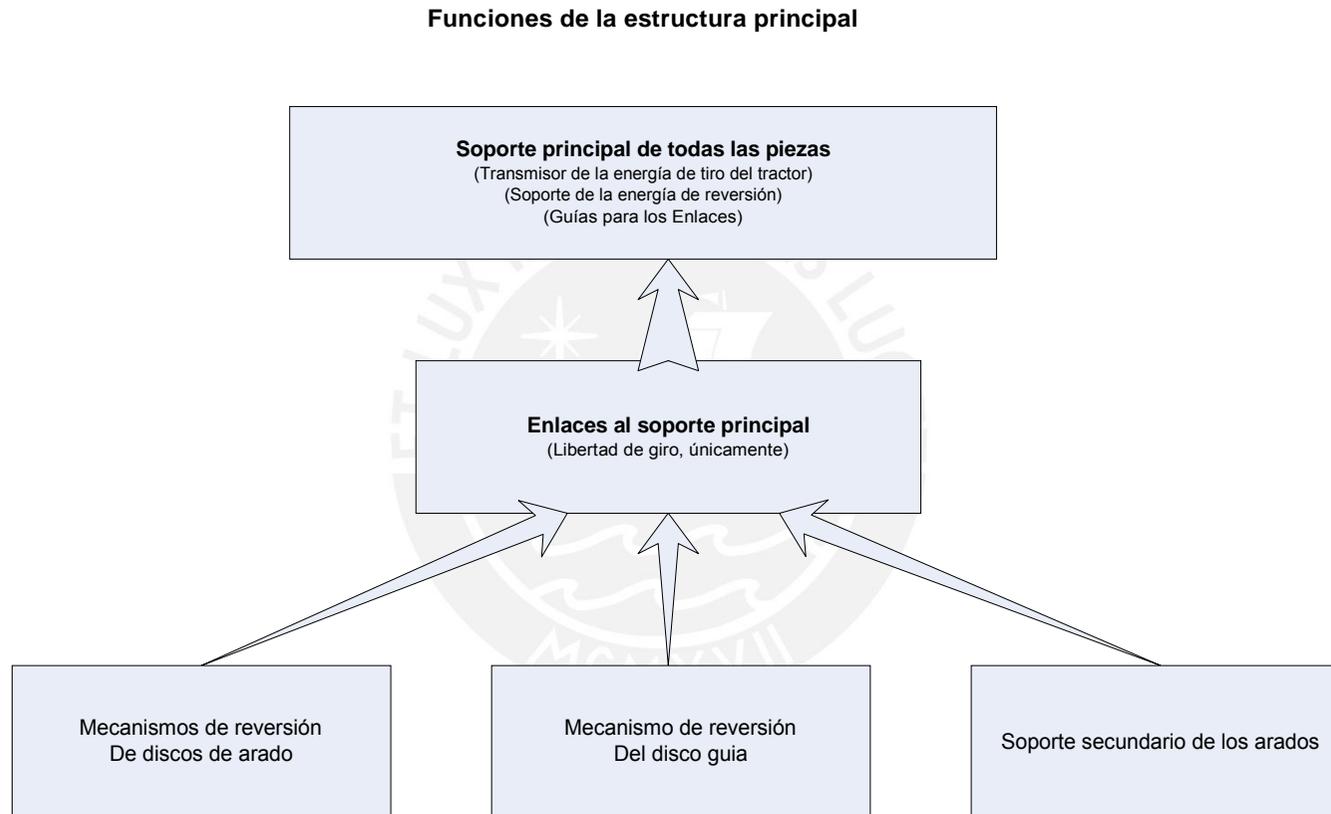


Fig. 17: Sub Funciones relacionadas a la función de soporte principal

3.4.1. Matriz morfológica para la búsqueda de los principios de trabajo

PRINCIPIO SOLUCION		A	B	C	D
SUB FUNCION					
CAMBIO DE ENERGIA EN FUERZA Y MOVIMIENTO	REVERSION PRIMARIA (cambio en la posición de los discos de aradura)				
	Accionamiento de la reversion	 Palanca	 W gravedad	 Hidraulico	 Neumatico
	Aplicacion de la fuerza excentrica				
	Generacion del momento de Reversion y enclenchamiento				
	transmision del momento de Reversion				
Movimiento de la estructura reversible	Sin bastidor				

Fig. 18: Búsqueda de los principios de trabajo para cada una de las funciones y sub funciones (a)

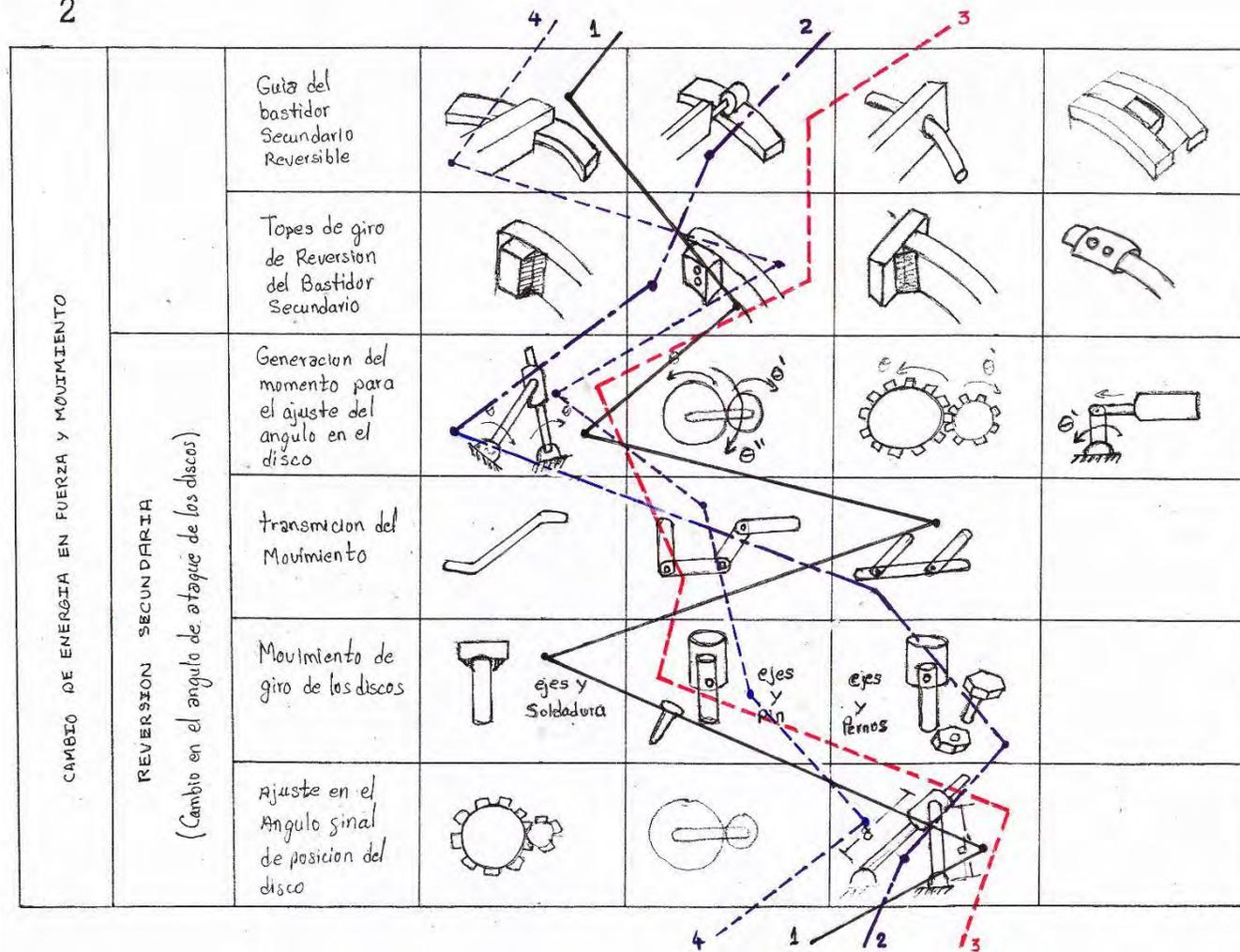


Fig. 19: Búsqueda de los principios de trabajo para cada una de las funciones y sub funciones (b)

3

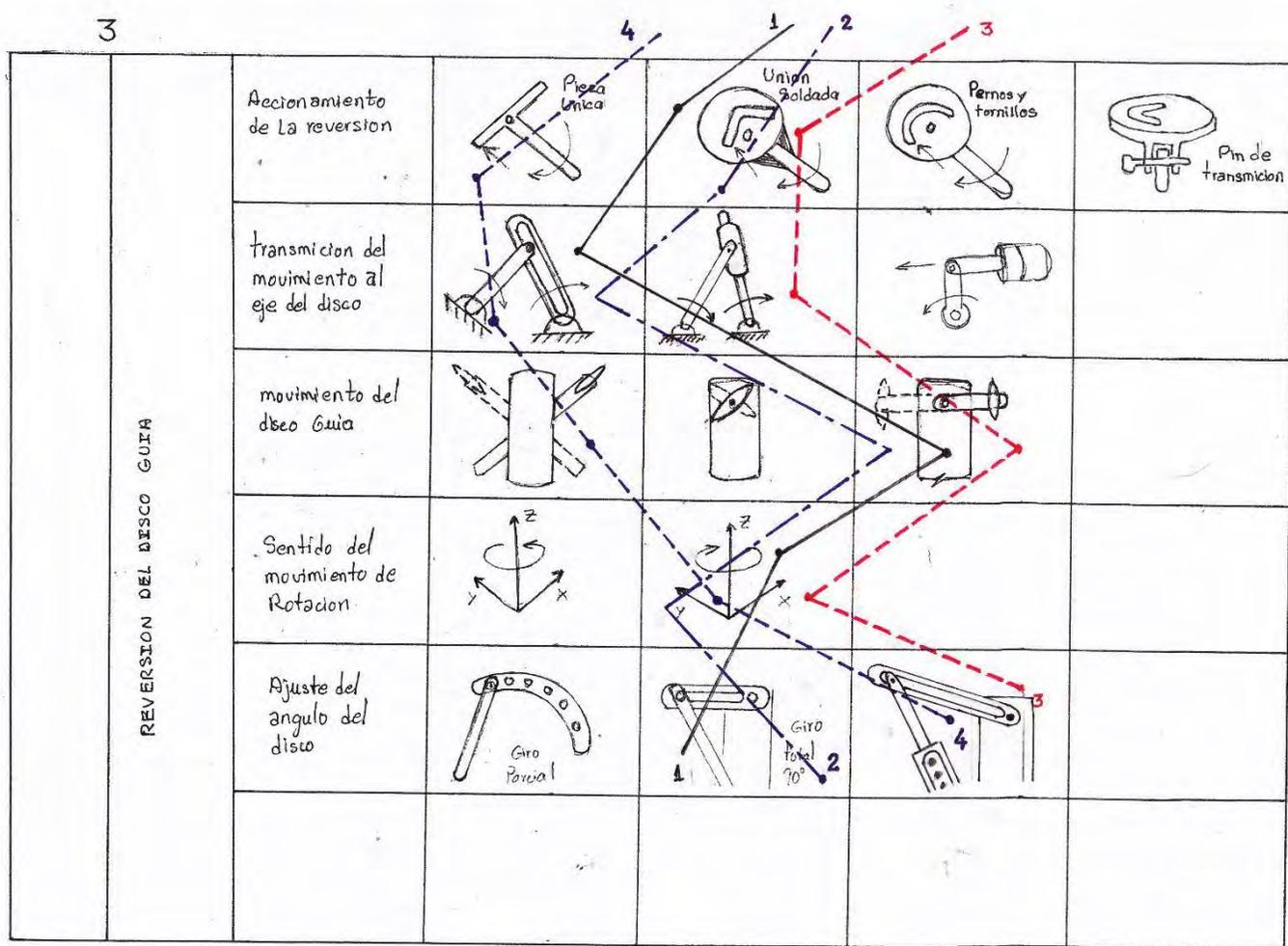


Fig. 20: Búsqueda de los principios de trabajo para cada una de las funciones y sub funciones (c)

3.5. SOLUCIONES CONCEPTUALES

Solución 1

Esta solución se basa en un bastidor rígido, cuyo peso se distribuye de manera eficiente, en toda la estructura, de tal manera que el disco guía soporte el peso necesario para tener un buen agarre con el suelo, dándole estabilidad horizontal al arado generando fuerzas que equilibran al arado en el movimiento. El sistema de reversión es manual sin necesidad de contar con sistemas hidráulicos o mandos electrónicos que harían más complejo el diseño.

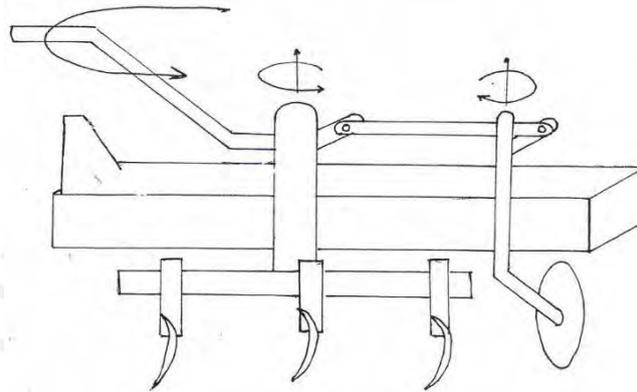


Fig. 21: Solución conceptual 1

Solución 2

Esta solución se basa en las ventajas mencionadas en la solución anterior, con la salvedad que en este diseño se aprovecha mejor las fuerzas actuantes en el sistema técnico, como son las fuerzas de masa (peso e inerciales) de modo que su reversión es automática sin contar con ninguna fuerza externa que realice la reversión de sus componentes.

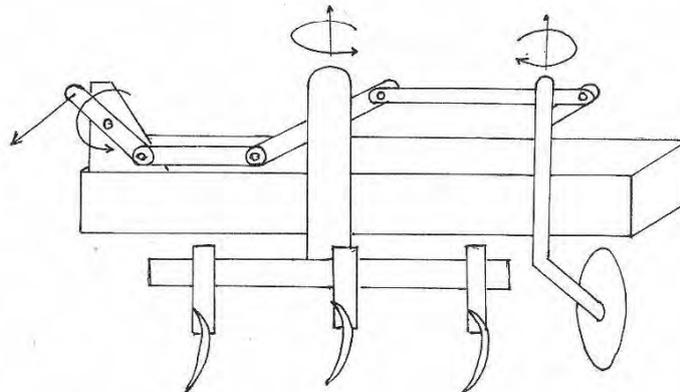


Fig. 22: Solución conceptual 2

Solución 3

Esta solución se basa en un bastidor rígido con las ventajas antes mencionadas, pero con un sistema hidráulico diseñado para la reversión de todos sus componentes necesarios para cumplir con los requerimientos de trabajo. La implementación de este sistema trae consigo la ventaja de ser más preciso en el movimiento de reversión pero aumenta la complejidad en torno a los mandos hidráulicos y electrónicos que serían utilizados además de encarecer el costo.

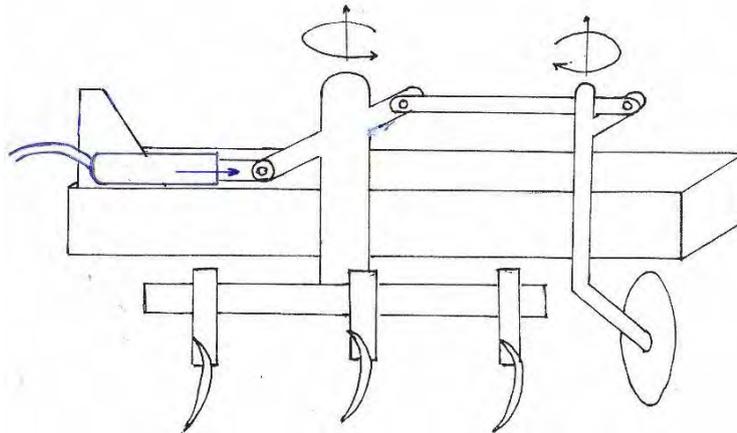


Fig. 23: Solución conceptual 3

Solución 4

Esta solución se basa en un bastidor menos rígido, de menor tamaño y menor peso, esto tiene la ventaja de ser un sistema más manipulable por los operadores en el enganche y desenganche del tractor, además cuenta con el sistema de reversión por gravedad, pero tiene la desventaja de su poco peso y la mala distribución del mismo, lo que trae como consecuencia la inestabilidad del arado en el momento de realizar los surcos de aradura, los cuales, en el caso de encontrar un menor obstáculo hace que la línea de trabajo no sea del todo recta, como se necesita en los requerimientos de trabajo.

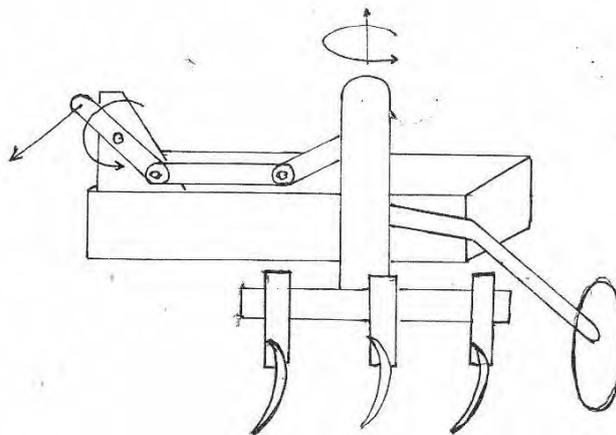


Fig. 24: Solución conceptual 4

3.6. CONCEPTO SOLUCIÓN 1

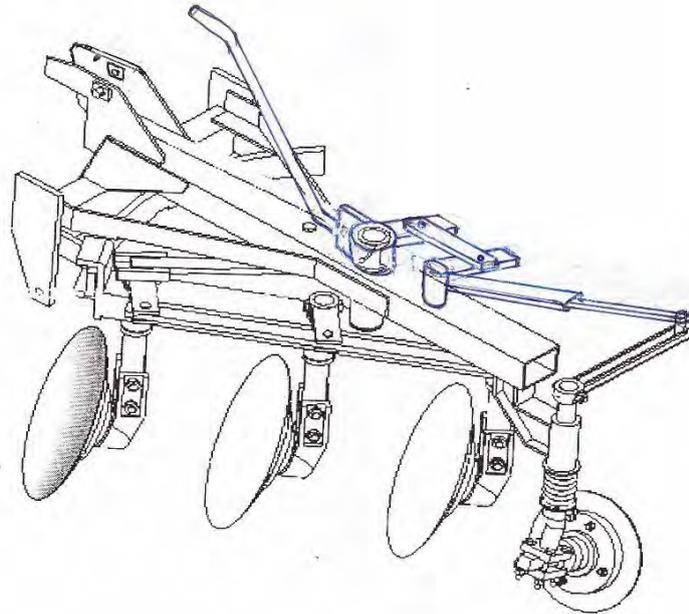


Fig. 25: Concepto solución en base a rigidez de la estructura y reversión por media palanca

3.7. CONCEPTO SOLUCIÓN 2

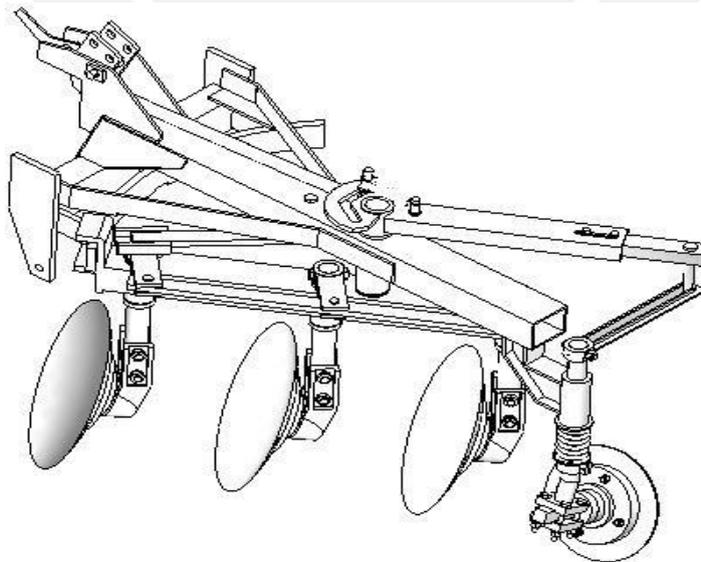


Fig. 26: Concepto solución en base a rigidez de la estructura y reversión por gravedad

3.8. CONCEPTO SOLUCIÓN 3

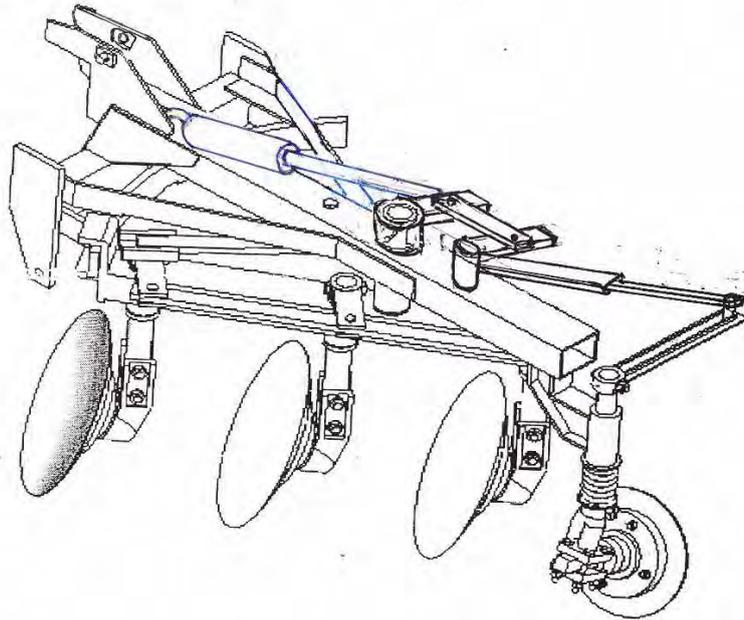


Fig. 27: Concepto solución en base a rigidez de la estructura y reversión por fuerza hidráulica

3.9. CONCEPTO SOLUCIÓN 4

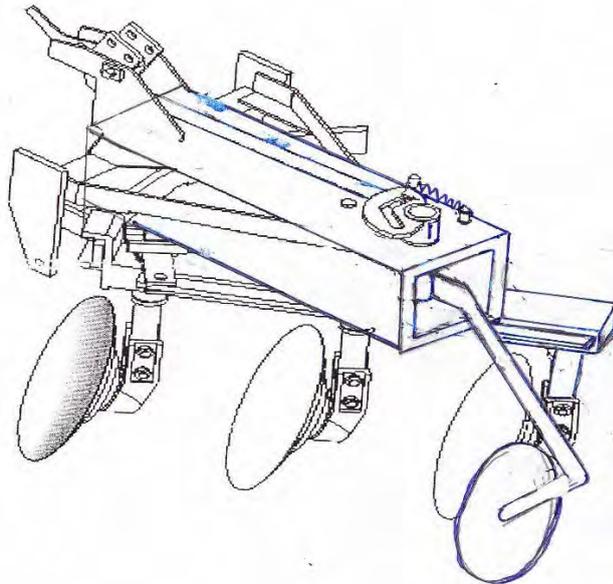


Fig. 28: Concepto solución en base a un diseño más pequeño y reversión por gravedad

3.10. EVALUACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO CONSIDERANDO VALORES DE PONDERACIÓN

Para la evaluación técnica, se utiliza los criterios de las normas VDI 2225 para la asignación de valores y la ponderación en los criterios de evaluación seleccionados para este sistema técnico, dando prioridad a los criterios del buen uso de la energía y a la facilidad en el mantenimiento de la máquina.

DISEÑO MECANICO - EVALUACION DE PROYECTOS													
Valor Técnico (xi)													
Proyecto: DISEÑO Y OPTIMIZACION DE UN ARADO REVERSIBLE POR GRAVEDAD													
P: puntaje de 0 a 4: Escala de valores según VDI 2225 0: No satisface 1: limite de aceptabilidad 2: aceptable 3: bueno 4: Muy bueno (ideal)													
G: El peso ponderado esta en función de los criterios de evaluación													
CRITERIOS DE EVALUACION PARA DISEÑOS EN FASE DE CONCEPTOS O PROYECTOS													
EVALUACION TECNICA													
VARIANTES DE CONCEPTO / PROYECTOS			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución 4		Solución IDEAL		
			S ₁		S ₂		S ₃		S ₄		S _{ideal}		
Nº	CRITERIOS DE EVALUACION	g	P	gP	P	gP	P	gP	P	gP	P _{max}	gP	
1	Buen uso de la fuerza o energia	3	2	6	3	9	1	3	3	9	4	12	
2	Estabilidad	2	2	4	2	4	2	4	1	2	4	8	
3	Rigidez	2	2	4	2	4	2	4	1	2	4	8	
4	Manipulacion (Enganche v desenganche al tractor)	2	3	6	3	6	1	2	3	6	4	8	
5	Confiabilidad	2	2	4	3	6	3	6	2	4	4	8	
6	Facilidad de manejo	2	1	2	3	6	2	4	3	6	4	8	
7	Compatibilidad del diseño (Nº de piezas)(Fabricación)(Ensamble)	2	2	4	2	4	1	2	3	6	4	8	
8	Mantenimiento	3	2	6	2	6	1	3	2	6	4	12	
9	Seguridad	1	2	2	2	2	3	3	2	2	4	4	
PUNTAJE MAXIMO ΣP ó ΣgP					38		47		31		43		76
Valor Técnico X _i					0.5		0.62		0.41		0.56		1
Orden					3		1		4		2		
$x_i = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots P_n}{n \cdot P_{max}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots P_n}{n} \cdot \frac{1}{P_{max}} = \frac{P}{P_{max}} \leq 1$ $x_i = \frac{g_1 P_1 + g_2 P_2 + g_3 P_3 + \dots g_n P_n}{(g_1 + g_2 + g_3 + \dots g_n) \cdot P_{max}} \leq 1$													

CUADRO 1: Evaluación técnica del proyecto considerando valores de ponderación

3.11. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO CONSIDERANDO VALORES DE PONDERACIÓN

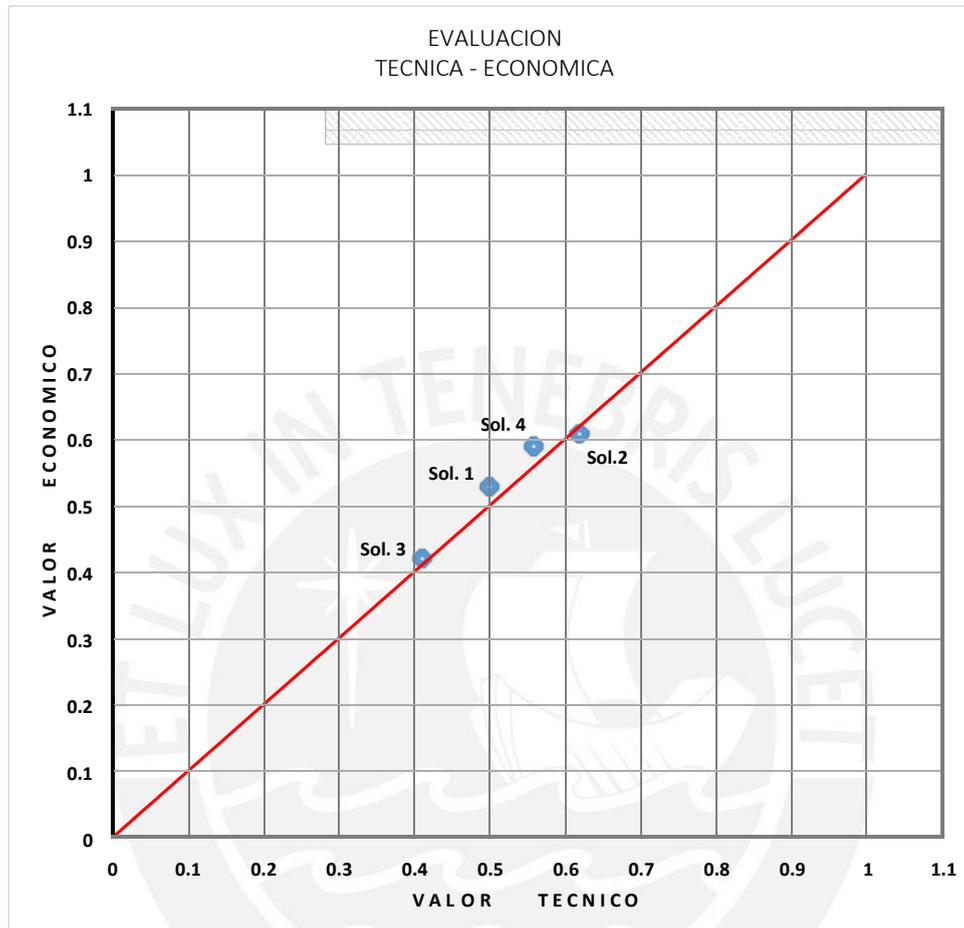
Para la evaluación de la parte económica, se utiliza los criterios de las normas VDI 2225 para la asignación de valores y la ponderación en los criterios de evaluación, dando prioridad a los criterios que involucran facilidad en la adquisición y/o fabricación de piezas así como su montaje en el sistema técnico, es muy importante la simplicidad del arado y su mantenimiento.

DISEÑO MECANICO - EVALUACION DE PROYECTOS												
Valor Económico (y _i)												
Proyecto: DISEÑO Y OPTIMIZACION DE UN ARADO REVERSIBLE POR GRAVEDAD												
P : puntaje de 0 a 4 : Escala de valores según VDI 2225 0 : No satisface 1 : Limite de aceptabilidad 2 : aceptable 3 : bueno 4 : Muy bueno (ideal)												
G : El peso ponderado esta en función de los criterios de evaluación												
CRITERIOS DE EVALUACION PARA DISEÑOS EN FASE DE CONCEPTOS O PROYECTOS												
EVALUACION ECONOMICA												
VARIANTES DE CONCEPTO / PROYECTOS			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución 4		Solución IDEAL	
			S ₁		S ₂		S ₃		S ₄		S _{ideal}	
Nº	CRITERIOS DE EVALUACION	g	P	gp	P	gp	P	gp	P	gp	P _{max}	gp
1	Numero de Piezas	2	2	4	1	2	1	2	3	6	4	8
2	Facil adquisicion de los materiales de fabricacion	3	2	6	2	6	1	3	2	6	4	12
3	Productividad	3	1	3	3	9	3	9	2	6	4	12
4	Numero de operarios	3	3	9	3	9	3	9	3	9	4	12
5	Costo de la tecnologia (Fundicion y torneado de Piezas)	2	2	4	2	4	1	2	2	4	4	8
6	Facil montaje	3	2	6	3	9	2	6	2	6	4	12
7	Mantenimiento	3	2	6	2	6	1	3	2	6	4	12
8	Posibilidad de manufactura en propios talleres	3	3	9	3	9	1	3	3	9	4	12
9												
PUNTAJE MAXIMO Σ p ó Σ gp				47		54		37		52		88
Valor Económica y _i				0.53		0.61		0.42		0.59		
Orden				3		1		4		2		
$x_i = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n \cdot P_{max}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{P_{max}} = \frac{P}{P_{max}} \leq 1$ $x_i = \frac{g_1 P_1 + g_2 P_2 + g_3 P_3 + \dots + g_n P_n}{(g_1 + g_2 + g_3 + \dots + g_n) \cdot P_{max}} \leq 1$												

CUADRO 2: Evaluación económica del proyecto considerando valores de ponderación

3.12. EVALUACIÓN TÉCNICA – ECONÓMICA DEL PROYECTO

Este diagrama relaciona las dos evaluaciones anteriores echas individualmente, según lo sugiere la norma VDI 2225



CUADRO 3: Evaluación técnica - económica del proyecto considerando valores de ponderación

3.13. CONCLUSIONES SOBRE EL CONCEPTO SOLUCIÓN

- 1.- El análisis de la necesidad, la estructura de funciones y la matriz morfológica, nos proporciona cuatro posibilidades de Concepto Solución representadas en la figuras 25, 26, 27 y 28
- 2.- La decisión sobre cual de estos conceptos solución se desarrollara en el cuerpo del diseño de la presente obra, se decidirá en una evaluación técnica, en una evaluación económica y en una evaluación técnica – económica. Todas estas evaluaciones se han hecho utilizando valores de ponderación como se muestran en los cuadros anteriores y respecto de una solución ideal. La cual da como resultado que la “Solución 2” es la que mas se acerca a la solución ideal, **como consecuencia se escogerá la “Solución 2”**

IV. DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE MÁQUINAS DEL ARADO APLICANDO LAS LEYES DE LA MECÁNICA Y LA RESISTENCIA DE MATERIALES

4.1. ANÁLISIS DE FUERZAS EN LOS DIFERENTES ESTADOS DE TRABAJO A LOS QUE SE SOMETE EL ARADO

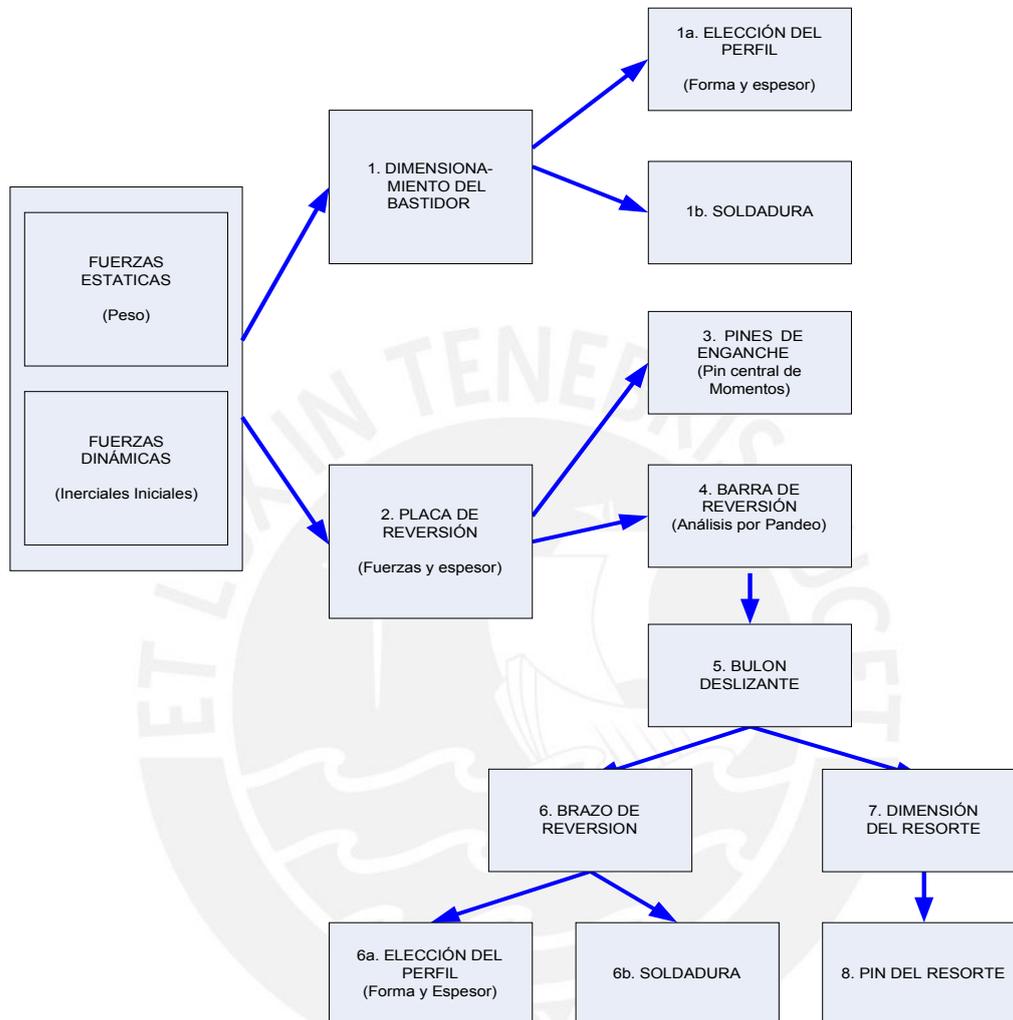
A continuación, se mencionan los momentos de análisis, para encontrar los esfuerzos críticos en los elementos del arado:

- ARADO EN EL INICIO DEL LEVANTE (influencias de las inercias).
- ARADO TRABAJANDO (inicio del trabajo debido a la influencia de las inercias y la resistencia del suelo en el inicio del movimiento).
- Tanto el arado en estado trabajando, como el arado en estado ya levantado, no es necesario por que las fuerzas son menores que las analizadas en sus inicios del movimiento, pero el análisis se hace con el afán de comparar estas fuerzas.

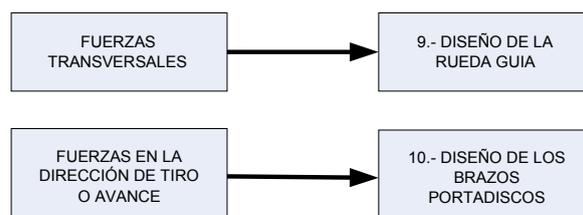
DESARROLLO DEL ESQUEMA DE TRABAJO:



4.2. ELEMENTOS DEL ARADO DERIVADOS DE LAS FUERZAS ESTÁTICAS Y DINÁMICAS EN EL INICIO DEL LEVANTAMIENTO DEL IMPLEMENTO Y LA REVERSIÓN DE LOS DISCOS



4.3. ELEMENTOS DEL ARADO DERIVADOS DE LAS FUERZAS ESTÁTICAS Y DINÁMICAS EN EL INICIO DEL TRABAJO DE ARADURA



4.4.DESARROLLO DEL ANÁLISIS DE FUERZAS EN LAS DISTINTAS ETAPAS DE TRABAJO DEL ARADO

4.4.1. Arado en el inicio del levantamiento – descripción de la mecánica de reversión

La reversión de los discos de aradura y del disco guía, se produce como consecuencia de la acción del tractor en el levantamiento del arado (Fig. 29).

En la figura 30 se puede observar la gráfica de lo descrito a continuación: El brazo hidráulico del tractor va enganchado a una placa de reversión en el enganche superior de tres puntos en el arado, el cual al levantar el arado produce una fuerza de tracción sobre el extremo superior de la placa (1), en el otro extremo de dicha placa (extremo inferior), va enganchado la barra de reversión (2). La fuerza de tracción produce un momento M_1 de rotación en la placa respecto a su eje de soporte (pin de soporte de la placa) lo cual le comunica, como efecto de esta rotación, una fuerza de compresión sobre la barra de reversión (en el otro extremo de la placa) como se ve en la figura 30. La barra le comunica esta fuerza de compresión a un pin deslizante enganchada en el siguiente extremo de la barra (3), este pin se encuentra ubicado en el extremo de una ranura hecha alrededor del eje central de rotación principal, sobre la placa de rotación central. La fuerza sobre el pin ejerce una fuerza excéntrica sobre la placa principal de tal manera que se produce un momento de rotación alrededor del eje central de reversión M_2 .

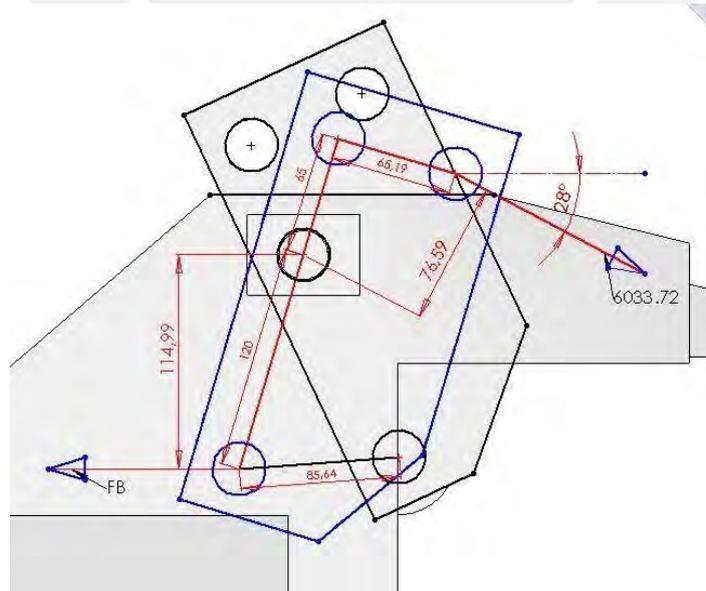


Fig. 29: Posiciones de la Placa de Reversión, antes y después del inicio del Levantamiento del arado por el Sistema Hidráulico del Tractor

Al girar el eje central de reversión produce en el mismo instante dos momentos de giro pertenecientes a la reversión primaria, descrita anteriormente

En la parte superior del bastidor principal se produce la rotación del brazo superior de reversión M_3 , el cual es responsable de la reversión del disco guía.

En la parte inferior del bastidor principal se produce la rotación del bastidor secundario inferior M_4 , responsable de la reversión de los discos de aradura. Esto se puede apreciar en la figura 30.

Una vez culminado el proceso de levantamiento, el tractor realiza el volteo de la máquina, colocándose en la línea de aradura, en posición para volver a arar. El arado es colocado para la posición de trabajo, y cuando el arado empieza a trabajar en el corte y volteo del prisma, este suelo produce fuerzas de resistencia sobre los discos de aradura (5), (Fig. 31) los cuales producen un momento (M_6) respecto del punto O de la figura 31 (Puntos de enganche inferior) este momento genera sobre el enganche superior de tres puntos una fuerza inversa a la anterior sobre la placa (6).

Esta fuerza que, esta vez, es de compresión, produce un momento de rotación inverso (M_7) y aplica una fuerza de tracción sobre la barra de reversión (8), la cual jala al pin deslizante de su posición anterior y junto con el resorte de enclenchamiento, coloca al pin en su posición original antes de la reversión Fig. 31. De esta manera se coloca el arado, listo para iniciar otro proceso de reversión en el momento del levante.

Para el análisis de fuerzas y momentos en el bastidor del arado (estructura soportante de la mayor cantidad de esfuerzos) es muy importante tanto la magnitud de las cargas, como la ubicación de las mismas, esto nos dará la magnitud de los momentos de flexión generados en un punto de sujeción crítico, el cual se halla en el elemento del bastidor al cual se conectan el punto superior del enganche de tres puntos, la figura 32 ilustra las distancias a este punto crítico de las diferentes cargas. actuantes en el bastidor, al cual se le sumará las inercias en el inicio del movimiento.

En las figuras 33, 34, y 35 se calcula las cargas actuantes sobre el bastidor referidos a los elementos resaltados en los distintos gráficos. (Pesos e inercias) con ayuda del programa SOLID WORKS, en forma separada por cada grafico de cálculo.

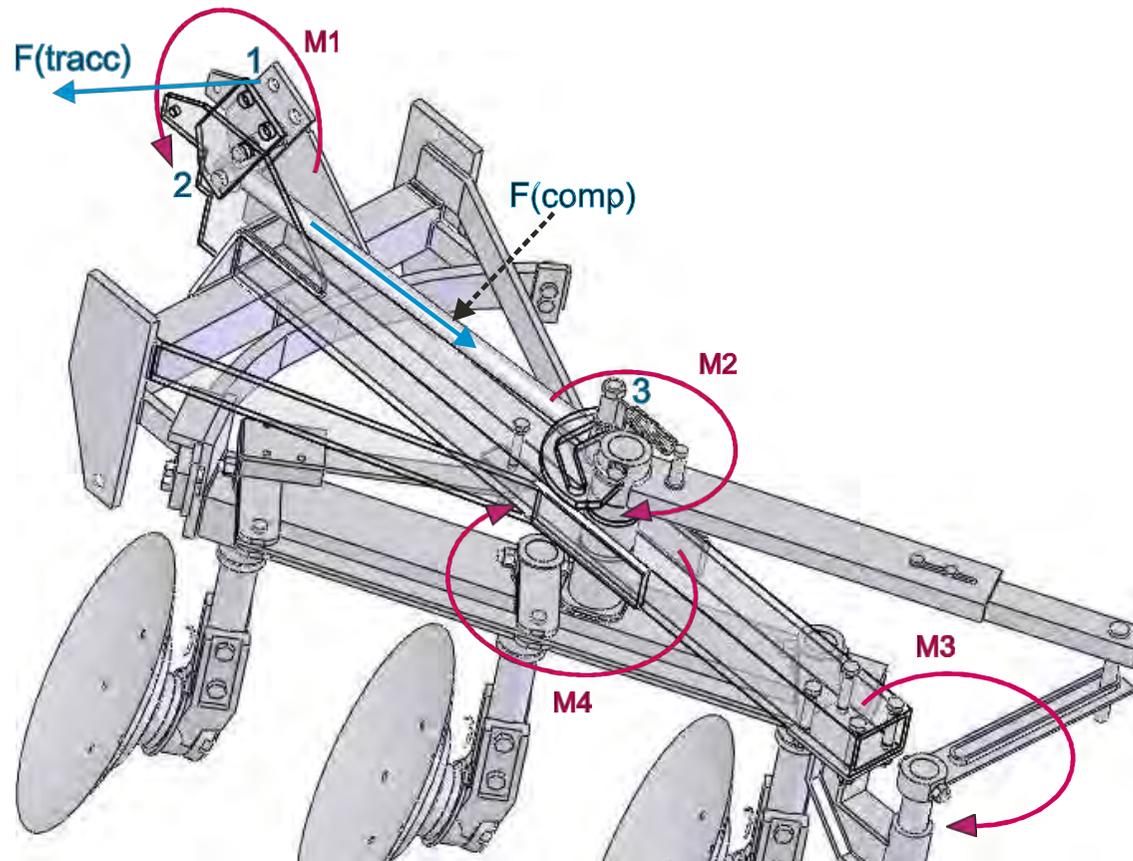


Fig. 30: Fuerzas y momentos en los mecanismos de reversión, generados en el instante del levantamiento del arado por el sistema hidráulico del tractor

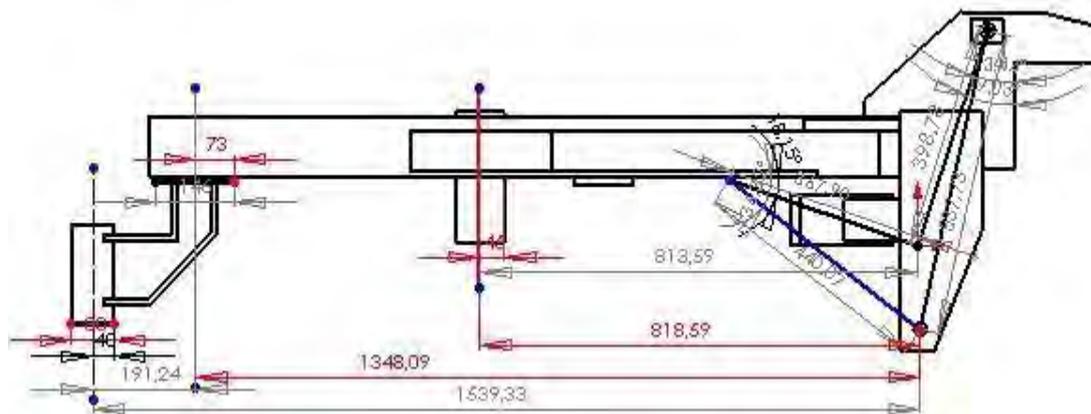


Fig. 32: Diagrama de distancias respecto al punto de enganche inferior (centro de momentos de levante del arado)

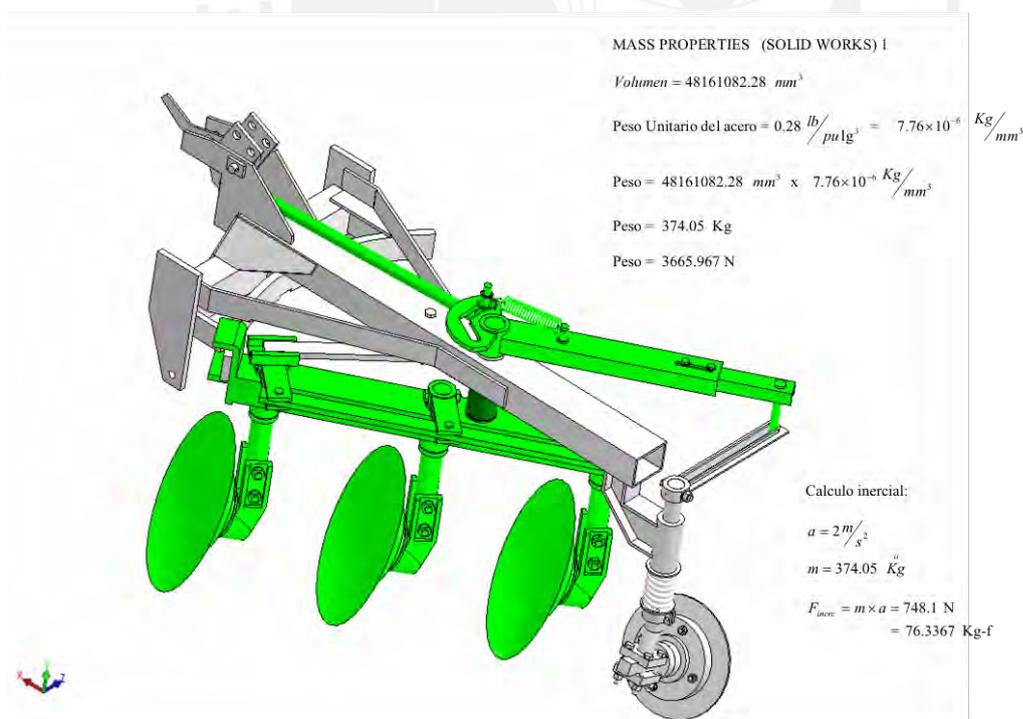


Fig. 33: Propiedades de masa y volumen de las partes del arado resaltadas (a)

MASS PROPERTIES (SOLID WORKS) 2

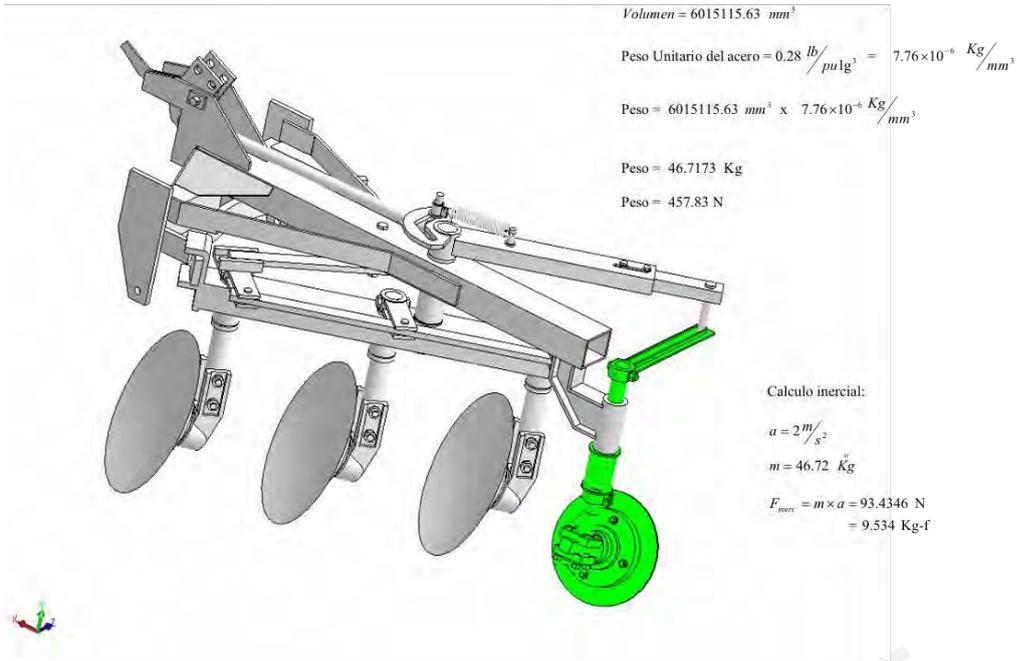


Fig. 34: Propiedades de masa y volumen de las partes del arado resaltadas (b)

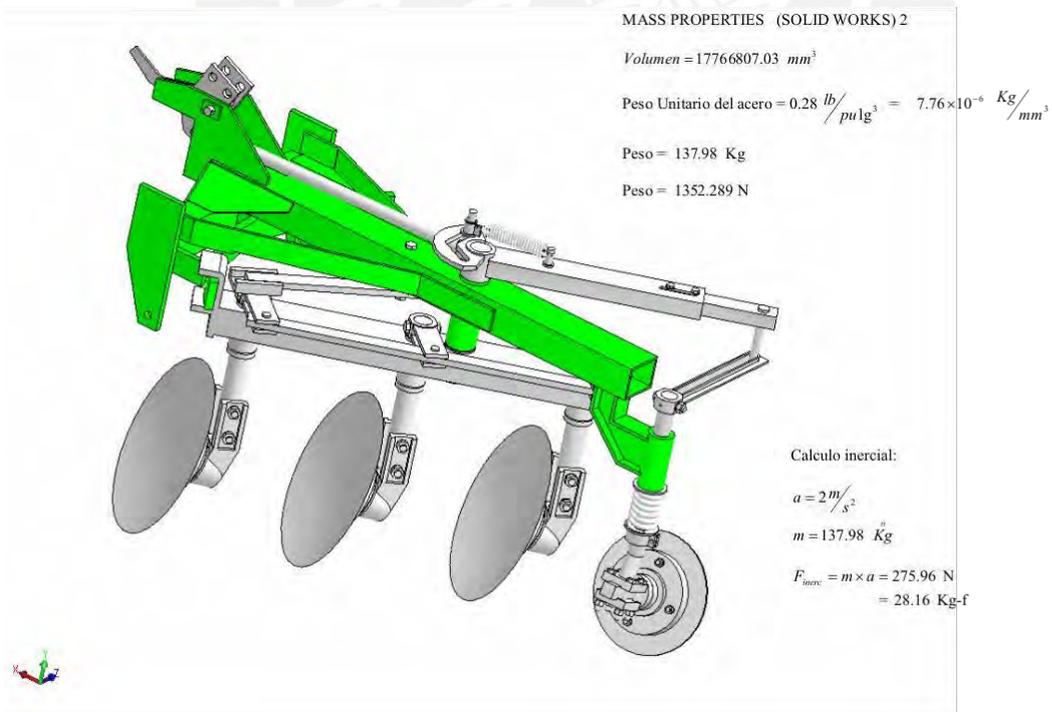


Fig. 35: Propiedades de masa y volumen de las partes del arado resaltadas (c)

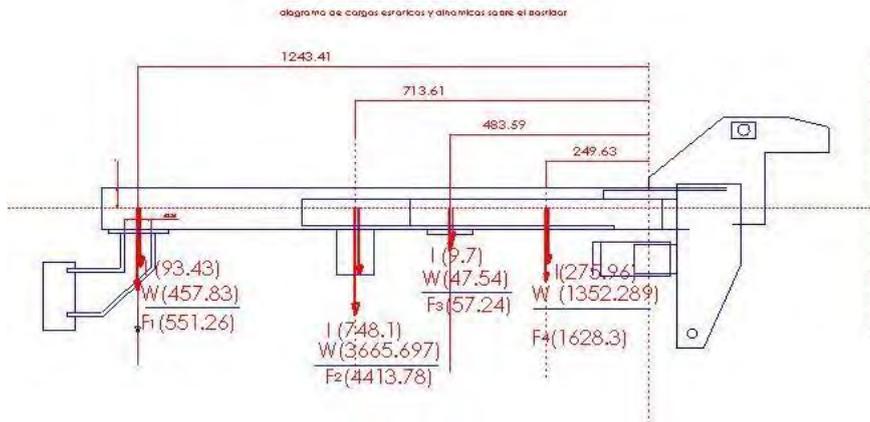


Fig. 36: Diagrama de fuerzas (estáticas y dinámicas) generados en el inicio del levantamiento

4.4.1.1. Diagramas de cargas y momentos en el inicio del levantamiento

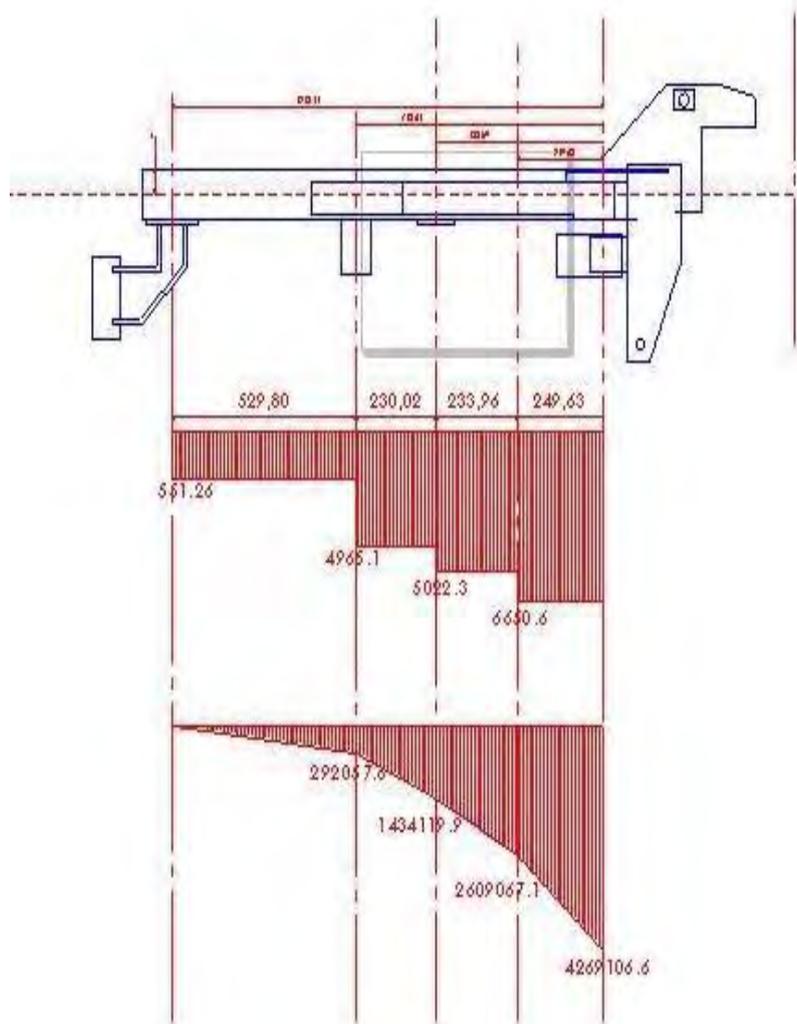


Fig. 37: Diagrama de cargas y momentos en el inicio del levantamiento del arado

4.4.2. Análisis de cargas y momentos en el momento del inicio del trabajo de aradura

Los esfuerzos generados en los elementos como consecuencia de la condición de trabajo a la que se somete el arado, deben ser los esfuerzos críticos, estos esfuerzos críticos provienen de las mayores cargas encontradas en las peores condiciones a las que puede estar sometida el arado. Por otra parte, las cargas de trabajo son provenientes del suelo, el cual es un medio no homogéneo, diferentes capas de suelo y condiciones de humedad en función a su profundidad, con lo que se tiene diferentes resistencias al corte, y diferentes pesos específicos del suelo al voltearlo, lo que aumenta la resistencia al volteo.

