



Disminución de la compactación subsuperficial de suelo provocada por el peso de las sembradoras

**Martínez, Felipe José
Pronotti, Luciano**

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
Año 2023

Disminución de la compactación subsuperficial de suelo provocada por el peso de las sembradoras

**Martínez, Felipe José
Pronotti, Luciano**

Proyecto Final de Ingeniería Mecánica presentado como requisito parcial para lograr
el título de:
Ingeniero Mecánico

Directores:
Ing. Mec. Guillermo Rodriguez
Ing. Mec. Pedro Sismondi
Ing. Mec. Juan Sismondi

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
Año 2023

En tiempos de incertidumbre y desesperanza, es imprescindible gestar proyectos colectivos desde donde planificar la esperanza junto a otros.

Enrique Pichon-Reviere

En el juego de la vida todos recibimos un conjunto de variables y limitaciones en el terreno de juego. Podemos centrarnos en nuestras faltas o empoderarnos para crear mejores realidades con las piezas con las cuales jugamos.

T.F. Hodge

Arriesgarse es perder momentáneamente el equilibrio. No arriesgarse es perderse a uno mismo.

Soren Kierkegaard

Agradecimientos

Un proyecto de ingeniería requiere de un conjunto de ideas y conocimientos previos que provienen de otras personas. Por esta razón, queremos brindar un agradecimiento especial a los Ingenieros Sergio Destéfanis, Damian Pistarelli, Fabricio Branchesi, quienes fueron los encargados de aportar la problemática de estudio de este trabajo.

Asimismo, a nuestros directores de proyecto, que nos acompañaron y guiaron en esta última etapa de la carrera.

Es de nuestro agrado haber alcanzado esta instancia final de la carrera de grado de ingeniería mecánica. Sentimos un profundo orgullo de haber atravesado con éxito esta difícil etapa de nuestras vidas. Ambos entendemos que esta meta no podría haber sido alcanzada si no fuera por el apoyo moral, humano y de conocimiento, que nos aportaron nuestros amigos y familiares.

Y por último, le queremos agradecer a aquellas personas con las cuales compartimos muchos momentos de alegrías, frustraciones compartidas e interminables jornadas de estudio, que sentimos que fueron fundamentales para nuestra formación humana y académica. Gracias compañeros, gracias profesores y gracias a la universidad por haber sido parte.

Resumen

De la mano de la llegada de la siembra directa, se lograron aspectos positivos como el aumento de productividad y la disminución de la erosión del suelo, así como también el aspecto negativo que será motivo de estudio de este trabajo final de grado. Este se trata de la compactación del subsuelo agrícola.

Estas capas compactadas en la superficie y subsuperficie se manifiestan como: una disminución del tamaño y número de macroporos, y un aumento, tanto en la densidad aparente como en la resistencia a la penetración. El efecto puede visualizarse en el crecimiento del cultivo o en propiedades del suelo como: conductividad, permeabilidad, difusión del agua y del aire. Las causas nombradas perjudican al crecimiento radicular de las plantas, por ende, afectan directamente al rinde del campo.

A su vez, debido al imperativo incremento de la productividad, se suman las nuevas tendencias de mercado de fabricar sembradoras cada vez de mayor porte y con mayor capacidad de semillas, lo que lleva a que tengamos equipamientos cada vez más pesados, lo cual repercute en la compactación subsuperficial de los campos. Por otro lado, la tendencia a monocultivo de soja, que el rastrojo de este cultivo deja descubierto el suelo, favoreciendo la erosión, y también sus raíces son más débiles y poco radicales que las de las gramíneas o el maíz, por ende, hay menos rupturas de capas compactadas por las raíces.

Estudios realizados por diferentes investigadores nos dan la pauta de que la compactación superficial es función de la presión de contacto rueda-suelo, por lo tanto, del peso soportado por la rueda, de la presión de inflado del neumático y del área de contacto. Mientras que la subsuperficial, la cual es más acumulativa y difícil de solucionar a lo largo de los años, solo es función del peso por eje. Otros datos a tener en cuenta son: que una excesiva cantidad de pasadas con un equipo ligero puede repercutir aún peor que escasas pasadas con un equipo pesado y que trabajar en condiciones no óptimas de suelo también repercute fuertemente en este fenómeno.

A partir de lo mencionado, se diseñó un sistema de reabastecimiento de semillas, con el objetivo de reducir el peso final de la maquinaria agrícola y así producir una menor compactación subsuperficial. Una difusión en el uso de este sistema habilitaría a la producción de sembradoras de menor porte de cara al futuro.

Los elementos más solicitados fueron calculados y posteriormente simulados por el método de Elementos Finitos. Como así también, se seleccionaron los elementos comerciales.

Palabras clave: Compactación Subsusperficial, Crecimiento radicular, Reabastecimiento, Peso por eje, Índice de cono, Densidad aparente, Siembra directa.

Abstract

Hand in hand with the arrival of direct sowing, positive aspects such as increased productivity and decreased soil erosion were achieved, as well as the negative aspect that will be the subject of study of this final degree project. This is the compaction of agricultural subsoil.

These compacted layers on the surface and subsurface manifest as: a decrease in the size and number of macropores, and an increase in both bulk density and resistance to penetration. The effect can be visualized in the growth of the crop or in soil properties such as: conductivity, permeability, water and air diffusion. The named causes harm the root growth of the plants, therefore, they directly affect the yield of the field.

In turn, due to the imperative increase in productivity, the new market trends of manufacturing increasingly larger seeders and with greater seed capacity are added, which leads to increasingly heavy equipment, which has repercussions on subsoil compaction of the fields. On the other hand, the tendency to monoculture soybean, since the stubble of this crop leaves the soil uncovered, favoring erosion, and also its roots are weaker and have few roots than those of grasses or corn, therefore, there are fewer ruptures of layers compacted by the roots.

Studies carried out by different researchers give us the guideline that surface compaction is a function of the wheel-ground contact pressure, therefore, the weight supported by the wheel, the tire inflation pressure and the contact area. While the subsurface, which is more cumulative and difficult to solve over the years, is only a function of the weight per axis. Other data to take into account are: that an excessive number of passes with a light equipment can have an even worse impact than a few passes with a heavy equipment and that working in non-optimal soil conditions also has a strong impact on this phenomenon.

Based on the above, a seed replenishment system was designed, with the aim of reducing the final weight of agricultural machinery and thus producing less subsurface compaction. Diffusion in the use of this system would enable the production of smaller planters for the future.

The most requested elements were calculated and later simulated by the Finite Element method. As well, the commercial elements were selected.

Key words: Subsoil compaction, Root growth, Replenishment, Weight per axis, Cone index, Apparent density, Direct seeding.

Contenido

Agradecimientos	IV
Resumen	V
Abstract	VI
Contenido	VII
1 Introducción	1
1.1 Superficie implantada en Argentina	1
1.1.1 Superficie tratada con siembra directa	1
1.2 Cultivos más comunes en siembra directa	3
1.3 Tipos de suelos	3
1.4 Compactación de suelo	4
1.4.1 Prácticas implementadas en la actualidad	6
2 Marco teórico	7
2.1 ¿Por qué se necesita un suelo descompactado?	7
2.1.1 Efectos de la compactación sobre el desarrollo de raíces	8
2.1.2 Efectos de la compactación sobre la emergencia de plántulas	11
2.2 Formas de medición de la compactación	11
2.2.1 Índice de cono	12
2.2.2 Densidad aparente	12
2.2.3 Porosidad	12
2.3 ¿Por qué se produce la compactación?	13
2.3.1 Superficial	13
2.3.2 Subsuperficial	14
2.4 Impacto de la compactación	14
2.4.1 Estudio 1: Testigo vs. 9 Mg/eje vs. 18 Mg/eje	14
2.4.2 Estudio 2: Siembra directa vs. Cíncel vs. Reja y vertedera	18
2.4.3 Estudio 3: Efecto de numerosas pasadas	19
2.5 Valores óptimos buscados	22
2.5.1 Índice de cono	22
2.5.2 Densidad aparente	22
2.6 Influencia de valores externos	23
2.7 Tipos de cultivos	23
2.8 Tipos de suelos	23
3 Diagnóstico del problema	25
4 Descripción del aporte	26
5 Variables y condiciones límites	27
5.1 Variables de influencia	27
5.2 Condiciones límites	32
6 Objetivos y propósitos	34
6.1 Objetivo general	34
6.2 Objetivo específicos	34
6.3 Propósitos	34
7 Solución a la problemática	36
7.1 Consideraciones	36
7.1.1 Tipo de cultivo	36
7.1.2 Tipo de suelo	36

7.2	Propuestas.....	36
7.2.1	Tráfico controlado	36
7.2.2	Sistema de reabastecimiento en labor	37
7.2.3	Sembradoras autónomas sincronizadas de menor porte	38
7.2.4	Cambio de materiales	39
7.2.5	Redistribución de peso	40
7.2.6	Sistema de tolvas intercambiables.....	41
7.3	Elección de la solución.....	42
7.3.1	Modo de evaluación de propuestas	42
7.3.2	Alternativas sobre soplado de semilla.....	43
7.3.3	Alternativas sobre sistema de frenado de semilla	44
7.4	Especificación de solución	46
7.5	Validación de solución.....	48
8	Estudio de fuerzas	49
8.1	Fuerzas sobre tolva.....	49
8.2	Base tolva	52
8.3	Fuerza sobre chasis	53
8.4	Punta lanza	54
8.5	Transporte neumático	55
8.6	Transmisión a la válvula rotativa	56
8.7	Transmisión al soplador	57
8.8	Potencia de tiro	58
8.9	Fuerza sobre eje	58
9	Dimensionamiento	61
9.1	Tolva	61
9.2	Base tolva	63
9.3	Chasis	69
9.4	Bulones punta de lanza.....	75
9.5	Eje.....	77
9.6	Ciclón	77
9.7	Empalme soplador-válvula-manguera y tubería de carga.....	78
10	Selección de elementos comerciales	79
10.1	Componentes de tolva	79
10.1.1	Chapas antidesgaste	79
10.1.2	Perfiles	79
10.2	Componentes de chasis.....	79
10.2.1	Perfiles	79
10.2.2	Chapas	79
10.3	Componentes de punta de lanza.....	80
10.3.1	Flejes.....	80
10.4	Componentes de ciclón.....	80
10.4.1	Chapas	80
10.4.2	Recortes de caños.....	80
10.5	Componentes de empalme soplador-válvula-manguera.....	80
10.5.1	Caño.....	80
10.5.2	Chapas	80
10.5.3	Bridas	81
10.5.4	Juntas.....	81
10.5.5	Acoples rápidos	81
10.6	Circuito de semilla e impulsión	81
10.6.1	Soplador	81
10.6.2	Válvula rotativa	81
10.6.3	Motor hidráulico para soplador	82
10.6.4	Manguera hidráulica	82

10.6.5 Motor hidráulico para válvula rotativa	82
10.6.6 Manguera hidráulica	82
10.7 Componentes de sistema de soporte de chasis	82
10.7.1 Perfil para eje	82
10.7.2 Elástico y demás componentes	83
10.7.3 Mazas.....	83
10.7.4 Llantas.....	83
10.7.5 Neumáticos	84
10.8 Componentes de tubería de carga	84
10.8.1 Caños.....	84
10.8.2 Codos.....	84
10.8.3 Manguera de carga.....	84
10.8.4 Brida.....	84
10.9 Bulonería.....	84
11 Conclusiones y recomendaciones.....	86
11.1 Conclusiones técnicas.....	86
11.2 Conclusiones académicas.....	87
11.3 Recomendaciones	87
Índice de figuras.....	88
Índice de tablas	90
Referencias bibliográficas.....	91
Anexos	93
Anexo A: Matriz de análisis de soluciones.	94
Anexo B: Matriz de validación de propuesta de solución	97
Anexo C: Memoria de cálculo y análisis de elementos finitos	100
C.1 Tolva.....	101
C.2 Base estructural de la tolva.....	115
C.3 Chasis	129
C.4 Bulones de la punta de lanza.....	140
C.5 Eje de sistema de soporte	149
C.6 Ciclón	155
Anexo D: Elementos comerciales	159
Circuito de semilla e impulsión	160
Empalme soplador-valv-mang.....	163
Tolva 166	
Tubería de carga.....	167
Ciclón 170	
Chasis.....	171
Eje + sistema de soporte.....	172
Punta de lanza	178
Anexo E: Planos	179

1 Introducción

1.1 Superficie implantada en Argentina

Adentrándose en la actividad agrícola, se estimó que entre julio de 2019 y junio de 2020, el total de la superficie destinada a uso agrícola fue de 36,6 millones de hectáreas.

En una superficie récord, se obtuvo la segunda mayor cosecha histórica. La siembra de los principales cultivos del agro argentino (trigo, cebada, girasol, maíz, soja y sorgo), alcanzó en la campaña 2019/20 una superficie récord de 36,6 millones de hectáreas (+1,2% que la campaña anterior; 2018/19: 36,2 millones). La superficie estuvo impulsada principalmente por el incremento del área sembrada de trigo (que aumentó en 600 mil hectáreas respecto a la campaña anterior) y en menor medida contribuyeron la soja (+200 mil ha.) y el maíz (+100 mil ha.).

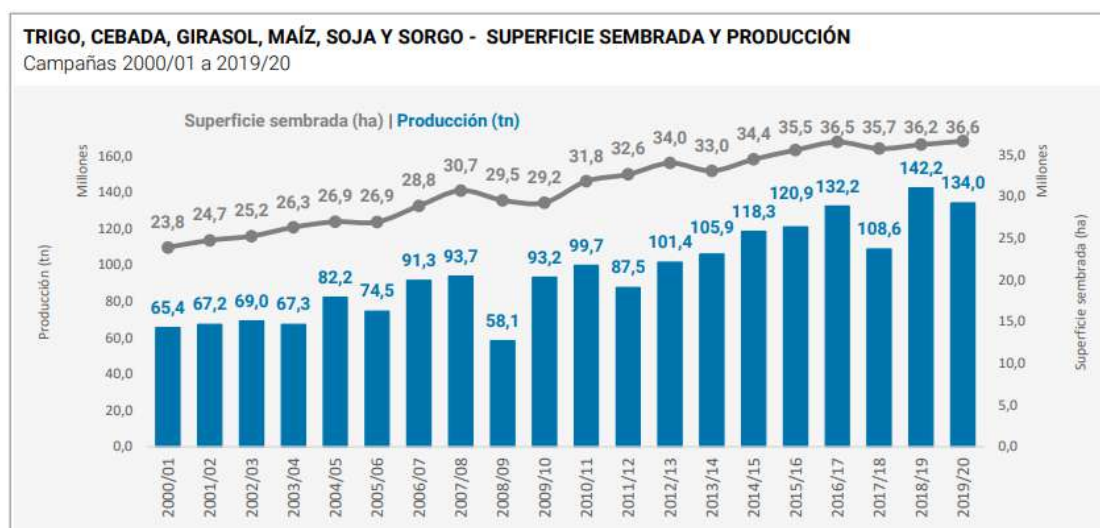


Figura 1-1: Evolución de superficie sembrada y producción en Argentina [29].

La soja continuó siendo el cultivo que mayor superficie ocupa: representó el 47% del total de área cultivada. Le siguió el maíz (con un 25% de participación), el trigo (18,6%) y en menor medida el girasol, la cebada y el sorgo.

La serie de datos anteriores, junto con la figura 1-1, denotan la creciente tendencia a la expansión de la agricultura en Argentina. Esta tendencia junto con la que refiere a la siembra directa dan los primeros pasos hacia la problemática de estudio.

1.1.1 Superficie tratada con siembra directa

En el afán de aumentar la tan necesaria productividad, en conjunto con el aumento de la demanda anteriormente explicada, resulta evidente notar que la única forma de saciarla es mediante el método de siembra directa o labranza cero.

La característica principal de esta forma de laboreo es que no se necesitan pasadas de maquinaria previas a la siembra, sino que la remoción de suelo, la siembra, fertilización, tapado y compactado, se realizan en una pasada única. El efecto de esto

es un ahorro de instrumental, de tiempo, de horas hombre y de insumos. Por otro lado también es beneficioso que el suelo no permanezca removido luego de la labranza cero o primaria, perdiendo así menos humedad y nutrientes. La tendencia es a la permanencia de rastrojos que preservan el suelo agrícola.

En muchas regiones agrícolas esta forma de laboreo evita la erosión del suelo y previene la aparición de organismos causantes de plagas, ya que se mantiene el equilibrio ecológico del suelo debido a que también se protegen los organismos que contrarrestan las enfermedades. El beneficio más importante de la siembra directa es la preservación de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, haciendo que los suelos adquieran más resiliencia.

Analizando desde el lado negativo, en la siembra directa el suelo se remueve menos y los equipos son cada vez de mayor porte y por lo tanto más pesados, siempre con el objetivo de aumentar la productividad económica. Esto implica una tendencia creciente y descontrolada de la compactación del suelo.

En las siguientes figuras se muestran el aumento de las hectáreas en siembra directa en general y por cultivos.

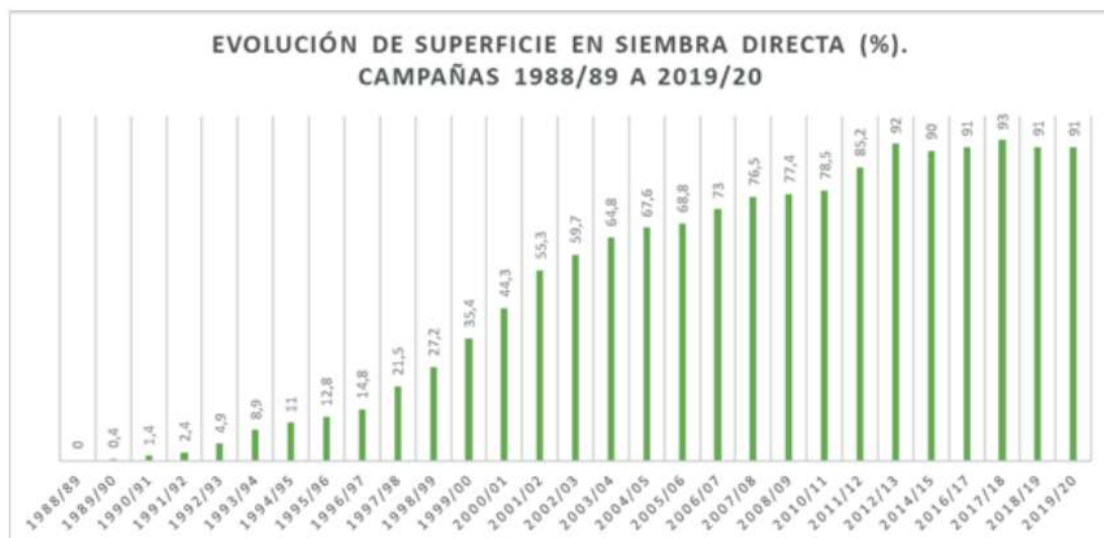


Figura 1-2: Evolución de superficie de siembra directa, en porcentaje [30].



Figura 1-3: Superficie en siembra directa por cultivo en Argentina, en hectáreas [30].

1.2 Cultivos más comunes en siembra directa

Desde el comienzo de la implementación de la siembra directa en Argentina hasta los años 2000, los cultivos comúnmente sembrados con este método eran soja, maíz, trigo y cebada, siendo el primero el único con una tendencia creciente. Sin embargo, luego de esta fecha comenzó a utilizarse para el sorgo y girasol. Época donde los avances tecnológicos, de la mano con los resultados vistos en la década anterior, eyectaron las inversiones en la siembra directa, lo que impactó fuertemente en la cantidad de hectáreas labradas a través de esta técnica.

1.3 Tipos de suelos

El importante incremento de la población mundial en los últimos años viene imponiendo un constante reto a la agricultura, exigiendo proporcionar un mayor número de alimentos, tanto en términos de cantidad, como de calidad.

Tener un conocimiento adecuado de las características del terreno que se va a cultivar es un punto clave para lograr cosechas sanas y productivas, y constituye por tanto una de las mayores preocupaciones que los agricultores tienen a la hora de adquirir o transformar un terreno en idóneo para sus cultivos.

Hay que tener en cuenta que no todos los tipos de suelo son adecuados para todos los cultivos, y que, dentro de los aptos, existen algunos que, por sus características físico-químicas, darán lugar a cosechas más abultadas y de mejor calidad que otros.

Una forma sencilla de clasificar los tipos de suelo sería atendiendo a sus características físicas y a sus características químicas. Un análisis químico de la tierra puede arrojar luz sobre algunos datos interesantes como pueden ser el pH, la cantidad

de materia orgánica o el contenido de determinados elementos químicos claves para el correcto funcionamiento fisiológico de los vegetales.

En cuanto a la clasificación física, normalmente se determina el porcentaje de cada uno de los 3 constituyentes principales del suelo, que son las arenas, los limos y las arcillas. De las cantidades relativas de los 3 dependen parámetros tan importantes como el drenaje, la capacidad de campo, la textura (muy importante a la hora de trabajarlo) o la capacidad para retener nutrientes. En este caso, los mejores suelos suelen ser los que se denominan francos, son aquellos que tienen aproximadamente un 40% de arena, un 40% de limo, y un 20% de arcilla. Así y todo, la mayoría de los suelos son aptos para la implementación de la siembra directa. Generalmente el factor más determinante es la capacidad de retener agua y nutrientes.

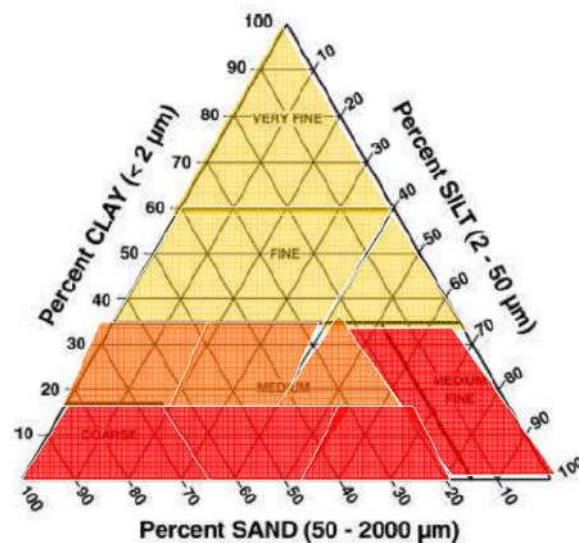


Figura 1-4: Triángulo de los componentes del suelo agrícola [2].

1.4 Compactación de suelo

Según Reeder (1996):

Puede decirse que un suelo se encuentra compactado cuando la proporción del volumen total de poros ocupados por el aire en relación al volumen total del suelo, es inadecuado para permitir el máximo crecimiento de los cultivos.

Otro punto de vista es el de Balbuena (2002):

El suelo agrícola está compactado cuando se ha roto el equilibrio entre las unidades estructurales, la estabilidad de las mismas, los poros, las grietas y las fisuras. Esa rotura del equilibrio en el perfil no permite asegurar un rápido drenaje, ni una adecuada aireación, ni tampoco un contenido de humedad suficiente para garantizar el crecimiento de los cultivos.

El problema se debe al tipo de agricultura, siendo esta la siembra directa, donde por un lado reducimos las labores en los terrenos (erosionando menos a los mismos y realizando menos pasadas de maquinarias), pero por otro lado solamente lo labramos

a pocos centímetros de la superficie, no llegando a romper las capas compactadas que se generan al pasar el tiempo en la subsuperficie.

A su vez, debido al imperativo incremento de la productividad, se suman las nuevas tendencias de mercado de fabricar sembradoras cada vez de mayor porte y con mayor capacidad de semillas, lo que lleva a que tengamos equipamientos cada vez más pesados, lo cual repercute en la compactación subsuperficial de los campos. Y por otro lado, la tendencia a monocultivo de soja, cuyo rastrojo deja al descubierto el suelo, favoreciendo la erosión, y también sus raíces son más débiles y poco radicales comparado con las gramíneas o el maíz, hay menos rupturas de capas compactadas por las raíces.

Estas capas compactadas en la superficie y subsuperficie se manifiestan como: una disminución del tamaño y número de macroporos, y un aumento, tanto en la densidad aparente como en la resistencia a la penetración. El efecto puede visualizarse en el crecimiento del cultivo o en propiedades del suelo como: conductividad, permeabilidad, difusión del agua y del aire. Las causas nombradas perjudican al crecimiento radicular de las plantas, por ende, afectan directamente al rinde del campo.

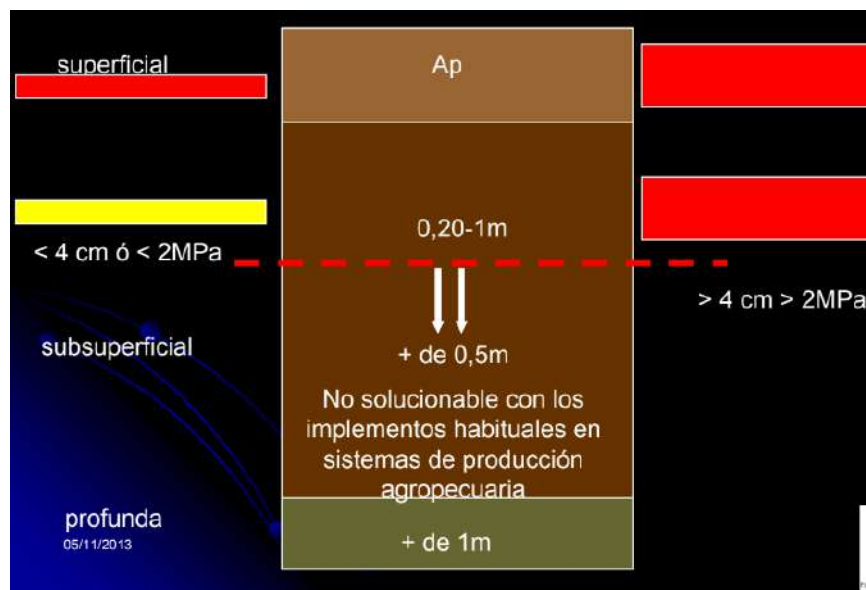


Figura 1-5: Capas del suelo agrícola y límite de profundidad de labrado [2].

Se define a la compactación superficial a la producida entre la superficie y los 20 cm de profundidad, siendo la subsuperficial la que comienza a esa profundidad y termina en 1 m. Entre los implementos utilizados en la labranza primaria para remover el suelo, el que más alcance en profundidad tiene es el subsolador, llegando a los 50 cm.

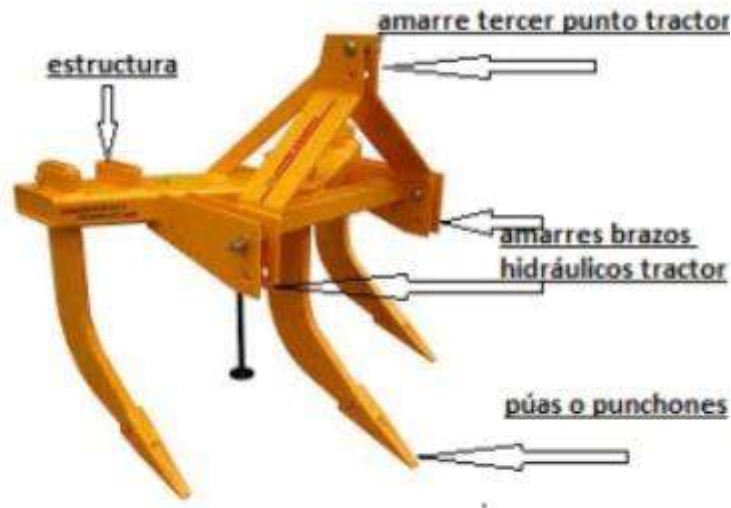


Figura 1-6: Imagen de subsolador y sus partes [31].

1.4.1 Prácticas implementadas en la actualidad

Actualmente las prácticas que comúnmente se realizan para evitar en alguna medida el problema de la compactación son, para la superficial, el uso de neumáticos radiales en vez de los convencionales, ya que los primeros logran una mayor deformación, agrandando así el área de pisada. En lo que respecta a la subsuperficial, lo normal es el uso del subsolador en toda la superficie a sembrar, esta actividad se realiza con la frecuencia que el agricultor considere apropiada, siendo normalmente realizado entre 5 y 8 años de plazo.

2 Marco teórico

2.1 ¿Por qué se necesita un suelo descompactado?

El foco de la problemática radica en que el excesivo peso por eje en la maquinaria agrícola genera perfiles de resistencia a la penetración como los observados en las figuras 2-1 y 2-2. El presente problema, se encuentra agravado por las tendencias hacia el aumento del porte de los implementos, nombrada anteriormente.

Este aumento de la compactación de suelo impacta de forma directa, tanto en el crecimiento de las raíces, como en la emergencia de las plántulas.

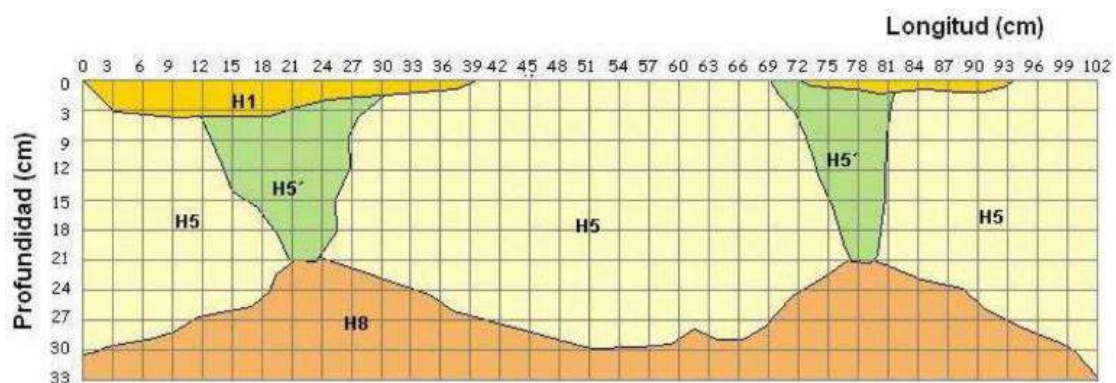


Figura 2-1: Esquema de aumento de índice de cono en zonas de pisado de maquinaria [2].



Figura 2-2: Esquema de aumento de índice de cono en zonas de pisado de maquinaria [2].

2.1.1 Efectos de la compactación sobre el desarrollo de raíces

La velocidad y disposición de crecimiento de las raíces se ve limitada por el aumento de la densidad del suelo, por una mayor resistencia del mismo a la penetración.

Según Martiren (2016):

Se sabe que una resistencia del suelo de 20 kg/cm² resulta crítica para el crecimiento de las raíces de los principales cultivos. Sin embargo desde el punto de vista de la extensión radical y el rendimiento de los cultivos, más que a la medida de la máxima presión que puede ejercerse sobre las raíces, debe prestarse atención a las mínimas resistencias ejercidas por el suelo, que son capaces de alterar el desarrollo radical y con ello el abastecimiento de agua y nutrientes.

La compactación del suelo, además de limitar el desarrollo y crecimiento de las raíces, provoca, en aquellas que penetraron, deformaciones, estrangulaciones, curvamientos u otras anomalías morfológicas que alteran el sistema de conducción desde las mismas hacia la parte aérea (tallas, hojas, granos).

Estudios realizados por Giardinieri et al, (2004) en soja (*Glycine max* L.) y maíz (*Zea mais* L.) señalan que la densidad de 1,5 Mg m⁻³ disminuye un 30% el peso seco de las raíces y densidades de 1,70 Mg m⁻³ afecta a la soja produciendo la curvatura de la raíz y una disminución de peso seco en raíces superior al 56%.

Taylor y Brar (1991):

Señalan que cambios en la densidad del suelo no afectan directamente el desarrollo de las raíces, pero producen un efecto indirecto por los cambios en la distribución estructural, porosidad total, resistencia del suelo, conductividad hidráulica, y que aún, si el desarrollo radical es alterado por estos cambios, el crecimiento de las plantas puede ser normal si estas son capaces de obtener suficiente cantidad de agua y nutrientes, aunque esto no es habitual.

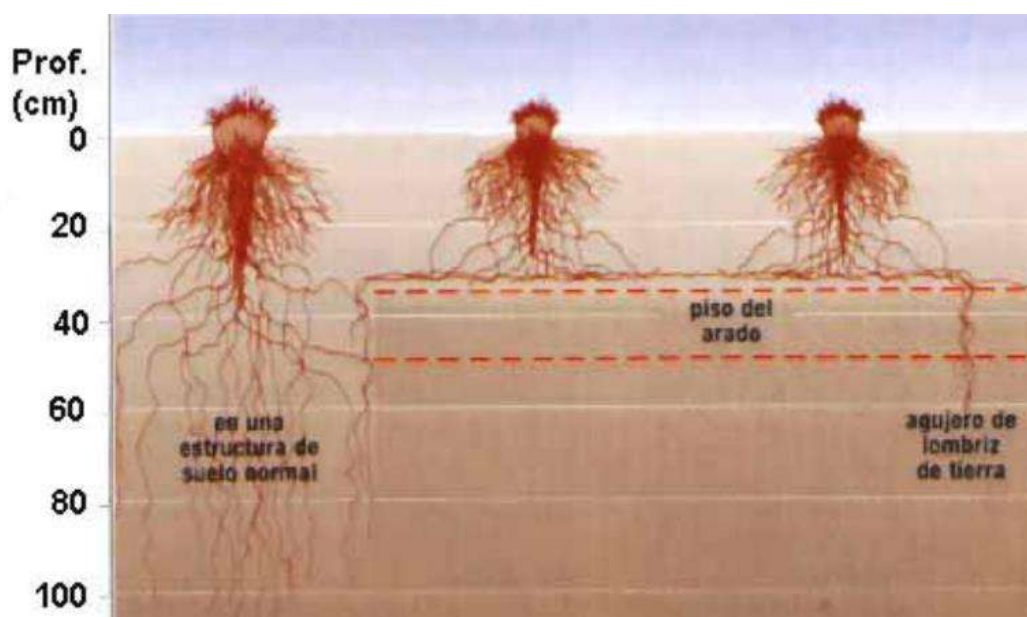


Figura 2-3: Dificultad de crecimiento de raíces con compactación subsuperficial [3].



Figura 2-4: Defecto de crecimiento en planos horizontales por excesiva resistencia a la penetración [1].



Figura 2-5: Defecto de cambio de sentido de raíces pronunciado por excesiva resistencia a la penetración [1].

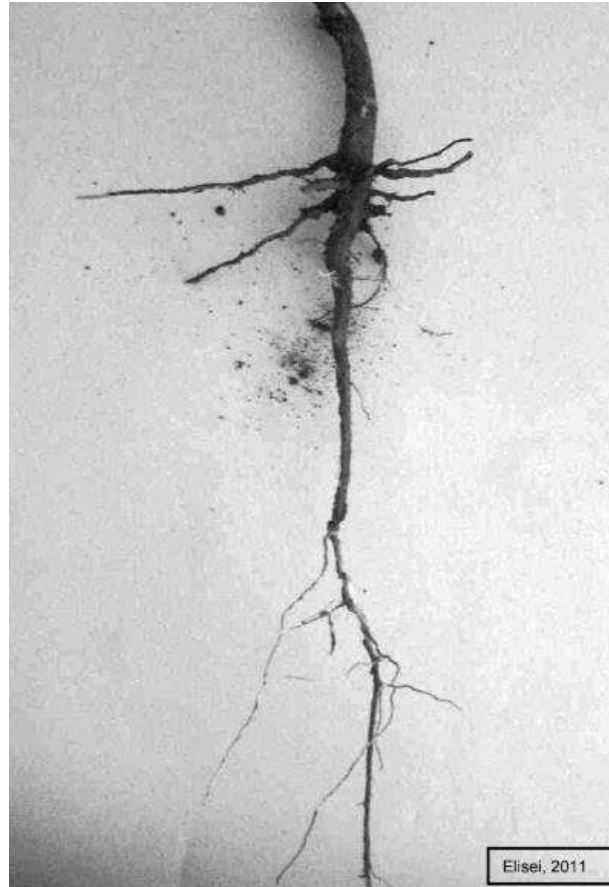


Figura 2-6: Efecto de la estructura laminar y pan de tráfico [1].



Figura 2-7: Defecto de engrosamiento y baja colonización por excesiva resistencia a la penetración [1].

2.1.2 Efectos de la compactación sobre la emergencia de plántulas

La emergencia de las plántulas es afectada por el grado de compactación o resistencia de la capa de suelo que se encuentra por encima de la semilla, provocando muchas veces reducción de los rendimientos por mermas significativas del stand de plantas a cosecha. En un ensayo realizado en la Universidad de Iowa (EE.UU.), se vió que el maíz sembrado sobre las huellas del tractor tuvo un 10% menos de emergencia y una reducción del 11% en el rendimiento, comparado con el sembrado en áreas no compactadas (Bragachini et al, 1993).

Raghavan et al, (1978):

Al estudiar el efecto de compactación en maíz (*Zea mais L.*) concluye que el material sembrado sobre las huellas del tractor tuvo un 10% menos de emergencia y una reducción del 15% en el rendimiento, comparado con el sembrado en áreas no compactadas y que hubo una disminución de 13 qq ha⁻¹ debido a la compactación causada por las cubiertas de las cosechadoras en un rendimiento promedio de 90 qq ha⁻¹.

2.2 Formas de medición de la compactación

La medición de la compactación de suelo es una práctica que se está tornando cada vez más usual, debido a la concientización de la gravedad del problema. Entre las campañas 2014/15 y 2019/20 el porcentaje pasó de un 10% a un 23% de adopción.

Esta práctica tiene varias utilidades: es la herramienta más eficiente para evaluar la fertilidad de los suelos y su capacidad productiva, determina la disponibilidad de los nutrientes, permite definir la capacidad de uso, brindando los datos para la planificación de cultivos y rotaciones.

Su estudio se llama penetrometría, y es la medición de la resistencia a la penetración vertical. Esta es la resistencia que el suelo ofrece al paso de un vástago de punta cónica que lo penetra en forma vertical u horizontal, el nombre de esta herramienta es el penetrómetro. Los datos se expresan en unidades de presión. Ej. Kpa, mpa, kg/cm².

Los datos de resistencia a la penetración vertical dependen entre otros factores de: humedad del suelo, densidad aparente, textura de suelo, ángulo del cono, superficie de la base del cono, velocidad de penetración. Según bibliografía el límite crítico es de 2 MPa.

Solamente cuando el índice de cono (otro nombre que adquiere la resistencia a la penetración) y la densidad aparente guardan la misma tendencia se puede hablar de compactación.

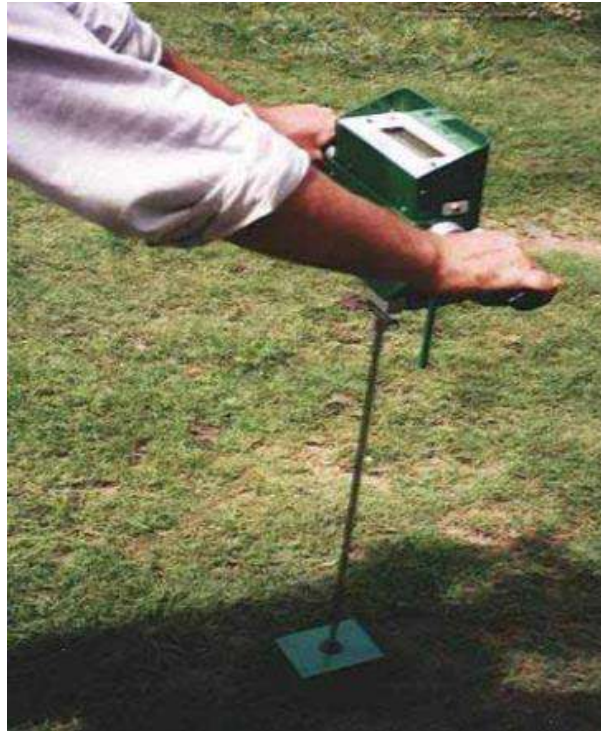


Figura 2-8: Penetrómetro [3].

2.2.1 Índice de cono

El pasaje de maquinaria sobre el suelo provoca varios efectos negativos, uno de ellos, es la compactación, definida como la resistencia que ofrece el suelo a ser penetrado por un objeto y representa una reducción en la cantidad y volumen ocupado por los poros.

La correlación con la densidad aparente se ve afectada por el tipo de suelo y la humedad. La variación del IC es mayor al de la densidad aparente a igual tránsito.

2.2.2 Densidad aparente

Se define como la masa de muchas partículas del material dividida por el volumen total que ocupan. El volumen total incluye el volumen de partículas, el volumen vacío entre partículas y el volumen de poro interno. Las unidades más usuales son el kg/m^3 , g/cm^3 , Mg/m^3 (preferido SI).

2.2.3 Porosidad

Una disminución de este parámetro disminuye la cantidad de aire y agua que puede retener el suelo, reduciendo su capacidad de infiltración, lo que impide el normal desarrollo de las raíces. Además dificulta la distribución de agua, aire y nutrientes. En estas condiciones la planta posee menos cantidad de raíces para explorar el suelo y poder extraer agua y nutrientes, reduciendo el rendimiento final. (Bragachini et al, 2005).

La compactación del suelo (densificación) reduce la macroporosidad, la cual consiste en los poros mayores a 60 micras. Otro efecto es que aumenta el escurrimiento superficial, por ende erosiona, y disminuye la infiltración y la aireación. Esto baja la eficiencia en la captación de recursos (Agua y Nutrientes), por lo tanto, aumenta la brecha entre el rendimiento potencial y el alcanzable en cada sitio y año.

Porosidad = $1 - \text{DBD}/\text{DSG}$

Donde:

DBD densidad aparente del suelo

DSG densidad de partículas (2,5 a 2,7 g/cm)

La importancia de este parámetro radica en que describe en forma directa la proporción de volumen en un determinado suelo para el crecimiento de las raíces y el normal equilibrio de agua y aire.

2.3 ¿Por qué se produce la compactación?

Dependiendo de si se trata de la compactación superficial o subsuperficial, estas tienen diferentes motivos disparadores. A continuación se enuncian algunos de estos.

2.3.1 Superficial

Los neumáticos agrícolas, producen deformación del suelo en la interfase rueda-suelo produciendo diferentes grados de compactación, donde los valores más altos se encuentran en la superficie de la huella y por debajo en el centro de la misma (Naderman, 1988; Jun et al. 1998).

Estudios realizados por el grupo PRECOP Cosecha en distintos puntos del país (Ferrari, H. et al 2009), demuestran que el tránsito de la cosechadora más el tractor-tolero con neumáticos diagonales, generan una superficie de huellas en el lote de aproximadamente un 40 % del cual un 70 % conlleva una compactación severa (mayor a 1,8 Mpa) impidiendo el normal desarrollo de los cultivos posteriores. Por otro lado, si la cosechadora no se encuentra equipada con sistemas de piloto automático, se genera una superposición de pasadas por subutilización del ancho del cabezal (tratando de evitar dejar sectores sin cosechar), que conducen a una reducción del ancho efectivo de trabajo de un 20 % generando de esta manera un aumento significativo en el nivel de huelleado y compactado del lote.

Por otro lado cabe destacar que del 40 % de la superficie huelleada, un 5 % es producto del tránsito del tractor con su tolva por lo que si en la Argentina se implementasen en mayor grado trabajos de cosecha con tránsito controlado, sin que el tractor acompañe a la cosechadora durante la descarga, se podría reducir éste efecto de compactación a prácticamente cero.

Es importante destacar que, los efectos de compactación de suelo provocado por el tránsito de la maquinaria de cosecha, pueden alcanzar acciones perjudiciales para el desarrollo de los cultivos de hasta 30 cm de profundidad lo cual lo hace muy difícil de

revertir o de alto costo mediante la utilización de los sistemas mecánicos disponibles en el mercado.

La compactación superficial es función de la presión en la zona de contacto rueda suelo. Smith & Dickson (1990). En la mayoría de las situaciones el suelo no soporta la presión sin producirse deformaciones permanentes (superación del límite elástico).

Las principales causas que inciden sobre la compactación superficial son la presión en el área de contacto, el ancho del neumático, el alto del neumático, la presión de inflado, la dureza de la carcasa, el número de pasadas, y el tipo y estado del suelo.

2.3.2 Subsuperficial

La compactación subsuperficial es la producida debajo de la profundidad usual de labranza (Kasper, 1994) y es función del peso del vehículo (Smith & Dickson, 1990).

La compactación subsuperficial tiene mayor persistencia, puede hacerse permanente y se relaciona con el peso por eje, el número de pasadas, y el tipo y estado de suelo. Jorajuría y Draghi (1996), Botta (1997).

2.4 Impacto de la compactación

En la práctica, es notable la relación entre la compactación del suelo y los rendimientos de los cultivos a la hora de la cosecha.

En base a los conceptos enunciados se deduce que los suelos compactados son menos productivos. Sin embargo la relación entre la compactación del suelo y los rendimientos no siempre es directa, debido a que interactúa una serie de factores, como tipo de suelo, agua, aire y nutrientes en forma conjunta en los diferentes estadios de crecimiento de la planta.

En general se estima que las pérdidas de rendimiento causadas por la compactación del suelo pueden superar el 10-20% (Bragachini et al, 1993).

Cultivo	Sin Huella	Huella	Diferencia	Diferencia
Trigo	3620 Kg	2607 Kg	1013 Kg	28 %
Soja	2592 Kg	1789 Kg	803 Kg	31 %
Maíz	11230 Kg	8913 Kg	2317 Kg	26 %

Tabla 2-1: Diferencia de rendimiento en superficies con y sin huellas [13].

A continuación se citan algunos estudios de interés que reflejan los diferentes impactos bajo pruebas, sobre las variables que denotan la compactación del suelo.

2.4.1 Estudio 1: Testigo vs. 9 Mg/eje vs. 18 Mg/eje

Este estudio consta de parcelas que fueron intencionalmente compactadas año tras año, y luego cosechadas en 1987, 1988 y 1989. El contenido de humedad del suelo en el momento de la compactación iba desde 22% hasta 29% en el rango de 0-50 cm de profundidad (Al-Adawi, 1995). Luego de cuatro años no se programó ninguna

compactación adicional y el subsolado comenzó como una posible medida de corrección. Un tercio (4 hileras) de cada parcela, fue subsolada luego de la cosecha en 1991. Esta misma subparcela fue subsolada nuevamente en 1993. Otro tercio de cada parcela fue subsolado por primera vez en 1993. Los rindes fueron medidos año tras año hasta 1995.

El efecto de la compactación anual (1987-1989) de cargas de 9 y 18 tn por eje y el subsolado para rotaciones de maíz y soja fue investigado en un suelo franco arenoso arcilloso (muy pobremente drenado) en Hoytville. El efecto en las propiedades físicas del suelo también fué examinado.

Las cargas de 9 y 18 tn redujeron los rendimientos significativamente entre 1992 y 1994, respectivamente. El subsolado generalmente mejoró los rendimientos de todos los tratamientos, incluido el control. Mensurados en 1995, el índice de cono del suelo, la densidad en seco y la porosidad total todavía fueron afectados por la compactación. El efecto de la carga de 18 tn fue a una profundidad mayor y a un mayor porcentaje, comparado con el efecto de la carga de 9 tn. Subsolar las parcelas compactadas removió el efecto de la compactación, y mejoró el control sustancialmente.

Wood (1993) midió los cambios en las propiedades físicas del suelo resultantes de múltiples pasadas de una sembradora de eje único de 15.2 tn, un año después de que esto suceda la permeabilidad del aire, la porosidad (de aire filtrado) y la densidad fueron analizados con el fin de determinar cómo respondió el suelo agrícola al tráfico de la sembradora con respecto a la labranza pre y post tráfico. El estudio mostró que: (a) sin pre tráfico de labranza, cuatro pasadas repetidas del carro disminuían la porosidad y permeabilidad a 50% en el rango de 20-40 cm de profundidad comparado con el efecto de una sola pasada de las ruedas; (b) con una pre pasada de cincel a una profundidad de 20 cm, la mayoría de la compactación de 10 a 20 cm ocurrió en la primer pasada; (c) cuatro pasadas repetidas tuvieron un mucho mejor efecto en las propiedades del suelo en parcelas que no recibieron labranza, a comparación de aquellas que fueron cinceladas con anterioridad.

La compactación causó la enorme reducción en el rinde de 1990, un año con buenos rindes en general. El tratamiento de 9 tn redujo el rinde de maíz en un 24% y de soja en un 22%. En cambio, el de 18 tn redujo al maíz en un 43% y a la soja en un 65%. En 1991, un año con bajos números, la compactación parece haber tenido efectos menores, especialmente en la soja (los porcentajes de reducción fueron de 8% y 9% para 9 tn y 18 tn, respectivamente). Se puede concluir que la compactación afecta más al crecimiento y desarrollo de las plantas cuando no hay otros factores limitantes, tales como el agua y nutrientes del suelo. De acuerdo a lo publicado (Bicki y Siemens, 1990; Schuler y Wood, 1992).

Tratando de emparejar el marco de tiempo de la investigación de subsolado, el período de 8 años fue dividido en dos segmentos: de 1988 a 1991 y de 1992 a 1995. La carga de 9 tn redujo el rinde de maíz en un 18% para 1988-1991 y 5% para 1992-1995. La carga de 18 tn redujo al maíz en un 39% para 1988-1991 y 13% para 1992-1995. Las pérdidas totales (1988 a 1991) causadas por las cargas de 9 tn fueron 5 y 8 tn/ha para maíz y soja, respectivamente. Las pérdidas de la carga de 18 tn fueron de 11.6 tn/ha para maíz y de 5.7 tn/ha para la soja. El tratamiento de 18 tn redujo los rindes

significativamente en 1994, 5 años después de la última compactación. La última reducción importante para la carga de 9 tn fue en 1992.

La carga de 9 tn incrementó significativamente el índice de cono hasta una profundidad de 40 cm, mientras que la de 18 tn la incrementó desde 20 cm hasta 50 cm (fig 2-9). A pesar de que en el rango de profundidad de 10 cm a 50 cm el aumento promedio de 16.8% para las parcelas de 9 tn, fue mayor que para las de 18 tn (7.1%), la carga de 18 tn causó un incremento mayor en el perfil 20-50 cm (14.6% vs. 4.8%).