Se debe encontrar la forma más efectiva de medir esta resistencia del suelo al corte y al volteo (que es lo que realiza el disco de arado al realizar su trabajo). Esto se puede realizar de tres formas:

- 1.- En forma indirecta, midiendo la potencia del tractor y la velocidad de trabajo necesaria para lograr un corte y volteo efectivo del suelo.
- 2.- En forma directa, midiendo la resistencia al corte del suelo, a través de un penetrometro y midiendo el peso del volumen del suelo volteado.
- 3.- Obteniendo esta resistencia de tablas en las que se encuentra los valores de resistencia del suelo dependiendo del tipo de suelo en la que se está trabajando.

4.4.2.1. Cálculo de la resistencia del suelo a través de tablas

Justificación:

Si se quisiera medir la fuerza de trabajo que imprime el disco al suelo, a través de la medición de la potencia del tractor y la velocidad de trabajo, se necesitarían equipos especiales, con los cuales se comprobaran mas adelante las variables obtenidas en las tablas a usar, además que las pruebas se harán solo para un tipo específico de suelo, y se tendrían que repetir la prueba para diferentes condiciones de suelo, lo cual demanda una gran inversión de tiempo y dinero.

Para la medición directa a través de un penetrómetro y midiendo el peso del volumen del suelo volteado, tampoco se cuenta con un penetrómetro del suelo, debidamente calibrado, con lo cual se tendría que hacer la inversión en este tipo de equipo.

El método de las tablas es el método más práctico y aproximado que se tiene a disposición, de tal manera que se podría, incluso, hacer un análisis de sensibilidad, cambiando la resistencia del suelo y viendo donde varía en el dimensionamiento de los elementos del arado. Esto no implica que se tendría que hacer por lo menos una medición de la resistencia del suelo en campo, para un determinado tipo de suelo, con lo que se comprobaría la veracidad de los valores dados.

TABLAS DE RESISTENCIA DEL SUELO

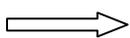
TIPO DE SUELO	RESISTENCIA DEL SUELO (kg / dm ²)
Arenoso	14 – 24
Arenoso – Arcilloso	50 – 68
Arcilloso	72 – 88
Arcilloso pesado.	144 – 176

Cuadro 4. Valores de resistencia del suelo

Asumiendo que:

Profundidad de corte: 25 cm. = 2.5 dm

Ancho de corte: 90 cm. = 9.0 dm



Área (3 arados) = 25 * 90 = **22.50 dm²** (área estimada: comprobar)

Esf. Resist. Suelo = **100 kg / dm²** (Tabla)

Fuerza de resistencia (3 Arados): 22.5 * 100 = **2250 kg**

2250 * 9.8 = 22050 (Newton) = **22500 N**

Fuerza de resistencia (1 arado): 22500 / 3 = 7500 N + 110 = 7610 N

4.4.2.2. Polígono de fuerzas actuantes en los discos y cálculo de las fuerzas actuantes en dirección del avance y perpendicular al avance

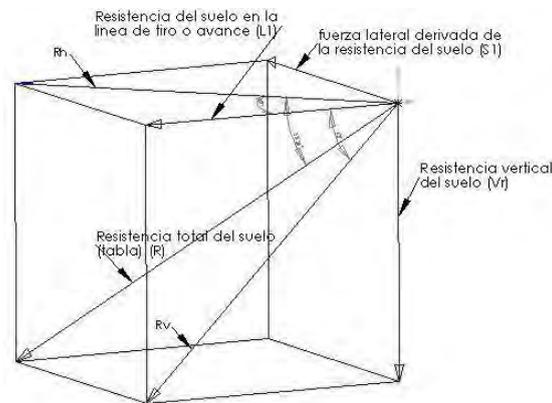


Fig. 38: Polígono de fuerzas actuantes en el disco del arado

Siendo dato la Resistencia total del suelo, obtenido de tablas (R), lo que se busca, es encontrar la resistencia del suelo en la línea de tiro o avance (L1) y la fuerza lateral derivada de la resistencia del suelo (S1) en función de la Resistencia total del suelo:
Resistencia del suelo en la línea de tiro o avance (L1) en función de la Resistencia total del suelo (R):

CALCULO DE "L1"

$$R = \sqrt{Rv^2 + S1^2}$$

$$R = \sqrt{Rh^2 + Vr^2}$$

$$Rv = \frac{L1}{\cos \alpha} \Rightarrow L1 = Rv \times \cos \alpha$$

$$S1 = L1 \times \tan \beta \Rightarrow \frac{S1}{L1} = \tan \beta$$

$$R = \sqrt{Rv^2 + S1^2} \Rightarrow R = \sqrt{\left(\frac{L1}{\cos \alpha}\right)^2 + (L1 \times \tan \beta)^2} \Rightarrow$$

$$R = L1 \times \sqrt{\left(\frac{1}{\cos \alpha}\right)^2 + (\tan \beta)^2}$$

$$L_1 = P = \frac{R}{\sqrt{\left(\frac{1}{\cos\alpha}\right)^2 + \tan^2\beta}}$$

Cálculo numérico de P = L1

R	alpha	cos de alpha	Beta	tang Beta	P
7500	15	0,9659	45	1,000003673	5210,589
7500	20	0,9397	45	1,000003673	5135,923
5566,27	30	0,8660	45	1,000003673	3643,971
7610	30	0,8660	45	1	4909,893

Cuadro 5. Valores de cálculo numérico para el termino L1

Con lo que: **4909 x 3 = 14729.68 N** es la fuerza total aplicada por el arado en la dirección de avance.

Fuerza lateral derivada de la resistencia del suelo (S1) en función de la Resistencia total del suelo (R):

CALCULO DE “S1”

$$S_1 = f(R) \qquad \frac{L_1}{\cos\alpha} = R_v \dots\dots\dots 2$$

$$S_1 = R_v \cdot \text{sen}\beta \qquad 2 \text{ en } 1$$

$$R = \sqrt{R_v^2 + S_1^2}$$

$$R^2 = R_v^2 + S_1^2 \qquad S_1 = \sqrt{R^2 - \left(\frac{L_1}{\cos\alpha}\right)^2}$$

$$S_1 = \sqrt{R^2 - R_v^2} \dots\dots\dots 1 \qquad \text{Si } P = L_1 = L_2$$

Además: $L_1 = R_v \cdot \cos\alpha$

$$\text{Entonces: } S_1 = \sqrt{R^2 - \left(\frac{P}{\cos\alpha}\right)^2}$$

Los cálculos numéricos están hechos en Excel y se dan en la tabla a continuación:

R	alpha	cos de alpha	Beta	tang Beta	P	S1
7500	15	0,9659	45	1,00	5210,59	5210,61
7500	20	0,9397	45	1,00	5135,92	5135,94
5566,27	30	0,8660	45	1,00	3643,97	3643,99
7500	30	0,8660	45	1,00	4909,89	4909,91

Cuadro 6. Valores de cálculo numérico para el termino S1

Con lo que $4909 \times 3 = 14729.68 \text{ N}$ es la fuerza total aplicada por el arado en la dirección transversal al avance, En el siguiente gráfico (Fig. 39) se muestra un esquema de fuerzas en la dirección de avance y en la transversal al avance.

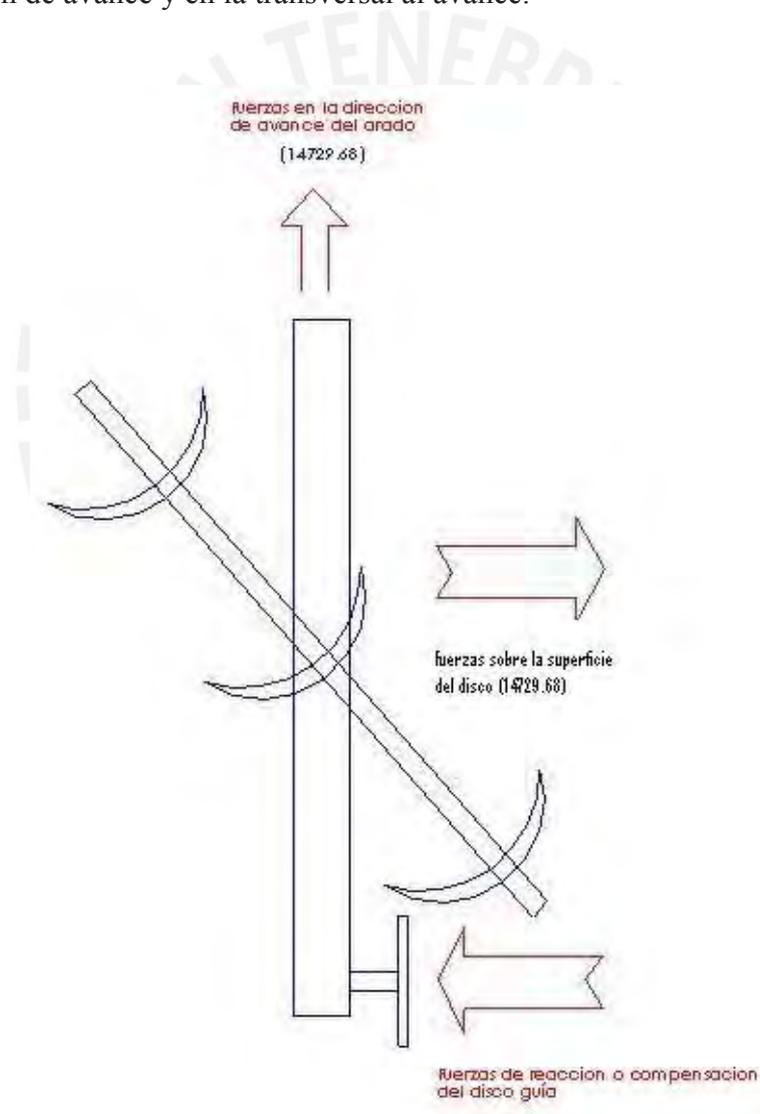


Fig. 39: Esquema de las fuerzas actuantes en la dirección de avance y transversal al avance

4.5. DIMENCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS MECANICOS A BASE DEL ANALISIS DE CARGAS OBTENIDAS EN EL INICIO DEL LEVANTAMIENTO DEL ARADO POR EL SISTEMA HIDRAULICO DEL TRACTOR

4.5.1. Bastidor (perfiles y soldadura)

4.5.1.1. Diseño del perfil (espesor y altura)

Datos de cálculo:

Del diagrama de cargas y momentos, se tiene lo siguiente:

Carga máxima: 6650.6 N

Momento Máximo: 4269106.6 N-m

Estos datos provienen del análisis de cargas realizados en el capítulo anterior, tomando como acción crítica el inicio del levantamiento del arado

Acero ASTM A-36

Factor de seguridad FS: 1.6

(Para materiales bien conocidos, para condiciones de medio ambiente razonablemente constante y sujeto a carga y esfuerzos que pueden calcularse con facilidad.)

Calculo por flexión:

$$\sigma = \frac{M \times c}{I_{xx}} ; \quad c = \frac{h}{2} ; \quad I_{xx} = \frac{b \times h^3}{12} ; \quad I_{xx} = \frac{h \times h^3}{12} - \frac{(h-2b) \times (h-2b)^3}{12}$$

$$\sigma = \frac{4269106.6 \times \left(\frac{h}{2}\right)}{\left(\frac{h^4}{12} - \frac{(h-2b)^4}{12}\right)} \dots\dots (1) ; \quad \tau = \frac{F}{A} = \frac{6650.6}{h^2 - (h-2 \times b)^2} \dots\dots (2)$$

$$\sigma_{equivalente} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \times \tau^2} \leq \sigma_{admisible} = 156.25 \text{ N/mm}^2$$

$$\sqrt{\left(\frac{25614639.6 \times h}{h^4 - (h-2b)^4}\right)^2 + 3 \left(\frac{6650.6}{h^2 - (h-2b)^2}\right)^2} \leq 156.25 \text{ N/mm}^2$$

PERFIL DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

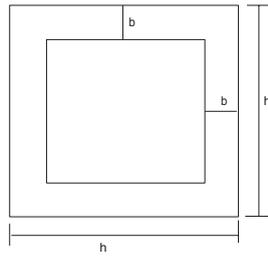


Fig. 40: Perfil de la sección transversal en base a ángulos de acero

Del cuadro 7, se tienen juego de valores para h y b , lo que determina el perfil de la sección transversal resistente a las cargas.

Solucionando la ecuación para dos variables, dando valores para uno de ellos de acuerdo a los perfiles conocidos en el mercado, se obtiene la siguiente tabla:

M	F	b	h	C	I	A	SIGMA	TAO	T. FALLA (Mohor)	Valor Comparac	FS	A-36 S fluencia
4269106.6	6650.6	5.45	70	35	984189.9	1407	151.82	4.73	152.04	156.25	1.6	250
4269106.6	6650.6	5.5	70	35	991053.25	1419	150.77	4.69	150.99	156.25	1.6	250
4269106.6	6650.6	5.5	69	34.5	945885.42	1397	155.71	4.76	155.93	156.25	1.6	250
4269106.6	6650.6	5.2	70	35	949346.61	1348	157.39	4.93	157.62	156.25	1.6	250

Cuadro 7. Valores numéricos para el cálculo de los términos de b y h del perfil de análisis

Con lo que se podría escoger de los valores en rojo, de tal manera que si escojo un valor ya sea “ b ” o “ h ” el otro valor soluciona la ecuación, de esta manera tengo el perfil con los valores de:

$$b = 6 \text{ mm}$$

$$h = 70 \text{ mm}$$

Esto es lo que se ajusta al cálculo de resistencia de materiales, pero esto tiene que encontrarse entre los perfiles ofertantes en el mercado, de tal manera que de no encontrarse estos, se decidirá por perfiles superiores en dimensiones y no inferiores, porque se estaría mermando la resistencia a los esfuerzos calculados.

Especificaciones técnicas

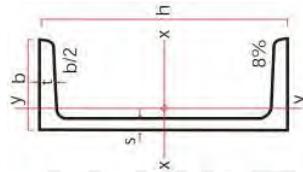
“LA CASITA” - EXCELENCIA EN ACERO

Aplicaciones

Se utilizan para estructuras metálicas, tanto en construcción civil como para aplicaciones en la industria, cerrajería, metalistería, industria metalmeccánica, ornamentación y otros.

Presentaciones

Alturas: desde 3" hasta 15"



Designación	Dimensiones				Sección	Peso
	h	b	s	t		
	mm	mm	mm	mm	cm 2	Kg/m
80	80	45	8.0	8.0	11.0	8.6
100	100	50	8.5	8.5	13.5	10.6
120	120	55	9.0	9.0	17.0	13.4
140	140	60	10.0	10.0	20.4	16.0
160	160	65	10.5	10.5	24.4	18.8
180	180	70	11.0	11.0	28.0	22.0
200	200	75	11.5	11.5	32.2	25.3
220	220	80	12.5	12.5	37.4	29.4
240	240	85	13.0	13.0	42.3	33.2
260	260	90	14.0	14.0	48.3	37.9
280	280	95	15.0	15.0	53.3	41.8
300	300	100	16.0	16.0	58.8	46.2
320	320	100	17.5	17.5	75.8	59.5
350	350	100	16.0	16.0	77.3	60.6
380	380	102	16.0	16.0	80.4	63.1
400	400	110	18.0	18.0	91.5	71.8

Cuadro 8. Especificaciones técnicas de los perfiles de acero “COMERCIAL LA CASITA” 81

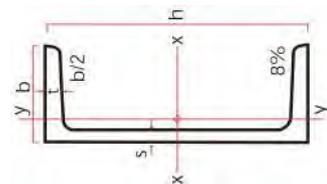
De la información del catálogo (Cuadro 11 y 12) se tiene la elección del perfil con las siguientes características:

Dos perfiles en “U”

$h = 100 \text{ mm}$; $b = 50 \text{ mm}$; $s = 8.5 \text{ mm}$; $t = 8.5 \text{ mm}$

$I_1 = 23.3 \text{ cm}^4 = 293000 \text{ mm}^4$

$A = 13.5 \text{ cm}^2 = 1350 \text{ mm}^2$



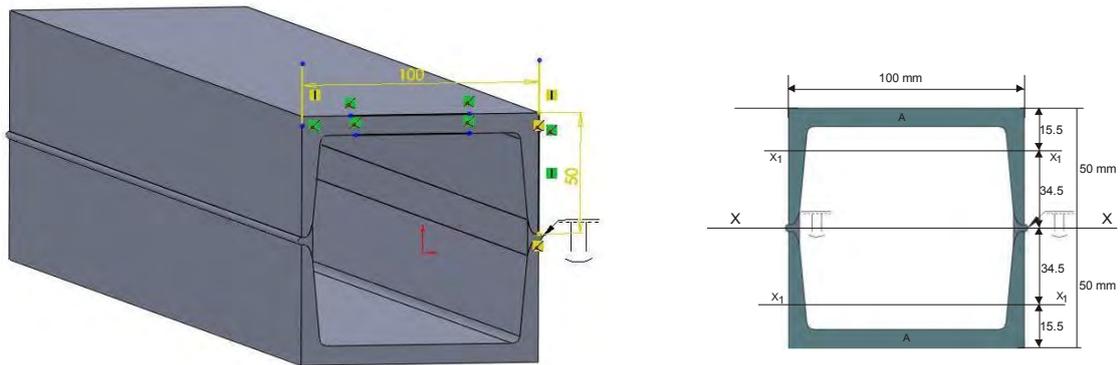


Fig. 41: Perfil del bastidor principal en base a dos ángulos de acero en “C”

Cálculo para un perfil de acero

De las propiedades mecánicas de los perfiles (Cuadro 12) se obtienen los siguientes datos:

$$I_1 = 23.3 \text{ cm}^4 = 293000 \text{ mm}^4 \qquad A = 13.5 \text{ cm}^2 = 1350 \text{ mm}^2$$

Teorema de Steiner

$$I_X = I_1 + A \times d^2$$

$$I_X = 293000 + 1350 \times 34.5^2$$

$$I_X = 1899837.5 \text{ mm}^4$$

$$2 \times I_X = 3799675 \text{ mm}^4$$

Resultado del cálculo por Mohr = 56.82 N/mm²

Factor de seguridad = 3

Resultado de resistencia material A-36 = 83.33 N/mm²

Los resultados son adecuados a la elección del perfil.

Estos resultados se detallan en las tablas de cálculo (cuadro 8 y 9) posteriormente presentadas.

Utilizando los catálogos de ACEROS AREQUIPA se definirían los perfiles a unir con las siguientes características.

- Dos perfiles en “U”
- h = 4 pulg; b = 5,40 cm; s = 8.5 mm; t = 8.5 mm

CÁLCULO DEL "I" TOTAL (TEOREMA DE STEINER)

I_x	A	bf	ey	d (al centro)	d^2		$I_x + A d^2$		$2 \times I_x = I \text{ total}$
293000	1350	50,00	15,5	34,50	1190,25		2E+06		3799675
293000	1350	50,00	15,5	34,50	1190,25		2E+06		3799675
194000	1100	45,00	14,5	30,50	930,25		1E+06		2434550

Cuadro 10: Cálculo del segundo momento inercial por el teorema de STEINER 84

TEOREMA DE MOHR Y CÁLCULOS DE COMPARACIÓN CON EL MATERIAL

M	F	d	2 bf	C	I _{XX}	A	SIGMA	TAO	MOHR	COMP	FS	S Fluencia A-36
4269106,6	6650,6	100	100	50	3799675	1350	56,18	4,93	56,82	83,33	3	250
4269106,6	6650,6	100	100	50	3799675	1350	56,18	4,93	56,82	62,50	4	250
4269106,6	6650,6	80	90	45	2434550	1100	78,91	6,05	79,60	83,33	3	250

Cuadro 11: Cálculos de Diseño para el perfil del Bastidor 84

4.5.1.2. Dimensionamiento de las juntas de soldadura

El diseño de las juntas de soldadura (fig. 42), en el bastidor son uno de los puntos más críticos de todo el bastidor, en el anterior diseño se aseguró que la pieza no fallará, pero si falla las juntas de soldadura todo el arado se vendría abajo. Considerando que el momento crítico, es el mismo que el anterior, se tiene lo siguiente:

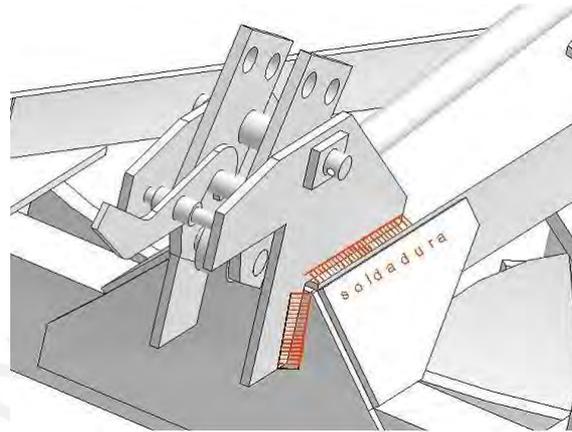


Fig. 42: Cordones de soldadura en los soportes del enganche superior de 3 ptos.

El objetivo es encontrar el ancho del cordón de soldadura, ya que el largo lo da la longitud de contacto de las torres de enganche. El procedimiento de cálculo es el de la soldadura en línea, se halla: El centro de gravedad de la línea de soldadura, El sistema equivalente de fuerzas y momentos (en base a las fuerzas de peso e inerciales y sus distancias al centro de gravedad de la soldadura), y el Calculo de los esfuerzos, y diseño de la soldadura.

- Fuerzas respecto al centro de gravedad de los cordones de soldadura

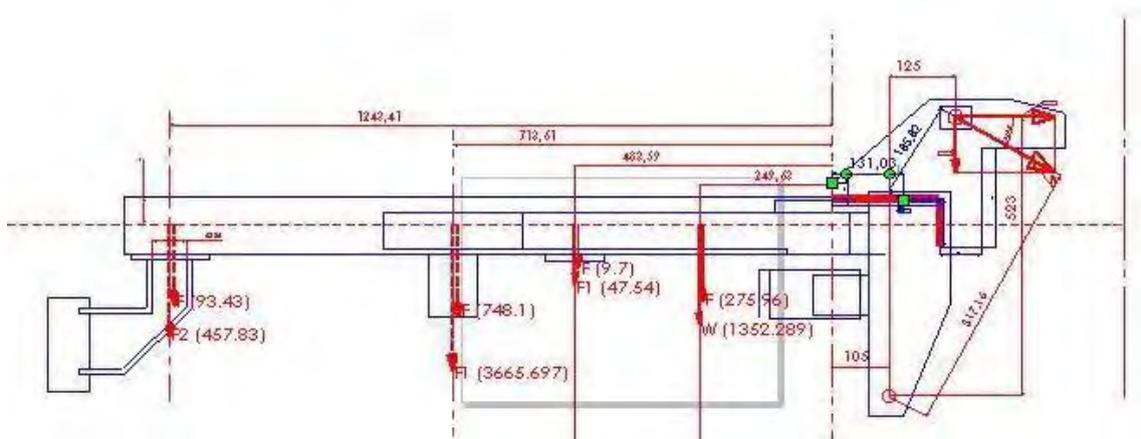


Fig. 43: Diagrama de cargas y distancias al centro de gravedad de los cordones de soldadura

Cálculo de la soldadura en las torres de enganche

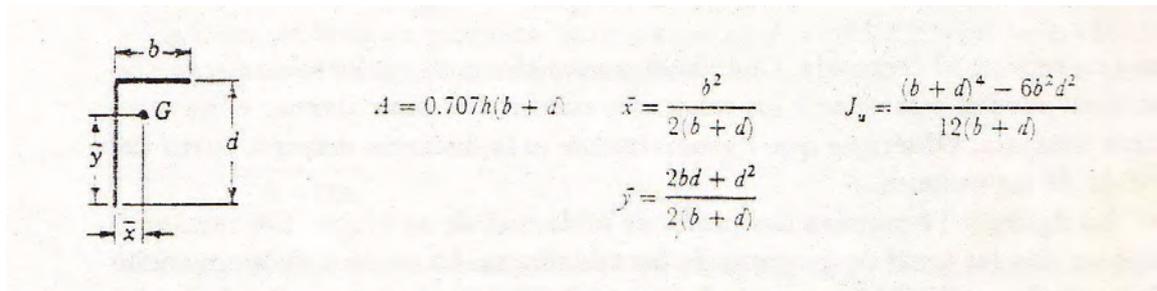
Se usará el "Método de Soldadura en Línea" Utilizando el libro de la referencia a continuación:

DISEÑO EN INGENIERIA MECANICA; cuarta edición

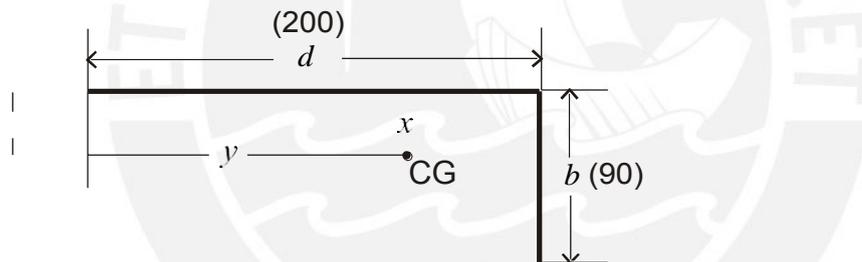
Joseph Edgard Shigley

Larry D Mitchell

En el tema "Propiedades a la torsión en soldadura de filete" se define lo siguiente:



Para los datos respectivos en la soldadura:



$$x = \frac{b^2}{2 \times (b + d)} ; y = \frac{2 \times b \times d + d^2}{2 \times (b + d)}$$

$$b = 90$$

$$d = 200$$

$$x = \frac{90^2}{2 \times (90 + 200)} = 13.966$$

$$y = \frac{2 \times 90 \times 200 + 200^2}{2 \times (90 + 200)} = 131.0345$$

$$200 - 131.0345 = 68.96$$

- Sistema Equivalente de Fuerzas y Momentos respecto al Centro de Gravedad de la Soldadura

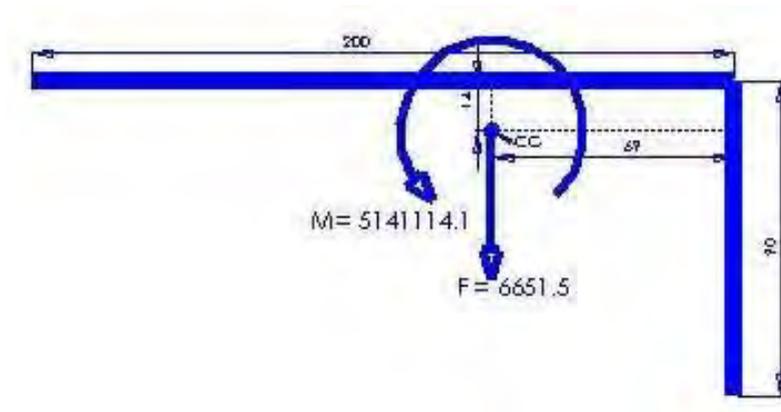


Fig. 44: Sistema equivalente de fuerzas y momentos respecto al centro de gravedad de la soldadura

$$A = 0.707 \times h \times (b + d)$$

$$J_u = \frac{(b + d)^4 - 6 \times b^2 \times d^2}{12 \times (b + d)} ; \quad J_u = \frac{(90 + 200)^4 - 6 \times 90^2 \times 200^2}{12 \times (90 + 200)} = 1473795$$

$$J = J_u \times 0.707 \times h : \quad J = 1473795 \times 0.707 \times h$$

- Cálculo del espesor de soldadura en el punto crítico (Método de Soldadura en Línea)

$$T = 5141114.1 \text{ N-mm} ; \quad C = 131.78 \text{ mm} ; \quad J_u = 1473795.977$$

$$\tau = \frac{TC}{Ja} ; \quad \tau = \frac{5141114.1 \times 131.78}{1473795.977 \times 0.707 \times a \times 4} ; \quad \tau = \frac{162.55}{a}$$

$$\tau_{xT} = \frac{-17.273}{a} \quad \tau_{yT} = \frac{-161.63}{a}$$

Los esfuerzos producidos por los esfuerzos directos son:

$$\tau_{yD} = -\frac{6651.5}{(200 + 90) \times 0.707 \times a} ; \quad \tau_{yD} = -\frac{32.4416}{a}$$

El siguiente gráfico representa las direcciones de los esfuerzos por momento y directo:

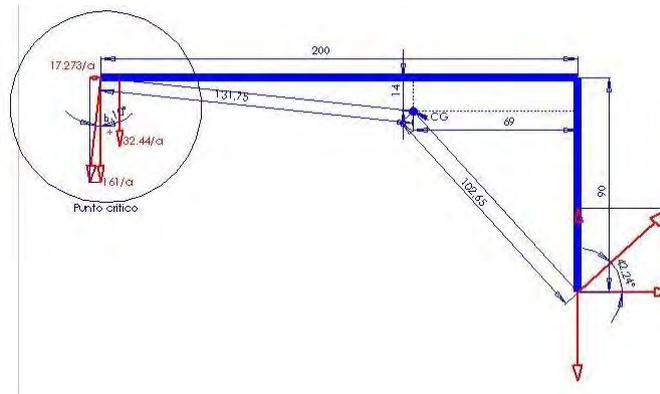


Fig. 45: Esfuerzos en X y Y en el punto crítico

Los nuevos esfuerzos totales son:

$$\tau_{xTOTAL} = -\frac{17.273}{a} \quad ; \quad \tau_{yTOTAL} = \frac{194.07}{a} \quad \therefore \quad \tau_{RESULTANTE} = \frac{194.838}{a}$$

Hallando el espesor de soldadura:

$$1.2 * \frac{194.838}{a} \leq 0.8 * 0.8 * 80$$

$$a_{\text{arganta}} = 2.828 \text{ mm}$$

$$h_{\text{espesor}} = \frac{2.828}{\text{sen}45^\circ}$$

$$a_{\text{espesor}} \approx 4 \text{ mm}$$

4.5.2. Placa de reversión

La placa de reversión soporta las cargas de fuerzas en dos momentos críticos del movimiento:

- 1.- En el momento de iniciar el levantamiento del arado, en el que se realiza el proceso de reversión de los discos.
- 2.- En el inicio del movimiento de aradura en el cual se completa el proceso de reversión, al colocarse los mecanismos en sus lugares respectivos de trabajo, por acción de las fuerzas del movimiento y del resorte.

Las fuerzas actuantes en estos dos momentos críticos son independientes, pero a la vez complementarios, con estas dos fuerzas críticas, se tendrá que hacer el dimensionamiento de los demás mecanismos de reversión, los cuales es necesario una comparación de las cargas actuantes tanto en el levantamiento como en el proceso de enclenchamiento o fijación de los mecanismos para el trabajo de aradura, para este último proceso, es necesario hacer el análisis de la mecánica de reversión del arado.

4.5.2.1. Estudio de la mecánica de reversión del arado por gravedad

Fuerzas en el inicio del levantamiento (aplicadas a la placa de reversión y tomando como centro de momentos los puntos inferiores de enganche).

De la figura 46, de cargas y momentos se tienen las siguientes ecuaciones:

$$\sum \text{Momento actuante} = \sum \text{Momentos por peso e inercias}$$

Aplicando los momentos por las fuerzas de peso e inercias como momentos de resistencias al movimiento, y tomando los sentidos correspondientes se tiene lo siguiente:

$$551.26 \times 1348.41 + 4413.79 \times 818.61 + 57.24 \times 588.59 + 1628.26 \times 354.63 = F \times 517.16$$

De donde se tiene que: $F = 9605.58 \text{ N}$ de fuerza

Esta fuerza es aplicada a la placa de reversión en el momento en que se inicia el levantamiento

4.5.2.2. Fuerzas respecto al punto inferior del enganche de tres puntos

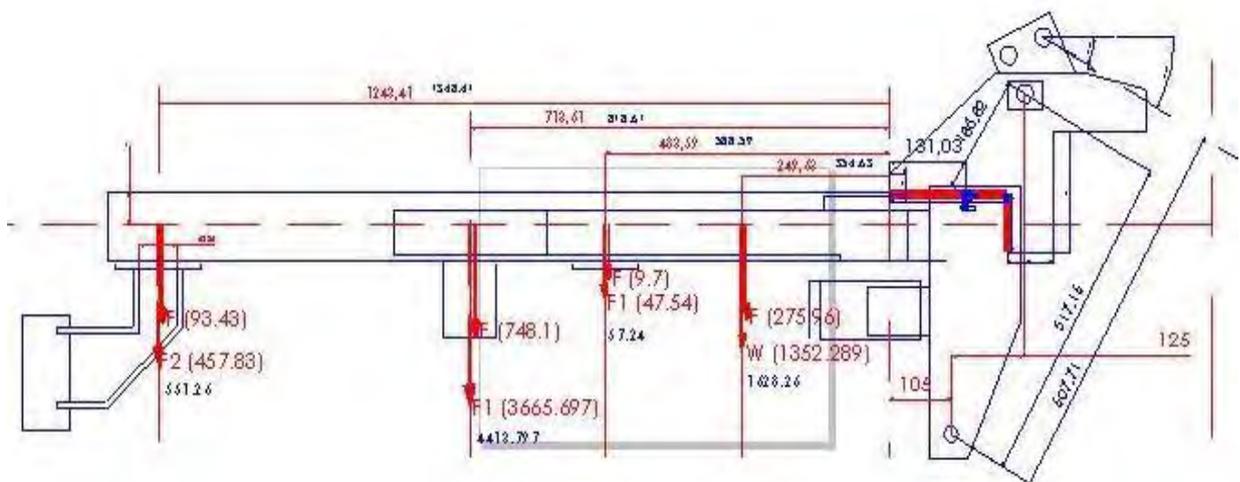


fig. 46: Diagrama de cargas estáticas y dinámicas respecto al enganche inferior de tres puntos

4.5.2.3. Fuerzas en el inicio del movimiento de aradura (aplicadas a la placa de reversión y tomando como centro de momentos los puntos inferiores de enganche)

En este proceso complementario de la mecánica de reversión, por efecto del inicio del movimiento de aradura, se produce en los mecanismos de ajuste del arado un efecto de colocación de estos mismos en sus posiciones de trabajo, en el cual, los mecanismos se estabilizan, para continuar con el trabajo de aradura, a continuación se presenta las fuerzas y distancias, respecto al centro de momentos tomados en los puntos inferiores del enganche, como se notara en la figura 47, se toman en cuenta las fuerzas inerciales en el inicio del movimientos, con una aceleración aproximada de 2 m/s^2 , el cual actúa por un breve periodo de tiempo en el cual, como se verá en los cálculos, es importante, junto con la acción posterior del resorte, para ayudar a la colocación de los mecanismos en su posición de trabajo. (Figura 47)

Los elementos actuantes en este movimiento son:

$$F \cos 28^\circ$$

$$\text{Distancia a "O": } 609.27 \text{ mm}$$

$$\text{Peso: } 4234.776 \text{ N}$$

$$\text{Distancia a "O": } 772.20 \text{ mm}$$

$$\text{Resist. Tierra: } 14729.67 \text{ N}$$

$$\text{Distancia a "O": } 484.64 \text{ mm}$$

$$\text{Inercial: } 431.92 \text{ kgm} \cdot 2 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Distancia a "O": } 30.34 \text{ mm}$$

$$\sum \text{Momentos} = 0$$

$$F \cos 29 \times 609.27 + 4234.776 \times 772.20 - 431.92 \times 2 \times 30.34 = 14729.67 \times 484.64$$

De donde se tiene que **F = 7237.66 N (Considerando inerciales)**

En el siguiente instante en que la inercia es igual a cero en la ecuación anterior anulando el tercer término (al reemplazar el 2 por el cero) se tiene que

$$\mathbf{F = 7188.96 N (Sin considerar inerciales) (resorte)}$$

Esto explica por qué con la primera fuerza mueve el pin de enganche al centro del mecanismo y después con la segunda fuerza al disminuir está en el mecanismo de reversión, permite que el resorte coloque el pin de enganche en la posición de trabajo en el que se posiciona al entrar a velocidad constante de trabajo.

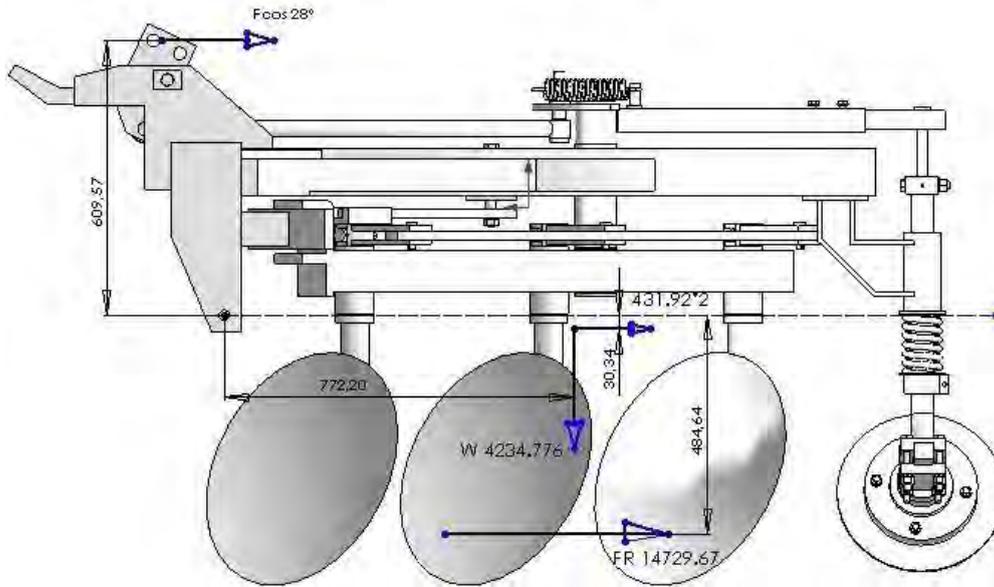


Fig. 47: Fuerzas en el inicio del movimiento, en el trabajo de aradura

De las comparaciones de fuerzas hechas en los distintos instantes que comprenden el proceso de reversión, nos damos cuenta que la mayor carga sobre la placa de reversión se produce en el inicio del levantamiento con una fuerza igual a 9605.58 N, y es con esta fuerza crítica que se empezará a realizar los dimensionamientos de los demás elementos de reversión, empezando con la placa de reversión:

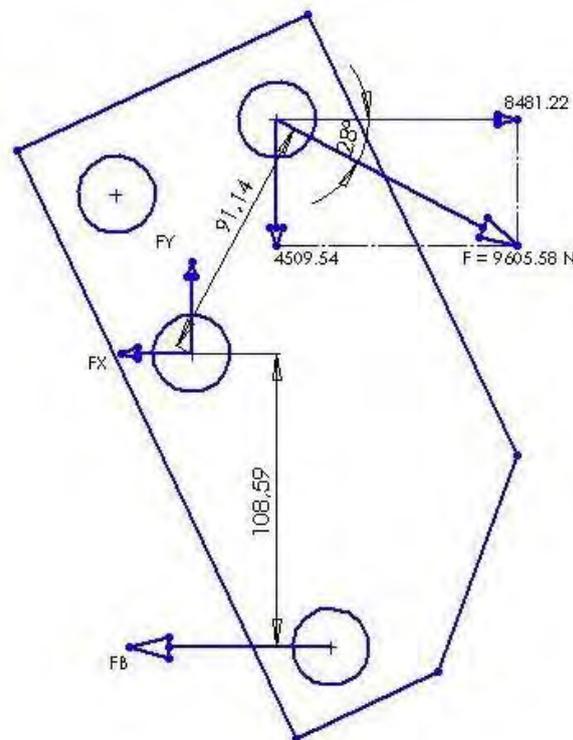


Fig.48: Fuerzas actuantes en la placa de reversión ($F = 9605.58$ N)

$$\sum Mom = 0; \quad 9605.58 \times 91.14 + FB \times 108.59 = 0 \quad ; FB = - 8061.99 \text{ N}$$

$$\sum Fx = 0; \quad 8481.22 - Fx + 8061.99 = 0 \quad Fx = 16543.21 \text{ N}$$

$$\sum Fy = 0; \quad Fy = 4509.54 \text{ N}$$

F total en el pin de apoyo = 17146.82 N

4.5.2.4. Dimensionamiento del espesor de la placa

Calculo del espesor de la placa de reversión por aplastamiento, teniendo en cuenta que son dos placas las que soportan las cargas:

$$F \text{ en una placa} = \frac{17146.82}{2}$$

$$F = 8573.41 \text{ N}$$

$$\sigma_{\text{aplastamiento}} = \frac{F}{D \times t} \leq \frac{240}{2}$$

$$\frac{8573.41}{25.8 \times t} = \frac{240}{2}$$

$$\therefore t = 2.77 \text{ mm}$$

F	Angulo a la horizontal	dist fuerza	F*cos	F*sen	dist al Fb	M1	Fb	
9605,584	28	91,14	8481,2	4509,6	108,59	875452,9	8062,00	levante
7237,96	28	91,14	6390,7	3398,0	108,59	659667,7	6074,85	inicio W (inercias)
7188,96	28	91,14	6347,5	3375,0	108,59	655201,8	6033,72	trabajando V = cte

Cuadro 12. Valores de cálculo para el término Fb (fuerza a la barra de reversión)

4.5.3. Pin de enganche superior de tres puntos (dimensionamiento)

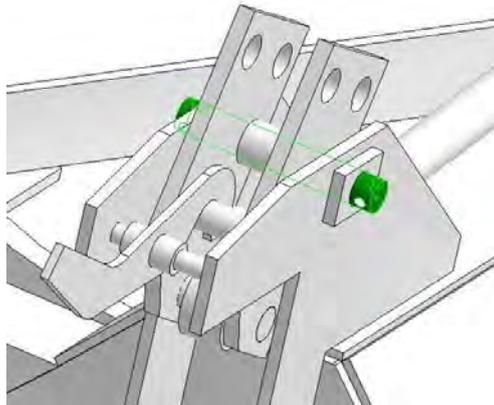


Fig. 49: Pin de enganche superior resaltado para su análisis

Para el análisis y dimensionamiento del pin de enganche que se muestra en la figura, se realiza lo siguiente en orden establecido:

- Dimensionamiento de las distancias entre los puntos de aplicación en el cual se aplican las cargas; esto nos lo da el programa Solid Work.
- Aplicación y grafica de cargas y momentos.
- Calculo del dimensionamiento del diámetro a través de los conceptos de resistencia de materiales.

4.5.3.1. Distancias y puntos de aplicación de las cargas

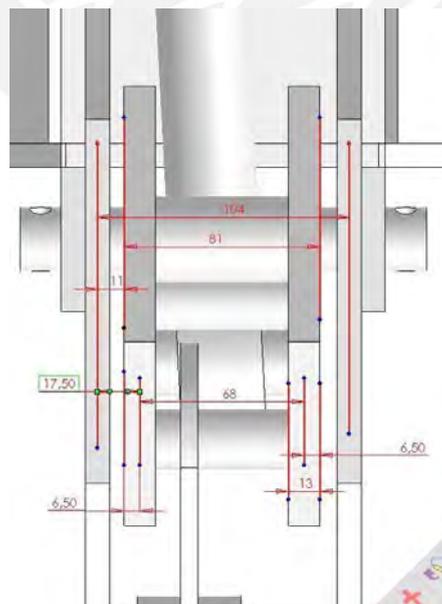


Fig. 50: Ubicación de las cargas actuantes en el enganche superior de 3 puntos.