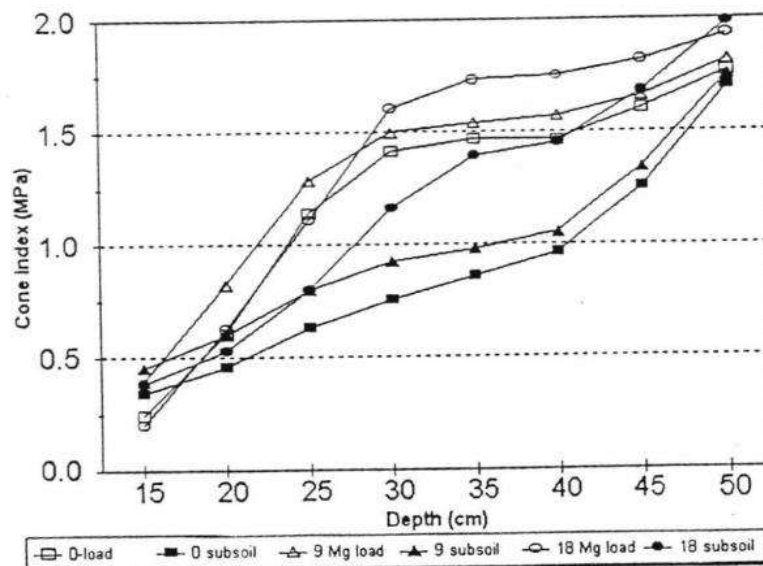


Figure 8—Effect of compaction and subsoiling on soil cone index.

Figura 2-9: Efecto de la compactación y subsolado en el IC del suelo [5].

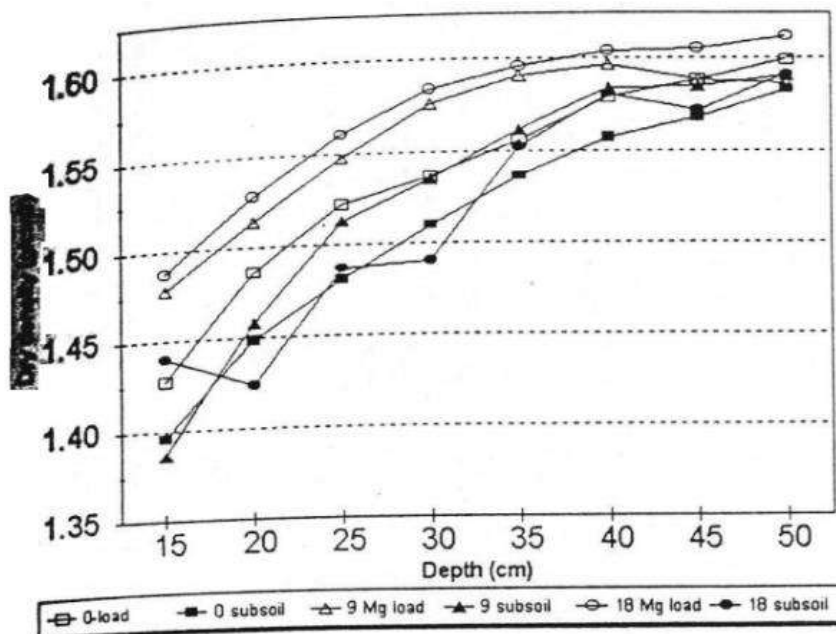


Figure 9—Effect of compaction and subsoiling on soil dry bulk density.

Figura 2-10: Efecto de la compactación y subsolado en la densidad aparente en seco del suelo [5].

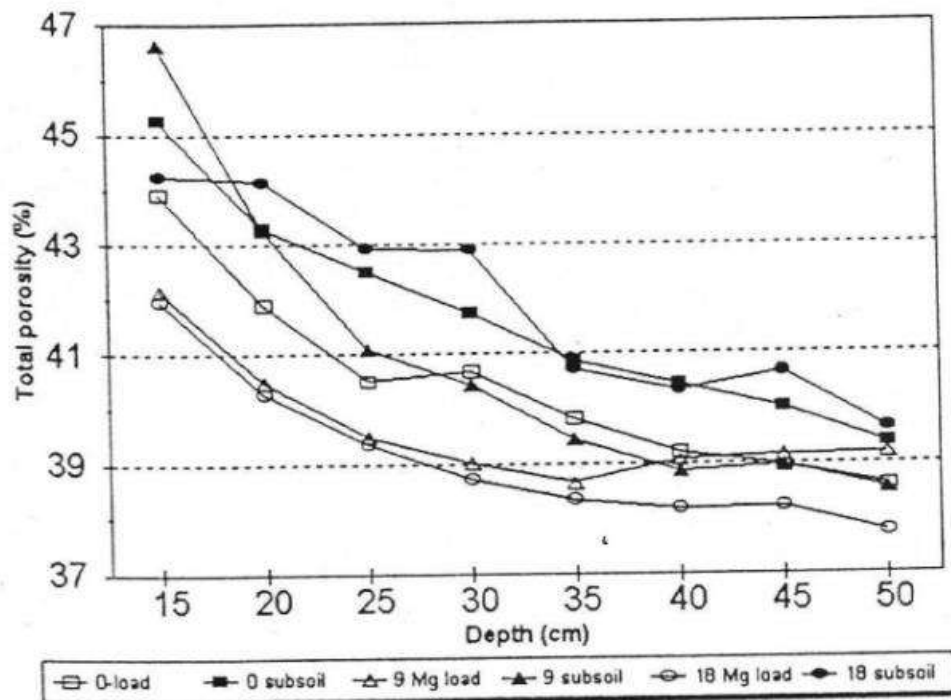


Figure 10—Effect of compaction and subsoiling on soil total porosity.

Figura 2-11: Efecto de la compactación y subsolado en la porosidad del suelo [5].

Basándonos en los resultados del experimento conducido en el suelo franco arcilloso limoso de Hoytville (pobrementemente drenado), se puede concluir lo siguiente:

La compactación anual (1987 a 1989) con una carga por eje de 9 tn redujo significativamente el rinde en la soja hasta 1991 y del maíz hasta 1992. Una carga de 18 tn redujo el rinde de ambos hasta 1994.

El rinde en la soja, basado en los porcentajes, se beneficia más del subsolado que el maíz.

El índice de cono del suelo, la densidad, la porosidad total y la humedad en 1995, todavía siguió siendo afectada por los tratamientos de compactación. La carga de 18 tn afectó a las propiedades físicas del suelo hasta una profundidad mayor y en mayores porcentajes que la de 9 tn.

Las propiedades físicas del suelo mejoraron menos luego de un doble subsolado (1991 y 1993) que en una sola vez (1993)

A la hora a la que las mediciones fueron tomadas, las propiedades físicas del suelo de las parcelas “compactadas y subsoladas” no fueron significativamente diferentes de aquellas de “control no subsoladas”.

2.4.2 Estudio 2: Siembra directa vs. Cincel vs. Reja y vertedera

Se utilizaron tres métodos de labranza o tratamientos, cuyas principales características se muestran en la Tabla 2-2. Doce parcelas de 100 m x 7 m (con 10 filas a 0,70 m) fueron asignadas aleatoriamente con cuatro repeticiones para cada tratamiento de labranza separadas a 20 metros una de otra como zonas de amortiguamiento o buffer y, así, evitar interacciones. La siembra y la cosecha se realizaron en las fechas comunes a la zona del ensayo.

Tratamientos de labranza	Descripción y secuencia	Número de pasadas/hectárea	Peso Total (kN)	Total Desplazamiento (km ha ⁻¹)
SD	Pulverizado (pre-siembra) y siembra directa	2	187	3.11
CN	Cincel de 11 arcos curvos rígidos - rastra de discos (600 N/disk, 30 disk - Rastra de dientes de 8 secciones y 2 pasadas de rolos destarronadores	5	60.4	7.1
AV	Arado de reja y vertedera - 2 pases de rastra de discos liviana en tandem con un cultivador de campo y 1 pasada de rastra de dientes-	4	94.4	10.98

Tabla 2-2: Parcelas de ensayo, en el centro de la imagen, parcela bajo siembra directa [34].

En el ensayo se utilizaron dos sembradoras diferentes (Tabla 2-3). El tratamiento bajo SD fue traficado con una pasada del tractor J. Deere 7515 y la sembradora 1, mientras que los tratamientos CN y AV, fueron traficados con una pasada del mismo tractor pero utilizando la sembradora 2.

Especificaciones	Super Walter Sembradora 1	John Deere 1700 Max Emerge Sembradora 2
Peso total cargada (kN)		
Ancho (mm) Número de unidades de siembra	69.6 7000 10 700	14.9 5600 8 700
Distancia entre filas (mm)	Plato semillero	Neumático 7.60 - 15
Sistema dosificador	400/60-15.5 122	91.6 Doble discos con 2
Neumáticos Presión de Contacto (kPa) Tren de siembra	Cuchilla turbo + 2 discos abresurcos	ruedas limitadoras de profundidad

Tabla 2-3: Características de las sembradoras [34].

La Figura 2-12 muestra el IC antes de la siembra (pre-siembra) y ofrece una clara indicación de la condición inicial del suelo en cada tratamiento.

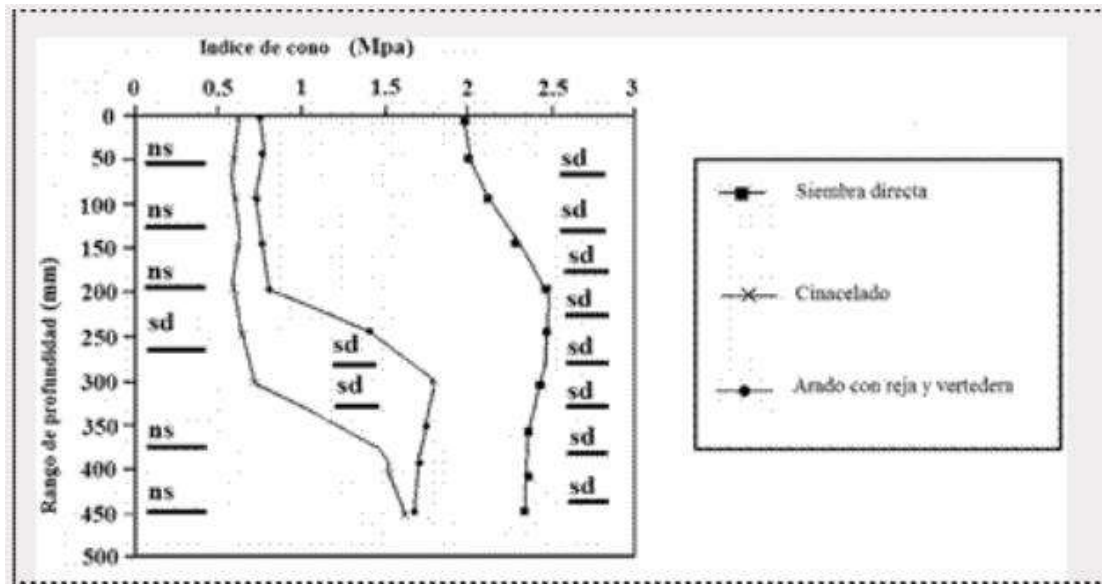


Figura 2-12: Valores de IC pre-siembra [34].

Conclusiones:

A pesar del menor número de pasadas del tratamiento bajo SD, los rendimientos de maíz fueron, de año en año, menores a los otros dos tratamientos.

El alto peso (187 kN) del equipo utilizado para el tratamiento de SD produjo compactación del subsuelo, que llevó a cambios en el sistema de la raíz del maíz, y estos cambios no significan beneficios para su rendimiento.

Los valores medidos de IC demostraron que la compactación del subsuelo persistió durante más de 3 años.

El rendimiento del maíz tuvo relación directa con la materia seca de raíz, la cual fue afectada por la compactación del suelo producida por el tráfico de los equipos utilizados.

2.4.3 Estudio 3: Efecto de numerosas pasadas

Se produce debido a la competencia por el agua del suelo entre el fertilizante y la semilla. Cuando se aplica el fertilizante en una ubicación muy cercana a la semilla o en contacto con esta, el fertilizante puede generar una elevada concentración de sales que afectarán negativamente a la germinación de plantas. Esto podría provocar daños en las plántulas, retrasos o fallos en la emergencia del cultivo.

El efecto de las diferentes intensidades de tráfico en las propiedades físicas del suelo y el rendimiento de la soja bajo el sistema de siembra directa fue comparado en la parte oeste de la región de La Pampa. Los tratamientos de la intensidad de tráfico fueron de 0, 60, 120 y 180 Mg.km.ha⁻¹, aplicados usando un tractor del mismo peso. Este es 2WD con una masa total de 4 Mg. Cuatro meses después, el rendimiento de la soja fué evaluado en las zonas de huellado del tractor y este decreció en un rango

de 9.8-38%. La reducción del rendimiento fue de 9.8, 22.6 y 38% para 60, 120 y 180 Mg.km.ha⁻¹, respectivamente. La medición de la resistencia a la penetración, la densidad aparente y la profundidad de alcance del suelo, dieron una indicación de la compactación del suelo debido al tráfico del tractor.

Las figuras 2-13 y 2-14 muestran que los valores de IC y densidad aparente para todos los tratamientos, incluido el testigo, son mayores que los valores de 1 y 1.2 MPa de IC recomendados por Narro Farias (1994) y Terminiello (2000) y que 1.05 Mg.m⁻³ recomendado por Raghavan y McKeys (1979), para evitar la reducción del rinde. A una profundidad de 450 mm, el valor de tasación, fué nuevamente mayor a 1.5 MPa límite, mencionado por Threadgill (1982) para evitar el retardo de crecimiento de raíces. El valor máximo fue de 1.8 MPa a una profundidad de 600 mm.

Estos altos valores de IC y densidad, indican sobrecompactación y pueden deberse a la combinación del tráfico de maquinaria, al contenido de humedad de suelo durante el tráfico y a la no labranza por muchos años debido a la siembra directa.

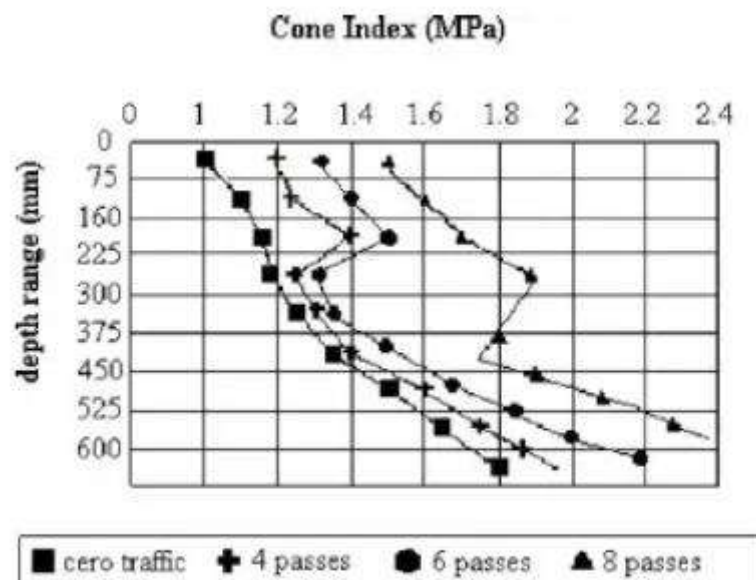


Fig. 2. The effect of traffic on cone index.

Figura 2-13: Efecto del tráfico en el índice de cono [33].

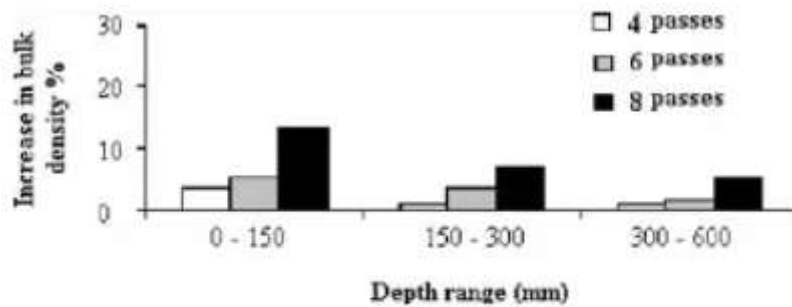


Fig. 3. Bulk density increases (%), with respect to the control plot, measured in three depth ranges (mm), for each treatment with four, six and eight passes.

Figura 2-14: La densidad incrementa (%), con respecto al testigo, medido en 3 rangos de profundidad (mm), para cada tratamiento con 4, 6 y 8 pasadas [33].

Conclusiones:

El sistema de siembra directa no es capaz de limitar la compactación de suelo mientras una intensidad moderada de tráfico es aplicada.

La repetición del tráfico en las mismas huellas, usando vehículos livianos, debajo de 3.5 Mg, produce reducción del rinde de soja y compactación de suelo

La intensidad de tráfico de 180 Mg.km.ha⁻¹, redujo el rinde en más de un 38%, 120 en un 22.6% y 60 en un 9.8%.

En el área estudiada, las prácticas agrícolas deberían, si es posible, ser evitadas cuando la humedad del suelo está cerca de los límites admisibles.

2.5 Valores óptimos buscados

2.5.1 Índice de cono

Está comprobado que valores de 1,5 MPa reducen, retrasan o retardan la velocidad de crecimiento radical, así como valores superiores a 2 - 2,5 MPa limitan o detienen el crecimiento radical de la mayoría de las especies vegetales.

Distintos estadios y procesos presentan diferentes límites.

Estadio	Resistencia a la penetración (MPa)
germinación	3
elongación de las raíces	2,3
elongación del coleoptile	1,7
emergencia del trigo	0,8

Tabla 2-4: Resistencia a la penetración límite para diferentes estadios del crecimiento de la planta [2].

2.5.2 Densidad aparente

Valores de densidad aparente de 1,46 Mg.m-3 constituyen el umbral crítico para el desarrollo radical de gramíneas. Daddow y Warrington (1984) establecieron que 1,65 Mg.m-3 es el umbral de crecimiento radical.

Textura del suelo	Densidad aparente Ideal (g/cm ³)	Densidad aparente limitante al crecimiento de las raíces (g/cm ³)
Franco arenosa	1,30-1,40	1,45-1,55
Limosa, franco limosa	1,10-1,20	1,25-1,40
Franco limosa, Franco arcillo limosa	1,00-1,30	1,35-1,40
Arcillo limosa, Franco arcillosa	1,00-1,10	1,25-1,50
Arcillosa	0,9-1,10	1,25-1,40

Tabla 2-5: Valores ideales y límites de la densidad aparente [1].

Luego del análisis de diferentes estudios, se determina que para lograr los valores planteados anteriormente, permitiendo así la correcta emergencia y crecimiento de las plantas, se requiere que el peso máximo por eje sea de 3 Mg. Este valor será el objetivo para la realización de este proyecto académico.

2.6 Influencia de valores externos

Las lluvias o disponibilidad de agua durante cada temporada de maduración, es considerada como la variable más influyente en el crecimiento de las plantas y rinde de cultivos.

Con el objetivo de ilustrarlo, se procede a comentar el efecto de las precipitaciones en el Estudio 1, donde se evaluó año por año el impacto de esta variable.

En general, 1988 fue un año seco y 1990 uno relativamente húmedo. La temporada de crecimiento de 1994 fue seca, pero lluvias espontáneas resultaron en altos rindes. La variabilidad del clima dió la oportunidad de examinar los efectos de la compactación y el subsolado en suelos con diferentes contenidos de humedad.

El rinde de maíz en 1988, 1991 y 1993 fue bajo (fig 4). En 1988, los rindes fueron bajos debido a las bajas precipitaciones anuales (466 mm), especialmente durante la temporada de crecimiento (208 mm). No hubo cosecha de maíz en 1989 porque el clima lluvioso en mayo y junio (244 mm) retrasó la siembra hasta el 26 de junio y el cultivo no llegó a madurar. Junio y julio de 1991 fueron secos (69 mm). En 1993 hubo mucha lluvia en junio (133 mm), pero agosto fue seco (26 mm), que redujo el rinde de maíz.

El rinde de soja fue bajo en 1988, 1989 y 1992. La sequía en 1988 y una primavera húmeda en 1989, que retrasó la siembra hasta el 28 de junio, afectaron el rinde de ambos años. Excesivas lluvias en julio de 1992, probablemente causó la merma en el rinde de ese año. Más allá del patrón de distribución de lluvias en 1993, que redujeron los rindes, la soja estuvo bien ese año.

La reducción en el rinde causada por la compactación, se redujo con el tiempo, tal vez debido a los procesos de congelamiento/descongelamiento y secado/mojado, o lo que es normalmente llamado recuperación natural. Excepto por el rinde de la soja en 1988, la carga de 9 tn redujo significativamente el rinde de maíz hasta 1991, mientras que la carga de 18 tn redujo ampliamente el rinde de ambos cultivos hasta 1994.

2.7 Tipos de cultivos

La solución a la compactación es casi igualmente beneficiosa para todos los tipos de cultivos convencionales, siendo algunos más susceptibles que otros, conllevando algunas dificultades extras a la hora del crecimiento y desarrollo de raíces.

2.8 Tipos de suelos

Si bien la actual problemática aplica para todos los tipos de suelos, en este proyecto optamos por abocarnos a la condición más desfavorable para la compactación de

suelo agrícola. Estamos hablando de la textura más fina existente, y esta es la arcilla. Posee las mayores exigencias y susceptibilidad ante el mal drenado de agua y la reducción de la macroporosidad.

3 Diagnóstico del problema

La compactación del suelo es causada por la alta intensidad del tráfico y la presión de los neumáticos sobre el suelo del tractor y se combina en la cosecha, especialmente cuando estas operaciones se llevan a cabo en suelo húmedo o con neumáticos de alta presión sobre el suelo. Según Kirkegaard (1990) el efecto de la dureza del suelo en la raíz daña el crecimiento de esta en la mayoría de las especies y reduce el crecimiento 50%, cuando el I_c se encuentra de 0.7 a 1.5 MPa y se limita completamente a valores mayores de 4 MPa.

El impacto de la compactación es doble, según donde se genera afecta de diferentes formas. Con respecto a la superficial, la emergencia es afectada por el grado de compactación o resistencia de la capa de suelo que se encuentra por encima de la semilla, provocando muchas veces reducción de los rendimientos por mermas significativas del stand de plantas a cosechar. Un ensayo realizado en la Universidad de Iowa (EE.UU.) el maíz sembrado sobre las huellas del tractor tuvo un 10% menos de emergencia y una reducción del 11% en el rendimiento, comparado con el sembrado en áreas no compactadas (Bragachini et al, 1993).

En cambio, con respecto a la subsuperficial, la velocidad de crecimiento de las raíces se ve limitada con el aumento de la densidad del suelo, por una mayor resistencia del mismo a la penetración.

Se asume que una resistencia del suelo, de 20 kg/cm² resulta crítico para el crecimiento de las raíces de los principales cultivos. Sin embargo desde el punto de vista de la extensión radical y el rendimiento de los cultivos, más que la medida de la máxima presión que puede ejercer las raíces, debe prestarse atención a las mínimas resistencias ejercidas por el suelo, que son capaces de alterar el desarrollo radical y con ello el abastecimiento de agua y nutrientes (Bragachini et al, 1993).

La compactación del suelo, además de limitar el desarrollo y crecimiento de las raíces, provoca, en aquellas que penetraron, deformaciones, estrangulaciones, curvamientos u otras anomalías morfológicas que alteran el sistema de conducción desde las mismas hacia la parte aérea (tallas, hojas, granos).

Estudios realizados por Giardinieri et al, (2004) en soja (*Glycine max* L.) y maíz (*Zea mais* L.) señalan que la densidad de 1,5 Mg m⁻³ disminuye un 30% el peso seco de las raíces y densidades de 1,70 Mg m⁻³ afecta a la soja produciendo la curvatura de la raíz y una disminución de peso seco en raíces superior al 56%.

Según un estudio realizado entre 1987 y 1995 en Hoytville, Ohio, la compactación causó la enorme reducción en el rinde de 1990, un año con buenos rindes en general. El tratamiento de 9 tn redujo el rinde de maíz en un 24% y de soja en un 22%. En cambio, el de 18 tn redujo al maíz en un 43% y a la soja en un 65%. (S. S. Al-Adawi y R. C. Reeder, 1996).

Se puede concluir que la compactación afecta más al crecimiento y desarrollo de las plantas cuando no hay otros factores limitantes, tales como el agua y nutrientes del suelo. De acuerdo a lo publicado (Bicki y Siemens, 1990; Schuler y Wood, 1992).

4 Descripción del aporte

En los apartados anteriores se pudo observar el efecto negativo que produce la compactación sobre el crecimiento radicular y la emergencia de la planta. Debido al imperativo incremento de la productividad, se suman las nuevas tendencias de mercado de fabricar sembradoras cada vez de mayor porte y con mayor capacidad de semillas, lo que lleva a que tengamos equipamientos cada vez más pesados, lo cual repercute en la compactación subsuperficial de los campos. Y por otro lado, la tendencia a monocultivo de soja, cuyo rastrojo deja al descubierto el suelo, favoreciendo la erosión, y como sus raíces son más débiles y poco radicales comparadas con las de las gramíneas o el maíz, hay menos rupturas de capas compactadas por las raíces.

Estas capas compactadas en la superficie y subsuperficie se manifiestan como: una disminución del tamaño y número de macroporos, y un aumento, tanto en la densidad aparente como en la resistencia a la penetración. El efecto puede visualizarse en el crecimiento del cultivo o en propiedades del suelo como: conductividad, permeabilidad, difusión del agua y del aire. Las causas nombradas perjudican al crecimiento radicular de las plantas, por ende, afectan directamente al rinde del campo.

Por todo lo mencionado, con esta propuesta se espera enriquecer el espectro de soluciones referido a la compactación superficial, pero principalmente en la subsuperficial, en la siembra directa de maíz y soja, otorgando una variante versátil, con capacidad de adaptarse a diferentes condiciones de siembra y aplicando nuevas tecnologías.

5 Variables y condiciones límites

5.1 Variables de influencia

- **Peso total del equipo**

Esta variable es primordial a la hora de afrontar la problemática de la compactación de suelo, ya que afecta directamente sobre la presión de contacto en el parche de contacto rodado-suelo, así como también en el peso por eje. Esto perjudica las condiciones de compactación superficial y subsuperficial, respectivamente.

- **Susceptibilidad a la compactación de suelo**

Se trata de la sensibilidad del suelo a ser compactado y una característica fundamental a tener en cuenta cuando se estudian diferentes regiones. Esta cualidad textural depende de la cantidad de arcilla, arena o limo que posea el suelo. Depende de la estabilidad de sus propiedades físicas, el estado de agregación de los terrones, el contenido de humedad y de la protección de subsuelo cuando se produce la carga.

- **Textura de suelo**

La textura del suelo se refiere a la cantidad y tamaño de las sustancias inorgánicas que posee: arena gruesa, arena media, arena fina, limo y arcilla. Esta característica de suelo junto con la susceptibilidad, humedad y otras, determina la respuesta que tendrá el suelo agrícola al estímulo de la compactación.

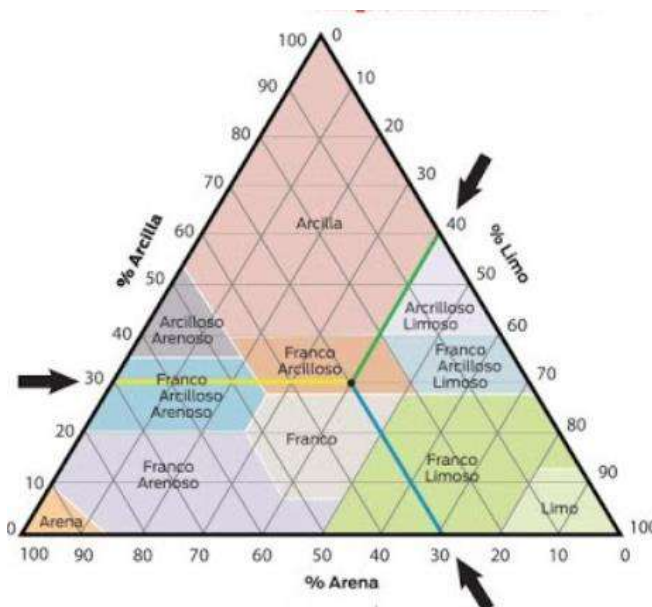


Figura 5-1: Diagrama de texturas de suelo [33].

- **Humedad de suelo**

Valor que determina la cantidad de agua en una cierta cantidad conocida de suelo. Puede expresarse como porcentaje, agua por peso o volumen.

- **Distribución de peso en la maquinaria**

Este parámetro afecta en la presión que se ejerce en los parches de contacto de los rodados, teniendo que proveer obligatoriamente a los trenes de siembra con la carga necesaria. Afecta directamente al peso por eje, impactando también en la compactación subsuperficial.

En la actualidad, casi la totalidad de las sembradoras poseen doble hilera de apoyos, alineados por eje, lo cual provee de una distribución de cargas más uniforme que la maquinaria antigua. Aunque el peso transmitido por las ruedas traseras es generalmente mayor.

- **Coincidencia de vía de rodado**

Concepto de tráfico controlado, donde se busca que solamente una parte del terreno se encuentre huellada. Se basa en hacer coincidir los rodados de los equipos agrícolas. Así como también, mediante el tráfico de precisión por GPS, también se puede lograr que, pasada tras pasada, se respeten las huellas y así lograr reducir los rindes por compactación en una porción de región lo más pequeña posible.

- **Porosidad**

Es el porcentaje del volumen del suelo que no se encuentra ocupado por sólidos. La importancia de este parámetro radica en la capacidad de crecimiento radicular, y no debe ser menor al 10%.

Los poros se pueden clasificar en microporos, mesoporos y macroporos. Los primeros almacenan agua de forma tal que no está disponible para la planta. Los segundos también participan en la capacidad de almacenaje pero de agua disponible para los cultivos, y los otros de mayor tamaño, los macroporos, hacen lo propio en el movimiento del agua, en la aireación y en la capacidad de enraizamiento. Los dos primeros son definidos por la textura, es decir la proporción de arena, limo y arcilla, la cual es una propiedad que difícilmente pueda ser modificada. Los macroporos están vinculados a la estructura, que es la forma en que se ordenan las partículas minerales y orgánicas y pueden verse muy afectada por las técnicas de manejo utilizadas. A nuestros fines nos importan los poros mayores a 60 micras (macroporosidad).



Figura 5-2: Porosidad de suelo y características [13].

- **Tipo de rodado**

Se puede tratar de neumáticos diagonales o radiales. Los rodados diagonales o convencionales tienen menor capacidad de deformación y por lo tanto menor parche de contacto (por lo tanto, mayor presión de contacto) que los radiales.

Los neumáticos diagonales, también llamados convencionales, poseen la carcasa compuesta por telas de nylon superpuestas y cruzadas unas en relación a las otras. Sus telas configuradas en forma diagonal le dan una estructura rígida con poca flexión que produce que no se pueda bajar las libras de inflado, generando que la presión de impacto de la cosechadora, tractor y tolva afecte directamente sobre la densificación del suelo.



Figura 5-3: Esquema de neumático convencional [14].

En el neumático radial, en cambio, las telas de la carcasa están dispuestas perpendiculares al plano de rodado y orientados en dirección al centro del neumático. En este tipo de neumático sus telas están dispuestas como su nombre lo indica en forma radial de talón a talón, lo cual le permite flexionar sin ningún problema. Esto hace que se pueda obtener un mejor contacto con el suelo, trabajando con menor presión de inflado y soportando mayor carga.



Figura 5-4: Esquema de neumático radial [14].

- **Velocidad de avance**

Refiere a la velocidad lineal del equipo de siembra. A mayor velocidad de avance, menor será el tiempo que la rueda permanece sobre la superficie de pisado, por lo tanto, menor será el volumen de tierra en el cual se percibe incremento de la densidad aparente. Esta menor variación en la densidad se plasma en una menor profundidad de las isobaras.

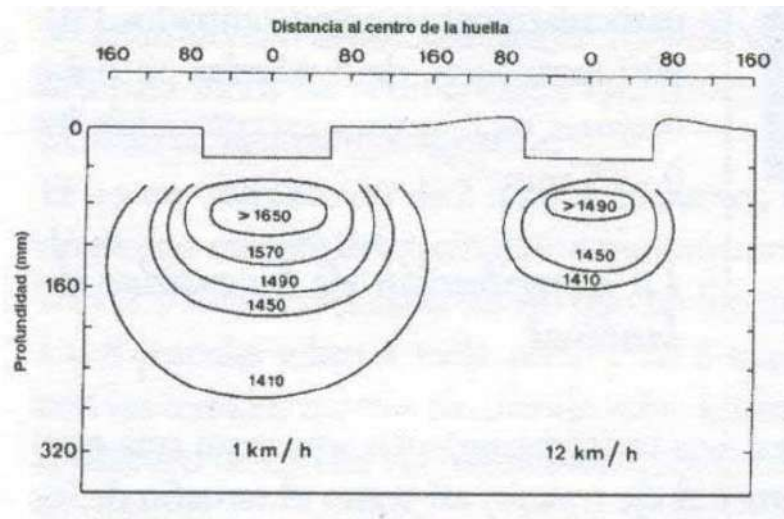


Figura 5-5: Efecto de la velocidad de avance en la distribución de densidad aparente en la región circundante a la huella del tractor [3].

- **Resistencia a la penetración**

Es el valor utilizado para medir la compactación de suelo. Se mensura mediante un penetrómetro. La compactación limita el crecimiento radicular y la cantidad de aire y agua de la que disponen las raíces.

Se crean dificultades a partir de 1,5 MPa, este valor de presión reduce, retrasa o retarda la velocidad de crecimiento radical. Valores superiores a 2 - 2,5 MPa limitan o detienen el crecimiento radical de la mayoría de las especies vegetales. Distintos estadios y procesos presentan diferentes límites.

Los diferentes límites de resistencia a la penetración son: 3 MPa para la etapa de germinación, 2,3 MPa para la elongación de raíces, 1,7 para la elongación de cleoptile y 0,8 para la emergencia del trigo.

- **Densidad aparente**

Al igual que la resistencia a la penetración o índice de cono, la densidad aparente en seco es una forma de evaluar la resistencia del suelo al crecimiento de las raíces. Valores de densidad aparente de 1,46 Mg.m-3 constituyen el umbral crítico para el desarrollo radical de gramíneas, siendo el umbral de 1,65 Mg/m3.

- **Rinde de cosecha**

Denota la cantidad en peso de granos obtenidos luego de la cosecha, por superficie de terreno. Se usa la unidad de qq/ha, donde un quintal (qq) equivale a 100 kg de granos.

En base a los conceptos enunciados se deduce que los suelos compactados son menos productivos. Sin embargo la relación entre la compactación del suelo y los rendimientos no siempre es directa, debido a que interactúa una serie de factores, como tipo de suelo, agua, aire y nutrientes en forma conjunta con los diferentes estadios de crecimiento de la planta.

A modo de ejemplo, un estudio realizado en maíz por la Universidad de Purdue (EE.UU.), demostró que sobre un rendimiento promedio de 90 qq/ha hubo una disminución de 13 qq/ha debido a la compactación producida por las cubiertas de la cosechadora de la campaña anterior.

- **Área de contacto**

Se trata de la superficie de contacto entre los elementos de apoyo del equipo y el suelo. Se encuentra directamente relacionada con la presión y deformación de las cubiertas y el estado de suelo, estos factores afectan en la presión de contacto, la cual se encuentra asociada a la compactación superficial.

- **Crecimiento radicular**

Se trata de la longitud y ramificación lograda por las raíces de la planta en los diferentes estadios de crecimiento, es uno de los más indirectos, pero también más importantes datos de estudio para esta investigación, ya que determina el crecimiento y la capacidad de absorber nutrientes del entorno de la planta. La compactación es el efecto más nocivo para el crecimiento radicular, como se muestra en el siguiente esquema.

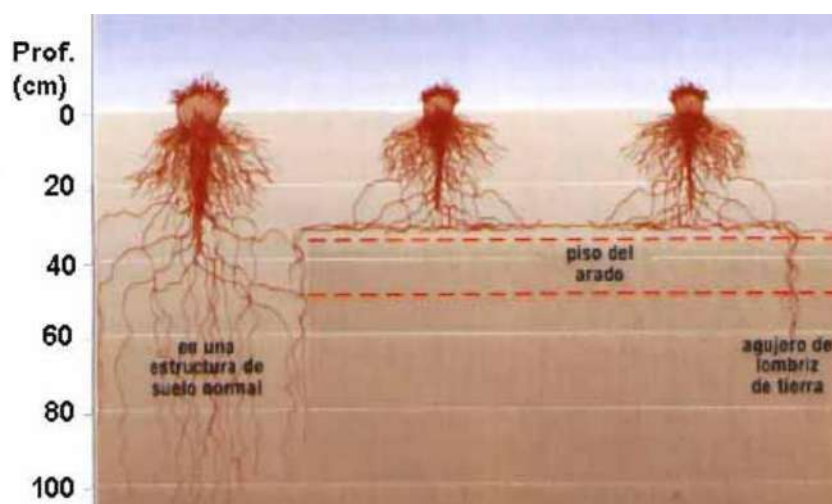


Figura 5-6: Esquema de crecimiento radicular vs compactación [3].

- **Presión de inflado**

Denota la presión del aire que se encuentra dentro de los neumáticos. La misma tiene incidencia sobre la compactación superficial. La presión óptima varía en función de la vulnerabilidad del suelo, produciendo diferentes valores de presión en el parche de contacto.

- **Número de pasadas**

Cantidad de veces que se circula por una misma porción del terreno del campo. Tiene influencia directa en la compactación, al igual que la masa del vehículo. Estudios indican que gran cantidad de pasadas con pesos de equipamiento medianos, pueden ser mas nocivos que escasas pasadas con pesos elevados.

- **Peso por eje**

Fuerza vertical referida al peso del equipo que se transmite a través de cada eje del mismo. Es el factor mas importante a combatir para evitar el problema de la compactación subsuperficial, ya que las condiciones de suelo, la mayoría de las veces, son factores externos dados que no se pueden modificar.

5.2 Condiciones límites

- **Humedad máxima de suelo**

Se debe trabajar en el rango de valores óptimos de humedad, ya que un exceso de esta torna al terreno muy sensible a la compactación. Caer en esta equivocación puede provocar un daño del suelo, provocando huellados excesivos.

- **Valores de presión máximos en parche de contacto**

Con el objetivo de evitar descuidar la compactación superficial, se debe prestar atención para no superar los valores máximos de presión de contacto estipulados por estudios previamente realizados por investigadores. Hay rangos de valores óptimos para cada tipo de suelo y su vulnerabilidad.

Vulnerabilidad	Máximo recomendado (lib/pulg ²)	
	Presión de contacto	Presión de inflado
Extremadamente alta	9,75	6
Muy alta	15	12
Moderada	22,5	18
Poco vulnerable	30	24

Tabla 5-1: Tabla de vulnerabilidad vs. Presión [2].

- **Suelo arcilloso**

Es el tipo de suelo con mayor susceptibilidad a la compactación y el que presenta el menor valor límite de densidad aparente necesaria para el crecimiento radicular. Esta característica se da debido a que la arcilla es el tipo de textura de suelo más fina. Nos colocamos en la peor condición posible para llevar al máximo el aprovechamiento del desarrollo.

Textura	Pre - compactación		
	baja	media	alta
Gruesa	Muy alta	alta	Media
Media < 18% arcilla	Muy alta	Alta	Media
Media > 18% arcilla	Alta	Media	Baja
Media fina < 18% arcilla	Muy alta	Alta	Media
Media fina > 18% arcilla	Alta	Media	Baja
Fina	Media	Baja	Baja
Muy fina	Media	Baja	baja
orgánica	Muy alta	Alta	

Tabla 5-2: Tabla textura de suelo vs. Pre-compactación [2].

- **Potencia tractiva**

En los mercados actuales existen tractores con potencia de hasta 768 HP (MeriCrusher MT-700), valor que no se puede superar. Tomando también un coeficiente de seguridad.

- **Normas de seguridad**

En el caso de nuevos diseños, obligatoriamente se debe respetar las normas IRAM (8076-0/01 y 8076-4/06) con el fin de garantizar la seguridad del operario en cada maniobra de trabajo.

6 Objetivos y propósitos

6.1 Objetivo general

- Desarrollar un sistema mecánico que permita reducir indirectamente la compactación subsuperficial que se produce a raíz de la maquinaria utilizada en siembra directa.

6.2 Objetivo específicos

- Disminuir la compactación a valores de densidad aparente entre 1,25-1,40 g/cm³. Valor referido al suelo arcillo, que limita el cómodo y correcto crecimiento de las raíces de la planta. Con respecto a la resistencia a la penetración, se busca llegar a un valor menor a 1,45 MPa sostenible a lo largo del tiempo.
- Aumentar la porosidad del suelo. Un suelo con buenas prácticas agrícolas debe poseer entre 12-13% de macroporosidad.
- Disminuir las pérdidas en el rinde. Se propone como objetivo reducirlas a valores inferiores al 10%. Siendo significativo este valor de cara a numerosos años de labores, sin la necesidad de utilizar implementos agrícolas para descompactar el subsuelo.
- Mantener valores de productividad (ha/h) actuales, demandados por el mercado. No se acepta lograr los objetivos propuestos a costa de tener tiempos muertos improductivos durante la jornada laboral. Se sabe que este valor depende de la capacidad de tolva, de la dosificación y del tipo de semilla. Por ejemplo, para el trigo, dosificando 140 kg de semilla por hectárea, con una capacidad de tolva de 9000 lt (donde caben 7 Tn de semilla), se logra sembrar una cantidad total de 50 ha.
- Lograr el peso mínimo para que los discos de siembra y microlabranza puedan penetrar y cortar el suelo. Esta fuerza se logra mediante la actuación de cilindros hidráulicos, no obstante, debe ser transmitida a partir del peso disponible por la sembradora. Se recomienda que la fuerza aplicada al tren de siembra sea un 30% mayor a la respuesta del suelo.
- Evitar pasar el subsolador/descompactador cada determinada cantidad de años. Si bien en la práctica la implementación del subsolador no se determina según los parámetros del suelo, si se posee el conocimiento de que esta se realiza cada una cierta cantidad de años determinada por el agricultor. Es de nuestro interés que esta labor deje de suceder.

6.3 Propósitos

- Disminuir la cantidad de área pisada por el equipo de siembra.
- Disminuir el peso por eje de la sembradora.
- Trabajar con agricultura 4.0 y sistema satelital.
- Modificar y cambiar los materiales y componentes de la sembradora.

- Aumentar el área de pisada con el objetivo de bajar la presión en el parche de contacto.
- Disminuir las pérdidas económicas por los diversos motivos que se dan.
- Facilitar el crecimiento radicular de la planta en la zona de profundidad mayor a 20 cm.
- Diseño de un sistema de reabastecimiento de la sembradora.
- Disminuir al mínimo los tiempos muertos de la jornada laboral.
- Lograr 0,6 kgf/cm² de presión de aire para el transporte de semilla.
- Lograr una capacidad de carga de 500 Kg/min.
- Dosificar al sistema de transporte neumático un caudal másico de semillas de 8,5 Kg/seg.
- Obtener una velocidad de transporte promedio entre 6 m/s y 10 m/s para asegurar la no presencia de acumulaciones de cereal y no dañar al mismo.
- Lograr módulos con tolvas para capacidad de 1 tn de semilla.

7 Solución a la problemática

En este capítulo se mostrará el recorrido efectuado para resolver la problemática en cuestión. Partiendo con consideraciones de contorno iniciales, generación de propuestas, análisis de propuestas y elección de la solución.

7.1 Consideraciones

7.1.1 Tipo de cultivo

La propuesta se orientará hacia los cultivos de maíz (cereal) y soja (oleaginosa), ya que los mismos son los que mayor impacto tienen en la producción agrícola argentina, abarcando un 54 % y 88 % de la producción nacional respectivamente.

7.1.2 Tipo de suelo

La solución propuesta del problema se acotará al suelo de tipo arcilloso, ya que esta textura resulta ser la mas susceptible a la compactación superficial, pero esto es aún mas notorio en las capas del subsuelo. Esta característica se debe a que es la mas refinada.

7.2 Propuestas

Los sistemas mostrados a continuación, se centraron en solucionar el problema desde diversos focos, siempre teniendo en vista que el objetivo principal es el de bajar la compactación del subsuelo agrícola de forma permanente pero dándole la relevancia necesaria a las demás premisas de diseño.

7.2.1 Tráfico controlado

Mediante un sistema de regulación de la distancia entre los rodados de la sembradora, se busca que coincida la pisada de la sembradora con la del tractor. El objetivo de esta propuesta es disminuir lo máximo posible el área de paso de la máquina agrícola.

Esta solución consiste en un cilindro con un agujero roscado unido al sistema de elevación y descenso de la rueda de apoyo (del mismo ancho que ésta), una rosca pasante apoyada en dos rodamientos (ambos con el mismo paso) y una corredera donde descansa el sistema de la rueda de apoyo. La rosca se encuentra unida a un eje con un volante a 90° (se utiliza un sistema de engranajes cónicos) que girando el mismo aumentamos o disminuimos la distancia. Este componente, a su vez, contiene una disco con agujeros que mediante bulones fijamos el movimiento de la rosca a otro disco que se encuentra fijo en el bastidor. El disco unido al volante tendrá una marca para poder contabilizar la cantidad de vueltas que se dan, para realizar las misma en la rueda contraria. Para esta solución se debe levantar la sembradora, en la misma las ruedas deben quedar en el aire.

Este sistema es uno por cada rueda de apoyo que tenga la sembradora y se debe considerar el largo de las mangueras teniendo en cuenta la distancia más lejana a la central hidráulica.

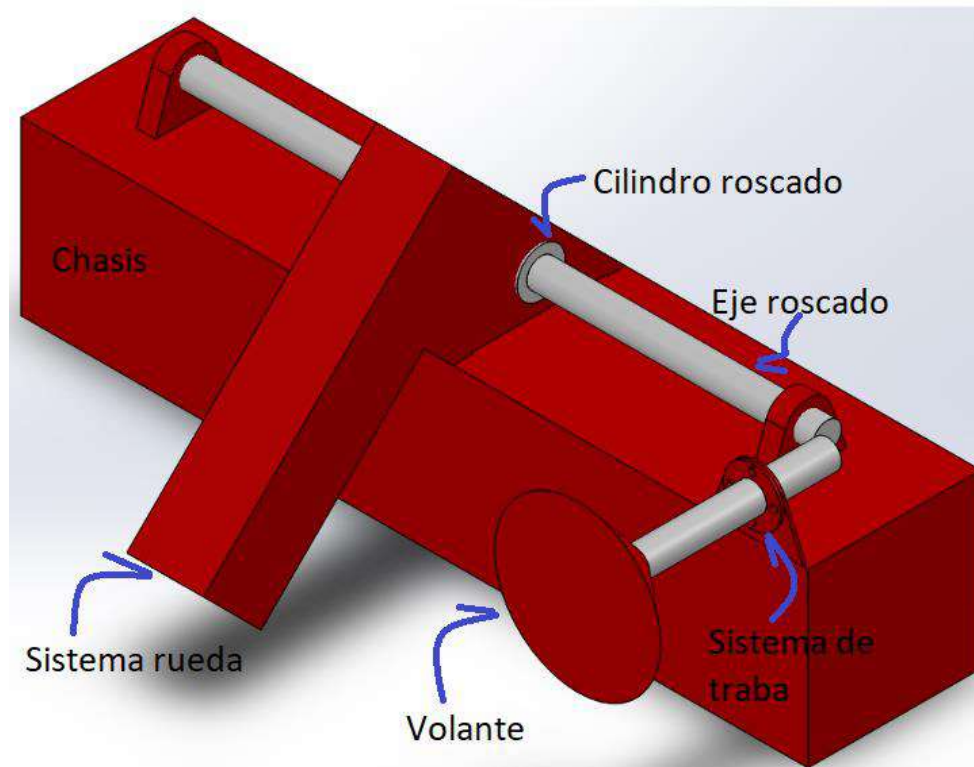


Figura 7-1: Mecanismo de cambio de trocha [FUENTE PROPIA].

7.2.2 Sistema de reabastecimiento en labor

Su propósito es el de disminuir la capacidad de la tolva y así el peso de la máquina, buscando que los tiempos muertos sean nulos o insignificantes. Consiste en un equipo alojado en la cabecera del campo que abastece a la máquina en un lapso de tiempo insignificante para la labor de siembra.

El equipo está formado por un soplador/turbina, que mediante la acción del aire transporta las semillas que se encuentran en una tolva/depósito a la tolva/s de la sembradora utilizando como elemento conductor mangueras. La unión es mediante un acople rápido a la sembradora y se precisará un operario que realice esta operación mientras el tractorista espera un lapso de tiempo despreciable a que se llene la tolva. Esta última deberá presentar un ciclón para que no se presurice la misma y a su vez para que las semillas caigan por gravedad sin salir eyectadas, lo cual puede dañar la integridad de las mismas.

Por otro lado, se trabajará con agricultura 4.0, con el objetivo de notificarle al tractorista cuando debe realizar el llenado de la tolva para que no se quede sin semillas en plano labor y aproveche a cargar cuando realice la maniobra en la cabecera.

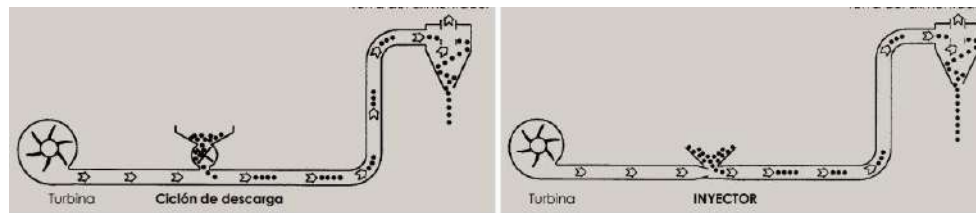


Figura 7-2: Esquema de sistema de transporte neumático de semilla [18].

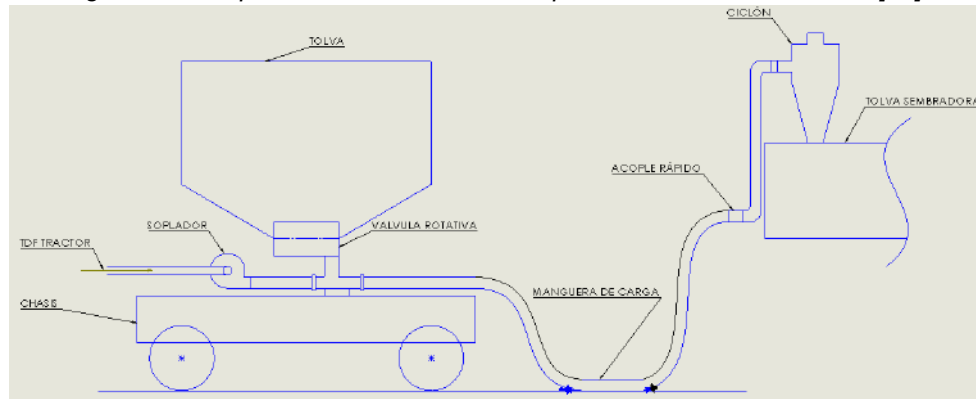


Figura 7-3: Esquema de mecanismo completo sistema de transporte neumático [FUENTE PROPIA].

7.2.3 Sembradoras autónomas sincronizadas de menor porte

Consiste en el uso de una mayor cantidad de sembradoras autónomas de menor porte sincronizadas, por ende, menor peso. La propuesta plantea el reemplazo de las grandes sembradoras por varias sembradoras de menor tamaño, que en el total sea equivalente la productividad o incluso la aumente (superficial y temporal).

El objetivo de esta solución es disminuir el peso de la sembradora, no solo por capacidad de semilla, sino también por disminución del ancho de cada sembradora, por ende, el peso por eje se reducirá, tanto como la presión en el área de contacto.

Por el lado de la productividad, la mantenemos teniendo la misma cantidad de semillas de acuerdo a la capacidad de la sembradora autónoma, donde también se podría aumentar este valor colocando una mayor cantidad de las mismas.

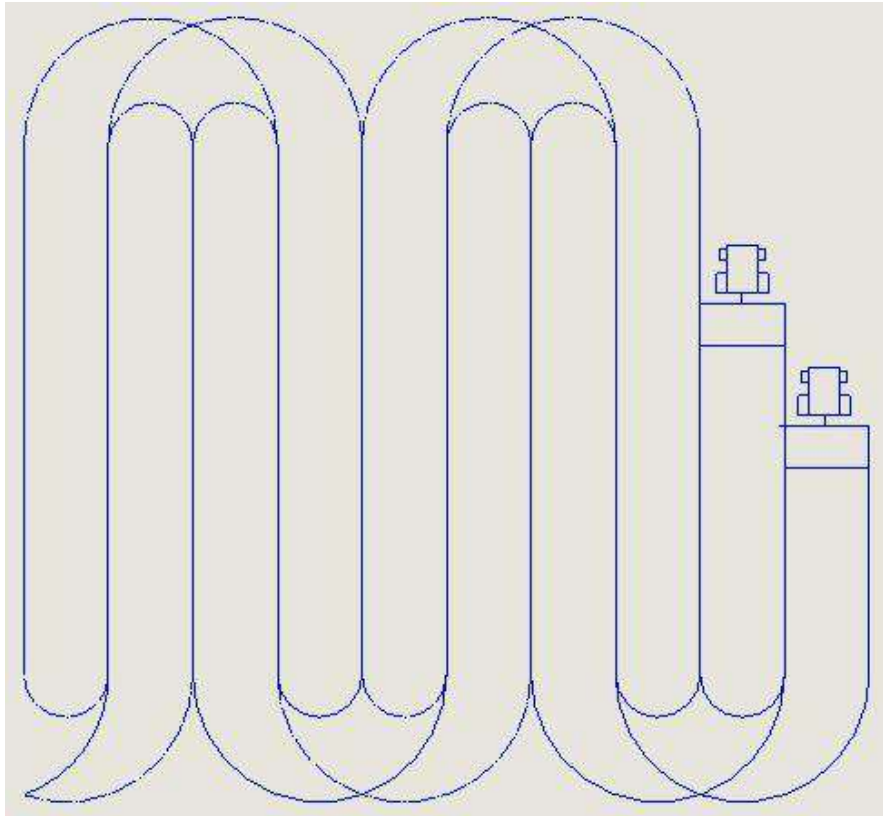


Figura 7-4: Paralelogramo "vertical" [FUENTE PROPIA].

7.2.4 Cambio de materiales

Se propone cambiar el material de los componentes de acero común de la sembradora a otros de menor densidad e iguales o mejores propiedades mecánicas.

Teniendo en cuenta que la resistencia aproximada de los siguientes aceros, los más comúnmente usados, son:

AISI/SAE 1010 — 330 MPa

AISI/SAE 1020 — 440 MPa

AISI/SAE 1045 — 650 MPa

Pudiendo ser reemplazados por los aceros modernos:

HSLA — 600 MPa

Dual Phase — 900 MPa

TRIP — 950 MPa

Con el objetivo de reducir el peso de la sembradora, la cual se encuentra construida casi íntegramente de acero al carbono, se plantea reemplazar los materiales de esta por aceros de ultra alta resistencia, así como se realizó en la industria automotriz.

Suponiendo que el valor promedio de resistencia del acero actual de la sembradora es de 450 MPa y nos trasladamos a valores de 700 MPa, se reduciría el peso de la

máquina en más de un 33%. Este cambio representa una reducción en el consumo de combustible y el peso necesario para el tren de siembra se mantendría por el peso de la semilla.

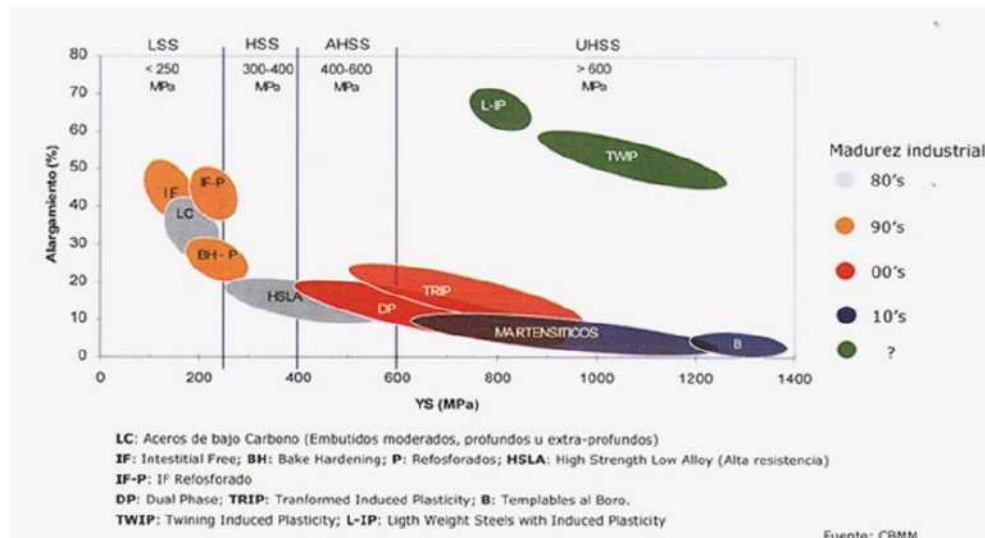


Figura 7-5: Resistencia de materiales modernos [32].

7.2.5 Redistribución de peso

Modificación de la distribución del peso en la máquina, de manera de no concentrar todo el peso de la sembradora en las ruedas de la misma.

Esta propuesta se puede llevar a cabo mediante el uso de un tándem de tolvas donde se depositen las semillas y reabastezca a la tolva principal.

En esta solución el objetivo es disminuir el peso de la tolva principal, por ende, el peso de la sembradora y así disminuir la presión del área de contacto. Mientras que la productividad, se mantendrá teniendo tolvas acopladas en la cola de la sembradora aplicando el mismo concepto, disminuir el peso por eje y la presión en el área de contacto.

Mediante un sistema de reabastecimiento, ya sea neumático o un sinfín elevador (chimango), se abastece con semillas a la tolva próxima, así hasta llegar a la tolva principal. Este reabastecimiento se realiza trabajando con agricultura 4.0, donde un indicador avisa que debe ser abastecida la tolva principal.

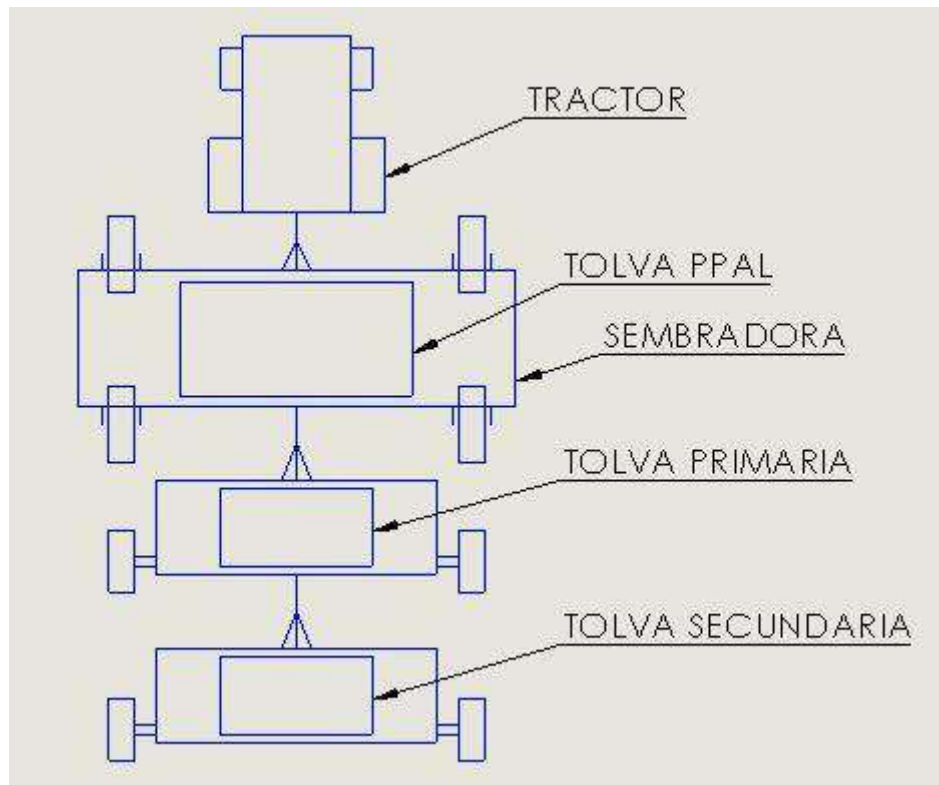


Figura 7-6: Esquema de propuesta 5 [FUENTE PROPIA].

7.2.6 Sistema de tolvas intercambiables

Se basa en un sistema de reemplazo de la tolva vacía por una llena durante la labor, donde estas sean de menor capacidad que las tolvas actuales del mercado, disminuyendo el peso de las sembradoras. Buscando que los tiempos muertos sean nulos o insignificantes. La idea consiste en tolvas modulares e intercambiables junto con un sistema de intercambio de las mismas que se encuentre alojado en las cabeceras.

El sistema de intercambio consta de un brazo hidráulico/robótico que toma la tolva vacía desde la sembradora frenada y la apoya en el suelo. Luego, toma la tolva nueva y sellada, que se encuentra en el implemento, y la coloca en la sembradora, donde esta presenta un sistema magnético a lo largo de la sembradora, que atrae una compuerta metálica. Este sistema de sellado se encuentra en la parte inferior de la tolva, y una vez abierto, las semillas comienzan a caer hacia los dosificadores para comenzar la labor de siembra de vuelta.

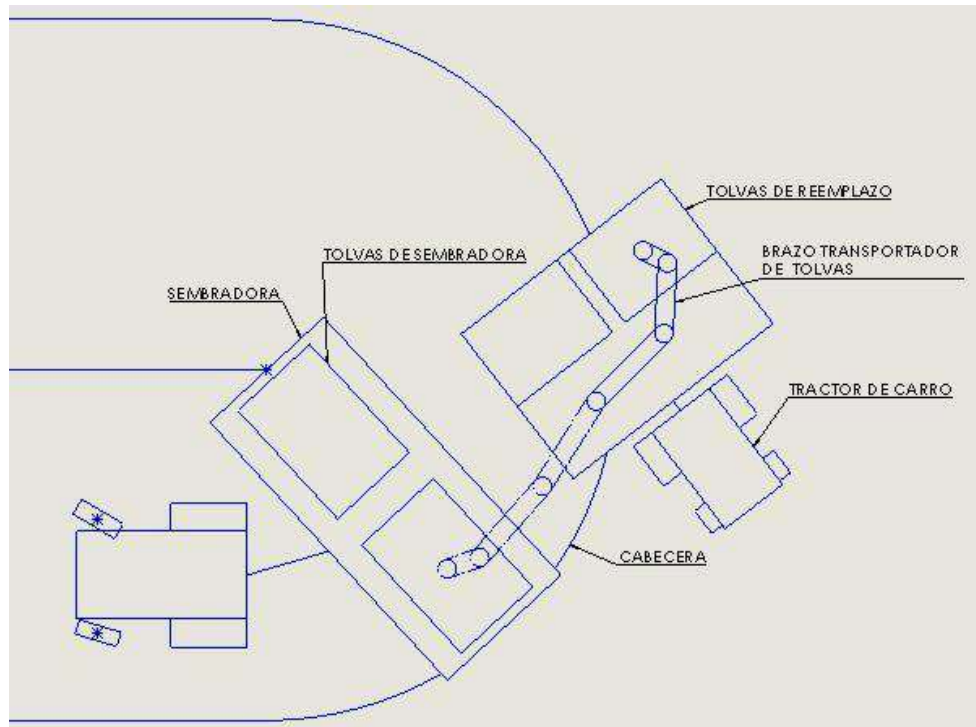


Figura 7-7: Esquema de sistema de intercambio de tolvas [FUENTE PROPIA].

7.3 Elección de la solución

7.3.1 Modo de evaluación de propuestas

En primer lugar, se identificaron las ventajas y desventajas de cada propuesta, plasmándose en la tabla comparativa correspondiente. (Ver tabla 7-1).

Además de esto, se utilizó la metodología de doble ponderación sobre una matriz de alternativas. Esta triple ponderación consiste, en primera instancia, en definir criterios, donde los mismos, se clasifican según su grado de importancia:

1- IMPORTANCIA BAJA; 2- IMPORTANCIA MEDIA; 3- IMPORTANCIA ALTA.

Luego, la segunda ponderación, consiste en evaluar el grado de cumplimiento de estas alternativas, otorgando el mayor puntaje hacia la propuesta más favorable:

1- BENEFICIO BAJO; 2-BENEFICIO MEDIO; 3-BENEFICIO ALTO.

Ver anexo A.

Se eligió entonces la propuesta N° 2 **“Sistema de reabastecimiento en labor”** basado en los siguientes aspectos:

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
TRÁFICO CONTROLADO	Adaptable a cualquier sembradora preexistente.	El beneficio es significativo solamente en sembradoras de un módulo.
REABASTECIMIENTO EN LABOR	No hay obligación de detener la labor, ya que no hay que detenerse para cargar la tolva principal.	Pisada de cabecera significativa.
	Adaptable a cualquier tipo de sembradora y tamaño.	Se suma un equipo extra en la labor de siembra.
	Disminución de peso, principalmente en Air Drill/Planter.	
	Permite ser utilizada en actuales sembradoras, solamente hay que modificar la tolva.	
SEMBRADORAS AUTÓNOMAS SINCRONIZADAS DE MENOR PORTE	Disminución de cabecera.	Aumenta la pisada en el campo.
	Disminución de peso.	Se necesita más cantidad de sembradoras para mantener los niveles productivos.
		Necesidad de un programa/sistema de sincronización de las sembradoras.
CAMBIO DE MATERIALES	Disminución de peso.	Precio extremadamente alto. Mala relación costo-beneficio.
		Requiere rediseño completo de sembradora.
REDISTRIBUCIÓN DE PESO	Reduce el peso por eje.	Aumento de la cabecera.
SISTEMA DE TOLVAS INTERCAMBIABLES	No hay obligación de detener la labor, ya que no hay que detenerse para cargar la tolva principal.	Se suma un equipo extra en la labor de siembra.
		Se necesita de un sofisticado brazo robótico para el intercambio de tolvas.

Tabla 7-1: Ventajas y desventajas de las propuestas de solución [FUENTE PROPIA].

7.3.2 Alternativas sobre soplado de semilla

En la propuesta seleccionada se tiene la necesidad de acelerar un caudal de semilla de 8,5 kg/s a una velocidad de entre 6 y 10 m/s para asegurar que no se

acumulen ni se dañen. Para esto se debe lograr un caudal de aire de 99 m³/s a una presión de 1,5 kgf/cm².

Para esto se evalúa entre la utilización de un soplador de lóbulos o centrífugo.

Debido a la exigencia de los datos presentados anteriormente, se opta por un soplador de lóbulos, el cual puede cumplimentar todos los requerimientos de flujo de aire.

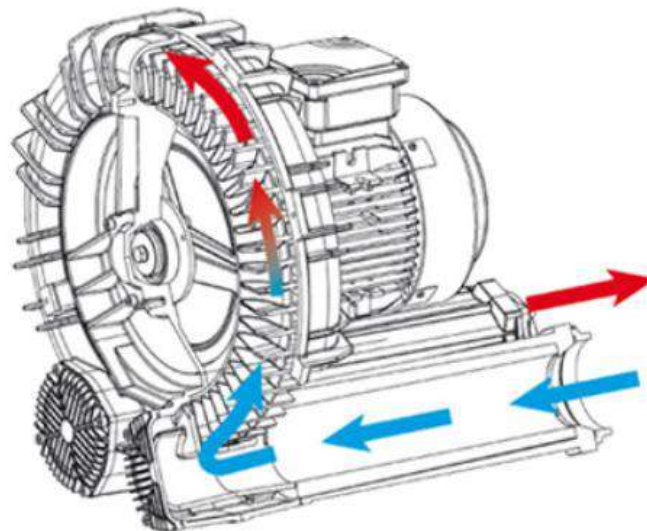


Figura 7-8: Esquema de soplador centrífugo [18].

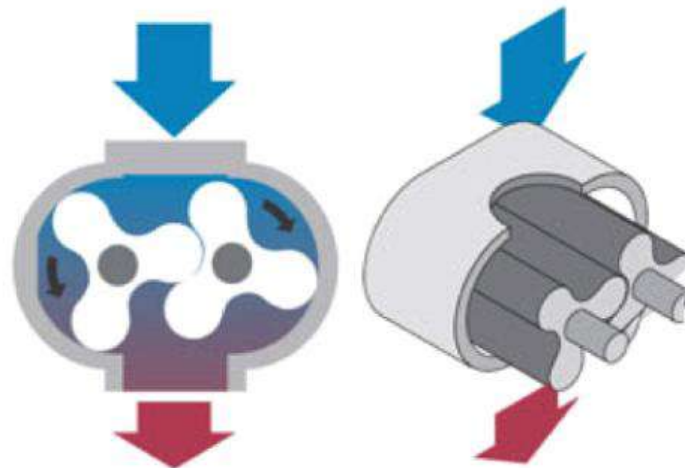


Figura 7-9: Esquema de soplador de lóbulos [18].

7.3.3 Alternativas sobre sistema de frenado de semilla

A la hora de elegir un sistema para amortiguar la semilla se selecciona entre 3 opciones. Estas son: un ciclón, un amortiguador de semilla o el diseño de despresurización AirDrill.

La decisión entre un componente y otro se basa en la fabricación y facilidad de diseño, donde en ambos puntos, el ciclón y el amortiguador de semillas tienen una mayor ventaja, ya que en nuestro proceso de llenado de tolva no precisamos un ciclón de

alta eficiencia donde realice una tarea rigurosa de separación de partículas y por propio diseño tampoco lo es el amortiguador de semillas, aquí solamente buscamos que las semillas que vienen siendo transportadas a presión se despresuricen, sin tampoco cobrar importancia la función de separación de polvillo. Es evidente que si separa el polvo será mejor, pero no es algo que se precise.

El ciclón y el amortiguador de semillas son de muy simple diseño y fácil fabricación, donde ambos se pueden realizar de chapa o plástico, pero por dimensiones, donde el ciclón presenta un diámetro de 300 mm y 800 mm de alto, mientras que el amortiguador es una continuación del caño y presenta un diámetro de 88,1 mm y 300 mm (como máx.) de largo.

En el amortiguador se generará un talud de semillas (ángulo de talud 29°) que hará de amortiguador al resto de las semillas haciendo que caigan por gravedad dentro de la tolva. Donde impactan las semillas se pondrá material AT-PU para evitar el desgaste de dicha cara. Dicho talud se generará rápidamente por el caudal de diseño del equipo.

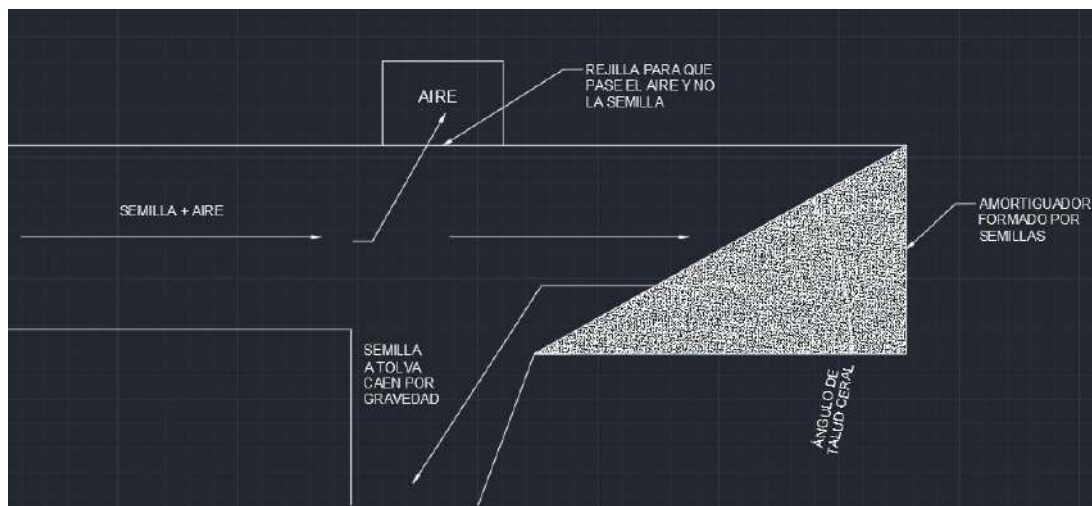


Figura 7-10: Esquema de amortiguador de semilla [FUENTE PROPIA].

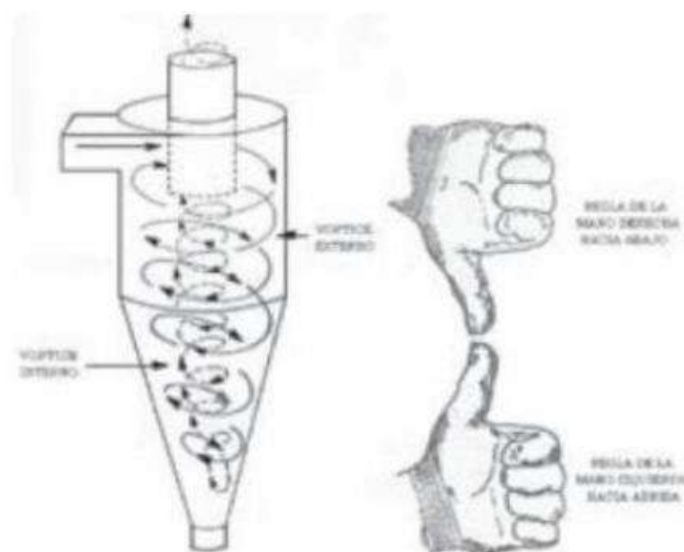
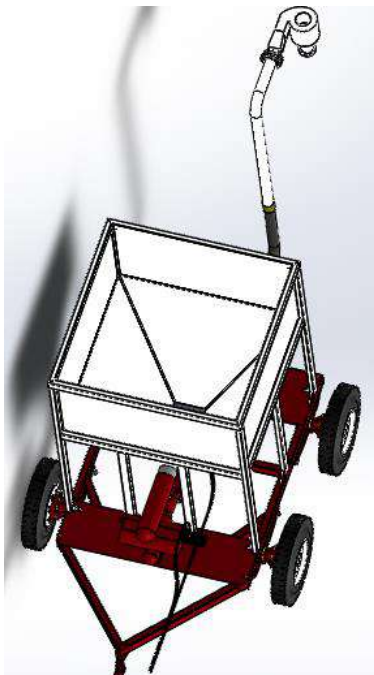


Figura 7-11: Esquema de funcionamiento de ciclón [4].

Pero a la hora de decidir con qué equipo, se escoge el ciclón ya que el diseño del mismo nos asegurará la correcta caída de la semilla sin generarse resuspensión de material. Ya que en el caso del amortiguador se puede generar un tapón de semillas en la caída hacia la tolva, mientras que en el ciclón sabemos que terminará cayendo la semilla.

7.4 Especificación de solución

FICHA TÉCNICA CARRO DE REABASTECIMIENTO		
Características		
Alto [mm]	3135	
Ancho [mm]	2850	
Largo [mm]	4010	
Peso total [kg]	6770	
Potencia necesaria para tiro [HP]	54,5	
Material de chasis	SAE 1010	
Control de carga		
Capacidad de tolva [m3]	5,19	
Capacidad de tolva [kg]	4000	
Sistema de transporte		
Capacidad de transporte de semilla [kg/min]	500	

Presión nominal manométrica [bar]	0,5
Caudal de aire [m3/min]	422
Velocidad de aire [m/s]	6-10
Potencia requerida [HP]	11,1
Impulsión hidráulica	
Salidas [u.]	2
Elemento impulsado	Válvula rotativa / Soplador
Presión [bar]	170 / 74
Caudal [lt/min]	10 / 69
Sistema de soporte	
Cantidad de ejes / ruedas [u.]	2 / 4
Peso por rueda [kg]	1692
Trocha [mm]	2750
Batalla [mm]	1700
Despeje [mm]	460
Rodado	10.00-16
Enganche	
Tipo	Lanza
Altura regulable	SI

3 puntos	NO
----------	----

Tabla 7-2: Especificaciones de la solución [FUENTE PROPIA].

7.5 Validación de solución

Para realizar la validación de la propuesta, se analizaron los pesos de todos los modelos de sembradoras comercializadas actualmente por Crucianelli S.A.

El estudio de peso consta de 3 (tres) etapas. La primera de estas consta de la investigación del peso y capacidad de tolva de cada uno de los 21 (veintiún) modelos, entre los cuales hay sembradoras de 1(un), 1(dos), 3(tres) módulos y la serie AirDrill. En la segunda se plantea una reducción razonable, con respecto a la autonomía, de la carga máxima a utilizar en la tolva. Por último, en la tercera, a raíz de la disminución de carga sugerida, se propone que, siguiendo esa tendencia, se podría reducir los pesos de los chasis de cara a un futuro.

Esta propuesta de rediseño se percibe ambiciosa pero factible en caso de que el mundo de la maquinaria agrícola tome una tendencia de esta índole.

No perdiendo de vista que el peso objetivo por eje a lograr es de 3,5 Tn, se muestra en la tabla adjuntada en el anexo B indica que esta meta se logra exitosamente en 20 de los 21 modelos.

8 Estudio de fuerzas

8.1 Fuerzas sobre tolva

Como el cereal no se comporta como un cuerpo rígido y el comportamiento del mismo se asimila más al de un fluido, decidimos realizar el estudio de fuerza considerando las presiones que ejerce el material a granel sobre las distintas paredes de la tolva.

En Argentina, no se presenta ninguna norma de diseños de tolvas, por ende, para calcular las presiones ejercidas sobre las paredes de tolva nos apoyamos en dos fuentes distintas ([24] y [25]), donde la diferencia entre ellas se presenta en cómo dimensionan el espesor de la chapa. Tener en cuenta, que ambas bibliografías se basan en la norma europea UNE-ENV 1991-94 Eurocódigo 1-parte 4 (marzo 1998) [26]. Las tablas de las mismas nos brinda información sobre el trigo, por lo tanto, se realizó el estudio con dicho material a granel.

Como se expresó con anterioridad, en Argentina no existe una norma de diseño de tolvas, por ende, nos apoyamos con ambas fuentes y a su vez, también le agregamos los efectos de que el implemento agrícola se encuentre con desperfectos en el terreno rural, donde aumentamos la acción del peso un 50% en forma horizontal y 200% en forma vertical.

Dimensionamiento de espesor		
ρ	770	kg/m ³
μ	0,3	
ϕ	16,699	°
K_s	0,55	
C_o	1,3	
C_b	1,2	
A_1	4	m ²
P_1	8	m
z	1	m
excentricidad de carga	0,3	m
σ_{fl}	900	MPa
FS	2	-
σ_{adm}	450	MPa

Tabla 8-1: Datos del estudio [FUENTE PROPIA].

Las dimensiones generales de la tolva son.

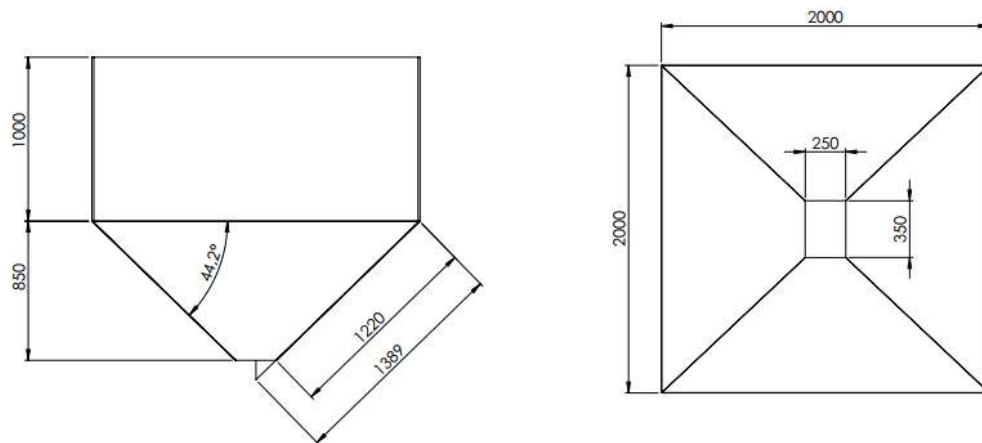


Figura 8-1: Dimensiones generales de la tolva [FUENTE PROPIA].

En el “Anexo C - Memoria de cálculos y análisis de Elementos Finitos”, sección C.1, se realiza una mayor descripción de los criterios para el dimensionamiento geométrico de la tolva.

El estudio de fuerza en la tolva se divide en dos, por un lado se estudia la parte prismática superior y por otro lado se estudia la parte piramidal inferior.

La distribución de fuerzas sobre la pared vertical es triangular tal como se presenta en la siguiente figura.

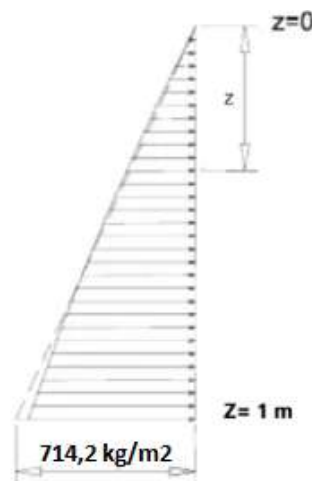


Figura 8-2: Distribución de fuerza sobre la pared vertical [24].

La presión que genera el material a granel en el punto más bajo de la pared vertical es de 541,1 kgf/m², mientras que cuando se la corrige debido a una excentricidad de carga a la hora de llenar la misma, obtenemos que la presión en dicho punto aumenta a **714,2 kgf/m²**.

Cálculo presiones llenado pared horizontal		
z0	3,03	m
Cz (z=1m)	0,281	
Phf (z=1m)	541,1	kgf/m2
β	1,6	
Phf por excentricidad	714,2	kgf/m2

Tabla 8-2: Resultados sobre la pared horizontal [FUENTE PROPIA].

La distribución de fuerza sobre la pared inclinada es del tipo trapezoidal, donde al siguiente se adjunta la misma.

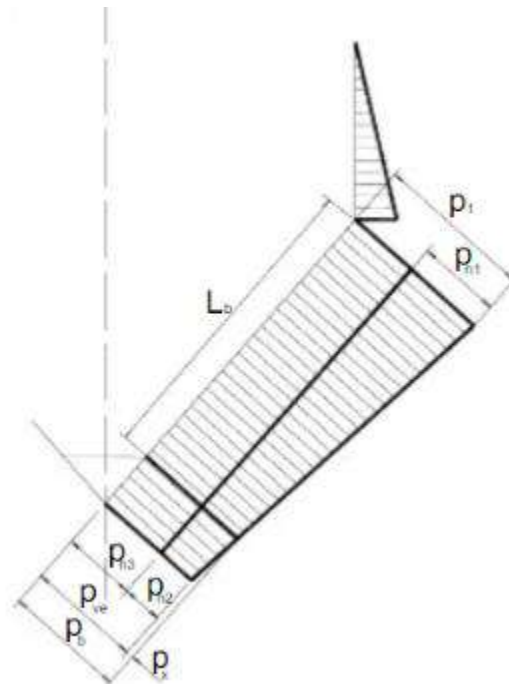


Figura 8-3: Distribución de fuerza sobre la pared vertical [24].

Las presiones generadas por el cereal sobre la pared inclinada son superiores a las que se generan sobre la pared horizontal. Donde en la transición entre la parte prismática y la parte piramidal se presenta una presión de **3850,143 kgf/m2** y en la boca de la tolva una presión de **3016,827 kgf/m2**.

Cálculo presiones llenado pared inclinada		
Pv0 (z=1m)	1967,534	kgf/m ²
Pn1	2171,154	kgf/m ²
Pn2	1221,72	kgf/m ²
Pn3	1678,989	kgf/m ²
Pt (presión en transición)	3850,143	kgf/m ²
Pve (presión vértice tolva)	2900,709	kgf/m ²
Lb (long. real a boca tolva)	1,22	m
Lve (long. imag. a vért. tolva)	1,39	m
Px	116,117823	kgf/m ²
Pb (presión en boca tolva)	3016,827	kgf/m ²

Tabla 8-3: Resultados sobre la pared inclinada [FUENTE PROPIA].

8.2 Base tolva

La estructura de la base de la tolva debe estar diseñada de manera tal que pueda soportar el peso del cereal, el peso de la propia tolva, las presiones generadas por el material y los imprevistos de los terrenos rurales (considerando los efectos del aumento de los pesos en dirección horizontal y vertical).

A continuación, se adjunta un diseño preliminar al cual comenzaremos a dimensionar y modificar en la medida que el diseño lo requiera.

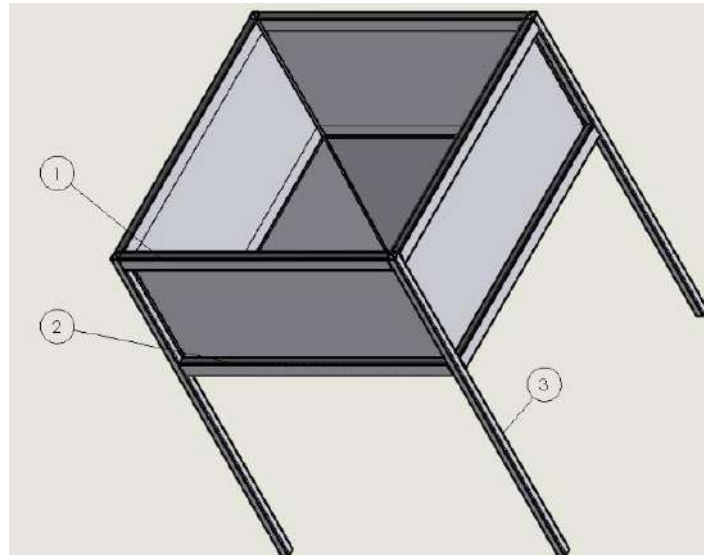


Figura 8-4: Diseño preliminar de la tolva [FUENTE PROPIA].

Tanto para la estructura (1) como las (2) utilizamos como cargas repartidas las reacciones obtenidas en los vínculos por considerar a la chapa como una viga simplemente apoyada. Mientras que el parante (3) tendrá la carga de las semillas, la tolva y los imprevistos del terreno agrícola.

En la estructura (1) la carga repartida de las reacciones son **119 kgf/m** para la presión de la chapa vertical y **1350 kgf/m** para el peso de las semillas y tolva, en la estructura

(2) de **476 kgf/m** para la presión de la chapa y **238 kgf/m** para el peso de las semillas y tolva. Mientras que el parante (3) debe soportar una fuerza de **14400 kgf**.

Todo esto se puede apreciar con mayor detalle en el “Anexo C - Memoria de cálculos y análisis de Elementos Finitos”, sección C.1 y C.2.

8.3 Fuerza sobre chasis

Las fuerzas actuantes sobre el chasis son las siguientes, son todas cargas descansando sobre la estructura del mismo. Los valores adjuntos a continuación son sin considerar el efecto provocado por circular en caminos rurales en mal estado.

CÁLCULO DE PESOS		
Tolva vacía c/base	800	kg
Semillas	4000	kg
Válvula rotativa	200	kg
Soplador	400	kg
Motor hidráulico	50	kg
Accesorios del sistema neumático	300	kg
Persona trabajando	100	kg
PESO TOTAL a soportar por el chasis	5850	kg

Tabla 8-4: Factores actuantes sobre el chasis [FUENTE PROPIA].

A continuación, se adjunta un diseño preliminar al cual comenzaremos a dimensionar y modificar en la medida que el diseño lo requiera.

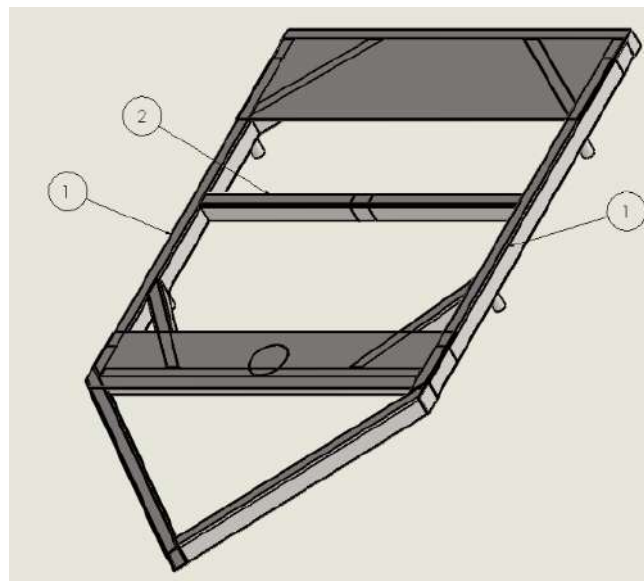


Figura 8-5: Diseño preliminar de la tolva [FUENTE PROPIA].

La acción ejercida por la tolva sobre el chasis la obtendremos de la simulación realizada en la tolva junto a su base. Donde en esta instancia si estamos considerando los efectos de un camino rural en mal estado.

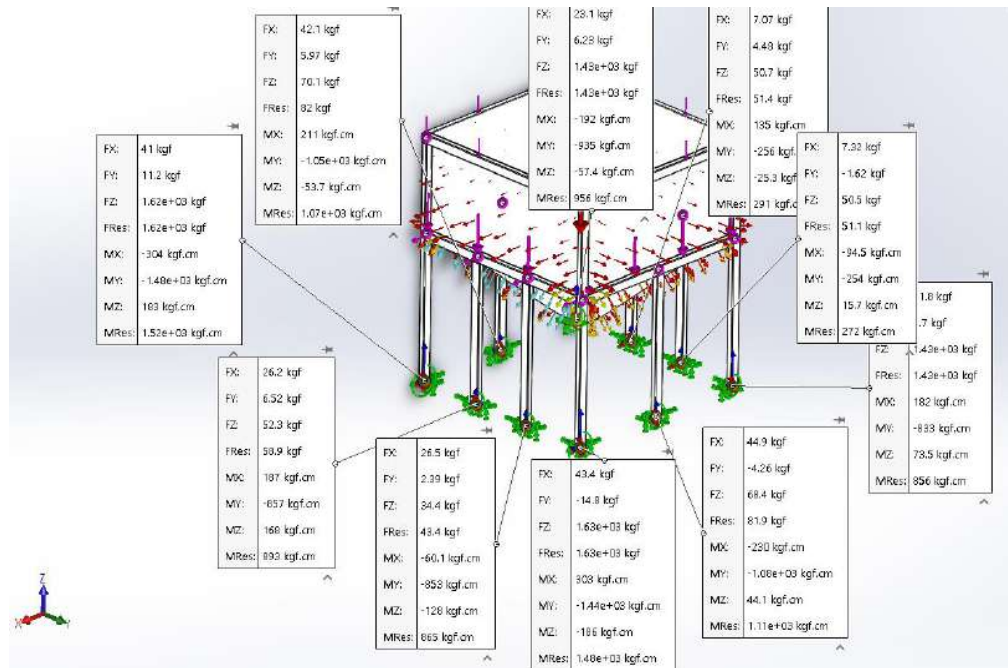


Figura 8-6: Fuerza resultante en las patas de la estructura de la tolva [FUENTE PROPIA].

Para mayores detalles dirigirse al “Anexo C - Memoria de cálculos y análisis de Elementos Finitos”, sección C.3.

8.4 Punta lanza

En la punta de lanza debemos considerar la fuerza de tiro más la acción provocada por circular en camino en mal estado. Esta fuerza es de 6100 kgf.

En la siguiente figura, se adjunta un dibujo esquemático de la unión abulonada.

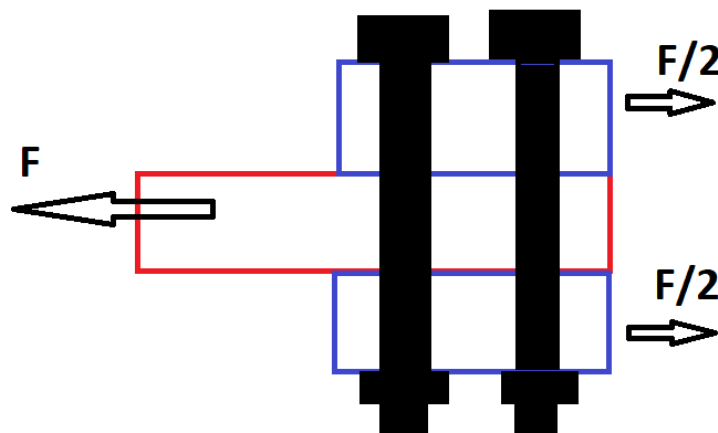


Figura 8-7: Representación esquemática de la distribución de fuerza en una unión abulonada [FUENTE PROPIA]

Los bulones deben ser capaces de soportar dicha fuerza sin fallar.

8.5 Transporte neumático

A partir de los siguientes datos del sistema neumático se calculan los parámetros a requerir a la hora de la impulsión de la mezcla aire-semilla. Cabe aclarar que los diámetros de los tubos se seleccionan a partir de selecciones estandarizadas en las prácticas de transporte neumático para valores de nuestro sistema.

DATOS				
Capacidad de transp. en peso	30	ton/h	30000	kg/h
Peso especif. aparente reposo	770	kg/m ³		
Diámetro externo cañería	113,5	mm		
Diámetro interno cañería	101,6	mm	0,1016	m
Velocidad del fluido	10	m/seg	600	m/min
Ciclón de alta eficiencia	NO			
Equipo de filtrado	NO			
Longitud total	20	m		
Altura total	2	m		
Cantidad de curvas	6	Un		
Pe. mez.	91,704	kg/m ³		
Densidad ρ	1,2	kg/m ³		
Gravedad g	9,8	m/seg ²		
F1	2,5			
F2	0,015			
F3	0,5			

Tabla 8-5: Datos de transporte neumático [FUENTE PROPIA].

$$\text{Capacidad de transporte en volumen} = \frac{\text{Capacidad de transporte en peso}}{\text{Peso específico aparente}}$$

La capacidad mínima de la válvula rotativa se calcula para 21 RPM y 60%

$$\text{Capacidad mínima de válvula} = \text{Capacidad transp volumen} \cdot \frac{\% \text{llenado}}{\text{RPM}}$$

$$\text{Caudal de aire} = \frac{\pi \cdot D_{int}^2 \cdot V_{fluido}}{4}$$

$$\text{Concentraci3n} \frac{\text{sólido}}{\text{aire}} \text{ en peso} = \text{Capacidad de trasnport} * \frac{1000}{\text{Caudal de aire}}$$

$$P = \text{Peso mezc.} \times \left(\frac{V^2}{2 \cdot g} \left(F1 + L \cdot \frac{F2}{D_{int}} + F3 \cdot N \right) + H \right)$$

$$\text{Caudal para seleccion} = \frac{\text{Caudal de aire}}{\rho}$$

$$\text{Tipo de transporte} = \frac{\text{Capacidad de transporte}}{\text{Caudal de aire} \cdot \rho}$$

A través de las formulas enunciadas anteriormente, se llega a los resultados:

CÁLCULOS				
Capacidad de transp. en volumen	39,0	m3/h		
Capac. mínima válvula: 21 rpm : llenado 60%	51,5	dm3xrev		
Caudal de aire	4,9	m3/min	292	m3/h
Concentraci3n sólido/aire en peso	102,7	kg/m3		
Concentraci3n sólido/aire en volum.	0,133	m3/m3		
RESULTADOS FINALES				
DP	4.138	mm H ² O		
CICLON	0	mm H ² O		
FILTRO	0	mm H ² O		
PRES. TOTAL	4.138	mm H ² O	406	mbar
Caudal para selecci3n	350	m3/h	5,837	m3/min
Tipo de transporte	86	-	Fase densa	

Tabla 8-6: Cálculos para transporte neumático [FUENTE PROPIA].

8.6 Transmisión a la válvula rotativa

La válvula rotativa seleccionada, detallado en la sección 10.1.2, debe girar una velocidad de 21 rpm con un consumo potencia de 4 HP (2,98 kW).

Tanto para la impulsión de la válvula rotativa, como del soplador, nos ponemos en un condición extrema de poca potencia hidráulica disponible por el tractor. Este tiene un

caudal disponible de 69 l/min a una presión máxima de 197 bar, valores que no podremos sobrepasar.

Se utiliza la válvula reguladora de caudal a 10 l/min, ya que el caudal necesario será menor por la naturaleza de los motores hidráulicos de este tipo, además se sabe que el mayor consumo será demandado por el soplador.

$$\text{Desplazamiento} = \frac{\text{Caudal regulado}}{\text{rpm}}$$

$$\text{Presion necesaria} = \frac{\text{Potencia necesaria}}{\text{Caudal regulado}}$$

$$\text{Torque necesario} = \frac{\text{Desplazamiento} \cdot \text{Presion necesaria}}{2 \cdot \pi}$$

CÁLCULOS		
Válvula reguladora caudal	10	l/min
Desp	391,3	cm ³ /rev
Presión nec.	170,0	bar
Torque nec	1058,9	Nm

Tabla 8-7: Cálculos para válvula rotativa [FUENTE PROPIA].

8.7 Transmisión al soplador

El soplador seleccionado, detallado en la sección 10.1.1, requiere de 2300 rpm y 12 HP (8,95 kW). En este caso la válvula reguladora de caudal contempla todo el disponible por el tractor, por lo tanto, se regula a 69 l/min.

El procedimiento de cálculo es igual que el utilizado para la transmisión a la válvula rotativa.

CÁLCULOS			
Válvula reguladora caudal	69	l/min	18,23 GPM
Desp	27	cm ³ /rev	
Presión nec.	73,9	bar	1072,1 PSI
Torque necesario	31,8	Nm	

Tabla 8-8: Cálculos para soplador [FUENTE PROPIA].

8.8 Potencia de tiro

Teniendo los siguientes datos acerca del peso del implemento, velocidad de tiro y un coeficiente de roce promedio de rueda-suelo agrícola, extraído de estudios empíricos, se calcula.

VALORES DE INTERÉS		
Peso total a soportar	6770	kg
	66346	N
Velocidad de tiro	11	km/h
	3,1	m/s
Coeficiente de roce	0,2	-

Tabla 8-9: Datos de tiro [FUENTE PROPIA].

$$\text{Fuerza de tiro} = P \cdot \mu = 13269 \text{ N}$$

$$\text{Potencia de tiro} = F \text{ tiro} \cdot V \text{ tiro} = 40,6 \text{ kW} = 54,3 \text{ HP}$$

8.9 Fuerza sobre eje

El componente de estudio consta de un eje que cumple la función de vínculo entre el chasis y las ruedas de apoyo. El como se puede observar en diferentes esquemas del presente informe, la unión entre el eje y el chasis es mediante un sistema de amortiguación de elástico (o ballesta), mientras que a la llanta es mediante una maza.

El funcionamiento del eje es fijo, o sea, no rotativo, esto significa que las mazas son las encargadas de girar independientemente, función para la cual poseen sus rodamientos dispuestos en "O" como se muestra a continuación. Ese acomodamiento de los rodamientos proporciona mayor estabilidad al conjunto.

Los pesos y dimensiones del chasis son los siguientes.

VALORES DE INTERÉS		
Peso total a soportar	6770	kg
Cant. ejes	2	-
Peso por eje	3385	kg
Cant. ruedas por eje	2	-
Peso por rueda	1692,5	kg
Ancho de chasis	2400	mm

Tabla 8-10: Valores de interés para dimensionamiento [FUENTE PROPIA].

De la tabla, se sabe que la fuerza unificada estática es:

$$R_{bt}^* = 1692,5 \text{ kgf} = 16,58 \text{ kN}$$

Luego de la marcha de cálculo realizada y expresada en “Anexo C - Memoria de cálculos y análisis de Elementos Finitos” podemos concluir que el momento flector estático y máximo para el cual debemos dimensionar el eje son:

$$M_{f \text{ est}} = 203.100 \text{ kgf} \cdot \text{mm} = 1.992 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

$$M_{f \text{ máx}} = 609.300 \text{ kgf} \cdot \text{mm} = 5.975 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

Esta diferencia entre los momentos flectores se contempla debido a que, transitando a bajas velocidades, se pueden producir aceleraciones longitudinales o laterales de hasta 3g por imperfecciones en la superficie, como pueden ser pozos o desniveles.

9 Dimensionamiento

9.1 Tolva

Para el estudio de la tolva comenzamos asegurando que la misma presentará un volumen tal que pueda albergar las 3 tn de cereal que se le impone de condición. Para el diseño de la misma nos apoyamos en las recomendaciones de diseño del Ing. Ramiro Siuce Bonifacio [27].

Bonifacio (2019) expresa que a la hora de diseñar una tolva para gruesos, no se debe considerar el volumen que deseamos albergar solamente, se le debe agregar, en el caso del cereal, un 30% más para así considerar los espacios vacíos. Por ende, la tolva diseñar es de 4 tn.

Bonifacio (2019) también sugiere para la correcta descarga por la boca, que el ángulo de la parte piramidal sea 15° superior al ángulo de talud, donde en el caso de los cereales como trigo, soja, maíz, sorgo, etc. son muy similares, considerando el de la mayoría de ellos de 29° .

A su vez, tenemos dos condiciones de diseños impuestas, una en el ancho y largo de la parte prismática, donde esta no debe superar los 2 m y por otro lado, el área de descarga de la boca de la tolva, donde esta viene impuesta por la válvula rotativa SOCOM SerieP360 (en Anexo D podemos apreciar las dimensiones generales de la misma), siendo de $0,0875 \text{ m}^2$. Además, buscamos que aproximadamente el 75% del volumen del cereal se encuentre en la parte prismática y que el 25% restante en la parte piramidal.

Trabajando con la condiciones de diseño impuestas, buscando una tolva estéticamente agradable llegamos a que la misma presenta las siguientes medidas.