4.5.3.2. Dimensionamiento del pin, en la sección transversal de máximo momento flector (cargas distribuidas)

Carga crítica. 17146.82 N (obtenida en el cálculo de la placa de reversión)

Carga distribuida en el mecanismo de la placa de reversión:

$$\frac{17146.82}{81} = 211.69 \frac{N}{mm}$$

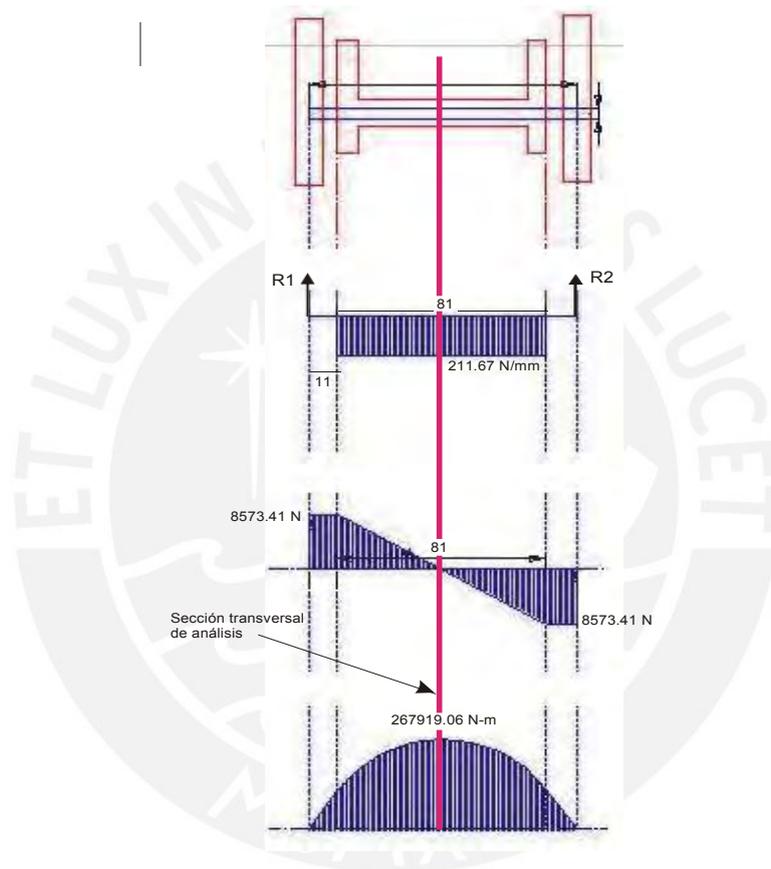


Fig. 51: Diagrama de cargas cortantes y momentos flectores aplicados al enganche de tres puntos en la sección transversal del máximo momento flector.

- Calculo De la Resistencia y Diámetro De Pin

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

$$\sigma_{eq} \leq \sigma_{adm}$$

$$\sigma_{eq} = \frac{Mc}{I}$$

Análisis del momento flector en el extremo de la sección transversal

$$M = 267919.06 \text{ N-m}$$

$$c = r$$

$$I_{xx} = \frac{\pi \times r^4}{4} \quad I_{xx} = 0.7854 \times r^4$$

$$O = \frac{M \times c}{I} = \frac{267919.06 \times r}{0.7854 \times r^4} \quad O = \frac{341124.34}{r^3}$$

$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{8573.41}{\pi \times r^2} \quad \tau = \frac{2729.0}{r^2}$$

$$O_{tabla} = 206.19 \frac{N}{mm^2} \quad y \quad FS = 2.5$$

$$O \text{ (Comparación)} = \frac{206.19}{2.5} = 82.48 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sqrt{\left(\frac{341124.34}{r^3}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{2729}{r^2}\right)^2} = 82.48$$

A continuación, se presenta las tablas para la solución de esta ecuación:

M	V	r	I _{xx}	Área	Esf Flex	Esf Cort	Mohr	Comp	SAE 1045	FS
267919,1	8573,41	17	65597,39	907,92	69,43	9,44	71,33	82,48	206,19	2,5
267919,1	8573,41	16,2	54094,23	824,48	80,24	10,40	82,23	82,48	206,19	2,5
267919,1	8573,41	16	51471,97	804,25	83,28	10,66	85,30	82,48	206,19	2,5
267919,1	8573,41	15	39760,88	706,86	101,07	12,13	103,23	82,48	206,19	2,5

Cuadro 13. Valores de cálculo para el término “r”, dimensionamiento del radio del Pin de reversión

Según el cuadro 13 se elige un radio de 17 mm ó un diámetro *de 34 mm* para el pin de reversión

Con un material de *acero SAE 1045*

4.5.3.3. Dimensionamiento del pin en un diferencial ubicado en la sección transversal de máximo esfuerzo de corte y en la línea neutra de dicha sección

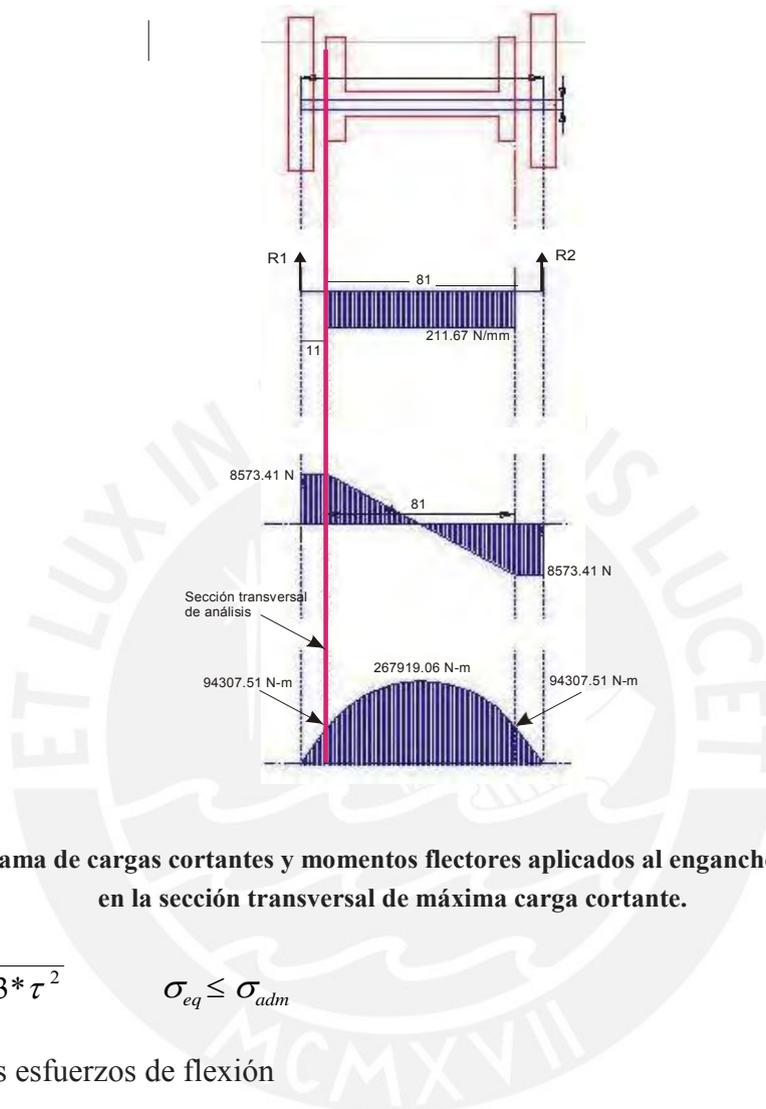


Fig. 52: Diagrama de cargas cortantes y momentos flectores aplicados al enganche de tres puntos en la sección transversal de máxima carga cortante.

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad \sigma_{eq} \leq \sigma_{adm}$$

Calculo de los esfuerzos de flexión

$$\sigma_{tracc} = \frac{Mc}{I_{xx}} = 0 \quad (\text{En la línea neutra de la sección transversal } C = 0)$$

Calculo de los esfuerzos de cortante

$$\tau = \frac{V \times Q}{I_{xx} \times t}$$

$$V = 8573.41 \quad (\text{del diagrama de cargas en la sección crítica})$$

$$Q = \int (y) dA = y \times A \quad (\text{por encima del diferencial de análisis})$$

Semicírculo superior encima de la línea neutra y probando con el radio elegido en los cálculos por flexión máxima se tiene:

$$y = \frac{4 \times r}{3 \times \pi} = \frac{4 \times 17}{3 \times \pi} = 7.22 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \times r^2}{2} = \frac{\pi \times 17^2}{2} = 453.96 \text{ mm}^2$$

$$Q = 3275.3 \text{ mm}^3$$

$$I_{xx} = \frac{\pi \times 17^4}{4} = 65597.39 \text{ mm}^4 \quad ; \quad t = 2 \times r = \phi = 34 \text{ mm}$$

$$\tau = \frac{V \times Q}{I_{xx} \times t} = \frac{8573.41 \times 3275.3}{65597.39 \times 34} = 12.59 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{0^2 + 3 \times 12.59^2} = 21.81 \text{ N/mm}^2 < 82.48 \text{ N/mm}^2 = \sigma_{comp}$$

∴ Se acepta el diámetro de 34 mm encontrado inicialmente

Calculo por la teoría de la Máxima Energía de Distorsión en la sección transversal de cortante máxima

M	V	r	I _{xx}	Área/2	Y	Q	Esf Cort	Esf Flex	Mohr	Esf Comp	SAE 1045	FS
94307,51	8573,41	17	65597,39	453,96	7,22	3275,3	12,591	0	21,81	82,48	206,19	2,5
94307,51	8573,41	16,2	54094,23	412,24	6,88	2834,4	13,865	0	24,01	82,48	206,19	2,5
94307,51	8573,41	16	51471,97	402,12	6,79	2730,7	14,214	0	24,62	82,48	206,19	2,5
94307,51	8573,41	15	39760,88	353,43	6,37	2250,0	16,172	0	28,01	82,48	206,19	2,5

Cuadro 14. Valores de cálculo para el término “r”, dimensionamiento del radio del Pin de Reversión

4.5.4. Dimensionamiento de la bocina interna

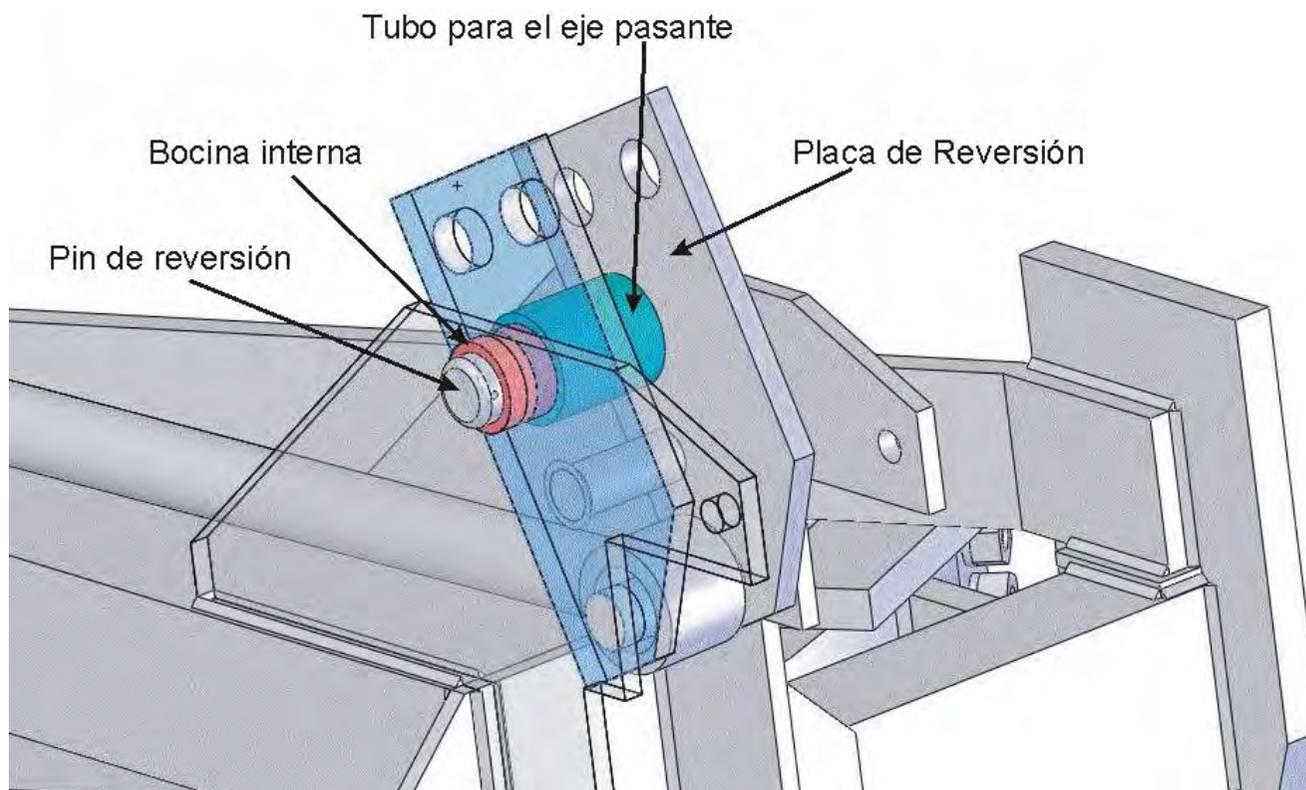


Fig. 53: Elementos de conexión entre el bastidor y la placa de reversión

4.5.4.1. Cálculo de la resistencia y diámetros interno y externo de la bocina

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad ; \quad \sigma_{eq} \leq \sigma_{adm}$$

- Análisis, en el extremo de la sección transversal, en el punto del momento máximo

$$M = 267919.06 \text{ N-m} \quad ; \quad V = 8573.41 \text{ N} \quad ; \quad c = r_{\max}$$

$$I_{xx} = \frac{\pi \times (r_{\max}^4 - r_{\min}^4)}{4} \quad ; \quad I_{xx} = 0.7854 \times (r_{\max}^4 - 17^4)$$

$$\sigma = \frac{M \times c}{I} = \frac{267919.06 \times r_{\max}}{0.7854 \times (r_{\max}^4 - 17^4)} \quad ; \quad \sigma_{flex} = \frac{341124.34 \times r_{\max}}{(r_{\max}^4 - 17^4)}$$

$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{8573.41}{\pi \times (r_2^2 - 17^2)} \quad ; \quad \tau = \frac{2729.0}{(r_2^2 - 17^2)}$$

$$\sigma_{tabla} = 125 \text{ N/mm}^2 \quad ; \quad FS = 2 \quad ; \quad \sigma(\text{Comparación}) = \frac{125}{2} = 62.5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sqrt{\left(\frac{341124.34 \times r}{(r^4 - 17^4)} \right)^2 + \left(\frac{2729}{(r^2 - 17^2)} \right)^2} = 62.5$$

Tablas para la solución de esta ecuación

(Espesor de la bocina):

M	V	r1	r2	Ixx	Área	Esf Flex	Esf Cort	Mohr	Comp	SAE 64	FS
267919.1	8573.41	17	20	60066.61	348.72	89.21	24.59	98.85	62.50	125.00	2
267919.1	8573.41	17	21	87147.98	477.52	64.56	17.95	71.66	62.50	125.00	2
267919.1	8573.41	17	22	118387.3	612.61	49.79	13.99	55.37	62.50	125.00	2
267919.1	8573.41	17	23	154189.7	753.98	39.96	11.37	44.55	50.00	125.00	2.5

Cuadro 15. Valores de cálculo para los términos “r1” y “r2”, dimensionamiento de la bocina de reversión

Análisis en la sección de carga cortante máxima, en la línea neutra de la sección transversal

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

$$\sigma_{eq} \leq \sigma_{adm}$$

Calculo de los esfuerzos de flexión

$$\sigma_{tracc} = \frac{Mc}{I_{xx}} = 0 \quad (\text{En la línea neutra de la sección transversal } C = 0)$$

Calculo de los esfuerzos de cortante

$$\tau = \frac{V \times Q}{I_{xx} \times t}$$

$$V = 8573.41 \quad (\text{del diagrama de cargas en la sección crítica})$$

$$Q = \int (y) dA = y \times A \quad (\text{por encima del diferencial de análisis})$$

Sector circular superior encima de la línea neutra y probando con el radio elegido en los cálculos por flexión máxima se tiene:

$$y_1 = \frac{4 \times r_1}{3 \times \pi} = 7.22 \quad ; \quad y_2 = \frac{4 \times r_2}{3 \times \pi} = 9.34$$

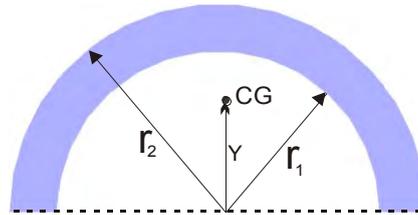
$$A_1 = \frac{\pi \times r_1^2}{2} = -454.0 \quad ; \quad A_2 = \frac{\pi \times r_2^2}{2} = 760.26 \quad ; \quad \Sigma(A) = 306.31$$

$$A_1 \times y_1 = -3275.33 \quad ; \quad A_2 \times y_2 = 7098.67 \quad ; \quad \Sigma(A \times y) = 3823.33$$

$$y = \frac{\Sigma(A \times y)}{\Sigma(A)} = 12.48$$

A continuación, se presenta la tabla correspondiente a la obtención del centroide de una sección circular como se muestra en el cuadro 16.

Cálculo del centroide de la sección transversal superior de la bocina.



r 1	r 2	A 1	A 2	y 1	y 2	(A1)(y1)	(A2)(y2)	S(yA)	S (A)	Y
2	3	6.283	14.1372	0.85	1.27	5.33	18.00	12.67	7.85	1.61
17	20	454	628.32	7.22	8.49	3275.33	5333.33	2058.00	174.36	11.80
17	21	454	692.7228	7.22	8.91	3275.33	6174.00	2898.67	238.76	12.14
17	22	454	760.2672	7.22	9.34	3275.33	7098.67	3823.33	306.31	12.48
17	23	454	830.9532	7.22	9.76	3275.33	8111.33	4836.00	376.99	12.83

Cuadro 16: Valores de cálculo para obtener el centro de gravedad de la sección media por encima del eje neutro de la sección transversal de la bocina

Calculo del I_{xx}

$$I_{xx} = \frac{\pi \times (r_2^4 - r_1^4)}{4}$$

$$I_{xx} = \frac{\pi \times (22^4 - 17^4)}{4} = 118387.3$$

Calculo del t

$$t = 2 \times (r_2 - r_1) = 10$$

Calculo del Esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{V \times Q}{I_{xx} \times t} = \frac{8573.41 \times 3615.4}{118387.3 \times 10} = 26.18 \text{ N/mm}^2$$

Mohr y la teoría de falla correspondiente:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \times \tau^2} ; \quad \sigma_{eq} = \sqrt{0^2 + 3 \times 26.18^2}$$

$$= 43.35 < 62.5 = \frac{125}{2.5}$$

Para un Bronce SAE 64 y un factor de seguridad de 2.5 se acepta una bocina de diámetros:

Diámetro externo = 22

Diámetro Interno = 17

Longitud = 116 mm

A continuación, se presenta la tabla (Cuadro 17) correspondiente a la obtención de los valores vistos en el análisis anterior.

Calculo de Mohr y la Teoría de Falla correspondiente en el diferencial de la línea neutra (Mx Esf cortante), Para la Bocina de cobre SAE 64.

M	V	r 1	r 2	I xx	Área/2	Y	Q=yA	Esf Cort	Esf Flex	Mohr	V comp.	SAE 64	FS
267919,1	8573,41	17	20	60066,61	174,36	11,80	2058,0	48,96	0	84,80	62,50	125,00	2
267919,1	8573,41	17	21	87147,98	238,76	11,80	2818,2	34,66	0	60,03	62,50	125,00	2
267919,1	8573,41	17	20,5	73112,15	206,17	11,80	2433,4	40,77	0	70,61	62,50	125,00	2
267919,1	8573,41	17	22	118387,3	306,31	11,80	3615,4	26,18	0	45,35	50,00	125,00	2,5
267919,1	8573,41	17	23	154189,7	376,99	11,80	4449,7	20,62	0	35,71	50,00	125,00	2,5

Cuadro 17. Valores de cálculo para los términos “r1” y “r2”, dimensionamiento de la bocina de reversión, por cortante máxima en un diferencial ubicado en el eje neutro de la sección transversal

4.5.4.2 cálculo de la bocina por compresión

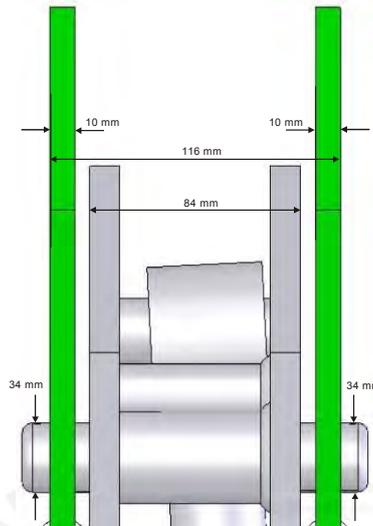


Fig. 54: Distancias y medidas necesarias para el cálculo de los esfuerzos a compresión en la bocina

$P_{\max} = 17146.82 \text{ N}$; Diámetro = 34 mm ; Long = $2 \times 10 = 20 \text{ mm}$

Esfuerzo de compresión máxima; material Bronce SAE 64 = $89.58 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$; $F_s = 2.5$

Calculo del Esf. Compresión

Área = $20 \times 34 = 680 \text{ mm}^2$

$$\sigma_{p \text{ con}} = \frac{17146.82}{680} = 25.21 < 35.84 = \frac{89.58}{2.5}$$

P (Máx.)	r	L	A	Esf comp.	V comp.	SAE 64	FS
17146,82	17	20	680	25,2	35,84	89,6	2,5
17146,82	17	20	680	25,2	25,60	89,6	3,5

Cuadro 18: Cuadro de comparación entre esfuerzos de compresión actuantes sobre la bocina y los esfuerzos de resistencia del material. SAE 64 con sus respectivos F.S.

Conclusión:

SAE 64

Diámetro mínimo = 34 mm

Diámetro máximo = 44 mm

Longitud = 116 mm

4.5.5. Barra de reversión (análisis por pandeo)

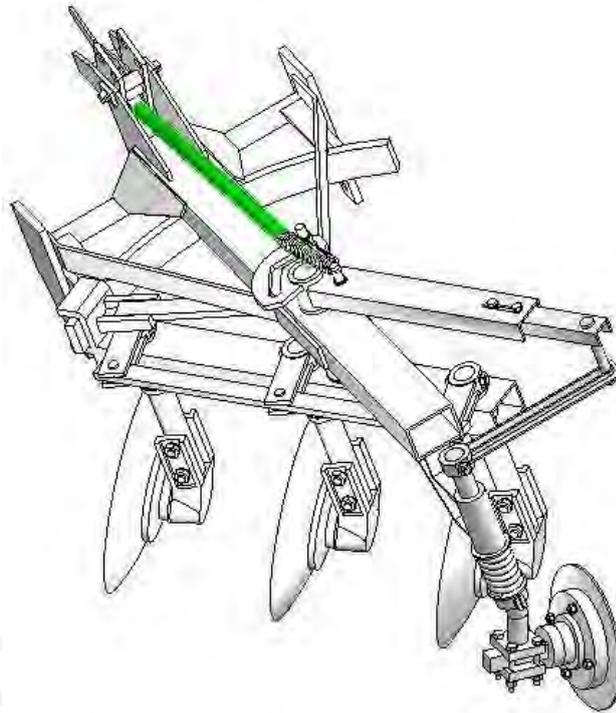


Fig.55: Barra de reversión resaltada para su análisis.

La fuerza la toma del mecanismo descrito anteriormente (placa de reversión) el cual empuja a la barra (fig. 55) en el instante en que el tractor empieza el levante del arado, debido a la resistencia que ofrece el peso por efecto de gravedad del arado y las inercias de la masa, esto hace que la fuerza se transmita, por efecto de palanca, de la placa a la barra y de este, a los mecanismos de reversión.

4.5.5.1. Cálculo de la barra por pandeo

Ecuación general:

$$O_p = \frac{\sigma_{material}}{F.S}$$

1. Cálculo de los esfuerzos provenientes de las cargas externas (σ_p) En función de λ

➤ **Carga externa aplicada a la barra:**

$$P_{ext} = 8061.99 \text{ N}$$

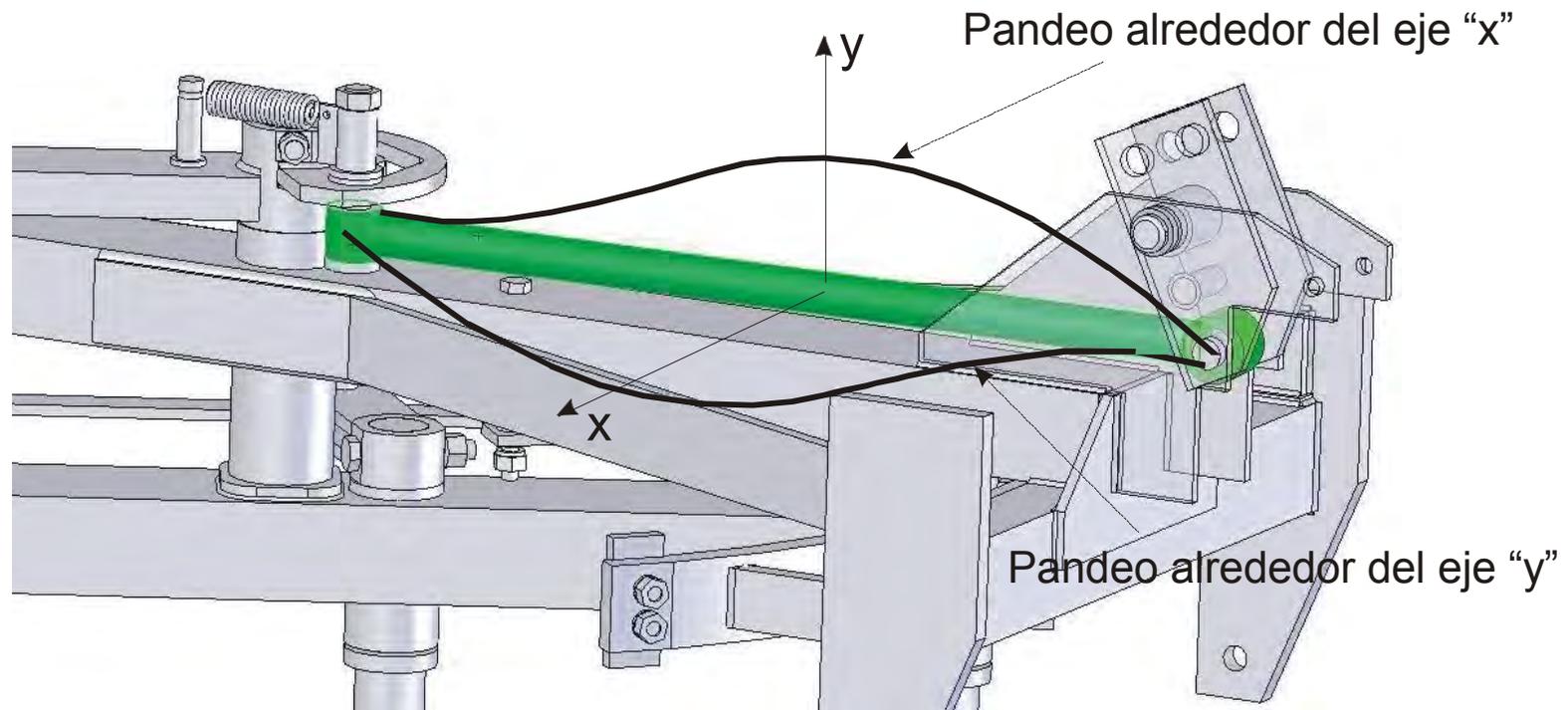


Fig.56: Posibles planos de pandeo de la barra de reversión

➤ **Geometría del elemento:**

• **Longitud crítica del elemento:**

De los planos probables de Pandeo del elemento (figura 56) se obtiene que, tanto, el valor d e la longitud crítica por el posible pandeo alrededor del eje x , como el valor de la longitud crítica por el posible pandeo alrededor del eje y son los mismos, siendo:

$$L_c = 0.7L_{total} = 0.7 \times 781 \text{ mm} ; L_c = 609.7 \text{ mm}$$

• **Sección transversal del elemento:**

$$I = \frac{1}{4} \times \pi \times r^4 = 0.7854 \times r^4$$

$$A = \pi \times r^2 = 3.1416 \times r^2$$

$$I = i^2 \times A \Rightarrow i = \sqrt{\frac{I}{A}} ; i = \sqrt{\frac{0.25 \times \pi \times r^4}{\pi \times r^2}}$$

$$i = 0.5 \times r$$

• **Relación de esbeltez del elemento λ**

$$\lambda = \frac{L_p}{i} = \frac{609.7}{0.5 \times r} ; \lambda = \frac{1219.4}{r} ;$$

$$r = \frac{1219.4}{\lambda}$$

➤ **Cálculo de los esfuerzos externos en función a la variable λ**

$$\sigma_{calc} = \frac{P_{ext}}{A} = \frac{P_{ext}}{\pi \times r^2} ; \sigma_{calc} = \frac{8061.99}{\pi \times \left(\frac{1219.4}{\lambda}\right)^2} ;$$

$$\sigma_{calc} = (1.7258 \times 10^{-3}) \times \lambda^2$$

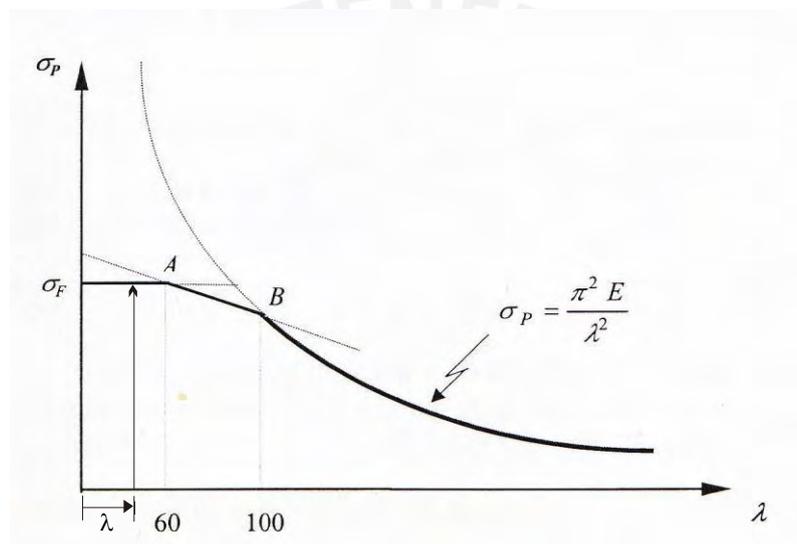
4.5.5.2. Esfuerzos provenientes de la respuesta del material y dimensionamiento del elemento.

1. Zona definida por fluencia del material.

En el caso de que la relación de esbeltez λ sea tan pequeña que el elemento falle por fluencia del material, antes que se produzca el pandeo del elemento.

$$\sigma_{ext} = \frac{\sigma_{material}}{F.S.}$$

Se asume que $\lambda < 60$



$\lambda < 60$

Se asume que $\lambda < 60$

Fig.57: El elemento falla por fluencia, antes que por pandeo

$$1.7258 \times 10^{-3} \times \lambda^2 = \frac{380}{8} \Rightarrow \lambda = 165.9$$

$\lambda > 60$ por lo tanto tenemos que probar si está en la segunda zona,

2 Zona indefinida por euler

a.- Método de TEDMAJER MODIFICADO

Para el material Acero St 60, los valores de las constantes son:

$$a_1 = 639.11$$

$$a_2 = -4.32$$

$$F.S. = 8$$

$$O_{admissible} = \frac{639.11 - 4.32 \cdot \lambda}{8}$$

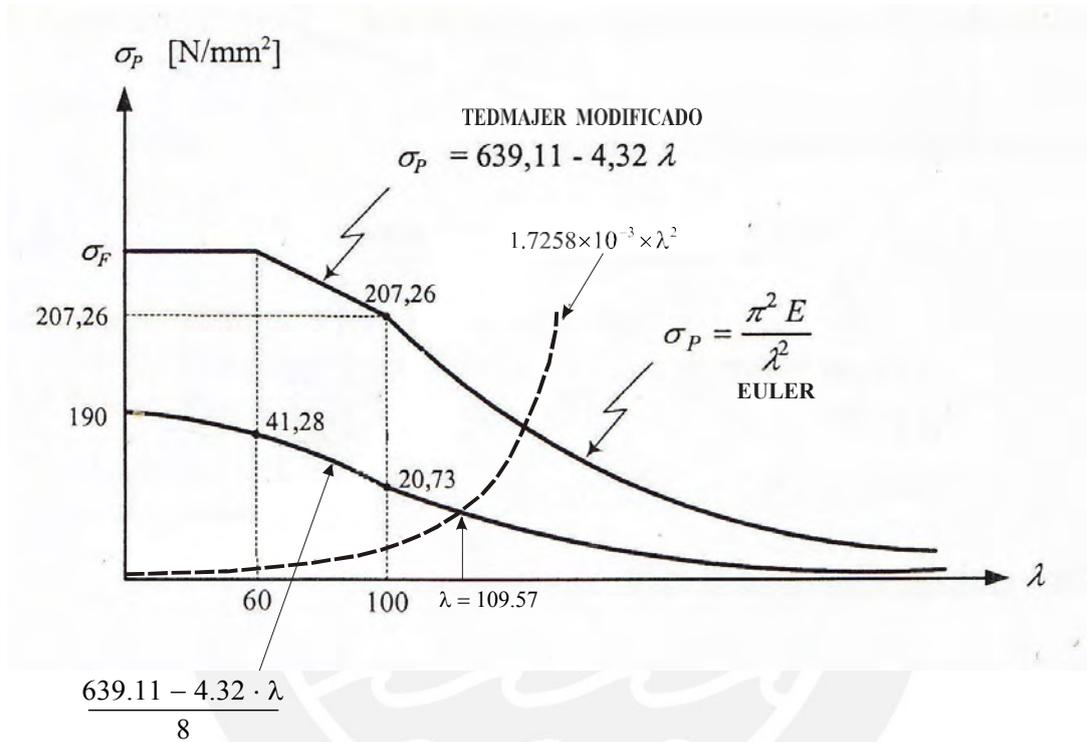


Fig.58: Grafica definida para un landa ubicada en la zona de TEDMAJER MODIFICADO

$$1.7258 \times 10^{-3} \times \lambda^2 = \frac{639.11 - 4.32 \cdot \lambda}{8}$$

$$\lambda = 109.57 \quad \lambda > 100 \Rightarrow$$

Este valor excede el valor máximo de la zona determinada por este método por lo que se tendrá que hacer el cálculo en la zona de EULER

b.- Método de JOHNSON

$$O_{admissible} = \frac{\sigma_{material} - K \cdot \lambda^2}{F.S.}$$

$$\sigma_{fluencia} = 380 \text{ N/mm}^2$$

Módulo de elasticidad para un Acero St 60 E = 2.1×10^5

$$K = \frac{\sigma_f^2}{2.4 \times (4 \times \pi^2 \times E)} \quad (\text{Valor afectado por el tipo de apoyo en los extremos})$$

$$K = \frac{380^2}{2.4 \times (4 \times \pi^2 \times 2.1 \times 10^5)} ; \quad K = 8.538 \times 10^{-3}$$

$$\sigma_p = 380 - 8.538 \times 10^{-3} \cdot \lambda^2$$

$$\sigma_{admisible} = \frac{380 - 8.538 \times 10^{-3} \times \lambda^2}{8}$$

$$1.7258 \times 10^{-3} \times \lambda^2 = \frac{380 - 8.538 \times 10^{-3} \times \lambda}{8}$$

$$\lambda = 130$$

Valor del λ límite entre las zonas JOHNSON – EULER

$$\lambda_{JE} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E \times 2.4}{\sigma_f}} \quad (\text{Valor afectado por el tipo de apoyo en los extremos})$$

$$\lambda_{JE} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times (2.1 \times 10^5) \times 2.4}{380}} = 161.804$$

$$\text{Para } \lambda = 161 ; \quad \sigma_p = 380 - 8.538 \times 10^{-3} \cdot \lambda^2 = 156.47$$

$$\lambda < \lambda_{JE}$$

El dimensionamiento se hará por el método de JOHNSON

$$\lambda = 130 = \frac{1219.4}{r} \Rightarrow r = 9.38 \text{ mm}$$

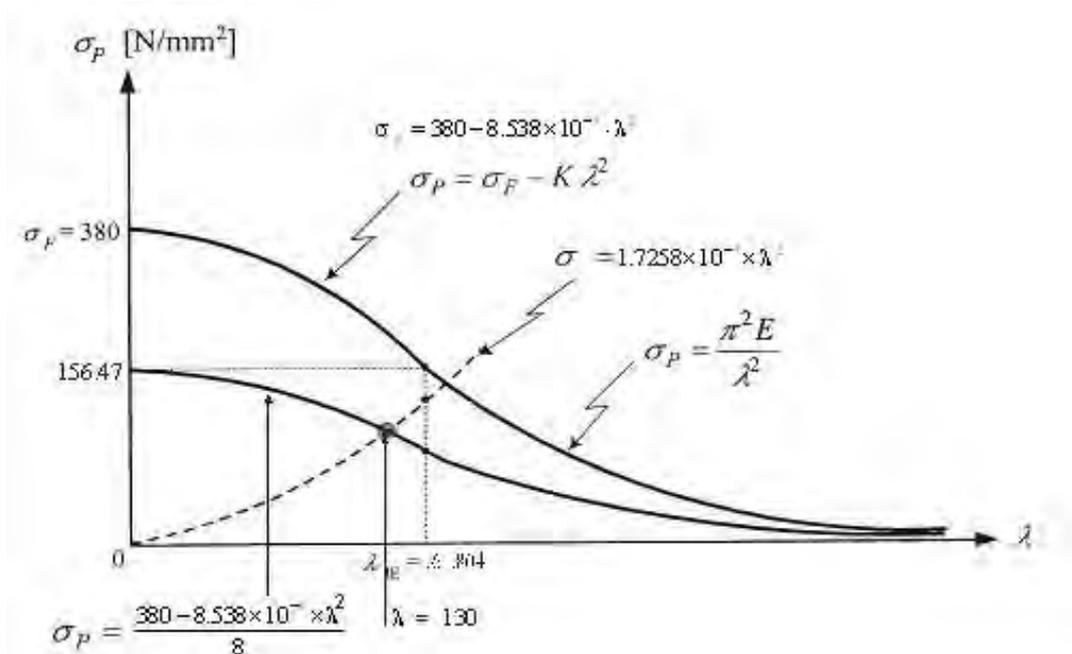


Fig.59: Grafica definida para una lancha ubicada en la zona de JOHNSON

Caso de que el valor del λ_{JE} no sea afectado por el tipo de apoyo en los extremos

$$\lambda_{JE} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E}{\sigma_f}} \quad (\text{Valor NO afectado por el tipo de apoyo en los extremos})$$

$$\lambda_{JE} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times (2.1 \times 10^5)}{380}} = 104.44$$

$$\lambda_{JE} = 104.44 \quad \text{y} \quad \lambda = 130$$

Con lo que $\lambda > \lambda_{JE}$ Se tendrá que calcular el dimensionamiento en la zona definida por EULER.

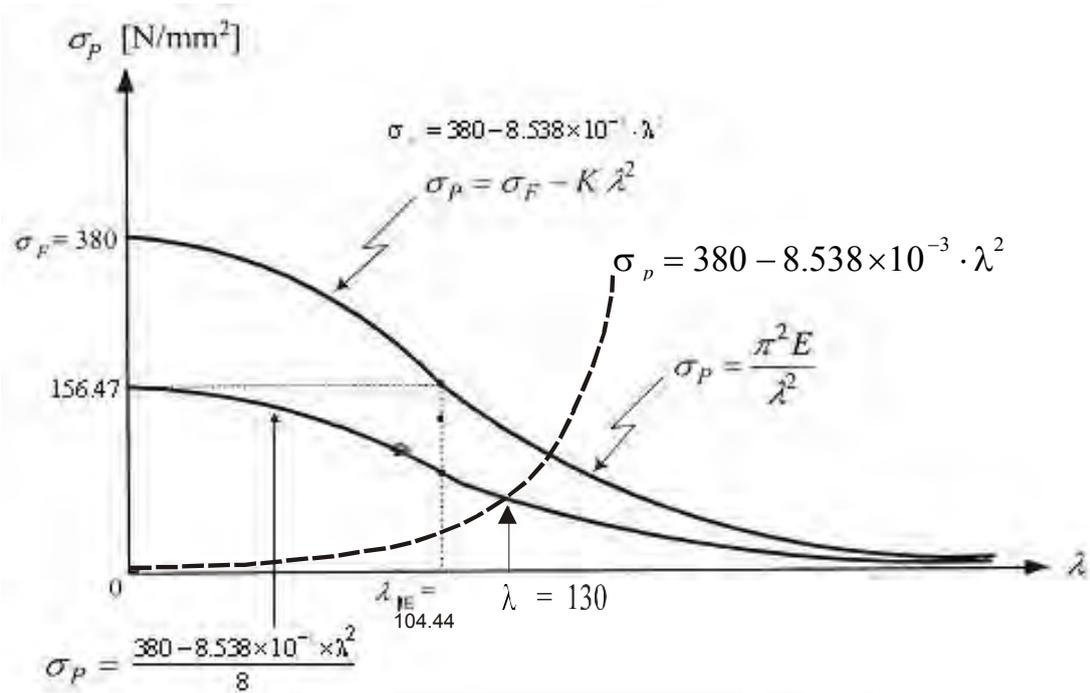


Fig.60: Grafica definida para una landa ubicada en la zona de EULER

Zona indefinida por Euler

$$\sigma_{admissible} = \frac{2.4 \times \pi^2 \times E}{F.S \times \lambda^2} \quad (\text{Valor afectado por el tipo de apoyo en los extremos})$$

$$1.7258 \times 10^{-3} \times \lambda^2 = \frac{2.4 \times \pi^2 \times 2.1 \times 10^5}{8 \times \lambda^2}$$

$$\lambda = 132.287$$

$$\lambda = 132.287 = \frac{1219.4}{r} \Rightarrow r = 9.2178 \text{ mm}$$

El dimensionamiento por EULER y por JOHNSON casi son los mismos, por lo que se puede aproximar a un solo diámetro mínimo de 20 mm

C.- Cálculo de la fuerza crítica

La carga crítica, es decir la carga con la cual la columna va a comenzar a pandearse es de:

$$F_{\text{critica}} = \frac{2.04 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2 \cdot FS}$$

$$F_{\text{critica}} = \frac{2.04 \cdot \pi^2 \cdot 210000 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot 10.58^4 \right)}{871^2 \cdot 8}$$

$$F_{\text{critica}} = 8065.65 \text{ N} > 8061.99 \text{ N} = F_{\text{externa}}$$

C

r	I	E	C. Borde	Pi	L	FS	F. critica	F Externa
11	11499,04	210000	2,4	3,1416	871	8	9424,70	8061,99
10,58	9840,87	210000	2,4	3,1416	871	8	8065,65	8061,99
11	11499,04	210000	2,4	3,1416	871	9	8377,51	8061,99
12	16286,05	210000	2,4	3,1416	871	10	10678,54	8061,99

Cuadro 19: Calculo de la fuerza crítica para distintos valores de “r” y “FS”

4.5.6. Bulón deslizante (fuerzas y dimensionamiento)

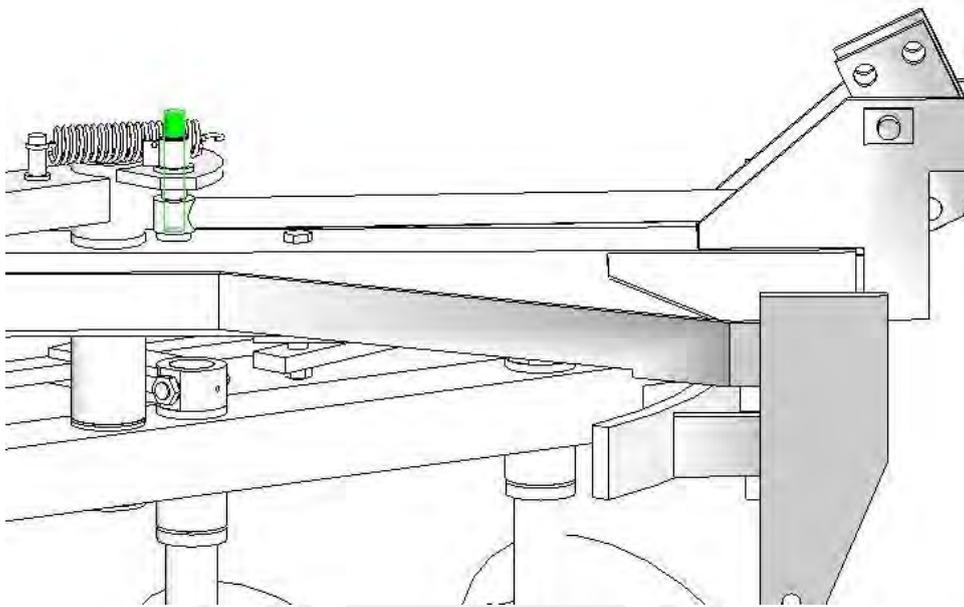


Fig. 61: Bulón deslizante resaltado para su análisis

El bulón deslizante, resaltado en la figura 61, es el elemento donde se transforma las fuerzas de empuje, provenientes de la barra de reversión, en el momento actuante para la reversión de los discos.

4.5.6.1. Análisis de la mecánica del proceso de reversión referido al elemento deslizante

1.- En el levantamiento la fuerza del brazo de reversión lo empuja, provocando el momento de reversión de los discos a la vez que el resorte lo jala inicialmente con 7188.96 N de fuerza la cual disminuye al reducirse la longitud de deformación del disco

2.- El proceso de aradura se inicia con lo que el bulón es jalado por la barra de reversión con una fuerza igual a 7237.66 N con lo que el bulón se coloca en el vértice medio de su recorrido y jalando el resorte con lo que aumenta su fuerza de tracción nuevamente a 7188.96 N el cual aún es vencido por la fuerza del resorte que es mayor

3.- Se inicia el trabajo de aradura a velocidad constante y en línea recta, por lo que las inerciales iniciales desaparecen y la barra disminuye su fuerza de tracción hacia el bulón hacia un valor algo menor de 7188.96 N con lo que esta vez es menor a la fuerza de tracción del resorte, de manera que lo jala al bulón hacia su posición de trabajo.

4.5.6.2. Diagrama de fuerzas y momentos en el bulón deslizante en el instante del levantamiento del arado y reversión de los discos

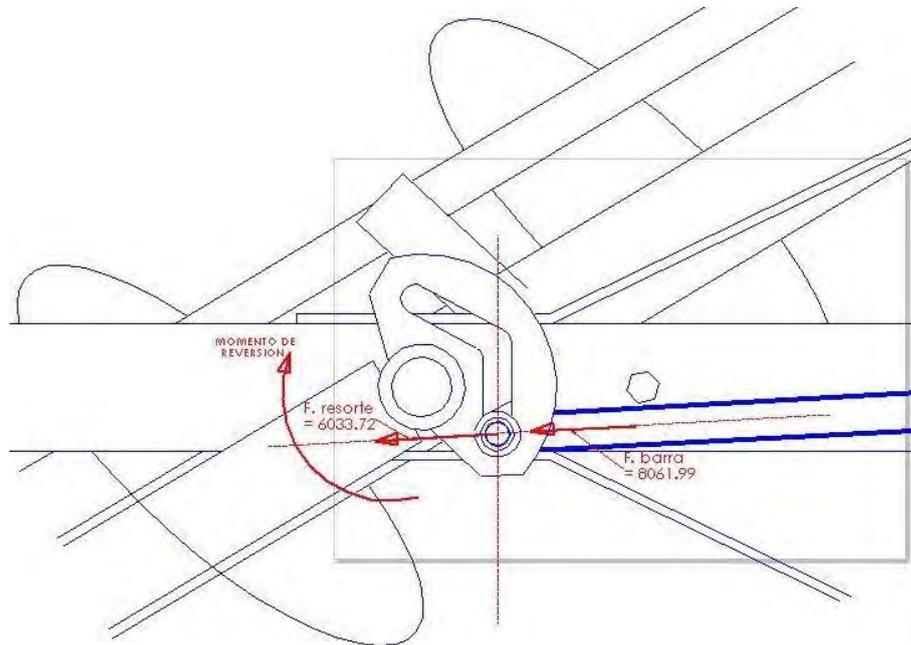


Fig. 62: Representación de fuerzas y momentos en el bulón deslizante en el instante del levantamiento

- En la figura 62, se debe aclarar lo siguiente:
- Se observa que la barra de reversión le proporciona el momento de reversión en el plano horizontal, esto es lo que revierte los discos.
- Esta es la posición de trabajo en que el arado trabaja a velocidad constante y en línea recta, hasta que se produce la reversión
- En la figura 62, se observa también que es la posición del instante inicial en que empieza la reversión de los discos del arado como consecuencia del levantamiento del mismo.
- En la fuerza del arado está considerado las inerciales del inicio del levantamiento.
- Producida la reversión el arado debe colocarse en el otro extremo de los vértices de su carrera de reversión para este efecto actúan las inerciales del inicio del movimiento de aradura y las fuerzas del resorte.