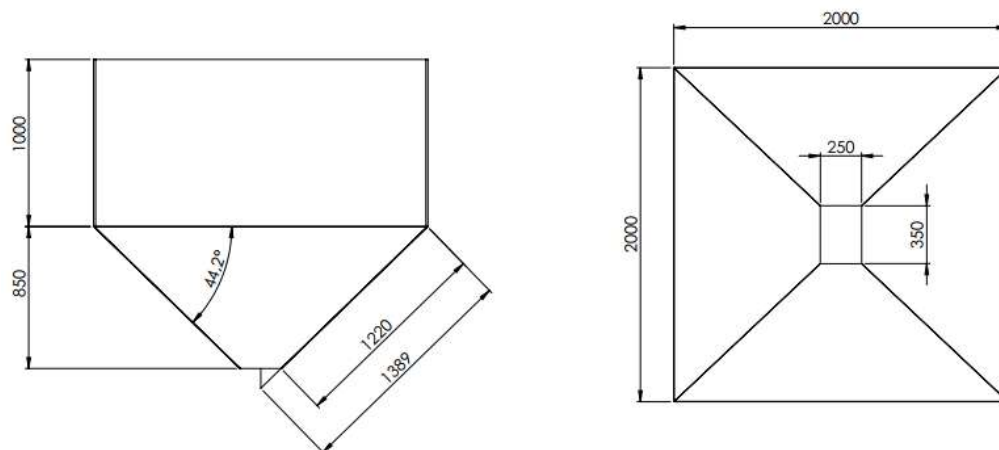


Figura 9-1: Dimensiones generales de la tolva [FUENTE PROPIA].

Dicha tolva cumple con las condiciones de diseño impuestas.

El siguiente paso es dimensionar el espesor, se aplicaron dos técnicas distintas en base a la fuentes utilizadas. Donde el Ing. Alfredo Jesus Paredes Guerra (2017) [25] propone en su blog calcular el espesor como si la tolva se comportará como un

recipiente sometido a presión, mientras que Blas J. Soriano Virués (2019) [24] propone en su Proyecto Final de Carrera estudiar a las paredes de la tolva como si fueran vigas simplemente apoyadas.

Nosotros decidimos aplicar ambos conceptos, para obtener un valor inicial de espesor de chapa para realizar las simulaciones necesarias en SolidWorks, donde el valor final del mismo lo sentencia dicho software.

Realizando los cálculos correspondientes anexados en el “Anexo C - Memoria de cálculos y análisis de Elementos Finitos”, sección C.1, llegamos a que los espesores mínimos de las chapas deben ser.

Cálculo de espesor de chapa		
Simplificando a un recipiente cilíndrico a presión		
esp mín en pared vertical	0,016	mm
esp mín en pared inclinada	0,084	mm
Simplificando a una viga simplemente apoyada - pared vertical		
qh _f	1428,43	kgf/m
Fr	714,215	Kgf
zaplic fuerza	0,667	m
Ra	476,143	Kgf
Rb	238,072	Kgf
M _f máx	91,632	Kgf*m
esp mín	2,448	mm
Simplificando a una viga simplemente apoyada - pared inclinada		
q _t	7.700,29	kgf/m
q _b	754,207	kgf/m
Fr	5157,24	Kgf
Mr	2284,371	
zaplic fuerza	0,443	m
Ra	1872,435	Kgf
Rb	3284,805	Kgf
M _f máx	774,668	Kgf*m
esp mín	7,117	mm

Tabla 9-1: Resultados del análisis de espesores [FUENTE PROPIA].

El siguiente paso es trabajar con el software SolidWorks, donde comenzamos realizando una simulación en una tolva de espesor 5 mm, ya que como se describe en el “Anexo C - Memoria de cálculos y análisis de Elementos Finitos”, sección C.1, no consideramos a la pared inclinada como es en realidad, por ende, tomamos un valor intermedio entre el resultado entre la pared vertical y la pared inclinada. Dicho resultado en SolidWorks nos devolvió un visto bueno donde observamos que la tolva estaba muy sobredimensionada con un espesor de 5 mm.

Analizado que un espesor de 5 mm es excesivo, procedimos a simular una tolva de espesor 2 mm. A continuación, se adjuntan los resultados obtenidos en la simulación. Se muestran las tensiones de von Mises en kgf/cm², siendo la tensión de fluencia del material de 9200 kgf/cm², con un factor de seguridad de 2 obtenemos un tensión admisible de 4600 kgf/cm².

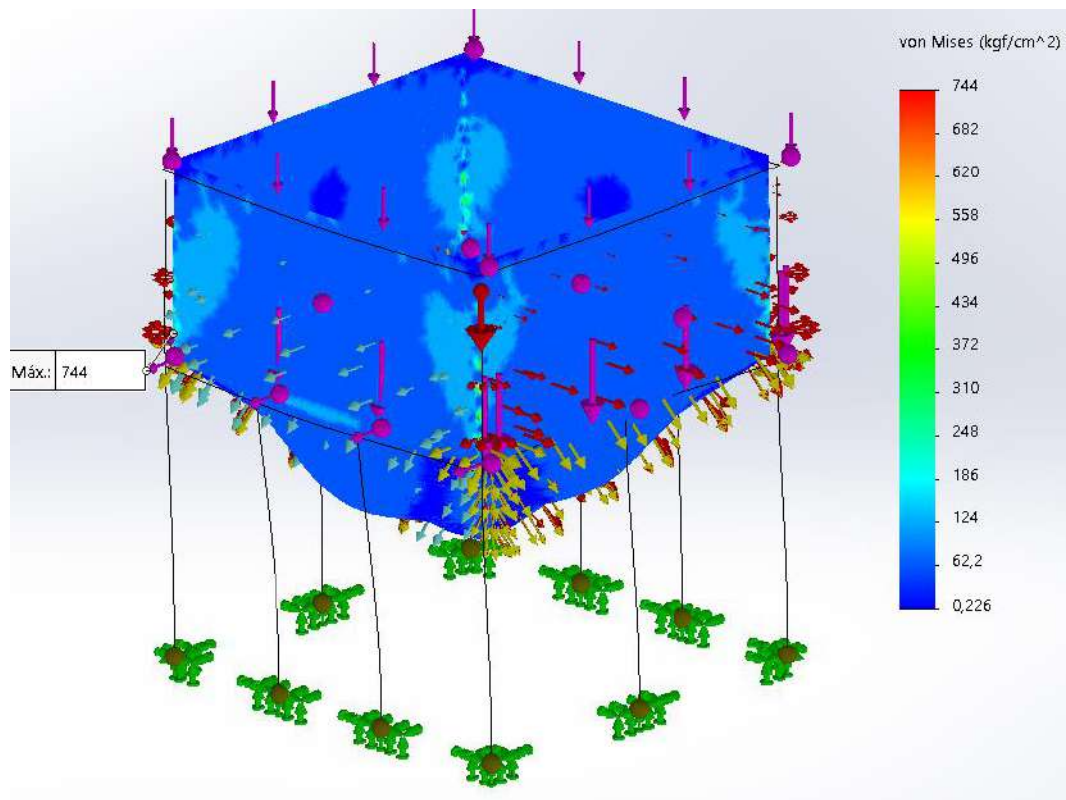


Figura 9-2: Tensiones de von Mises [FUENTE PROPIA].

Tal como se puede observar, la tolva de espesor 2 mm se encuentra muy sobredimensionada, ya que la tensión máx. es de 744 kgf/cm², pero no podemos achicar aún más el espesor, ya que no hay existente en el mercado, de todas maneras, es de entender lo que sucede ya que el material seleccionado es de elevada dureza debido a que está diseñado principalmente para soportar esfuerzos de desgaste.

Con esto se concluye que la tolva soportará las presiones ejercidas por el material a granel aún así en esas ocasiones en que el terreno agrícola se encuentre en malas condiciones.

En el “Anexo C - Memoria de cálculos y análisis de Elementos Finitos”, sección C.1, se puede apreciar con claridad el paso a paso hasta llegar a los resultados finales, también están descritos en detalles el procedimiento de la simulación en el software SolidWorks.

9.2 Base tolva

A la hora de dimensionar la estructura de la tolva se debe tener en cuenta el alto de las patas de manera tal que se pueda abulonar la válvula rotativa a la brida de la tolva.

En el Anexo D podemos observar que la altura de la válvula rotativa es de 480 mm, por lo tanto, decidimos dejar un espacio de 700 mm, donde el espacio restante de 220 será ocupado por el embudo (encargado de depositar el cereal en el sistema neumático) y el caño de diámetro 114,3 mm con su correspondiente soporte al chasis. Con todo lo dicho anteriormente, concluimos que la tolva tendrá una altura de 2550.

La parte prismática será soportada por una estructura en la parte superior y por otra estructura en la transición de la parte prismática a la parte piramidal. Donde las patas de la estructuras apoyaran en la estructura superior, siendo el largo de estos tubos estructurales inferior al alto total (se le resta al largo total la dimensión en cuestión del tubo).

A continuación, se adjunta un diseño preliminar al cual comenzaremos a dimensionar y modificar en la medida que el diseño lo requiera.

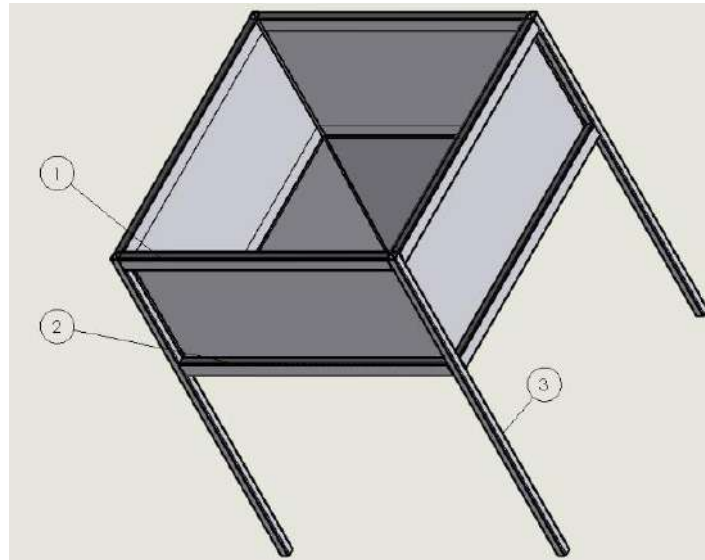


Figura 9-3: Diseño preliminar de la tolva [FUENTE PROPIA].

Aplicando los conceptos de viga simplemente apoyado, que se encuentran detallados con mayor claridad en el “Anexo C - Memoria de cálculos y análisis de Elementos Finitos”, sección C.2, llegamos a que las estructuras (1) y (2) deben presentar tubos estructurales con las siguientes características.

Cálculo por presión de la chapa vertical		
q1	119,036	kgf/m
Fr	238,072	kgf
zaplic fuerza	1	m
Ra	119,036	kgf
Rb	119,036	kgf
Qmáx	119,036	kgf
Mmáx	59,22	kgf*m
Wnec	4,935	cm3
Anec	0,248	cm2
Cálculo por peso semilla		
qpeso	1350	kgf/m
Fr	2700	kgf
zaplic fuerza	1	m
Ra	1350	kgf
Rb	1350	kgf
Qmáx	1350	kgf
Mmáx	675	kgf*m
Wnec	56,25	cm3
Anec	2,813	cm2

Tabla 9-2: Resultados del análisis del efecto de la presión por la chapa vertical y el efecto por el peso de la semilla sobre la viga de la estructura (1) [FUENTE PROPIA].

Cálculo por presión de la chapa vertical		
q1	238,072	kgf/m
Fr	476,143	kgf
zaplic fuerza	1	m
Ra	238,072	kgf
Rb	238,072	kgf
Qmáx	238,072	kgf
Mmáx	119,05	kgf*m
Wnec	9,921	cm3
Anec	0,496	cm2
Cálculo por peso semilla		
qpeso	450	kgf/m
Fr	900	kgf
zaplic fuerza	1	m
Ra	450	kgf
Rb	450	kgf
Qmáx	450	kgf
Mmáx	225	kgf*m
Wnec	18,75	cm3
Anec	0,938	cm2

Tabla 9-3: Resultados del análisis del efecto de la presión por la chapa vertical y el efecto por el peso de la semilla sobre la viga de la estructura (2) [FUENTE PROPIA].

Los datos obtenidos son considerando los efectos dinámicos de encontrarse con un terreno en mal estado, donde se llega a que la estructura más solicitada es la (1) con un módulo resistente a la flexión necesario de 56,25 cm³ y una sección necesaria de 2,8 cm².

El último paso es analizar el pandeo del parante (3) mediante el método omega. El mismo es un método de verificación para el perfil seleccionado, donde en nuestro caso comenzaremos con un tubo estructural rectangular de 120x80x4,75.

Las propiedades del perfil son un radio de giro mínimo de 2,5 cm y una sección de 13,75 cm².

Llegamos a que la tensión afectada por el coeficiente omega es de **2200 kgf/cm²**, siendo este valor superior a la admisible de 1200 kgf/cm². De todas maneras, como la pata no está aislada soportando la fuerza, sino con una estructura, pasaremos a simular la base utilizando el tubo estructural de 120x80x4,75. Tener en consideración, que estamos trabajando con la condición de un camino rural en mal estado.

Para comenzar a diseñar en SolidWorks utilizamos tubos rectangulares estructurales de 120x80x4,76, donde este presenta un módulo resistente a la flexión de 56,5 cm³ y un área de 13,75 cm², ambos valores superiores a los detallados en el párrafo anterior. La simulación nos devolvió un correcto dimensionamiento de las estructuras (1) y (2), pero elevadas tensiones en la estructura (3) de las patas. Por ende,

decidimos adicionar más patas, pero disminuyendo el tamaño del tubo estructural, así como también agregar refuerzos en lo que sería en un futuro la unión con el chasis con el objetivo de disminuir las exigencias en las soldaduras. La nueva estructura está diseñada con tubos estructurales rectangulares de 100x60x4.

Se agregaron una pata en el medio de las caras laterales y dos patas en las caras frontales y traseras, debido a que no se puede agregar una centro porque tendría interferencia con el sistema neumático del equipo.

A continuación, se adjuntan los resultados obtenidos en la simulación. Se detallan flexión en dos direcciones y pandeo, siendo la tensión de fluencia del material de 2400 kgf/cm², con un factor de seguridad de 2 tenemos una tensión admisible de 1200 kgf/cm²

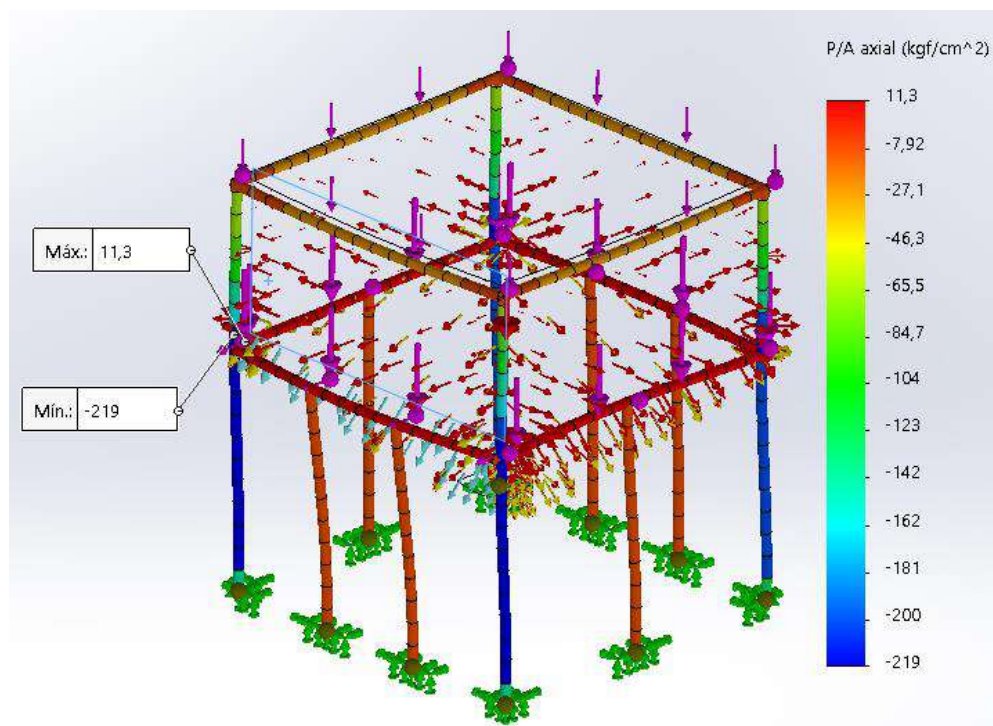


Figura 9-4: Tensiones provocadas por cargas axiales en la viga [FUENTE PROPIA].

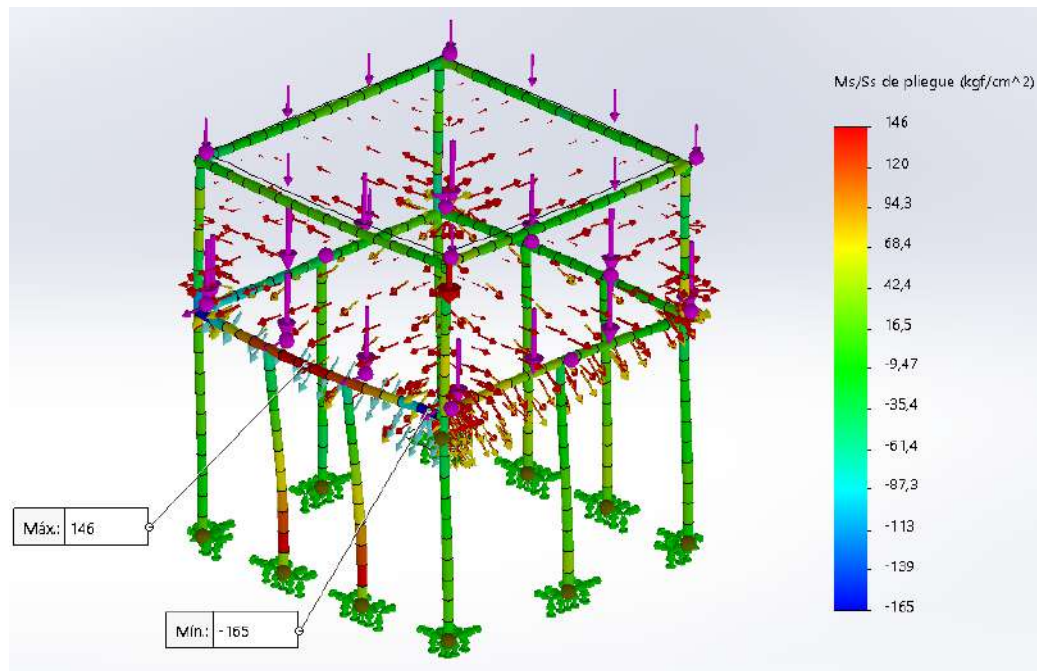


Figura 9-5: Tensiones provocadas por momentos debidos a cargas en dirección horizontal en la viga [FUENTE PROPIA].

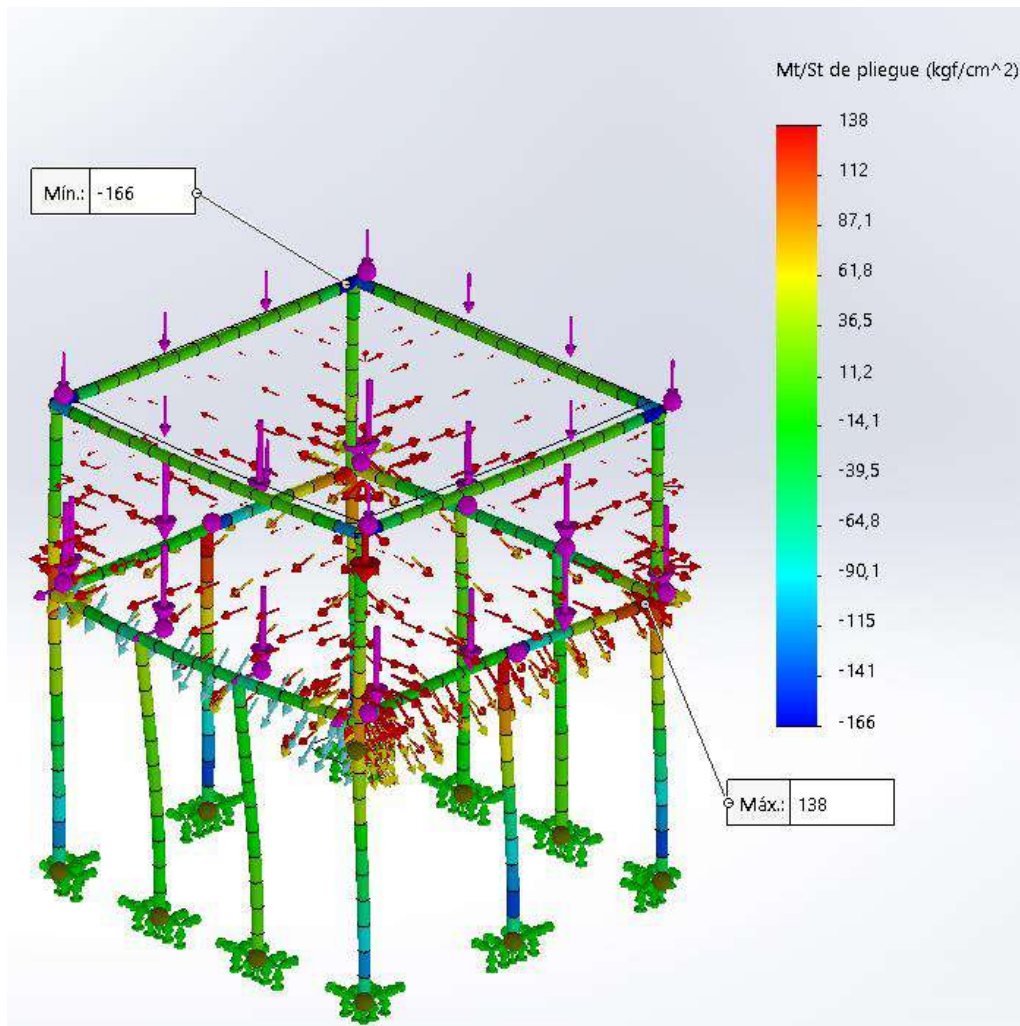


Figura 9-6: Tensiones provocadas por momentos debidos a cargas en dirección vertical en la viga [FUENTE PROPIA].

Tal como se puede observar, la estructura realizada con tubos estructurales rectangulares de 100x60x4 se encuentra correctamente dimensionada, ya que la tensión máx. en la totalidad de la estructura no superan a la tensión admisible de la misma.

Con esto se concluye que la tolva y su estructura soportarán las presiones ejercidas por el material a granel y las cargas debidas al peso de la tolva, aún así en esas ocasiones en que el terreno agrícola se encuentre en malas condiciones.

En el “Anexo C - Memoria de cálculos y análisis de Elementos Finitos”, sección C.2, se puede apreciar con claridad el paso a paso hasta llegar a los resultados finales, también están descriptos en detalles el procedimiento de la simulación en el software SolidWorks.

9.3 Chasis

En cuanto a diseño, buscamos que el chasis presente el mismo ancho que las patas de la tolva, con el objetivo que éstas apoyen sobre los largueros laterales del mismo

y en cuanto al largo que sea el suficiente para poder alojar en él el sistema de transporte neumático y la tolva, obviamente, que en el centro se cruzará una larguero donde descansará el peso de la válvula rotativa.

A su vez, también debemos respetar las alturas de lanza que presentan los tractores que se encuentran en el mercado, donde esta debe comprender el rango entre 33 cm y 43 cm [36].

Por otro lado, en cuanto a diseño, debemos considerar las normativas para la circulación de maquinaria agrícola anexo LL [35].

La normativa para circulación de maquinaria agrícola determina en su anexo LL, apartado 3.1 lo siguiente:

a) Tren Agrícola: hasta VEINTICINCO METROS CON CINCUENTA CENTÍMETROS (25,50m).

La normativa para circulación de maquinaria agrícola determina en su anexo LL, apartado 3.2 lo siguiente:

a) Maquinaria Agrícola Autopropulsada y Tren Agrícola: hasta CUATRO METROS CON VEINTE CENTÍMETROS (4,20 m).

La normativa para circulación de maquinaria agrícola determina en su anexo LL, apartado 3.4 lo siguiente:

“La maquinaria agrícola autopropulsada y/o tren agrícola que invada el carril de circulación opuesto y la comprendida entre TRES METROS CON SESENTA CENTÍMETROS (3,60 m) y CUATRO METROS CON TREINTA CENTÍMETROS (4,30 m) de ancho deberá ser transportada en carretón agrícola debiendo contar para ello con un permiso especial de la autoridad vial competente, conforme las disposiciones del Apartado 7 del presente Anexo. La maquinaria que supere los CUATRO METROS CON TREINTA CENTÍMETROS (4,30 m) de ancho, será considerada como una carga de dimensiones excepcionales y deberá cumplir para su traslado con las normas de la autoridad vial jurisdiccional.”

Nuestro objetivo es que el alimentador rápido neumático no deba ser transportado en carretón por las rutas nacionales del país, en el caso que así sea, es por decisión del cliente. Por ende, el largo no puede superar los 25,5 m, el alto no puede sobrepasar los 4,2 m y por último el ancho total deberá ser inferior a los 3,6 m.

A continuación, se adjunta un diseño preliminar al cual comenzaremos a dimensionar y modificar en la medida que el diseño lo requiera.

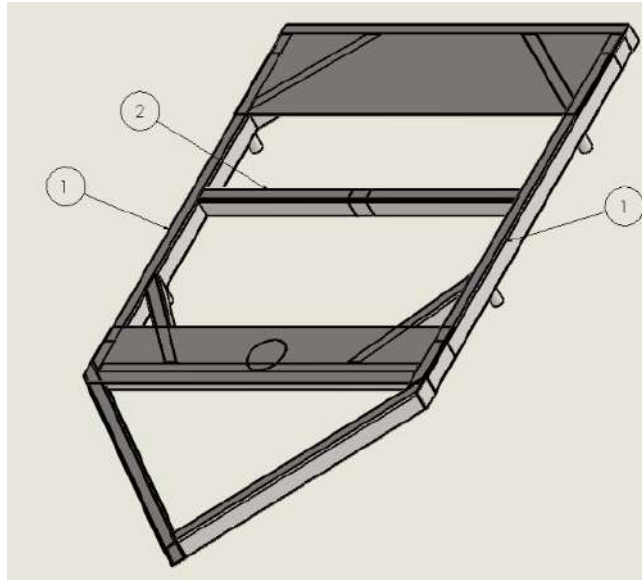


Figura 9-7: Diseño preliminar de la tolva [FUENTE PROPIA].

Por limitaciones de las herramientas analíticas de viga simplemente apoyada, nos colocaremos en la peor situación para poder realizar el estudio, donde supondremos que el equipo tendrá un único eje centrado. En el “Anexo C - Memoria de cálculos y análisis de Elementos Finitos”, sección C.3, se describe con mayor claridad lo sucedido y llegamos a que los largueros (1) y (2) deben presentar tubos estructurales con las siguientes características.

Cálculo por peso tolva y semillas		
Ra	1630	kgf
Rb	1630	kgf
Qmáx	1630	kgf
Mmáx	782,4	kgf*m
Wnec	65,2	cm3
Anec	3,396	cm2
Cálculo por peso tolva y semillas		
Ra	250	kgf
Rb	250	kgf
Qmáx	250	kgf
Mmáx	245	kgf*m
Wnec	20,42	cm3
Anec	0,52	cm2

Tabla 9-4: Resultados del análisis del efecto del peso de las semillas y la tolva sobre la viga del larguero (1) y (2) [FUENTE PROPIA].

Con todo lo analizado llegamos a la conclusión que el larguero más solicitado es el (1) con un módulo resistente a la flexión necesario de 65,2 cm³ y una sección necesaria de 3,4 cm², debido al efecto acelerado del peso por defectos del camino rural. Tener en cuenta, que dichos valores obtenidos son considerando que tenemos un único eje y sin tener en cuenta la rigidización con los travesaños.

En el chasis decidimos escoger un tubo rectangular estructural con un módulo resistente a la flexión levemente inferior para ver el comportamiento del mismo. Comenzamos trabajando con un tubo de 120x80x4,75 que presenta un módulo resistente a la flexión de 56,5 cm³ y una sección de 13,75 cm². Además, realizamos esta salvedad por el hecho de que se agregaron los elementos rigidizantes y que tenemos dos ejes en vez de uno.

Por otro lado, el soplador se apoya sobre una chapa de 2 mm de espesor a la que se tendrá en consideración en la simulación.

Las simulaciones realizadas al diseño preliminar dieron un buen resultado, denotando que el tubo estructural seleccionado es correcto, pero a lo largo del proyecto tuvimos que ir mutando al mismo para poder ir cumpliendo con las distintas solicitudes que iban surgiendo. Adjuntamos las simulaciones del modelo final del chasis.

A continuación, se adjuntan los resultados obtenidos en la simulación. Se detallan flexión en dos direcciones y corte en los tubos estructurales, y von Mises en la chapa delantera donde apoya el soplador y en la placa de la lanza, siendo la tensión de fluencia del material de 2400 kgf/cm², con un factor de seguridad de 2 tenemos una tensión admisible de 1200 kgf/cm²

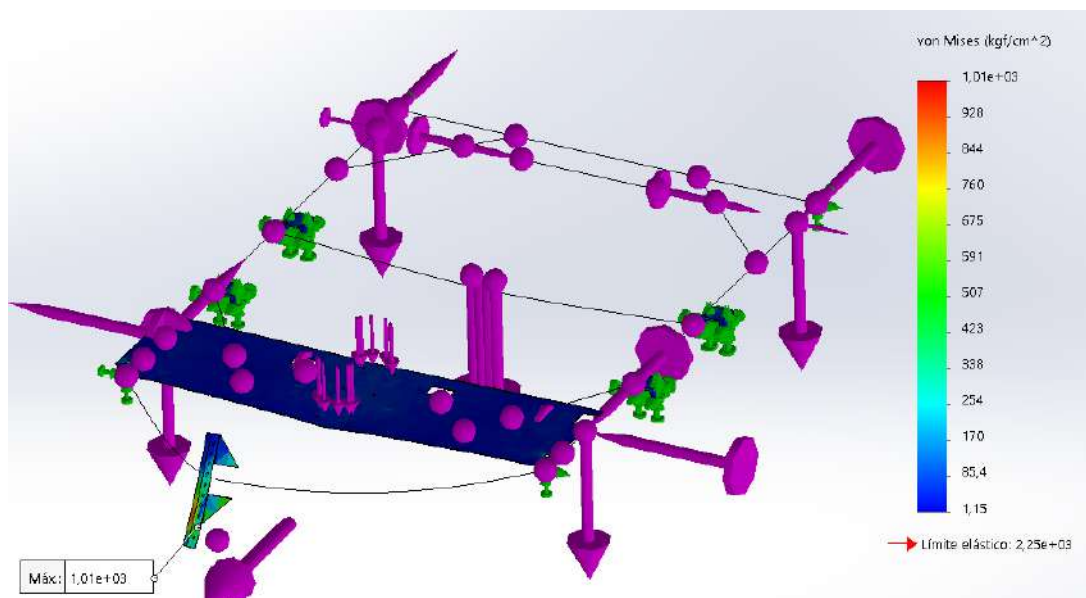


Figura 9-8: Tensiones de von Mises [FUENTE PROPIA].

Se puede apreciar que en la punta de la lanza, donde se simuló para la peor condición de posición de la lanza, hay un valor de tensión cercano al valor de fluencia, por ende, decidimos aplicar un control de malla en las caras y aristas de dicha placa y sus refuerzos.

Al aplicar el control de mallado, vemos que se generan puntos de alta tensión en aquellos lugares donde el software se encuentra en problemas, ya que el mismo nota que hay arista vivas, esto se soluciona aplicando radios de curvaturas en las misma, por el hecho de que en la realidad estas aristas no existen.

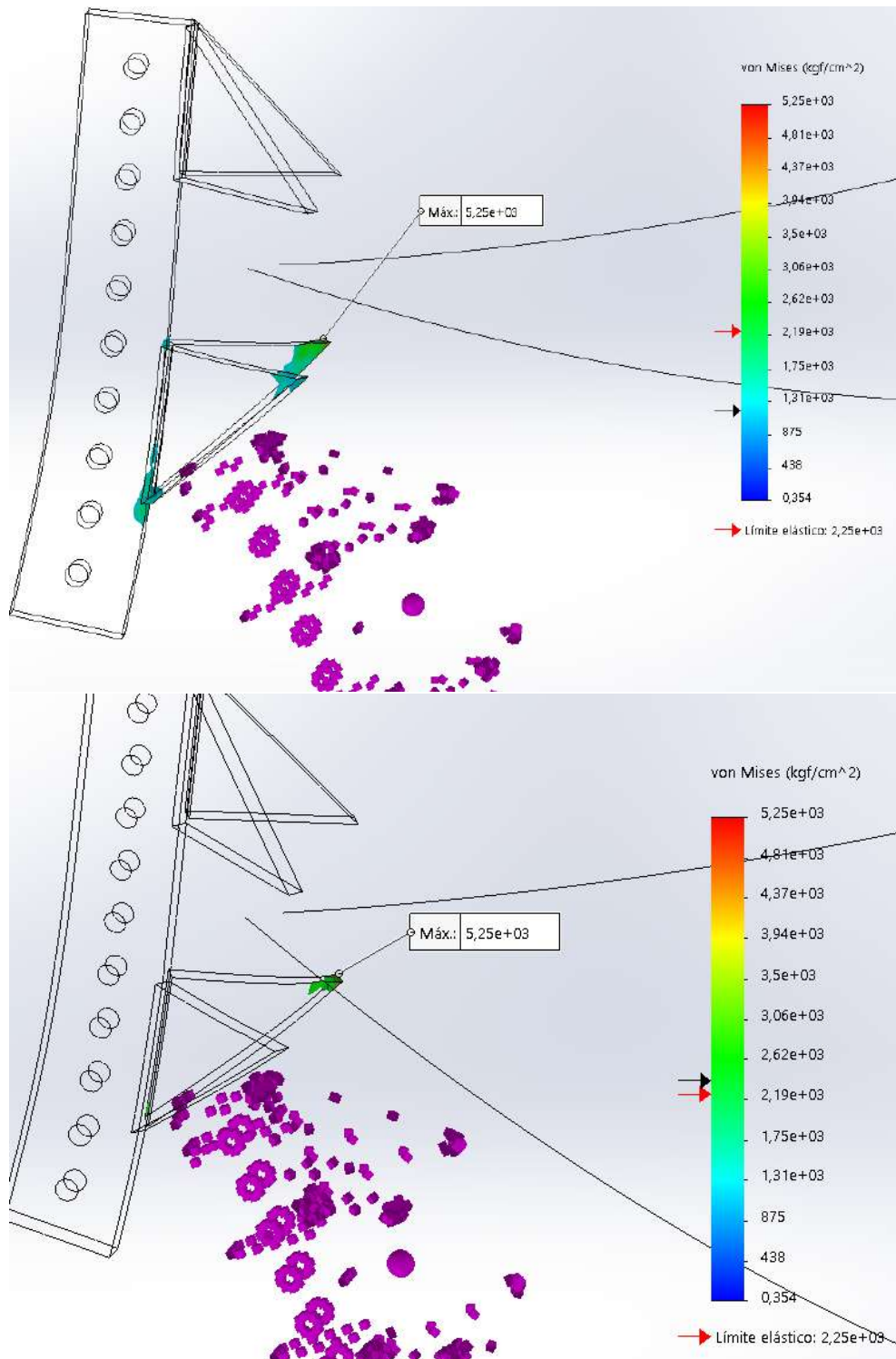


Figura 9-9 Altos puntos de tensión debido a que el software se encuentra con aristas vivas. Se aplicaron isosuperficies, la primera que filtre las tensiones superiores al límite admisible y la segunda al límite de fluencia [FUENTE PROPIA].

Con esto concluimos que la chapa y la placa reguladora de altura de la lanza soportarán los esfuerzos a los que se encuentra sometido. Tener en consideración, que la placa reguladora es un punto crítico del diseño que debe ser analizado en pruebas a campo, así como sus soldaduras.

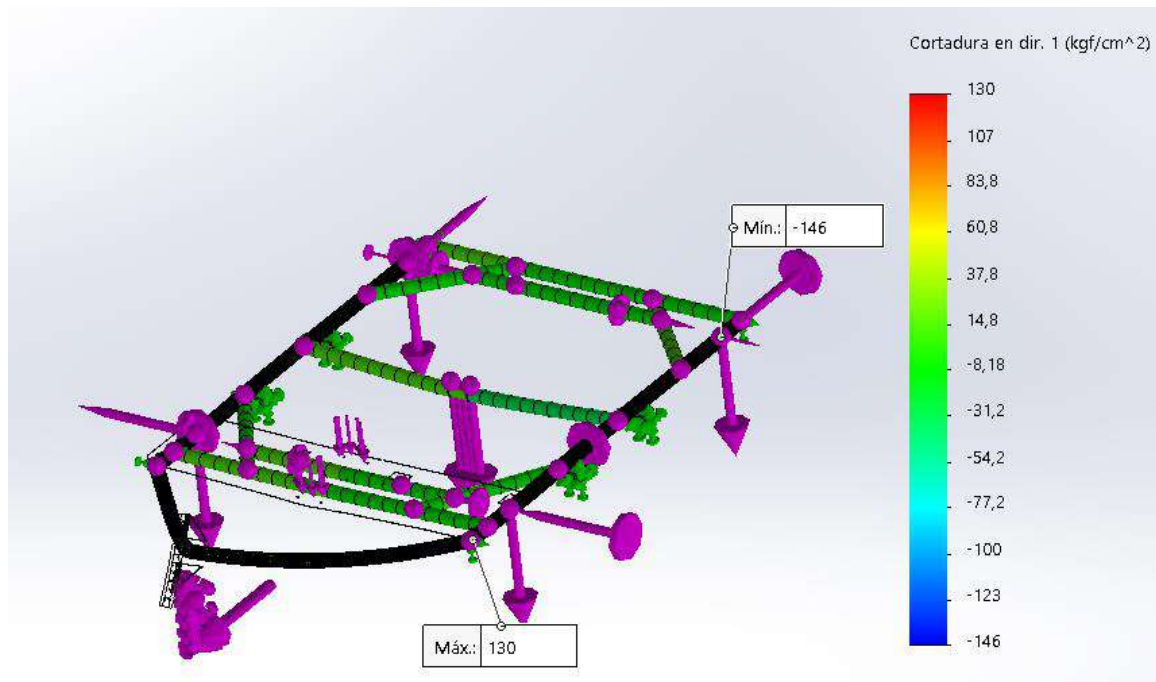


Figura 9-10: Tensiones de corte en la estructura del chasis [FUENTE PROPIA].

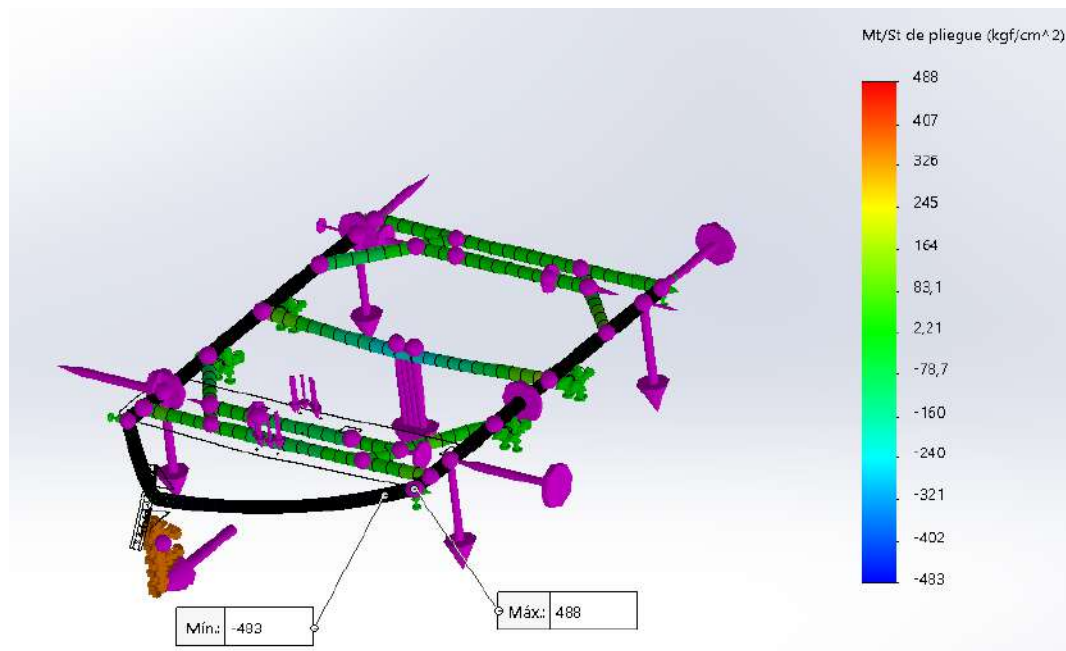


Figura 9-11: Tensiones provocadas por momentos debidos a cargas verticales [FUENTE PROPIA].

Tal como se puede observar, el chasis realizado con tubos estructurales rectangulares de 120x80x4,75 se encuentra correctamente dimensionada, ya que la tensión máx. en la totalidad de la estructura no superan a la tensión admisible de la misma.

Con esto se concluye que el chasis junto con la placa reguladora de altura de la lanza y la chapa delantera soportarán las cargas a las que se encuentran sometidas, aún así en esas ocasiones en que el terreno agrícola se encuentre en malas condiciones.

En el “Anexo C - Memoria de cálculos y análisis de Elementos Finitos”, sección C.3, se puede apreciar con claridad el paso a paso hasta llegar a los resultados finales, también están descriptos en detalles el procedimiento de la simulación en el software SolidWorks.

9.4 Bulones punta de lanza

La punta de lanza está diseñada para ser abulonada a la placa mediante dos bulones. Estos serán de grado 8, ya que presentan una elevada resistencia.

A continuación, se adjunta una imagen representativa de la unión abulonada a utilizar.

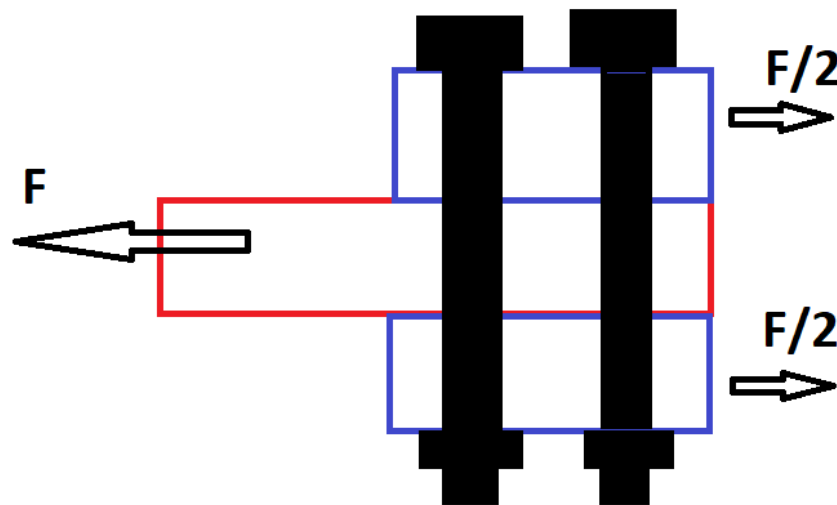


Figura 9-12: Representación esquemática de la distribución de fuerza en una unión abulonada [FUENTE PROPIA].

Realizando cálculos analíticos de resistencia de bulones llegamos a que el diámetro mínimo debe ser de **11,5 mm**.

Se selecciona un bulón de **grado 8 de M12**, donde el alojamiento para el mismo en la chapa será de 15 mm. Por otro lado, siguiendo con el mismo espesor de chapa utilizado en la placa reguladora de altura de lanza, el espesor de la chapa de la punta de lanza será de 3/4". La selección de este bulón y con una cantidad de 2 tenemos que la fuerza resistente de la unión abulonada es 6100 kgf.

Las dimensiones mínimas que debe presentar la chapa en cuestión deben ser.

Cálculo geometría planchuelas		
esp necesario	15,773	mm
a nec	23,327	mm
c nec	18,327	mm

Tabla 9-5: Resultados de las dimensiones mínimas de la chapa de la unión abulonada.

Al siguiente se adjunta que representan a, c, t y d0 en la chapa.

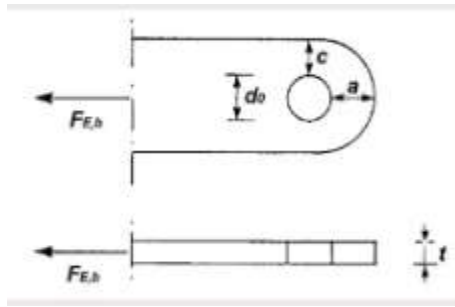


Figura 9-13: Representación de a, c, t y d0 en una unión abulonada [28].

El último paso, es verificar todo lo analizado en SolidWorks. Donde se analiza la resistencia de los bulones y los alojamientos correspondientes.

A continuación, se adjuntan los resultados obtenidos en la simulación. En ellas se detallan las fuerzas cortantes tanto en el pasador como en los alojamientos. Recordar que la fuerza resistente de la unión abulonada es de 6100 kgf.

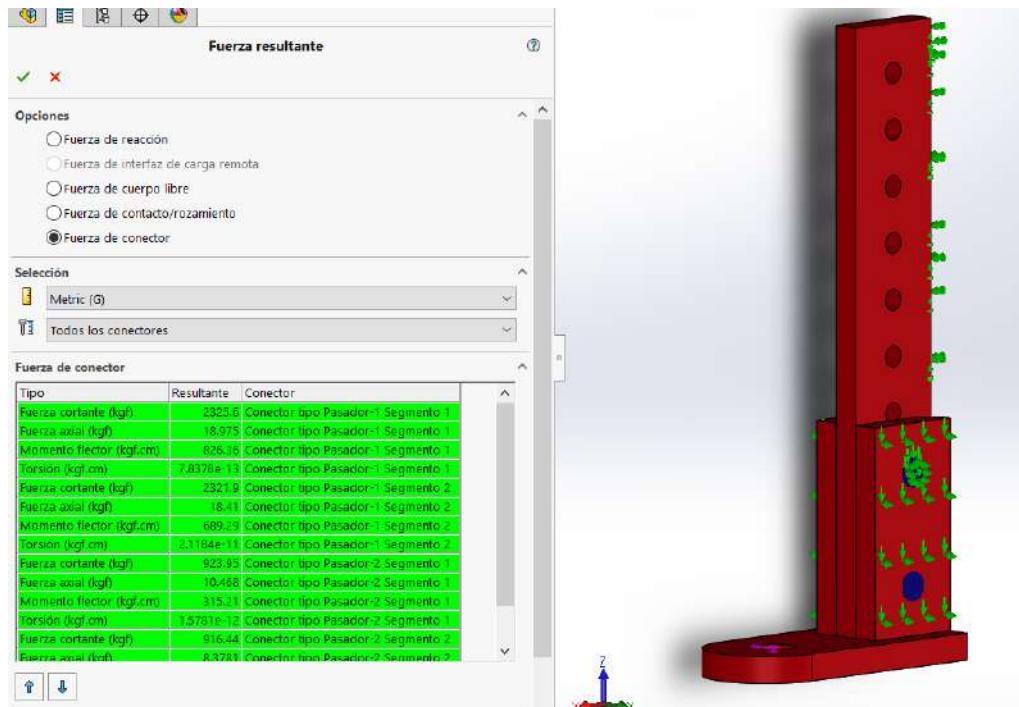


Figura 9-14: Tensiones de von Mises [FUENTE PROPIA].

Se puede apreciar en los resultados que la unión abulonada diseñada resistirá hasta aquellas condiciones en que nos encontremos con un terreno rural en malas condiciones.

En el “Anexo C - Memoria de cálculos y análisis de Elementos Finitos”, sección C.4, se puede apreciar con claridad el paso a paso hasta llegar a los resultados finales, también están descriptos en detalles el procedimiento de la simulación en el software SolidWorks

9.5 Eje

Como opción de diseño, por facilidad de sujeción, se opta por utilizar un perfil cuadrado macizo. En un principio se elige que este sea a de un acero SAE 1040, por sus relativamente buenas propiedades y bajo costo. En caso de que las exigencias sean mas elevadas de lo pensado, aumentando demasiado el material del perfil, se cambiaría el material.

Luego de los cálculos realizados en el “*Anexo C - Memoria de cálculos y análisis de Elementos Finitos*”, sección C.5, se obtiene el valor de un perfil de 62,8 mm de ancho necesario para soportar todas las cargas dinámicas. Por otro lado, se tiene el dato, proveído por el fabricante de las mazas, de que estas utilizan rodamientos 32212 y 30209. El primero de estos tiene un diámetro de pista interior de 60 mm, pero para su correcta retención, necesita de un resalte de 70,5 mm como mínimo. Por lo tanto, este se convierte en el nuevo valor mínimo de ancho del perfil.

Observando las tablas de valores normalizados de ancho de perfiles cuadrados, se ve que el próximo valor disponible es de 3”, el cual equivale a 76,2 mm, como se muestra en la siguiente tabla.

REQUERIMIENTO DE ANCHO DE PERFIL CUADRADO	
Ancho min por esfuerzos	62,8 mm
Ancho min por sobresalto de rod. 32212	70,5 mm
Proximo ancho de perfil comercial (en mm)	76,2 mm
(en pulgadas)	3

Tabla 9-6: Valores necesarios para perfil de eje [FUENTE PROPIA].

Vista la información anterior, se concluye que el componente comercial a utilizar es un perfil de acero SAE 1040 (laminado en caliente) cuadrado de 3” de lado.

9.6 Ciclón

Luego de los resultados obtenidos en la marcha de cálculo presente en el “*Anexo C - Memoria de cálculo y análisis de elementos finitos - Ciclón*”, sección C.6, podemos concluir que este componente encargado de realizar el frenado del flujo de aire estará fabricado mediante un proceso de corte de chapa con laser y soldado. Se opta por soldadura de tipo GMAW. Por el desgaste debido al frecuente flujo de semilla y por rigidez estructural, se utiliza chapa de acero SAE 1010 de 3/16” (4,7 mm) de espesor.

Las dimensiones seleccionadas son las siguientes.