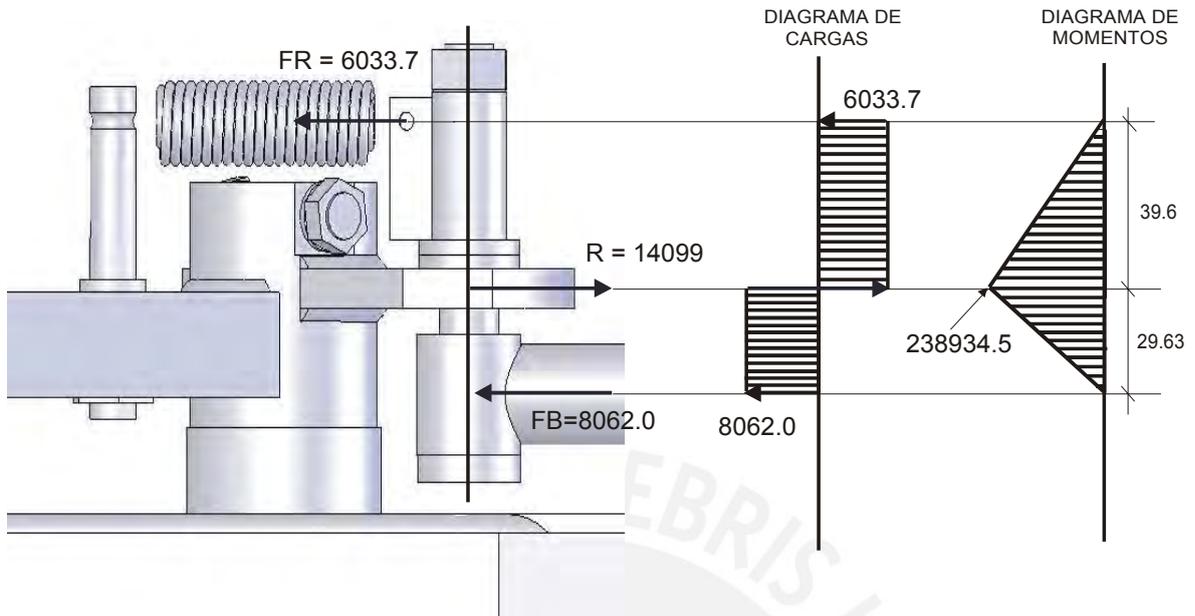


Fig. 63: Diagrama de fuerzas y momentos en el instante del levantamiento del arado

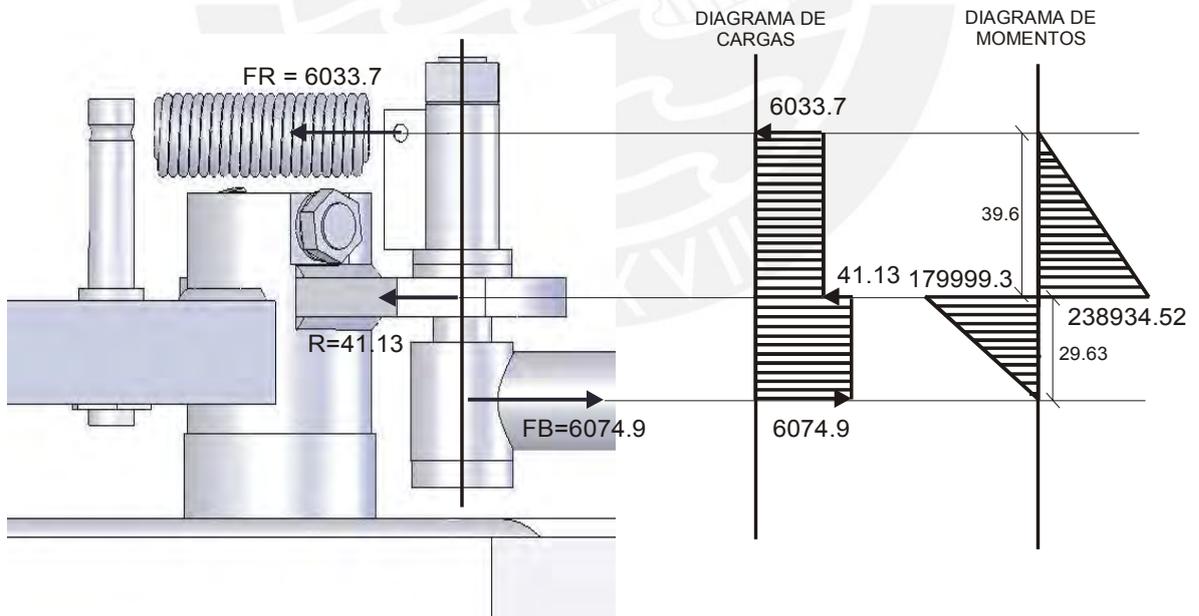


Fig. 64: Diagrama de fuerzas y momentos en el instante del inicio del trabajo de aradura

4.5.6.3. Esfuerzos y dimensionamiento del bulón deslizante

ESFUERZOS EN FLEXION

$$\sigma_{flexion} = \frac{M \times c}{I_{xx}} \quad ; \quad \sigma_{flexion} = \frac{238934.5 \times \left(\frac{d}{2}\right)}{\left(\frac{\pi \times d^4}{64}\right)}$$

ESFUERZOS EN CORTE

$$\tau_{corte} = \frac{V}{A} = \frac{14095.71}{\pi \times \left(\frac{d^2}{4}\right)}$$

CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS EQUIVALENTES

$$\sigma_{fluencia} = 206.19 \text{ N/mm}^2 \quad ;$$

$$Fs = 2.5$$

$$\sqrt{\left(\frac{2433766.83}{d^3}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{17947.2}{d^2}\right)^2} = \frac{206.19}{2} \quad ;$$

$$\phi = 26 \text{ mm}$$

Los cálculos correspondientes en hoja de cálculo Excel se muestran a continuación:

Cálculo de Mohr por Flexión Máxima en el extremo sección Transversal

M	V	r	I _{xx}	Área	Esf Flex	Esf Cort	Mohr	Comp	SAE 1045	FS
238934.5	14095.7	16	51471.97	804.25	74.27	17.53	80.24	82.48	206.19	2.5
238934.5	14095.7	15	39760.88	706.86	90.14	19.94	96.53	103.10	206.19	2
238934.5	14095.7	14.67	36375.70	676.10	96.36	20.85	102.90	103.10	206.19	2
238934.5	14095.7	17	65597.39	907.92	61.92	15.53	67.51	68.73	206.19	3

Cuadro 20. Valores numéricos de cálculo para el termino D" (diámetro del bulón deslizante)

**Cálculo de Mohr en el diferencial de la línea neutra (Mx Esf cortante)
en la carga cortante máxima del diagrama**

3	V	r	I _{xx}	Área/2	Y	Q	Esf Cort	Esf Flex	Mohr	Esf Comp	SAE 1045	FS
238934.5	14095.7	12	16286.05	226.20	5.09	1152.0	41.544	0	71.96	82.48	206.19	2.5
238934.5	14095.7	8	3217.00	100.53	3.40	341.3	93.475	0	161.90	103.10	206.19	2
238934.5	14095.7	7.85	2982.42	96.80	3.33	322.5	97.081	0	168.15	103.10	206.19	2
238934.5	14095.7	13	22431.81	265.47	5.52	1464.7	35.399	0	61.31	68.73	206.19	3

Cuadro 21. Valores numéricos de calculo para el termino D” (diámetro del bulon deslizante)

4.5.7. Brazo de reversión (espesor de placa y espesor de soldadura)

4.5.7.1. Dimensionamiento del espesor de la placa del brazo de reversión

- Diagrama de Fuerzas

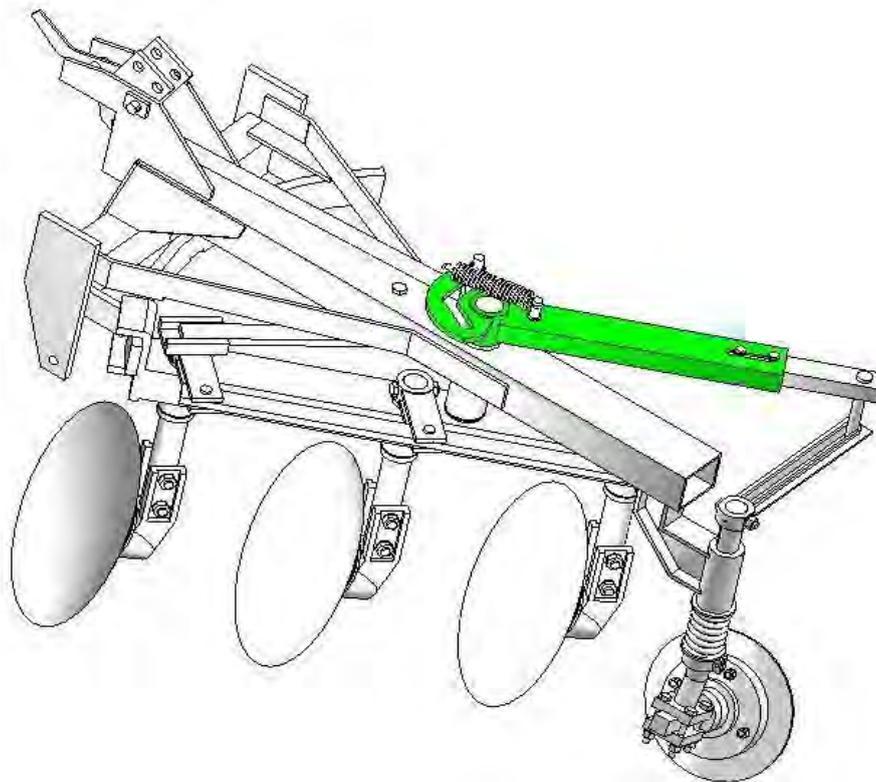


Fig. 65: Brazo de reversión resaltado para su análisis

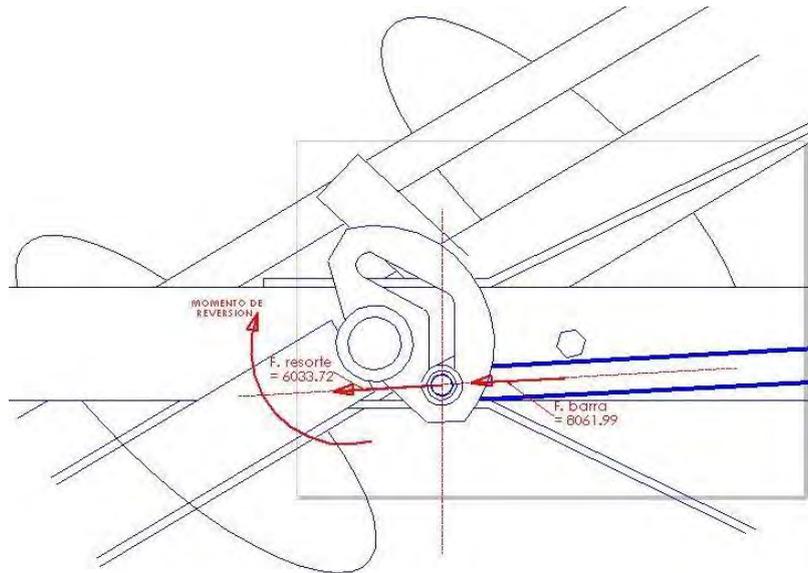


Fig. 66: Esquema de fuerzas y momentos aplicados al brazo de reversión (a)

Para el análisis del espesor del brazo de reversión se considera las gráficas de carga cortante que se realizó en el dimensionamiento del Bulón deslizante (figura 63 y 64), esto es porque son las mismas fuerzas de acción y reversión entre el Bulón deslizante y la placa a la que le es aplicada la fuerza proveniente del Bulón, En este capítulo solo se ha presentado los gráficos representando el elemento en análisis y el de aplicación de las fuerzas, no se ha presentado los gráficos de carga cortante para no repetir las anteriores gráficas.

- Cálculo de los Esfuerzos por Aplastamiento

$$\sigma_x = \frac{F_x}{A} \quad \sigma_y = \frac{14095.71}{24.9 * t} \quad \sigma_z = \frac{566.093}{t}$$

Si tenemos el mismo material propuesto CK45 y un $F_s = 3$ entonces:

$$\frac{566.093}{t} \leq \frac{400}{3} \quad \text{de donde: } t = 4.24 \text{ mm} \quad t = 5 \text{ mm}$$

Espesor del brazo de reversión (Cálculo por aplastamiento)

F. resorte	F. barra rev	F. result	L contac	Espes. Placa	Área	Esf. Aplast	Esf fluenc	Fs	Esf comp	Esf. Calculo
6033,72	8062,00	14095,72	26,38	4	105,52	133,58	400	3	133,33	133,58
6033,72	8062,00	14095,72	13,19	8	105,52	133,58	400	3	133,33	133,58

Cuadro 22. Valores numéricos de cálculo para el termino PLACA” (Espesor de placa)

4.5.7.2. Cálculo del espesor de soldadura (unión entre el brazo y la placa del brazo de reversión)

- Fuerzas y distancias respecto al centro de gravedad de la soldadura

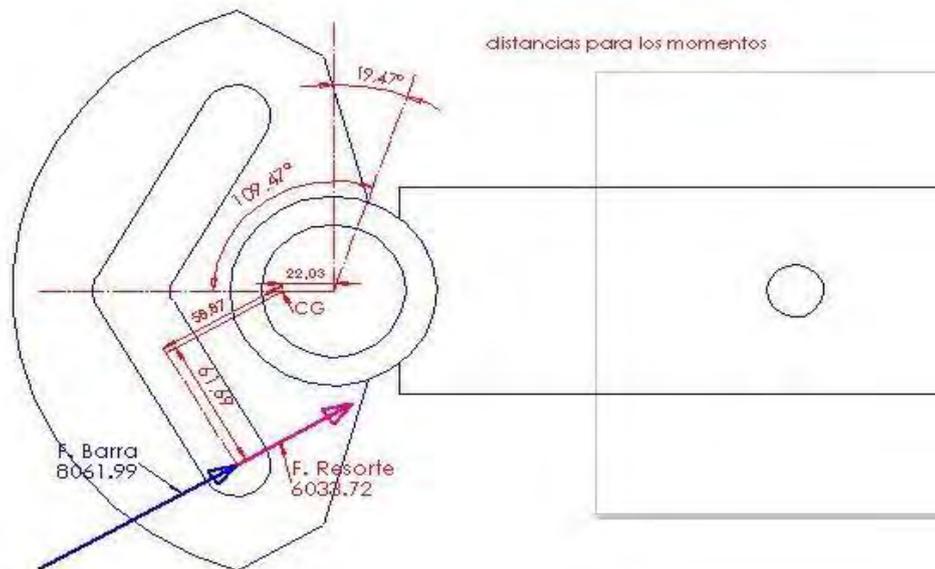


Fig. 67: Esquema de fuerzas aplicadas al brazo de reversión (b)

- Sistema equivalente de fuerzas y momentos

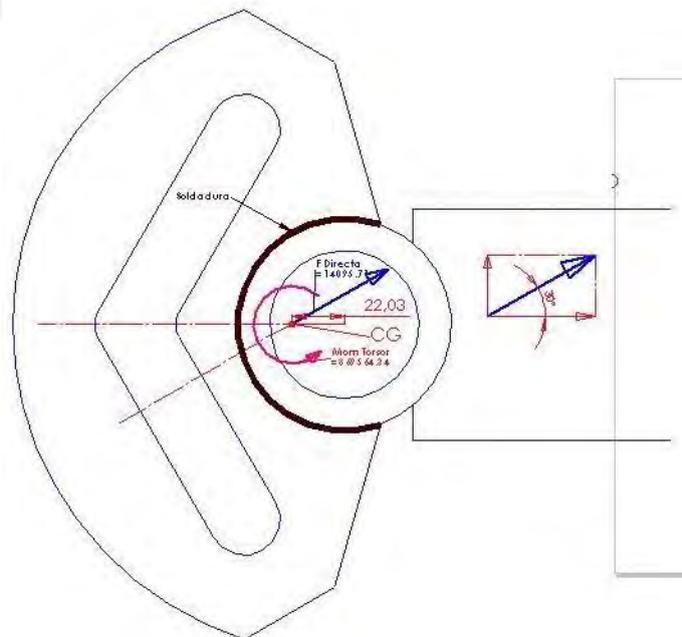


Fig. 68: Sistema equivalente de fuerzas y momentos

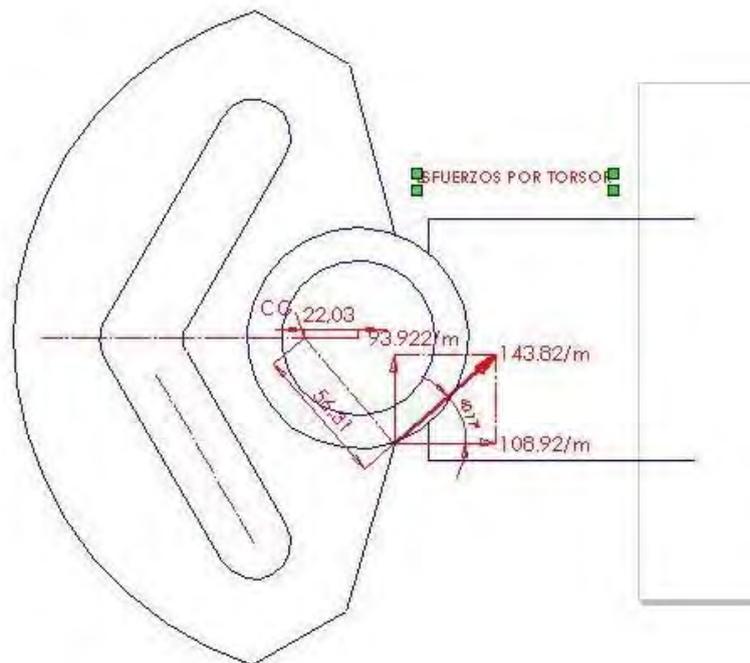


Fig. 69: Esfuerzos por torsión

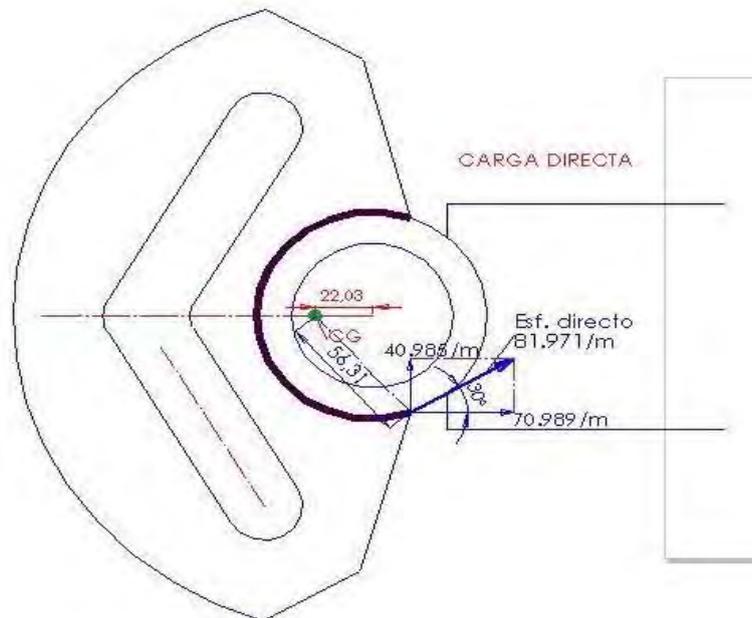


Fig. 70: Esfuerzos por carga directa

- Esfuerzos máximos resultantes en el punto crítico del cordón de soldadura

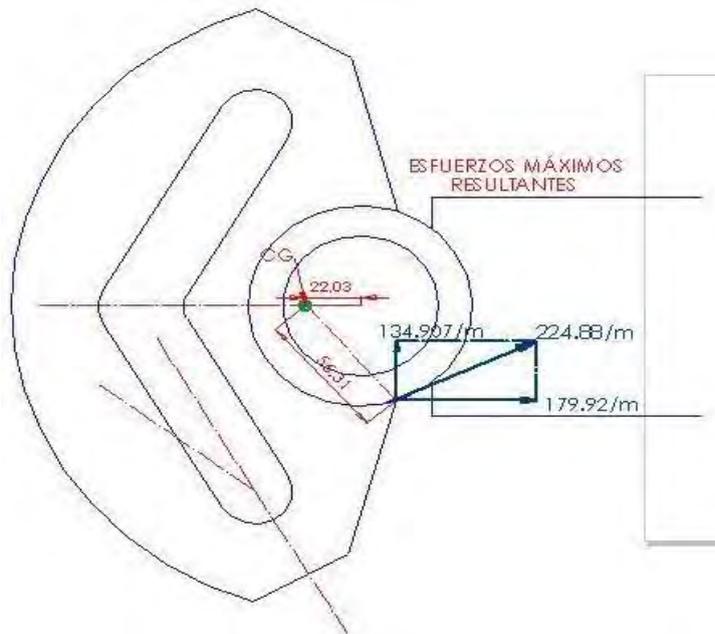


Fig. 71: Esfuerzos máximos resultantes

Cálculo de los esfuerzos cortantes por torsor

Cálculo por el método de Línea (soldadura por los dos lados)

$$\tau_{torsor} = \frac{M \times c}{2 \times J \times m}$$

$$M = F_B \times d$$

$$M = 14095.72 \times 61.69 \quad \Rightarrow \quad M = 869565.23 \text{ N-mm}$$

$c = 56.32$; $m =$ espesor del cordón de soldadura

Cálculo del "J"

$$J = r^3 \left[\frac{\pi - 4}{\pi} \right] \quad ; \quad J = 45^3 \left[\frac{\pi - 4}{\pi} \right] \quad J = 170253.677 \text{ mm}^4$$

$$\tau_{torsor} = \frac{869565.23 \times 56.32}{2 \times 170253.67 \times m} \quad \tau_{torsor} = \frac{143.82}{m}$$

$$\tau_{tx} = \frac{143.82}{m} \times \cos(40.77) = \frac{108.925}{m}$$

$$\tau_{tx} = \frac{143.82}{m} \times \text{sen}(40.77) = \frac{93.922}{m}$$

Cálculo de los esfuerzos cortantes directos

$$\tau_{torsor} = \frac{F_x}{L \times m} \quad F_x = 14095.71 \quad L = 171.96 \text{ mm}$$

m = espesor de soldadura

$$\tau_{torsor} = \frac{14095.71}{171.96 \times m} \quad \tau_{torsor} = \frac{81.971}{m}$$

$$\tau_x = \frac{70.989}{m} \quad \tau_y = \frac{40.985}{m}$$

$$\tau_{resultX} = \frac{108.93}{m} + \frac{70.99}{m} = \frac{179.92}{m}$$

$$\tau_{resultY} = \frac{93.922}{m} + \frac{40.985}{m} = \frac{134.907}{m}$$

$$\tau_{result} = \sqrt{\left(\frac{179.92}{m}\right)^2 + \left(\frac{134.907}{m}\right)^2} \quad \tau_{result \tan te} = \frac{224.88}{m}$$

$$\frac{224.88}{m} \times 1.8 = 0.8 \times 0.8 \times 170 \quad m = 3.72 \quad \Rightarrow$$

$$\frac{3.72}{\text{sen}45} = 5.26 \text{ mm}$$

Espesor de soldadura = 5 mm

4.5.8. Resorte de enclenchamiento del bulón deslizante

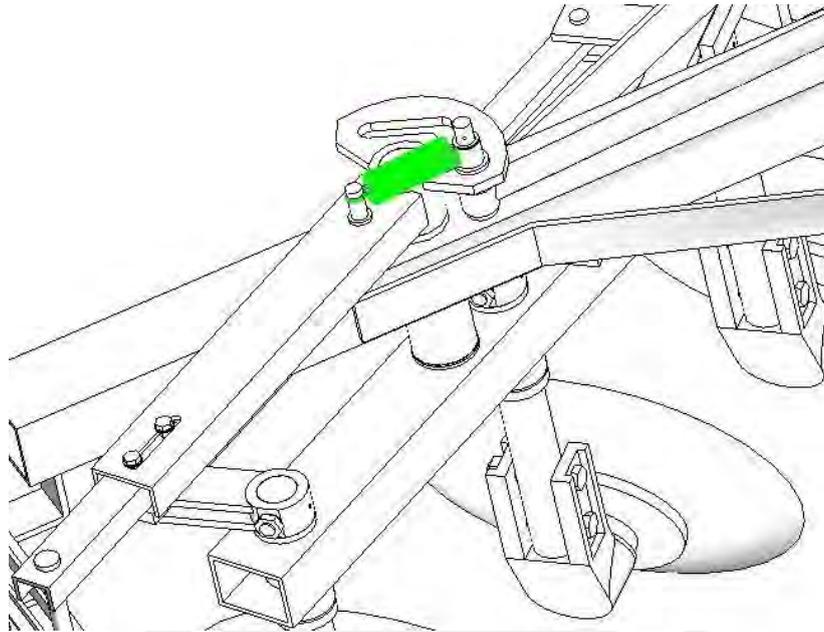


Fig. 72: Ubicación del elemento de análisis dentro del arado

Para el diseño y cálculo de este elemento (Fig. 72) se realiza primero un análisis de fuerzas en los dos puntos en que se coloca el bulón deslizante. En el punto uno (Fig. 74) ya se realizó la reversión de los discos y el arado empieza a trabajar, con lo que se genera una fuerza de tracción en la barra hacia el bulón deslizante, el análisis de fuerza en el resorte indica que en esa posición la fuerza de tracción, del resorte es prácticamente perpendicular al movimiento.

En el punto dos (A), (vértice de la corredera), (Fig. 74) al llegar a este punto la fuerza de tracción de la barra llega a ser perpendicular al movimiento en la nueva dirección que va a empezar (pasando el vértice), con lo que la fuerza de enclenchamiento del bulón (obtenida de la barra) finaliza en este momento. Además, la fuerza del resorte se ha ido incrementando, debido a que aumenta una de las componentes de la tracción del resorte en la línea de movimiento, pero contraria al movimiento del bulón, lo que le resta fuerza inercial y evita el golpe del bulón en el cambio de dirección de la corredera.

En el punto dos (B) (Fig. 75) es un instante después de pasar el vértice, en ese momento, la fuerza determinante es una de las componentes de la fuerza de tracción del resorte la que lleva el bulón hasta la posición final de enclenchamiento y en el que la fuerza de tracción de la barra es prácticamente perpendicular al posible movimiento del bulón, por lo que el resorte mantiene al bulón en esa posición, hasta que se produzca nuevamente la reversión. (Fig. 75)

Análisis de fuerzas

El análisis de fuerzas se realizará de la siguiente manera:

- 1.- En la placa de reversión, debido a que ahora la placa estará en una posición diferente a la que se encontraba en los anteriores análisis. (Fig. 73)
- 2.- En el bulón deslizante, con la fuerza de tracción obtenida de la nueva posición de la placa

4.5.8.1. Análisis de cargas en la placa de reversión (nueva posición)

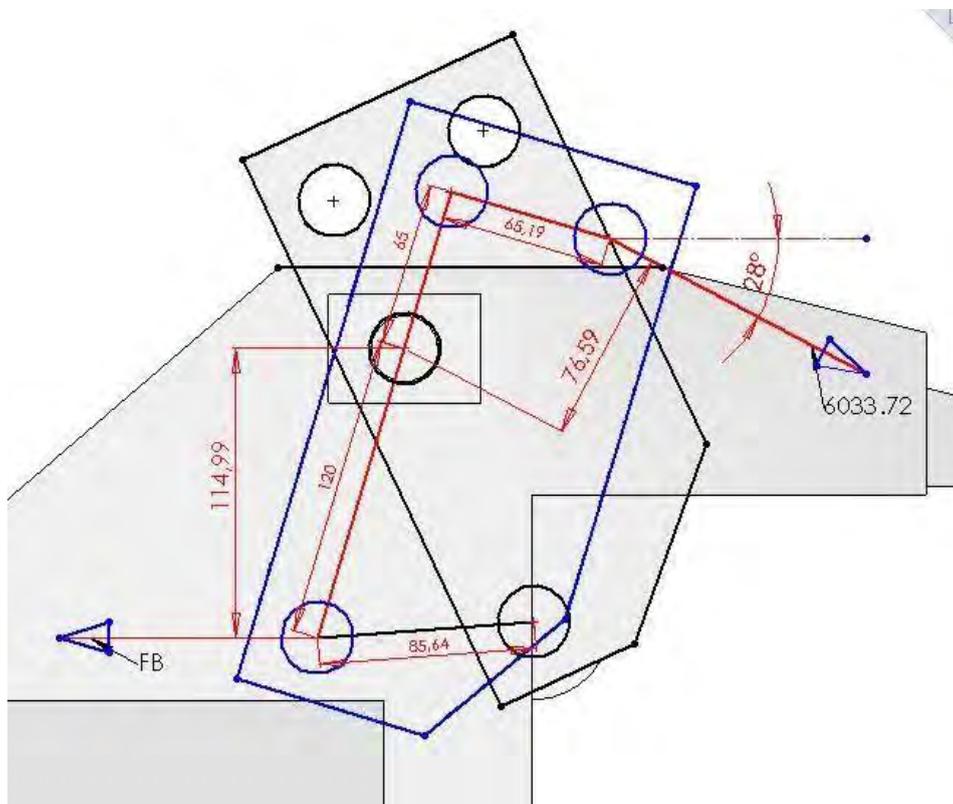


Fig.73: Esquema de fuerzas y distancias respecto al centro de giro en la placa

De la figura 73 se tiene que tomando momentos en el pin central.

$$6033.72 \times 76.59 = FB \times 114.99$$

$$\text{De donde } FB = \mathbf{4018.32 \text{ N}}$$

Esta fuerza es solo referencial porque es la que inicia el movimiento, pero esta se topa en el vértice y prácticamente se anula, después actúa la fuerza del resorte y esta es independiente a la fuerza de tracción de la barra, esta fuerza solo debe de ser suficiente

para que continúe el movimiento y lo encoche en el extremo superior de la corredera. (Figura 74)

Análisis en los diferentes puntos de posición del bulón deslizante: (figura 74).

- Fuerzas en el resorte en el punto 1 (empieza el movimiento de enclenchamiento del bulon deslizante) (Figura. 74)
- Fuerzas en el resorte en el punto 2 (A) (final de la línea de movimiento en el vértice)

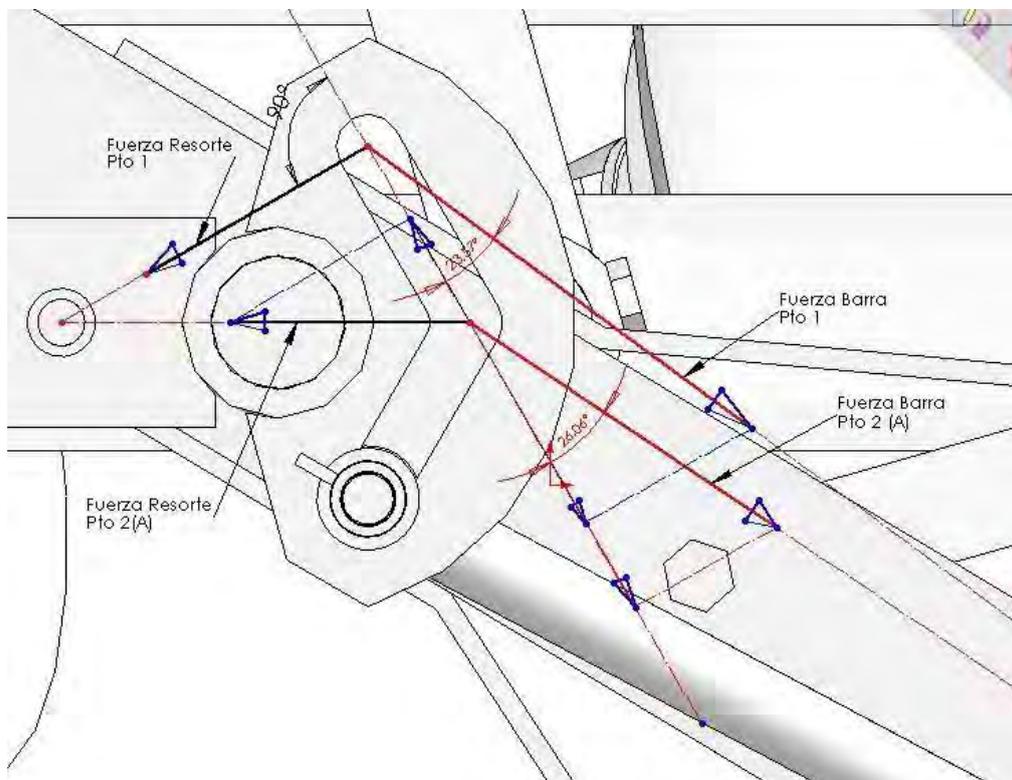


Fig. 74: Esquema de fuerzas relacionadas al resorte en análisis (a)

En la siguiente figura 75, se ve las fuerzas del resorte y de la barra de reversión en el punto 2(B), se inicia el movimiento en la siguiente dirección de la corredera.

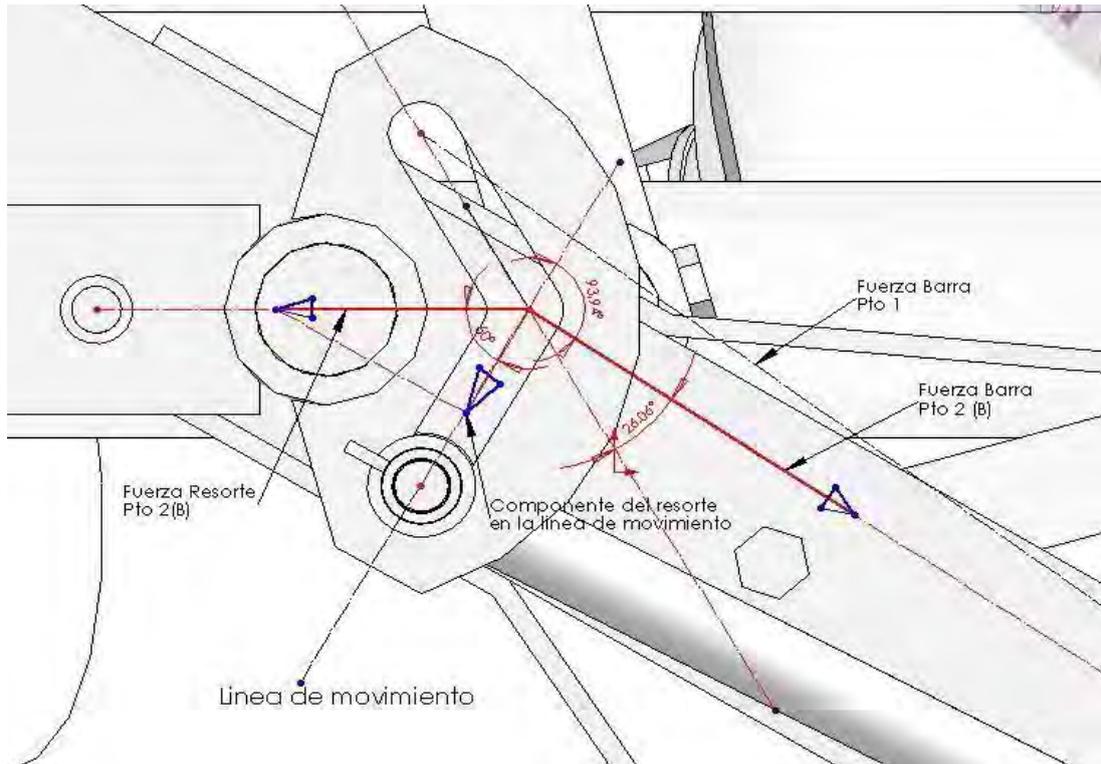


Fig. 75: Esquema de fuerzas relacionadas al resorte en análisis (b)

- Análisis de fuerzas en el punto 2 (B)
- Fuerza de inicio movimiento: $F_{\text{barra}} \times \cos 23.57^\circ = 4018.32 \times \cos 23.57^\circ = 3683.08 \text{ N}$
revers
- Y esta fuerza disminuye hasta llegar al vértice de la corredera, en la que es perpendicular al movimiento, (Fig. 74 y Fig. 75)
- De allí para adelante actúa la inercia del movimiento anterior y la componente del resorte Fig. 2B para continuar moviendo el bulon deslizante hasta el final debido a esto no se necesita gran fuerza en la componente del resorte
- La fuerza del resorte será la quinta parte de la componente de la barra en el inicio del movimiento, esto es: $3683.08/5 = 695.43 \text{ N}$ y la componente en la dirección del movimiento es de $695.43 \times \cos 60^\circ = 347.715 \text{ N}$

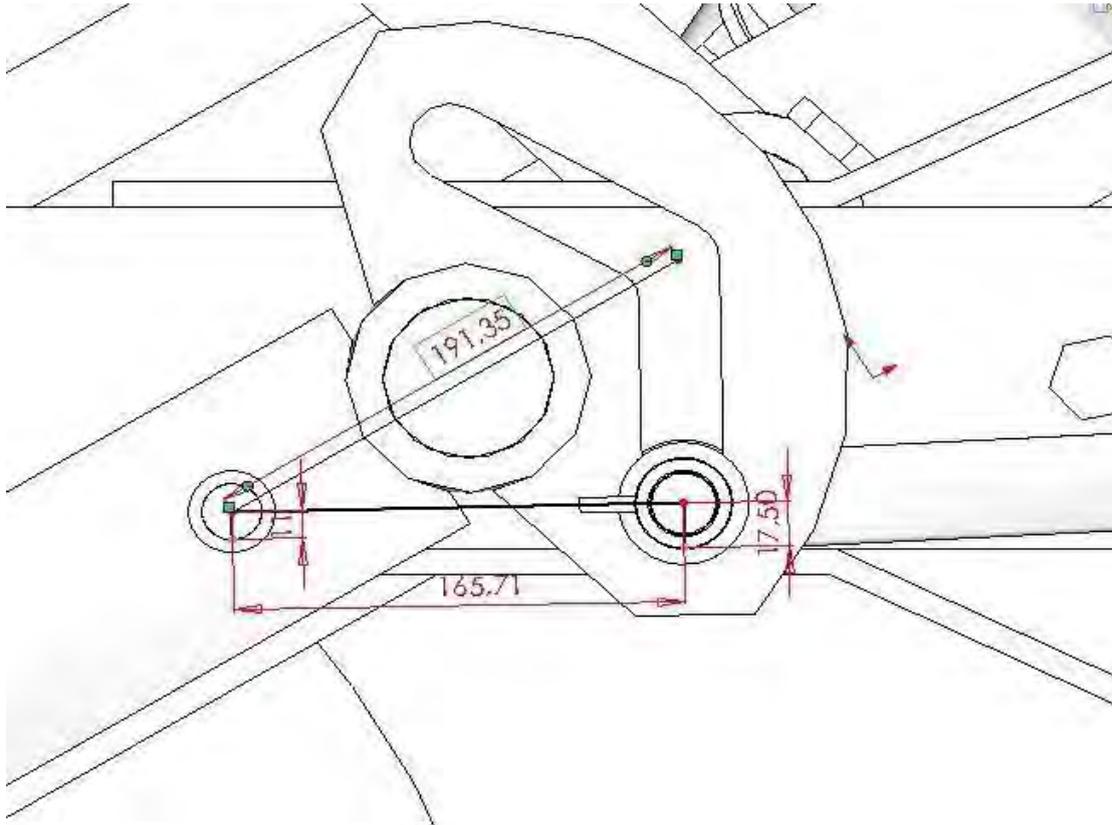


Fig. 76: Medidas útiles para el diseño del resorte

4.5.8.2. Dimensionamiento y elección del resorte

El libro que se utilizó para las tablas y los cálculos fueron M.F. SPOTTS y J.E. SHIGLEY.

De la tabla 4-1 (Alambre para resortes, resistencias máximas de tracción en kg/cm² y designaciones ASTM) se escogió el primer intento con un alambre para resorte N^o 7:

Diámetro en mm: 4.496

Acero inoxidable: 13700 kg/cm²

Se escoge el límite de la relación $C = D/d = 6$

FS = 1.5

$$\frac{D}{0.496} = 6 \quad ; D = 2.698 \text{ cm}$$

$$K = 1 + \frac{0.615}{C} \quad ; K = 1.10$$

Cálculo de la tensión cortante comparativa

De la tabla 4-6 Razón del punto de fluencia en cortadura, al punto de rotura

Para un alambre de acero inoxidable escogido: $\frac{S_{fluencia}}{S_{ultimo}} = 0.46$

$$\tau_{trabajo} = \frac{13700 \times 0.46}{1.5} = 4201.3 \text{ Kg/cm}^2$$

Calculo de la fuerza que proporciona el resorte con las características escogidas en líneas arriba inmediatas.

Formula: (spot Paj: 191 ; Shigley Paj: 469)

$$\tau = \frac{8 \times P \times D \times K}{\pi \times d^3} \quad ; \quad \text{siendo} \quad K = \left(1 + \frac{0.615}{C}\right)$$

de donde despejando P se tiene:

$$P = \frac{4201.3 \times \pi \times 0.450^3}{8 \times 2.698 \times 1.10} \quad P = 71 \text{ kg}$$

$$P_{total} - P_{min} = P_{deform\ mx} = 36.02$$

Calculo de la deformación Máxima:

$$Def\ Max = \frac{1}{3} \times Longitud\ Max$$

$$Def\ Max = \frac{1}{3} \times \left(\frac{162.65}{10}\right) = 5.42 \text{ (deformación max unitaria)}$$

$$\text{Dato adicional } G = 7.3 \times 10^{10} \text{ N/mm}^2$$

$$G = 745918.4 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo del N° de espiras:

De la formula: (Spot Paj 193)

$$k = \frac{d^4 \times G}{8 \times D^3 \times N}$$

de donde despejando N = Numero de espiras

$$N = 20.5 \text{ espiras}$$

Verificando el espacio disponible para las espiras:

$$N * d = e ; \quad 20.5 * 0.45 = 9.38 \text{ cm}$$

$$\frac{2}{3} \times \text{longitud} \times \text{Expansion} = 10.84$$

$$9.38 \leq 10.84$$

Longitud correcta.

Características del resorte:

Diámetro del alambre = 0.45 cm

Diámetro del resorte = 2.698 cm

Carga total proporcionada = 71 kg

Nº de espiras = 20.5 espiras

Longitud del resorte = 9.38 cm

4.5.9. Pin del resorte

4.5.9.1. Fuerzas aplicadas al pin del resorte

El cálculo para el pin del resorte se realiza con la fuerza proveniente del resorte en el punto en que este se encuentra más extendido, la siguiente figura 77, refleja este punto, y las fuerzas actuantes, de las que la fuerza total del resorte es la que se le aplica al pin en cuestión.

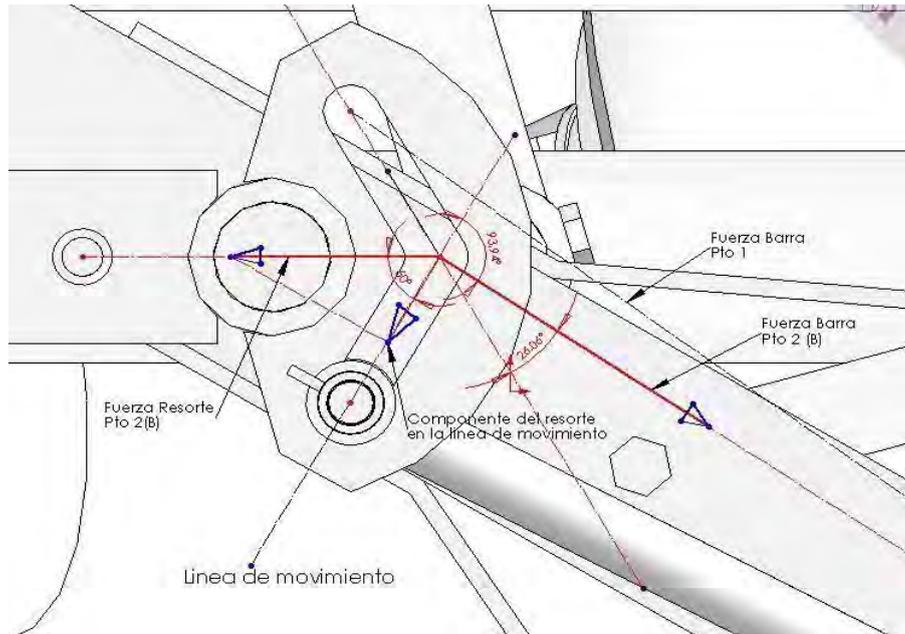


Fig. 77: Fuerza aplicada del resorte al pin de enganche del resorte.

El pin del resorte se calculará por corte y flexión en el orden siguiente:
 Diagrama de cargas y medidas

4.5.9.2. Diagrama de cargas cortantes y momento flector

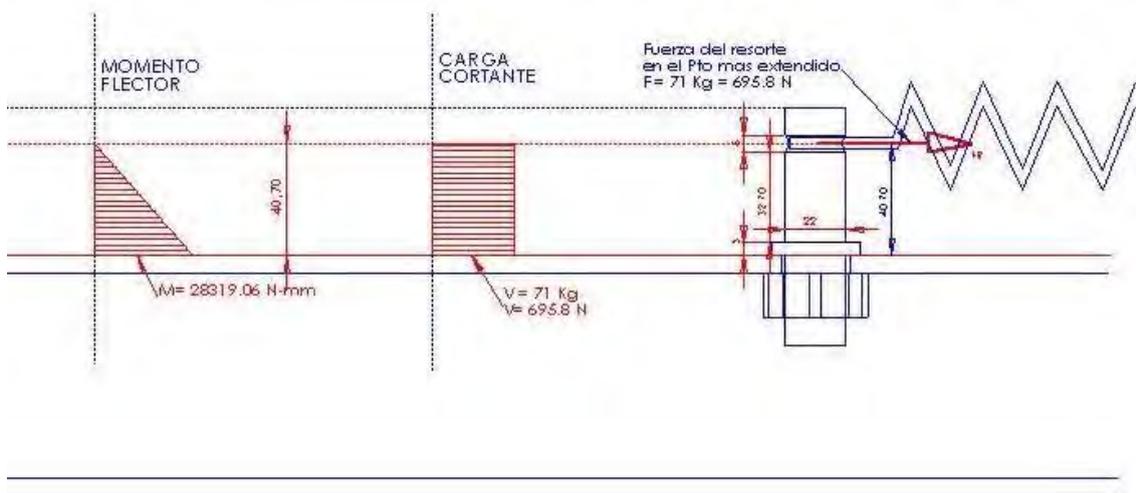


Fig. 78: Diagrama de cargas cortantes y momento flector

4.5.9.3. Cálculo del diámetro del pin sometido a flexión y cortante

$$\sigma_{CALC} = \frac{M * C}{I_{xx}} \quad \text{dónde: } M = 28319.06 \text{ N-mm ; } C = r \text{ (mm)}$$

$$\sigma_{calc} = \frac{28319.06 * r}{\left(\frac{\pi * r^4}{4} \right)} \Rightarrow \sigma = \frac{36056.94}{r^3}$$

$$\tau_{calc} = \frac{F}{A} \quad \tau_{calc} = \frac{695.8}{\pi * r^2} \Rightarrow \tau_{calc} = \frac{221.48}{r^2}$$

Utilización de Mohor para obtener los esfuerzos principales de diseño.

$$\sigma_{equiv} = \sqrt{\sigma^2 + 3 * \tau^2} \leq \frac{\sigma_{fluen}}{Fs}$$

$$\sigma_{equiv} = \sqrt{\left(\frac{36056.94}{r^3} \right)^2 + 3 * \left(\frac{221.48}{r^2} \right)^2} \leq \frac{414}{3}$$

$$1300102922 = 19044 * r^6 - 147160.17 * r^2$$

$$r = 6.39 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad \phi = 12.795 \text{ mm}$$

4.6. DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS MECANICOS DERIVADOS DE LAS FUERZAS ESTATICAS Y DINAMICAS DEL ARADO TRABAJANDO EN EL PROCESO DE ARADURA

4.6.1. En la dirección de tiro o avance

4.6.1.1. Brazos de soporte del disco.

El dimensionamiento de los brazos del disco se realiza en el siguiente orden.

- Toma de medidas en dimensiones y ángulos necesarios para los cálculos de esfuerzos, especialmente desde el punto de aplicación de la fuerza
- Análisis de fuerzas aplicadas al disco
- Análisis de esfuerzos máximos en los elementos a dimensionar

- Dimensionamiento de los elementos por Mohr

Las distancias entre el bastidor, (elemento en el que están soportados todos los elementos del arado) y el punto de unión de los brazos portadores de los discos (figura 79 y 80), se realizó tomando en consideración la altura de los enganches de tres puntos y el modo de regular la altura de trabajo del arado, tanto por parte del enganche superior de tres puntos, con el que se regula la profundidad de trabajo, como por parte del mismo arado, se realizó investigación en otros arados sobre la altura total del arado desde su enganche superior hasta la parte más inferior del disco, y se encontró que el rango de altura no varía mucho, es casi un estándar, para tractores del tipo John Deere con potencia entre 60 y 120 HP, y es que el tamaño del arado y la regulación del brazo superior en el enganche, por parte del tractor, le da al arado un ángulo determinado, el cual por interacción de las fuerzas analizadas le proporciona una profundidad determinada de trabajo. Esto se traduce en las medidas presentadas en los gráficos siguientes (especialmente de la longitud del brazo) para el cual se tendrá que dimensionar su espesor, por el efecto de flexión que se multiplica si esta longitud aumenta.

Respecto del punto de aplicación de la fuerza, esta se consideró, en un centro de gravedad aproximado de todo el bloque de tierra que tiene que cortar y voltear el disco en su máxima capacidad de trabajo, y eso es aproximadamente a dos tercios de la parte superior del disco, (figura 80).

Respecto de la dirección de aplicación de la fuerza en el disco, se podría calcular con la fuerza solo en la dirección de tiro, pero esto no es del todo cierto porque, en los arados de disco, se genera además una fuerza lateral (según el prisma de fuerzas) y una fuerza hacia abajo, de tracción, en el brazo soportante. lo que, si es de cuidado, es la resultante de las dos fuerzas, en la dirección de tiro y lateral, es por eso que, en una mejor aproximación, la fuerza aplicada solo se descompone en una vertical y una horizontal, en esta horizontal ya están considerada las direcciones de tiro y lateral con la que se trabajará en los esfuerzos de flexión.

Estas medidas se resumirán y se aclararán en la figura 79 y 80, en el que se tiene el ángulo de descomposición de 41.97° hacia el plano horizontal.

La siguiente figura es un disco del arado con todas las medidas geométricas tomadas con proyecciones en el plano vertical (Figura 79)

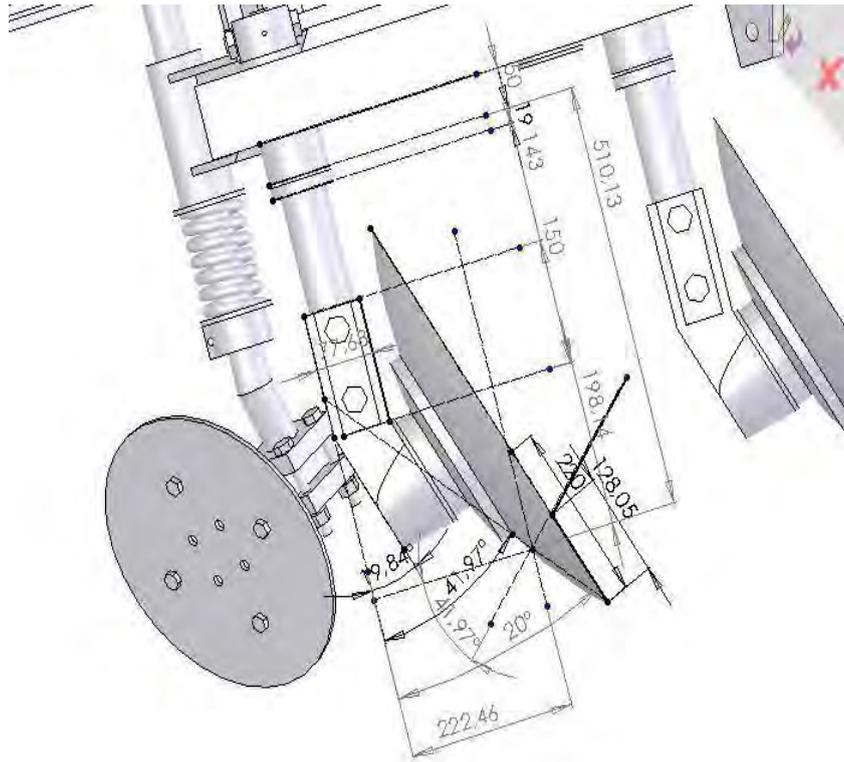


Fig. 79: Dimensiones respecto al centro de masa del prisma de tierra

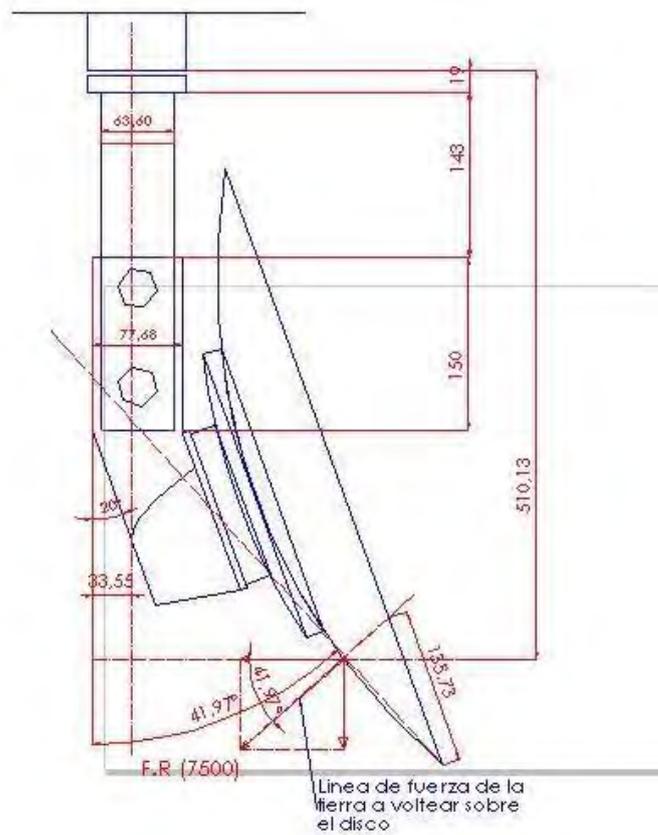


Fig. 80: Dimensiones en el plano vertical respecto al centro de masa del prisma de tierra

4.6.1.1.1. Cálculo del eje, por flexión y corte

Fuerzas de resistencia en cada arado: 7500 N

En los arados de disco estándar, la profundidad de trabajo que puede alcanzarse en la práctica es:

$$d_p = 0.6 \times D \times \cos \beta$$

Dónde: d_p = profundidad de aradura máxima

D = Diámetro del disco = 550 mm

β = Angulo de inclinación del disco en el plano vertical – longitudinal = 20°

$$d_p = 0.6 \times 550 \times \cos 20^\circ$$

$$d_p = 310.0985$$

Esfuerzos por flexión y cortante:

Flexión:

$$\sigma_{flexion} = \frac{M \times c}{I_{xx}}$$

$$F_x = 7500 \times \cos 41.97^\circ = 5576.21$$

$$F_y = 7500 \times \text{sen} 41.97^\circ = 5015.56$$

$$M_x = 5576.21 \times 510.13 = 2844592.007 \text{ N} - \text{mm}$$

$$M_y = 5015.56 \times (222.46 - 38.8425) = 920944.5883 \text{ N} - \text{mm}$$

$$C_x = C_y = r$$

$$I_{xx} = I_{yy} = \frac{\pi \times r^4}{4}$$

$$M_{x+y} = 3765536.595 \text{ N} - \text{mm}$$

$$O_{flexion} = \frac{3765536.595 \times r}{\left(\frac{\pi \times r^4}{4} \right)}$$

$$O_{flexion} = \frac{3765536.595 \times r}{\left(\frac{\pi \times r^4}{4} \right)} = \frac{4794430.1}{r^3} \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{5576.21}{\pi \times r^2} = \frac{1774.963}{r^2} \text{ N/mm}^2$$

$$O_{traccion} = \frac{5015.56}{\pi \times r^2} = \frac{1596.5}{r^2} \text{ N/mm}^2$$

$$O_{total} = \frac{4794430.1}{r^3} + \frac{1596.5}{r^2} \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{equivalente} = \sqrt{O^2 + 3 \times \tau^2} \leq \sigma_{admisible}$$

$$\sqrt{\left(\frac{4794430.1}{r^3} + \frac{1596.5}{r^2} \right)^2 + 3 \times \left(\frac{1774.963}{r^2} \right)^2} \leq 152 \text{ N/mm}^2$$

Resolviendo la ecuación:

$$r = 31.7 \text{ mm} \quad ; \quad \phi = 63.4 \text{ mm}$$

4.6.2. En la dirección transversal al avance

4.6.2.1. Dimensionamiento del conjunto rueda guía.

El análisis de fuerzas para este elemento del arado se realizó en el primer capítulo del presente estudio, exactamente esta fuerza fue derivada del prisma de fuerzas, que se hizo en un punto del disco del arado, y del cual se derivaron:

- fuerza en la dirección del avance
- fuerza transversal al avance

- fuerza hacia el fondo del surco

Las cargas en la dirección hacia el fondo del surco son contrarrestadas con la reacción que produce el suelo en dirección contraria, además de recalcar que esta fuerza es la responsable del grado de profundidad a la que trabaja el arado.

Pero la carga transversal, que se deriva del análisis vectorial en el disco, es el responsable de una constante desviación en la línea de aradura del disco, con lo que si esta fuerza no es compensada se tendría líneas ondulantes de aradura (Fig. 81) en vez de una línea recta de aradura, que es lo que se quiere.

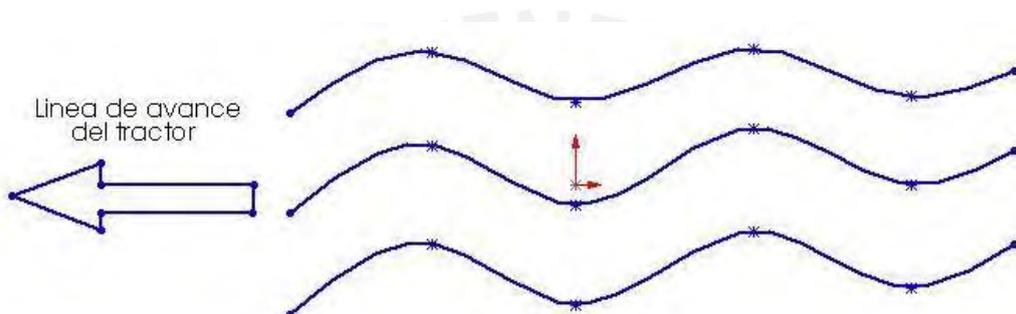


Fig. 81: Líneas de surcos de aradura sin compensación lateral de fuerzas

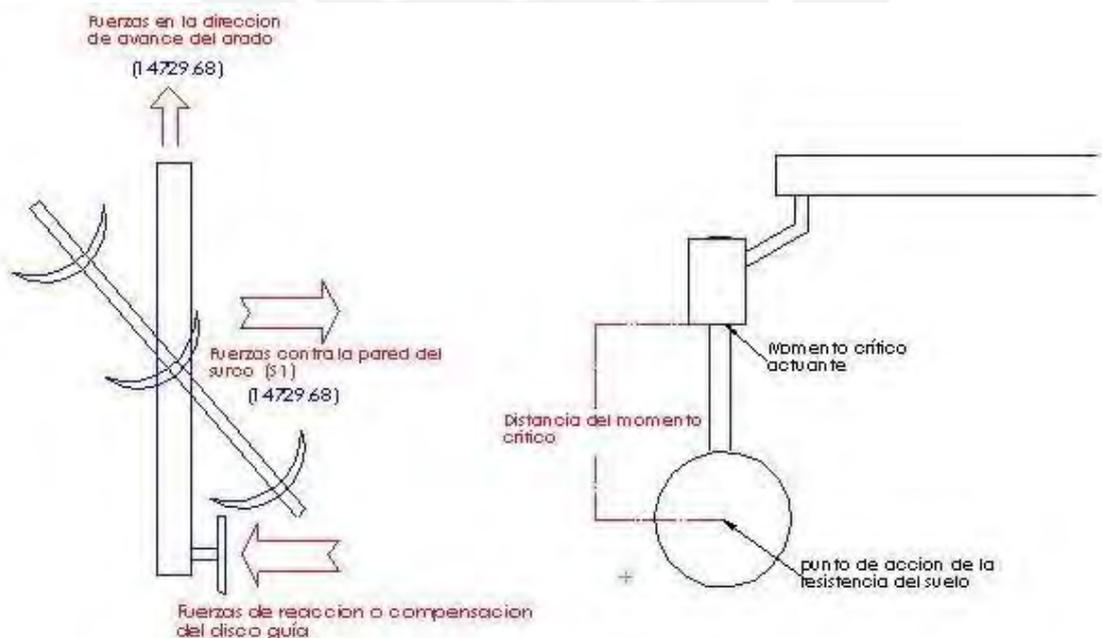


Fig. 82: Esquema de las fuerzas laterales y compensación mediante el disco guía

4.6.2.1.1. Fuerzas producidas por los discos en el trabajo de aradura

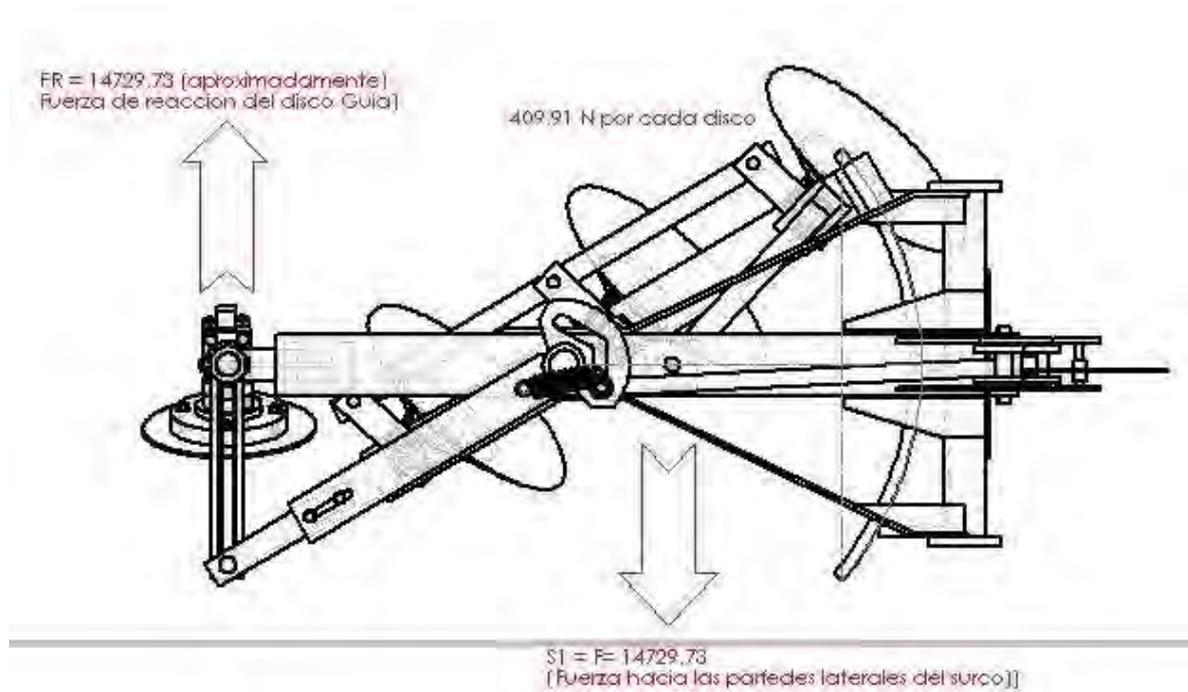


Fig. 83: Fuerzas producidas por los discos del arado y del disco guía

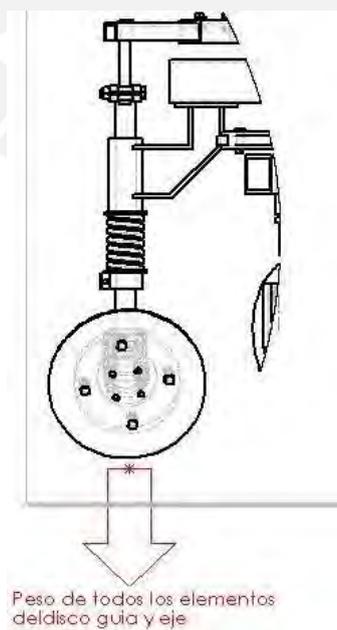


Fig. 84: Peso de todo el mecanismo de disco guía

4.6.2.1.2. Dimensionamiento del brazo de soporte de la rueda guía

Datos obtenidos del Solid Work.

Fuerza lateral a las paredes del surco = 14729.73

Distancia del punto de aplicación de la fuerza al punto de máximo momento. = 389.57

Cálculo de los esfuerzos de flexión:

$$\sigma_f = \frac{M \times c}{I_{xx}} \quad ; \quad \sigma_f = \frac{(14729.73 \times 389.57) \times \left(\frac{d}{2}\right)}{\left(\frac{\pi \times d^4}{64}\right)}$$
$$\sigma_f = \frac{58449445.73}{d^3}$$

Cálculo de los esfuerzos cortantes:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad ; \quad \tau = \frac{14729.73}{\pi \times d^2} \Rightarrow \tau = \frac{4688.61}{d^2}$$

Cálculo de los esfuerzos equivalentes principales.

$$\sigma_{equiv} = \sqrt{\sigma_{flexion}^2 + 3 \times \tau^2}$$
$$\sigma_{equiv} = \sqrt{\left(\frac{58449445.73}{d^3}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{4688.61}{d^2}\right)^2}$$

$$\sqrt{\left(\frac{58449445.73}{d^3}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{4688.61}{d^2}\right)^2} \leq 152$$

De la solución de la ecuación a través de la hoja de cálculo de Excel, se obtiene:

$$d = 72.7 \text{ mm}$$

Verificación de la cortante en el tubo de sujeción del eje del disco guía

$$\tau = \frac{F}{A} \Rightarrow \frac{W}{L \times t} = \frac{457.749}{L \times 0.707 \times a}$$

Para un $a = 3mm$

$$\tau = \frac{1.2 \times 457.75}{L \times 0.707 \times 3} = 0.8 \times 0.8 \times 80 \qquad L = 5.058mm$$

4.6.2.2. Diseño del resorte de amortiguamiento

El resorte de amortiguamiento es necesario, debido a que el arado trabaja en condiciones de terrenos irregulares, y más cuando el arado ya ha labrado la tierra, lo que hace que el disco guía se apoye en una superficie que le produce al arado vibraciones, las cuales reducirían la vida útil de sus componentes. Estas vibraciones tienen que ser absorbidas por un resorte, el cual tiene que ser calculado de forma que soporte el peso de todos los elementos apoyados sobre el mismo, (figura 85)

Asumiendo que el resorte al estar apoyado en el suelo sin trabajar, soporta una carga determinada por los elementos apoyados en él, cuando el arado empieza a trabajar, las cargas producidas por las irregularidades del terreno fluctúan alrededor de la carga inicial cuando estaba estacionado, lo cual se ha tomado esta carga inicial, como “Carga media” y el cálculo del resorte comprende dos partes: Cálculo por carga fija, solo con la carga media y cálculo por carga variable, con el arado trabajando.

Cálculo de la carga media:

En la figura 85 se resalta a todos los elementos apoyados en el resorte.

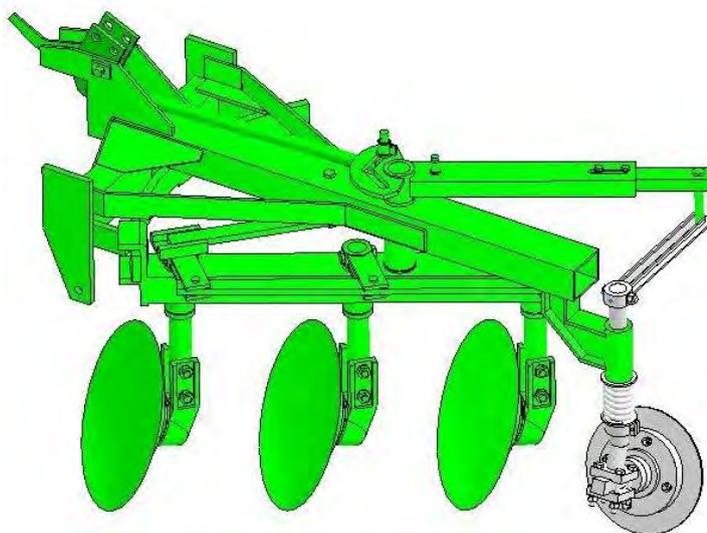


Fig. 85: Elementos resaltados que se apoyan en el resorte del disco guía

De la figura 86 se ve que todos estos elementos resaltados, no solamente están apoyados en el disco guía, sino que también están apoyados en los discos de arados, por lo que se obtuvo el peso de todos los elementos resaltados y se dividieron entre 4 apoyos, esto no es tan cierto por que el mayor peso lo cargan los discos, pero es una aproximación valida por exceso.

4.6.2.2.1. Propiedades de Masa de los elementos del arado afectados por el Resorte (Datos obtenidos del Solid Work)

Mass properties of selected components (SOLID WORK)

Output coordinate System: -- default --

The center of mass and the moments of inertia are output in the coordinate system of ensamble10

Mass = 49588.89 grams

Volume = 49588887.61 cubic millimeters

Surface area = 9254269.01 square millimeters

Center of mass: (millimeters)

X = 116.44

Y = -175.66

Z = -51.57

Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams * square millimeters)
Taken at the center of mass.

Ix = (0.97, 0.18, -0.18)

Px = 5820291231.78

Iy = (-0.10, 0.91, 0.40)

Py = 12303960324.74

Iz = (0.24, -0.37, 0.90)

Pz = 15032938845.86

Moments of inertia: (grams * square millimeters)

Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system.

Lxx = 6392210739.77

Lxy = 1374507792.15

Lxz = -1697895504.84

Lyx = 1374507792.15

Lyy = 12457511102.94

Lyz = 690883781.60

Lzx = -1697895504.84

Lzy = 690883781.60 Lzz = 14307468559.67

Moments of inertia: (grams * square millimeters)

De estos datos se obtiene:

$$\text{Volumen} = 49\,588\,887.61 \text{ mm}^3$$

$$\text{Peso unitario del acero} = 7.76 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$$

$$\text{Peso de los elementos en cuestión} = 384.8098 \text{ kg}$$

$$\text{Peso sobre el resorte} = \frac{384.81}{4} = 92 \text{ kg (carga media)}$$



Fig. 86: Resorte del sistema de disco guía

4.6.2.2.2. Cálculo por Carga Fija

Datos de cálculo:

Los siguientes datos se obtuvieron de la tabla 4-1; libro MF. SPOTTIS; Proyectos de elementos de maquinas.

- Alambre de acero inoxidable
- $d = 0.6350 \text{ cm}$
- Tensión a la tracción : $S_{ult} = 12300 \text{ kg/cm}^2$

Datos obtenidos de la tabla 4-6 del mismo libro:

$$- \frac{S_{fluencia.corte}}{S_{ultimo}} = 0.46$$

Tabla 4-10 del mismo libro:

- $C_1 = \frac{D}{d} = 5$
- Tensión cortante inicial antes de la deformación $S_s = 1300 \text{ kg/cm}^2$
- FS = 1.5

Cálculos:

$$\frac{D}{0.635} = 5 ; \quad D = 3.175 \text{ cm}$$

$$K = 1 + \frac{0.615}{C_1} ; \quad K = 1.12$$

Tensión cortante proveniente de tablas:

$$\tau = \frac{1300 \times 0.43}{1.5} = 3772 \text{ kg/cm}^2$$

Calculo del P_{maximo} para los esfuerzos permisibles del resorte.

$$\tau = \frac{8 \times P \times D}{\pi \times d^3} \times K ; \quad P = 106.4 \text{ kg}$$

La carga calculada de los elementos soportados por el resorte es de 92 kg aproximadamente y se ve que el resorte va ha soportar mas de esta carga.

4.6.2.2.3. Cálculo por carga variable

Además de los datos obtenidos de las tablas anteriores, para este cálculo es necesario otros datos adicionales para carga variable:

Tabla 4 – 1 del mismo libro:

$$\frac{S_{fluencia.corte.fatiga}}{S_{ultimo}} = 0.20$$

Calculo del S_{sav}

$$S_{sav} = \frac{8 \times P \times D}{\pi \times d^3} \times K \quad \text{con } P = 92 \text{ kg}$$

$$S_{sav} = 3662.3$$

De los datos de la tabla 4 – 1

$$S_{se} = 12300 \times 0.2 = 2460 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_{syp} = 12300 \times 0.46 = 5658 \text{ kg/cm}^2$$

$$Kc = \frac{4 \times C_1 - 1}{4 \times C_1 - 4} \quad \text{con } C_1 = 5 \quad Kc = 1.2$$

Formula obtenida del diagrama de tensiones de trabajo para cargas fluctuantes en resortes.
(Pagina 204 libros MF. SPOTTS)

$$\frac{Kc \times S_{sr}}{S_{syp} - S_{sav}} = \frac{0.5 \times S_{se}}{S_{syp} - 0.5 \times S_{se}}$$

con los datos obtenidos, se tiene:

$$\frac{1.2 \times S_{sr}}{5658 - 3662.3} = \frac{0.5 \times 2460}{5658 - 0.5 \times 2460}$$

$$S_{sr} = 119.2$$

Calculo de la fuerza fluctuante en el trabajo del arado:

Formula de proporciones tomada del mismo libro:

$$\frac{Pr}{S_{sr}} = \frac{P_{av}}{S_{sav}} \quad \text{de donde } Pr = 3.4 \text{ de fluctuación hacia más o menos de la cantidad media}$$

de 92 Kg

Calculo del N° de espiras:

Formula N° 8 Pagina 192 MF. SPOTTS

$$K_{\text{lineal}} = \frac{G \times d^4}{8 \times D^3 \times N}$$

$G = 745918.4$ (anexo Shigley tabla A – 7)

$P_{\text{cara Mx deformación}} = 106.37 \text{ Kg}$

Deformación Mx = 4 cm

$$K_{\text{lineal}} = \frac{106.37}{4} = 26.59 \text{ Kg/cm}$$

De la formula inicial del K_{lineal}

$N = 17$ espiras.

$N \times d = 11.31 \text{ cm}$ necesarios para el resorte.

La medida disponible para el resorte a carga media es de 13 cm lo cual es aceptable.

En el siguiente cuadro de Excel se proponen otras alternativas de resorte que han sido calculados con otros diámetros, lo cual nos da un N° de espiras diferente, es cuestión de elegir el mas apropiado, a excepción del ultimo caso que no se obtienen los resultados apropiados.

Hoja de cálculo para el resorte de amortiguamiento

tabla 4 - 1		Tabla 4-10		solo informativo		tabla 4-1		tencion cort tot comparac			
asumiendo	obtenido	tencion cort	ec 2 no hay deform	Tension	tabla 4-6	FS	tabla	P total			
C	d en cm	D en cm	inicial	K	P min Kg	traccion					
6	0,95	5,715	1200	1,10	64,63	12200	0,45	1,5	3660,0	197,1	1931,83
6	0,79	4,762	1200	1,10	44,88	11250	0,46	1,5	3450,0	129,0	1264,41 * *****
5	0,64	3,175	1300	1,12	36,66	12300	0,46	1,5	3772,0	106,4	1042,45
6	0,64	3,810	1200	1,10	28,72	12300	0,46	1,5	3772,0	90,3	884,86
			tabla A-7							fuerza que puede	
Deform Max P	Def max definido	F lineal k	shygly G Nt	G Kg	Nº espiras N	espacio para las espiras	espacio calculado	Nº espiras N definido	F lineal k	soportar F	
197,13	4,00	49,28	7,31E+10	745918,4	8,34	7,95	5,05				
129,02	4,00	32,26	7,31E+10	745918,4	10,62	8,43	4,57	*****			
106,37	4,00	26,59	7,31E+10	745918,4	17,81	11,31	1,69	8	59,2	236,8	
90,29	4,00	22,57	7,31E+10	745918,4	12,14	7,71	5,29	8	34,3	137,1	
									1,79661		
									6		

Cuadro 23. Valores numéricos de cálculo para los términos Nº DE ESPIRAS Y ESPACIO PARA LAS ESPIRAS

V CÁLCULO DE COSTOS (ENSAMBLES, SUB-ENSAMBLES Y PIEZAS)

Es importante identificar los factores que influyen en los costos, tan temprano y tan precisamente como sea posible en el proceso del diseño. Esto, debe de ser hecho en cualquier tipo de diseño, incluyendo el desarrollo de los tamaños, rangos y los módulos de los productos o maquinas. Es bien conocido que la mayoría de los costos han sido comprometidos cuando se selecciono el principio de solución y más aun cuando su ha realizado el desarrollo del proyecto.

Durante los estados de producción y ensamblaje hay relativamente pocas oportunidades de reducir costos, debido a eso, es importante empezar con la optimización de los costos tan temprano como sea posible ya que algún cambio en el diseño, durante la producción y ensamblaje son demasiados costosos. Esto podría prolongar el proceso del diseño, pero después de todo es mucho más económico que manejar una reducción de costos en retrospectiva

Algunos costos dependen del número de elementos, la facilidad en el trabajo de la pieza, el tamaño del lote, costos de materiales, costos en las labores de producción, los costos de los materiales consumidos en el proceso de fabricación, son algunos ejemplos

Se ha realizado un análisis real aproximado de lo que podría costar la fabricación de un arado como el desarrollado anteriormente. Este análisis de costeo se realizo con la ayuda de la empresa INMESTEG.S.R.L. Ubicada en Calle Las Fábricas 138 Lima – 1. Cuyo dueño y gerente general es el Ing. Jorge Álvarez Trujillo. Ing. Mecánico de la Universidad Nacional de Ingeniería, el cual proporciono los datos necesarios de compras de los materiales, perfiles, planchas de acero, piezas fundidas, mecanizado de las piezas factores de costeo y demás elementos que fueron necesarios para lograr un costo aproximado real de la fabricación de la maquina.

Los cuadros que se presentan a continuación, corresponden al costeo en el orden en que se desarrollo los ensambles del diseño en el programa Solid Work, y el costeo de las piezas siguen también ese mismo orden.

5.1. COSTO POR UNIDAD DE PESO DEL MATERIAL

espesor		Ancho	Largo	Pesos teóricos	Costo (\$) x	Costo (\$)/Kg
mm	pulg			(Kg/m2)(plancha)	plancha	material
4,4	3/16"	1 1/2"	6000	platina	10,774	1,7
6	1/4"	1200	2400	133,387	170	1,27
8	5/16"	1200	2400	180,864	181,5	1,00
9	3/8"	1200	2400	203,472	245	1,20
12	1/2"	1500	3000	423,9	400	0,94
16	5/8"	1200	2400	361,728	396	1,09
19	3/4"	1219	2438	443,262	550	1,24
25	1"	1200	2400	565,2	648,2	1,15

Cuadro 24: Datos obtenidos del catálogo TUBISA SAC.

5.2. COSTO POR CADA UNIDAD DE SUB ENSAMBLE (Orden seguido en el programa Solid Work)

A continuación se presentan los cuadros de costos, esto se han elaborado de tal manera que agrupan a todas las piezas que conforman a un sub ensamble. Cada cuadro presenta un cálculo detallado del procedimiento para el cálculo del costo de cada pieza, presentado también en los planos de despiece y ensamble, estos costos sumados al costo mismo de ensamblar cada uno de los sub ensambles, presenta el costo total de cada sub ensamble. Al finalizar la ,presentación de todos los cuadros correspondiente a cada sub ensamble, se presenta un resumen de costos, la suma total de todos los costos por pieza y el costo de ensamblar la maquinaria total, se obtiene el costo total del prototipo de la maquinaria desarrollada.

1. Bastidor principal

item	Nombre de la pieza	Características de la pieza			Material	Peso teorico	Peso material	Costo (\$) x	COSTO PIEZA	factor de	costo total
		Espesor	ancho	largo	en m2	mat x m2	pieza x 1,1	Kg mat	(solo mat \$)	de costeo	pieza \$
8	Placa de enganche Superior (2)	1/2"	272.32	415	0.1130	94.2	11.710	0.94	11.05	2	22.10
3	platina de recubrimiento trasero	3/8"	144	310	0.0446	70.65	3.469	1.20	4.18	1.5	6.27
4	placa enganche inferior, izquierda	1/2"	155	420	0.0651	94.2	6.746	0.94	6.34	1	6.34
	placa enganche inferior, derecha	1/2"	155	420	0.0651	94.2	6.746	0.94	6.34	1	6.34
2	transversal	5/16"	170	750	0.1275	62.8	8.808	1.00	8.84	7	61.87
1	Pieza principal	5/16"	220	1520	0.3344	62.8	23.100	1.00	23.18	7	162.27
5	Sujecion arco centro	3/4"	48	55	0.0026	149.15	0.433	1.24	0.54	1.5	0.81
7	Arco guia	1"	80	1050	0.0840	196.25	18.134	1.15	20.80	3	62.39
6	Soporte Arco guia, izquierda	3/4"	141	55	0.0078	149.15	1.272	1.24	1.58	1.5	2.37
	Soporte Arco guia, derecha	3/4"	141	55	0.0078	149.15	1.272	1.24	1.58	1.5	2.37
80	Tubo proteccion del eje principal rev	3 1/2"		0.232		25	5.800	15	95.7	3.5	124.06
9	Platina de refuerzo	5/8"	76	1067	0.0811	125.6	11.204	1.09	12.21	2	24.42
	Platina de refuerzo	5/8"	76	1067	0.0811	125.6	11.204	1.09	12.21	2	24.42
	Tapa lateral de refuerzo	1/2"	128	300	0.0384	94.2	3.979	0.94	3.75	1.5	5.63
10	Asiento de platina de soporte	1/4"	25	75	0.0019	137.9	0.284	1.27	0.36	1.5	0.54
	Asiento de platina de soporte	1/4"	25	75	0.0019	137.9	0.284	1.27	0.36	1.5	0.54
	total costo despiece										512.74
	Costo varillas de soldadura										87.04
	Costo total despiece										599.77
	factor de costeo (mano de obra y costos indirectos)										2
	Costo total ensamble										1199.55

Cuadro 25: Costos por pieza en el bastidor principal

2. Sujeción disco de dirección

item	Nombre de la pieza	Características de la pieza			Material en m2	Peso teorico mat Kg/m2	Peso material pieza Kg x 1,1	Costo mat \$/Kg	COSTO PIEZA (solo mat \$)	factor de de costeo	costo total pieza \$
		Espesor	ancho	largo							
67	Placa principal	3/8"	0.177	0.195	0.035	70.65	2.682	1.20	3.23	1.5	4.845
68	Placa transversal inferior	3/8"	0.06	0.347	0.021	70.65	1.618	1.2	1.94	1.5	2.912
69	Placa transversal superior	3/8"	0.06	0.229	0.014	70.65	1.068	1.2	1.28	1.5	1.922
71	Pieza de union al principal	3/8"	0.13	0.15	0.020	70.65	1.515	1.2	1.82	1.5	2.728
70	Tubo de sujecion del disco	3"		0.175		36	6.93	13	33.37	3.5	116.783
	total costo despiece										129.19
	Costo varillas de soldadura										10
	Costo total despiece										139.19
	factor de costeo (mano de obra y costos indirectos)										1.5
	Costo total ensamble										208.79

Cuadro 26: Costos por pieza en sujeción del disco de dirección

3. Bastidor secundario

item	Nombre de la pieza	Características de la pieza			Material en m2	Peso teorico mat Kg/m2	Peso material pieza Kg x 1,1	Costo mat x 1,1 \$/Kg * 1,1	COSTO PIEZA (solo mat \$)	factor de de costeo	costo total pieza \$
		Espesor	ancho	largo							
73	Soporte F superior	3/4"	60	130	0.0078	149.15	1.28	1.24	1.59	1.5	2.38
74	Soporte F inferior	3/4"	60	130	0.0078	149.15	1.28	1.24	1.59	1.5	2.38
72	Soporte F base	3/4"	140	213	0.02982	149.15	4.45	1.24	5.52	1.5	8.28
71	Pieza principal Bastidor secundario	3/8"	220	1185	0.2607	70.65	18.42	1.20	22.18	7	155.24
75	tubos de refuerzo para los brazos (3)	3 1/2"		0.15		25	3.75	3.70	13.89	10.5	145.83
76	proteccion del bastidor secundario	1/2"	110	110	0.0121	94.2	1.14	0.94	1.08	1.5	1.61
77	eje de reversion principal	2 1/2		0.432		25	10.8	5.56	60	3.5	210.00
	total costo despiece										525.73
	Costo varillas de soldadura										43.52
	Costo total despiece										569.25
	factor de costeo (mano de obra y costos indirectos)										1.50
	Costo total ensamble										853.87

Cuadro 27: Costos por pieza en el bastidor secundario

4. Bracito de reversión

item	Nombre de la pieza	Características de la pieza			Material en m2	Peso teorico mat Kg/m2	Peso material pieza Kg x 1,1	Costo mat \$/Kg	COSTO PIEZA (solo mat \$)	factor de de costeo	costo total pieza \$
		Espesor	ancho	largo							
79	Brasito de reversion	42.5		50		9	0.45	10	4.5	3.5	5.8
80	Brasito de reversion 1	1/2"	70	176	0.012	94.2	1.28	0.94	1.2	3.5	4.20
	Brasito de reversion 2	1/2"	70	176	0.012	94.2	1.28	0.94	1.2	3.5	4.20
	total costo despiece										14.20
	Costo varillas de soldadura										5
	Costo total despiece										19.20
	factor de costeo (mano de obra y costos indirectos)										2.5
	Costo total ensamble										48.00

Cuadro 28: Costos por pieza en bracito de reversión

5. Brazo de reversión superior

item	Nombre de la pieza	Características de la pieza			Material	Peso teorico	Peso material	Costo mat	COSTO PIEZA	factor de	costo total
		Espesor	ancho	largo	en m2	mat Kg/m2	pieza Kg x 1,1	\$/Kg	(solo mat \$)	de costeo	pieza \$
81	Eje principal	3 1/2"		93		49	4.557	10	45.57	3.5	59.1
82	Placa superior	5/8"	164	277	0.045428	125.6	5.71	1.09	6.22	2	12.44
83	Brazo angular	5/16"	180	636	0.11448	62.015	7.10	1	7.10	2	14.20
	total costo despiece										85.738
	Costo varillas de soldadura										8
	Costo total despiece										93.738
	factor de costeo (mano de obra y costos indirectos)										1.5
	Costo total ensamble										140.61

Cuadro 29: Costos por pieza en brazo de reversión superior

6. Guía de reversión del disco guía

item	Nombre de la pieza	Características de la pieza			Material en m2	Peso teorico mat Kg/m2	Peso material pieza Kg x 1,1	Costo mat \$/Kg	COSTO PIEZA (solo mat \$)	factor de de costeo	costo total pieza \$
		Espesor	ancho	largo							
84	Base de guia de reversion	3"		50		36	1.44	3.70	14.4	3.5	18.7
85	Platina de guia	1/4"	70	446	0.03	46.32	1.59	1.27	2.03	2	4.05
86	Refuerzo platina guia	1/4"	30	813.2	0.02	46.32	1.24	1.27	1.58	2	3.16
	total costo despiece										25.91
	Costo varillas de soldadura										8
	Costo total despiece										33.91
	factor de costeo (mano de obra y costos indirectos)										1.5
	Costo total ensamble										50.87

Cuadro 30: Costos por pieza en guía de reversión del disco guía

7. Brazo regulable para la guía

item	Nombre de la pieza	Características de la pieza			Material en m2	Peso teorico mat Kg/m2	Peso material pieza Kg x 1,1	Costo mat \$/Kg	COSTO PIEZA (solo mat \$)	factor de de costeo	costo total pieza \$
		Espesor	ancho	largo							
87	Brazo regulable	1/4"	144	429	0.062	47.1	2.91	1.27	3.70	2	7.39
88	Barra para la guia de reversion	1 1/4"		203		6.25	1.27	3.703703704	12.7	3.5	16.4
	total costo despiece										23.79
	Costo varillas de soldadura										2
	Costo total despiece										25.79
	factor de costeo (mano de obra y costos indirectos)										1.5
	Costo total ensamble										38.69

Cuadro 31: Costos por pieza en brazo regulable para la guía

8. Reversión superior tres puntos

item	Nombre de la pieza	Características de la pieza			Material en m2	Peso teorico mat Kg/m2	Peso material pieza Kg x 1,1	Costo mat \$/Kg	COSTO PIEZA (solo mat \$)	factor de de costeo	costo total pieza \$
		Espesor	ancho	largo							
89	Eje de giro de placa superior	25		60		4	0.24	3.70	14.4	3	3.1
90	Placa de reversion 1	12	118	240	0.028	94.2	2.935	0.94	2.758	2	5.52
	Placa de reversion 2	12	118	240	0.028	94.2	2.935	0.94	2.758	2	5.52
91	Tubo para el eje pasante	38		60		9	0.54	3.703703704	5.4	3	7
	total costo despiece										21.13
	Costo varillas de soldadura										5
	Costo total despiece										26.13
	factor de costeo (mano de obra y costos indirectos)										1.5
	Costo total ensamble										39.20

Cuadro 32: Costos por pieza en reversión superior tres puntos

9. Barra de reversión superior

item	Nombre de la pieza	Datos de la pieza				calc Kg/m	Peso Kg	costo material	costo pieza	factor costeo	costo total	costo total
		D Ext (mm)	altura (mm)	D Ext pulg	D Ext2 pulg			S/. /Kg	material S/.	mano de obra	pieza S/.	pieza \$.
92	Barra de reversion	38	815	1.5	2.25	9	7.335	10	73.35	3.5	256.73	95.08
93	Anclaje de fuerza nuevo	62	46	2.5	6.25	25	1.15	10	11.5	2.5	28.75	10.65
94	Anclaje de reversion nuevo	50	46	2	4	16	0.736	10	7.36	2.5	18.40	6.81
	total costo despiece											112.55
	Costo varillas de soldadura											5
	Costo total despiece											117.55
	factor de costeo (mano de obra y costos indirectos)											1.5
	Costo total ensamble											176.32

Cuadro 33: Costos por pieza en barra de reversión superior

10. Ensamble del disco guía

item	Nombre de la pieza	Características de la pieza			Material en m2	Peso teorico mat Kg/m2	Peso materia pieza Kg x 1,1	Costo mat \$/Kg	COSTO PIEZA (solo mat \$)	factor de de costeo	costo total pieza \$
		Espesor	ancho	largo							
95	Eje disco guía	50		605		16	9.68	10	96.8	3.5	125.5
96	Placa de agarre inferior	100	100	25	0.0025	196.25	0.540	1.15	0.621	2	1.241
97	Placa de agarre superior	100	100	25	0.0025	196.25	0.540	1.15	0.621	2	1.241
98	Muñon de rueda								24.44	3.5	85.56
99	Pista 2 rueda guía								2	1	2
100	Rodamiento 2 guía								9.26	1	9.26
101	Pista 1 rueda guía								2	1	2
102	Rodamiento 1 guía								9.26	1	9.26
105	Tapa conjunto Rueda Guia								6.11	2	12.22
106	Eje conjunto rueda guía	25	25	166		6.25	1.663	10	16.625	3.5	21.6
107	Rosca de sujecion eje rueda guía										7
108	Tapa 2 conjunto Rueda Guia								7.667	2	15.3
109	Anillo de fijacion rueda guía						3.8544	10	38.544	2	77.1
110	Disco Rueda guía								55.926	2	111.9
111	Contrapeso rueda guía						4.548	10	16.84	2	33.69
	total costo despiece										514.84
	Costo varillas de soldadura										5
	Costo total despiece										519.84
	factor de costeo (mano de obra y costos indirectos)										2
	Costo total ensamble										1039.68

Cuadro 34: Costos por pieza en ensamble del disco guía

11. Ensamble de los antediscos

item	Nombre de la pieza	Características de la pieza			Material	Peso teorico en m2	Peso material mat Kg/m2	Pieza Kg x 1,1	Costo mat \$/Kg	COSTO PIEZA (solo mat \$)	factor de de costeo	costo total pieza \$
		Espesor	ancho	largo								
131	Eje portadiscos	85		527		18.06	10.93	3.70	109.28	3.5	141.66	
128	Barra de sujecion del muñon 1	32	118	257			7.608	3.70	28.18	3.5	98.62	
129	Barra de sujecion del muñon 2	32	118	257			7.608	3.70	28.18	3.5	98.62	
120	Muñon de discos								28.84	2.5	72.11	
121	Pista 1 rodamiento								2	1	2	
122	Pista 2 rodamiento								2	1	2	
124	Rodamiento 1								12	1	12	
119	Rodamiento 2								12	1	12	
125	Tuerca de sujecion total						0.326	3.70	1.21	3.5	4.23	
126	Tapa total del muñon								7.93	2	15.86	
117	2º agarre del disco						10.34	3.70	38.29	2	76.58	
118	Anillo de retencion de aceite						0.32	3.70	1.18	2	2.36	
123	Arandela de rodamiento								2	1	2	
127	Anillo exterior del muñon						0.27	3.70	1.01	2	2.02	
130	Barra de rigidez central de sujecion						1.30	3.70	4.83	2	9.66	
132	disco de arado								56.5	1	56.5	
	total costo despiece										608.24	
	Costo varillas de soldadura										8	
	Costo total despiece										616.24	
	factor de costeo (mano de obra y costos indirectos)										2	
	Costo total ensamble										1232.48	
	Costo total ensamble (3 discos)										3697.44	

Cuadro 35: Costos por pieza en ensamble de los ante discos

12. Elementos complementarios necesarios para el ensamble

item	Nombre de la pieza	Características de la pieza			Material	Peso teorico	Peso material	Costo mat	COSTO PIEZA	factor	costo total
		Espesor	ancho	largo	en m2	mat Kg/m2	pieza Kg x 1,1	\$/Kg	(solo mat \$)	de costeo	pieza \$
11	Guia del bracito de reversion	20	35	140			3.80	3.70	14.09	2.5	35.215
12	Platina de movimiento angular	3/8"	50	450	0.0225	70.65	1.75	1.2	2.098	1.5	3.15
13	Platina de reversion externa	3/8"	40	1060	0.0424	70.65	3.30	1.2	3.954	2.5	9.89
14	Eje de agarre de la barra	1 1/8"		84			0.473	3.70	1.752	3.5	6.131
15	Pin de reversion Enganche Superior	1 1/4"		138			0.86	3.70	8.63	3.5	11.2
31	Pasador brasito reversion (3)	1"		68			0.27	3.70	1.000	3.5	10.5
36	Proteccion del Bastidor	3/8"	50	100	0.005	70.65	0.39	1.2	0.466	2.5	1.166
43	Pin Deslizante principal	2"		166			2.66	3.70	9.85	3	29.56
44	Bocina inf pin deslizante principal	2"		32			0.51	3.70	1.89	3	5.67
45	Bocina inf enganche pin desliz princ	2"		63			1.01	3.70	3.73	3	11.20
47	Tope de deslizamiento de la reversion (2)	1/2"	50	120	0.006	94.2	0.62	0.94	0.58	5	2.92
51	tapa del brasito de reversion	3/8"	95	140	0.0133	74.575	1.09	1.2	1.31	2.5	3.27
53	tapa 2 del brasito de reversion	3/16"	43	91	0.0039	34.54	0.15	2.2	0.33	3	0.98
55	Soporte pin eng. Resorte reversion	5/8"	52	62	0.0032	125.6	0.45	1.09	0.49	2.5	1.21
56	Pin de enganche de resorte de reversion	1 1/4"		126			0.87	3.70	3.21	3	9.63
59	Abrazadera del resorte disco guia (2)										16.7
64	resorte de enclenchamiento										14.81
61	resorte del disco guia										25.93
	total costo despiece										199.12
	Costo varillas de soldadura										4.44
	Costo total despiece										203.57
	factor de costeo (mano de obra y costos indirectos)										2
	Costo total ensamble										407.13

Cuadro 36: Costos por pieza en elementos complementarios necesarios para el ensamble

13. Cálculo para obtener piezas mecanizadas de acero endurecido

NOMBRE DE LA PIEZA	DATOS DE LA PIEZA					costo material	costo pieza	factor costeo	costo total	costo total	
	D Ext (mm)	altura (mm)	D Ext (pulg)	D Ext2 (pulg)	calc Kg/m						Peso Kg
barra portadiscos	2 1/2"	540	2,5	6,25	25	13,5	10	135	3,5	472,5	175
Brasito de reversion	42,5	50	1,5	2,25	9	0,45	10	4,5	3,5	15,75	5,8
Eje principal B R Sup.	90	93	3,5	12,25	49	4,557	10	45,57	3,5	159,50	59,1
Barra para la guia de reversion	34	203	1,25	1,56	6,25	1,27	10	12,69	3,5	44,41	16,4
Base d guia de reversion	80	40	3	9	36	1,44	10	14,4	3,5	50,4	18,7
Eje de giro de placa superior	25	60	1	1	4	0,24	10	2,4	3,5	8,4	3,1
Tubo para el eje pasante	38	60	1,5	2,25	9	0,54	10	5,4	3,5	18,9	7,0
Eje disco guia	50	605	2	4	16	9,68	10	96,8	3,5	338,8	125,5
Eje conjunto rueda guia	25 x 25	266		0	6,25	1,66	10	16,625	3,5	58,19	21,6
Eje portadiscos	527	605	2,13	4,52	18,06	10,93	10	109,28	3,50	382,47	141,66
Barra de sujecion del muñon						2,989	10	29,89	3,50	104,62	38,75
						7,61	10	76,10	3,50	266,35	98,65
Eje de agarre de la bara	28	84	1,13	1,27	5,06	0,43	10	4,25	3,5	14,88	5,5
Pin de reversion Eganche Superior	31	138	1,25	1,56	6,25	0,86	10	8,625	3,5	30,19	11,2
Pasador brasito reversion	25	68	1	1,00	4	0,27	10	2,72	3,5	9,52	3,5
Pin deslizante principal	50	166	2	4,00	16	2,66	10	26,56	3,5	92,96	34,4
Bocina inf pin deslizante principal	50	32	2	4,00	16	0,51	10	5,12	3,5	17,92	6,6
Bocina inf enganche pin deslizz princ	50	63	2	4	16	1,008	10	10,08	3,5	35,28	13,07
Pin de enganche de resorte de reversion	32	126	1,25	1,5625	6,25	0,7875	10	7,875	3,5	27,5625	10,21

Cuadro 37: Costos por pieza en elementos cálculo para obtener piezas mecanizadas de acero endurecido

5.3. CUADRO DE RESUMEN DE COSTOS TOTALES

1	ENSAMBLE PRINCIPAL	1754.60
2	SUJECION DISCO DE DIRECCION	208.79
3	BASTIDOR SECUNDARIO	853.87
4	BRASITO DE REVERSION	48.00
5	BRAZO DE REVERSION SUPERIOR	140.61
6	GUIA DE REVERSION DEL DISCO GUIA	50.87
7	BRAZO REGULABLE PARA LA GUIA	38.69
8	REVERSION SUPERIOR TRES PUNTOS	39.20
9	BARRA DE REVERSION SUPERIOR	176.32
10	ENSAMBLE DEL DISCO GUIA	1053.58
11	ENSAMBLE DE LOS ANTEDISCOS (3 discos)	1232.44
	TOTAL	5596.96
	FACTOR DE COSTEO	1.20
	COSTO TOTAL	6716.3577
	IMPREVISTOS 10%	671.64
	TOTAL COSTOS DEL ARADO	7387.99

Cuadro 38: Resumen de costos

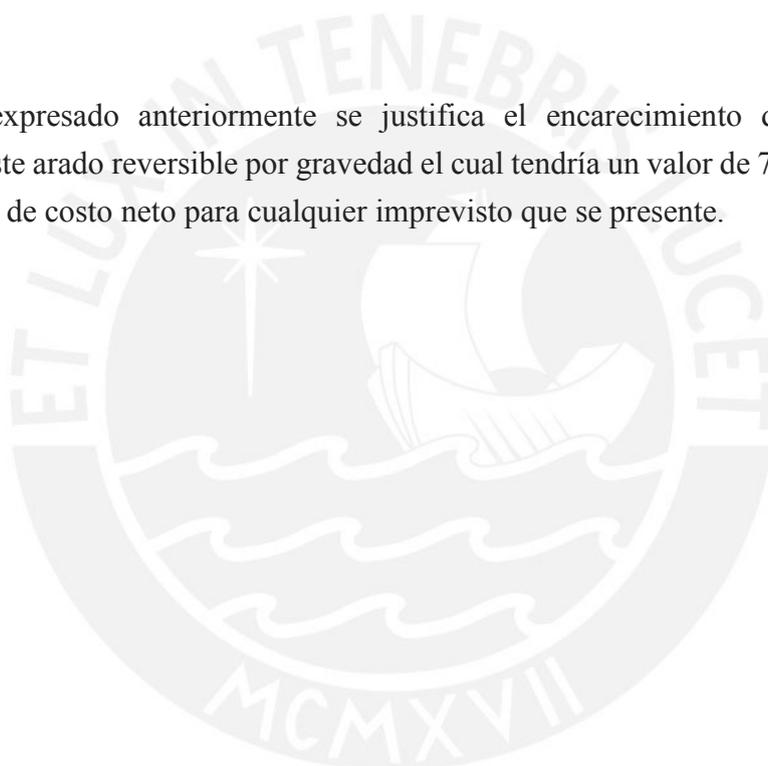
Como se aprecia en los cuadros, **los factores que representan los costos de fabricación son notablemente más altos que los costos del material. Estos factores han sido dados por la fabrica con la que se trabajo esta parte de la investigación.**

Determinar el costeo exacto por pieza es sumamente difícil debido a que muchos de los costos como el de mano de obra, almacenaje, depreciación de la maquinaria utilizada para el mecanizado de la pieza, entre otros son costos que no se dan para una pieza si no que se acumulan en todo el proceso de producción. Pero, en función al tamaño de la pieza, a la dureza del material, al tipo de acabado, la precisión en el mecanizado y a la dificultad que tiene la pieza para ser trabajada, se le asigna un factor de costeo, el cual aumenta notablemente sus costos.

Es necesario precisar que el costeo de esta maquinaria solo se ha hecho para una maquina, y no para la producción en serie, es por esta razón que los costos aumentan en varios aspectos, por ejemplo en la compra de material, la cual, aun cuando se trato de utilizar lo mas que se pudo de las piezas fabricadas y tratando de homogenizar los tipos de materiales, sin afectar la resistencia estructural de la maquina, de todas maneras hubo un desperdicio considerable de este factor.

Otro factor notable en este aspecto es que los costos de material y servicio de mecanizado aumentan cuando se adquieren en poca cantidad y disminuye considerablemente si se adquiere en grandes cantidades como lo requiere la producción en serie.

Por lo expresado anteriormente se justifica el encarecimiento de los costos de fabricación de este arado reversible por gravedad el cual tendría un valor de 7387.99 \$ incluido un 10% del total de costo neto para cualquier imprevisto que se presente.



VI. CONCLUSIONES

La presente obra consta de cuatro partes bien definidas

- 1.- El recoger las demandas del mercado, que es a quién va a servir el producto. Recoger información tanto del mercado como del producto que se va a diseñar y categorizar esta información.
- 2.- El diseño conceptual, en base a la información recogida y categorizada y en base a las metodologías del diseño, sin establecer dimensionamientos, solo conceptos de solución.
- 3.- Análisis y dimensionamiento de cada uno de los componentes que se estableció en el modelo escogido en el concepto solución.
- 4.- Dibujo y elaboración de los planos de despiece y ensamble.

Por lo tanto no se puede hablar solo del dimensionamiento de las piezas, si no que es un trabajo mucho más completo e integral que abarca todos los aspectos del diseño de maquinas.

- El diseño se valido, comparándolo con maquinaria agrícola para fines similares, y se concluye que los dimensionamientos en las piezas resisten las cargas para las que fueron diseñadas.
- Las partes móviles del arado han sido simuladas en un programa de computación, y se concluye que su funcionamiento es óptimo, y que las geometrías de las piezas no interfieren entre ellas. Esto es muy importante a la hora de su construcción, por la confianza que nos da al fabricar las piezas en base a los planos de despiece.
- Todo el análisis completo, tanto del diseño conceptual como del dimensionamiento de cada uno de los elementos de máquina, han sido hechos en base a conceptos establecidos científicamente, (teoría del diseño, leyes de Newton, ciencia de los materiales), nada ha sido hecho al azar.
- El costeo en la fabricación de las piezas, así como en el ensamblaje, primero de los sub ensambles y luego de toda la maquina es un proceso sumamente complejo que solamente se puede hacer con un grado de exactitud siempre y cuando se tenga la ayuda

de una empresa dedicada a este rubro, los cuales manejan los costos reales en el mercado.