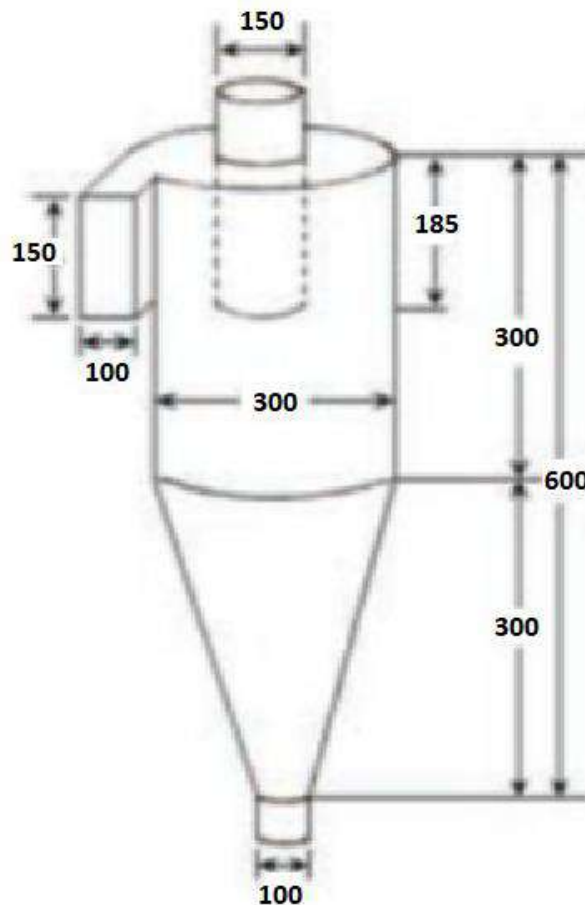


Figura 9-15: Dimensiones seleccionadas para ciclón [FUENTE PROPIA].

9.7 Empalme soplador-válvula-manguera y tubería de carga

Con respecto a las exigencias de la pieza soldada PZA-03.06.01.0, estas no eran grandes, debido a que la presión a soportar no supera los 500 mbar. No es así en la zona del embudo, ya que el gran caudal de semilla que lo transita produce un desgaste considerable en las paredes internas de las chapas, con el pasar del tiempo.

Teniendo esto en cuenta, se opta por utilizar caños redondos con costura de 4" (101,6 mm) de espesor estándar (Sch 40), tanto en la pieza del empalme (PZA-03.06.01.0), como en la cañería fija de carga a la sembradora (PZA-03.01.01.0).

Para la zona del embudo, donde se transporta la semilla desde la válvula rotativa hacia el ducto de transporte neumático, se utilizan chapas de 3/16" (4,76 mm) de espesor. Su ventaja es que además de tener una mayor capacidad de resistir al desgaste, proporciona de mayor rigidez mecánica al conjunto.

10 Selección de elementos comerciales

A continuación se señalan los diferentes elementos requeridos para el armado del sistema de reabastecimiento de granos.

En la presente sección solo se da información acerca de la selección. Tablas e información extra puede ser obtenida en el *“Anexo D - Elementos comerciales seleccionados”*.

10.1 Componentes de tolva

10.1.1 Chapas antidesgaste

Debido a las exigencias por abrasión a las que está expuesta la tolva, se implementa una chapa Raex(R) 300 de 2 mm de espesor. Esto se trata de una chapa tratada para ser resistente al desgaste, la cual tiene una dureza de hasta 390 HB.

Además, en las uniones soldadas se utilizan como refuerzo chapas lisas de 3/4" de espesor, también de SAE 1010.

10.1.2 Perfiles

Los perfiles utilizados para la fabricación de la tolva son tubos estructurales rectangulares de 100x60x4 (ancho-alto-espesor) de acero SAE 1010.

10.2 Componentes de chasis

10.2.1 Perfiles

Los perfiles utilizados para la fabricación del chasis son tubos estructurales rectangulares de 120x80x4,75 (ancho-alto-espesor) de acero SAE 1010.

10.2.2 Chapas

En el chasis se implementan tres tipos de chapas.

Una es una chapa lisa delgada nº14, esta medida representa 2,1 mm de espesor.

Las otras dos son de 1/2" (12,7 mm) y 3/4" (19,1 mm).

10.3 Componentes de punta de lanza

10.3.1 Flejes

La punta de lanza es un sistema fijo, donde se regula su altura mediante dos bulones de 1/2" de grado 8. Con este tipo de lanza, la estructura de la misma pasa a ser parte del chasis, soportando esfuerzos de cargas, siendo una estructura más reforzada.

Siendo conscientes que presenta la desventaja frente al sistema articulado de tener que nivelar el acople con el tractor.

Para la fabricación de este se utilizan flejes de 3" (76 mm) de ancho por 3/4" (19,1 mm) de espesor. El material de estos es acero SAE 1010.

10.4 Componentes de ciclón

10.4.1 Chapas

Para el armado del ciclón se utilizan las mismas chapas de 3/16" de SAE 1010 que para el mezclador de aire-semilla. Estas van soldadas. La misma chapa es la que se utiliza para la fabricación de la brida de vinculación a la tolva

10.4.2 Recortes de caños

Tanto en la entrada como en la salida de polvillo del ciclón se utilizan pequeños recorte de caño SAE 1010 con costura de 4" y de 6", ambos estándar (Sch 40).

10.5 Componentes de empalme soplador-válvula-manguera

10.5.1 Caño

Dentro del chasis, como conductor en el transporte neumático, se utilizan caños redondos de acero negro con costura. No hay requerimientos de espesor ya que la presión a soportar es de 500 mbar, por lo tanto se utiliza el valor estandar (equivalente con Sch. 40). Se selecciona de la marca MultiAceros, y de un diámetro nominal de 4".

10.5.2 Chapas

Este conductor presenta un corte donde le soldamos un "embudo" que ayuda mediante una pendiente que el material ingrese al sistema neumático. Este componente es la unión entre la salida de la rotativa y el caño conductor. El mismo es de chapa de 3 mm (1/8") soldada con una brida para abulonar la rotativa.

10.5.3 Bridas

Para el conexionado de las cañerías soplador-mezclador se utilizan bridas normalizadas para cañerías de 4".

10.5.4 Juntas

En las uniones bridadas utilizaremos juntas. Se selecciona una KLINGERSIL® C-4243, ya que la misma es muy económica y para bajas solicitudes como es nuestro transporte neumático.

10.5.5 Acoples rápidos

Para el conexionado del mezclador y la manguera que se dirige a la tubería se selecciona el acople rápido de aluminio marca Dica modelo DCE para mangueras de 4"

10.6 Circuito de semilla e impulsión

Este circuito comprende, por un lado el recorrido del aire y por otro el de la semilla. En la presente subdivisión se acapara al soplador, la válvula rotativa que se encuentra a la salida de la tolva y el sistema de embudo-cañería que los vincula y da salida a la manguera de descarga.

10.6.1 Soplador

Se utiliza el soplador de lóbulos Repicky R1000 a una velocidad de 2250 rpm, a través del cual, se logra cumplir con los requerimientos de presión de 403 mbar y un caudal de 350 m³/min.

Con el componente seleccionado se puede llegar a una presión manométrica de 500 mbar, un caudal de 422 m³/min si se lo provee de una potencia de 11,1 HP.

10.6.2 Válvula rotativa

$$\begin{aligned} \text{Caudal necesario} &= 38 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 0,65 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 650 \text{ dm}^3/\text{min} \\ \frac{\text{Caudal necesario}}{\text{Capacidad rotativa}} &= \frac{650 \text{ dm}^3/\text{min}}{30,25 \text{ dm}^3/\text{rev}} = 21 \text{ RPM} \end{aligned}$$

A través de los cálculos de transporte neumático se sabe que se necesita un caudal de semilla de 38 m³/h, acompañado de una válvula rotativa de un tamaño recomendado para este caudal, se obtiene el dato de que se la debe proveer de un giro de 21 RPM.

Se selecciona del catálogo de SOCOM el modelo SerieP 360 con una velocidad de 21 rpm en el eje de entrada. Con este se logra el caudal másico de 38 m³/h (0,65 m³/min) necesario.

10.6.3 Motor hidráulico para soplador

Para la selección de los motores hidráulicos nos colocamos en la peor situación, para esto debemos analizar los tractores del mercado. Nos apoyamos en la marca John Deere para realizar dicho análisis, donde utilizamos el tractor SERIE 5E de 60 HP, este presenta una bomba de centro abierto de 69 l/min a una presión máxima de 197 bar.

Para alimentar el soplador se utiliza un motor hidráulico orbital Parker, modelo PGP330-10, con el cual podemos lograr la velocidad de 2300 rpm necesaria, si le proveemos de un caudal de 69 L/min a una presión de 74 bar. Tener en cuenta, que el mismo presenta un desplazamiento de 32,2 cm³/rev, mientras que nosotros necesitamos un motor que presente como mínimo 27 cm³/rev.

10.6.4 Manguera hidráulica

Al motor se lo alimenta con una manguera de marca Fluid Parts (proveída por Moro Hidráulica) SAE100R1AT de 3/4", que admite una presión de trabajo de 219 kg/cm²-bares. En este caso, no utilizaremos un adaptador, ya que la entrada es de 3/4".

10.6.5 Motor hidráulico para válvula rotativa

Para alimentar a la válvula rotativa se utiliza un motor hidráulico orbital Torqmotor (proveído por Parker Argentina), modelo TKG 0405, con el cual podemos lograr la velocidad de 21 rpm necesaria, si le proveemos de un caudal de 10 l/min a una presión de 170 bar. Tener en cuenta, que el mismo presenta un desplazamiento de 405 cm³/rev, mientras que nosotros necesitamos un motor que presente como mínimo 391 cm³/rev.

10.6.6 Manguera hidráulica

Al motor se lo alimenta con una manguera de marca Fluid Parts (proveída por Moro Hidráulica) SAE100R2AT de 3/4", que admite una presión de trabajo de 219 kg/cm²-bares. Para la utilización de esta se requiere de un adaptador de rosca SAE 7/8"-14 (UNF 14).

10.7 Componentes de sistema de soporte de chasis

10.7.1 Perfil para eje

Se selecciona un perfil cuadrado de acero SAE 1040 laminado en caliente de 3", el cual tiene un peso de 46 kg/m. La unidad se comercializa en tramos de 6 m.

10.7.2 Elástico y demás componentes

En el sistema del elástico (o ballesta) se requieren varios componentes que se venden en conjunto por el mismo proveedor. Estos se describen y denotan a continuación.

El elemento principal de amortiguación es la ballesta. Esta debe soportar una carga superior a 1500 kg y tiene una geometría como la de la siguiente imagen.

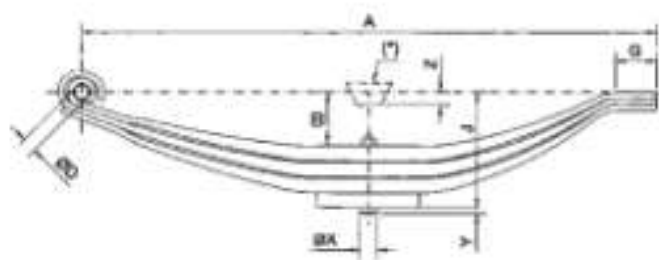


Figura 10-1: Esquema de ballesta [Catálogo INMAZA].

Se selecciona de la marca Inmaza, una ballesta de hoja única capaz de soportar una carga de 1750 kg.

Para el uso de esta se seleccionan, del mismo proveedor, los bulones con tuerca, arandela y pasador que vinculan al elástico con el chasis, dispuesto de forma vertical, en la parte derecha del esquema. Y los abarcones, a través de los cuales se sujeta la ballesta al eje de sección cuadrada sostenido.

Con respecto al vínculo de la parte izquierda de la figura 10-1, se utiliza un soporte soldado al chasis y un bulón pasador que une al anterior con el ojo de la ballesta.

10.7.3 Mazas

Las mazas, vinculada a los ejes mediante rodamientos, deben soportar la misma carga que los elásticos. Para estas, por el hecho de utilizar rodamientos, que deben ser duraderos, se calculan con un factor de seguridad de 1,5.

Se seleccionan mazas de marca Marcibur SRL, las cuales están preparadas para llantas agrícolas de 16" y poseen 5 agujeros adaptados para bulones de $\frac{5}{8}$ ". Con el objetivo de diseñar el eje, se tiene la información de que esta maza está diseñada para ejes de 2 1/2" y utiliza los rodamientos cónicos SKF 30209 y 30211.

10.7.4 Llantas

Acorde con el neumático seleccionado, se necesita una llanta agrícola de 10.00-16.

Esto significa que debe poseer 10 pulgadas de ancho y 16 de diámetro. Se opta por un producto de fabricación nacional a cargo de la empresa Marcibur y las especificaciones son: Med. de rueda 10 x 20; Med. de cub. 12; Aguj. central 150/220; Disco 3/8.

10.7.5 Neumáticos

Se selecciona un neumático de rural de tipo F2 (Diseño de la banda de rodaje de 2 o 3 hileras), apto para implementos agrícolas, cuya carga máxima admisible es de 2080 kg a una presión de 2,5 bar y requiere una llanta de 20 pulgadas.

El modelo de la cubierta Mitas es AC 70 G 275/80 R 20 MPT.

10.8 Componentes de tubería de carga

10.8.1 Caños

Para el armado de la tubería se utilizan tubos de 4". Su nombre y modelo es: Tubo PPR3 PN 12,5. Sello IRAM 13470, de 101,6 mm de diámetro interior. Cod.17075098.

10.8.2 Codos

En la unión entre esto se usa un codo a 90° de la misma línea adecuados para dicho diámetro. Este se vincula mediante soldadura. Cod. 22320700.

10.8.3 Manguera de carga

El nexo entre el carro de reabastecimiento y el sistema fijo de la sembradora es una manguera flexible multiuso. Del catálogo de Poberaj se selecciona del catálogo manguera para transporte neumático de materiales abrasivos, marca Gastes modelo 101-609W de 4".

10.8.4 Brida

Para la conexión entre la tubería de carga y el ciclón se utiliza la misma brida normalizada de 4" que para el vínculo soplador-mezclador de aire-semilla.

10.9 Bulonería

Para los diversos vínculos del implemento se utiliza la bulonería que se detalla a continuación.

- Bulón 3/8" x 1/2" – UNC - ANSI B18.2.1 (23 u.)
- Arandela 3/8" - ANSI B18.22.1 (23 u.)
- Tuerca autofrenante 3/8" – UNC - ANSI B18.16.6 (7 u.)
- Bulón 3/4" x 7" – UNC - ANSI B 18.2.1 (6 u.)
- Arandela 3/4" - ANSI B18.22.1 (6 u.)
- Tuerca autofrenante 3/4" – UNC - ANSI B18.16.6 (6 u.)
- Esparrago 5/8" x 100 - ANSI B16.5 (16 u.)
- Arandela 5/8" - ANSI B18.22.1 (32 u.)
- Tuerca 5/8" - UNC ANSI B18.2.2 (32 u.)
- Bulón completo p/elástico 25x105 - Inmaza (4 u.)

- Arandela M12 - DIN 125 (2 u.)
- Tuerca autofrenante M12 x 1,75 - DIN 985 (2 u.)
- Bulón G8.8 M12 x 1,75 x 75 - DIN 931 (2 u.)
- Adaptador de rosca 3/4" a 7/8" - UNF 14 (4 u.)

11 Conclusiones y recomendaciones

11.1 Conclusiones técnicas

En este trabajo final de grado se logró brindar una mejora a la problemática de la compactación, existente en los campos con gran contenido de arcilla y aquellos que son tratados con siembra directa.

La mejora desarrollada cumplió en cada etapa con los objetivos planteados. Como primer punto a destacar, se disminuyó el peso por eje de las sembradoras actualmente existentes en el mercado, con esto logramos disminuir la compactación en los campos, aumentando los rindes y extendiendo los lapsos de utilización de implementos de labranza.

Además, se logró mantener o hasta aumentar, en el caso de que el cliente lo desee, la productividad de las sembradoras.

La reducción del peso por eje se logró a partir de una disminución de la capacidad de la tolva de la sembradora. Con esto se desprende la posibilidad de un rediseño en el chasis con el propósito de alivianar las estructuras de las siguientes generaciones de sembradoras.

La productividad se mantiene, trabajando con un equipo que abastece rápidamente a la sembradora, a través de un transporte neumático. Este es un implemento transportable, siendo tirado por un tractor, y consta de una tolva de carga, un sistema dosificador y un equipo que entrega la energía neumática para el transporte.

Este se posiciona en la cabecera del campo y mediante un acople rápido se vincula y desvincula al circuito de transporte neumático, instalado de forma fija en la sembradora. Gracias a la ayuda de un ciclón, se logra la desaceleración de la semilla, para evitar que esta sea perjudicada.

Mediante este sistema se logra reponer la carga de semilla, en la tolva de la sembradora, a una razón aproximada de 2 minutos por tonelada de cereal.

Por lo contrario, cabe aclarar, que no se puede asegurar, en su totalidad, la mejora en la productividad, ya que esta es dependiente de la decisión de la forma de operar del trabajador rural.

Los componentes más críticos fueron verificados mecánicamente para un criterio de vida infinita, donde incluso trabajando en las peores condiciones, los mismos se encontrarán fuera de peligro.

11.2 Conclusiones académicas

Como conclusión final, y más allá de lo analizado a lo largo de este trabajo, pudimos comprender cada una de las etapas que incluye un proyecto de ingeniería. A su vez, pudimos enlazar las herramientas desarrolladas durante la carrera con los conceptos adquiridos durante la investigación científica para llevar adelante este trabajo.

Consideramos que se trata de un trabajo necesario y fundamental en esta etapa de la carrera para englobar criterios y conocimientos adquiridos en los años previos. Logrando así, reforzar nuestra preparación ante la toma de decisiones en el futuro.

La búsqueda de información es algo primordial para realizar trabajos de esta índole. Aún así fue más que interesante y fructífero la realización del presente trabajo, aprendiendo, no sólo sobre la parte técnica mecánica / agronómica, sino también, sobre las buenas prácticas académicas.

11.3 Recomendaciones

A la hora del uso del dispositivo, se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos operativos y de seguridad. Por el lado de los operativos, recomendamos trabajar en conjunto con el concepto de agricultura 4.0. Con la ayuda de un banderilero satelital, que percibe con exactitud la posición de la sembradora en el terreno, y la instalación de sensores de nivel en la tolva de la sembradora, se busca ayudar al tractorista a determinar si se tiene la capacidad, en semillas, de realizar la pasada de siembra, quedando otra vez en la cabecera en la cual se encuentra el equipo para cargar la tolva de la sembradora nuevamente.

Otra recomendación técnica es centrar la boca de carga de semillas, con la tolva del implemente, con el objetivo de evitar cargas desparejas en las paredes de la misma, alargando su vida útil.

Con lo que respecta a la seguridad, se debe verificar y asegurar, a la hora de vincular o desvincular el equipo a la sembradora, que soplador y la válvula rotativa no se encuentren accionados. Además, no se deben realizar trabajos sobre la cama de semilla cuando el equipo se encuentra en marcha, para evitar accidentes con la válvula rotativa que se encuentra por debajo.

En caso de que se deban realizar tareas de esta índole, asegurar que no se pueda presentar el accionamiento de la válvula rotativa.

Índice de figuras

<i>Figura 1-1: Evolución de superficie sembrada y producción en Argentina [29].</i>	1
<i>Figura 1-2: Evolución de superficie de siembra directa, en porcentaje [30].</i>	2
<i>Figura 1-3: Superficie en siembra directa por cultivo en Argentina, en hectáreas [30].</i>	3
<i>Figura 1-4: Triángulo de los componentes del suelo agrícola [2].</i>	4
<i>Figura 1-5: Capas del suelo agrícola y límite de profundidad de labrado [2].</i>	5
<i>Figura 1-6: Imagen de subsolador y sus partes [31].</i>	6
<i>Figura 2-1: Esquema de aumento de índice de cono en zonas de pisado de maquinaria [2].</i>	7
<i>Figura 2-2: Esquema de aumento de índice de cono en zonas de pisado de maquinaria [2].</i>	7
<i>Figura 2-3: Dificultad de crecimiento de raíces con compactación subsuperficial [3].</i>	8
<i>Figura 2-4: Defecto de crecimiento en planos horizontales por excesiva resistencia a la penetración [1].</i>	9
<i>Figura 2-5: Defecto de cambio de sentido de raíces pronunciado por excesiva resistencia a la penetración [1].</i>	9
<i>Figura 2-6: Efecto de la estructura laminar y pan de tráfico [1].</i>	10
<i>Figura 2-7: Defecto de engrosamiento y baja colonización por excesiva resistencia a la penetración [1].</i>	10
<i>Figura 2-8: Penetrómetro [3].</i>	12
<i>Figura 2-9: Efecto de la compactación y subsolado en el IC del suelo [5].</i>	16
<i>Figura 2-10: Efecto de la compactación y subsolado en la densidad aparente en seco del suelo [5].</i>	16
<i>Figura 2-11: Efecto de la compactación y subsolado en la porosidad del suelo [5].</i>	17
<i>Figura 2-12: Valores de IC pre-siembra [34].</i>	19
<i>Figura 2-13: Efecto del tráfico en el índice de cono [33].</i>	20
<i>Figura 2-14: La densidad incrementa (%), con respecto al testigo, medido en 3 rangos de profundidad (mm), para cada tratamiento con 4, 6 y 8 pasadas [33].</i>	21
<i>Figura 5-1: Diagrama de texturas de suelo [33].</i>	27
<i>Figura 5-2: Porosidad de suelo y características [13].</i>	28
<i>Figura 5-3: Esquema de neumático convencional [14].</i>	29
<i>Figura 5-4: Esquema de neumático radial [14].</i>	29
<i>Figura 5-5: Efecto de la velocidad de avance en la distribución de densidad</i>	30
<i>Figura 5-6: Esquema de crecimiento radicular vs compactación [3].</i>	31
<i>Figura 7-1: Mecanismo de cambio de trocha [FUENTE PROPIA].</i>	37
<i>Figura 7-2: Esquema de sistema de transporte neumático de semilla [18].</i>	38
<i>Figura 7-3: Esquema de mecanismo completo sistema de transporte neumático [FUENTE PROPIA].</i>	38
<i>Figura 7-4: Paralelogramo "vertical" [FUENTE PROPIA].</i>	39
<i>Figura 7-5: Resistencia de materiales modernos [32].</i>	40
<i>Figura 7-6: Esquema de propuesta 5 [FUENTE PROPIA].</i>	41
<i>Figura 7-7: Esquema de sistema de intercambio de tolvas [FUENTE PROPIA].</i>	42
<i>Figura 7-8: Esquema de soplador centrífugo [18].</i>	44
<i>Figura 7-9: Esquema de soplador de lóbulos [18].</i>	44
<i>Figura 7-10: Esquema de amortiguador de semilla [FUENTE PROPIA].</i>	45
<i>Figura 7-11: Esquema de funcionamiento de ciclón [4].</i>	45

<i>Figura 8-1: Dimensiones generales de la tolva [FUENTE PROPIA].</i>	50
<i>Figura 8-2: Distribución de fuerza sobre la pared vertical [24].</i>	50
<i>Figura 8-3: Distribución de fuerza sobre la pared vertical [24].</i>	51
<i>Figura 8-4: Diseño preliminar de la tolva [FUENTE PROPIA].</i>	52
<i>Figura 8-5: Diseño preliminar de la tolva [FUENTE PROPIA].</i>	53
<i>Figura 8-6: Fuerza resultante en las patas de la estructura de la tolva [FUENTE PROPIA].</i>	54
<i>Figura 8-7: Representación esquemática de la distribución de fuerza en una unión abulonada [FUENTE PROPIA].</i>	54
<i>Figura 8-8: Disposición de rodamientos en "O" [FUENTE PROPIA].</i>	59
<i>Figura 8-9: Esquema de fuerzas sobre el eje [28].</i>	59
<i>Figura 9-1: Dimensiones generales de la tolva [FUENTE PROPIA].</i>	61
<i>Figura 9-2: Tensiones de von Mises [FUENTE PROPIA].</i>	63
<i>Figura 9-3: Diseño preliminar de la tolva [FUENTE PROPIA].</i>	64
<i>Figura 9-4: Tensiones provocadas por cargas axiales en la viga [FUENTE PROPIA].</i>	67
<i>Figura 9-5: Tensiones provocadas por momentos debidos a cargas en dirección horizontal en la viga [FUENTE PROPIA].</i>	68
<i>Figura 9-6: Tensiones provocadas por momentos debidos a cargas en dirección vertical en la viga [FUENTE PROPIA].</i>	69
<i>Figura 9-7: Diseño preliminar de la tolva [FUENTE PROPIA].</i>	71
<i>Figura 9-8: Tensiones de von Mises [FUENTE PROPIA].</i>	72
<i>Figura 9-9 Altos puntos de tensión debido a que el software se encuentra con aristas vivas. Se aplicaron isosuperficies, la primera que filtre las tensiones superiores al límite admisible y la segunda al límite de fluencia [FUENTE PROPIA].</i>	73
<i>Figura 9-10: Tensiones de corte en la estructura del chasis [FUENTE PROPIA].</i>	74
<i>Figura 9-11: Tensiones provocadas por momentos debidos a cargas verticales [FUENTE PROPIA].</i>	74
<i>Figura 9-12: Representación esquemática de la distribución de fuerza en una unión abulonada [FUENTE PROPIA].</i>	75
<i>Figura 9-13: Representación de a, c, t y d0 en una unión abulonada [28].</i>	76
<i>Figura 9-14: Tensiones de von Mises [FUENTE PROPIA].</i>	76
<i>Figura 9-15: Dimensiones seleccionadas para ciclón [FUENTE PROPIA].</i>	78
<i>Figura 10-1: Esquema de ballesta [Catálogo INMAZA].</i>	83

Índice de tablas

<i>Tabla 2-1: Diferencia de rendimiento en superficies con y sin huellas [13].</i>	14
<i>Tabla 2-2: Parcelas de ensayo, en el centro de la imagen, parcela bajo siembra directa [34].</i>	18
<i>Tabla 2-3: Características de las sembradoras [34].</i>	18
<i>Tabla 2-4: Resistencia a la penetración límite para diferentes estadios del crecimiento de la planta [2].</i>	22
<i>Tabla 2-5: Valores ideales y límites de la densidad aparente [1].</i>	22
<i>Tabla 5-1: Tabla de vulnerabilidad vs. Presión [2].</i>	32
<i>Tabla 5-2: Tabla textura de suelo vs. Pre-compactación [2].</i>	33
<i>Tabla 7-1: : Ventajas y desventajas de las propuestas de solución [FUENTE PROPIA].</i>	43
<i>Tabla 7-2: Especificaciones de la solución [FUENTE PROPIA].</i>	48
<i>Tabla 8-1: Datos del estudio [FUENTE PROPIA].</i>	49
<i>Tabla 8-2: Resultados sobre la pared horizontal [FUENTE PROPIA].</i>	51
<i>Tabla 8-3: Resultados sobre la pared inclinada [FUENTE PROPIA].</i>	52
<i>Tabla 8-4: Factores actuantes sobre el chasis [FUENTE PROPIA].</i>	53
<i>Tabla 8-5: Datos de transporte neumático [FUENTE PROPIA].</i>	55
<i>Tabla 8-6: Cálculos para transporte neumático [FUENTE PROPIA].</i>	56
<i>Tabla 8-7: Cálculos para válvula rotativa [FUENTE PROPIA].</i>	57
<i>Tabla 8-8: Cálculos para soplador [FUENTE PROPIA].</i>	57
<i>Tabla 8-9: Datos de tiro [FUENTE PROPIA].</i>	58
<i>Tabla 8-10: Valores de interés para dimensionamiento [FUENTE PROPIA].</i>	60
<i>Tabla 9-1: Resultados del análisis de espesores [FUENTE PROPIA].</i>	62
<i>Tabla 9-2: Resultados del análisis del efecto de la presión por la chapa vertical y el efecto por el peso de la semilla sobre la viga de la estructura (1) [FUENTE PROPIA].</i>	65
<i>Tabla 9-3: Resultados del análisis del efecto de la presión por la chapa vertical y el efecto por el peso de la semilla sobre la viga de la estructura (2) [FUENTE PROPIA].</i>	66
<i>Tabla 9-4: Resultados del análisis del efecto del peso de las semillas y la tolva sobre la viga del larguero (1) y (2) [FUENTE PROPIA].</i>	71
<i>Tabla 9-5: Resultados de las dimensiones mínimas de la chapa de la unión abulonada.</i>	75
<i>Tabla 9-6: Valores necesarios para perfil de eje [FUENTE PROPIA].</i>	77

Referencias bibliográficas

- [1] J. Elisei (INTA) (2010). Compactación de suelo: Propuesta de diagnóstico a campo.
- [2] R. H. Balbuena (2013). Compactación y descompactación de suelos.
- [3] J. A. Hilbert (INTA) (2014). La compactación de suelo: Identificación del problema y factores que la producen.
- [4] Elortegui y M. R. Barbosa (2013). Diseño y optimización de un sistema ciclón-filtro para desempolvado de ambientes industriales.
- [5] S. S. Al-Adawi & R. C. Reeder (1996). Compactation and subsoiling effects on corn and soybean yields and soil physical properties.
- [6] R. H. Balbuena (2022). Compactación de suelos agrícolas.
- [7] D. Jorajuría Collazo & L. Marquez Delgado (2017). Distribución vertical de la compactación del suelo bajo tráfico vehicular agrícola.
- [8] Lozza (2012). Compactación del suelo provocada por el tráfico de la maquinaria y pisoteo animal en un establecimiento en Quehué, La Pampa, Argentina.
- [9] J. Kuht & E. Reintam (2004). Soil compaction effect on soil physical properties and the content of nutrients in spring barley and spring wheat.
- [10] H. Guclu Yavuzcan, D. Matthies & H. Auernhammer (2004). Vulnerability of Bavarian silty loam soil on compaction under heavy wheel traffic: impacts of tillage method and soil water content.
- [11] C. Quiz (2002). Understanding and managing soil compaction.
- [12] H. Ferrari (2013). Ensayo de compactación: resistencia a la penetración.
- [13] INTA (2013). Comparación de neumáticos radiales vs diagonales en equipos agroindustriales.
- [14] INTA (2016). Efectos del uso de neumáticos radiales vs convencionales en la siembra directa del cultivo de trigo
- [15] H. Ferrari, R. Hidalgo & O. R. Pozzolo. Transferencia lateral de la compactación del suelo provocada por el tránsito de la maquinaria utilizada en cosecha.
- [16] D. F. Herran Herran (2019). Diseño de sistemas para transporte neumático de materia prima.
- [17] H. J. Linder (2016). Sistemas de transporte neumático – Una recapitulación de soluciones acreditadas, incluso para productos difíciles y problemáticas complejas.

- [18]Curso VentilAR S.A. Curso de transporte neumático.
- [19]Pisarenko (1979). Manual de resistencia de materiales.
- [20]Shigley 8va ed. (2008). Diseño en ingeniería mecánica.
- [21]Mott 4ta ed. (2006). Diseño de elementos de máquinas.
- [22]Myszka 4ta ed. (2013). Máquinas y mecanismos.
- [23]Hibbeler 9na ed. (2017). Mecánica de materiales.
- [24]V. J. Soriano Virues. Cálculo de tolvas de almacenamiento.
- [25]J. Paredes Guerra (2017). Diseño mecánico de tolvas industriales.
- [26]Eurocódigo (1998). Bases de proyectos y acciones en estructuras.
- [27]R. Siuce Bonifacio (2017). Diseño de tolvas.
- [28]Ingemecanica. Cálculo y diseño de vehículos.
- [29]CEP XXI (2020). Informe de coyuntura agrícola.
- [30]Aapresid (2020). Evolución de siembra directa en Argentina.
- [31]Archivos de Cátedra de Maquinaria Agrícola y Equipos Agroindustriales, UNR.
- [32]Archivos de Elaboración y Conformado de Materiales, UNR.
- [33]G.F.Botta, D.Jorajuria, R.Balbuena & H.Rosatto (2004). Mechanical and cropping behaviour of direct drilled soil under different traffic intensities: effect on soybean yields.
- [34]V.S.Martiren, R.A.Fonterosa, X.B.Lastra-Bravo, G.F.Botta (2016). Compactación por el tráfico de la maquinaria agrícola: su efecto sobre el esfuerzo cortante del suelo y el rendimiento del cultivo de maíz.
- [35]Anexo LL - Anexo sustituido por art. 34 del Decreto N° 32/2018 B.O. 11/1/2018 - Normas para la circulación de maquinaria agrícola - Argentina.gob.ar/
- [36]Cálculo de altura para enganche de tractor - Repository.agrosavia.com/

Anexos

- 1. Anexo A: Matriz de análisis de soluciones.**
- 2. Anexo B: Matriz de validación de la propuestas de soluciones.**
- 3. Anexo C: Memoria de cálculos y análisis de Elementos Finitos.**
- 4. Anexo D: Elementos comerciales.**
- 5. Anexo E: Planos.**

Anexo A: Matriz de análisis de soluciones.

PROPUESTAS	CRITERIOS												
Criterios	Factible	Medible	Costo	Tiempo	Mantenimiento	Peso	Daño semilla	Peligro	Regulaciones	Medio ambiente	Productividad	Adaptación	TOTAL
Ponderación de criterios	3	3	2	1	2	3	3	3	2	3	3	2	
TRÁFICO CONTROLADO	3	2	3	3	3	1	3	3	3	3	2	1	74
ABASTECIMIENTO DE TOLVA EN LABOR	3	2	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3	81
SEMBRADORAS AUTÓNOMAS SINCRONIZADAS DE MENOR PORTE	3	2	1	2	2	3	3	3	1	2	3	2	71
CAMBIO DE MATERIALES	1	2	1	1	3	3	3	3	3	3	2	2	70
MODIFICACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE PESO	3	2	2	3	3	1	3	3	3	3	2	3	76
SISTEMA DE INTERCAMBIO DE TOLVAS	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	3	2	72

Tabla A-1: Tabla de evaluación de propuestas [FUENTE PROPIA].

CRITERIO		CONCEPTOS	ESCALA DE VALORES			PONDERACIÓN
1. ¿La solución es factible?	→	Factible	Poco factible = 1	Medio = 2	Muy factible = 3	3
2. ¿Se pueden medir los resultados?	→	Medible	Poco medible = 1	Medio = 2	Muy medible = 3	3
3. ¿La solución es de bajo costo?	→	Costo	Caro = 1	Medio = 2	Barato = 3	2
4. ¿Cuánto tiempo tardo en aplicar la solución?	→	Tiempo	Largo plazo = 1	Medio = 2	Corto plazo = 3	1
5. ¿Requiere un mantenimiento especial?	→	Mantenimiento	Si = 1	Medio = 2	No = 3	2
6. ¿Es significativa la reducción de peso?	→	Peso	No = 1	Medio = 2	Si = 3	3
7. ¿Podría dañar la semilla?	→	Daño semilla	Mucho = 1	Medio = 2	Poco = 3	3
8. ¿Conlleva peligro para el operario?	→	Peligro	Mucho = 1	Medio = 2	Poco = 3	3
9. ¿Sus regulaciones son de fácil accionamiento?	→	Regulaciones	No = 1	Medio = 2	Si = 3	2
10. ¿Es compatible con los requerimientos actuales del medio ambiente?	→	Medio ambiente	No = 1	Medio = 2	Si = 3	3
11. ¿Representa pérdidas de productividad?	→	Productividad	Mucho = 1	Medio = 2	Poco = 3	3
12. ¿Es fácilmente adaptable cualquier sembradora preexistente?	→	Adaptación	Poco = 1	Medio = 2	Muy = 3	2

Tabla A-2: Tabla de evaluación de criterios de factibilidad [FUENTE PROPIA].

*Los criterios serán ponderados de acuerdo al grado de importancia que tenga cada uno	
IMPORTANCIA DE CRITERIOS	
ALTA	3
MEDIA	2
BAJA	1
N/A	0

Tabla A-3: Tabla de importancia de criterios [FUENTE PROPIA].

Anexo B: Matriz de validación de la propuesta de solución

Valores originales					Reduccion de cantidad de semilla				Reduccion de cant. de semilla y de porte de chasis			Autonomía
Modelo	Peso vacío [tn]	Peso tolva llena [tn]	Peso total [tn]	Peso por eje original [tn]	Peso de semilla sugerido [tn]	Peso tot reducido [tn]	% reducido	Peso por eje 1 [tn]	Peso vacío posible [tn]	% reducido final	Peso por eje 2 [tn]	[ha]
Un módulo												
Pionera - 5 m	7,5	2,51	10,01	4,0	1	8,5	15,1	3,3	6,8	22,6	2,9	7,1
Pionera - 7 m	11,35	3,4	14,75	6,4	1	12,4	16,3	5,2	10,2	24,0	4,6	7,1
Gringa - 6 m	8,85	1,52	10,37	4,2	1	9,9	5,0	3,9	8,0	13,5	3,5	7,1
Gringa - 7 m	9,05	1,75	10,8	4,4	1	10,1	6,9	4,0	8,1	15,3	3,4	7,1
Gringa - 8 m	9,45	1,95	11,4	4,2	1	10,5	8,3	3,7	8,5	16,6	3,3	7,1
Gringa - 8,4 m	8,45	2,04	10,49	3,7	1	9,5	9,9	3,2	7,6	18,0	2,8	7,1
Dos módulo												
Pionera - 8,5 m	14,8	3,97	18,77	3,9	2	16,8	10,5	3,5	13,3	18,4	3,1	14,3
Pionera - 10,5 m	17,3	5,03	22,33	4,6	2	19,3	13,6	3,8	15,6	21,3	3,4	14,3
Gringa - 9 m	11,7	2,18	13,88	2,7	2	13,7	1,3	2,7	10,5	9,7	2,4	14,3
Gringa - 10 m	12	2,35	14,35	2,8	2	14	2,4	2,8	10,8	10,8	2,5	14,3
Gringa - 11 m	13,5	2,72	16,22	3,1	2	15,5	4,4	2,9	12,2	12,8	2,5	14,3
Gringa - 12,6 m	17,5	2,94	20,44	4,1	2	19,5	4,6	3,9	15,8	13,2	3,4	14,3

Tabla B-1: Validación de propuesta de solución 2 [FUENTE PROPIA].

Modelo	Peso vacío [tn]	Peso tolva llena [tn]	Peso total [tn]	Peso por eje original [tn]	Peso de semilla sugerido [tn]	Peso tot reducido [tn]	% reducido	Peso por eje 1 [tn]	Peso vacío posible [tn]	% reducido final	Peso por eje 2 [tn]	[ha]
Tres módulo												
Pionera - 12 m	21,7	5,95	27,65	3,9	3	24,7	10,7	3,5	19,5	18,5	3,1	21,4
Pionera - 15 m	25,1	7,54	32,64	4,6	3	28,1	13,9	3,9	22,6	21,6	3,4	21,4
Gringa - 15 m	21,5	3,6	25,1	3,4	3	24,5	2,4	3,3	19,4	11,0	2,9	21,4
Gringa - 18 m	23,05	4,25	27,3	3,6	3	26,05	4,6	3,3	20,7	13,0	3,0	21,4
Sembradoras Air												
Air drill - 8,2 m	12,4	7,32	19,72	4,2	3	15,4	21,9	3,1	11,2	28,2	2,8	21,4
Air drill - 9,6 m	13,48	7,32	20,8	4,5	3	16,5	20,8	3,4	12,1	27,3	3,0	21,4
Air plantor - 12 m	13,9	6,58	20,48	4,1	3	16,9	17,5	3,2	12,5	24,3	2,9	21,4
Air plantor - 15 m	15,7	6,58	22,28	4,3	3	18,7	16,1	3,4	14,1	23,1	3,0	21,4
Air plantor - 18 m	17,8	6,58	24,38	4,6	3	20,8	14,7	3,7	16,0	22,0	3,3	21,4

Tabla B-1: Continuación.

Anexo C: Memoria de cálculo y análisis de elementos finitos

C.1 Tolva

Para el estudio de la tolva comenzamos asegurando que la misma presentará un volumen tal que pueda albergar las 3 tn de cereal que se le impone de condición. Para el diseño de la misma nos apoyamos en las recomendaciones de diseño del Ing. Ramiro Siuce Bonifacio [27].

Bonifacio (2019) expresa que a la hora de diseñar una tolva para gruesos, no se debe considerar el volumen que deseamos albergar solamente, se le debe agregar, en el caso del cereal, un 30% más para así considerar los espacios vacíos. Por ende, la tolva diseñar es de 4 tn.

Bonifacio (2019) también sugiere para la correcta descarga por la boca, que el ángulo de la parte piramidal sea 15° superior al ángulo de talud, donde en el caso de los cereales como trigo, soja, maíz, sorgo, etc. son muy similares, considerando el de la mayoría de ellos de 29° .

A su vez, tenemos dos condiciones de diseños impuestas, una en el ancho y largo de la parte prismática, donde esta no debe superar los 2 m y por otro lado, el área de descarga de la boca de la tolva, donde esta viene impuesta por la válvula rotativa SOCOM SerieP360 (en Anexo D podemos apreciar las dimensiones generales de la misma), siendo de $0,0875 \text{ m}^2$. Además, buscamos que aproximadamente el 75% del volumen del cereal se encuentre en la parte prismática y que el 25% restante en la parte piramidal.

Trabajando con la condiciones de diseño impuestas, buscando una tolva estéticamente agradable llegamos a que la misma presenta las siguientes medidas.

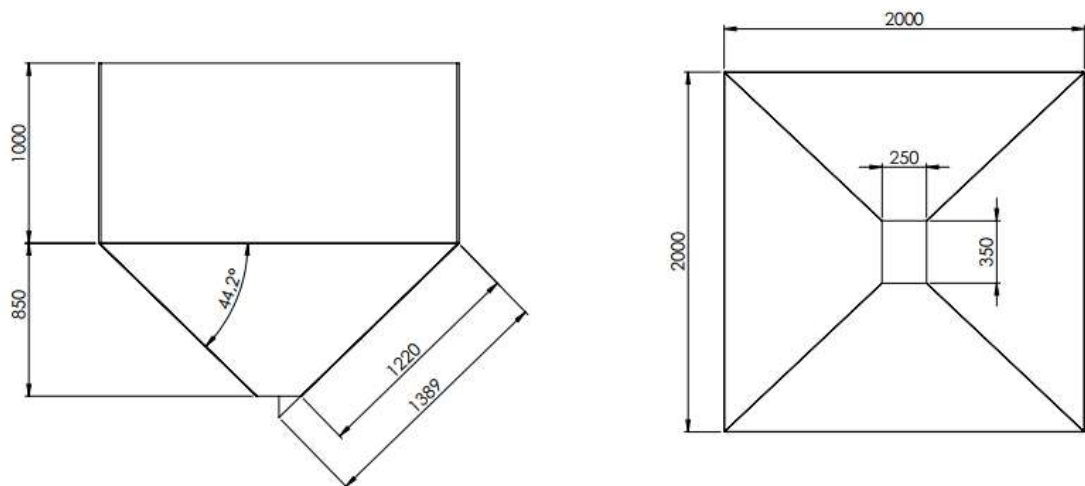


Figura C.1-1: Dimensiones generales de la tolva [FUENTE PROPIA].

Como podemos ver, cumple con las condiciones de diseño de no superar los 2 m de ancho y largo, tener un ángulo superior a los 44° ($=29^\circ + 15^\circ$) y las medidas de la boca de ingreso de la válvula rotativa. El siguiente paso es demostrar que la misma puede albergar 4 tn de cereal de 770 kg/m^3 de densidad.

$$V_{tolva} = \frac{h}{3} * (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 * A_2}) + A_1 * H$$

Ecuación C.1-1: Cálculo volumen tolva [FUENTE PROPIA].

Siendo:

h = altura vertical de la parte piramidal = 0,85 m.

A1= área transversal de la parte prismática = 4 m².

A2= área de la boca de descarga = 0,085 m².

H = altura vertical de la parte prismática = 1 m.

$$V_{tolva} = \frac{0,85 \text{ m}}{3} * (4 \text{ m}^2 + 0,085 \text{ m}^2 + \sqrt{4 \text{ m}^2 * 0,085 \text{ m}^2}) + 4 \text{ m}^2 * 1 \text{ m} = 5,326 \text{ m}^3$$

Ecuación C.1-2: Cálculo volumen tolva [FUENTE PROPIA].

A su vez, también lo verificamos con el software SolidWorks, donde llegamos al mismo valor.

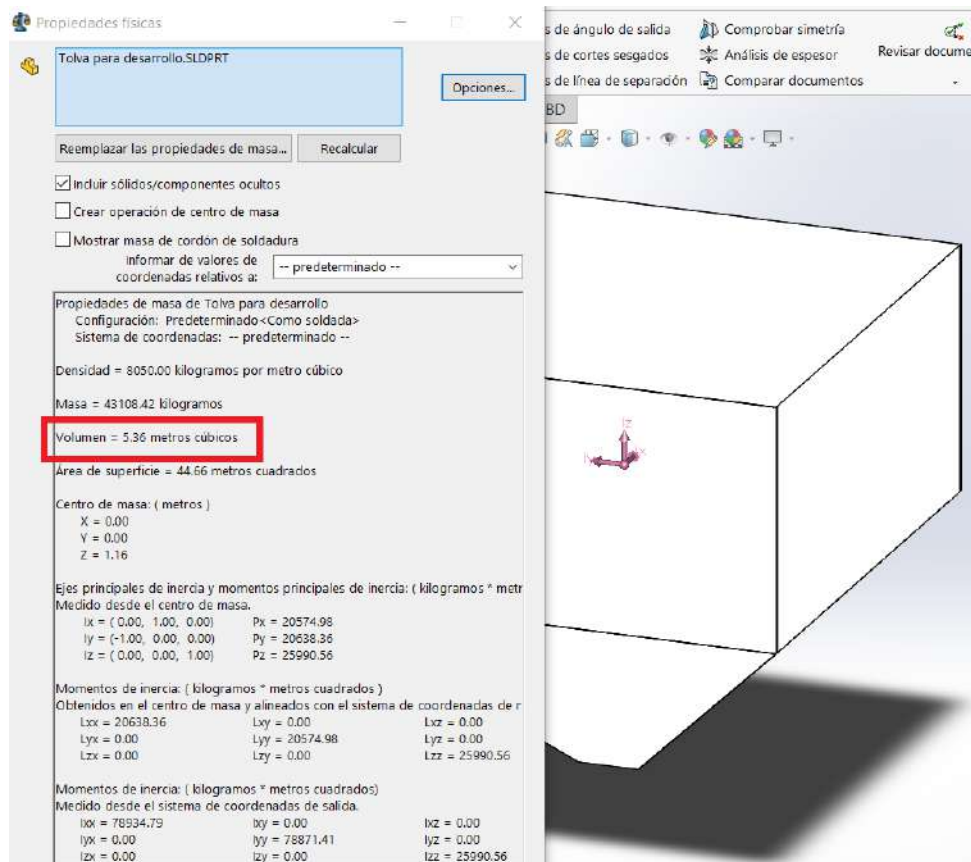


Figura C.1-2: Demostración volumen que alberga tolva. Solamente es valedero para el estudio la información del volumen [FUENTE PROPIA].

Dimensionada generalmente la tolva, el siguiente paso es estudiar los esfuerzos que se presentan en la misma. Como el cereal no se comporta como un cuerpo rígido y el comportamiento del mismo se asimila más al de un fluido, decidimos realizar el estudio de fuerza considerando las presiones que ejerce el material a granel sobre las distintas paredes de la tolva.

En Argentina, no se presenta ninguna norma de diseños de tolvas, por ende, para calcular las presiones ejercidas sobre las paredes de tolva nos apoyamos en dos fuentes distintas ([24] y [25]), donde la diferencia entre ellas se presenta en cómo dimensionan el espesor de la chapa. Tener en cuenta, que ambas bibliografías se basan en la norma europea UNE-ENV 1991-94 Eurocódigo 1-parte 4 (marzo 1998) [26]. Las tablas de las mismas nos brinda información sobre el trigo, por lo tanto, se realizó el estudio con dicho material a granel.

Como se expresó con anterioridad, en Argentina no existe una norma de diseño de tolvas, por ende, nos apoyamos con ambas fuentes y a su vez, también le agregamos los efectos de que el implemento agrícola se encuentre con desperfectos en el terreno rural, donde aumentamos la acción del peso un 50% en forma horizontal y 200% en forma vertical.

Dimensionamiento de espesor		
ρ	770	kg/m ³
μ	0,3	
φ	16,699	°
K_s	0,55	
C_o	1,3	
C_b	1,2	
A_1	4	m ²
P_1	8	m
z	1	m
excentricidad de carga	0,3	m
σ_{fl}	900	MPa
FS	2	-
σ_{adm}	450	MPa

Tabla C.1-1: Datos del estudio [FUENTE PROPIA].

El estudio de fuerza en la tolva se divide en dos, por un lado se estudia la parte prismática superior y por otro lado se estudia la parte piramidal inferior.

La distribución de fuerzas sobre la pared vertical es triangular tal como se presenta en la siguiente figura.

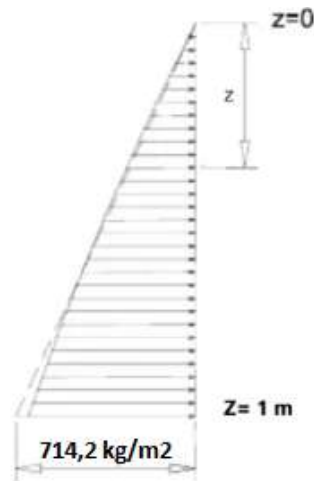


Figura C.1-3: Distribución de fuerza sobre la pared horizontal [24].

Donde está responde a la siguiente ecuación.

$$P_{hf(z)} = \frac{\rho * A_1 * C_z}{\mu * P_1}$$

$$C_z(z) = 1 - e^{\frac{z}{z_0}}$$

$$z_0 = \frac{A_1}{\mu * K_s * P_1}$$

Ecuación C.1-3: Cálculo de la presión ejercida sobre la pared horizontal en función de z
[FUENTE PROPIA].

Los valores de μ y K_s se extraen de la tabla provista por la norma [26] que se adjunta a continuación.

Tabla 7.1
Propiedades de los materiales granulados

Material granular	Densidad ¹⁾ γ [kN/m ³]	Relación de presiones (K_{cm})	Coeficiente de rozamiento de la pared μ_m		Máximo coeficiente de mayoración de la presión C_s
			Acero ¹⁾	Hormigón	
cebada ¹⁾	8,5	0,55	0,35	0,45	1,35
cemento	16,0	0,50	0,40	0,50	1,40
clinker de cemento	18,0	0,45	0,45	0,55	1,40
arena seca ²⁾	16,0	0,45	0,40	0,50	1,40
harina ¹⁾	7,0	0,40	0,30	0,40	1,45
ceniza volante ²⁾	14,0	0,45	0,45	0,55	1,45
maíz ¹⁾	8,5	0,50	0,30	0,40	1,40
azúcar ¹⁾	9,5	0,50	0,45	0,55	1,40
trigo ¹⁾	9,0	0,55	0,30	0,40	1,30
carbón ^{1), 2)}	10,0	0,50	0,45	0,55	1,45

Tabla C.1-2: Tabla de propiedades de los materiales granulados [26].