- El Arado Reversible por Gravedad costaría un total de 7387.99 \$ si se decidiera por su fabricación.
- Continuar con la recopilación de información, tanto del mercado, así como del producto a diseñar. Referente al mercado se tiene que los productores agrícolas tienen distintas y muy diversas necesidades de las que se puede realizar diseños para satisfacerlas, y referente al producto, se debe copilar información acerca de los diversos mecanismos y principios de trabajo que se encuentran en patentes, papers, y otras fuentes de investigación para ser usado según las necesidades de diseño.
- Generar muchos más conceptos solución, y almacenarlos en una base de datos ordenada, para utilizarlos según las necesidades de los agricultores.
- Realizar evaluaciones TÉCNICO – ECONOMICAS de los diseños realizados con la mayor precisión posible.
- El dibujo de los planos de despiece y ensamble deben ser hechos según normas.
- Se debe obtener además de los planos de despiece y ensamble, planos de presupuesto con mayores detalles e isometrías, los cuales son de gran ayuda para la elaboración de los mismos.
-

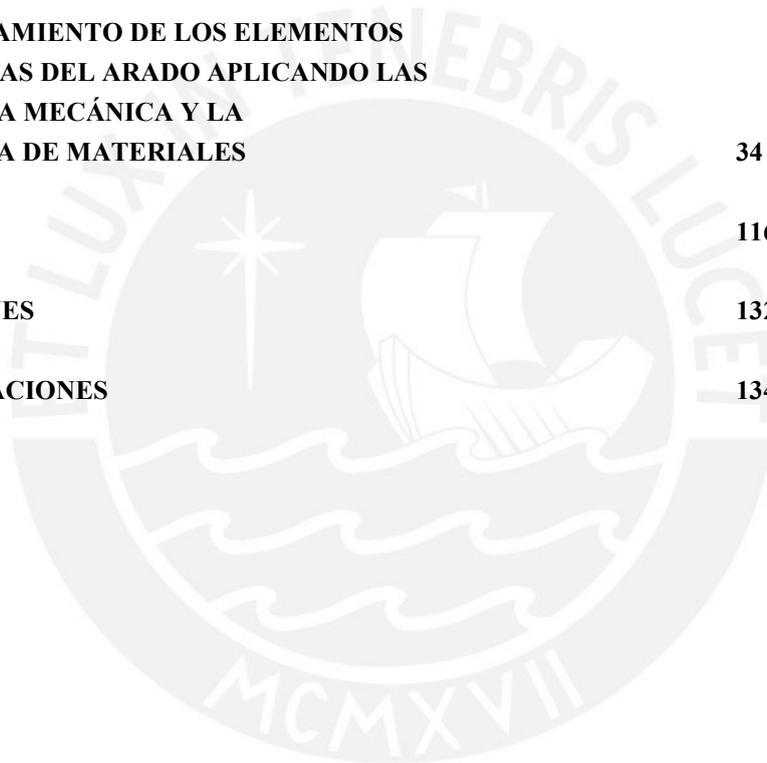
VII. RECOMENDACIONES

- Continuar con la recopilación de información, tanto del mercado, así como del producto a diseñar. Referente al mercado se tiene que los productores agrícolas tienen distintas y muy diversas necesidades de las que se puede realizar diseños para satisfacerlas, y referente al producto, se debe copilar información acerca de los diversos mecanismos y principios de trabajo que se encuentran en patentes, papers, y otras fuentes de investigación para ser usado según las necesidades de diseño.
- Generar muchos más conceptos solución, y almacenarlos en una base de datos ordenada, para utilizarlos según las necesidades de los agricultores.
- Realizar evaluaciones TÉCNICO – ECONOMICAS de los diseños realizados con la mayor precisión posible.
- El dibujo de los planos de despiece y ensamble deben ser hechos según normas.

Se debe obtener además de los planos de despiece y ensamble, planos de presupuesto con mayores detalles e isometrías, los cuales son de gran ayuda para la elaboración de los mismos.

INDICE DE MATERIAS

RESUMEN	1
I INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	3
II PLANIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y SISTEMATIZACION DE LA LABOR	5
III ESTRUCTURA DE FUNCIONES Y CONCEPTO SOLUCION	18
IV. DIMENCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE MAQUINAS DEL ARADO APLICANDO LAS LEYES DE LA MECÁNICA Y LA RESISTENCIA DE MATERIALES	34
5 COSTOS	116
6 CONCLUSIONES	132
7 RECOMENDACIONES	134



INDICE DE MATERIAS DETALLADO

RESUMEN	1
I INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	3
II PLANIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y SISTEMATIZACION DE LA LABOR	5
2.1 Análisis De La Necesidad	5
2.2 Descripción De La Labor Tarea O Trabajo Realizada Por El Implemento	8
2.3 Lista De Requerimientos	9
2.4 Estado Del Arte	10
- Mercado	10
- Literatura	12
- Patentes	15
III. ESTRUCTURA DE FUNCIONES Y CONCEPTO SOLUCION	18
3.1 Función Total	18
3.2 Disgregando La Función Total En Subfunciones Especificas	18
3.3 Estructura De Funciones Para El Mecanismo De Reversión	20
3.4 Estructura De Funciones Para La Estructura Principal	23
3.4.1 Matriz Morfológica Para La Búsqueda De Los Principios De Trabajo	24
3.5 Soluciones Conceptuales	27
3.6 Concepto Solución 1	29
3.7 Concepto Solución 2	29
3.8 Concepto Solución 3	30
3.9 Concepto Solución 4	30
3.10 Evaluación Técnica Del Proyecto Considerando Valores De Ponderación	27
3.11 Evaluación Económica Del Proyecto Considerando Valores De Ponderación	31
3.12 Evaluación Técnica - Económica Del Proyecto	33

3.13. Conclusiones Sobre El Concepto Solución	33
---	----

VI. DIMENCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE MAQUINAS DEL ARADO APLICANDO LAS LEYES DE LA MECANICA Y LA RESISTENCIA DE MATERIALES	34
--	-----------

4.1 Análisis De Fuerzas En Los Diferentes Estados De Trabajo A Los Que Se Somete El Arado	34
---	----

4.2 Elementos Del Arado Derivadas De Las Fuerzas Estáticas Y Dinámicas En El <u><i>Inicio Del Levantamiento Del Implemento Y La Reversión De Los Discos</i></u>	35
---	----

4.3 Elementos Del Arado Derivados De Las Fuerzas Estáticas Y Dinámicas En El Inicio Del Trabajo De Aradura	35
--	----

4.4 Desarrollo Del Análisis De Fuerzas En Las Distintas Etapas Del Trabajo Del Arado	36
--	----

4.4.1 Arado En El Inicio Del Levantamiento y Descripción De La Mecánica De Reversión	32
--	----

- Diagrama De Cargas Y Momentos En El Inicio Del Levantamiento	42
--	----

4.4.2 Análisis De Cargas Y Momentos En El Instante Del Inicio Del Trabajo De Aradura	43
--	----

4.4.2.1 Cálculo De La Resistencia Del Suelo A Través De Tablas.	43
---	----

4.4.2.2 Polígono De Fuerzas Actuantes En Los Discos Y Cálculo De Las Fuerzas Actuantes En Dirección Del Avance Y Perpendicular Al Avance	45
--	----

4.5 Dimensionamiento De Los Elementos Mecánicos A Base Del Análisis De Cargas Obtenidas En El Inicio Del Levantamiento Del Arado Por El Sistema Hidráulico Del Tractor.	
---	--

4.5.1 bastidor	48
----------------	----

4.5.1.1 Diseño Del Perfil (Espesor Y Altura)	48
--	----

4.5.1.2 Dimensionamiento De Las Juntas De Soldadura	54
---	----

- Fuerzas Respecto Al Centro De Gravedad De Los Cordones De Soldadura	54
- Calculo De La Soldadura En Las Torres De Enganche (Soldadura En Línea)	55
- Sistema Equivalente De Fuerzas Y Momentos Respecto Al Centro De Gravedad De La Soldadura	56
- Calculo Del Espesor De Soldadura En El Punto Crítico	56
4.5.2 Placa De Reversión	57
4.5.2.1 Estudio De La Mecánica De Reversión Del Arado Por Gravedad	58
4.5.2.2 Fuerzas Respecto Al Punto Inferior Del Enganche De Tres Puntos	58
4.5.2.3 Fuerzas En El Inicio Del Movimiento De Aradura Aplicada A La Placa De reversión Y Tomando Como Centro De Momentos Los Puntos Inferiores De Enganche	59
4.5.2.4 Dimensionamiento Del Espesor De La Placa	61
4.5.3 Pin De Enganche Superior De Tres Puntos (Dimensionamiento)	62
4.5.3.1 Distancias Y Puntos De Aplicación De Las Cargas	62
4.5.3.2 Dimensionamiento del Pin en la sección transversal de Máximo Momento Flector. (Cargas Distribuidas)	63
4.5.3.3 Dimensionamiento del Pin en un diferencial ubicado en la sección transversal de Máximo esfuerzo de corte y en la línea neutra de dicha sección	65
4.5.4 Dimensionamiento de la Bocina Interna	67
4.5.4.1. Calculo De La Resistencia Y Diámetros Interno Y Externo De La Bocina	67
- Análisis, en el extremo de la sección transversal, en el punto del Momento Máximo	68
- Análisis en La Sección De Carga Cortante Máxima En la línea neutra de la sección transversal	69

4.5.4.2	Calculo De La Bocina Por Compresión	72
4.5.5	Barra De Reversión (Análisis Por Pandeo)	73
4.5.5.1	Calculo de la Barra por pandeo	73
1.	Calculo De Los Esfuerzos Proveniente De	
	Las Cargas Externas (σ_p) En Función De Λ	73
	- Carga Externa Aplicada A La Barra	73
	- Geometría Del Elemento	
	- Longitud Critica Del Elemento	75
	- Sección Transversal Del Elemento	75
	- Relación De Esbeltez Del Elemento	75
	- Calculo De Los Esfuerzos Externos	
	En Función De La Variable Λ	75
4.5.4.2	Esfuerzos Provenientes De La Respuesta	
	Del Material Y Dimensionamiento Del Elemento	76
1	Zona Definida Por Fluencia Del Material	76
2	Zona Indefinida Por Euler	76
	A.- Método De TEDMAJER MODIFICADO	76
	B- Método De JOHNSON	77
	C- Calculo De La Fuerza Crítica	81
4.5.6	Bulón Deslizante (Fuerzas Y Dimensionamiento)	82
4.5.6.1.-	Análisis De La Mecánica Del Proceso De	
	Reversión Referido Al Elemento Deslizante	82
4.5.6.2.-	Diagrama De Fuerzas Y Momentos En El Bulón	
	Deslizante, En El Instante Del Levantamiento Del	
	Arado Y Reversión De Los Discos	83
4.5.6.3	Esfuerzos Y Dimensionamiento Del Bulón Deslizante	85
	- Esfuerzos En Flexión	85
	- Esfuerzo De Corte	85
	- Calculo De Los Esfuerzos Equivalentes	85
4.5.7	Brazo De Reversión (Espesor De Placa Y Cordón De Soldadura)	86
4.5.7.1	Dimensionamiento Del Espesor De La Placa	
	Del Brazo De Reversión	86
	- Diagrama De Fuerzas	86
	- Calculo De Los Esfuerzos Por Aplastamiento	87
4.5.7.2	Calculo Del Espesor De Soldadura (Unión Entre El	

Brazo Y La Placa Del Brazo De Reversión)	88
- Fuerzas Y Distancias Respecto Al Centro De Gravedad De La Soldadura	88
- Sistema Equivalente De Fuerzas Y Momentos	88
- Esfuerzos Máximos Resultantes En El Punto Crítico Del Cordón De Soldadura	90
- Calculo De Los Esfuerzos Cortantes Por Torsor (Método De Línea)	90
- Calculo De Los Esfuerzos Cortantes Directos	91
4.5.8 Resorte De Enclenchamiento Del Bulon Deslizante	92
4.5.8.1 Análisis De Cargas En La Placa De Reversión (Nueva Posición)	93
4.5.8.2 Dimensionamiento Y Elección Del Resorte	96
4.5.9 Pin Del Resorte	98
4.5.9.1 Fuerzas Aplicadas Al Pin Del Resorte	98
4.5.9.2 Diagrama De Cargas Cortantes Y Momento Flector	99
4.5.9.3 Calculo Del Diámetro Del Pin Sometido A Flexión Y Cortante	100
4.6 Dimensionamiento De Los Elementos Mecánicos, Derivados De Las Fuerzas Estáticas Y Dinámicas Del Arado Trabajando En El Proceso De Aradura.	100
4.6.1 En La Dirección De Tiro O Avance	100
4.6.1.1 Brazos De Soporte Del Disco.	100
4.6.1.1.1 Calculo Del Eje Por Flexión Y Corte	102
4.6.2 En La Dirección Transversal Al Avance	104
4.6.2.1 Dimensionamiento Del Conjunto Rueda Guía.	104
4.6.2.1.1 Fuerzas Producidas Por Los Discos En El Trabajo De Aradura	106
4.6.2.1.2 Dimensionamiento Del Brazo De Soporte De La Rueda Guía	107
4.6.2.2 Diseño Del Resorte De Amortiguamiento	108
4.6.2.2.1 Propiedades De Masa De Los Elementos Del Arado Afectados Por El Resorte.	109
4.6.2.2.2.- Calculo Por Carga Fija	110
4.6.2.2.3.- Calculo Por Carga Variable	111
V COSTOS	116
5.1 Costos Por Unidad De Peso Del Material.	116
5.2 Costos Por Cada Unidad De Sub Ensamble (Orden Seguido En El Programa Solid Work En el proceso de despiece y ensamble)	116

5.3 Cuadro de resumen de costos totales	130
VI CONCLUSIONES	132
VII RECOMNDACIONES	134



INDICE DE CUADROS

Cuadro 1:	Evaluación Técnica del proyecto, considerando valores de ponderación	31
Cuadro 2:	Evaluación económica del proyecto, considerando valores de ponderación	32
Cuadro 3:	Evaluación Técnica - Económica del proyecto, considerando valores de ponderación	33
Cuadro 4:	Valores de resistencia del suelo	44
Cuadro 5:	Valores de cálculo numérico para el termino L1	46
Cuadro 6:	Valores de cálculo numérico para el termino S1	47
Cuadro 7:	Valores numéricos para el cálculo de los términos de b y h del perfil de análisis	49
Cuadro 8:	Especificaciones técnicas de los perfiles de acero “COMERCIAL LA CASITA”	50
Cuadro 9:	Especificaciones técnicas de los perfiles en “C” (Reglamento CIRSOC 301-EL / 302-EL)	52
Cuadro 10:	Calculo del segundo momento inercial por el teorema de STEINER	53
Cuadro 11:	Cálculos de Diseño para el perfil del Bastidor	53
Cuadro 12:	Valores de cálculo para el término Fb (fuerza a la barra de reversión)	61
Cuadro 13:	Valores de cálculo para el término “r”, dimensionamiento del radio del Pin de Reversión	64
Cuadro 14:	Valores de cálculo para el término “r”, dimensionamiento del radio del Pin de Reversión	66
Cuadro 15:	Valores de cálculo para los término “r1” y “r2”, Dimensionamiento de la bocina de reversión	68
Cuadro 16:	Valores de cálculo para obtener el centro de gravedad de la sección media por encima del eje neutro de la sección transversa de la bocina	70
Cuadro 17:	Valores de cálculo para los término “r1” y “r2”, dimensionamiento de la bocina de reversión, por cortante máxima en un diferencial ubicado en el	

eje neutro de la sección transversal	71
Cuadro 18: Cuadro de comparación entre esfuerzos de compresión actuantes sobre la bocina y los esfuerzos de resistencia del material. SAE 64 con sus respectivos F.S.	72
Cuadro 19: Calculo de la fuerza crítica para distintos valores de “r” y “FS”	81
Cuadro 20: Valores numéricos de cálculo para el termino D” (diámetro del bulón deslizante) (a)	85
Cuadro 21: Valores numéricos de cálculo para el termino D” (diámetro del bulón deslizante) (b)	86
Cuadro 22: Valores numéricos de cálculo para el termino PLACA” (Espesor de placa)	87
Cuadro 23: Valores numéricos de cálculo para los términos N° DE ESPIRAS Y ESPACIO PARA LAS ESPIRAS	114
Cuadro 24: Datos obtenidos del catálogo TUBISA SAC.	116
Cuadro 25: Costos por pieza en el bastidor principal	117
Cuadro 26: Costos por pieza en el bastidor secundario	118
Cuadro 27: Costos por pieza en sujeción del disco de dirección	119
Cuadro 28: Costos por pieza en bracito de reversión	120
Cuadro 29: Costos por pieza en brazo de reversión superior	121
Cuadro 30: Costos por pieza en brazo regulable para la guía	122
Cuadro 31: Costos por pieza en guía de reversión del disco guía	123
Cuadro 32: Costos por pieza en reversión superior tres puntos	124
Cuadro 33: Costos por pieza en barra de reversión superior	125
Cuadro 34: Costos por pieza en ensamble del disco guía	126
Cuadro 35: Costos por pieza en ensamble de los ante discos	127
Cuadro 36: Costos por pieza en elementos complementarios necesarios para el ensamble	128
Cuadro 37: Costos por pieza en elementos cálculo para obtener piezas mecanizadas de acero endurecido	129
Cuadro 38: Resumen de costos	130

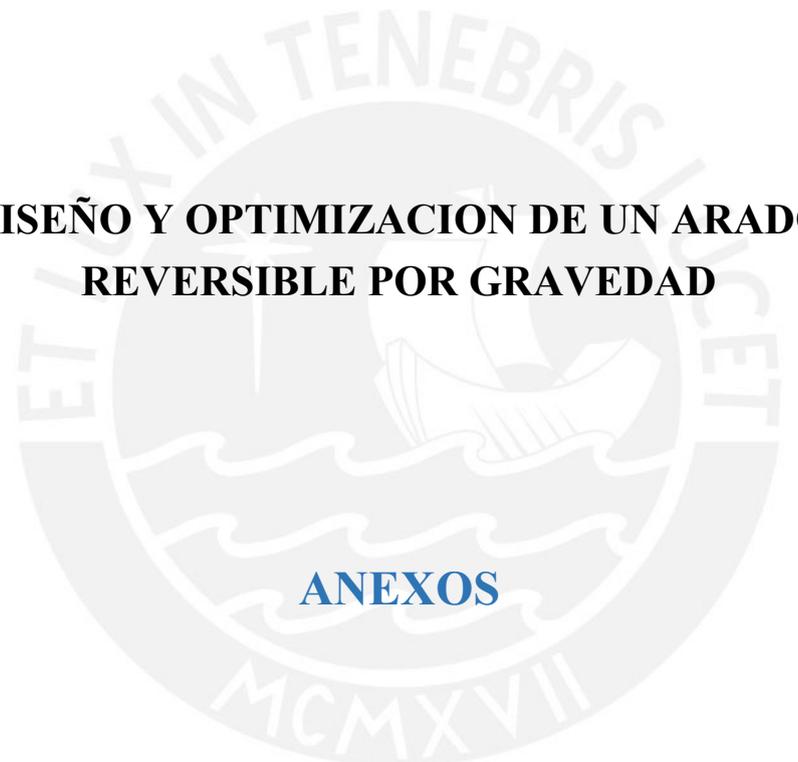
INDICE DE FIGURAS

Fig. 1	Acción del arado; corte, levante y volteo del prisma de tierra.	6
Fig. 2	Amontonamiento de tierra en el terreno y desnivelado del mismo por acción de un arado fijo	6
Fig. 3	Funcionamiento conceptual de un arado reversible	12
Fig. 4	Funcionamiento conceptual de la reversión de los discos en un arado reversible (a)	13
Fig. 5	Funcionamiento conceptual de la reversión de los discos en un arado reversible (b)	13
Fig. 6	Mecanismo de reversión manual para un arado reversible	14
Fig. 7	Mecanismo de reversión por gravedad para un arado reversible	14
Fig. 8	Mecanismo de reversión por accionamiento hidráulico	14
Fig. 9	Reversión del disco guía en un arado de reversión de discos	15
Fig. 10	Función Total del arado	18
Fig. 11	Disgregación de la función principal en Funciones Específicas (a)	18
Fig. 12	Disgregación de la función principal en Funciones Específicas (b)	19
Fig. 13	Disgregación de las Funciones Específicas en Sub Funciones dentro del ciclo de operación	19
Fig. 14	Disgregación de la función de reversión en sub funciones específicas (c)	20
Fig. 15	Disgregación de la función de reversión en sub Funciones específicas (d)	21
Fig. 16	Disgregación de la función de reversión en sub funciones específicas (e)	22
Fig. 17	Sub Funciones relacionadas a la función de soporte principal	23
Fig. 18	Búsqueda de los principios de trabajo para cada una de las funciones y sub funciones (a)	24
Fig. 19	Búsqueda de los principios de trabajo para cada una de las funciones y sub funciones (b)	25
Fig. 20	Búsqueda de los principios de trabajo para cada una de las funciones y sub funciones (c)	26
Fig. 21	Solución conceptual 1	27
Fig. 22	Solución conceptual 2	27

Fig. 23	Solución conceptual 3	28
Fig. 24	Solución conceptual 4	28
Fig. 25	Concepto solución en base a rigidez de la estructura y reversión por media palanca	29
Fig. 26	Concepto solución en base a rigidez de la estructura y reversión por gravedad	29
Fig. 27	Concepto solución en base a rigidez de la estructura y reversión por fuerza hidráulica	30
Fig. 28	Concepto solución en base a un diseño mas pequeño y reversión por gravedad	30
Fig. 29	Posiciones De La Placa De Reversión, Antes Y Después Del Inicio Del Levantamiento Del Arado Por El Sistema Hidráulico Del Tractor	36
Fig. 30	Fuerzas y momentos en los mecanismos de reversión, generados en el instante del levantamiento del arado por el sistema hidráulico del tractor	38
Fig. 31	Fuerzas y momentos en los mecanismos del arado, generados en el instante del inicio del trabajo de aradura	39
Fig. 32	Diagrama de distancias respecto al punto de enganche inferior (Centro De Momentos De Levante Del Arado)	40
Fig. 33	Propiedades de masa y volumen de las partes del arado resaltadas (a)	40
Fig. 34	Propiedades de masa y volumen de las partes del arado resaltadas (b)	41
Fig. 35	Propiedades de masa y volumen de las partes del arado resaltadas (c)	41
Fig. 36	Diagrama de fuerzas (estáticas y dinámicas) generados en el inicio del levantamiento	42
Fig. 37	Diagrama de cargas y momentos en el inicio del levantamiento del arado	42
Fig. 38	Polígono de fuerzas actuantes en el disco del arado	45
Fig. 39	Esquema de las fuerzas actuantes en la dirección de avance y transversal al avance	47
Fig. 40	Perfil de la sección transversal en base a ángulos de acero	49

Fig. 41	Perfil del bastidor principal en base a dos ángulos de acero en “C”	51
Fig. 42	Cordones de soldadura en los soportes del enganche superior de 3 Pts	54
Fig. 43	Diagrama de cargas y distancias al centro de gravedad de los cordones de soldadura	54
Fig. 44	Sistema equivalente de fuerzas y momentos respecto al centro de gravedad de la soldadura	56
Fig. 45	Esfuerzos en X y Y en el punto crítico	57
Fig. 46	Diagrama de cargas estáticas y dinámicas respecto al enganche inferior de tres puntos	58
Fig. 47	Fuerzas en el inicio del movimiento, en el trabajo de aradura	60
Fig. 48	Fuerzas actuantes en la placa de reversión ($F = 9605.58 \text{ N}$)	60
Fig. 49	Pin de enganche superior resaltado para su análisis	62
Fig. 50	Ubicación de las cargas actuantes en el enganche superior de 3 puntos.	62
Fig. 51	Diagrama de cargas cortantes y momentos flectores aplicados al enganche de tres puntos En la sección transversal del máximo momento flector.	63
Fig. 52	Diagrama de cargas cortantes y momentos flectores aplicados al enganche de tres puntos en la sección transversal de máxima carga cortante.	65
Fig. 53	Elementos de conexión entre el bastidor y la placa de reversión	67
Fig. 54	Distancias y medidas necesarias para el cálculo de los esfuerzos a compresión en la bocina	72
Fig. 55	Barra de reversión resaltada para su análisis	73
Fig. 56	Posibles planos de pandeo de la barra de reversión	74
Fig. 57	El elemento falla por fluencia, antes que por pandeo	76
Fig. 58	Grafica definida para un landa ubicada en la zona de TEDMAJER MODIFICADO	74
Fig. 59	Grafica definida para un landa ubicada en la zona de JOHNSON	79
Fig. 60	Grafica definida para un landa ubicada en la zona de EULER	80
Fig. 61	Bulón deslizante resaltado para su análisis	82

Fig. 62	Representación de fuerzas y momentos en el bulón deslizante en el instante del levantamiento	83
Fig. 63	Diagrama de fuerzas y momentos en el instante del levantamiento del arado	84
Fig. 64	Diagrama de fuerzas y momentos en el instante del inicio del trabajo de aradura	84
Fig. 65	Brazo de reversión resaltado para su análisis	86
Fig. 66	Esquema de fuerzas y momentos aplicados al brazo de reversión (a)	87
Fig. 67	Esquema de fuerzas aplicadas al brazo de reversión (b)	88
Fig. 68	Sistema equivalente de fuerzas y momentos	88
Fig. 69	Esfuerzos por torsión	89
Fig. 70	Esfuerzos por carga directa	89
Fig. 71	Esfuerzos máximos resultantes	90
Fig. 72	Ubicación del elemento de análisis dentro del arado	92
Fig. 73	Esquema de fuerzas y distancias respecto al centro de giro en la placa	93
Fig. 74	Esquema de fuerzas relacionadas al resorte en análisis (a)	94
Fig. 75	Esquema de fuerzas relacionadas al resorte en análisis (b)	95
Fig. 76	Medidas útiles para el diseño del resorte	96
Fig. 77	Fuerza aplicada del resorte al pin de enganche del resorte	99
Fig. 78	Diagrama de cargas cortantes y momento flector	99
Fig. 79	Dimensiones respecto al centro de masa del prisma de tierra	102
Fig. 80	Dimensiones en el plano vertical respecto al centro de masa del prisma de tierra	102
Fig. 81	Líneas de surcos de aradura sin compensación lateral de fuerzas	105
Fig. 82	Esquema de las fuerzas laterales y compensación mediante el disco guía	105
Fig. 83	Fuerzas producidas por los discos del arado del y del disco guía	106
Fig. 84	Peso de todo el mecanismo de disco guía	106
Fig. 85	Elementos resaltados que se apoyan en el resorte del disco guía	108
Fig. 86	Resorte del sistema de disco guía	110



**DISEÑO Y OPTIMIZACION DE UN ARADO
REVERSIBLE POR GRAVEDAD**

ANEXOS

LISTA DE ANEXOS

(En orden de presentación)

1.- TUBISA S.A.C.

Dirección: Jirón Daniel Carrión, Magdalena del Mar 15076

Teléfono: (01) 7115000

Ángulos estructurales ASTM – A36

Canales U ASTM – A36 / ASTM – A572 GRADO 50

Planchas laminadas en caliente ASTM – A36 / ASTM – A572 A709 GRADO 50

Tubos de acero con y sin costura ASTM – A53 GRADO B / ASTM – A106 /
API – 5L

Tubos cuadrados ASTM – A500 / A513

Vigas H alas anchas (WF) ASTM – A36

2.- CIRSOC (Centro de Investigación de los reglamentos Nacionales de Seguridad Para Las Obras Civiles Del Sistema INTI) (Instituto Nacional de Tecnología Industrial)

TABLAS PERFILES LAMINADOS Y TUBOS ESTRUCTURALES

(Para aplicación de los reglamentos CIRSOC 301/2005 y CIRSOC 302/2005)

ELABORACION: Ing. Gabriel R. TROGLIA, Sr. Bruno L. GODOY M.

IRAM-IAS U 500-511 – Perfil doble T de acero – IPN

IRAM-IAS U 500-215-2 – Perfil doble T de acero – IPB

IRAM-IAS U 500-215-3 – Perfil doble T de acero – IPBI

IRAM-IAS U 500-215-4 – Perfil doble T de acero – IPB

IRAM-IAS U 500-215-5 – Perfil doble T de acero – IPE

IRAM-IAS U 500-215-6 – Perfil doble T de acero – W

IRAM-IAS U 500-215-7 – Perfil doble T de acero – HP

IRAM-IAS U 500-215-8 – Perfil doble T de acero – M

IRAM-IAS U 500-509-2 – Perfil U de acero – UPN

IRAM-IAS U 500-509-4 – Perfil U de acero – C

IRAM-IAS U 500-509-4 – Perfil U de acero – MC

IRAM-IAS U 500-558 – Perfil ángulo de acero de alas iguales.

IRAM-IAS U 500-561 – Perfil T de acero.

IRAM-IAS U 500-218 / U 500-2592 – Tubos de acero – Sección Circular

IRAM-IAS U 500-218 / U 500-2592 – Tubos de acero – Sección Cuadrada.

IRAM-IAS U 500-218 / U 500-2592 – Tubos de acero – Sección Rectangular

3.- LA CASITA – EXELENIA EN ACEROS

<https://www.lacasita.com.co>

Llamar (5) 5744568 Fax: (5) 574 3164

Se utilizan para estructuras metálicas, tanto en construcción civil como para aplicaciones en la industria, cerrajería, metalistería, industria metalmeccánica, ornamentación y otros

Perfiles en C, Propiedades geométricas y de masa de los perfiles en C

4.- INDUSTRIAS SG S.A.C. (<http://www.industriassg.com/ventas.html>)

BRONCE GRAFITADO

Av. Lurigancho1076 Zárate - San Juan de Lurigancho - Lima

Phone: (00)(51)(1) 459 5787 / (00)(51)(1) 458 4205 / (00)(51)(1) 458 1461

ASTM B-438-67 Grade I; Clase B, o su equivalente SAE 841

5.- BRONCES FRANCO MARCA PROPIEDAD DE METALES FRANCO S.A.

Teléfono: + 52 (55) 58396815

Email: ventas@broncesfranco.com y broncesfranco@hotmail.com

S.A.E. 64 / BF- A2 / ASTM B - 144 (A3) / CDA 93700

6.- ACERO AISI-SAE 1045 (UNS G10450)

7.- FERRETERIA INDUSTRIAL “EL ARTESANO S.R.L.”

www.elartesano.com.pe/contacto/

Av. Separadora Industrial 2083, Urb. El Artesano

Tornillería, pernos y tuercas – Costos y presupuestos.

8.- INDUSTRIAL OKENDO S.A. de C.V

contacto@okendo.mx

Bronce UNS C93700, Bronce SAE 64, A.S.T.M. B584-09a

Bronce UNS C93200, Bronce SAE 660, A.S.T.M. B584-09a

Bronce UNS C90500, Bronce SAE 62, A.S.T.M. B584-09a

Bronce UNS C93600, A.S.T.M. B584-09a

**Tubisa S.A.**

Vigas - Perfiles - Tubos - Ángulos - Cálculos

**ÁNGULOS ESTRUCTURALES
ASTM A-36****Descripción:**

Producto de acero laminado en caliente hasta 1250 grados cuyo sección transversal está formada por dos alas en ángulo recto.

Usos:

Fabricación de estructuras metálicas, Carrocintas, Rejas, Torres de Transmisión, Puertas, Techados, y Almacenes.

Composición Química (Máx. %):

Norma Técnica	C	P	S	N
ASTM A-36	0.28	0.040 máx.	0.05 máx.	0.40 máx.

Propiedades Mecánicas:

Norma Técnica	σ kg/mm ²	σ kg/mm ²	δ %
ASTM A-36	24 mm	41 mm	12.5-19

Dimensiones y Peso Unitario**Pulgadas**

Dimensiones	Peso Teórico		
	lb/lin	kg/m	kg/placa
1/8" x 1 1/2" x 6mts	1.23	1.83	10.985
3/16" x 1 1/2" x 6mts	1.9	2.679	16.072
1/8" x 2" x 6mts	1.85	2.455	14.733
1/4" x 2" x 6mts	3.19	4.747	28.483
3/16" x 3" x 6mts	3.44	5.631	31.787
1/4" x 3" x 6mts	4.9	7.202	43.752
1/4" x 4" x 6mts	6.6	9.82	58.92

Milímetros

Dimensiones	Peso Teórico		
	lb/pla	kg/m	kg/placa
50 x 50 x 3mm x 6mts	1.65	2.458	14.733
50 x 50 x 6mm x 6mts	3.19	4.747	28.483
74 x 75 x 4.6mm x 6mts	3.79	6.2	37.3
75 x 75 x 4.6mm x 12mts	3.79	6.2	54.4
75 x 75 x 6mm x 12mts	4.9	7.202	67.5
100 x 100 x 6mm x 6mts	6.6	9.82	58.92
100 x 100 x 9mm x 6mts	9.8	14.58	87.492
100 x 100 x 12mm x 6mts	12.8	19.05	114.27
150 x 150 x 9mm x 6mts	14.9	22.22	133.287
150 x 150 x 12mm x 6mts	19.67	29.34	176.04

**Tubisa SAC**

Vigas · Planchas · Tubos · Ángulos · Canales

**CANALES U
ASTM A-36 / ASTM A-572 GRADO 50****Descripción:**

Producto de Acero Estructural que tiene una sección transversal en forma de U, obtenida por Laminación precalentado a una temperatura de 1250°C.

Usos:

Fabricación de estructuras metálicas como bases de equipos, viguetas, carrocerías.

Composición Química (Máx. %):

NORMA TÉCNICA	C	Mn	P	S	Si
ASTM A-36	0.25	0.8-1.2 máx	0.040 máx	0.05máx	0.40 máx
ASTM A-572 GRADO 50	0.23	1.35 mín.	0.040 máx	0.05máx	—

Propiedades Mecánicas:

NORMA TÉCNICA	σ_y kg/cm ²	σ_u kg/cm ²	δ %	Norma Equivalente
ASTM A-36	24 mín	41 mín	18 mín	DIN 17100 St 37-3
ASTM A-572 GRADO 50	35 mín	46 mín	16 mín	DIN 17100 St 52-3

Dimensiones y Peso Unitario

Dimens. pulg x pulg	ALB mm	ALMA mm	PESO %/PIE	PESO kg/m	EF %	E - E (pulg)			E - F (pulg)		
						T	S	T	T	S	T
3" x 4.0	0.273	0.17	4	6.1	1.6	1.1	1.17	0.2	0.21	0.41	
3" x 4	0.273	0.258	4	7.44	1.8	1.1	1.12	0.25	0.24	0.41	
4" x 5.3	0.296	0.18	5.3	8	3.8	1.0	1.56	0.32	0.29	0.45	
4" x 6.24	0.296	0.247	6.24	9.3	4.19	2.093	1.512	0.372	0.311	0.449	
5" x 6.6	0.32	0.19	6.6	10	7.4	3	1.95	0.48	0.38	0.5	
5" x 8	0.32	0.325	8	13.4	8.8	3.5	1.83	0.64	0.45	0.49	
6" x 8.1	0.343	0.2	8.1	12.2	13	4.3	2.34	0.7	0.5	0.54	
6" x 10.4	0.343	0.314	10.4	15.63	15.1	5	2.22	0.87	0.57	0.53	
7" x 9.7	0.366	0.21	9.7	14.5	21.1	6	2.72	0.98	0.63	0.59	
8" x 11.4	0.39	0.22	11.4	17.1	32.3	8.1	3.1	1.3	0.79	0.63	
8" x 13.74	0.39	0.303	13.74	20.5	35.8	9	2.99	1.5	0.86	0.62	
9" x 13.3	0.413	0.23	13.3	19.9	47.3	10.5	3.49	1.8	0.97	0.67	
10" x 15.2	0.436	0.24	15.2	22.8	66.0	13.4	3.87	2.3	1.2	0.72	
10" x 19	0.436	0.379	19	29.8	78.5	15.7	3.66	2.8	1.3	0.7	
12" x 20.6	0.501	0.28	20.6	30.8	128.1	21.4	4.61	3.9	1.7	0.81	



Tubisa S.A.C.

Vigas - Planchas - Tubos - Ángulos - Canales

**PLANCHAS LAMINADAS EN CALIENTE
ASTM - A36 / ASTM - A572 A709 GRADO
50**

▮ Descripción:

Producto plano, obtenido por la laminación de planchones de acero estructural, calentado hasta los 1,250°C.

▮ Usos:

Vigas, puentes, estructuras metálicas, tanques de almacenamiento, autopartes, torres de alta tensión, equipos, mecánicos, etc.

▮ Composición Química (Máx. %):

NORMA TÉCNICA	Grado 50				
	C	Mn	P	S	Si
ASTM A-36	0.25	0.8 - 1.2 máx.	0.040 máx.	0.050 máx.	0.40 máx.
ASTM A-572 GRADO 50	0.23	1.35 máx.	0.040 máx.	0.050 máx.	—
ASTM A-709	0.23	1.35 máx.	0.040 máx.	0.050 máx.	—

▮ Propiedades Mecánicas:

NORMA TÉCNICA	Grado 50			
	fy/mm ²	Fu/mm ²	El.	Temperatura mínima
ASTM A-36	24 min.	41 min.	18 min.	DIN 17100 St 37-2
ASTM A-572 GRADO 50	35 min.	46 min.	18 min.	DIN 17100 St 52-3
ASTM A-709	35 min.	46 min.	18 min.	DIN 17100 St 52-4

▮ Dimensiones y Peso Unitario

SISTEMA INGLÉS (milg/oh)			SISTEMA MÉTRICO (mm)			Peso 7000000 (kg/m ³)		
Espesor	Ancho	Largo	Espesor	Ancho	Largo	kg/m ²	kg	kg/m ³
5/16"	4	8	2.0	1200	2400	45.216	15.700	1.413
			2.2	1200	2400	49.736	17.270	1.554
3/32"	4	8	2.5	1200	2400	56.520	19.625	1.766
			2.9	1200	2400	65.963	22.765	2.049
1/8"	4	8	3.0	1219	2438	69.969	23.530	2.167
			2.9	1500	3000	102.443	22.765	2.049
			2.9	1500	6000	204.885		
3/16"	4	8	4.4	1200	2400	99.475	34.540	3.109
			4.5	1500	6000	317.925	35.325	3.179
			4.8	1524	6096	345.412	37.288	3.464
1/4"	4	8	5.0	1200	2400	133.387	46.315	4.166
			5.0	1300	2440	137.909	47.100	4.310
			5.4	1219	2438	139.978		
			5.4	1219	2438	149.309	50.240	4.666
			5.9	1500	3000	208.416	46.315	4.166

	5	20	6.0	1500	3000	211,950	47,100	4,239
			6.3	1500	6000	416,025	46,315	4,186
			6.6	1520	6000	451,030	49,455	4,510
	5	20	6.4	1500	6000	452,180	50,340	4,522
			7.9	1270	2400	176,803	62,015	5,581
			8.0	1200	2400	180,964	62,800	5,652
5/16"	4	8	7.9	1500	3000	279,068	62,015	5,581
			8.0	1500	3000	282,600	62,800	5,652
			8.1	1500	6000	558,135	62,015	5,581
5/16"	5	10	8.0	1500	6000	565,200	62,800	5,652
			8.1	1500	6000	568,732	63,585	5,723
			8.2	1500	6000	572,264	64,370	5,794
5/16"	5	20	9.0	1500	6000	635,850	70,650	6,359
			9.1	1500	6000	639,382	71,435	6,430
			9.2	1500	6000	642,914	72,220	6,501
3/8"	4	8	12.0	1200	2400	271,296	94,200	8,478
			12.5	1219	2438	297,620	98,125	9,113
			12.0	1500	3000	423,900	94,200	8,478
3/8"	5	10	12.0	1500	6000	847,800	94,200	8,478
			12.5	1500	6000	847,800	94,200	8,478
			12.0	2400	6000	1,356,480	94,200	8,478
3/8"	5	20	12.5	2440	6000	1,436,550	98,125	8,979
			12.7	2440	6000	1,459,535	99,018	9,122
			12.0	3000	6000	1,695,600	94,200	8,478
1/2"	10	40	12.0	3000	12000	3,391,200	94,200	8,478
			16.0	1200	2400	381,728		
			16.0	1500	3000	565,200		
5/8"	5	20	16.0	1500	6000	1,130,400	125,800	11,304
			16.0	2400	6000	1,808,640		
			16.0	3000	12000	4,521,600		
3/4"	4	8	19.0	1219	2438	443,262		
			19.0	1500	3000	671,175		
			19.0	1500	6000	1,342,350	149,150	13,852
3/4"	5	20	19.0	2438	6096	2,216,674		
			19.0	2400	12000	4,295,520		
			19.0	3000	12000	5,369,400		
7/8"	8	40	22.0	2440	6000	2,526,320		
			22.0	2400	12000	4,973,760	172,700	15,802
			25.0	1200	2400	565,200		
1"	4	8	25.0	1219	2438	581,240		
			25.4	1200	2440	583,814		
			25.0	1500	6000	1,766,250	198,250	17,863
1"	5	20	25.4	2440	6000	2,919,070		
			25.0	2400	12000	5,651,000		
			32.0	2400	6000	3,617,280	251,200	22,608
1 1/4"	5	40	32.0	2400	12000	7,294,560		



Tubisa SUC

Vigas - Planchas - Tubos - Ángulos - Canales

**TUBOS DE ACERO CON Y SIN COSTURA
ASTM A-53 GRADO B / ASTM A-106 / API
SL**

Descripción:

Tubos para alta presión, fabricados con acero al carbono de calidad estructural.

Usos:

ASTM A-53 GRADO B Tubos para la conducción de fluidos y gases, de uso frecuente en petroquímica, pesca, minería e industria en general.

ASTM A-106 GRADO B Tubos para servicios a altas temperaturas.

API SL GRADO B Tubos de línea para la industria petrolera.

Composición Química (Máx. %):

Grado B								
C	Mn	P	S	Cu	Bi	Cr	Ni	N
0.3	1.2	0.05	0.045	0.4	0.4	0.4	0.15	0.08

Propiedades Mecánicas:

Norma / Grado	Tensión			Series Equivalente
	$R_{p0.2}$ (MPa)	R_{m} (MPa)	R_{t} (%)	
ASTM A-53 GR-A	21 min	34 min	23 min	IS G-3454
ASTM A-53 GR-B	25 min	42 min	18 min	IS G-3454
ASTM A-106 GR-B	25 min	42 min	18 min	IS G-3456
API SL B	25 min	42 min	19 min	IS G-3454

Dimensiones y Peso Unitario

Diámetro Nominal			Espesor	Diámetro Ex.		Peso Nominal	Peso Di. Exceso	
INCH.	MM.	MM.		INCH.	MM.		kg/m	kg/m ²
3/8"	9.525	17.1	40	0.091	2.31	0.84	700	49.2
			80	0.128	3.20	1.10	850	60.0
1/2"	12.700	21.3	40	0.109	2.77	1.27	700	49.2
			80	0.147	3.73	1.62	850	60.0
3/4"	19.050	26.7	40	0.113	2.87	1.69	700	49.2
			80	0.154	3.91	2.20	850	60.0
1"	25.400	33.4	40	0.133	3.38	2.50	700	49.2
			80	0.179	4.55	3.24	850	60.0
1 1/4"	38.100	42.2	40	0.140	3.56	3.39	1300	91.0
			80	0.191	4.85	4.47	1900	133.0
1 1/2"	38.100	48.3	40	0.145	3.68	4.05	1300	91.0
			80	0.200	5.08	5.41	1900	133.0
2"	50.800	60.3	40	0.154	3.91	5.44	2500	175.0

			80	0.218	5.54	7.48	2500	175.0
2 1/2"	2.875	73.0	40	0.203	5.16	8.63	2500	175.0
			80	0.276	7.01	11.41	2500	175.0
3"	3.500	88.9	40	0.216	5.49	11.29	2500	175.0
			80	0.300	7.62	15.27	2500	175.0
3 1/2"	4.000	101.6	40	0.226	5.74	13.57	2370	166.0
			80	0.318	8.06	18.63	2600	196.0
4"	4.500	114.3	40	0.237	6.02	16.07	2210	155.0
			80	0.337	8.56	22.32	2600	196.0

Overall Outside Diameter			Standard	Bore Dia. (mm)		Tens. Strength (MPa)	Pressure Rating	
1/16"	1/8"	1/4"		1/16"	1/8"		Working Pressure (PSI)	1.5x Burst (PSI)
5"	5.563	141.3	40	0.258	6.55	21.77	1950	137.0
			80	0.375	9.53	30.94	2600	196.0
6"	6.625	168.3	40	0.280	7.11	28.26	1760	125.0
			80	0.432	10.97	42.56	2740	192.0
6"	6.625	219.1	40	0.322	8.18	42.56	1570	110.0
			80	0.500	12.70	64.64	2430	170.0
10"	10.750	273.0	40	0.365	9.27	60.29	1430	100.0
			80	0.594	15.09	95.97	2320	162.0
			STD.	0.365	9.27	60.21	1430	100.0
12"	12.750	323.8	40	0.406	10.31	79.70	1340	94.0
			80	0.688	17.46	132.04	2270	159.0
			STD.	0.375	9.53	73.88	1240	87.0
14"	14.000	355.6	40	0.438	11.13	94.55	1310	92.0
			80	0.750	19.05	158.10	2250	158.0
			STD.	0.375	9.53	81.33	1120	79.0
16"	16.000	406.4	40	0.475	12.07	123.30	1310	92.0
			80	0.844	21.44	203.53	2220	156.0
			STD.	0.375	9.53	93.27	980	69.0
18"	18.000	457	40	0.562	14.27	155.80	1210	82.0
			80	0.938	23.83	254.55	2190	154.0
			STD.	0.375	9.53	105.16	880	62.0
20"	20.000	508	40	0.594	15.09	183.42	1250	88.0
			80	1.031	26.19	311.17	2170	152.0
			STD.	0.375	9.53	117.15	790	55.0

**Tubisa** S.A.C.

Vigas - Placas - Tubos - Ángulos - Canales

**TUBOS CUADRADOS
ASTM A-500 A-513****≡ Descripción:**

Son tubos con costura conformados en frío soldados mediante el proceso ERW a partir de flejes de acero laminados en caliente o laminados en frío. La forma cuadrada le da un juego de rodillos.

≡ Usos:

Estructuras, Rejos, Marcos de puertas y ventanas, Tijeras, Cercos y Barandas.

≡ Composición Química (Máx. %):

Norma Técnica	C	P	S
ASTM A-500	0.26	0.04	0.05 max
ASTM A-513	0.26	0.04	0.05 max

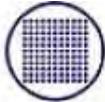
≡ Propiedades Mecánicas:

UTS: 310 Mpa
Yield: 270 Mpa
Elongación: 25%

Norma Técnica	T Kgf/mm ²	R Kgf/mm ²	E %
ASTM A-500	27 min	32	25 min
ASTM A-513	25.3 min	37	18 min

≡ Dimensiones y Peso Unitario

Tubo	Dimensiones		Peso Kg./Mts	Wt/Lb
	Alargado	mm		
3"x2"	50.8x50.8	0.076	1.98	3.01
3"x3"	76.2x76.2	0.12	3.05	6.81
4"x4"	101.6x101.6	0.12	3.05	9.23
4"x4"	101.6x101.6	0.18	4.57	13.5
6"x6"	152.4x152.4	0.18	4.97	20.8
6"x6"	152.4x152.4	0.1875	6	21.6
8"x8"	203.2x203.2	0.1875	6	29.2
8"x8"	203.2x203.3	0.25	6.35	30.98
8"x8"	203.2x203.4	0.374	8.5	48.35
10"x10"	254x254	0.25	6.35	38.7
10"x10"	254x254	0.354	9	54.9
12"x12"	304.8x304.8	0.25	6.35	46.48



INTI
Instituto Nacional de
Tecnología Industrial

CIRSOC

Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales
de Seguridad para las Obras Civiles del Sistema INTI

TABLAS

PERFILES LAMINADOS Y TUBOS ESTRUCTURALES

***PARA APLICACIÓN DE LOS REGLAMENTOS
CIRSOC 301/2005 Y CIRSOC 302/2005***

Septiembre 2005

INDICE

IRAM-IAS U 500-511 – Perfil doble T de acero – IPN	2
IRAM-IAS U 500-215-2 – Perfil doble T de acero – IPB	3
IRAM-IAS U 500-215-3 – Perfil doble T de acero – IPBI	4
IRAM-IAS U 500-215-4 – Perfil doble T de acero – IPBv	5
IRAM-IAS U 500-215-5 – Perfil doble T de acero – IPE	6
IRAM-IAS U 500-215-6 – Perfil doble T de acero – W	7
IRAM-IAS U 500-215-7 – Perfil doble T de acero – HP	18
IRAM-IAS U 500-215-8 – Perfil doble T de acero – M	19
IRAM-IAS U 500-509-2 – Perfil U de acero – UPN	20
IRAM-IAS U 500-509-4 – Perfil U de acero – C	21
IRAM-IAS U 500-509-4 – Perfil U de acero – MC	22
IRAM-IAS U 500-558 – Perfil ángulo de acero de alas iguales.	24
IRAM-IAS U 500-561 – Perfil T de acero.	26
IRAM-IAS U 500-218 / U 500-2592 – Tubos de acero – Sección Circular.	27
IRAM-IAS U 500-218 / U 500-2592 – Tubos de acero – Sección Cuadrada.	34
IRAM-IAS U 500-218 / U 500-2592 – Tubos de acero – Sección Rectangular.	38

UPN según
IRAM-IAS
U 500-509-2

Para U<300 pend. +8%
Para U>300 pend. +5%

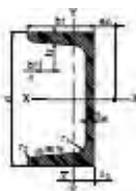


Ag = Área bruta de la sección transversal.
I = Momento de Inercia de la sección, respecto de los ejes principales.
 $r = \sqrt{I/A}$ Radio de giro.
S = Módulo resistente elástico de la sección.
Q = Momento estático de media sección.
Z = Módulo plástico de la sección.
 $e_x = \bar{X}$ = Distancia al centro gravedad.
 $e_y = \bar{Y}$ = Distancia al centro de corte.

J = Módulo de torsión.
Cw = Módulo de alabeo.
 X_1, X_2 = Factores de pandeo.
 L_{cr} = Longitud lateralmente no amarrada límite para desarrollar la capacidad de plastificación total por flexión.
 L_{cr} = Longitud lateralmente no amarrada límite para pandeo lateral torsional inelástico.