El siguiente paso es corregir la presión por la excentricidad a la hora de cargar la tolva, donde suponemos que el desvío máximo que se puede generar es de 30 cm.

$$P_{hf \text{ por exc}} = \beta * P_{hf}$$

$$\beta = 1 + \frac{4 * exc}{L}$$

Ecuación C.1-4: Cálculo de la presión corregida por excentricidad de carga [FUENTE PROPIA].

La presión que genera el material a granel en el punto más bajo de la pared horizontal es de 541,1 kgf/m², mientras que cuando se la corrige debido a una excentricidad de carga a la hora de llenar la misma, obtenemos que la presión en dicho punto aumenta a **714,2 kgf/m²**.

Cálculo presiones llenado pared horizontal		
z0	3,03	m
Cz (z=1m)	0,281	
Phf (z=1m)	541,1	kgf/m ²
β	1,6	
Phf por excentricidad	714,2	kgf/m ²

Tabla C.1-3: Resultados sobre la pared horizontal [FUENTE PROPIA].

La norma [26] considera a la tolva como corta, ya que el alto total (1,85 m) sobre el ancho (2 m) es menor a 10, por ende, las presiones de vaciado son equivalentes a la de llenado.

La distribución de fuerza sobre la pared inclinada es del tipo trapezoidal, donde al siguiente se adjunta la misma.

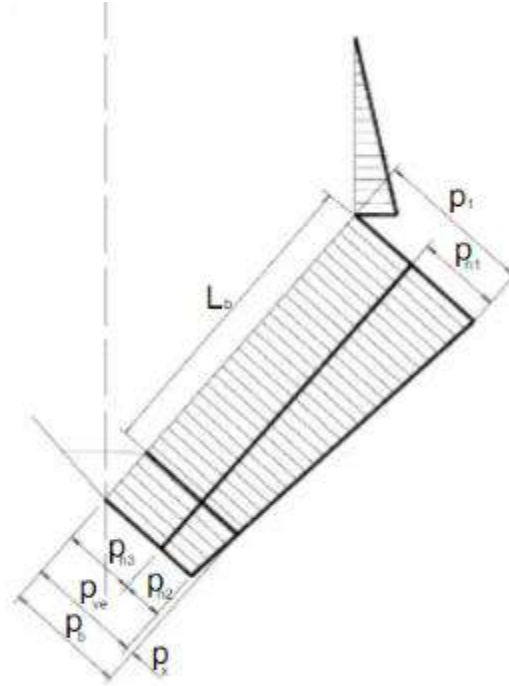


Figura C.1-4: Distribución de fuerza sobre la pared vertical [24].

$$P_{v(z)} = \frac{\rho * A_1 * C_z}{K_s * \mu * P_1}$$

$$C_z(z) = 1 - e^{\frac{z}{z_0}} \quad z_0 = \frac{A_1}{\mu * K_s * P_1}$$

$$P_{n1} = P_{v0} * (C_b * \cos^2 \theta + \sin^2 \theta) \quad P_{n2} = P_{v0} * C_b * \cos^2 \theta$$

$$P_{n3} = 3 * \frac{\rho * A_1 * K_s}{\sqrt{\mu} * P_1} * \sin^2 \theta$$

$$P_t = P_{n1} + P_{n2}$$

$$P_{ve} = P_{n2} + P_{n3} \quad P_x = \frac{(P_{n1} - P_{n2}) * (L_{ve} - L_b)}{L_{ve}}$$

$$P_b = P_{ve} + P_x$$

Ecuación C.1-5: Cálculo de la presión ejercida sobre la pared inclinada en función de z
[FUENTE PROPIA].

Siendo:

C_b = máximo coeficiente de mayoración de la presión, se extrae de la tabla C.1-2

θ = ángulo de la parte piramidal.

L_{ve} = longitud imaginaria al vértice de la tolva, obtenida gráficamente desde SolidWorks.

Lb = longitud real a la boca de la tolva, obtenida gráficamente desde SolidWorks.

Las presiones generadas por el cereal sobre la pared inclinada son superiores a las que se generan sobre la pared horizontal. Donde en la transición entre la parte prismática y la parte piramidal se presenta una presión de **3850,143 kgf/m²** y en la boca de la tolva una presión de **3016,827 kgf/m²**.

Cálculo presiones llenado pared inclinada		
Pv0 (z=1m)	1967,534	kgf/m ²
Pn1	2171,154	kgf/m ²
Pn2	1221,72	kgf/m ²
Pn3	1678,989	kgf/m ²
Pt (presión en transición)	3850,143	kgf/m ²
Pve (presión vértice tolva)	2900,709	kgf/m ²
Lb (long. real a boca tolva)	1,22	m
Lve (long. imag. a vért. tolva)	1,39	m
Px	116,117823	kgf/m ²
Pb (presión en boca tolva)	3016,827	kgf/m ²

Tabla C.1-4: Resultados sobre la pared inclinada [FUENTE PROPIA].

Hasta aquí ambas bibliografías coinciden. Las diferencias comienzan ahora, donde el Ing. Alfredo Jesus Paredes Guerra (2017) [25] propone en su blog calcular el espesor como si la tolva se comportará como un recipiente sometido a presión, mientras que Blas J. Soriano Virués (2019) [24] propone en su Proyecto Final de Carrera estudiar a las paredes de la tolva como si fueran vigas simplemente apoyadas.

Nosotros decidimos aplicar ambos conceptos, para obtener un valor inicial de espesor de chapa para realizar las simulaciones necesarias en SolidWorks, donde el valor final del mismo lo sentencia dicho software.

Comenzamos analizando la tolva como un recipiente cilíndrico a presión.

$$e = \frac{P_{sobre\ pared} * C}{2 * \sigma_{adm}}$$

Ecuación C.1-6: Cálculo de la presión corregida por excentricidad de carga.

Siendo:

C = la medida representativa de la parte a analizar de la tolva.

Por cuestiones de solicitudes de desgaste ocasionadas por el cereal, decidimos escoger una chapa de las que se denominan anti-desgaste, donde utilizamos la que proporciona la marca Raex ® modelo 300, donde su límite de fluencia es de 900 MPa. Optamos por un factor de seguridad de 2, quedando una tensión de fluencia de 450 MPa.

Para el caso de la pared vertical trabajamos con la presión de 714,2 kgf/m² y la medida representativa de 2 m. Mientras que para el caso de la pared inclinada, analizamos qué combinación de presión y medida representativa nos da como resultado un mayor espesor, donde analizaremos el punto de transición de parte prismática a parte piramidal con presión de 3850,143 kgf/m² y medida representativa de 2 m.

Los resultados de espesores que obtenemos son de **0,016 mm** para la pared vertical y **0,084 mm** para la pared inclinada.

Ahora analizamos a las paredes de la tolva como una viga simplemente apoyada.

Debemos transformar en ambos casos el valor de presión a un valor de carga repartida para trabajarla como viga. Donde para el caso de la pared inclinada, tenemos que considerarla como que es de forma rectangular y no de forma trapezoidal, tomando como medida representativa a la de la zona más exigida.

$$q_{hf} = P_{hf} * C$$

Ecuación C.1-7: Transformación del valor de presión a él de una carga repartida.

Siendo:

C = la medida representativa de la parte a analizar de la tolva.

Para la pared vertical (en la zona más baja) la carga repartida es de 1428,43 kgf/m y para la pared inclinada de 7700,29 kgf/m (en la zona de transición) y 754,207 kgf/m (en la zona de la boca de descarga). Al siguiente, se adjuntan las representaciones de las vigas simplemente apoyadas.

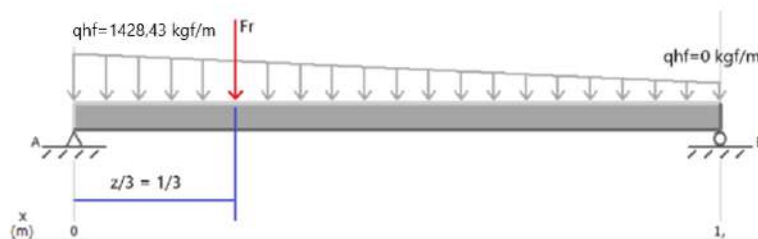


Figura C.1-5: Representación de la pared vertical como viga simplemente apoyada
[FUENTE PROPIA].

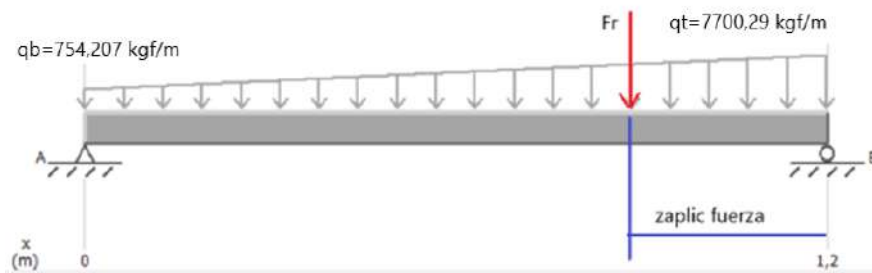


Figura C.1-6: Representación de la pared inclinada como viga simplemente apoyada
[FUENTE PROPIA].

Se obtiene como resultado de corte y momento a lo largo de la viga los siguientes resultados.

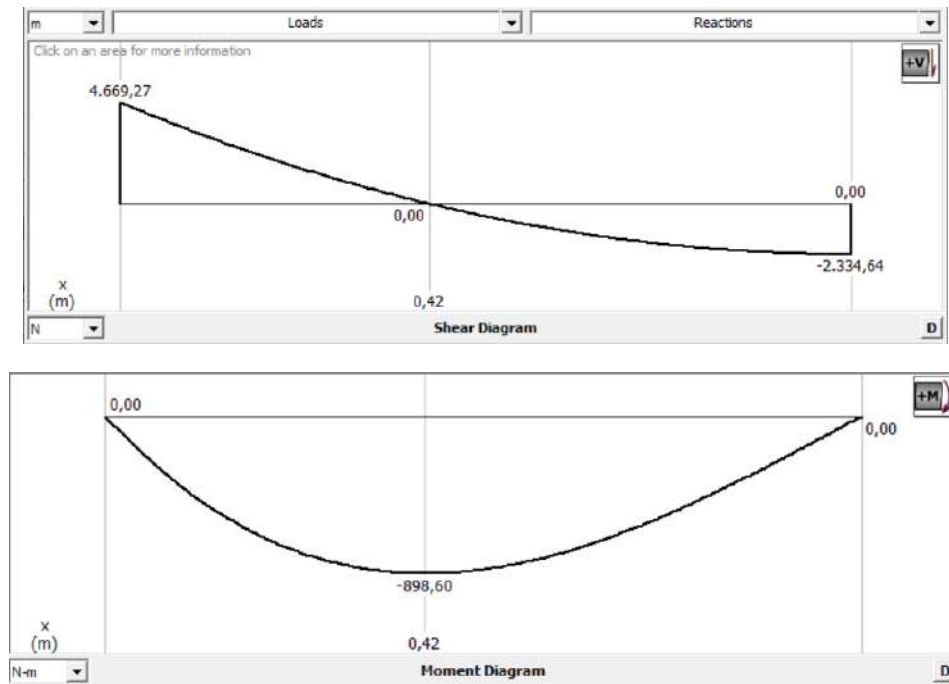


Figura C.1-7: Esfuerzos cortantes y flectores en la viga representativa de la pared vertical [FUENTE PROPIA].

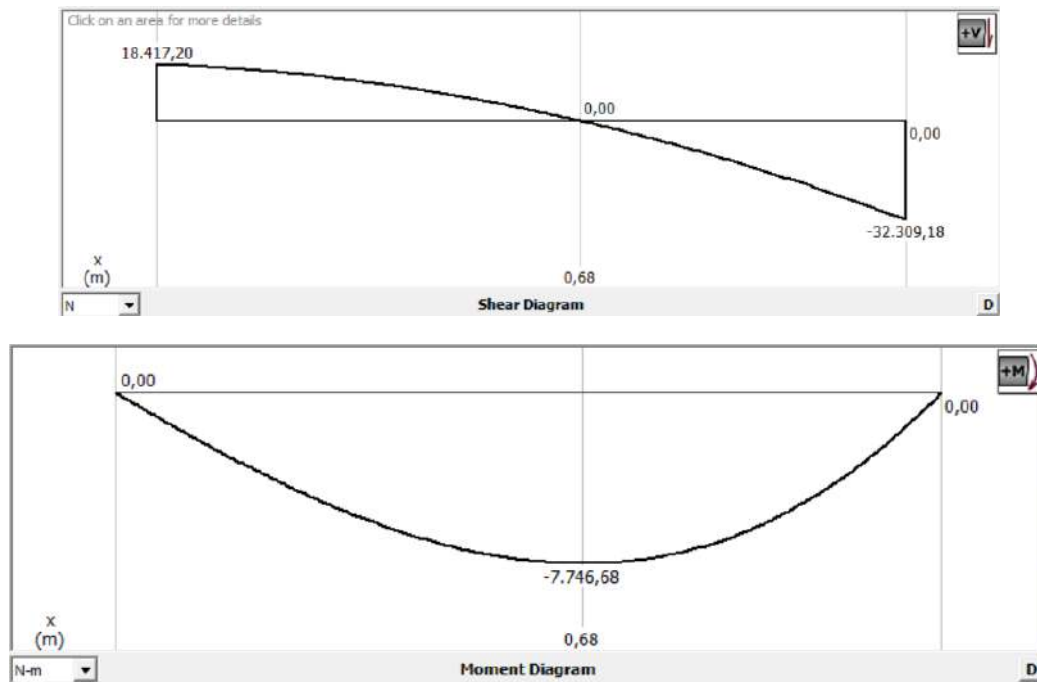


Figura C.1-8: Esfuerzos cortantes y flectores en la viga representativa de la pared inclinada [FUENTE PROPIA].

Para dimensionar la sección de la viga al momento flector y al esfuerzo cortante utilizamos las siguientes fórmulas.

$$\sigma_{adm} = \frac{M_{fl} * c}{I} \tau_{adm} = \frac{Q}{A}$$

Ecuación C.1-8: Fórmulas para el dimensionamiento del espesor por momento flector y por esfuerzo cortante [FUENTE PROPIA].

Para el momento de inercia consideramos que la misma es de sección rectangular de 2 m por el espesor (que es la incógnita), mientras que la distancia al eje neutro es de 1 m.

De esta manera, obtenemos que precisamos un espesor de **2,45 mm** para la pared vertical y **7,12 mm** para la pared inclinada.

Cálculo de espesor de chapa		
Simplificando a un recipiente cilíndrico a presión		
esp mín en pared vertical	0,016	mm
esp mín en pared inclinada	0,084	mm
Simplificando a una viga simplemente apoyada - pared vertical		
qh _f	1428,43	kgf/m
Fr	714,215	Kgf
zaplic fuerza	0,667	m
Ra	476,143	Kgf
Rb	238,072	Kgf
M _f máx	91,632	Kgf*m
esp mín	2,448	mm
Simplificando a una viga simplemente apoyada - pared inclinada		
qt	7.700,29	kgf/m
qb	754,207	kgf/m
Fr	5157,24	Kgf
Mr	2284,371	
zaplic fuerza	0,443	m
Ra	1872,435	Kgf
Rb	3284,805	Kgf
M _f máx	774,668	Kgf*m
esp mín	7,117	mm

Tabla C.1-5: Resultados del análisis de espesores [FUENTE PROPIA].

El siguiente paso es trabajar con el software SolidWorks, donde comenzamos realizando una simulación en una tolva de espesor 5 mm, ya que como sabíamos, no consideramos a la pared inclinada como es en realidad, por ende, tomamos un valor intermedio entre el resultado entre la pared vertical y la pared inclinada. Dicho resultado en SolidWorks nos devolvió un visto bueno donde observamos que la tolva estaba muy sobredimensionada con un espesor de 5 mm.

Con estos resultados, concluimos que considerar a las paredes de la tolva como vigas simplemente apoyadas es una solución muy conservadora, por ende, el siguiente paso fue acercarse lo más posible al valor de espesor obtenido por la forma de recipiente a presión. La chapa más fina que proporciona Raex ® es de 2 mm.

El material aplicado a la tolva es personalizado y se colocaron los datos proporcionados por Raex ® para el modelo 300. A continuación se adjuntan los mismos.

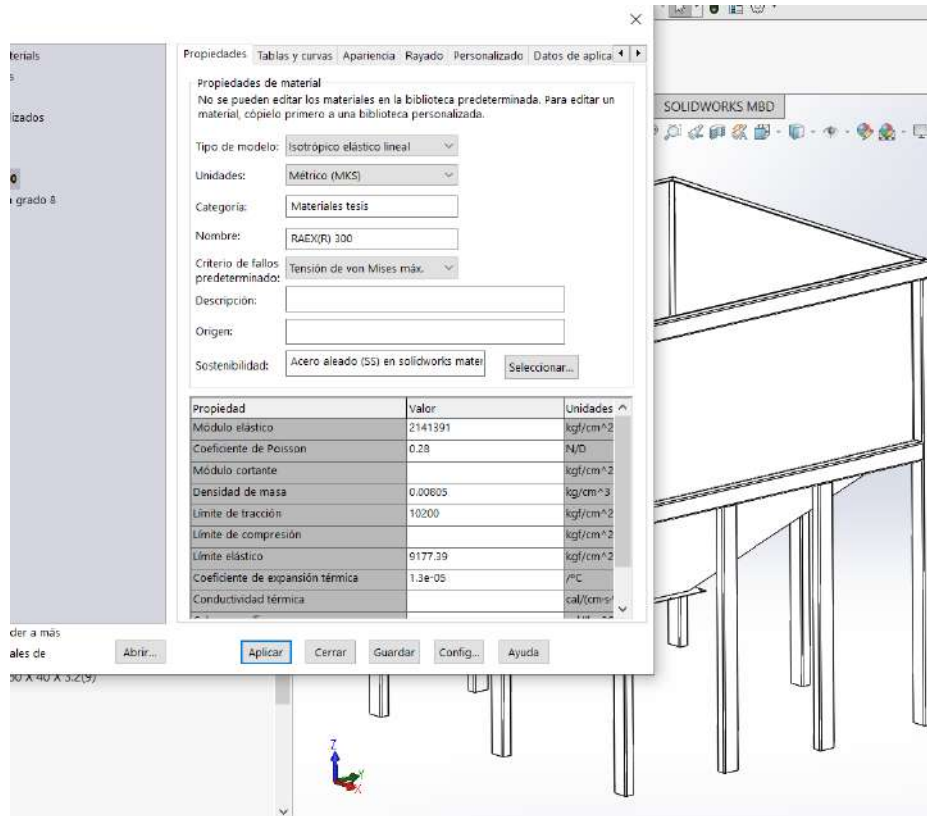


Figura C.1-9: Datos del material personalizado utilizado para la tolva [FUENTE PROPIA].

Para evitar problemas de mallado en el espesor, ya que este es muy pequeño en comparación al resto de las dimensiones, aplicamos la herramienta vaciado a las caras externas de la tolva, tal como se muestra en la siguiente imagen.

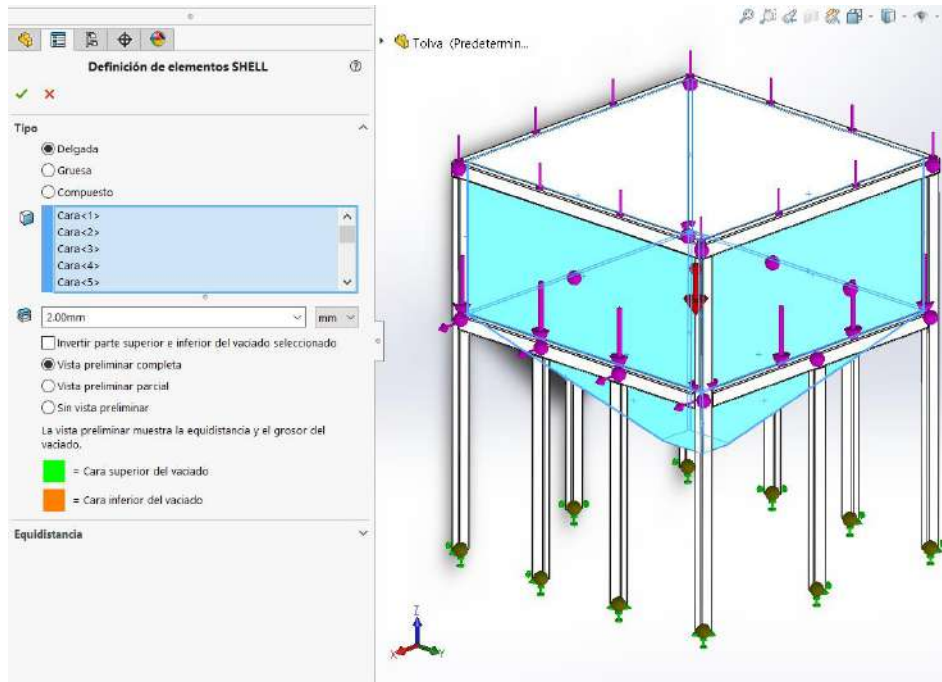


Figura C.1-10: Caras del sólidos a las que se le aplicaron vaciado de 2 mm [FUENTE PROPIA].

El siguiente paso fue definir conexiones y sujeciones, donde colocamos una conexión global de unión rígida y contactos de uniones rígidas entre las chapas de la parte prismática y los correspondientes perfiles en contacto con estas. Por último, definimos sujeciones de empotramiento en las patas de la estructura que sostiene la tolva.

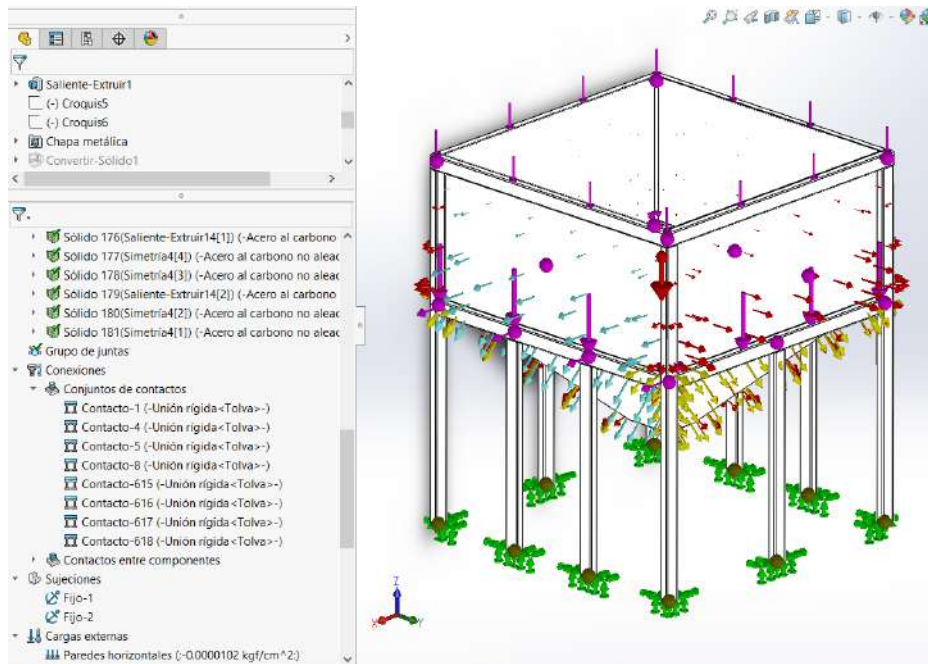


Figura C.1-11: Conexiones y sujeciones de la simulación [FUENTE PROPIA].

Definidas las conexiones y sujeciones procedimos a determinar las cargas de la simulación, donde aplicamos la herramienta presión con una distribución no uniforme,

aquí colocamos las ecuaciones C.1-3 y C.1-4 para representar los efectos del material a granel, tener en cuenta que las primeras dos corresponden a las fuerzas en todas las caras sin considerar el efecto del camino rural y las últimas tres si consideran el efecto del camino rural, donde a las paredes horizontal e inclinada normales al eje x se le aplicaron las presiones anteriores aumentadas un 50% y a su vez a todas las paredes inclinadas se le aplicaron las presiones anteriores aumentadas un 200%.

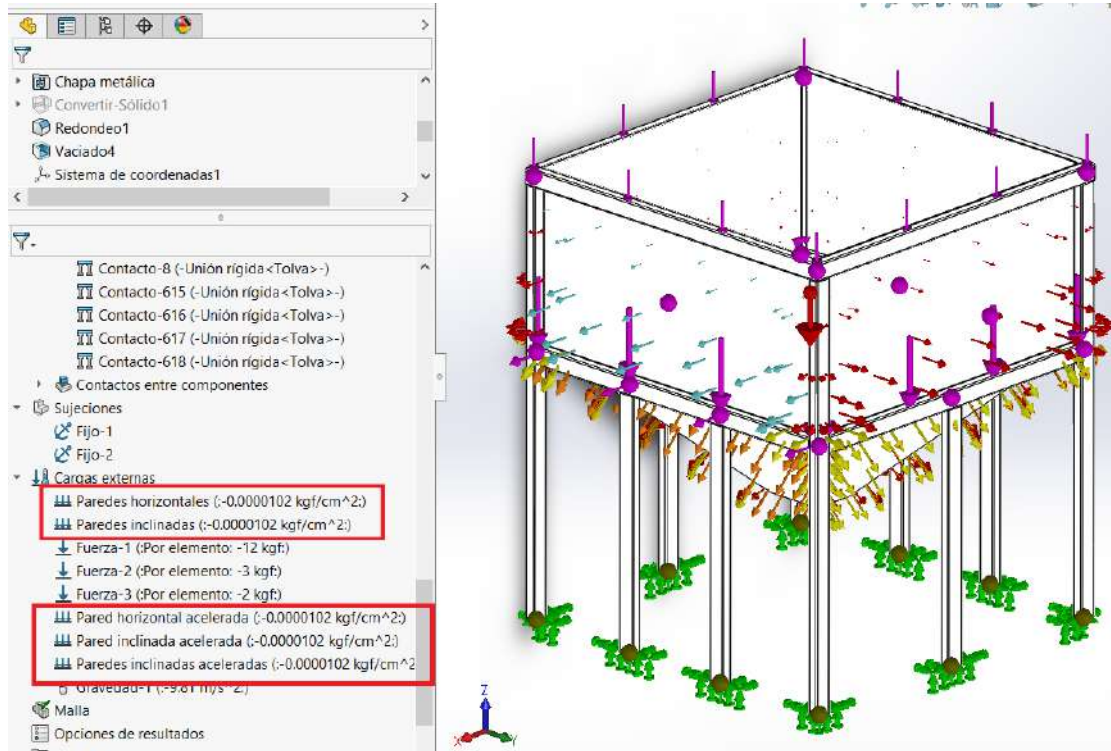


Figura C.1-12: Cargas externas [FUENTE PROPIA].

Por último se aplicó un mallado de las siguientes características.

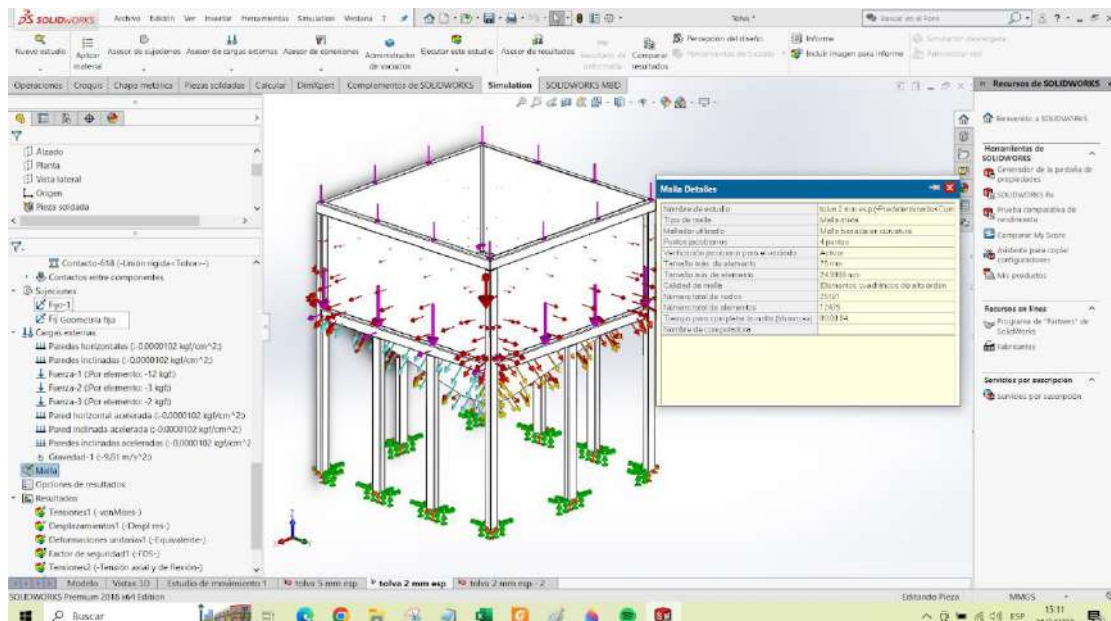
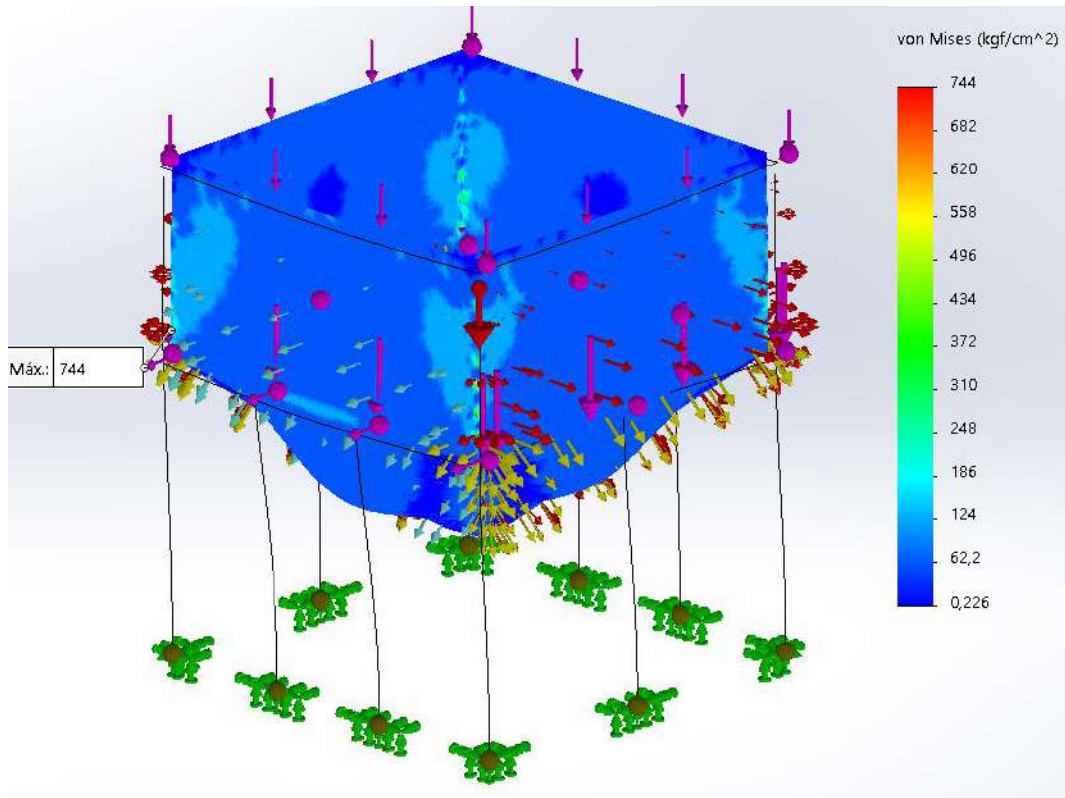


Figura C.1-13: Detalles del mallado [FUENTE PROPIA].

A continuación, se adjuntan los resultados obtenidos en la simulación. Se muestran las tensiones de von Mises en kgf/cm², siendo la tensión de fluencia del material de 9200 kgf/cm², con un factor de seguridad de 2 obtenemos un tensión admisible de 4600 kgf/cm².

**Figura C.1-14:** Tensiones de von Mises [FUENTE PROPIA].

Tal como se puede observar, la tolva de espesor 2 mm se encuentra muy sobredimensionada, ya que la tensión máx. es de 744 kgf/cm², pero no podemos achicar aún más el espesor, ya que no hay existente en el mercado, de todas maneras, es de entender lo que sucede ya que el material seleccionado es de elevada dureza debido a que está diseñado principalmente para soportar esfuerzos de desgaste.

Con esto se concluye que la tolva soportará las presiones ejercidas por el material a granel aún así en esas ocasiones en que el terreno agrícola se encuentre en malas condiciones.

C.2 Base estructural de la tolva

La estructura de la base de la tolva debe estar diseñada de manera tal que pueda soportar el peso del cereal, el peso de la propia tolva, las presiones generadas por el material y los imprevistos de los terrenos rurales (considerando los efectos del aumento de los pesos en dirección horizontal y vertical). A su vez, el alto de las patas debe ser tal que se pueda abulonar la válvula rotativa a la brida de la tolva.

En el Anexo D podemos observar que la altura de la válvula rotativa es de 480 mm, por lo tanto, decidimos dejar un espacio de 700 mm, donde el espacio restante de 220 será ocupado por el embudo (encargado de depositar el cereal en el sistema neumático) y el caño de diámetro 114,3 mm con su correspondiente soporte al chasis. Con todo lo dicho anteriormente, concluimos que la tolva tendrá una altura de 2550.

La parte prismática será soportada por una estructura en la parte superior y por otra estructura en la transición de la parte prismática a la parte piramidal. Donde la patas de la estructuras apoyaran en la estructura superior, siendo el largo de estos tubos estructurales inferior al alto total (se le resta al largo total la dimensión en cuestión del tubo).

A continuación, se adjunta un diseño preliminar al cual comenzaremos a dimensionar y modificar en la medida que el diseño lo requiera.

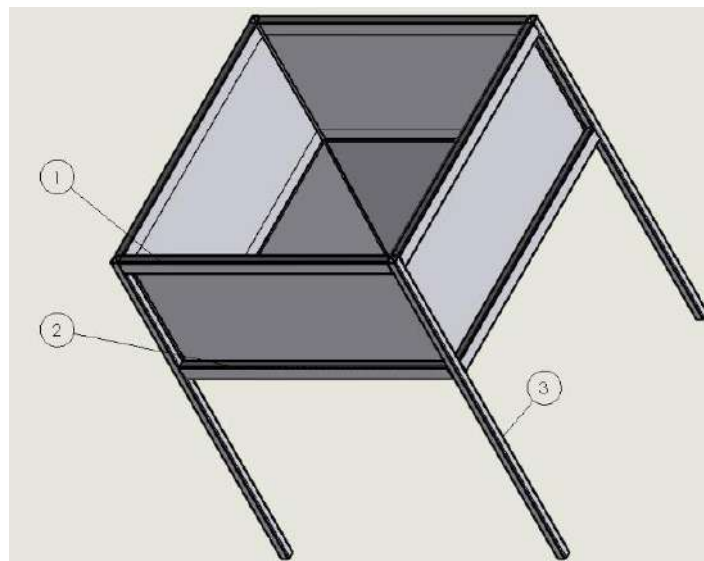


Figura C.2-1: Diseño preliminar de la tolva [FUENTE PROPIA].

Comenzamos dimensionando a la estructura (1), donde para realizar esta tarea utilizaremos los resultados obtenidos a la hora de analizar a la tolva como una viga simplemente apoyada. Se divide al estudio en dos partes para analizar la flexión y el corte en las dos direcciones (esfuerzo horizontal provocado por la chapa vertical y esfuerzo vertical provocado por el peso de la semilla).

Largueros (1)	
L	2 m
fuerza reacción	238,1 kgf
peso semilla	4800 kgf
σ_{fl}	24000000 kgf/m ²
S	2 -
perímetro	8 m
cant. parantes	4 -
σ_{adm}	12000000 kgf/m ²
τ_{adm}	4800000 kgf/m ²

Tabla C.2-1: Datos del estudio [FUENTE PROPIA].

Comenzamos analizando la fuerza horizontal provocada por la fuerza de reacción en el punto de apoyo superior de la tolva, esta es de 238,1 kgf. Considerando que está fuerza es aplicada en cada punto de la viga y como todas las vigas de la estructura (1) tienen la misma distancia, obtenemos una carga repartida rectangular a lo largo de la misma de la siguiente manera.

$$q_{h1} = \frac{F_R}{L}$$

Ecuación C.2-1: Cálculo de la carga repartida en la viga [FUENTE PROPIA].

Con todo lo expresado nos queda la siguiente viga.

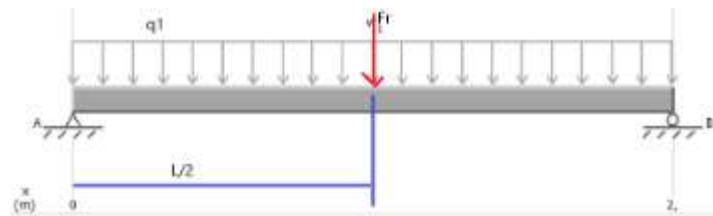


Figura C.2-2: Viga simplemente apoyada representativa de la estructura (1) [FUENTE PROPIA].

Se obtiene como resultado de corte y momento a lo largo de la viga los siguientes resultados.

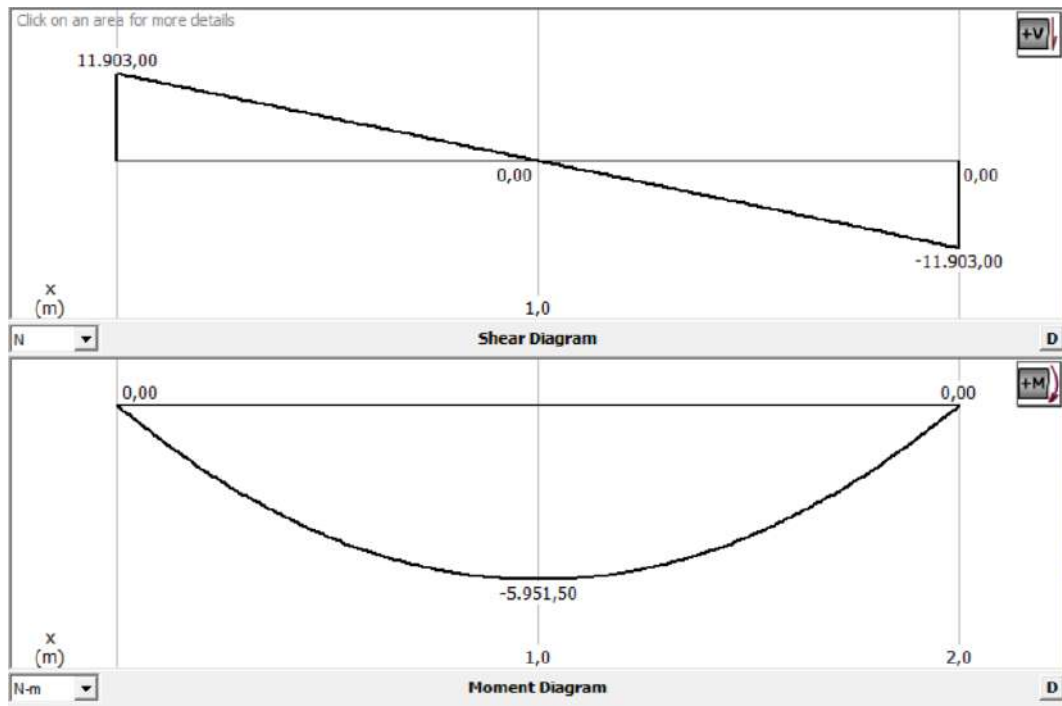


Figura C.2-3: Esfuerzos cortantes y flectores en la viga representativa de la estructura (1) [FUENTE PROPIA].

Para dimensionar la sección de la viga al momento flector y al esfuerzo cortante utilizamos las siguientes fórmulas.

$$\sigma_{adm} = \frac{M_{fl}}{W} \quad \tau_{adm} = \frac{Q}{A}$$

Ecuación C.2-2: Fórmulas para el dimensionamiento del espesor por momento flector y por esfuerzo cortante.

De esta manera, obtenemos que precisamos un módulo resistente a la flexión de **4,935 cm³** y una sección de **0,248 cm²** para la viga de la estructura (1).

Cálculo por presión de la chapa vertical		
q1	119,036	kgf/m
Fr	238,072	kgf
zaplic fuerza	1	m
Ra	119,036	kgf
Rb	119,036	kgf
Qmáx	119,036	kgf
Mmáx	59,22	kgf*m
Wnec	4,935	cm ³
Anec	0,248	cm ²

Tabla C.2-2: Resultados del análisis del efecto de la presión por la chapa vertical sobre la viga de la estructura (1) [FUENTE PROPIA].

El siguiente paso sobre la misma viga es analizar el efecto provocado por el peso del cereal más el de la tolva acelerado, siendo este valor de 10800 kgf (consideramos que el 75% del volumen del cereal se encuentra en la parte prismática). Esta fuerza se distribuye a lo largo de todas las vigas de la estructura (1), por ende, la fuerza total es una carga distribuida rectangular a lo largo del perímetro.

$$q_{v1} = \frac{F_{\text{peso total}}}{P_1}$$

Ecuación C.2-3: Cálculo de la carga repartida en la viga [FUENTE PROPIA].
Con todo lo expresado nos queda la siguiente viga.

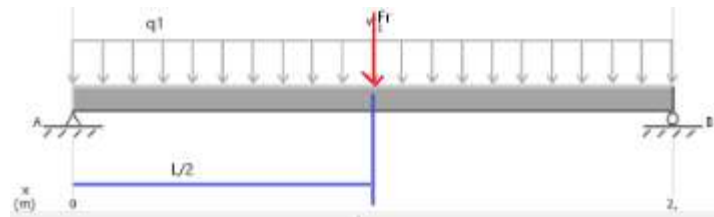


Figura C.2-4: Viga simplemente apoyada representativa de la estructura (1) [FUENTE PROPIA].

Se obtiene como resultado de corte y momento a lo largo de la viga los siguientes resultados.

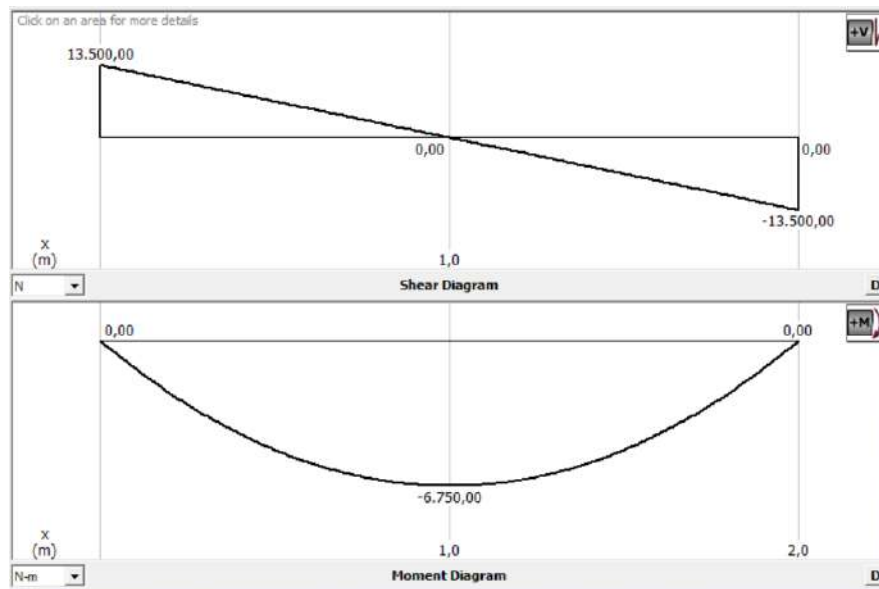


Figura C.2-5: Esfuerzos cortantes y flectores en la viga representativa de la estructura (1) [FUENTE PROPIA].

Para dimensionar la sección de la viga al momento flector y al esfuerzo cortante utilizamos la ecuación C.2-2.

De esta manera, obtenemos que precisamos un módulo resistente a la flexión de **56,25 cm³** y una sección de **2,813 cm²** para la viga de la estructura (1).

Cálculo por peso semilla		
qpeso	1350	kgf/m
Fr	2700	kgf
zaplic fuerza	1	m
Ra	1350	kgf
Rb	1350	kgf
Qmáx	1350	kgf
Mmáx	675	kgf*m
Wnec	56,25	cm3
Anec	2,813	cm2

Tabla C.2-3: Resultados del análisis del efecto de la presión por la chapa vertical sobre la viga de la estructura (1) [FUENTE PROPIA].

Ahora dimensionaremos la estructura (2), donde lo haremos de la misma manera y con los mismos datos del problema (tabla C.2-1) que la estructura anterior excepto que la fuerza de reacción de la chapa vertical es de 476,1 kgf. En la siguiente tabla, se adjuntan los datos del problema.

Largueros (2)		
L	2	m
fuerza reacción	476,1	kgf
peso semilla	4800	kgf
σ_{fl}	24000000	kgf/m2
S	2	-
perímetro	8	m
cant. parantes	4	-
σ_{adm}	12000000	kgf/m2
τ_{adm}	4800000	kgf/m2

Tabla C.2-4: Datos del estudio [FUENTE PROPIA].

Con todo lo dicho, concluimos que la representación de la viga será igual a la de la figura C.2-2. Con la salvedad de que la carga repartida es mayor e igual a 238,1 kgf/m.

Se obtiene como resultado de corte y momento a lo largo de la viga los siguientes resultados.

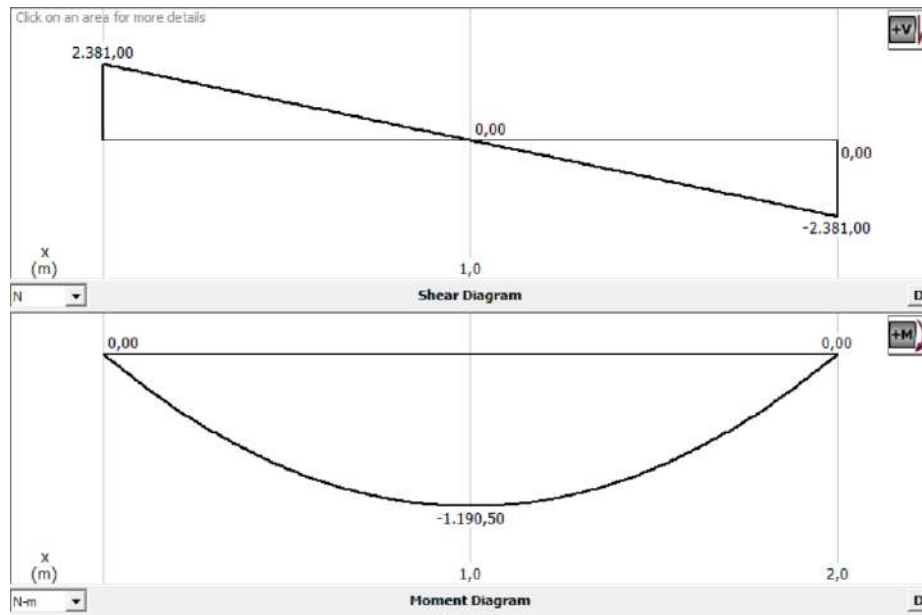


Figura C.2-6: Esfuerzos cortantes y flectores en la viga representativa de la estructura (2) [FUENTE PROPIA].

Para dimensionar la sección de la viga al momento flector y al esfuerzo cortante utilizamos la ecuación C.2-2.

De esta manera, obtenemos que precisamos un módulo resistente a la flexión de **9,921 cm³** y una sección de **0,496 cm²** para la viga de la estructura (2).

Cálculo por presión de la chapa vertical		
q1	238,072	kgf/m
Fr	476,143	kgf
zaplic fuerza	1	m
Ra	238,072	kgf
Rb	238,072	kgf
Qmáx	238,072	kgf
Mmáx	119,05	kgf*m
Wnec	9,921	cm ³
Anec	0,496	cm ²

Tabla C.2-5: Resultados del análisis del efecto de la presión por la chapa vertical sobre la viga de la estructura (2) [FUENTE PROPIA].

El siguiente paso sobre la misma viga es analizar el efecto provocado por el peso del cereal más el de la tolva acelerado, siendo este valor de 3600 kgf (consideramos que el 25% del volumen del cereal se encuentra en la parte prismática). Esta fuerza se distribuye a los largo de todas las vigas de la estructura (2), por ende, la fuerza total es una carga distribuida rectangular a lo largo del perímetro.

Con todo lo dicho, concluimos que la representación de la viga será igual a la de la figura C.2-4. Con la salvedad de que la carga repartida es menor e igual a 450 kgf/m.

Se obtiene como resultado de corte y momento a lo largo de la viga los siguientes resultados.

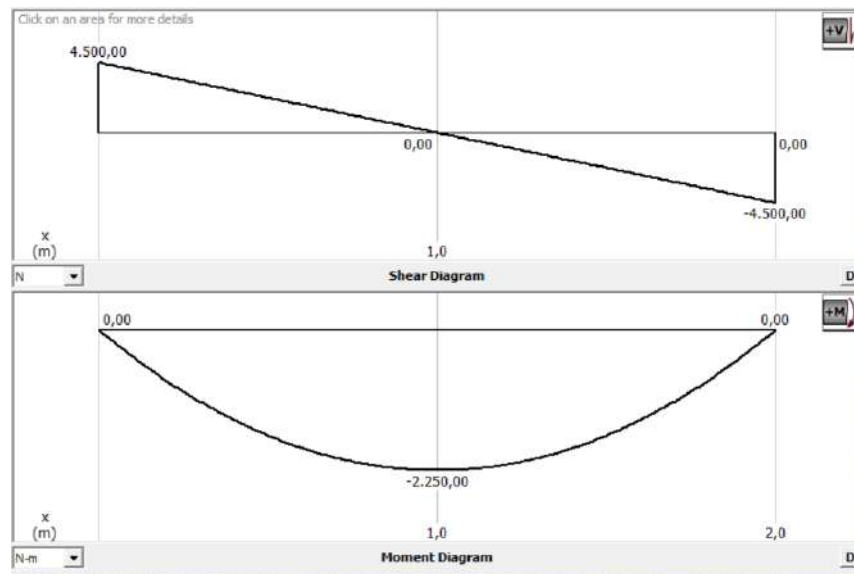


Figura C.2-7: Esfuerzos cortantes y flectores en la viga representativa de la estructura (2) [FUENTE PROPIA].

Para dimensionar la sección de la viga al momento flector y al esfuerzo cortante utilizamos la ecuación C.2-2.

De esta manera, obtenemos que precisamos un módulo resistente a la flexión de **18,75 cm³** y una sección de **0,938 cm²** para la viga de la estructura (2).

Cálculo por peso semilla		
qpeso	450	kgf/m
Fr	900	kgf
zaplic fuerza	1	m
Ra	450	kgf
Rb	450	kgf
Qmáx	450	kgf
Mmáx	225	kgf*m
Wnec	18,75	cm ³
Anec	0,938	cm ²

Tabla C.2-6: Resultados del análisis del efecto de la presión por la chapa vertical sobre la viga de la estructura (2) [FUENTE PROPIA].

El último paso es analizar el pandeo del parante (3) mediante el método omega. El mismo es un método de verificación para el perfil seleccionado, donde en nuestro caso comenzaremos con un tubo estructural rectangular de 120x80x4,75.

Las propiedades del perfil son un radio de giro mínimo de 2,5 cm y una sección de 13,75 cm².

A continuación, se adjuntan los datos del problema.

Parantes (3)		
L	2,5	m
Fuerza total	14400	kgf
σ_{fl}	24000000	kgf/m ²
S	2	-
cant. parantes	4	-
σ_{adm}	12000000	kgf/m ²
A	13,75	cm ²
r _{min}	2,5	cm

Tabla C.2-7: Datos del problema [FUENTE PROPIA].

Con el valor de radio giro mínimo y el largo de la viga obtenemos el valor de la esbeltez.

$$\lambda = \frac{L}{r_{min}}$$

Ecuación C.2-4: Cálculo de la esbeltez de la viga [FUENTE PROPIA].

De tabla [23] obtenemos el valor del coeficiente omega con la esbeltez y el módulo elástico del material. Siendo el valor de este coeficiente de 1,9.

Este coeficiente afecta a la tensión generada por la carga normal al perfil, teniendo que ser la misma inferior a la tensión admisible.

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{afectada\ por\ \omega} = \omega * \frac{N}{A}$$

Ecuación C.2-5: Inecuación que debe cumplirse por el método omega [FUENTE PROPIA].

Llegamos a que la tensión afectada por el coeficiente omega es de **2200 kgf/cm²**, siendo este valor superior a la admisible. De todas maneras, como la pata no está aislada soportando la fuerza, sino con una estructura, pasaremos a simular la base utilizando el tubo estructural de 120x80x4,75. Tener en consideración, que estamos trabajando con la condición de un camino rural en mal estado.

Con todo lo analizado llegamos a la conclusión que la estructura más solicitada es la (1) con un módulo resistente a la flexión necesario de 56,25 cm³ y una sección necesaria de 2,8 cm², debido al efecto acelerado del peso por defectos del camino rural. Tener en cuenta, que dicho valor obtenido es sin considerar que la tolva es soldada a dichas estructura y que esto provocará una rigidización de la estructura. Además de que se trabajó con datos extraídos de un análisis conservador aplicado en la tolva.

Para comenzar a diseñar en SolidWorks utilizamos tubos rectangulares estructurales de 120x80x4,76, donde este presenta un módulo resistente a la flexión de 56,5 cm³ y un área de 13,75 cm², ambos valores superiores a los detallados en el párrafo

anterior. La simulación nos devolvió un correcto dimensionamiento de las estructuras (1) y (2), pero elevadas tensiones en la estructura (3) de las patas. Por ende, decidimos adicionar más patas, pero disminuyendo el tamaño del tubo estructural, así como también agregar refuerzos en lo que sería en un futuro la unión con el chasis con el objetivo de disminuir las exigencias en las soldaduras.

Se agregaron una pata en el medio de las caras laterales y dos patas en las caras frontales y traseras, debido a que no se puede agregar una centro porque tendría interferencia con el sistema neumático del equipo.

El material a utilizar en los tubos estructurales es un acero al carbono SAE 1010, donde las propiedades del mismo son las siguientes.

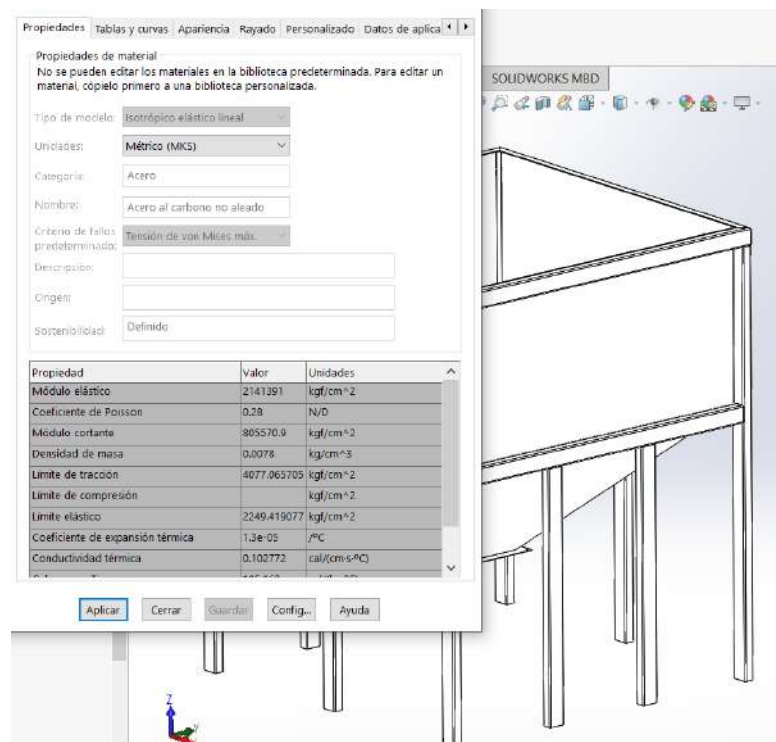


Figura C.2-8: Datos del material utilizado para los tubos estructurales [FUENTE PROPIA].

Para evitar problemas de mallado en el espesor de los elementos estructurales, ya que este es muy pequeño en comparación al resto de las dimensiones, aplicamos la herramienta de viga a todos aquellos sólidos que representan un tubo estructural.

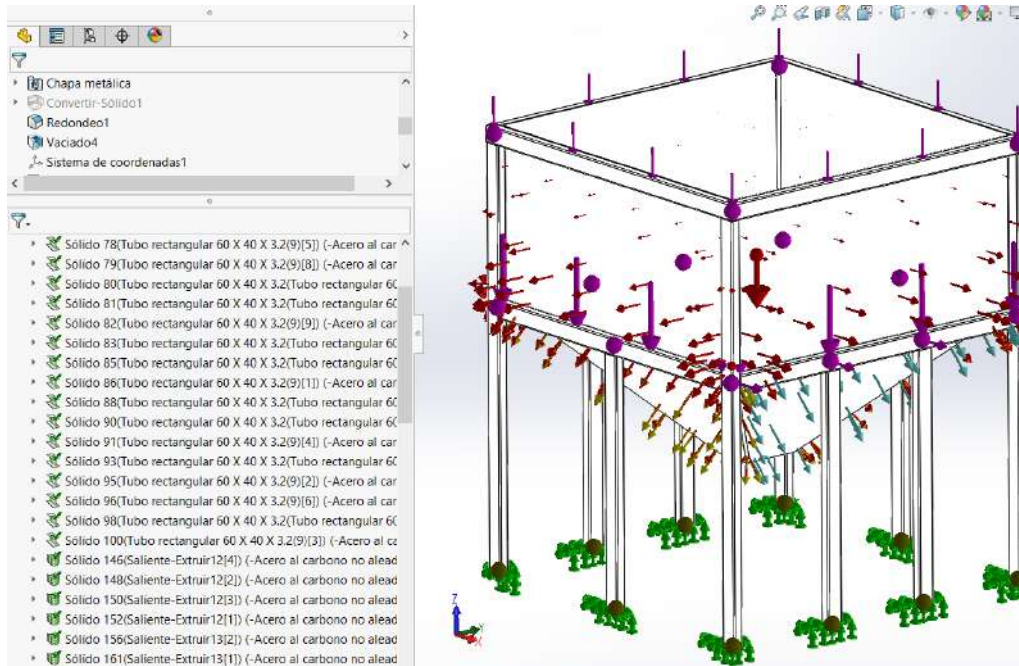


Figura C.2-9: Sólidos definidos como vigas [FUENTE PROPIA].

El siguiente paso fue definir conexiones y sujeciones, donde colocamos una conexión global de unión rígida y contactos de uniones rígidas entre las chapas de la parte prismática y los correspondientes perfiles en contacto con estas. Por último, definimos sujeciones de empotramiento en las patas de la estructura que sostiene la tolva.

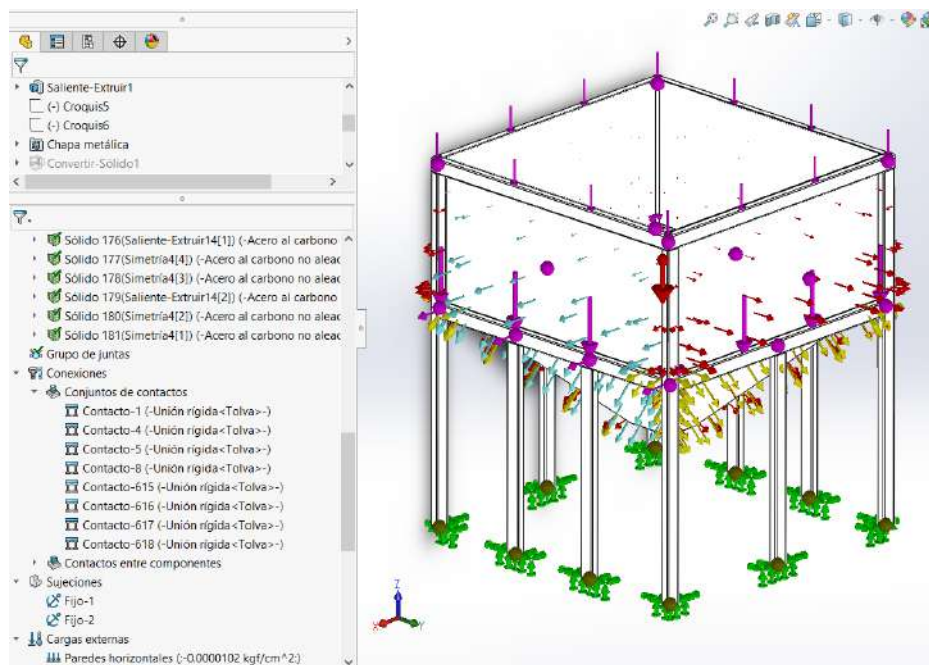


Figura C.2-10: Conexiones y sujeciones de la simulación [FUENTE PROPIA].

Definidas las conexiones y sujeciones procedimos a determinar las cargas de la simulación, donde aplicamos la herramienta presión con una distribución no uniforme,

aquí colocamos las ecuaciones C.1-3 y C.1-4 para representar los efectos del material a granel, tener en cuenta que las primeras dos corresponden a las fuerzas en todas las caras sin considerar el efecto del camino rural y las últimas tres si consideran el efecto del camino rural, donde a las paredes horizontal e inclinada normales al eje x se le aplicaron las presiones anteriores aumentadas un 50% y a su vez a todas las paredes inclinadas se le aplicaron las presiones anteriores aumentadas un 200%. Mientras que las tres del medio que se encuentran sin remarcar corresponden a las cargas distribuidas a lo largo de la estructura (1) de 12 kgf/m y de la estructura (2) de 3 kgf/m, además también una carga distribuida en dirección horizontal sobre la estructura (2) normal al eje x de 2 kgf/m, con el propósito de representar los efectos del peso acelerado por los desperfectos del camino rural.

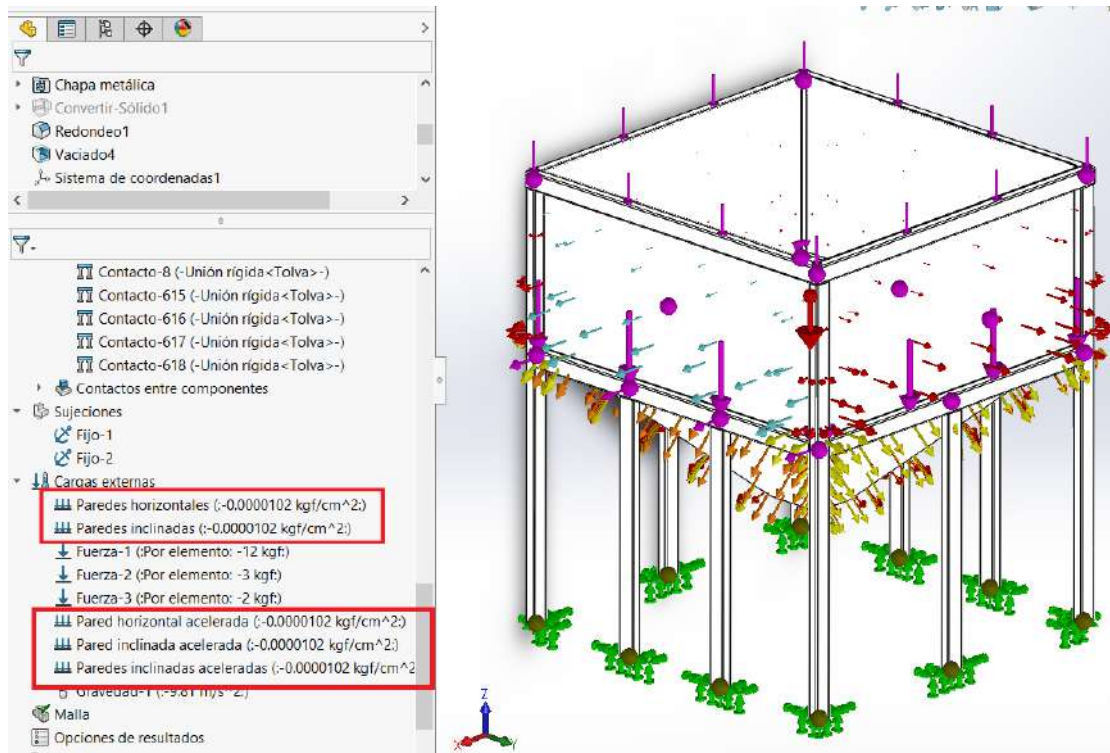


Figura C.2-11: Cargas externas [FUENTE PROPIA].

Por último se aplicó un mallado de las siguientes características.

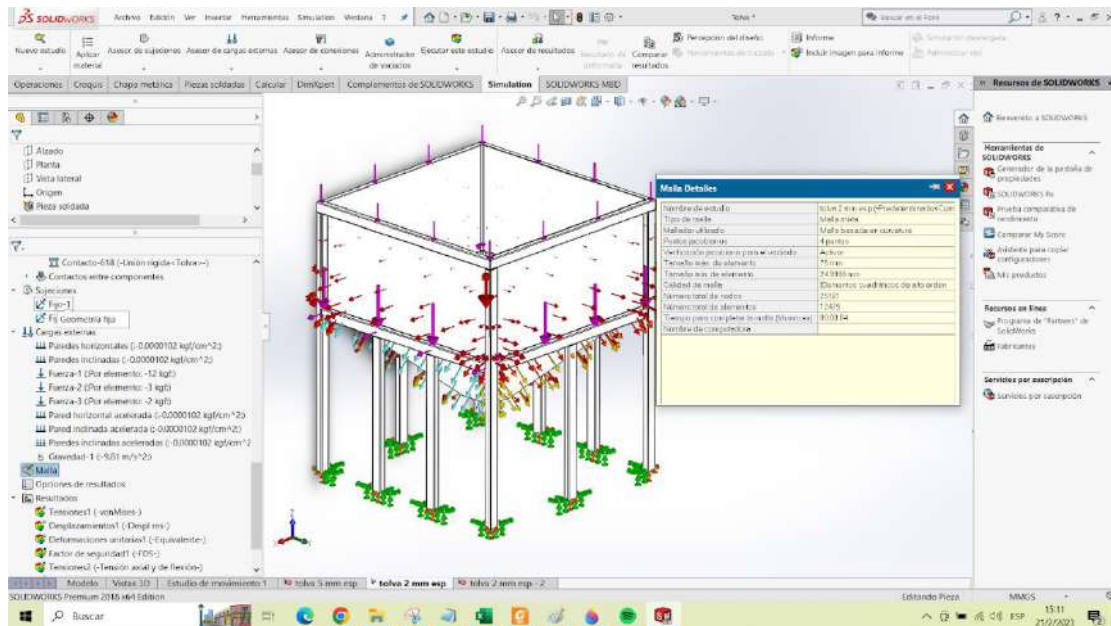


Figura C.2-12: Detalles del mallado [FUENTE PROPIA].

A continuación, se adjuntan los resultados obtenidos en la simulación. Se detallan flexión en dos direcciones y pandeo, siendo la tensión de fluencia del material de 2400 kgf/cm², con un factor de seguridad de 2 tenemos una tensión admisible de 1200 kgf/cm²

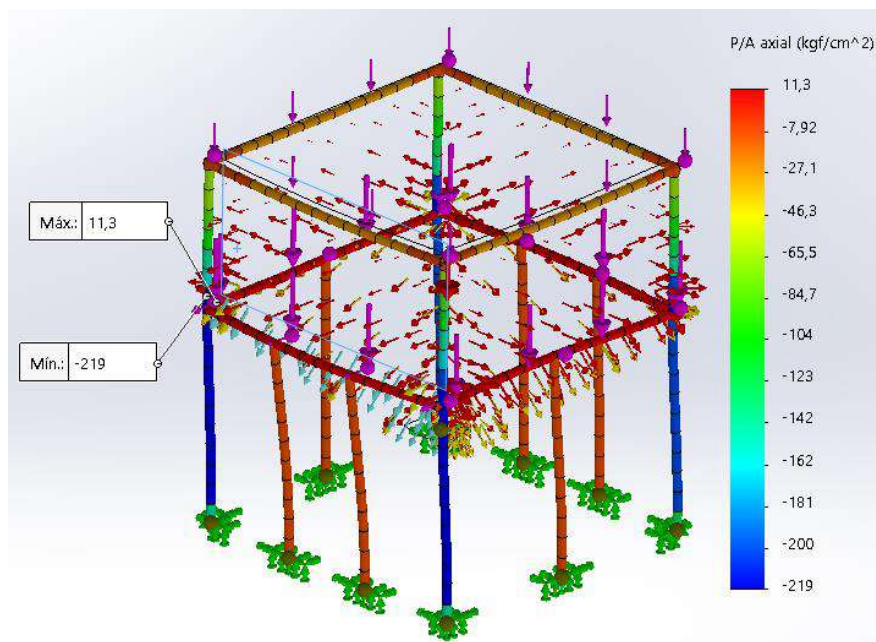


Figura C.2-13: Tensiones provocadas por cargas axiales en la viga [FUENTE PROPIA].

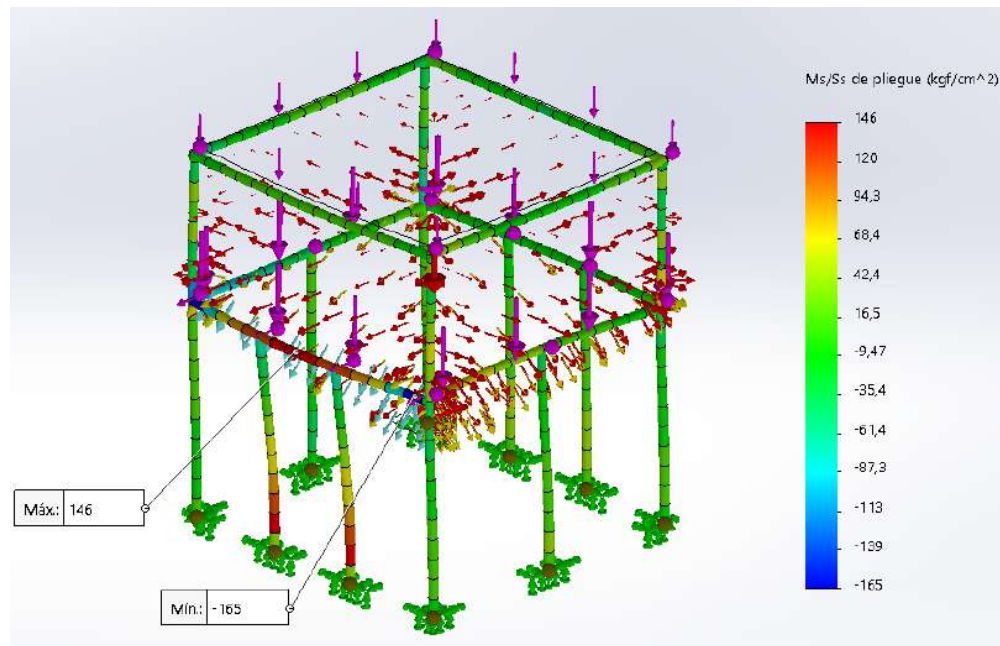


Figura C.2-14: Tensiones provocadas por momentos debidos a cargas en dirección horizontal en la viga [FUENTE PROPIA].

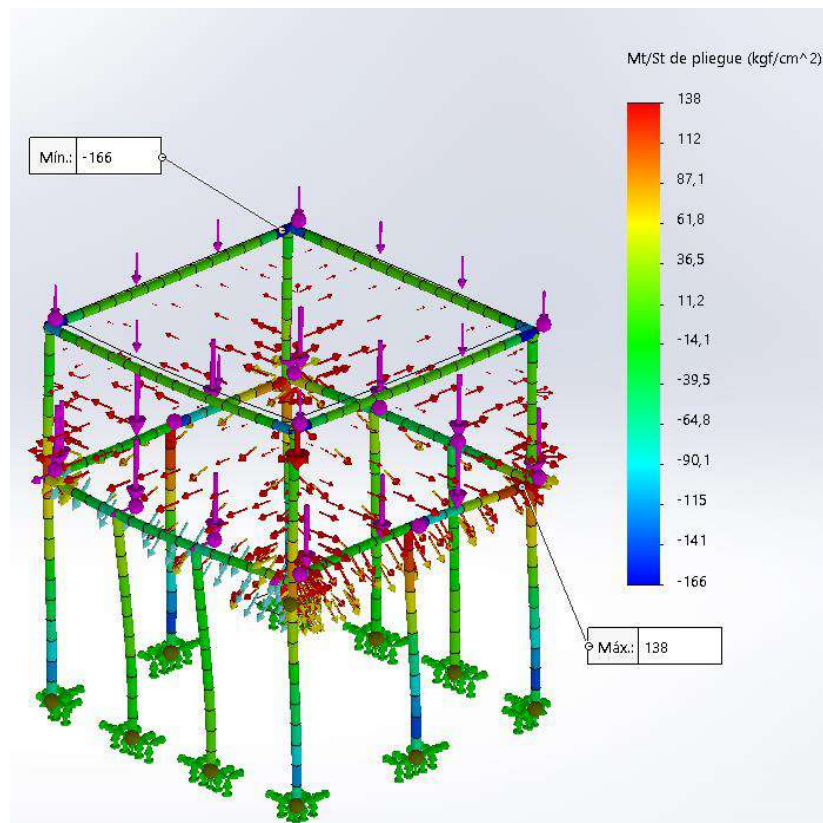


Figura C.2-15: Tensiones provocadas por momentos debidos a cargas en dirección vertical en la viga [FUENTE PROPIA].

Tal como se puede observar, la estructura realizada con tubos estructurales rectangulares de 100x60x4 se encuentra correctamente dimensionada, ya que la

tensión máx. en la totalidad de la estructura no superan a la tensión admisible de la misma.

Con esto se concluye que la tolva y su estructura soportarán las presiones ejercidas por el material a granel y las cargas debidas al peso de la tolva, aún así en esas ocasiones en que el terreno agrícola se encuentre en malas condiciones.

C.3 Chasis

A la hora de diseñar el chasis debemos asegurar que el mismo sea capaz de soportar los esfuerzos que generan el peso del cereal, la tolva, el sistema de transporte neumático en el equipo (considerando soplador, válvula rotativa, motores hidráulicos, accesorios) y el peso de una persona de 100 kg que se puede subir arriba de él.

CÁLCULO DE PESOS		
Tolva vacía c/base	800	kg
Semillas	4000	kg
Válvula rotativa	200	kg
Soplador	400	kg
Motor hidráulico	50	kg
Accesorios del sistema neumático	300	kg
Persona trabajando	100	kg
PESO TOTAL a soportar por el chasis	5850	kg

Tabla C.3-1: Factores actuantes sobre el chasis [FUENTE PROPIA].

En cuanto a diseño, buscamos que el chasis presente el mismo ancho que las patas de la tolva, con el objetivo que éstas apoyen sobre los largueros laterales del mismo y en cuanto al largo que sea el suficiente para poder alojar en él el sistema de transporte neumático y la tolva, obviamente, que en el centro se cruzará un larguero donde descansará el peso de la válvula rotativa.

A su vez, también debemos respetar las alturas de lanza que presentan los tractores que se encuentran en el mercado, donde esta debe comprender el rango entre 33 cm y 43 cm [36].

Por otro lado, en cuanto a diseño, debemos considerar las normativas para la circulación de maquinaria agrícola anexo LL [35].

La normativa para circulación de maquinaria agrícola determina en su anexo LL, apartado 3.1 lo siguiente:

a) Tren Agrícola: hasta VEINTICINCO METROS CON CINCUENTA CENTÍMETROS (25,50m).

La normativa para circulación de maquinaria agrícola determina en su anexo LL, apartado 3.2 lo siguiente:

a) Maquinaria Agrícola Autopropulsada y Tren Agrícola: hasta CUATRO METROS CON VEINTE CENTÍMETROS (4,20 m).

La normativa para circulación de maquinaria agrícola determina en su anexo LL, apartado 3.4 lo siguiente:

“La maquinaria agrícola autopropulsada y/o tren agrícola que invada el carril de circulación opuesto y la comprendida entre TRES METROS CON SESENTA CENTÍMETROS (3,60 m) y CUATRO METROS CON TREINTA CENTÍMETROS (4,30 m) de ancho deberá ser transportada en carretón agrícola debiendo contar para ello con un permiso especial de la autoridad vial competente, conforme las disposiciones del Apartado 7 del presente Anexo. La maquinaria que supere los CUATRO METROS

CON TREINTA CENTIMETROS (4,30 m) de ancho, será considerada como una carga de dimensiones excepcionales y deberá cumplir para su traslado con las normas de la autoridad vial jurisdiccional.”

Nuestro objetivo es que el alimentador rápido neumático no deba ser transportado en carretón por las rutas nacionales del país, en el caso que así sea, es por decisión del cliente. Por ende, el largo no puede superar los 25,5 m, el alto no puede sobrepasar los 4,2 m y por último el ancho total deberá ser inferior a los 3,6 m.

A continuación, se adjunta un diseño preliminar al cual comenzaremos a dimensionar y modificar en la medida que el diseño lo requiera.

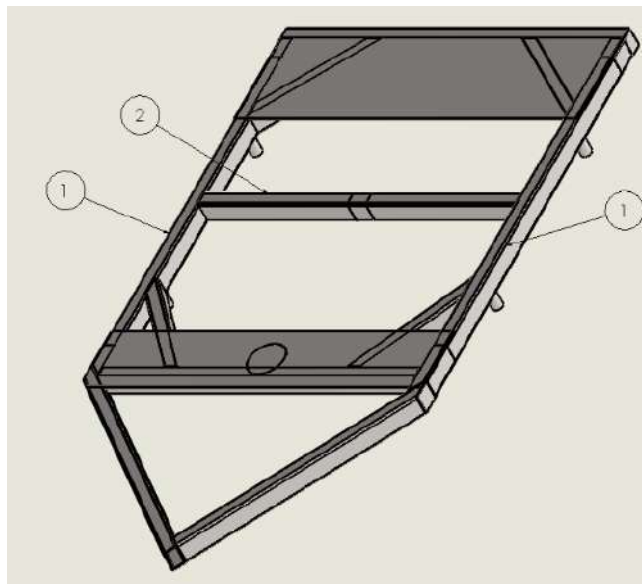


Figura C.3-1: Diseño preliminar de la tolva [FUENTE PROPIA].

Comenzamos dimensionando los largueros (1), donde para realizar esta tarea utilizaremos los datos de la tabla C.3-1 y los obtenidos en la simulación de la tolva junto a su estructura. Al siguiente adjuntamos los resultados de las fuerzas resultantes obtenidas en la simulación.

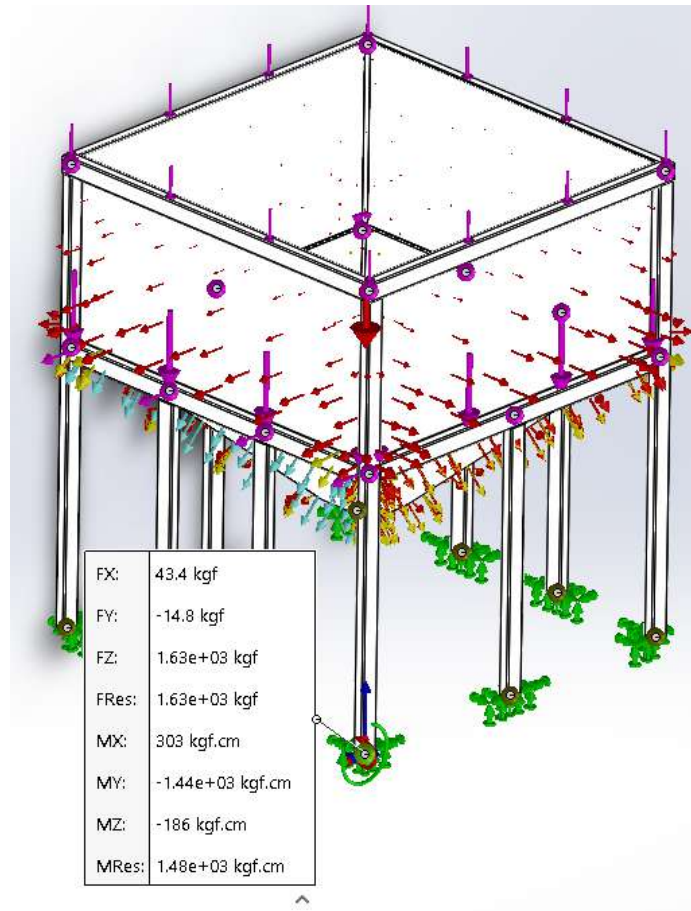


Figura C.3-2: Fuerza resultante en la pata de la estructura de la tolva [FUENTE PROPIA].

Tener en cuenta, que para este análisis, solamente consideraremos la fuerza resultante en dirección z. En el análisis en SolidWorks, se definirán con más precisión el efecto de las reacciones.

Largueros (1)		
L	2,4	m
A	0,17	m
B	0,65	m
C	1,75	m
D	2,23	m
fuerza reacción	1630	kgf
σ_{fl}	24000000	kgf/m2
S	2	-
σ_{adm}	12000000	kgf/m2
τ_{adm}	4800000	kgf/m2

Tabla C.3-2: Datos del estudio [FUENTE PROPIA].

Por limitaciones de las herramientas analíticas de viga simplemente apoyada, nos colocaremos en la peor situación para poder realizar el estudio, donde supondremos que el equipo tendrá un único eje centrado. El vínculo del elástico con el eje se encuentra a 650 mm de los extremos de la viga, mientras que las patas de la tolva

apoyan a 170 mm de los extremos de la viga. También no se consideraron los cruces rigidizantes entre los largueros (1) y los travesaños del chasis, que se muestran en la figura C.3-1.

Con todo lo expresado nos queda la siguiente viga.

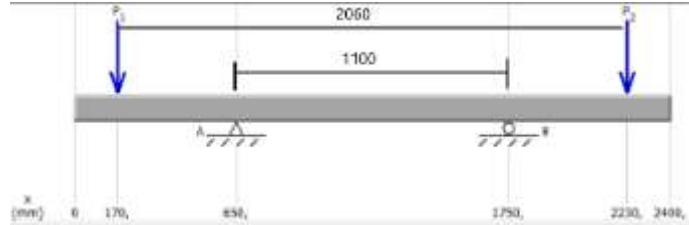


Figura C.3-3: Viga simplemente apoyada representativa del larguero (1) [FUENTE PROPIA].

Se obtiene como resultado de corte y momento a lo largo de la viga los siguientes resultados.

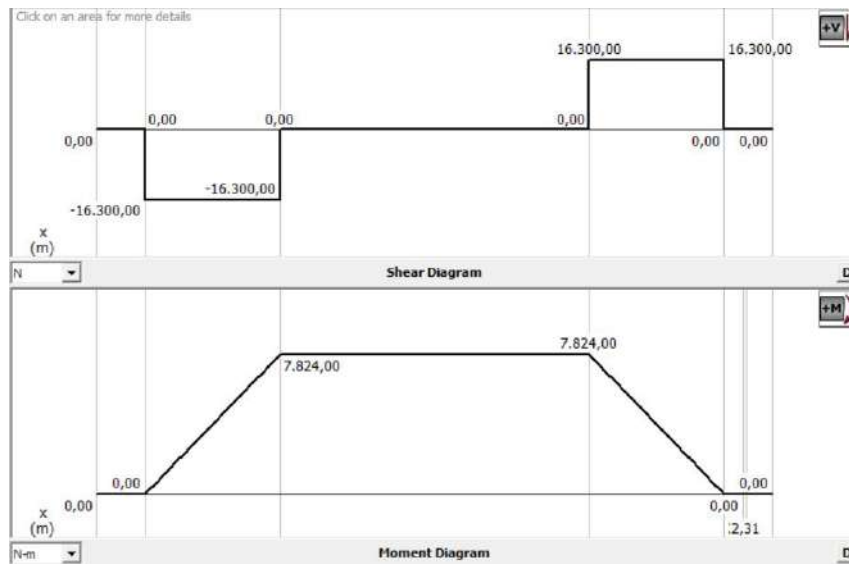


Figura C.3-4: Esfuerzos cortantes y flectores en la viga representativa del larguero (1) [FUENTE PROPIA].

Para dimensionar la sección de la viga al momento flector y al esfuerzo cortante utilizamos las siguientes fórmulas.

$$\sigma_{adm} = \frac{M_{fl}}{W} \quad \tau_{adm} = \frac{Q}{A}$$

Ecuación C.3-1: Fórmulas para el dimensionamiento del espesor por momento flector y por esfuerzo cortante.

De esta manera, obtenemos que precisamos un módulo resistente a la flexión de **65,2 cm³** y una sección de **3,396 cm²** para la viga de los largueros (1).

Cálculo por peso tolva y semillas		
Ra	1630	kgf
Rb	1630	kgf
Qmáx	1630	kgf
Mmáx	782,4	kgf*m
Wnec	65,2	cm ³
Anec	3,396	cm ²

Tabla C.3-3: Resultados del análisis del efecto del peso de las semillas y la tolva sobre la viga del larguero (1) [FUENTE PROPIA].

Ahora dimensionaremos el larguero (2), donde lo haremos de la misma manera y con los mismos datos del problema (tabla C.3-1).

Larguero (2)		
L	1,96	m
A	0,98	m
fuerza reacción	500	kgf
σ_{fl}	24000000	kgf/m ²
S	2	-
σ_{adm}	12000000	kgf/m ²
τ_{adm}	4800000	kgf/m ²

Tabla C.3-4: Datos del estudio [FUENTE PROPIA].

La viga representativa se adjunta a continuación.

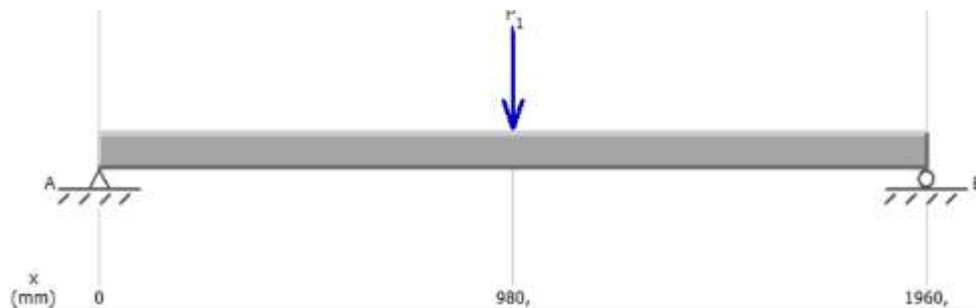


Figura C.3-5: Viga simplemente apoyada representativa del larguero (2) [FUENTE PROPIA].

Se obtiene como resultado de corte y momento a lo largo de la viga los siguientes resultados.

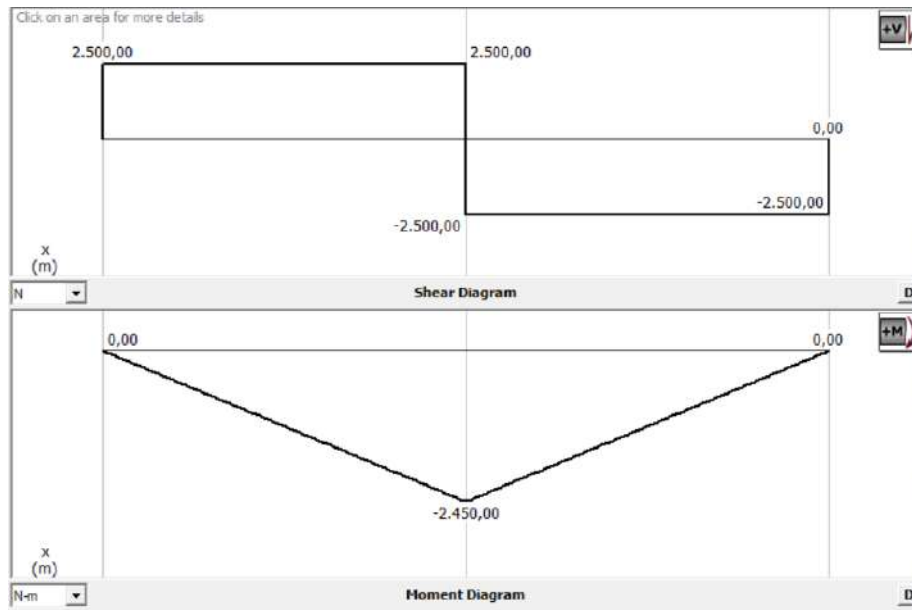


Figura C.3-6: Esfuerzos cortantes y flectores en la viga representativa del larguero (2)
[FUENTE PROPIA].

Para dimensionar la sección de la viga al momento flector y al esfuerzo cortante utilizamos la ecuación C.3-1.

De esta manera, obtenemos que precisamos un módulo resistente a la flexión de **9,921 cm³** y una sección de **0,496 cm²** para la viga de la estructura (2).

Cálculo por peso tolva y semillas		
Ra	250	kgf
Rb	250	kgf
Qmáx	250	kgf
Mmáx	245	kgf*m
Wnec	20,42	cm ³
Anec	0,52	cm ²

Tabla C.3-5: Resultados del análisis del efecto del peso de las semillas y la tolva sobre la viga del larguero (2) [FUENTE PROPIA].

Con todo lo analizado llegamos a la conclusión que el larguero más solicitado es el (1) con un módulo resistente a la flexión necesario de 65,2 cm³ y una sección necesaria de 3,4 cm², debido al efecto acelerado del peso por defectos del camino rural. Tener en cuenta, que dichos valores obtenidos son considerando que tenemos un único eje y sin tener en cuenta la rigidización con los travesaños.

En el chasis decidimos escoger un tubo rectangular estructural con un módulo resistente a la flexión levemente inferior para ver el comportamiento del mismo. Comenzamos trabajando con un tubo de 120x80x4,75 que presenta un módulo resistente a la flexión de 56,5 cm³ y una sección de 13,75 cm². Además, realizamos

esta salvedad por el hecho de que se agregaron los elementos rigidizantes y que tenemos dos ejes en vez de uno.

Por otro lado, el soplador se apoya sobre una chapa de 2 mm de espesor a la que se tendrá en consideración en la simulación.

Las simulaciones realizadas al diseño preliminar dieron un buen resultado, denotando que el tubo estructural seleccionado es correcto, pero a lo largo del proyecto tuvimos que ir mutando al mismo para poder ir cumpliendo con las distintas solicitudes que iban surgiendo. Adjuntamos las simulaciones del modelo final del chasis.

El material a utilizar en el chasis es un acero al carbono SAE 1010, donde las propiedades del mismo son las siguientes.

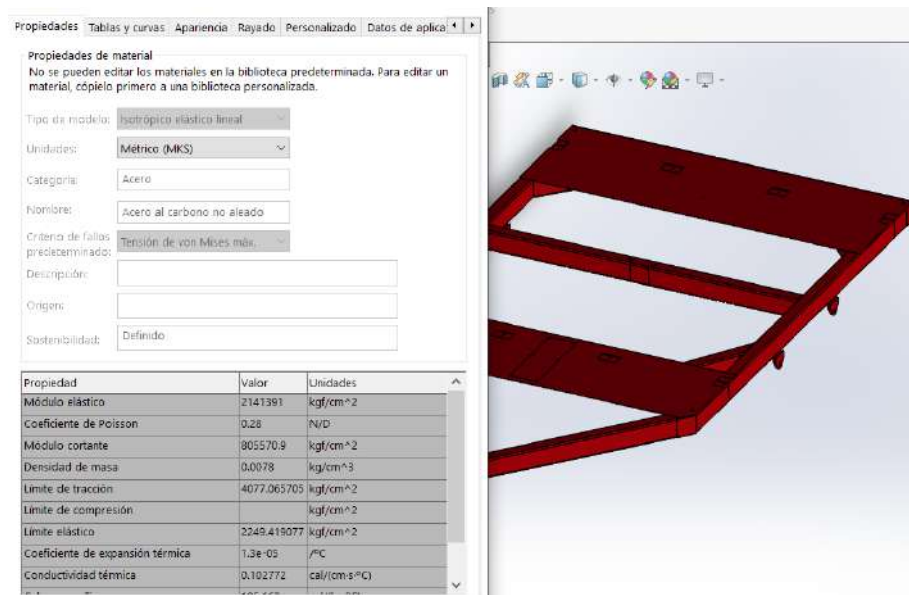


Figura C.3-7: Datos del material utilizado para el chasis [FUENTE PROPIA].

Para evitar problemas de mallado en el espesor de los elementos estructurales, ya que este es muy pequeño en comparación al resto de las dimensiones, aplicamos la herramienta de viga a todos aquellos sólidos que representan un tubo estructural.

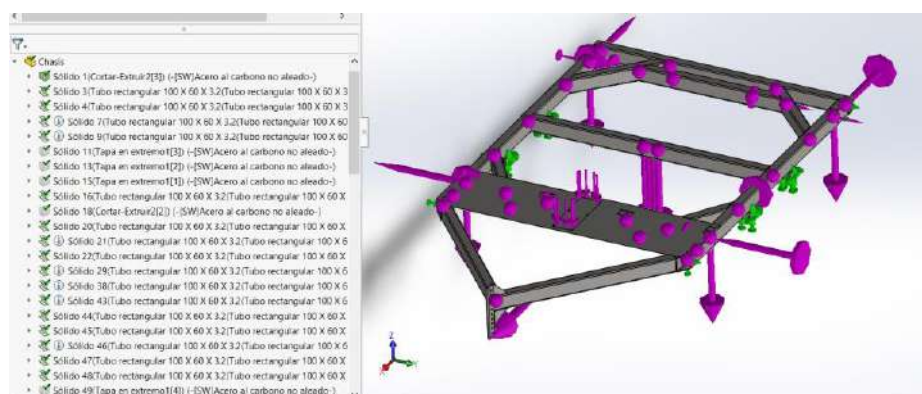


Figura C.3-8: Sólidos definidos como vigas [FUENTE PROPIA].

El siguiente paso fue definir conexiones y sujeciones, donde colocamos una conexión global de unión rígida y contactos de uniones rígidas entre las chapas y la placa reguladora de altura de la lanza con los tubos estructurales. Por último, definimos sujeciones de empotramiento en las uniones de los elásticos con el chasis.

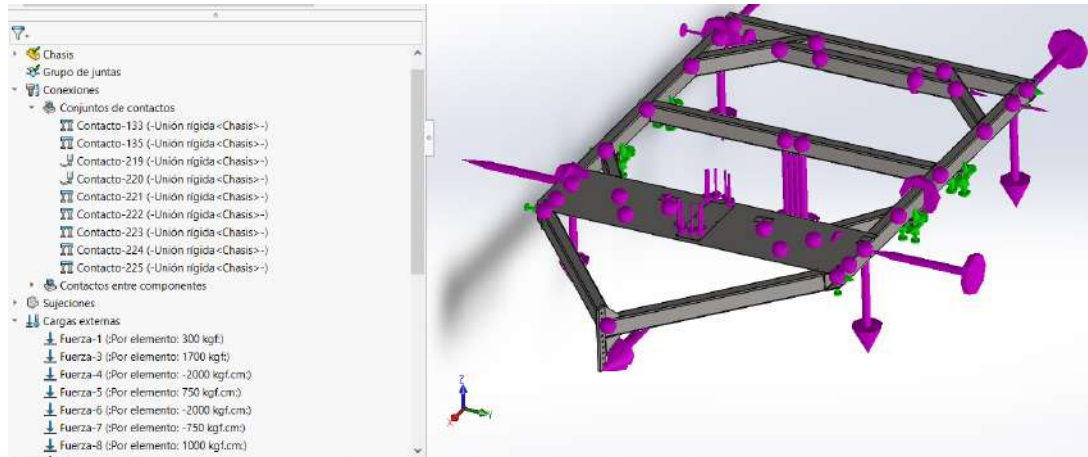


Figura C.3-9: Conexiones y sujeciones de la simulación [FUENTE PROPIA].

Definidas las conexiones y sujeciones procedimos a determinar las cargas de la simulación, donde aquí agregamos el efecto del soplador sobre la chapa delantera (que se vincula con un tubo estructural por debajo de esta), el de la válvula rotativa y los accesorios del transporte neumático sobre el larguero (2) y por último, los resultados de las fuerzas resultantes obtenidas en la simulación de la tolva con su estructura sobre los largueros (1). También se consideró la fuerza de tiro que se ejerce en la lanza, teniendo en cuenta el aumento de la fuerza por defectos del terreno.

A continuación, se adjuntan las fuerzas resultantes de la simulación de tolva, tener en cuenta que se está considerando los efectos de un camino rural en malas condiciones.

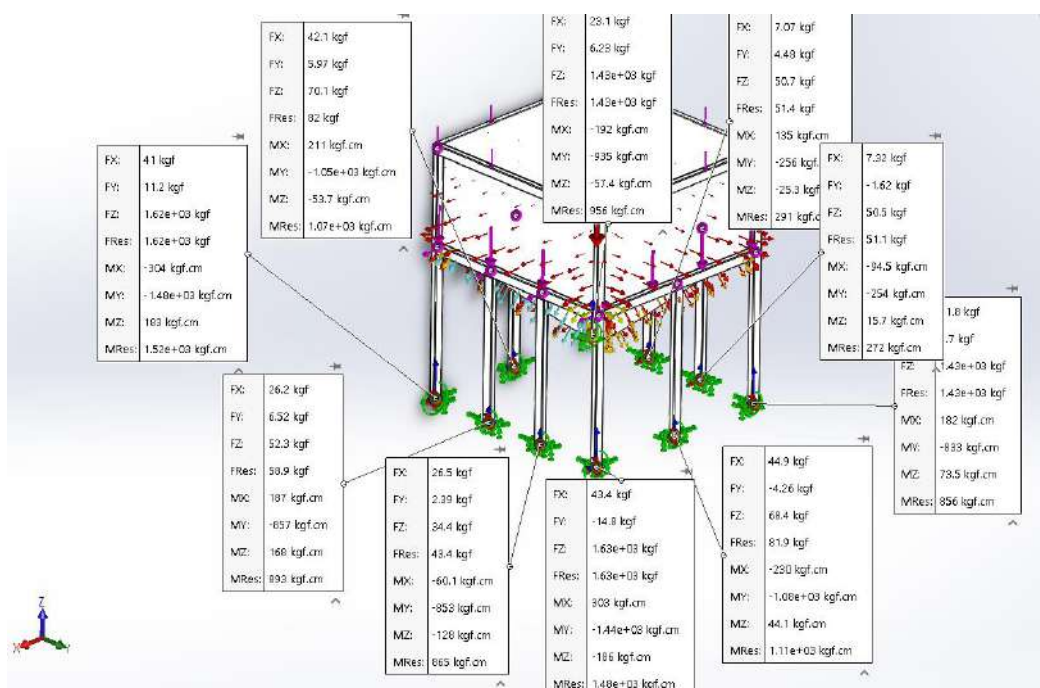


Figura C.3-10: Fuerzas resultantes obtenidas en la simulación de la tolva. Tener en consideración, que la dirección y sentido de desplazamiento es igual a la del eje x [FUENTE PROPIA].

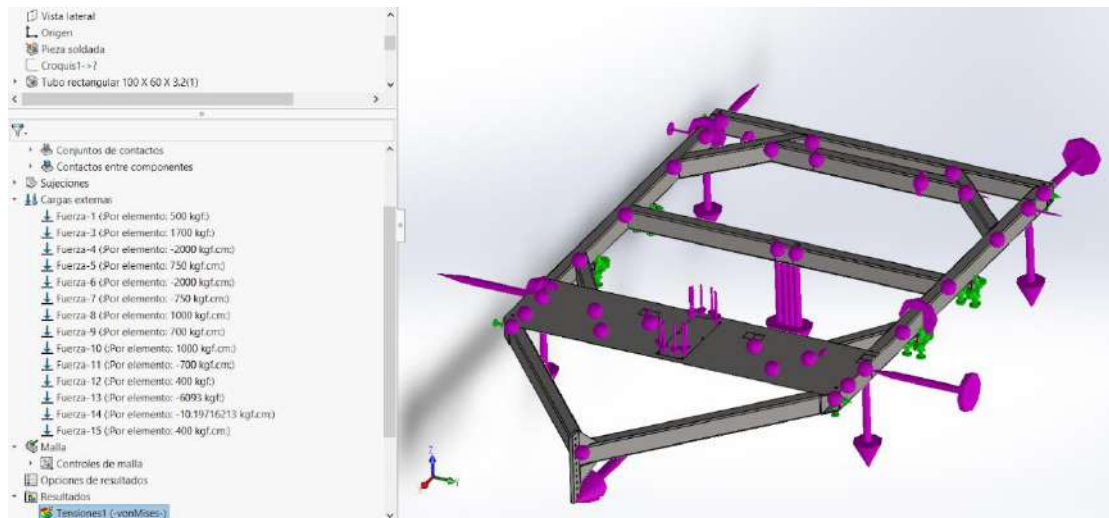


Figura C.3-11: Cargas externas [FUENTE PROPIA].

Por último se aplicó un mallado de las siguientes características.