Designación	Dimensiones						Relaciones		Ag	Peso	X - X'					Y - Y'					Distancias		Agujeros en el ala		Distancia agujero al borde		Espesor		J	Cw	X ₁	X ₂ (10 ⁻⁴)	Acero I-26					
	h	h ₁	t ₁	t ₂	b ₁	b ₂	I _x /I _y	I _x /I _y			I _x	I _y	S _x	S _y	Z _x	Z _y	I _{xy}	I _{xy}	1,5.I _{xy}	Z _y	e _x	e _y	r _x	r _y	d	d	t ₁	t ₂					J	Cw	X ₁	X ₂	Carga Ala	Carga Ala Sup.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm					cm ²	Kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm	cm	mm	mm	mm	mm					cm ⁶	cm ⁶	MPa	MPa	ca	ca
30x15	30	15	4,5	12	4	2	3,33	3,00	2,21	1,74	2,53	1,39	1,07	-	-	0,36	0,36	0,42	-	-	-	0,52	0,74	10	6,4	5	3,90	5,10	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-	
30	30	33	7	7	5	3,5	4,71	0,20	5,44	4,27	5,30	4,26	1,08	-	-	5,30	2,68	0,89	-	-	-	1,21	2,22	18	6,4	15	5,68	8,32	0,32	-	-	-	-	-	-	-	-	
40x20	40	20	5,5	18	5	2,5	3,54	3,50	3,86	2,87	7,26	3,70	1,44	-	-	1,14	0,66	0,56	-	-	-	0,67	1,01	11	6,4	9	4,70	5,30	0,34	-	-	-	-	-	-	-	-	
40	40	35	7	11	5	3,5	5,00	2,20	6,21	4,87	14,1	7,26	1,50	-	-	5,56	3,06	1,04	-	-	-	1,32	2,32	18	11	17	5,60	9,40	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	
50x25	50	25	6	25	5	3	4,17	5,00	4,92	3,86	15,8	6,72	1,65	-	-	2,49	1,46	0,71	-	-	-	0,81	1,34	15	6,4	9	5,00	7,00	0,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	50	38	7	20	5	3,5	5,43	4,00	7,12	5,50	25,4	10,5	1,92	-	-	3,12	3,75	1,13	-	-	-	1,37	2,47	20	11	18	5,45	8,52	1,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	60	30	6	25	6	3	5,00	5,83	6,46	5,07	31,5	10,5	2,21	-	-	4,51	2,16	0,64	-	-	-	0,91	1,50	18	6,4	12	4,90	7,20	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65	65	42	7,5	33	5,5	4	5,60	6,00	9,03	7,09	37,5	17,7	2,52	-	-	14,1	5,07	1,25	-	-	-	1,42	2,60	25	11	17	5,62	9,15	1,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80	80	45	8	46	6	4	6,50	7,97	11,00	8,64	105	25,5	3,10	15,9	31,8	19,4	6,36	1,33	6,36	0,54	12,08	1,45	2,67	25	12	20	6,20	9,60	2,00	105,54	48018	0,12	98	505	62	501		
100	100	50	8,5	54	6	4,5	8,56	10,7	13,50	10,80	205	41,2	3,91	24,5	49,0	29,3	8,49	1,47	8,59	12,7	15,21	1,55	2,93	30	13	20	6,50	10,50	2,64	481,85	40033	0,27	75	505	55	454		
120	120	55	9	62	7	4,5	9,11	11,7	17,00	13,40	354	55,7	4,52	35,3	72,5	43,2	11,1	1,59	11,61	15,7	21,27	1,60	3,03	30	17	25	6,80	11,20	3,34	1039,2	36738	0,40	62	504	74	480		
140	140	60	10	70	7	5	9,90	14,0	20,40	15,00	505	66,4	5,45	51,4	103	62,7	14,5	1,75	15,26	22,2	28,32	1,75	3,37	35	17	25	7,60	12,40	5,37	2073,5	33445	0,57	50	505	61	451		
160	160	65	10,5	75	7,5	5,5	9,19	15,3	24,00	16,60	625	77,5	6,21	69,5	136	65,2	15,3	1,89	19,27	27,5	35,20	1,84	3,56	35	21	30	7,90	13,10	6,97	3750,3	30779	0,62	67	505	67	449		
180	180	70	11	83	8	5,5	9,36	16,6	28,00	22,00	750	90	6,95	80,5	179	114	22,4	2,02	24,04	33,5	43,14	1,92	3,75	40	21	30	8,20	13,80	8,91	5363,5	25063	1,07	104	517	63	453		
200	200	75	11,5	91	8,5	6	9,52	17,8	32,30	25,30	910	101	7,70	114	228	145	27	2,14	29,41	40,5	51,89	2,01	3,94	40	25	35	8,50	14,30	11,23	10429	27479	1,37	110	522	69	453		
220	220	80	12,5	107	9	6,5	9,40	18,6	37,40	30,40	1090	115	8,46	146	292	167	30,5	2,3	35,38	50,4	64,40	2,14	4,20	45	25	35	9,20	15,70	15,15	15737	25623	1,49	115	550	105	475		
240	240	85	13	124	9,5	6,5	9,54	19,4	42,30	33,30	1300	130	9,22	179	356	186	35,5	2,42	43,30	59,4	75,02	2,23	4,39	45	25	40	9,50	16,40	18,57	25390	25795	1,79	124	550	112	481		
260	260	90	14	140	10	7	9,42	20,0	48,30	37,90	1520	147	9,98	221	442	211	42,7	2,56	52,38	71,5	92,22	2,35	4,65	50	25	40	10,40	17,60	24,20	35133	25438	1,90	132	555	115	522		
280	280	95	15	155	10	7,5	9,33	21,6	53,30	41,80	1750	165	10,90	266	532	239	52,2	2,74	62,03	88,9	109,9	2,53	5,02	50	25	45	11,20	18,80	29,71	55532	24518	2,12	141	555	127	518		
300	300	100	16	172	10	8	9,25	23,2	59,80	46,20	2000	185	11,70	315	632	265	57,5	2,9	72,71	102	130,0	2,70	5,41	55	25	45	12,00	20,00	36,24	75635	23917	2,33	148	535	134	533		
320	320	105	17,5	188	14	8,75	9,71	24,6	65,80	51,50	2250	207	12,40	413	825	297	60,5	2,91	81,53	121	158,9	2,80	4,62	55	25	45	12,80	20,20	51,80	104418	27023	1,42	144	555	130	523		
350	350	100	18	202	14	8	9,25	25,1	77,30	60,80	2580	234	13,30	469	918	370	75	2,72	88,72	113	149,5	2,40	4,45	55	25	45	13,85	19,85	58,35	123305	24629	2,46	140	515	125	521		
380	380	102	18	213	13,5	8	9,38	23,2	80,40	63,10	2950	259	14,00	507	1014	415	75,7	2,77	93,75	118	156,5	2,38	4,58	60	25	40	13,70	19,80	56,39	158852	22423	3,14	142	505	125	419		
400	400	110	18	224	14	8	9,71	23,1	91,90	71,80	3350	300	14,90	518	1295	545	102	3,04	119,2	153	202,5	2,85	5,11	60	25	50	15,80	21,10	75,06	233940	22575	3,42	155	540	141	529		

Serie C según
IRAM-IAS
U 500-509.4



Ag = Área bruta de la sección transversal.
I = Momento de inercia de la sección.
respecto de los ejes principales.
 $r = \sqrt{I/A}$ Radio de giro.
S = Módulo resistente elástico de la sección.
Q = Momento estático de media sección.
Z = Módulo plástico de la sección.
 \bar{X} = Distancia al centro gravedad.
 e_0 = Distancia al centro de corte.
 x_p = Distancia al eje neutro plástico.

J = Módulo de torsión.
Cw = Módulo de alabeo.
 X_1, X_2 = Factores de pandeo.
 L_p = Longitud lateralmente no arriostrada
límite para desarrollar la capacidad de
plastificación total por flexión.
 L_r = Longitud lateralmente no arriostrada
límite para pandeo lateral torsional
inelástico.

Designación	Dimensiones					Relaciones		Ag cm ²	Peso Kg/m	Distancias			X - X					Y - Y					J cm ⁴	Cw cm ⁶	X ₁ MPa	X ₂ (10) ³ MPa ²	Acero F-24					
	h	bf	tf	hw*	he	bf/2t	hw/h			X	x ₁	x ₂	Ix cm ⁴	Ix ₁ cm ⁴	Ix ₂ cm ⁴	Qx cm ³	Qx ₁ cm ³	Qx ₂ cm ³	Iy cm ⁴	Iy ₁ cm ⁴	Iy ₂ cm ⁴	Qy cm ³					1.5Sy cm ³	Zy cm ³	L _p cm	L _r cm	L _p cm	L _r cm
C15x50	381	84,4	18,5	308	18,2	2,86	18,9	94,8	74,4	2,03	1,48	1,24	1891,6	882	13,31	550	1118	458	82	2,20	67	93	134	111	132120	32143	1,22	113	808	102	546	
x40	381	84,4	18,5	308	13,2	2,71	23,3	78,1	59,3	1,97	1,95	0,80	1452,6	782	13,82	869	937	384	55	2,25	58	83	113	80,8	110388	24839	3,03	118	477	104	428	
x33,9	381	84,4	18,5	308	10,2	2,62	30,3	84,3	30,4	2,00	2,28	0,84	1311,1	888	14,27	413	828	338	51	2,30	51	78	102	42,5	98136	20948	5,01	118	417	108	371	
C12x30	305	80,5	12,7	248	13,0	3,18	18,1	58,9	44,8	1,71	1,57	0,93	8743	442	10,90	275	551	214	34	1,84	35	51	71	36,2	40548	28320	1,90	100	471	89,8	423	
x25	305	77,4	12,7	248	9,8	3,04	25,2	47,4	37,2	1,71	1,89	0,77	8094	398	11,25	239	479	188	31	1,98	31	48	63	22,5	34910	22818	3,39	102	360	91,8	348	
x20,7	305	74,7	12,7	248	7,2	2,94	34,8	39,3	30,8	1,77	2,21	0,84	5389	352	11,71	208	416	181	28	2,03	29	43	57	15,4	30076	18272	6,54	104	340	93,9	302	
C10x30	254	77,0	11,1	203	17,1	3,48	11,9	38,9	44,8	1,85	0,94	1,12	4287	338	8,89	218	438	184	27	1,70	31	41	82	31,2	21295	43921	0,38	87,3	637	78,8	575	
x25	254	73,3	11,1	203	13,4	3,31	15,2	47,4	37,2	1,57	1,25	0,93	3798	298	8,84	189	377	140	24	1,72	26	38	52	28,7	18388	34155	0,38	88,3	501	79,4	452	
x20	254	69,6	11,1	203	9,8	3,14	21,1	37,9	29,8	1,54	1,82	0,74	3284	259	9,30	158	318	117	22	1,78	23	32	44	15,4	15280	25789	2,48	80,4	389	81,3	349	
x15,3	254	66,0	11,1	203	6,1	2,98	33,3	28,0	22,8	1,81	2,02	0,57	2805	221	9,83	129	259	95	19	1,81	19	29	39	8,74	12245	19854	5,55	83,1	312	85,8	277	
C8x20	229	67,3	10,5	186	11,4	3,21	9,38	37,9	29,8	1,48	1,31	0,83	2935	221	8,18	138	275	101	18	1,83	20	28	40	17,9	10580	32512	1,08	83,8	453	75,4	406	
x16	229	63,1	10,5	186	7,2	3,01	15,1	28,5	22,3	1,49	1,73	0,82	2123	185	8,84	111	221	80	17	1,88	17	25	34	8,74	8325	23508	3,12	88,3	340	77,7	304	
x13,4	229	61,8	10,5	186	5,8	2,95	18,4	25,4	19,9	1,53	1,89	0,55	1894	174	8,84	102	205	73	18	1,70	18	24	32	7,08	7573	21312	4,18	87,3	313	78,8	279	
C6x18,75	203	64,2	9,91	186	12,4	3,24	12,8	35,5	27,9	1,44	1,09	0,87	1831	180	7,16	113	228	82	17	1,52	18	25	38	18,3	8740	39072	0,53	78,2	307	70,4	458	
x13,95	203	59,5	9,91	186	7,7	3,00	20,2	28,1	20,5	1,40	1,53	0,84	1503	148	7,50	89	179	64	14	1,58	14	21	28	7,91	5156	28782	1,80	80,3	359	72,2	323	
x11,5	203	57,4	9,91	186	5,8	2,90	23,8	21,8	17,1	1,45	1,77	0,53	1357	132	7,80	78	158	55	13	1,69	13	19	28	5,41	4431	22478	3,29	81,8	307	73,4	275	
C7x12,25	178	55,7	9,30	133	7,98	3,00	18,7	23,2	18,2	1,33	1,37	0,85	1007	114	8,80	89	138	48	12	1,45	12	17	23	8,88	3008	30230	1,21	74,8	375	87,1	338	
x9,8	178	53,1	9,30	133	5,3	2,88	25,0	18,5	14,6	1,37	1,84	0,52	887	100	8,91	58	117	40	10	1,48	10	15	21	4,18	2485	24322	2,35	75,9	308	88,3	277	
C6x13	152	54,8	8,71	111	11,10	3,14	10,0	24,7	19,3	1,31	0,97	0,81	724	95	5,41	59	119	44	11	1,33	11	18	22	9,89	1939	49828	0,27	88,5	319	81,7	489	
x10,5	152	51,7	8,71	111	8,0	2,97	13,9	19,9	15,8	1,27	1,23	0,85	833	83	5,84	50	101	38	9	1,34	9	14	19	5,41	1598	34575	0,70	86,1	397	82,1	558	
x8,2	152	48,8	8,71	111	5,08	2,80	21,0	15,5	12,2	1,30	1,52	0,50	545	72	5,94	42	84	29	8	1,38	8	12	18	3,33	1287	27814	1,57	70,1	322	83,1	290	
C5x9	127	47,6	8,13	88,9	8,3	2,95	10,8	17,0	13,4	1,21	1,08	0,57	370	58	4,85	38	71	28	7	1,24	8	11	15	4,58	787	41784	0,33	83,8	442	57,4	400	
x6,7	127	44,5	8,13	88,9	4,83	2,73	18,4	12,7	10,0	1,23	1,40	0,55	312	49	4,93	29	58	20	8	1,25	8	9,3	13	2,50	598	31833	0,78	84,4	338	57,0	305	
C4x7,25	102	43,7	7,52	66,7	8,15	2,91	8,18	13,7	10,8	1,17	0,98	0,87	191	38	3,73	23	48	16	8	1,14	8	8,4	11	3,33	333	48757	0,16	88,8	485	52,9	438	
x5,4	102	40,2	7,52	66,7	4,87	2,88	14,3	10,3	8,04	1,18	1,28	0,81	180	32	3,98	19	37	13	5	1,14	5	7,0	9	1,88	247	38089	0,45	88,8	351	52,7	317	
C3x6	76,2	40,5	6,93	41,9	9,04	2,92	4,83	11,4	8,93	1,18	0,82	0,74	86	23	2,74	14	28	13	4	1,08	4	6,8	9	2,91	124	70208	0,54	54,3	832	48,9	372	
x5	76,2	38,0	6,93	41,9	6,55	2,74	6,39	9,48	7,44	1,11	1,00	0,81	77	20	2,84	12	25	10	4	1,04	4	5,7	8	1,88	102	53979	0,10	53,5	478	48,2	435	
x4,1	76,2	35,8	6,93	41,9	4,32	2,58	9,70	7,81	8,10	1,11	1,17	0,72	69	18	2,97	11	21	8	3	1,05	3	5,0	7	1,25	83,2	47810	0,14	52,7	418	47,5	378	

Serie MC según
IRAM-IAS
U 500-509-4

Hoja 1/2



Ag = Área bruta de la sección transversal.
I = Momento de inercia de la sección, respecto de los ejes principales.
 $r = \sqrt{I/A}$ Radio de giro.
S = Módulo resistente elástico de la sección.
Q = Momento estático de media sección.
Z = Módulo plástico de la sección.
X = Distancia al centro gravedad.
e_G = Distancia al centro de corte.
X_p = Distancia al eje neutro plástico.

J = Módulo de torsión.
Cw = Módulo de alabeo.
X₁, X₂ = Factores de pandeo.
L_p = Longitud lateralmente no arriostrada límite para desarrollar la capacidad de plastificación total por flexión.
L_t = Longitud lateralmente no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico.

Designación	Dimensiones					Relaciones		Ag cm ²	Peso Kg/m	Distancias			X - X					Y - Y					J cm ⁴	Cw cm ⁶	X ₁ MPa	X ₂ MPa	Acero F-24				
	h	bf	tf	h*	tw	I _x cm ⁴	I _y cm ⁴			X	e _G	X _p	I _x	S _x	I _x	Q _x	Z _x	I _y	S _y	I _y	Q _y	I.S.Sy					Z _y	Carga Atm.		Carga Ala Sup.	
																												L _p	L _t	L _p	L _t
	mm	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ⁴			cm	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³					cm ³	cm	cm	cm	cm
MC16x58	457	107	15,0	386	17,8	3,38	21,7	110,3	86,3	2,10	1,77	1,20	28137	1231	15,88	775	1530	741	87,2	2,80	51	131	183	117	287333	25478	2,68	133	568	120	520
x51,8	457	104	15,9	386	15,2	3,28	25,3	98,71	77,2	2,16	2,02	1,07	26098	1142	16,28	709	1417	683	83,1	2,64	75	125	150	84,5	284778	22071	4,76	136	526	122	450
x46,8	457	102	15,9	386	12,7	3,20	30,4	87,10	68,2	2,20	2,31	0,94	24058	1054	16,86	642	1285	629	79,0	2,80	89	118	138	80,4	240877	18695	7,64	138	447	125	394
x42,7	457	100	15,9	386	11,4	3,16	33,8	81,28	63,5	2,23	2,48	0,88	23059	1009	18,87	610	1216	599	78,9	2,72	88	115	131	51,2	228793	17841	9,98	142	421	128	370
MC13x50	330	112	18,5	280	20,0	3,82	13,0	84,84	74,4	2,47	2,07	1,43	13070	793	11,73	498	981	867	78,5	2,80	80	118	188	124	148843	37747	0,80	138	688	125	784
x40	330	108	19,3	280	14,2	3,43	18,3	78,13	69,5	2,45	2,62	1,14	11383	888	12,24	417	834	570	88,8	2,74	70	105	140	85,3	124332	24288	1,60	141	685	127	598
x35	330	103	19,3	280	11,4	3,34	22,9	68,45	62,1	2,49	2,95	1,00	10488	836	12,57	379	757	512	85,4	2,79	85	98	130	47,8	110805	24378	2,61	144	588	129	525
x31,8	330	102	19,3	280	8,53	3,28	27,3	60,32	47,3	2,54	3,15	0,91	8948	803	12,85	353	708	475	82,4	2,82	84	125	30,1	102944	22237	3,43	145	540	130	483	
MC12x50	305	105	17,8	238	21,2	2,95	11,2	84,84	74,4	2,67	1,88	1,55	11197	736	10,87	480	919	724	82,8	2,77	84	139	167	135	110888	42427	0,30	142	1032	128	908
x45	305	102	17,8	238	18,1	2,87	13,2	85,16	67,0	2,84	2,14	1,39	10489	888	11,07	424	847	658	87,3	2,77	77	131	183	97,8	100432	39604	0,51	142	865	128	781
x40	305	98,8	17,8	238	15,0	2,78	15,9	78,13	60,5	2,84	2,42	1,24	9740	830	11,33	388	775	595	81,9	2,79	70	123	141	70,8	98228	31700	0,83	144	757	129	883
x35	305	95,7	17,8	238	11,9	2,89	20,1	68,45	52,1	2,87	2,72	1,08	8991	802	11,68	351	701	528	78,5	2,82	86	116	130	52,0	78795	27438	1,31	145	692	130	598
x31	305	93,2	17,8	238	9,40	2,82	23,3	58,84	48,1	2,74	3,00	1,08	8440	854	11,98	322	644	470	71,9	2,84	81	108	122	42,0	71988	24788	1,78	146	604	132	544
MC10x10,8	305	98,1	7,8	270	4,83	2,43	56,9	20,00	15,8	0,88	0,72	0,33	2308	151	10,70	95	180	15,9	5,08	0,89	5,2	7,8	10,8	2,50	3142	12898	48,8	48	110	41	84
MC10x41,1	254	110	14,8	191	20,2	3,78	8,42	78,08	81,2	2,77	2,19	1,53	8578	518	8,17	310	633	658	80,0	2,90	71	120	143	94,5	72505	45925	0,22	146	1134	134	1025
x33,8	254	104	14,8	191	14,8	3,57	13,0	63,88	50,0	2,74	2,89	1,24	5786	488	8,53	274	547	549	71,8	2,95	82	108	123	50,4	60152	34313	0,80	151	883	136	780
x28,5	254	100	14,8	191	10,8	3,43	17,8	54,00	42,4	2,84	3,01	1,05	5288	415	8,88	242	485	475	63,9	2,97	88	99	112	32,9	52088	28255	1,77	152	713	137	843

* Medidas Nominales

Serie MC según
IRAM-IAS
U 500-509-4

Hoja 2/2



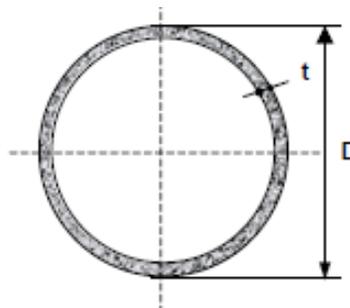
Ag = Área bruta de la sección transversal.
I = Momento de Inercia de la sección, respecto de los ejes principales.
 $r = \sqrt{I/A}$ Radio de giro.
S = Módulo resistente elástico de la sección.
Q = Momento estático de media sección.
Z = Módulo plástico de la sección.
 \bar{X} = Distancia al centro gravedad.
 e_x = Distancia al centro de corte.
 X_p = Distancia al eje neutro plástico.

J = Módulo de torsión.
Cw = Módulo de alabeo.
 X_1, X_2 = Factores de pandeo.
 L_p = Longitud lateralmente no arriostrada límite para desarmar la capacidad de plastificación total por flexión.
 L_r = Longitud lateralmente no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico.

Designación	Dimensiones					Relaciones		Ag cm ²	Peso Kg/m	Distancias			X - X					Y - Y					J cm ⁴	Cw cm ⁶	X ₁ MPa	X ₂ (10) ² MPa ²	Acero F-24				
	h	bf	b'	tw*	tw	h ₁ /h ₂	h ₁ /W			x̄	e _x	x ₁	ix	ix	ix	ix	ix	iy	iy	iy	iy	1,8 iy					zy	Carga Alza		Carga Ala Sup.	
																												L _p	L _r	L _p	L _r
	mm	mm	mm	mm	mm					cm	cm	cm	cm ³	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³					cm	cm	cm	cm	
MC10x25	254	86,5	14,8	191	8,85	2,98	19,7	47,42	37,2	2,42	2,62	0,92	4570	381	9,85	211	423	308	49,2	2,94	43	74	85	28,8	33587	27213	1,95	151	592	117	535
x22	254	84,2	14,8	191	7,37	2,88	25,8	41,61	32,7	2,51	2,67	1,19	4287	358	10,13	193	387	271	45,8	2,94	40	89	80	21,2	29607	24421	1,85	151	532	117	478
MC10x8,4	254	38,1	7,11	219	4,32	2,88	50,7	15,67	12,5	0,72	0,84	0,31	1332	105	9,17	84,4	129	13,7	4,42	0,85	4,5	8,8	0,0	1,88	1882	13529	38,7	48	118	43	67
MC6x25,4	229	88,9	13,97	188	11,43	3,18	14,7	48,19	37,8	2,48	2,50	1,04	5883	321	8,71	190	380	318	49,49	2,97	43	74	88	28,7	27928	21973	0,74	132	701	119	632
x23,9	229	87,6	13,97	188	10,16	3,14	16,8	45,29	35,97	2,48	2,64	0,98	5538	310	8,84	182	384	301	48,01	2,97	41	72	83	25,0	26370	20974	0,81	132	657	118	593
MC6x22,8	203	89	13,34	148	10,85	3,34	13,5	43,23	33,93	2,57	2,84	1,05	2856	282	7,85	154	308	284	48,54	2,82	40	70	80	23,7	20221	13714	0,88	134	753	121	680
x21,4	203	87,6	13,34	148	9,525	3,20	15,3	40,52	31,85	2,59	2,77	1,14	2584	252	7,95	147	296	278	44,90	2,82	39	67	77	20,8	19039	11762	0,88	134	710	121	641
MC6x20	203	76,8	12,7	143	10,18	3,01	14,1	37,94	29,78	2,13	2,14	0,92	2288	223	7,75	132	265	188	33,59	2,21	29	50	59	18,3	12883	10848	0,89	114	617	102	558
x18,7	203	75,6	12,7	143	8,888	2,98	13,9	35,48	27,85	2,18	2,28	0,87	2185	215	7,85	128	252	179	32,28	2,22	28	48	58	15,8	12111	10482	0,88	114	578	103	521
MC6x9,5	203	47,8	7,869	185	4,949	3,01	38,3	16,13	12,85	1,09	1,38	0,39	970	98	7,75	86,8	113	28,1	7,112	1,27	7,2	11	14	3,5	2207	18337	8,29	85	204	59	180
MC7x22,7	178	91,5	12,7	121	12,78	3,8	9,45	43,03	33,78	2,84	2,57	1,20	1977	223	6,78	133	285	303	46,70	2,87	40	70	80	28,2	15708	11808	0,25	137	948	123	658
x19,1	178	87,7	12,7	121	8,941	3,45	13,5	38,19	28,42	2,74	2,92	1,44	1798	202	7,04	117	234	254	42,11	2,84	38	63	71	17,1	13288	10435	0,49	138	787	122	603
MC6x18	152	89	12,07	98,4	9,829	3,88	10,2	34,13	28,79	2,84	2,97	1,58	1238	182	6,02	94,2	188	247	40,84	2,89	34	61	68	15,8	8231	10482	0,27	138	907	125	620
MC6x16,3	152	78,2	12,07	98,4	9,829	3,18	10,3	30,90	24,28	2,35	2,38	1,18	1082	142	5,92	83,8	187	159	30,15	2,27	28	48	52	14,2	8635	40983	0,25	118	784	105	709
x15,1	152	74,7	12,07	98,4	8,028	3,1	12,5	28,85	22,47	2,39	2,46	1,38	1041	138	6,02	79,4	159	148	28,88	2,28	25	43	49	12,1	5532	17647	0,32	118	725	104	655
MC6x12	152	63,4	9,525	111	7,874	3,33	14,1	22,77	17,88	1,78	1,84	0,74	778	102	5,84	69,5	121	77,8	17,04	1,85	15	28	29	8,24	3008	10789	0,70	95	528	85,8	439

* Medidas nominales

Tubos de acero
Sección Circular
IRAM-IAS
U 500-218
U 500-2592



D = Diámetro exterior
t = Espesor de pared
p = Área exterior por metro lineal
A = Sección bruta
g = Peso por metro lineal
I = Momento de Inercia
S = Módulo elástico resistente
r = Radio de giro
Z = Módulo plástico
J = Módulo de Torsión
C = Constante torsional

D [mm]	t [mm]	p [m ² /m]	Ag [cm ²]	g [Kg/m]	I [cm ⁴]	S [cm ³]	r [cm]	Z [cm ³]	J [cm ⁴]	C [cm ³]
12.70	0.70	0.04	0.26	0.21	0.05	0.08	0.42	0.10	0.10	0.15
	0.90	0.04	0.33	0.26	0.06	0.09	0.42	0.13	0.12	0.18
	1.25	0.04	0.45	0.35	0.07	0.12	0.41	0.16	0.15	0.23
	1.60	0.04	0.56	0.44	0.09	0.14	0.40	0.20	0.18	0.28
15.87	0.70	0.05	0.33	0.26	0.10	0.12	0.54	0.16	0.19	0.25
	0.90	0.05	0.42	0.33	0.12	0.15	0.53	0.20	0.24	0.30
	1.25	0.05	0.57	0.45	0.15	0.19	0.52	0.27	0.31	0.39
	1.60	0.05	0.72	0.56	0.18	0.23	0.51	0.33	0.37	0.47
19.05	0.70	0.06	0.40	0.32	0.17	0.18	0.65	0.24	0.34	0.37
	0.90	0.06	0.51	0.40	0.21	0.22	0.64	0.30	0.42	0.47
	1.25	0.06	0.70	0.55	0.28	0.29	0.63	0.40	0.56	0.58
	1.60	0.06	0.88	0.69	0.34	0.35	0.62	0.49	0.67	0.71
	2.00	0.06	1.07	0.84	0.39	0.41	0.61	0.58	0.79	0.83
22.22	0.70	0.07	0.47	0.37	0.27	0.25	0.76	0.32	0.55	0.51
	0.90	0.07	0.60	0.47	0.34	0.31	0.75	0.41	0.69	0.64
	1.25	0.07	0.82	0.65	0.45	0.41	0.74	0.55	0.91	0.82

D	t	p	Ag	g	I	S	r	Z	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
22.22	1.60	0.07	1.04	0.81	0.55	0.50	0.73	0.68	1.11	1.00
	2.00	0.07	1.27	1.00	0.66	0.59	0.72	0.82	1.31	1.18
25.4	0.70	0.08	0.54	0.43	0.41	0.33	0.87	0.43	0.83	0.67
	0.90	0.08	0.69	0.54	0.52	0.41	0.87	0.54	1.04	0.85
	1.25	0.08	0.95	0.74	0.69	0.55	0.85	0.73	1.39	1.14
	1.60	0.08	1.20	0.94	0.85	0.67	0.84	0.91	1.70	1.34
	2.00	0.08	1.47	1.15	1.01	0.80	0.83	1.10	2.03	1.60
	2.50	0.08	1.80	1.41	1.19	0.94	0.81	1.32	2.39	1.88
31.75	0.90	0.10	0.87	0.68	1.04	0.65	1.09	0.86	2.08	1.34
	1.25	0.10	1.20	0.94	1.40	0.88	1.08	1.16	2.79	1.83
	1.60	0.10	1.52	1.19	1.73	1.09	1.07	1.46	3.45	2.18
	2.00	0.10	1.87	1.47	2.08	1.31	1.05	1.77	4.15	2.62
	2.50	0.10	2.30	1.80	2.47	1.56	1.04	2.14	4.95	3.12
	3.20	0.10	2.87	2.25	2.96	1.87	1.02	2.62	5.92	3.73
38.10	0.90	0.12	1.05	0.83	1.82	0.96	1.32	1.25	3.64	1.96
	1.25	0.12	1.45	1.14	2.46	1.29	1.30	1.70	4.92	2.66
	1.60	0.12	1.83	1.44	3.06	1.61	1.29	2.13	6.12	3.35
	2.00	0.12	2.27	1.78	3.71	1.95	1.28	2.61	7.41	3.89
	2.50	0.12	2.80	2.19	4.45	2.34	1.26	3.17	8.90	4.67
	3.20	0.12	3.51	2.75	5.39	2.83	1.24	3.91	10.77	5.66
44.45	0.90	0.14	1.23	0.97	2.92	1.31	1.54	1.71	5.84	2.68
	1.25	0.14	1.70	1.33	3.96	1.78	1.53	2.33	7.92	3.66
	1.60	0.14	2.15	1.69	4.95	2.23	1.52	2.94	9.90	4.61
	2.00	0.14	2.67	2.09	6.02	2.71	1.50	3.61	12.04	5.66
	2.50	0.14	3.29	2.59	7.27	3.27	1.49	4.41	14.55	6.55
	3.20	0.14	4.15	3.26	8.87	3.99	1.46	5.46	17.75	7.98

D	t	p	Ag	g	I	S	r	Z	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
50.8	0.90	0.16	1.41	1.11	4.39	1.73	1.76	2.24	8.79	3.52
	1.25	0.16	1.95	1.53	5.98	2.35	1.75	3.07	11.95	4.82
	1.60	0.16	2.47	1.94	7.49	2.95	1.74	3.88	14.98	6.08
	2.00	0.16	3.07	2.41	9.14	3.60	1.73	4.77	18.29	7.48
	2.50	0.16	3.79	2.98	11.09	4.37	1.71	5.84	22.18	9.16
	3.20	0.16	4.79	3.76	13.61	5.36	1.69	7.26	27.23	10.72
57.15	0.90	0.18	1.59	1.25	6.29	2.20	1.99	2.85	12.58	4.47
	1.25	0.18	2.20	1.72	8.58	3.00	1.98	3.91	17.16	6.13
	1.60	0.18	2.79	2.19	10.78	3.77	1.96	4.94	21.56	7.75
	2.00	0.18	3.47	2.72	13.19	4.62	1.95	6.09	26.38	9.55
	2.50	0.18	4.29	3.37	16.06	5.62	1.93	7.47	32.11	11.72
	3.20	0.18	5.42	4.26	19.80	6.93	1.91	9.33	39.60	13.86
63.5	1.25	0.20	2.44	1.92	11.85	3.73	2.20	4.85	23.69	7.60
	1.60	0.20	3.11	2.44	14.91	4.70	2.19	6.13	29.82	9.63
	2.00	0.20	3.86	3.03	18.29	5.76	2.18	7.57	36.58	11.88
	2.50	0.20	4.79	3.76	22.32	7.03	2.16	9.31	44.64	14.60
	3.20	0.20	6.06	4.76	27.63	8.70	2.13	11.65	55.26	17.40
	4.00	0.20	7.48	5.87	33.24	10.47	2.11	14.19	66.47	20.94
76.2	1.60	0.24	3.75	2.94	26.10	6.85	2.64	8.91	52.19	13.98
	2.00	0.24	4.66	3.66	32.11	8.43	2.62	11.02	64.22	17.29
	2.50	0.24	5.79	4.54	39.35	10.33	2.61	13.59	78.69	21.32
	3.20	0.24	7.34	5.76	48.98	12.86	2.58	17.07	97.96	26.77
	4.00	0.24	9.07	7.12	59.30	15.56	2.56	20.88	118.60	31.13
	4.76	0.24	10.68	8.39	68.46	17.97	2.53	24.33	136.91	35.93
88.9	2.50	0.28	6.79	5.33	63.37	14.26	3.06	18.67	126.75	29.30
	3.20	0.28	8.62	6.76	79.21	17.82	3.03	23.52	158.41	36.90
	4.00	0.28	10.67	8.38	96.34	21.67	3.00	28.86	192.68	45.27

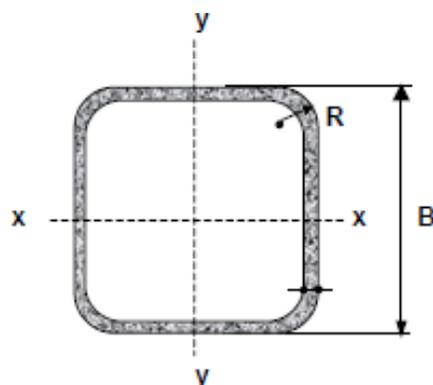
D	t	p	Ag	g	I	S	r	Z	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
88.9	4.76	0.28	12.58	9.88	111.70	25.13	2.98	33.74	223.40	50.26
	5.50	0.28	14.41	11.31	125.84	28.31	2.96	38.32	251.67	56.62
	6.35	0.28	16.47	12.93	141.11	31.74	2.93	43.37	282.21	63.49
101.6	2.00	0.32	6.26	4.91	77.63	15.28	3.52	19.85	155.26	31.15
	2.50	0.32	7.78	6.11	95.61	18.82	3.50	24.56	191.22	38.55
	3.20	0.32	9.89	7.77	119.85	23.59	3.48	31.00	239.71	48.65
	4.00	0.32	12.26	9.63	146.28	28.80	3.45	38.13	292.57	59.82
	4.76	0.32	14.48	11.37	170.17	33.50	3.43	44.68	340.33	70.08
	6.35	0.32	19.00	14.92	216.45	42.61	3.38	57.71	432.89	85.22
127	2.50	0.40	9.78	7.68	189.53	29.85	4.40	38.76	379.06	60.84
	3.20	0.40	12.45	9.77	238.59	37.57	4.38	49.07	477.19	77.00
	4.00	0.40	15.46	12.13	292.61	46.08	4.35	60.55	585.22	95.01
	4.75	0.40	18.24	14.32	341.31	53.75	4.33	71.04	682.62	111.45
	6.35	0.40	24.07	18.89	439.15	69.16	4.27	92.54	878.30	145.12
168.3	3.20	0.53	16.60	13.03	565.73	67.23	5.84	87.25	1131.46	136.94
	4.00	0.53	20.65	16.21	697.09	82.84	5.81	108.02	1394.17	169.53
	4.75	0.53	24.41	19.16	816.71	97.05	5.78	127.12	1633.42	199.48
	6.35	0.53	32.31	25.36	1060.82	126.06	5.73	166.67	2121.63	261.48
	7.10	0.53	35.96	28.23	1170.18	139.06	5.70	184.65	2340.35	289.66
219.1	4.00	0.69	27.06	21.24	1568.19	143.02	7.61	185.47	3136.38	291.10
	4.76	0.69	32.08	25.18	1846.72	168.42	7.59	219.17	3693.45	343.97
	6.35	0.69	42.48	33.35	2410.18	219.81	7.53	288.10	4820.36	452.09
	7.95	0.69	52.79	41.44	2951.51	269.18	7.48	355.36	5903.02	557.53
	9.53	0.69	62.80	49.30	3461.58	315.69	7.42	419.73	6923.17	658.38
	11.10	0.69	72.60	56.99	3945.07	359.79	7.37	481.71	7890.13	719.57
	12.70	0.69	82.43	64.71	4414.58	402.61	7.32	542.87	8829.15	805.21

D	t	p	Ag	g	I	S	r	Z	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
273	6.35	0.86	53.19	41.76	4730.44	346.55	9.43	451.67	9460.87	708.85
	7.95	0.86	66.20	51.97	5818.32	426.25	9.38	558.78	11636.64	876.84
	9.53	0.86	78.88	61.92	6853.47	502.09	9.32	661.96	13706.95	1038.62
	11.10	0.86	91.33	71.69	7844.50	574.69	9.27	761.98	15689.00	1195.35
	12.70	0.86	103.86	81.53	8816.89	645.93	9.21	861.36	17633.77	1350.99
323.8	6.35	1.02	63.33	49.71	7980.5	492.9	11.23	640.1	15961.0	1004.7
	7.95	1.02	78.89	61.93	9843.3	608.0	11.17	793.4	19686.6	1245.2
	9.53	1.02	94.09	73.86	11626.7	718.1	11.12	941.7	23253.4	1477.7
	11.10	1.02	109.04	85.60	13344.7	824.3	11.06	1086.0	26689.5	1704.0
	12.70	1.02	124.12	97.44	15041.2	929.0	11.01	1230.1	30082.5	1929.8
355.6	6.35	1.12	69.67	54.69	10626.3	597.7	12.35	774.8	21252.6	1216.0
	7.95	1.12	86.83	68.16	13124.3	738.2	12.29	961.2	26248.7	1508.5
	9.53	1.12	103.61	81.33	15522.8	873.0	12.24	1141.9	31045.6	1791.9
	11.10	1.12	120.13	94.30	17840.1	1003.4	12.19	1318.1	35680.2	2068.2
	12.70	1.12	136.81	107.40	20135.3	1132.5	12.13	1494.3	40270.6	2344.4
406.4	6.35	1.28	79.82	62.66	15975.2	786.1	14.15	1016.8	31950.3	1595.9
	7.95	1.28	99.53	78.13	19764.3	972.5	14.09	1262.9	39528.6	1982.1
	9.53	1.28	118.84	93.29	23415.8	1152.2	14.04	1502.0	46831.6	2357.2
	11.10	1.28	137.87	108.22	26956.7	1326.4	13.98	1735.8	53913.4	2723.9
	12.70	1.28	157.10	123.32	30477.1	1499.7	13.93	1970.1	60954.2	3091.3
457.2	6.35	1.44	89.94	70.60	22856.6	999.9	15.94	1291.1	45713.3	2026.5
	7.95	1.44	112.20	88.08	28315.5	1238.6	15.89	1605.0	56630.9	2519.1
	9.53	1.44	134.03	105.21	33590.8	1469.4	15.83	1910.6	67181.6	2998.5
	11.10	1.44	155.56	122.12	38720.9	1693.8	15.78	2209.9	77441.7	3468.1
	12.70	1.44	177.35	139.22	43835.9	1917.6	15.72	2510.5	87671.8	3939.6

D	t	p	Ag	g	I	S	r	Z	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ³]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
508.2	6.35	1.60	100.11	78.59	31522.6	1240.6	17.74	1599.7	63045.1	2510.9
	9.53	1.60	149.30	117.20	46424.5	1827.0	17.63	2370.6	92849.1	3720.7
	12.70	1.60	197.70	155.19	60712.3	2389.3	17.52	3119.4	121424.5	4895.4
	15.87	1.60	245.46	192.69	74448.1	2929.9	17.42	3848.8	148896.1	6039.3
558.8	6.35	1.76	110.21	86.51	42050.0	1505.0	19.53	1938.5	84100.1	3042.7
	9.53	1.76	164.45	129.09	62035.1	2220.3	19.42	2876.0	124070.3	4514.0
	12.70	1.76	217.88	171.04	81266.5	2908.6	19.31	3788.9	162533.0	5946.3
609.6	6.35	1.92	120.34	94.47	54748.3	1796.2	21.33	2311.4	109496.5	3628.0
	9.53	1.92	179.66	141.03	80884.4	2653.7	21.22	3432.6	161768.8	5387.6
	12.70	1.92	238.15	186.95	106111.3	3481.3	21.11	4526.5	212222.5	7104.1
	15.87	1.92	296.02	232.37	130530.1	4282.5	21.00	5596.9	261060.1	8783.2
762	7.92	2.39	187.63	147.29	133377.3	3500.7	26.66	4504.7	266754.5	7070.7
	9.53	2.39	225.28	176.85	159472.8	4185.6	26.61	5397.4	318945.6	8471.7
	12.70	2.39	298.96	234.68	209870.9	5508.4	26.50	7132.5	419741.7	11194.8
	15.87	2.39	372.00	292.02	258984.2	6797.5	26.39	8838.1	517968.5	13870.9
914.4	7.92	2.87	225.55	177.05	231681	5067	32.05	6509	463361	10217
	9.53	2.87	270.91	212.67	277304	6065	31.99	7805	554608	12251
	12.70	2.87	359.76	282.41	365706	7999	31.88	10329	731413	16212
	15.87	2.87	447.98	351.66	452238	9891	31.77	12817	904475	20116
	19.05	2.87	535.84	420.64	537188	11750	31.66	15277	1074377	23976
1066.8	9.53	3.35	316.54	248.48	442326	8293	37.38	10655	884652	16725
	11.10	3.35	368.14	288.99	512919	9616	37.33	12374	1025839	19422
	12.70	3.35	420.57	330.15	584210	10953	37.27	14115	1168419	22155
	15.87	3.35	523.96	411.31	723525	13564	37.16	17533	1447051	27518
	19.05	3.35	627.05	492.23	860732	16137	37.05	20919	1721464	32833

D	t	p	Ag	g	I	S	r	Z	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
1219.2	9.53	3.83	362.17	284.30	662487	10868	42.77	13948	1324973	21894
	11.10	3.83	421.28	330.71	768643	12609	42.71	16204	1537286	25435
	12.70	3.83	481.37	377.88	875972	14370	42.66	18491	1751944	29024
	15.87	3.83	599.95	470.96	1086083	17816	42.55	22986	2172167	36078
	19.05	3.83	718.26	563.83	1293503	21219	42.44	27447	2587006	43079
1320.8	9.53	4.15	392.59	308.18	843818	12777	46.36	16390	1687636	25726
	11.10	4.15	456.71	358.52	979323	14829	46.31	19044	1958647	29893
	12.70	4.15	521.91	409.70	1116411	16905	46.25	21736	2232821	34118
	15.87	4.15	650.60	510.72	1385030	20973	46.14	27031	2770061	42428
	19.05	4.15	779.06	611.56	1650544	24993	46.03	32290	3301089	50682
1422.4	9.53	4.47	423.00	332.06	1055543	14842	49.95	19028	2111085	29867
	11.10	4.47	492.14	386.33	1225362	17229	49.90	22113	2450724	34711
	12.70	4.47	562.45	441.52	1397255	19646	49.84	25244	2794509	39624
	15.87	4.47	701.25	550.48	1734346	24386	49.73	31404	3468692	49292
	19.05	4.47	839.87	659.30	2067900	29076	49.62	37527	4135799	58902
1524	9.53	4.79	453.42	355.94	1300016	17061	53.55	21863	2600031	34317
	11.10	4.79	527.57	414.15	1509501	19810	53.49	25412	3019003	39888
	12.70	4.79	602.98	473.34	1721642	22594	53.43	29014	3443285	45541
	15.87	4.79	751.91	590.25	2137951	28057	53.32	36104	4275903	56670
	19.05	4.79	900.67	707.03	2550276	33468	53.21	43157	5100553	67739
1828.8	12.70	5.75	724.59	568.80	2987450	32671	64.21	41896	5974901	65763
	15.87	5.75	903.87	709.54	3713725	40614	64.10	52172	7427451	81891
	19.05	5.75	1083.09	850.22	4434609	48497	63.99	62407	8869218	97956

Tubos de acero
Sección
Cuadrada
IRAM-IAS
U 500-218
U 500-2592



B = Ancho exterior
t = Espesor de pared
R = Radio de esquina exterior = 2,00 t
p = Área exterior por metro lineal
A = Sección bruta
g = Peso por metro lineal
I = Momento de Inercia
S = Módulo elástico resistente
r = Radio de giro
Z = Módulo plástico
J = Módulo de Torsión
C = Constante torsional

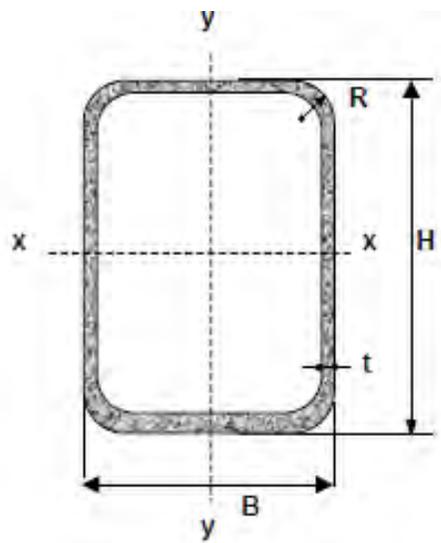
B [mm]	t [mm]	p [m ² /m]	Ag [cm ²]	g [Kg/m]	I _x =I _y [cm ⁴]	S _x =S _y [cm ³]	r _x =r _y [cm]	Z _x =Z _y [cm ³]	J [cm ⁴]	C [cm ³]
15	0.70	0.058	0.388	0.304	0.130	0.173	0.579	0.206	0.203	0.285
	0.90	0.057	0.487	0.382	0.158	0.210	0.569	0.254	0.248	0.355
	1.25	0.056	0.647	0.508	0.197	0.263	0.552	0.327	0.315	0.465
20	0.90	0.077	0.667	0.523	0.399	0.399	0.773	0.473	0.622	0.654
	1.25	0.076	0.897	0.704	0.513	0.513	0.756	0.621	0.810	0.871
	1.60	0.075	1.112	0.873	0.607	0.607	0.739	0.752	0.968	1.068
25	0.90	0.097	0.847	0.665	0.809	0.647	0.977	0.759	1.253	1.043
	1.25	0.096	1.147	0.901	1.058	0.847	0.960	1.010	1.657	1.403
	1.60	0.095	1.432	1.124	1.274	1.019	0.943	1.237	2.013	1.736
	2.00	0.093	1.737	1.364	1.483	1.186	0.924	1.468	2.363	2.085
30	0.90	0.117	1.027	0.806	1.433	0.956	1.181	1.113	2.210	1.521
	1.25	0.116	1.397	1.097	1.895	1.263	1.165	1.492	2.949	2.059
	1.60	0.115	1.752	1.375	2.307	1.538	1.148	1.842	3.620	2.565
	2.00	0.113	2.137	1.678	2.720	1.813	1.128	2.208	4.304	3.105

B	t	p	Ag	g	I _x =I _y	S _x =S _y	r _x =r _y	Z _x =Z _y	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
40	1.25	0.156	1.897	1.489	4.694	2.347	1.573	2.737	7.244	3.746
	1.60	0.155	2.392	1.877	5.791	2.895	1.556	3.412	8.999	4.703
	2.00	0.153	2.937	2.306	6.935	3.468	1.537	4.136	10.857	5.745
	2.50	0.151	3.589	2.817	8.209	4.104	1.512	4.971	12.958	6.971
50	1.60	0.195	3.032	2.380	11.698	4.679	1.964	5.462	18.064	7.480
	2.00	0.193	3.737	2.934	14.137	5.655	1.945	6.664	21.970	9.185
	2.50	0.191	4.589	3.602	16.931	6.773	1.921	8.078	26.507	11.221
	3.20	0.189	5.727	4.495	20.387	8.155	1.887	9.895	32.211	13.891
60	1.60	0.23	3.67	2.88	20.67	6.89	2.37	7.99	31.78	10.90
	2.00	0.23	4.54	3.56	25.13	8.38	2.35	9.79	38.84	13.43
	2.50	0.23	5.59	4.39	30.32	10.11	2.33	11.93	47.18	16.47
	3.20	0.23	7.01	5.50	36.91	12.30	2.30	14.74	57.92	20.52
	4.00	0.23	8.55	6.71	43.52	14.51	2.26	17.66	68.87	24.84
80	2.00	0.31	6.14	4.82	61.67	15.42	3.17	17.85	94.67	24.31
	2.50	0.31	7.59	5.96	75.10	18.78	3.15	21.90	115.90	29.97
	3.20	0.31	9.57	7.51	92.65	23.16	3.11	27.30	143.98	37.62
	4.00	0.31	11.75	9.22	110.96	27.74	3.07	33.09	173.72	45.96
	4.76	0.30	13.74	10.79	126.70	31.67	3.04	38.22	199.62	53.48
90	2.50	0.35	8.59	6.74	108.50	24.11	3.55	28.01	166.95	38.22
	3.20	0.35	10.85	8.51	134.42	29.87	3.52	35.02	208.17	48.09
	4.00	0.35	13.35	10.48	161.80	35.96	3.48	42.60	252.30	58.92
	4.76	0.34	15.65	12.28	185.67	41.26	3.44	49.39	291.27	68.75
	6.35	0.34	20.21	15.86	229.17	50.93	3.37	62.30	363.45	87.88
100	3.20	0.39	12.13	9.52	187.17	37.43	3.93	43.70	289.03	59.84
	4.00	0.39	14.95	11.73	226.20	45.24	3.89	53.31	351.52	73.48
	4.76	0.38	17.55	13.78	260.58	52.12	3.85	61.98	407.25	85.94

B	t	p	Ag	g	I _x =I _y	S _x =S _y	r _x =r _y	Z _x =Z _y	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
100	6.35	0.38	22.75	17.86	324.36	64.87	3.78	78.67	512.33	110.39
110	3.20	0.43	13.41	10.52	252.17	45.85	4.34	53.34	388.47	72.87
	4.00	0.43	16.55	12.99	305.74	55.59	4.30	65.23	473.79	89.64
	4.76	0.42	19.45	15.27	353.32	64.24	4.26	76.00	550.44	105.02
	6.35	0.42	25.29	19.85	442.81	80.51	4.18	96.94	696.88	135.45
120	4.00	0.47	18.15	14.25	402.03	67.00	4.71	78.34	621.49	107.40
	5.00	0.46	22.36	17.55	485.14	80.86	4.66	95.48	754.89	131.77
	6.00	0.46	26.43	20.75	561.74	93.62	4.61	111.67	879.44	155.12
	8.00	0.45	34.19	26.84	696.31	116.05	4.51	141.28	1101.89	198.73
	10.00	0.45	41.42	32.52	807.47	134.58	4.42	167.31	1288.84	238.14
	12.00	0.44	48.13	37.78	896.91	149.49	4.32	189.89	1440.40	273.26
140	4.00	0.55	21.35	16.76	651.26	93.04	5.52	108.17	1002.82	147.72
	5.00	0.54	26.36	20.69	790.05	112.86	5.48	132.33	1223.68	181.77
	6.00	0.54	31.23	24.52	919.78	131.40	5.43	155.38	1432.50	214.64
	8.00	0.53	40.59	31.86	1153.05	164.72	5.33	198.19	1813.95	276.81
	10.00	0.53	49.42	38.80	1353.13	193.30	5.23	236.73	2147.06	334.14
	12.00	0.52	57.73	45.32	1522.01	217.43	5.13	271.13	2431.84	386.54
150	4.00	0.59	22.95	18.01	807.39	107.65	5.93	124.88	1241.25	170.28
	5.00	0.58	28.36	22.26	981.52	130.87	5.88	153.01	1517.32	209.77
	6.00	0.58	33.63	26.40	1145.12	152.68	5.84	179.94	1779.59	248.00
	8.00	0.57	43.79	34.38	1441.91	192.26	5.74	230.24	2262.62	320.65
	10.00	0.57	53.42	41.94	1699.97	226.66	5.64	275.94	2690.17	388.14
	12.00	0.56	62.53	49.09	1921.46	256.20	5.54	317.16	3062.22	450.38
180	5.00	0.70	34.36	26.97	1735.93	192.88	7.11	224.04	2671.24	305.77
	6.00	0.70	40.83	32.05	2035.27	226.14	7.06	264.40	3146.31	362.48
	8.00	0.69	53.39	41.91	2588.88	287.65	6.96	340.81	4036.80	471.37

B	t	p	Ag	g	I _x =I _y	S _x =S _y	r _x =r _y	Z _x =Z _y	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
180	10.00	0.69	65.42	51.36	3084.59	342.73	6.87	411.57	4847.53	574.14
	12.00	0.68	76.93	60.39	3525.06	391.67	6.77	476.82	5578.34	670.70
200	5.00	0.78	38.36	30.11	2408.88	240.89	7.92	278.90	3698.02	379.77
	6.00	0.78	45.63	35.82	2831.13	283.11	7.88	329.71	4364.65	450.80
	8.00	0.77	59.79	46.94	3619.16	361.92	7.78	426.52	5624.39	587.85
	10.00	0.77	73.42	57.64	4334.41	433.44	7.68	516.99	6785.78	718.14
	12.00	0.76	86.53	67.93	4979.83	497.98	7.59	601.27	7848.57	841.58
250	6.00	0.98	57.63	45.24	5669.3	453.5	9.92	524.5	8695.7	713.6
	8.00	0.97	75.79	59.50	7311.3	584.9	9.82	682.8	11290.2	935.0
	10.00	0.97	93.42	73.34	8835.8	706.9	9.73	833.0	13731.4	1148.1
	12.00	0.96	110.53	86.77	10246.7	819.7	9.63	975.4	16019.0	1352.8
300	6.00	1.18	69.63	54.66	9959.5	664.0	11.96	764.3	15222.8	1036.4
	8.00	1.17	91.79	72.06	12918.3	861.2	11.86	999.1	19859.9	1362.2
	10.00	1.17	113.42	89.04	15704.3	1047.0	11.77	1224.1	24277.1	1678.1
	12.00	1.16	134.53	105.61	18322.0	1221.5	11.67	1439.5	28473.5	1984.0
350	6.00	1.38	81.63	64.08	16001.9	914.4	14.00	1049.0	24395.8	1419.2
	8.00	1.37	107.79	84.62	20840.2	1190.9	13.90	1375.3	31933.7	1869.4
	10.00	1.37	133.42	104.74	25439.7	1453.7	13.81	1690.1	39172.7	2308.1
	12.00	1.36	158.53	124.45	29805.8	1703.2	13.71	1993.6	46112.0	2735.2
400	8.00	1.57	123.79	97.18	31476.9	1573.8	15.95	1811.6	48111.5	2456.6
	10.00	1.57	153.42	120.44	38542.1	1927.1	15.85	2231.2	59168.4	3038.1
	12.00	1.56	182.53	143.29	45298.1	2264.9	15.75	2637.7	69834.5	3606.4
	14.00	1.55	211.11	165.72	51750.9	2587.5	15.66	3031.3	80108.7	4161.3

Tubos de acero
Sección
Rectangular
IRAM-IAS
U 500-218
U 500-2592



- B = Ancho exterior
- t = Espesor de pared
- R = Radio de esquina exterior = 2,00 t
- p = Área exterior por metro lineal
- A = Sección bruta
- g = Peso por metro lineal
- I = Momento de Inercia
- S = Módulo elástico resistente
- r = Radio de giro
- Z = Módulo plástico
- J = Módulo de Torsión
- C = Constante torsional

B	H	t	p	Ag	g	Ix	Sx	rx	Zx	Iy	Sy	ry	Zy	J	C
[mm]	[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
10	20	0.70	0.058	0.388	0.304	0.193	0.193	0.706	0.244	0.065	0.130	0.409	0.150	0.156	0.250
		0.90	0.057	0.487	0.382	0.234	0.234	0.694	0.301	0.078	0.156	0.400	0.184	0.189	0.310
15	25	0.90	0.077	0.667	0.523	0.547	0.438	0.906	0.542	0.247	0.329	0.609	0.381	0.539	0.609
		1.25	0.076	0.897	0.704	0.706	0.565	0.887	0.713	0.315	0.420	0.593	0.499	0.698	0.809
20	30	0.90	0.097	0.847	0.665	1.052	0.701	1.115	0.851	0.563	0.563	0.815	0.644	1.147	0.998
		1.25	0.096	1.147	0.901	1.378	0.919	1.096	1.132	0.733	0.733	0.799	0.856	1.512	1.340
		1.60	0.095	1.432	1.124	1.662	1.108	1.077	1.388	0.878	0.878	0.783	1.046	1.832	1.656

B	H	t	p	Ag	g	Ix	Sx	r _x	Zx	Iy	Sy	r _y	Zy	J	C
[mm]	[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
20	40	0.90	0.117	1.027	0.806	2.129	1.064	1.440	1.319	0.727	0.727	0.841	0.816	1.718	1.341
		1.25	0.116	1.397	1.097	2.817	1.408	1.420	1.769	0.953	0.953	0.826	1.090	2.276	1.809
		1.60	0.115	1.752	1.375	3.431	1.716	1.400	2.183	1.149	1.149	0.810	1.341	2.773	2.245
30	40	1.25	0.136	1.647	1.293	3.755	1.878	1.510	2.253	2.412	1.608	1.210	1.851	4.572	2.778
		1.60	0.135	2.072	1.626	4.611	2.306	1.492	2.798	2.952	1.968	1.194	2.296	5.646	3.474
		2.00	0.133	2.537	1.992	5.491	2.746	1.471	3.376	3.504	2.336	1.175	2.768	6.762	4.225
30	50	1.25	0.156	1.897	1.489	6.439	2.576	1.842	3.139	2.928	1.952	1.242	2.211	6.309	3.496
		1.60	0.155	2.392	1.877	7.950	3.180	1.823	3.914	3.598	2.398	1.226	2.751	7.816	4.383
		2.00	0.153	2.937	2.306	9.529	3.812	1.801	4.744	4.288	2.859	1.208	3.328	9.398	5.345
		2.50	0.151	3.589	2.817	11.291	4.516	1.774	5.703	5.045	3.363	1.186	3.989	11.166	6.471
30	60	1.60	0.175	2.712	2.129	12.484	4.161	2.146	5.189	4.243	2.829	1.251	3.205	10.081	5.292
		2.00	0.173	3.337	2.620	15.035	5.012	2.123	6.313	5.072	3.381	1.233	3.888	12.150	6.465
		2.50	0.171	4.089	3.210	17.923	5.974	2.094	7.622	5.990	3.993	1.210	4.677	14.484	7.846
30	70	1.60	0.195	3.032	2.380	18.373	5.249	2.462	6.625	4.888	3.259	1.270	3.660	12.411	6.200
		2.00	0.193	3.737	2.934	22.208	6.345	2.438	8.081	5.856	3.904	1.252	4.448	14.983	7.585
		2.50	0.191	4.589	3.602	26.597	7.599	2.407	9.792	6.935	4.624	1.229	5.364	17.900	9.221
40	50	1.60	0.175	2.712	2.129	9.824	3.930	1.903	4.688	6.970	3.485	1.603	4.027	12.667	5.932
		2.00	0.173	3.337	2.620	11.833	4.733	1.883	5.704	8.379	4.190	1.585	4.896	15.343	7.265
		2.50	0.171	4.089	3.210	14.111	5.644	1.858	6.890	9.967	4.983	1.561	5.909	18.412	8.846
40	60	1.60	0.195	3.032	2.380	15.212	5.071	2.240	6.124	8.150	4.075	1.640	4.641	16.552	7.160
		2.00	0.193	3.737	2.934	18.399	6.133	2.219	7.473	9.823	4.912	1.621	5.656	20.098	8.785
		2.50	0.191	4.589	3.602	22.055	7.352	2.192	9.060	11.725	5.862	1.598	6.846	24.197	10.721
		3.20	0.189	5.727	4.495	26.589	8.863	2.155	11.100	14.050	7.025	1.566	8.369	29.311	13.251

B	H	t	p	Ag	g	Ix	Sx	rx	Zx	Iy	Sy	ry	Zy	J	C
[mm]	[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
40	80	1.60	0.235	3.672	2.882	30.694	7.674	2.891	9.475	10.509	5.255	1.692	5.870	24.750	9.618
		2.00	0.233	4.537	3.562	37.331	9.333	2.868	11.610	12.711	6.356	1.674	7.176	30.136	11.825
		2.50	0.231	5.589	4.387	45.072	11.268	2.840	14.149	15.240	7.620	1.651	8.721	36.418	14.471
		3.20	0.229	7.007	5.500	54.902	13.725	2.799	17.467	18.384	9.192	1.620	10.725	44.373	17.961
		4.00	0.226	8.548	6.710	64.753	16.188	2.752	20.927	21.441	10.721	1.584	12.793	52.268	21.641
40	100	2.00	0.273	5.337	4.190	65.333	13.067	3.499	16.546	15.599	7.800	1.710	8.696	40.620	14.865
		2.50	0.271	6.589	5.172	79.258	15.852	3.468	20.237	18.756	9.378	1.687	10.596	49.185	18.221
		3.20	0.269	8.287	6.505	97.215	19.443	3.425	25.113	22.717	11.359	1.656	13.080	60.115	22.672
		4.00	0.266	10.148	7.966	115.606	23.121	3.375	30.275	26.625	13.313	1.620	15.673	71.098	27.401
40	120	2.00	0.313	6.137	4.818	104.003	17.334	4.117	22.283	18.487	9.244	1.736	10.216	51.377	17.905
		2.50	0.311	7.589	5.957	126.615	21.102	4.085	27.326	22.271	11.136	1.713	12.471	62.286	21.971
		3.20	0.309	9.567	7.510	156.088	26.015	4.039	34.039	27.051	13.525	1.682	15.435	76.272	27.382
		4.00	0.306	11.748	9.222	186.733	31.122	3.987	41.222	31.809	15.905	1.645	18.553	90.430	33.161
40	140	3.20	0.349	10.847	8.515	234.081	33.440	4.646	44.245	31.384	15.692	1.701	17.790	92.700	32.093
		4.00	0.346	13.348	10.478	281.336	40.191	4.591	53.769	36.993	18.497	1.665	21.433	110.089	38.921
		4.75	0.344	15.616	12.259	321.767	45.967	4.539	62.154	41.531	20.765	1.631	24.571	124.341	44.878
		6.35	0.338	20.209	15.864	395.958	56.565	4.426	78.319	49.068	24.534	1.558	30.403	148.265	56.127
50	70	2.50	0.231	5.589	4.387	37.988	10.854	2.607	13.167	22.572	9.029	2.010	10.453	44.360	15.971
		3.20	0.229	7.007	5.500	46.295	13.227	2.570	16.261	27.396	10.958	1.977	12.890	54.367	19.881
		4.00	0.226	8.548	6.710	54.642	15.612	2.528	19.494	32.186	12.874	1.940	15.427	64.504	24.041
50	150	3.20	0.389	12.127	9.519	315.528	42.070	5.101	54.526	55.431	22.172	2.138	24.871	155.136	43.843
		4.00	0.386	14.948	11.734	381.073	50.810	5.049	66.483	66.042	26.417	2.102	30.147	186.210	53.481
		4.75	0.384	17.516	13.750	437.916	58.389	5.000	77.099	74.920	29.968	2.068	34.766	212.578	62.025
		6.35	0.378	22.749	17.858	544.784	72.638	4.894	97.862	90.631	36.252	1.996	43.595	260.008	78.644

B	H	t	p	Ag	g	Ix	Sx	rx	Zx	Iy	Sy	ry	Zy	J	C
[mm]	[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
60	80	2.50	0.271	6.589	5.172	60.088	15.022	3.020	18.024	38.587	12.862	2.420	14.810	73.151	22.221
		3.20	0.269	8.287	6.505	73.776	18.444	2.984	22.382	47.237	15.746	2.388	18.371	90.333	27.792
		4.00	0.266	10.148	7.966	87.857	21.964	2.942	27.007	56.063	18.688	2.350	22.140	108.190	33.801
60	100	3.20	0.309	9.567	7.510	127.199	25.440	3.646	31.308	57.561	19.187	2.453	22.006	125.056	35.062
		4.00	0.306	11.748	9.222	152.470	30.494	3.603	37.955	68.607	22.869	2.417	26.620	150.368	42.761
		4.75	0.304	13.716	10.767	173.952	34.790	3.561	43.772	77.861	25.954	2.383	30.639	171.932	49.580
60	120	3.20	0.349	10.847	8.515	199.743	33.290	4.291	41.514	67.885	22.628	2.502	25.641	161.294	42.333
		4.00	0.346	13.348	10.478	240.557	40.093	4.245	50.502	81.151	27.050	2.466	31.100	194.406	51.721
		4.75	0.344	15.616	12.259	275.702	45.950	4.202	58.438	92.360	30.787	2.432	35.888	222.833	60.078
		6.35	0.338	20.209	15.864	340.998	56.833	4.108	73.816	112.544	37.515	2.360	45.066	275.053	76.447
70	150	3.20	0.429	13.407	10.524	384.488	51.265	5.355	63.921	117.691	33.626	2.963	37.637	286.965	62.633
		4.00	0.426	16.548	12.990	466.337	62.178	5.309	78.163	141.762	40.503	2.927	45.894	348.142	76.841
		4.75	0.424	19.416	15.242	538.129	71.751	5.265	90.898	162.526	46.436	2.893	53.231	401.662	89.623
		6.35	0.418	25.289	19.852	675.818	90.109	5.170	116.105	201.285	57.510	2.821	67.612	503.478	115.131
80	100	4.00	0.346	13.348	10.478	189.334	37.867	3.766	45.635	134.065	33.516	3.169	39.167	245.495	58.121
		4.75	0.344	15.616	12.259	217.046	43.409	3.728	52.821	153.399	38.350	3.134	45.304	282.777	67.678
		6.35	0.338	20.209	15.864	268.669	53.734	3.646	66.772	189.131	47.283	3.059	57.189	353.023	86.607
80	120	4.00	0.386	14.948	11.734	294.381	49.064	4.438	59.782	157.169	39.292	3.243	45.247	321.574	70.281
		4.75	0.384	17.516	13.750	338.794	56.466	4.398	69.386	180.296	45.074	3.208	52.453	371.319	81.975
		6.35	0.378	22.749	17.858	423.017	70.503	4.312	88.249	223.575	55.894	3.135	66.543	466.260	105.314
80	140	4.00	0.426	16.548	12.990	429.304	61.329	5.093	75.529	180.273	45.068	3.301	51.327	400.735	82.441
		4.75	0.424	19.416	15.242	495.546	70.792	5.052	87.852	207.193	51.798	3.267	59.602	463.480	96.273
		6.35	0.418	25.289	19.852	622.809	88.973	4.963	112.266	258.020	64.505	3.194	75.896	584.233	124.021

B	H	t	p	Ag	g	Ix	Sx	rx	Zx	Iy	Sy	ry	Zy	J	C
[mm]	[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
100	140	3.20	0.469	14.687	11.529	413.74	59.11	5.31	70.51	247.14	49.43	4.10	56.09	479.00	84.62
		4.00	0.466	18.148	14.246	503.29	71.90	5.27	86.41	299.93	59.99	4.07	68.67	585.01	104.20
		4.75	0.464	21.316	16.733	582.44	83.21	5.23	100.70	346.33	69.27	4.03	79.97	679.38	121.97
		6.35	0.458	27.829	21.846	736.24	105.18	5.14	129.24	435.74	87.15	3.96	102.45	864.44	157.97
100	180	3.20	0.549	17.247	13.539	757.75	84.19	6.63	102.44	307.11	61.42	4.22	68.48	683.56	109.40
		4.00	0.546	21.348	16.758	925.48	102.83	6.58	125.90	373.65	74.73	4.18	84.03	836.56	134.92
		4.75	0.544	25.116	19.716	1075.15	119.46	6.54	147.13	432.52	86.50	4.15	98.06	973.49	158.17
		6.35	0.538	32.909	25.833	1370.53	152.28	6.45	189.97	547.13	109.43	4.08	126.24	1244.51	205.54
100	200	4.00	0.586	22.948	18.014	1198.99	119.90	7.23	148.05	410.52	82.10	4.23	91.71	966.79	150.28
		5.00	0.583	28.356	22.260	1458.26	145.83	7.17	181.40	496.53	99.31	4.18	112.12	1177.20	184.77
		6.00	0.579	33.633	26.402	1702.05	170.21	7.11	213.31	576.32	115.26	4.14	131.56	1375.08	218.00
		8.00	0.573	43.792	34.377	2144.60	214.46	7.00	272.92	718.11	143.62	4.05	167.57	1733.32	280.65
		10.00	0.566	53.425	41.938	2529.41	252.94	6.88	326.99	837.54	167.51	3.96	199.89	2041.71	338.14
100	250	5.00	0.683	33.356	26.185	2552.06	204.17	8.75	258.54	609.34	121.87	4.27	135.87	1586.70	232.27
		6.00	0.679	39.633	31.112	2990.14	239.21	8.69	304.89	708.86	141.77	4.23	159.76	1856.36	274.40
		8.00	0.673	51.792	40.657	3797.45	303.80	8.56	392.39	887.39	177.48	4.14	204.37	2348.24	354.25
		10.00	0.666	63.425	49.788	4515.84	361.27	8.44	473.04	1040.04	208.01	4.05	244.89	2777.28	428.14
		12.00	0.659	74.532	58.507	5148.71	411.90	8.31	546.98	1168.54	233.71	3.96	281.45	3144.11	495.98

LA CASITA

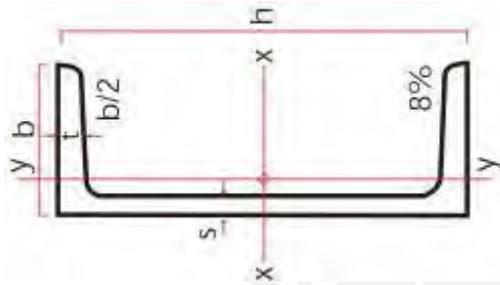
EXELENIA EN ACERO

Aplicaciones

Se utilizan para estructuras metálicas, tanto en construcción civil como para aplicaciones en la industria, cerrajería, metalistería, industria metalmeccánica, ornamentación y otros

Presentaciones

Alturas: desde 3" hasta 15"



Designación	Dimensiones				Sección	Peso
	h	b	s	t	f	g
	mm	mm	mm	mm	cm ²	Kg/m
80	80	45	8.0	8.0	11.0	8.6
100	100	50	8.5	8.5	13.5	10.6
120	120	55	9.0	9.0	17.0	13.4
140	140	60	10.0	10.0	20.4	16.0
160	160	65	10.5	10.5	24.4	18.8
180	180	70	11.0	11.0	28.0	22.0
200	200	75	11.5	11.5	32.2	25.3
220	220	80	12.5	12.5	37.4	29.4
240	240	85	13.0	13.0	42.3	33.2
260	260	90	14.0	14.0	48.3	37.9
280	280	95	15.0	15.0	53.3	41.8
300	300	100	16.0	16.0	58.8	46.2
320	320	100	17.5	17.5	75.8	59.5
350	350	100	16.0	16.0	77.3	60.6
380	380	102	16.0	16.0	80.4	63.1
400	400	110	18.0	18.0	91.5	71.8

INDUSTRIAS SG S.A.C.

(<http://www.industriassg.com/ventas.html>)

Av. Lurigancho1076 Zárate - San Juan de Lurigancho - Lima

Phone: (00)(51)(1) 459 5787 / (00)(51)(1) 458 4205 / (00)(51)(1) 458 1461

Local Sales: ventas@industriassg.com

Foreign Sales: export@industriassg.com

Información Técnica de Nuestros Productos

El método de obtención del BRONCE GRAFITADO es el de sintonización, mediante esta técnica se logra una adecuada mezcla de polvos de bronce y grafito, granulométricamente bien clasificados, luego se compacta la mezcla obtenida a determinadas presiones, las que varían en función a la densidad requerida, la forma y a algunas propiedades específicas. Luego de compactadas, son sinterizadas a regímenes de temperatura y composición de gases establecidos para cada caso

La particularidad de los bronce grafiados obtenidos por esta técnica, es que, este tipo de material posee porosidad interconectada entre sí, lo que favorece la impregnación con aceite, otorgándole una importantísima propiedad que es el auto lubricación. Esta propiedad hace que este tipo de bronce sea utilizado en máquinas o equipos en los cuales la lubricación es escasa o casi nula. Cabe resaltar que este tipo de material es imposible obtenerlo por el método clásico de fundición, ya que, debido a la diferencia de densidades, el grafito tiende a flotar en el metal mientras este en estado líquido, cosa que no sucede con la técnica de sinterizado, que obtiene una dispersión homogénea en toda la estructura del metal

La vida útil del bronce grafitado, aún sin aceite, es mínimo tres veces mayor que la del bronce obtenido por fundición con igual composición química

BRONCE GRAFITADO

La norma técnica que caracteriza las propiedades mecánicas del bronce grafitado es

ASTM B-438-67 Grade I; Clase B, o su equivalente SAE 841

En función a sus aplicaciones y exigencias mecánicas, podemos fabricar bronce grafitados de diversas densidades, las cuales pueden variar desde 5,8 gr/cc hasta 7,2 gr/cc

COMPOSICION QUÍMICA

- Cobre 89-90%
- Estaño 10%
- Plomo 0.5% max.
- Zinc 0.1 max.
- Otros 1.5% max. No afecta

Densidad o peso específico 6,2/7,5 gr/cm³ (a solicitud)

Porosidad: 18/30%

Absorción de aceite: 18/30 en volumen.

Coefficiente de dilatación Lineal: 0,000018 mm/0°C

Carga de rotura a tracción: 4 kg/mm²

Carga de rotura a compresión: 30 kg/mm²

Carga de trabajo máx. : 2 kg/mm²

Dureza Brinell (1) Igual que el bronce macizo: 2,5/62,5/30 25 kg/mm

BRONCES FRANCO MARCA PROPIEDAD DE METALES FRANCO S.A. DE C.V.

Teléfono: + 52 (55) 58396815

Email: ventas@broncesfranco.com y broncesfranco@hotmail.com

S.A.E. 64, BF- A2, ASTMB - 144 (A3), CDA 93700

DENOMINACION: BRONCE AL ALTO PLOMO

DESCRIPCION: EXCELENTE BRONCE LUBRICANTE

USOS:

Bronce para trabajos pesados bajo presiones y velocidades altas, chumaceras y cojinetes usados en máquinas – herramientas, trenes de animación, grúas, dragas, molinos, trapiches, trituradoras, entre otras.

COMPOSICION QUIMICA

ELEMENTO	MINIMO %	MAXIMO %
Cobre	78	82
Estaño	9	11
Plomo	8	11
Zinc	**	0.75
Niquel	**	0.75
Hierro	**	0.15
Aluminio	**	**
Manganeso	**	**
Antimonio	**	**
Fosforo	**	0.05
Impuresas	**	**

PROPIEDADES FISICAS

CONCEPTO	MAXIMO	MINIMO
Brinell	55	10
	4	6
Esfuerzo Cortante	1150 Kg/cm ²	2000 Kg/cm ²
Esfuerzo de tensión	2600 Kg/cm ²	2800 Kg/cm ²
Esfuerzo de compresión	7500 Kg/cm ²	8400 Kg/cm ²
Esfuerzo de torsión	2000 Kg/cm ²	2200 Kg/cm ²
Densidad	**	8.95
% Alarg. En 5.08 CM	8	20
Conductividad	**	**

ACERO AISI-SAE 1045 (UNS G10450)

1. Descripción:

Es un acero utilizado cuando la resistencia y dureza son necesarios en condición de suministro. Este acero medio carbono puede ser forjado con martillo. Responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción, pero no es recomendado para cementación o cianurado. Cuando se hacen prácticas de soldadura adecuadas, presenta soldabilidad adecuada.

Por su dureza y tenacidad es adecuado para la fabricación de componentes de maquinaria.

2. Normas involucradas: ASTM A108

3. Propiedades mecánicas:

Dureza 163 HB (84 HRb)

Esfuerzo de fluencia 310 MPa (45000 PSI)

Esfuerzo máximo 565 MPa (81900 PSI)

Elongación 16% (en 50 mm)

Reducción de área (40%)

Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

Maquinabilidad 57% (AISI 1212 = 100%)

4. Propiedades físicas:

Densidad 7.87 g/cm³ (0.284 lb/in³)

5. Propiedades químicas:

0.43 – 0.50 % C

0.60 – 0.90 % Mn

0.04 % P máx

0.05 % S máx

6. Usos:

Los usos principales para este acero es piñones, cuñas, ejes, tornillos, partes de maquinaria, herramientas agrícolas y remaches.

7. Tratamientos térmicos:

Se da normalizado a 900°C y recocido a 790°C

NOTA:

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño





FERRETERIA INDUSTRIAL
" EL ARTESANO " S.R.L.

Pernos Hexagonales, Sockets,
Prisioneros Allen, Flat Allen, SlôteBolts
D-2, G-8, G-8, Acero Inox. C-304 y C-316
Máximas y Pulgadas.
Herramientas, Materiales para
la Industria y Aceros en General.

A: SEMANADORA INDUSTRIAL # 2083 - ATE TELEFONO: 349-0474 TELF.: 375-5564 Email: elartesano@hmv.com

PROFORMA 001-026754

Lima, 02 DE ENERO

2012

Señor(ES) UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA R.U.C. # 2019/897406

Dirección: AV. LA MOLINA 314 LA MOLINA TEL. 349-3612 Fax 349-3916

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
H507005005	1.00	PERNO HEX. ISO 8.8 UNC		
		M6 X 25	0.20	0.20
H507006025	1.00	PERNO HEX. ISO 8.8 UNC		
		M6 X 25	0.20	0.20
H507010040	1.00	PERNO HEX. ISO 8.8 UNC		
		M6 X 40	0.40	0.40
H507012040	1.00	PERNO HEX. ISO 8.8 UNC		
		M6 X 40	0.60	0.60
H5070120075	1.00	PERNO HEX. ISO 8.8 UNC		
		M6 X 25	0.30	0.30
H507014040	1.00	PERNO HEX. ISO 8.8 UNC		
		M6 X 40	0.90	0.90
H507014060	1.00	PERNO HEX. ISO 8.8 UNC		
		M6 X 60	1.60	1.60
H5070140100	1.00	PERNO HEX. ISO 8.8 UNC		
		M6 X 100	2.50	2.50
H5070160150	1.00	PERNO HEX. ISO 8.8 UNC HD		
		M6 X 150	4.30	4.30
H5070180100	1.00	PERNO HEX. ISO 8.8 UNC		
		M8 X 100	4.00	4.00
H5070180150	1.00	PERNO HEX. ISO 8.8 UNC		
		M8 X 150	9.10	9.10
H5070180070	1.00	PERNO HEX. ISO 8.8 UNC		
		M8 X 70	3.80	3.80
			Sub Total 5%	28.30
			10 % I.G.V.	5.66
			T O T A L 5%	33.96

NOTA: Estos precios tienen una validez de siete días.

RECIBIDO POR:

Vº Bº FERRETERIA



FERRETERIA INDUSTRIAL
"EL ARTESANO" S.R.L.

Pernos Hexagonales - Societas
Fraisieros Allen, Flat Allen, StoveBolt
G-2, G-3, G-6, Acero Inox, G-904 y G-306
Métricas y Pulgadas
Herramientas, Materiales para
la Industria y Acero en General.

Av. SEPARADORA INDUSTRIAL # 2003 - ATE TELEFAX: 434/0424 TEL: 435-8884 E-mail: elartesano@fermail.com

PROFORMA 001-006797

Lima, 02 DE NOVIEMBRE

de 2012

Señores:

B.U.C.S. 00

Dirección: Tlf. Fax

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	TOTAL
71000100000	1.00	TUERCA HEX.G-5 NC 5/8	0.20	0.20
71000120000	1.00	TUERCA HEX.G-5 NC # 12	0.30	0.30
71000125000	1.00	TUERCA HEX.G-2 NC # 12 x 1.75	0.20	0.20
71000140000	1.00	TUERCA HEX.G-5 NC # 14	0.40	0.40
71000160000	1.00	TUERCA HEX.G-5 NC # 16	0.50	0.50
71000180000	1.00	TUERCA HEX.G-5 NC # 18	0.70	0.70
71000200000	1.00	TUERCA HEX.G-8 NC #24 x 3.0	2.10	2.10
			Sub Total S/.	4.40
			18 % I.O.V.	0.79
			TOTAL S/.	5.19

NOTA: Estos precios tienen una validez de siete días.

RECIBIDO POR:

Vº Bº FERRETERIA



FERRERERIA INDUSTRIAL
" EL ARTESANO " S.R.L.

Pernos Hexagonales - Sockets
Praioneros Allen, Flat Allen, StoveBolts
G-2, G-3, G-8, Acero Inox. C-304 y C-316
Métricos y Pulgadas
Herramientas, Materiales para
la Industria y Activos en General.

AV. SEMBRADORA INDUSTRIAL # 2003 - AV. TELEFAX 434-0427 TEL: 435-8885 E-mail: elartesanom@compal.com

PROFORMA 001-026798

Lugar: 02 DE NOVIEMBRE de 2012
Señores: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA POLINA R.L.C. r 20147097930
Dirección: AV. LA POLINA S/N LA POLINA T.L.P. 349-5647 Fax 349-5916

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	TOTAL
ARLAP006000	1.00	ARANDELA PLANA FE. 1/4"	0.10	0.10
ARLAP010000	1.00	ARANDELA PLANA FE. 3/8"	0.20	0.20
ARLAP012000	1.00	ARANDELA PLANA FE. 1/2"	0.20	0.20
ARLAP014000	1.00	ARANDELA PLANA FE. 9/16"	0.30	0.30
ARLAP016000	1.00	ARANDELA PLANA FE. 5/8"	0.40	0.40
ARLAP018000	1.00	ARANDELA PLANA FE. 3/4"	0.50	0.50
ARLAP020000	1.00	ARANDELA PLANA FE. 1"	0.80	0.80
ARLAP025000	1.00	ARANDELA PLANA FE. 1 1/4"	1.90	1.90
ARLAP030000	1.00	ARANDELA PLANA FE. 1 1/2"	2.70	2.70
Sub total \$/.				7.30
18% I.S.V.				1.31
T O T A L \$/.				8.61

Nota: Estos precios tienen una validez de sesenta días

RECIBIDO POR:

Vº Bº FERRERERIA

INDUSTRIAL OKENDO S.A. de C.V

contacto@okendo.mx

T +(52 222) 247 7300 T +(52 222) 247 0922 F +(52 222) 247 0922

Bronce UNS C93700, Bronce SAE 64, A.S.T.M. B584-09a

	%MIN.	%MAX.	USOS.
COBRE	78	82	Cojinetes, bujes para alta velocidades y fuertes presiones, bombas, impulsores, aplicaciones donde se requiera alta resistencia a la corrosión, fundiciones a presión, bujes para molinos y moldes de inyección.
ESTAÑO	9	11	
PLOMO	9	11	
ZINC	-	0.75	
NIQUEL	-	0.75	
FOSFORO	-	-	

Resistencia a la tensión 3400 kg/cm²

Alargamiento en 5.08 cm 22%

Dureza Brinell 55-70

Características:

Un bronce con características físicas para el trabajo pesado con excelente antifricción por su alto contenido de plomo, (lubricante seco). Posee una resistencia a la tracción de 35,000 psi y una dureza de entre 60 y 70 Brinell.

Recomendaciones de uso:

Cojinetes, bujes para altas velocidades y fuertes presiones, bombas, impulsores, aplicaciones donde se requiera alta resistencia a la corrosión, fundiciones a presión, bujes para molinos, hornos de cemento, troqueledoras, laminadoras, compresores, bujes

Composición química

% Máximo., A menos que se muestra como el rango o min.)

	Cu(1)	Al	Sb	Fe(1)	Pb	Ni(2)	P(3)	Si	S	Sn	Zn
Min./Max.	78.0-82.0	.005	.50	.7	8.0-11.0	.50	.10	.005	.08	9.0-11.0	.8
Nominal	80.0	-	-	-	9.5	-	-	-	-	10.0	-

(1) Fe será 0.35% máximo., Cuando se utiliza para el acero respaldado

(2) Valor Ni incluye Co..

(3) Para piezas de fundición continua, P debe ser de 1,5%, máx.

Nota: Cu + Suma de los elementos con nombre, min 99,0%.

Especificaciones Aplicables

Producto	Especificación
Rodamiento	AMS 4827
Centrifuga	AMS 4842 ASTM B271 SAE J462, J461
Colada continua	ASTM B505 SAE J461, J462
Lingote	ASTM B30
Arena	AMS 4842 ASME SB584 ASTM B763, B66, B584, B22 SAE J461, J462

Procesos de fabricación comunes: Fundición

Propiedades de fabricación

Junto a la técnica	Idóneo
Soldadura	Buena
Soldadura extrema	Buena
Soldadura oxiacetilénica	No recomendada
Diseño de embarcaciones	No recomendada
Recubiertos de metal de soldadura por arco	No recomendada
Calificación de maquinado	80

Propiedades térmicas

Tratamiento	Temp./Tiempo - EU	Temp./Tiempo - SI
Estrés de temperatura	500	260
Solución Mínima		
Solución Máxima		
Solución de Tiempo	0.0	
Solución media	Ninguna	
Ninguna		
Precipitaciones valor		
Precipitaciones tiempo		
Precipitación media	Ninguna	
Recocido mínimo		

Recocido máximo		
Tiempo de recocido		
Trabajo en caliente máxima		
Trabajo en caliente mínima		

Propiedades Mecánicas (medido a temperatura ambiente, 68 ° F (20 C))

Temple	Sección Tamaño	Trabajo en frío	Typ/ Min	Temp	Fuerza de tracción	Fluencia 0.5% ext.bajo carga)	Fluencia 0.2% desplaza- miento)	Fluencia 0.05% desplaza- miento)
	in.	%		F	ksi	ksi	ksi	ksi
	mm.			C	MPa	MPa	MPa	MPa
Molde en arena								
M01	0.0	0	TYP	68	35	18	16	-
	0.0			20	241	124	10	-
Metodo centrifugado								
M02	0.0	0	SMIN	68	30	12	-	-
	0.0			20	207	83	-	-
Colada continua								
M07	0.0	0	SMIN	68	35	20	-	-
	0.0			20	241	138	-	-
Molde en arena								
M01	0.0	0	SMIN	68	30	12	-	-
	0.0			20	207	83	-	-

El	Dureza Rockwell				Dureza Vickens	Dureza Brinell		Resistencia al corte	Resistencia a la fatiga*	Resistencia la impacto Izod
%	B	C	F	30T	500	500	3000	ksi	ksi	ft-lb
								MPa	MPa	J
Molde en arena										
20	-	-	-	-	-	60	-	18	13	5.0
20	-	-	-	-	-	60	-	124	90	7.0
Metodo centrifugado										
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
Colada continua										

6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
Molde en arena										
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0

*Resistencia a la fatiga : 100×10^6 ciclos.

Salvo indicacion, combo [N] x 10^6 .

Propiedades físicas

◇	EU	Métrico
Punto de fusión - Líquido	1705 F	929 C
Punto de fusión – Sólido	1403 F	762 C
Incipiente de fusión	600 F	316 C
Densidad	0.320 lb/in ³ at 68 F	8.86 gm/cm ³ @ 20 C
Peso específico	8.860	8.86
Resistencia eléctrica	102 ohms-cmil/ft @ 68 F	16.95 microhm-cm @ 20 C
Conductividad Eléctrica	10 %IACS @ 68 F	0.059 MegaSiemens/cm @ 20 C
Conductividad Térmica	27.10 Btu • ft/(hr • ft ² •oF)at 68F	46.9 W/m • oK at 20 C
Coefficiente de expansión térmica	10.30 •10 ⁻⁶ per oF (68-392 F)	18.5 •10 ⁻⁶ per oC (20-200 C)
Capacidad de calor específico	0.090 Btu/lb/oF at 68 F	377.1 J/kg • oK at 293 K
Módulo de elasticidad a la tensión	11000 ksi	75800 MPa
Permeabilidad magnetic	1	1.0

Característica de fundición: Ninguna característica de fundición para esta aleación

Usos y aplicaciones

Herrajes para constructores

Soportes

Sujetadores

Arandelas para motores, nueces

Industrial

Cigüeñales, cojinetes, placas de apoyo, partes de máquinas, bujes, aplicaciones que requieren resistencia al sulfito ácido líquidos, partes para el mantenimiento Steel Mill, guías de deslizamiento para los molinos de acero, de alta velocidad, rodamientos de carga pesada, bombas, bastidores a prueba de presión, impulsores, resistente a la corrosión Fundición de bujes de alta velocidad y una fuerte presión.

Marina

Grandes rodamientos de a bordo

Bronce UNS C93200, Bronce SAE 660, A.S.T.M. B584-09a

	%MIN.	%MAX.	USOS.
COBRE	81	85	Excelente para fabricar pequeños engranes, partes de bombas, asientos de válvula, moldes de inyección y maquinaria en general que necesite un bronce fino y estable.
ESTAÑO	6	8	
PLOMO	6	8	
ZINC	2	4	
FOSFORO	-	1.5	
NIQUEL	-	0.5	

Resistencia a la tensión 2460 kg/cm²

Alargamiento en 5.08 cm 12%

Dureza Brinell 65-75

Conductividad 12%

Densidad 8.93 gr/cm³

Características:

Es una aleación generalizada para usos industriales, que ofrece magníficos resultados para trabajos semipesados y condiciones normales de lubricación. Es fino, compacto y uniforme, con buenas características antifricción y con gran resistencia al desgaste bajo presiones fuertes con velocidades medias. Posee resistencia a la tracción de 35,000 psi y una dureza de entre 60 y 65 Brinell.

Recomendaciones de uso:

Excelente para fabricar pequeños engranes, partes de bombas, asientos de válvula, moldes de inyección y maquinaria en general que necesite un bronce fino y estable.

Composición química

(% Máximo., A menos que se muestra como el rango o min.)

	Cu(1)	Al	Sb	Fe	Pb	Ni(2)	P(3)	Si	S	Sn	Zn
Min./Max.	81.0-85.0	.005	.35	.20	6.0-8.0	1.0	.15	.005	.08	6.3-7.5	1.0-4.0
Nominal	83.0	-	-	-	7.0	-	-	-	-	3.0	9.0

(1) Para determinar min Cu., Cu se puede calcular como Cu + Ni.

(2) Valor Ni incluye Co.

(3) Para piezas de fundición continua, P debe ser de 1,5%, máx.

Nota: Cu + Suma de los elementos nombrados, deben de ser min. 99,3%.

Especificaciones Aplicables

Producto	Especificación
Centrifuga	ASTM B271 SAE J462, J461
Colada continua	ASTM B505 SAE J461, J462
Lingote	ASTM B30
Molde Permanente	SAE J461, J462
Arena	ASTM B584, B763, B66, SAE J462, J461

Procesos de fabricación comunes

Fundición

Propiedades de fabricación

Junto a la técnica	Idóneo
Soldadura	Excelente
Soldadura extrema	Buena
Soldadura oxiacetilénica	No Recomendado
Diseño de embarcaciones	No Recomendado
Recubiertos de metal de soldadura por arco	No Recomendado
Calificación de maquinado	70

Propiedades térmicas

Tratamiento	Temp./Tiempo - EU	Temp./Tiempo - SI
Estrés de temperatura	500	260
Solución Mínima		
Solución Máxima		
Solución de Tiempo	0.0	
Solución media	Ninguna	
Ninguna		
Precipitaciones valor		

Precipitaciones tiempo	Ninguna	
Precipitación media		
Recocido mínimo		
Recocido máximo		
Tiempo de recocido		
Trabajo en caliente máxima		
Trabajo en caliente mínima		

Propiedades Mecánicas (medido a temperatura ambiente, 68 ° F (20 C))

Temple	Sección Tamaño	Trabajo en frío	Typ/ Min	Temp	Fuerza de tracción	Fluencia 0.5% ext.bajo carga)	Fluencia 0.2% desplaza- miento)	Fluencia 0.05% desplaza- miento)
	in.	%		F	ksi	ksi	ksi	ksi
	mm.			C	MPa	MPa	MPa	MPa
Molde en arena								
MD1	0.0	0	TYP	68	35	18	-	-
	0.0			20	241	124	-	-
Metodo centrifugado								
MD1	0.0	0	SMIN	68	30	14	-	-
	0.0			20	207	97	-	-
Colada continua								
MD2	0.0	0	SMIN	68	35	20	-	-
	0.0			20	241	138	-	-
Molde en arena								
MD7	0.0	0	SMIN	68	30	14	-	-
	0.0			20	207	97	-	-

Dureza Rockwell				Dureza Vickens	Dureza Brinell		Resistencia al corte	Resistencia a la fatiga	Resistencia la impacto Izod	
%	B	C	F	30T	500	500	3000	ksi	ksi	ft-lb
					MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	J
Molde en arena										
20	-	-	-	-	-	65	-	-	16	6.0
20	-	-	-	-	-	65	-	-	110	8.0
Método centrifugado										

15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
Colada continua										
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
Molde en arena										
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0

- Resistencia a la fatiga: 100×10^6 ciclos,
Salvo indicación contraria, como $[N] \times 10^6$

Propiedades físicas

◇	EU	Métrico
Punto de fusión - Líquido	1790 F	977 C
Punto de fusión – Sólido	1570 F	854C
Densidad	0.322 lb/in ³ at 68 F	8.91 gm/cm ³ @ 20 C
Peso específico	8.910	8.91
Resistencia eléctrica	85.90 ohms-cmil/ft @ 68 F	14.29 microhm-cm @ 20 C
Conductividad Eléctrica	12 %IACS @ 68 F	0.07 MegaSiemens/cm @ 20 C
Conductividad Térmica	33.60 Btu • ft/(hr • ft ² •oF)at 68F	58.2 W/m • oK at 20 C
Coefficiente de expansión térmica	10 •10-6 per oF (68-212 F)	18.0 •10-6 per oC (20-300 C)
Capacidad de calor específico	0.090 Btu/lb/oF at 68 F	377.1 J/kg • oK at 293 K
Módulo de elasticidad a la tensión	14500 ksi	100000 MPa

Características de fundición

Atributos	Nivel
Rendimiento de fundición	Alto
Escoria	Bajo
Efecto del tamaño de la sección	Medio
Fluidez	Medio
Gasea miento	Medio

Patrones de contracción	7/32
Contracción	Bajo

Las aplicaciones y usos más frecuentes del SEA 660:

Automotriz

Accesorios de Automoción

Sujetadores

Lavadoras

Industrial

Arandelas de empuje, bombas, bujes, partes de máquinas, Cuerpo de cojinetes del eje, cojinetes de máquinas, herramientas, Rodamientos para grúas, unión y rodamientos, rodamientos del cuello, rodamientos para molinos, bujes de vinculación para prensas, bujes de la bomba de combustible, bujes para bombas de agua, pasador de muñeca de motores diesel, cojinetes para prensa, caja prensa hidráulica, guarnición de prensa principal hidráulica, rotores de bomba, bujes de uso general, accesorios de bomba, Rodamientos, etc

Bronce UNS C90500, Bronce SAE 62, A.S.T.M. B584-09a

	%MIN.	%MAX.	USOS.
COBRE	86	89	Para piezas que requieren un bronce fino y estable, especial para la elaboración de coronas, tornillos, sin fin elementos de maquinaria de servicio pesado y bajas velocidades.
ESTAÑO	9	11	
PLOMO	-	0.30	
ZINC	1	3	
NIQUEL	-	1	

Resistencia a la tensión 4000 kg/cm²

Alargamiento en 5.08 cm 20%

Dureza Brinell 75-85

Características:

Es una aleación de uso general con antifricción de gran resistencia para condiciones fuertes de trabajo y alta carga. Es duro con gran resistencia al desgaste al ataque químico-ácido y a la corrosión ambiental; resiste presiones hidráulicas aun con agua salada. Posee resistencia a la tracción de 45,000 psi y una dureza de entre 75 y 85 Brinell.

Recomendaciones de uso:

Para piezas que requieren un bronce fino y estable especial para la elaboración de coronas tornillos sin fin elementos de maquinaria de servicio pesado y bajas velocidades, en instalaciones de ingenios azucareros plantas de refinación y en general en sistemas de vapor o gas a presión

Composición química

% Máximo., A menos que se muestra como el rango o min.)

	Cu(1)	Al	Sb	Fe	Pb	Ni(2)	P(3)	Si	S	Sn	Zn
Min./Max.	86.0-89.0	.005	.20	.20	.30	1.0	.05	.005	.08	9.0-11.0	1.0-3.0
Nominal	87.5	-	-	-	9.5	-	-	-	-	10.0	2.0

(1) En la determinación de Cu min., Cu se puede calcular como Cu + Ni.

(2) Valor Ni incluye Co.

(3) Para piezas de fundición o colada continua, P debe ser de 1,5%, máx.

Nota: Cu + Suma de los elementos con nombre, el 99,7% min

Especificaciones Aplicables

Producto	Especificación
Centrifuga	AMS 4845 ASTM B271 SAE J462, J461
Colada continua	ASTM B505 SAE J462, J461
Lingote	ASTM B30
Arena	AMS 4845 ASTM B763, B584, B22 SAE J462, J461

Procesos de fabricación comunes

Fundición

Propiedades de fabricación

Junto a la técnica	Idóneo
Soldadura	Excelente
Soldadura extrema	Buena
Soldadura oxiacetilénica	Justo
Diseño de embarcaciones	Justo

Recubiertos de metal de soldadura por arco	Justo
Calificación de maquinado	30

Propiedades térmicas

Tratamiento	Temp./Tiempo - EU	Temp./Tiempo - SI
Estrés de temperatura	500	260
Solución Mínima		
Solución Máxima		
Solución de Tiempo	0.0	
Solución media	Ninguna	
Ninguna		
Precipitaciones valor		
Precipitaciones tiempo		
Precipitación media	Ninguna	
Recocido mínima		
Recocido máxima		
Tiempo de recocido		
Trabajo en caliente máxima		
Trabajo en caliente mínima		

Propiedades Mecánicas (medido a temperatura ambiente, 68 ° F (20 C))

Temple	Sección Tamaño	Trabajo en frío	Typ/Min	Temp	Fuerza de tracción	Fluencia 0.5% ext.bajo carga)	Fluencia 0.2% desplazamiento)	Fluencia 0.05% desplazamiento)
	in.	%		F	ksi	ksi	ksi	ksi
	mm.			C	MPa	MPa	MPa	MPa
Molde en arena								
M01	0.0	0	TYP	68	45	22	-	-
	0.0			20	310	152	-	-
Metodo centrifugado								
M02	0.0	0	TYP	68	45	22	-	-
	0.0			20	310	152	-	-
M02	0.0	0	SMIN	68	40	18	-	-

	0.0			20	276	124	-	-
Colada continua								
M07	0.0	0	SMIN	68	44	25	-	-
	0.0			20	303	172	-	-
Molde en arena								
M01	0.0	0	SMIN	68	40	18	-	-
	0.0			20	275	124	-	-

El	Dureza Rockwell				Dureza Vickers	Dureza Brinell		Resistencia al corte	Resistencia a la fatiga*	Resistencia la impacto Izod
%	B	C	F	30T	500	500	3000	ksi	ksi	ft-lb
								MPa	MPa	J
Molde en arena										
25	-	-	-	-	-	75	-	-	13	10.0
25	-	-	-	-	-	75	-	-	90	13.0
Método centrifugado										
25	-	-	-	-	-	75	-	-	13	10.0
25	-	-	-	-	-	75	-	-	90	13.0
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
Colada continua										
10	-	-	-	-	-	-	-	-		0.0
10	-	-	-	-	-	-	-	-		0.0
Molde en arena										
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0

*Resistencia a la fatiga : 100×10^6 ciclos.

Salvo indicación, combo [N] x 10^6

Propiedades físicas

◊	EU	Métrico
Punto de fusión - Líquido	1830 F	999 C
Punto de fusión – Sólido	1570 F	854 C
Densidad	0.315 lb/in ³ at 68 F	8.72 gm/cm ³ @ 20 C
Peso específico	8.720	8.72
Resistencia eléctrica	94 ohms-cmil/ft @ 68 F	15.63 microhm-cm @ 20 C
Conductividad Eléctrica	11 %IACS @ 68 F	0.064 MegaSiemens/cm @ 20 C
Conductividad Térmica	43.20 Btu • ft/(hr • ft ² •oF)at 68F	74.8 W/m • oK at 20 C
Coefficiente de expansión térmica	11 •10 ⁻⁶ per oF (68-572 F)	19.8 •10 ⁻⁶ per oC (20-300 C)
Capacidad de calor específico	0.090 Btu/lb/oF at 68 F	377.1 J/kg • oK at 293 K
Modulo de elasticidad a la tensión	15000 ksi	103400 MPa
Permeabilidad magnetic	1	1.0

Característica de fundición

Atributos	Nivel
Rendimiento de fundición	Medio
Estocoria	Bajo
Efecto del tamaño de la sección	Alto
Fluidez	Medio
Gaseamiento	Medio
Patrones de contracción	3/16
Contracción	Medio

Las aplicaciones y usos más frecuentes del SAE 62:

Herrajes para constructores

Abrazaderas

Edificios

Equipo pesado de construcción

Eléctrica

Conectores

Sujetadores

Industrial

Bujes, cojinetes, anillos de pistones, cuerpos de bomba, válvulas, anillos de sello, engranes

helicoidales, cojinetes de expansión, impulsores de la bomba, cuerpos de las válvulas, engranajes, espacios en blanco de engranes, acabado para la industria de pulpa de madera.

Plomería

Acondicionadores de agua, conexiones de vapor

Bronce UNS C93600, A.S.T.M. B584-09a

Composición química

% Máximo., A menos que se muestra como el rango o min.)

	Cu(1)	Al	Sb	Fe	Pb	Ni(2)	P(2)	Si	S	Sn	Zn
Min./Max.	79.0- 83.0	.005	.55	.20	11.0-13.0	1.0	.05	.005	.08	6.0-8.0	1.0
Nominal	81.0	-	-	-	12.0	-	-	-	-	7.0	-

(1) Ni valor incluye Cu.

(2) Para colada continua, P debe ser 1.5%, máx.

Nota: Cu +suma de los elementos con nombre, 99.3% min.

Especificaciones Aplicables

Producto	Especificación
Centrifuga	ASTM B271
Colada continua	ASTM B505
Lingote	ASTM B30
Arena	ASTM B66 MILITARY MIL-C-22229

Procesos de fabricación comunes

Barras y bujes

Propiedades de fabricación

Junto a la técnica	Idóneo
Soldadura	Buena
Soldadura extrema	Buena
Soldadura oxiacetilénica	No se recomienda
Diseño de embarcaciones	No se recomienda
Recubiertos de metal de soldadura por arco	No se recomienda

15	-	-	-	-	-	65	-	-	-	0.0
15	-	-	-	-	-	65	-	-	-	0.0
Permanente molde fundido										
15	-	-	-	-	-	65	-	-		0.0
15	-	-	-	-	-	65	-	-		0.0

*Resistencia a la fatiga : 100x106 ciclos.
Salvo indicacion, combo [N] x 106

Propiedades térmicas

Tratamiento	Temp./Tiempo - EU	Temp./Tiempo - SI
Estrés de temperatura	500	260
Solución Mínima		
Solución Máxima		
Solución de Tiempo	0.0	8.72
Solución media	Ninguna	
Precipitaciones valor		
Precipitaciones tiempo		
Precipitaciones media	Ninguna	
Recocido mínimo		
Recocido máximo		
Tiempo de recocido		
Trabajo en caliente máxima		
Trabajo en caliente mínima		

Propiedades físicas

◇	EU	Métrico
Punto de fusión - Líquido	1720 F	938 C
Punto de fusión – Sólido	1550 F	843 C
Densidad	0.325 lb/in ³ at 68 F	9.0 gm/cm ³ a 20 °C
Peso específico	9	9.0
Conductividad Eléctrica	11 %IACS a 68° F	0.064 Mega Siemens/cm @ 20 C
Conductividad Térmica	28.50 Btu • ft/(hr • ft ² •oF)at 68F	49.36 W/m • oK at 20 C
Coefficiente de expansión térmica	10.30 •10-6 per oF (68-392 F)	18.54 •10-6 per oC (20-200 C)

Capacidad de calor específico	0.090 Btu/lb/oF at 68 F	377.1 J/kg • oK at 293 K
Módulo de elasticidad a la tensión	14000 ksi	96516 MPa

Característica de fundición

Atributos	Nivel
Rendimiento de fundición	Alto
Estocoria	Bajo
Efecto del tamaño de la sección	Pequeño
Fluidez	Alto
Gaseamiento	Medio
Patrones de contracción	1/8
Contracción	Bajo

Propiedades Mecánicas

Atributos	
Resistencia a la Tensión	2410 Kg/cm ²
Alargamiento en 5.08 cm	15%
Dureza Brinell	65

Las aplicaciones y usos más frecuentes en la industria:

Válvulas para monitorear flujo, equipos del campo petrolero , bujes expuestos a la corrosión, lubricación o bajo presión, soporte para cojinetes, bujes de levas para motores diésel, cojinetes del cigüeñal, para ejes de las bombas de pozo profundo, cojinetes de motores eléctricos para encasquillar guías de pistón, cojinetes para guía de válvulas, sellos hidráulicos de los collarines, soporte de partes de locomotora, cojinetes para prensas, soporte de espiga en pistones, camisas de las bombas, cojinetes de varilla, soporte para molino, sellos, bujes de camisas (para grúas, etc.), bujes espaciadores (para bombas, etc.), bujes para molino, buje pasador