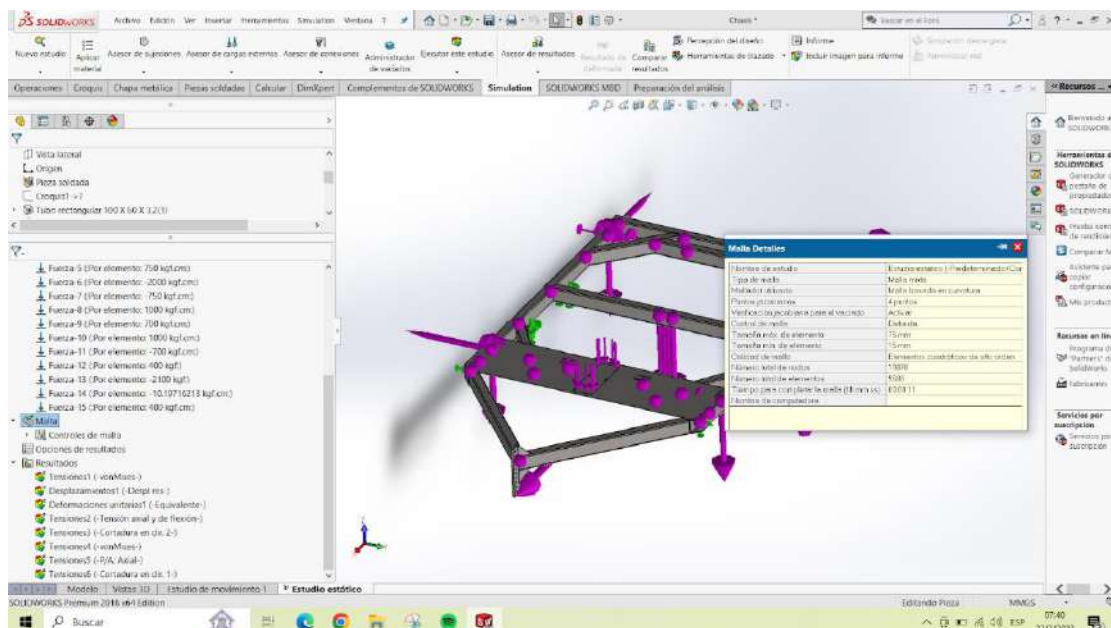


Figura C.3-12: Detalles del mallado [FUENTE PROPIA].

A continuación, se adjuntan los resultados obtenidos en la simulación. Se detallan flexión en dos direcciones y corte en los tubos estructurales, y von Mises en la chapa delantera donde apoya el soplador y en la placa de la lanza, siendo la tensión de fluencia del material de 2400 kgf/cm², con un factor de seguridad de 2 tenemos una tensión admisible de 1200 kgf/cm²

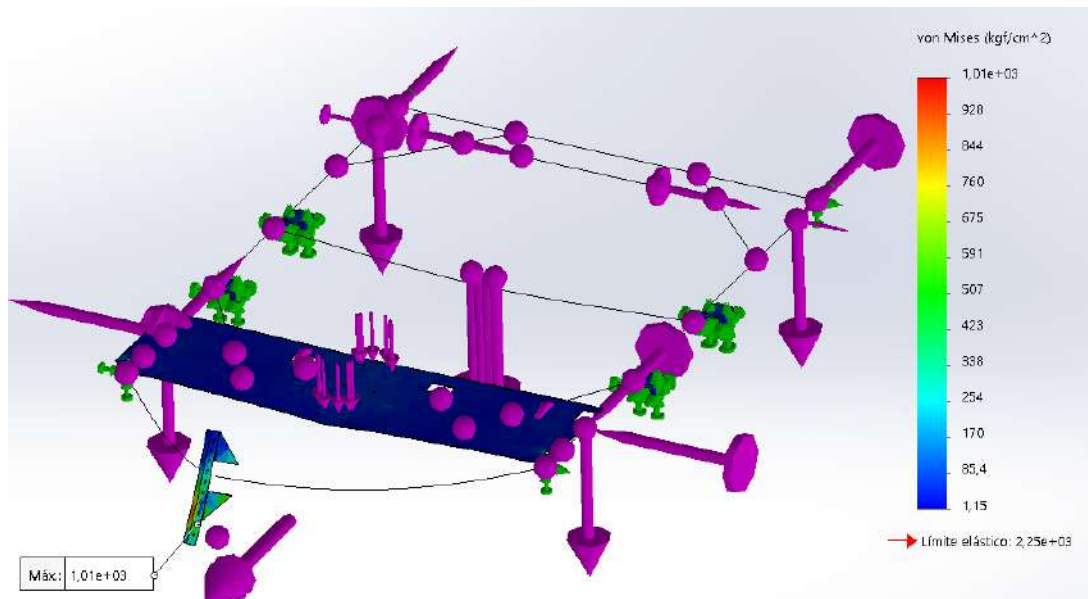


Figura C.3-13: Tensiones de von Mises [FUENTE PROPIA].

Se puede apreciar que en la punta de la lanza, donde se simuló para la peor condición de posición de la lanza, hay un valor de tensión cercano al valor de fluencia, por ende, decidimos aplicar un control de malla en las caras y aristas de dicha placa y sus refuerzos. A continuación, se adjunta el mismo.

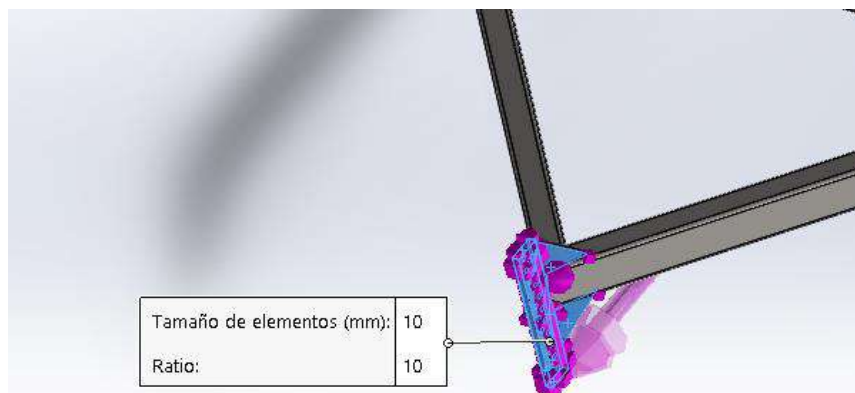


Figura C.3-14: Control de mallado en la placa de la lanza y sus refuerzos [FUENTE PROPIA].

Al aplicar el control de mallado, vemos que se generan puntos de alta tensión en aquellos lugares donde el software se encuentra en problemas, ya que el mismo nota que hay arista vivas, esto se soluciona aplicando radios de curvaturas en las misma, por el hecho de que en la realidad estas aristas no existen.

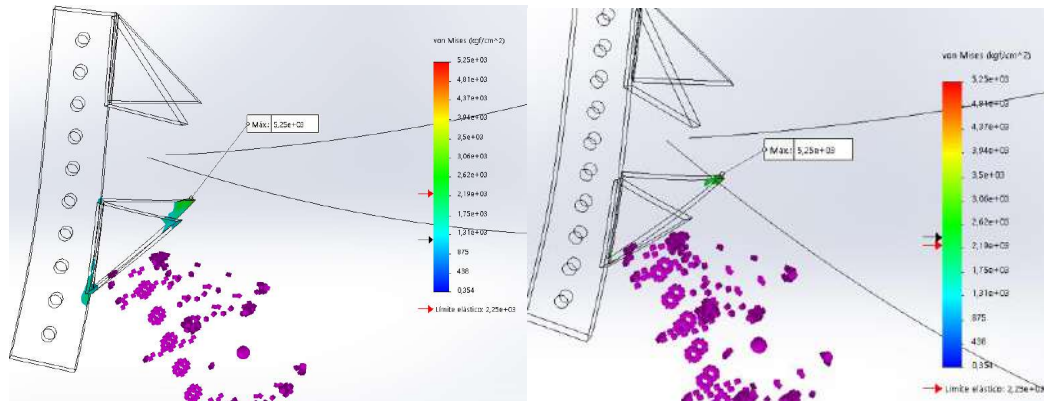


Figura C.3-15: Altos puntos de tensión debido a que el software se encuentra con aristas vivas. Se aplicaron isosuperficies, la primera que filtre las tensiones superiores al límite admisible y la segunda al límite de fluencia [FUENTE PROPIA].

Con esto concluimos que la chapa y la placa reguladora de altura de la lanza soportarán los esfuerzos a los que se encuentra sometido. Tener en consideración, que la placa reguladora es un punto crítico del diseño que debe ser analizado en pruebas a campo, así como sus soldaduras.

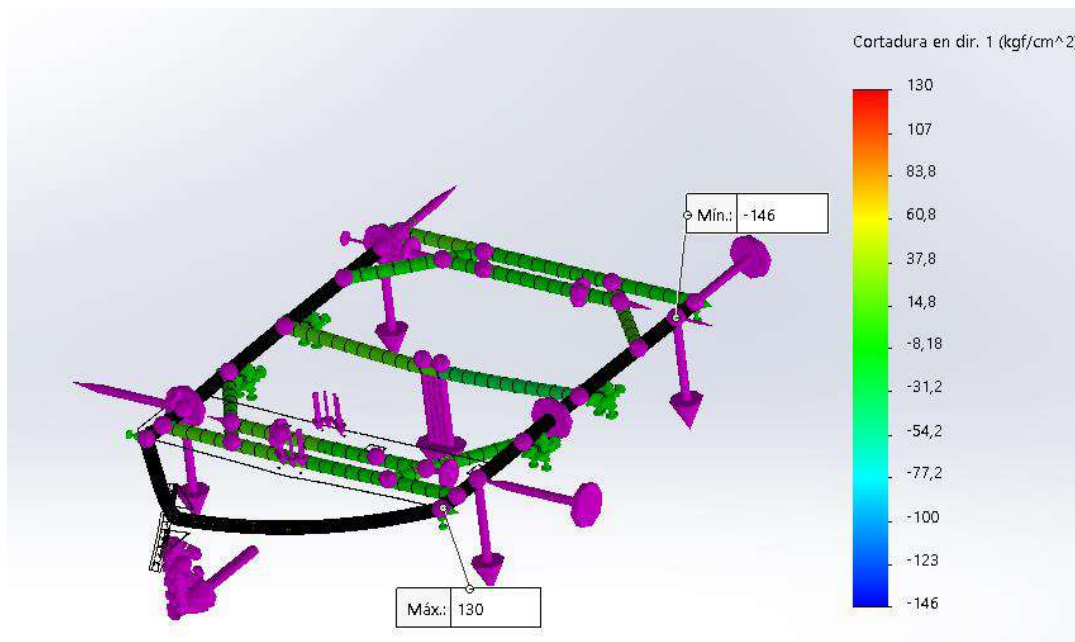


Figura C.3-16: Tensiones de corte en la estructura del chasis [FUENTE PROPIA].

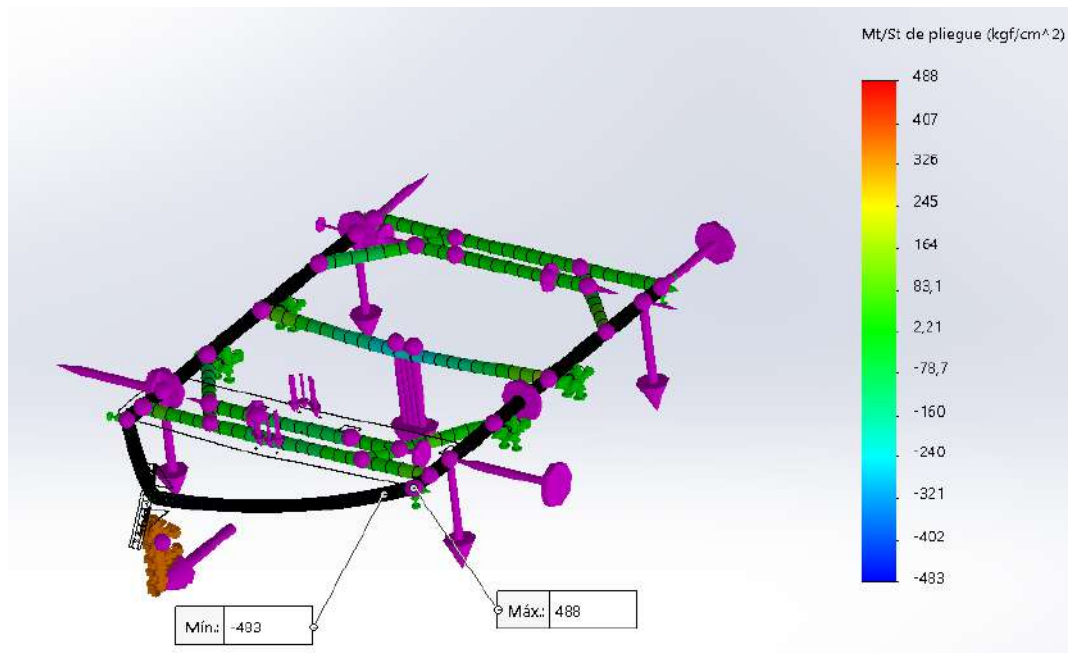


Figura C.3-17: Tensiones provocadas por momentos debidos a cargas verticales
[FUENTE PROPIA].

Tal como se puede observar, el chasis realizado con tubos estructurales rectangulares de 120x80x4,75 se encuentra correctamente dimensionada, ya que la tensión máx. en la totalidad de la estructura no superan a la tensión admisible de la misma.

Con esto se concluye que el chasis junto con la placa reguladora de altura de la lanza y la chapa delantera soportarán las cargas a las que se encuentran sometidas, aún así en esas ocasiones en que el terreno agrícola se encuentre en malas condiciones.

C.4 Bulones de la punta de lanza

El siguiente paso para finalizar con el conjunto chasis, es calcular que los bulones que abulonon la punta de lanza a la placa reguladora de altura de lanza soporten los esfuerzos de corte a los que se encontrará sometido.

La punta de lanza está diseñada para ser abulonada a la placa mediante dos bulones. Estos serán de grado 8.8, ya que presentan una elevada resistencia.

Bulones punta de lanza		
Grado bulón	8	-
σ_{fl} bulón	130	Kpsi
S	2	-
σ_{adm} bulón	96	Kpsi
τ_{adm} bulón	38,4	Kpsi
μ	0,3	-
Ftotal	20310	kgf
Froce	6093	kgf
Cant. bulones	2	-
σ_{fl} chapa	24000000	kgf/m2
S	2	-
Esp chapa	3/4 "	
σ_{adm} chapa.	19200000	kgf/m2
τ_{adm} chapa	7680000	kgf/m2

Tabla C.4-1: Datos del problema.

Las características del bulón de grado 8 se adjunta a continuación.

Grado SAE Num	Intervalo de tamaños de pruebas inclusive, pulg	Resistencia mínima, kpsi	Resistencia mínima a la tensión, kpsi	Resistencia mínima a la fluencia, kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$	55	74	57	Acero de bajo o medio carbono	
	$\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36		
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de medio carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero de medio carbono, T y R	
	$1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	74	105	81		
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de medio carbono, T y R	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación de medio carbono T y R	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	

Figura C.4-1: Datos del bulón [28].

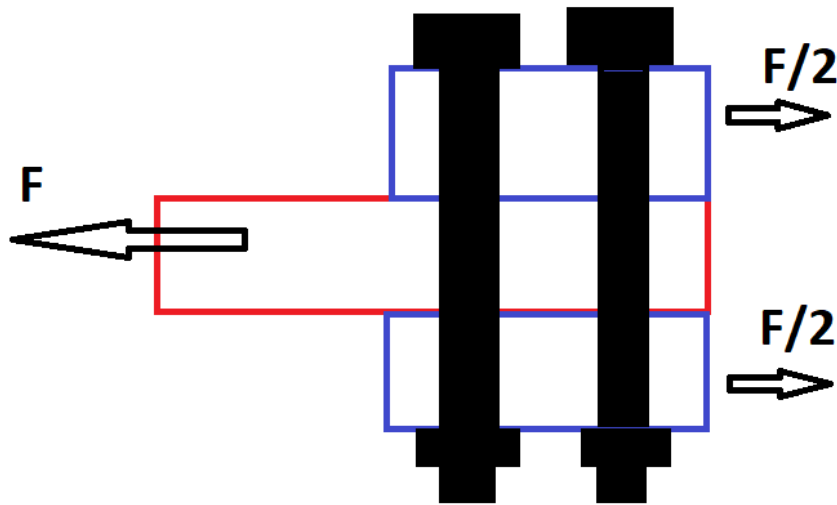


Figura C.4-2: Representación esquemática de la distribución de fuerza en una unión abulonada [FUENTE PROPIA].

Lo que se busca en las uniones abulonadas es que la fuerza resistente del bulón sea menor a la fuerza aplicada sobre la unión, donde de dicha inecuación nos permite calcular el diámetro mínimo necesario.

$$F_{resis} \geq F_{sobre\ bulón}$$

$$F_{resis} = N * \tau_{adm} * A$$

$$\phi_{mín} \geq \sqrt{\frac{4 * F_{sobre\ bulón}}{N * \tau_{adm} * \pi}}$$

Ecuación C.4-1: Cálculo diámetro bulón.

Siendo:

N = cantidad de bulones.

Con todo esto llegamos a que el diámetro mínimo debe ser de **11,5 mm**.

Se selecciona un bulón de **grado 8 de M12**, donde el alojamiento para el mismo en la chapa será de 15 mm. Por otro lado, siguiendo con el mismo espesor de chapa utilizado en la placa reguladora de altura de lanza, el espesor de la chapa de la punta de lanza será de 3/4". La selección de este bulón y con una cantidad de 2 tenemos que la fuerza resistente de la unión abulonada es 6100 kgf.

El paso siguiente, es dimensionar por aplastamiento las chapas de la unión abulonada, donde la misma es calculada de la siguiente manera.

$$a \geq \frac{F_{sobre\ bulón}}{2 * t * \sigma_{adm}} + \frac{2 * d_0}{3}$$

$$c \geq \frac{F_{sobre\ bulón}}{2 * t * \sigma_{adm}} + \frac{d_0}{3}$$

Ecuación C.4-2: Cálculo de la chapa por aplastamiento del bulón.

Al siguiente se adjunta que representan a, c, t y d0 en la chapa.

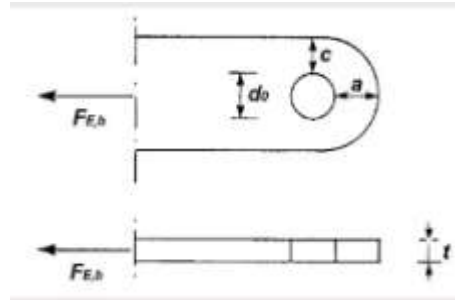


Figura C.4-3: Representación de a, c, t y d0 en una unión abulonada [28].

Las dimensiones mínimas de la chapa de la unión abulonada deben ser.

Cálculo geometría planchuelas		
esp necesario	15,773	mm
a nec	23,327	mm
c nec	18,327	mm

Tabla C.4-2: Resultados de las dimensiones mínimas de la chapa de la unión abulonada.

El último paso, es verificar todo lo analizado en SolidWorks. Se comienza aplicando material a las chapas de las uniones abulonadas, se utiliza un SAE 1010.

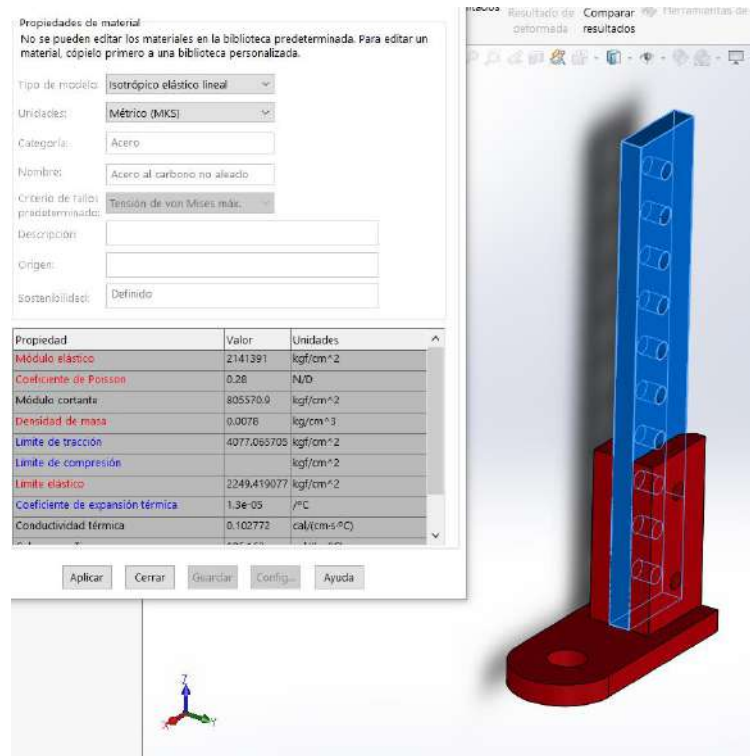


Figura C.4-4: Datos del material utilizado para el chasis [FUENTE PROPIA].

El siguiente paso fue definir conexiones y sujeciones, donde colocamos una conexión global sin penetración con el objetivo de permitir el movimiento entre la placa reguladora y la punta de lanza y se definieron los bulones en su correspondiente alojamiento. Por último, definimos sujeciones de empotramiento en la placa reguladora de altura de lanza en el lugar donde se encuentra soldada al chasis y sus refuerzo. También se generó una geometría de referencia variable para solamente permitir el movimiento en dirección del eje x a la punta de lanza.

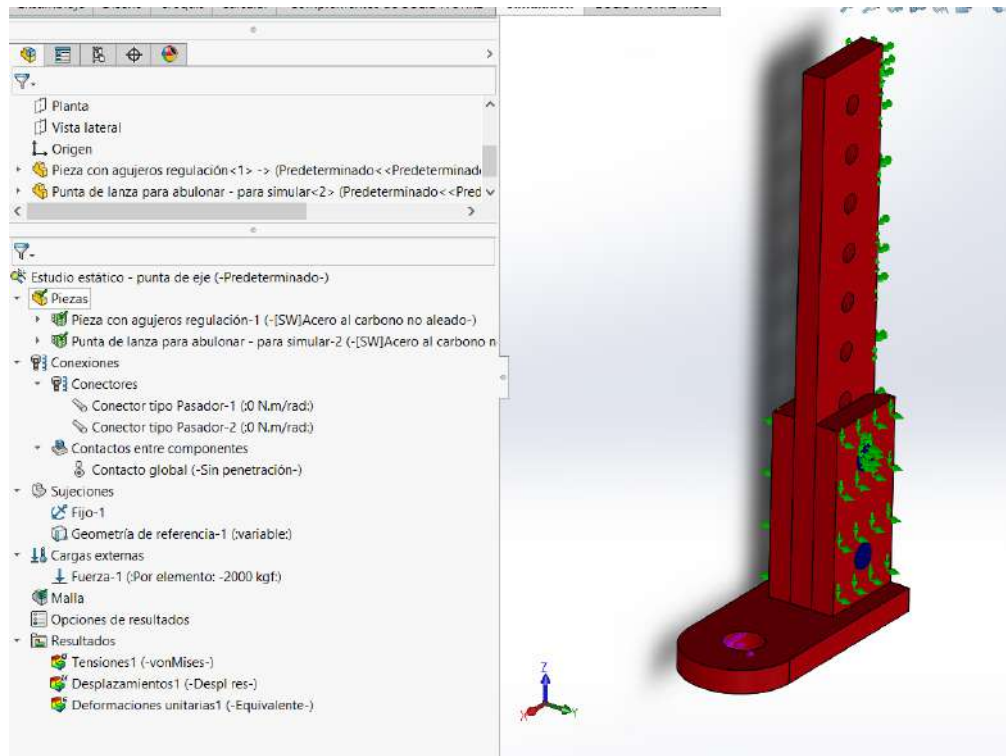


Figura C.4-5: Conexiones y sujeciones de la simulación [FUENTE PROPIA].

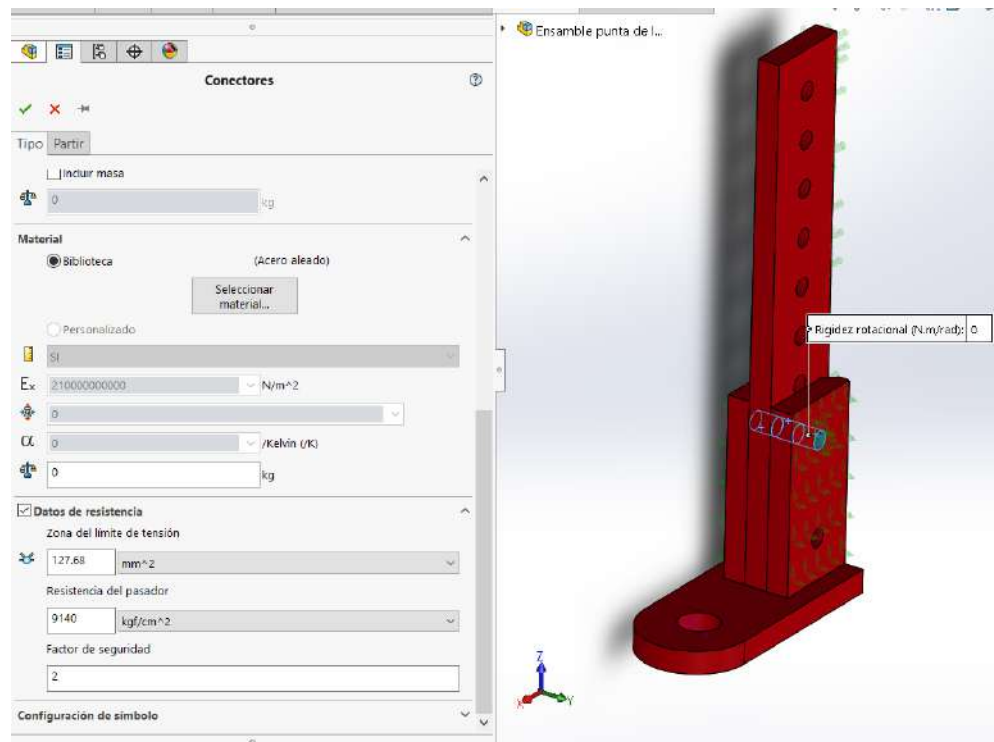


Figura C.4-6: Conexiones de bulón [FUENTE PROPIA].

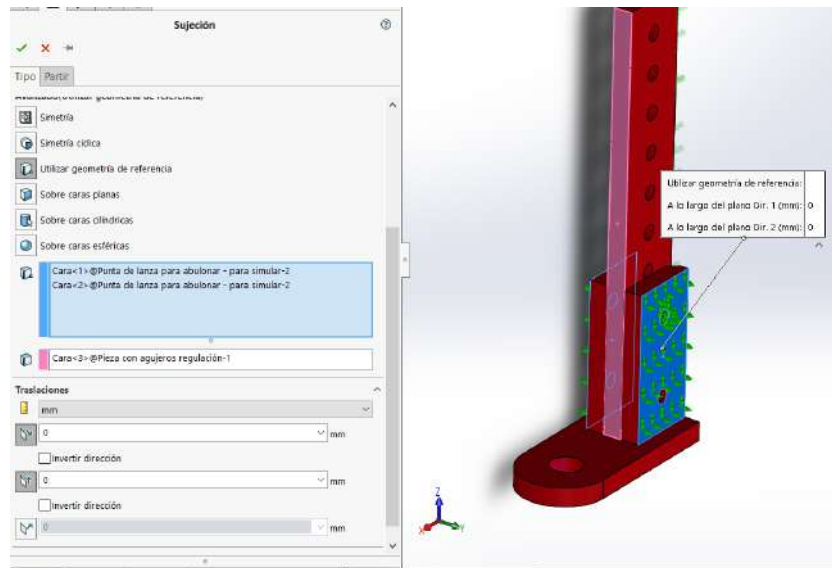


Figura C.4-7: Conexiones de geometría de referencia [FUENTE PROPIA].

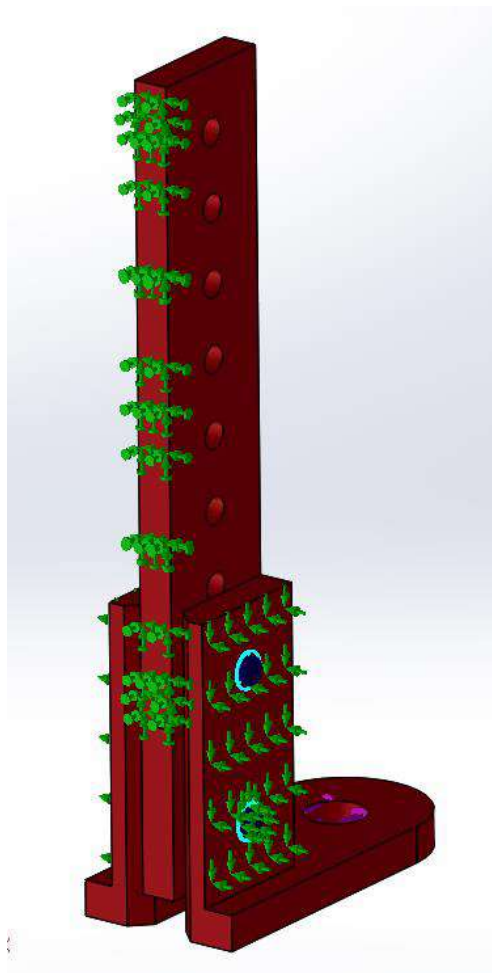


Figura C.4-8: Sujeciones de la simulación [FUENTE PROPIA].

Definidas las conexiones y sujeciones procedimos a determinar las cargas de la simulación, donde se presenta una única fuerza y es sobre los bulones.

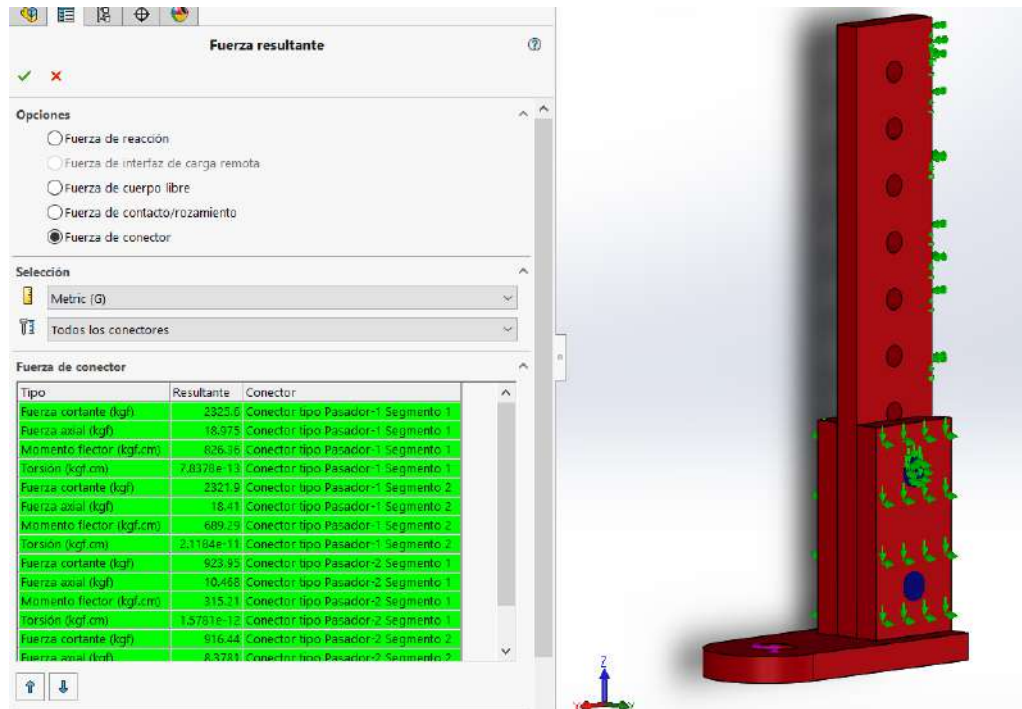


Figura C.4-11: Tensiones de von Mises [FUENTE PROPIA].

Se puede apreciar en los resultados que la unión abulonada diseñada resistirá hasta aquellas condiciones en que nos encontremos con un terreno rural en malas condiciones.

C.5 Eje de sistema de soporte

Con la información de las cargas comentadas en la sección “8.8 Estudio de fuerzas – Fuerza sobre eje” se calculan los momentos ejercidos sobre el eje. Para esto se establecen las medidas de diseño.

Posicion apoyo A	180	mm
Posicion apoyo B	2220	mm
Posicion carga P1	60	mm
Posicion carga P2	2340	mm
Largo del eje L	2400	mm
Ancho de chasis I	2120	mm

Tabla C.5-1: Dimensiones de diseño de eje [FUENTE PROPIA].

En base a las dimensiones de la tabla anterior, se calculan los esfuerzos como una viga simplemente apoyada, arrojando los siguientes resultados.

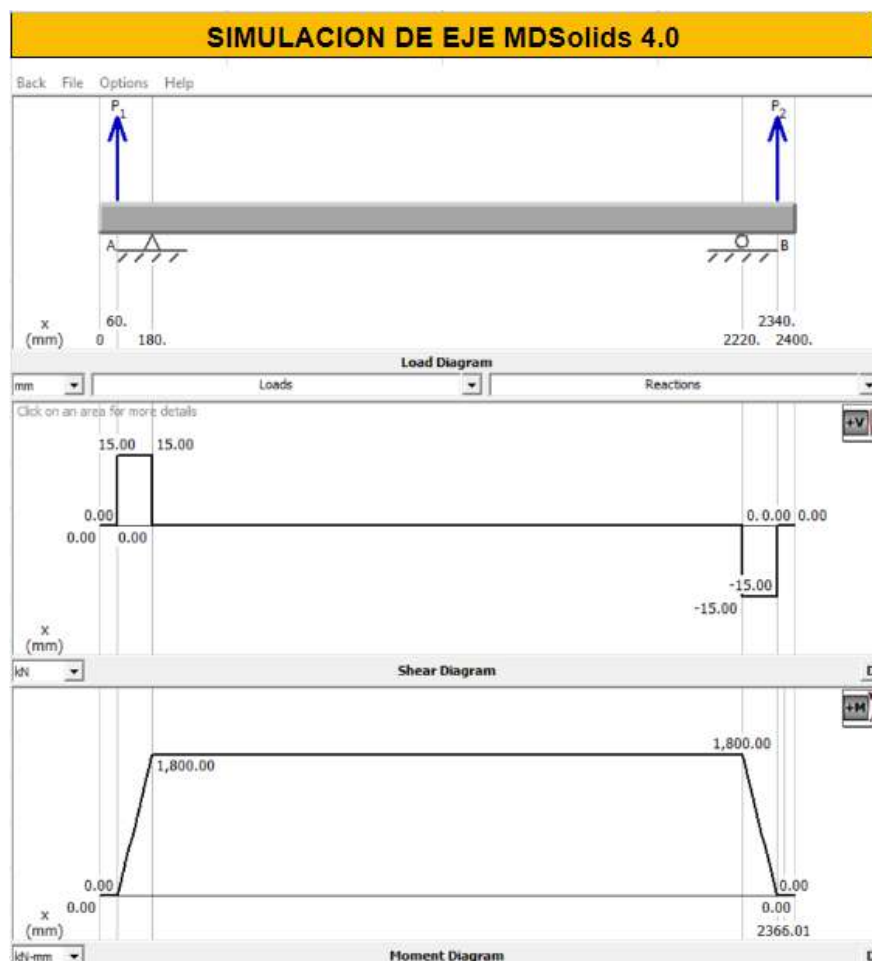


Figura C.5-1: Dimensiones de diseño de eje [FUENTE PROPIA].

Conociendo que se utiliza acero SAE 1040 laminado en caliente, se conoce su límite de fluencia, por lo tanto, se calcula la tensión admisible con un factor de seguridad de 2.

Designación del material (Número AISI)	Condición	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)	Dureza Brinell (HB)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)		
1020	Laminado en caliente	55	379	30	207	25	111
1020	Estirado en frío	61	420	51	352	15	122
1020	Recocido	60	414	43	296	38	121
1040	Laminado en caliente	72	496	42	290	18	144
1040	Estirado en frío	80	552	71	490	12	160
1040	OQT 1300	88	607	61	421	33	183
1040	OQT 400	113	779	87	600	19	262
1050	Laminado en caliente	90	620	49	338	15	180
1050	Estirado en frío	100	690	84	579	10	200

Tabla C.5-2: Propiedades de SAE 1040 [21].

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{fl}}{FOS}$$

$$M_{f\ est} = \frac{Q_{max}}{2 \cdot l}$$

$$M_{f\ max} = M_{f\ est} \cdot 3(g)$$

Ecuacion C.5-1: Ecuacion de cálculo de momentos.

σ_{fl}	290.000 kN/m ²	29.571.880 Kgf/m ²
Coef de seguridad	2 -	
Aceleracion por impacto	3 g	
σ_{adm}	14.785.940 kgf/m ²	14,79 Kgf/mm ²
Ra	1.692,5 Kgf	
Rb	1.692,5 Kgf	
Q _{máx}	1.692,5 Kgf	16,60 KN
M _f estático	203.100 Kgf.mm	1.991,7 kN.mm
M _f máx	609.300 Kgf.mm	5.975,2 kN.mm

Tabla C.5-3: Tabla de cálculos de diseño [FUENTE PROPIA].

Al utilizarse un eje de sección cuadrada:

$$\text{Modulo resistente a la flexión } Wx - x = \frac{b^3}{6}$$

$$\text{Momento de inercia del perfil del eje respecto al eje } x - x \text{ neutro de la sección } Ix - x = \frac{b^4}{12}$$

$$\text{Flecha máxima } Y_{max} = \frac{b}{2}$$

$$\sigma_{fl} = \frac{M_{f \max}}{Wx - x}$$

Ecuacion C.5-2: Cálculo de sigma de fluencia.

Calculando, se llega a los siguientes resultados:

Wxx a utilizar	41208	mm ³
Ancho de perfil	62,8	mm

Tabla C.5-4: Tabla de cálculos de diseño [FUENTE PROPIA].

Analíticamente ya se definió el valor mínimo de ancho de perfil que deberá tener la sección para soportar los esfuerzos dinámicos. Luego de esto se dimensiona el perfil del eje y se describe en la sección “9.5 Dimensionamiento – Eje”.

Una vez ya diseñado este, se lo somete a una evaluación por elementos finitos en Solidworks.

No se debe perder de vista que la tensión admisible es de 1479 kgf/cm².

En las siguientes figuras se muestran los datos de simulación. Estos son material, sujeciones, cargas y mallado.

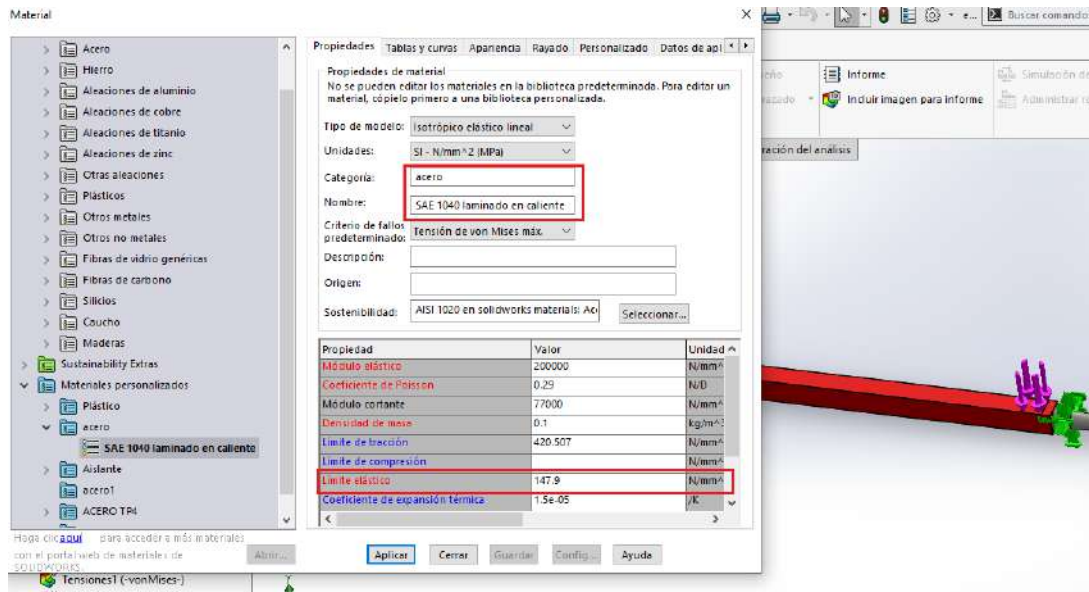


Figura C.5-2: Datos del material personalizado utilizado para la eje [FUENTE PROPIA].

El siguiente paso fue definir conexiones y sujeciones, donde colocamos una conexión global de unión rígida y contactos de uniones rígidas entre los alojamientos y los rodamientos que vinculan al eje con la maza.

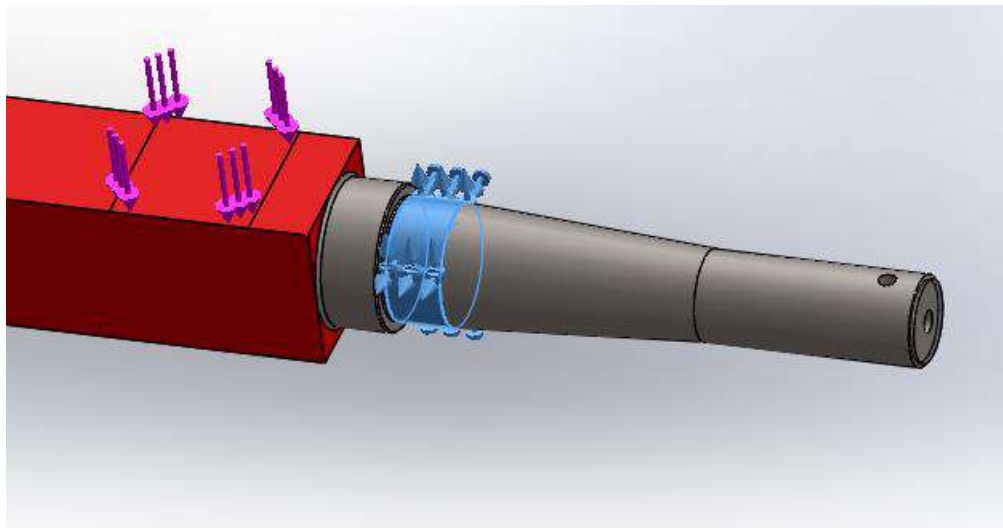


Figura C.5-3: Conexiones y sujeciones de la simulación [FUENTE PROPIA].

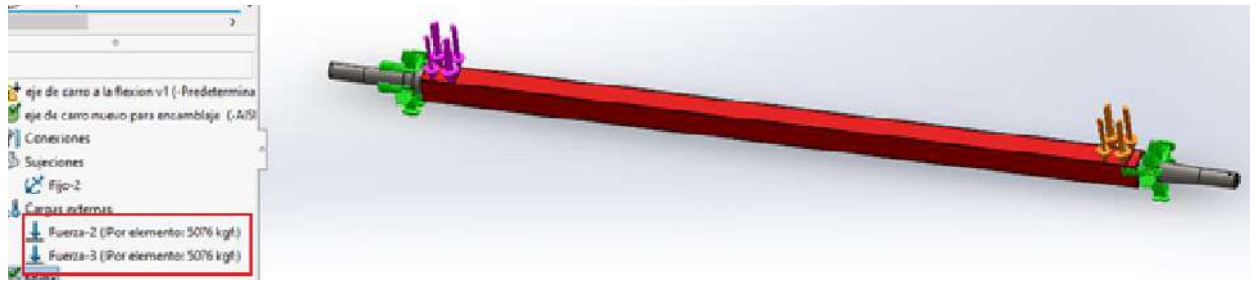


Figura C.5-4: Cargas externas [FUENTE PROPIA].

La carga de 5076 kgf se corresponde a 3 veces la carga estática, esto es por los esfuerzos dinámicos.

Por último se aplicó un mallado de las siguientes características.

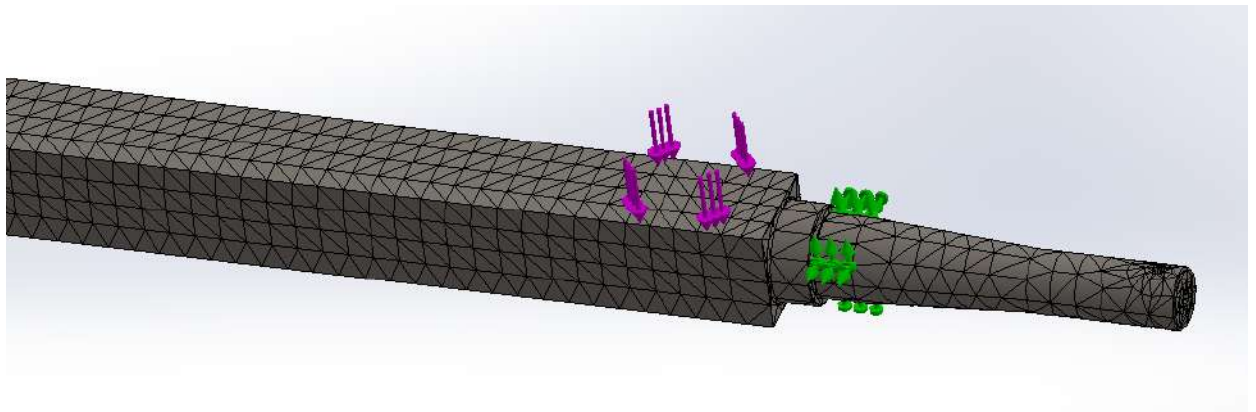


Figura C.5-5: Detalles del mallado [FUENTE PROPIA].

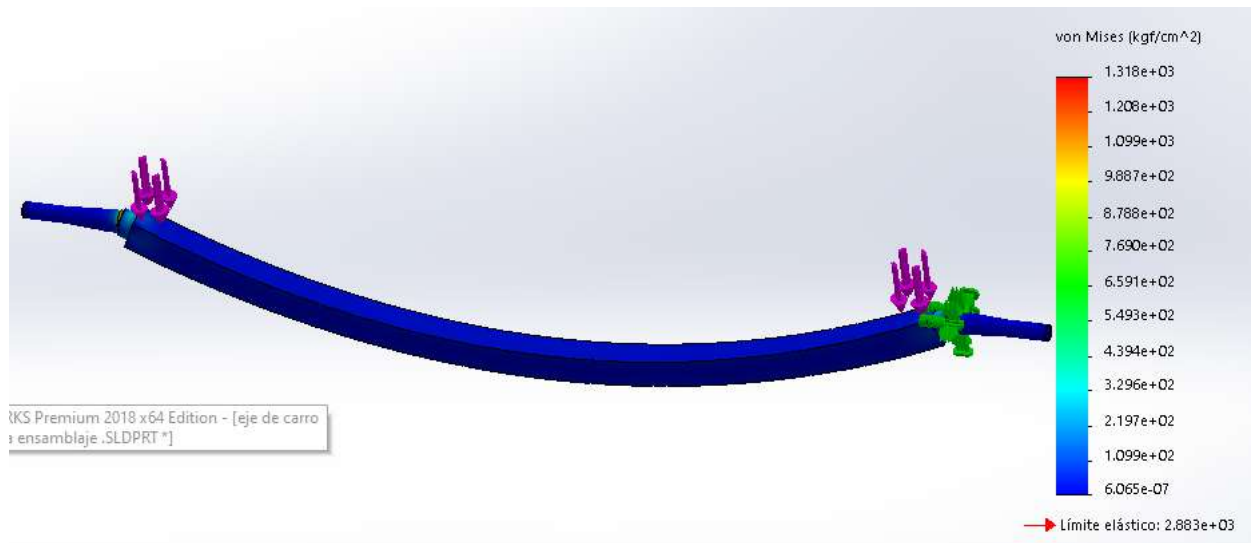


Figura C.5-6: Simulación de eje a la flexión [FUENTE PROPIA].

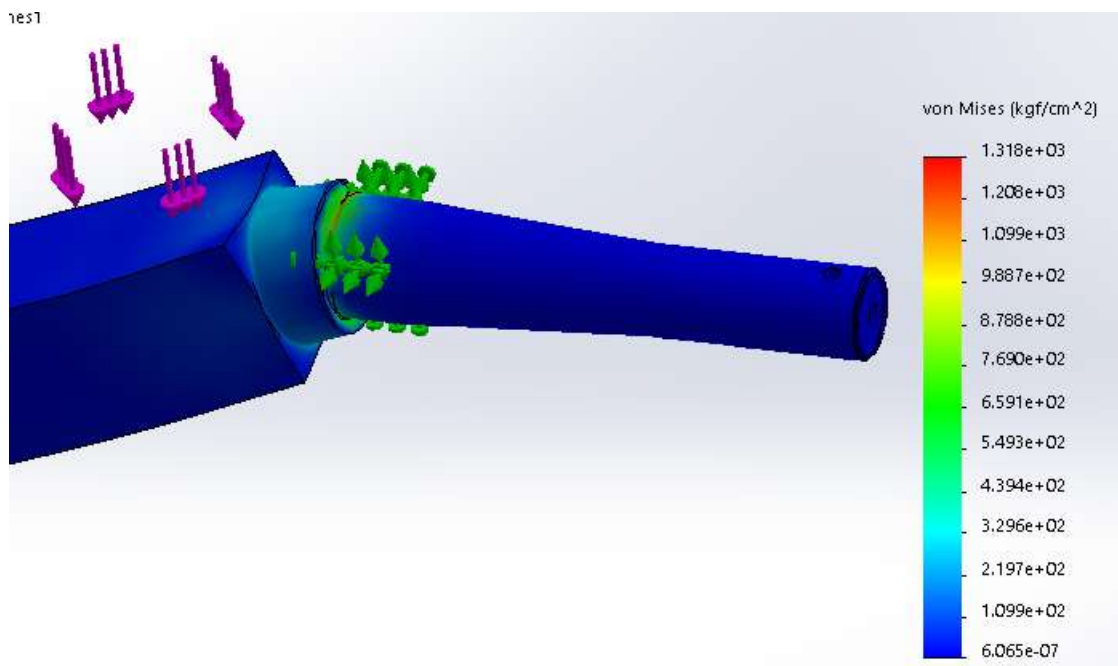


Figura C.5-6: Simulación de eje a la flexión desde una óptica más cercana [FUENTE PROPIA].

Aquí se puede observar que la zona mas exigida es en el desahogo para el rodamiento, zona que llega a una tensión de 1318 kgf/cm², por ende, se encuentra dentro de margen admitido.

C.6 Ciclón

Para el cálculo del ciclón se comienza con la premisa de que solo se utiliza una de sus dos funciones. La primera es la de desacelerar el flujo de mezcla aire-partículas, y la segunda es la separación de polvillo, siendo importante para nosotros solo la primera.

Debido a lo comentado anteriormente, no se utiliza un ciclón de alta eficiencia, ya que sus dimensiones son demasiado extensas para los fines del proyecto.

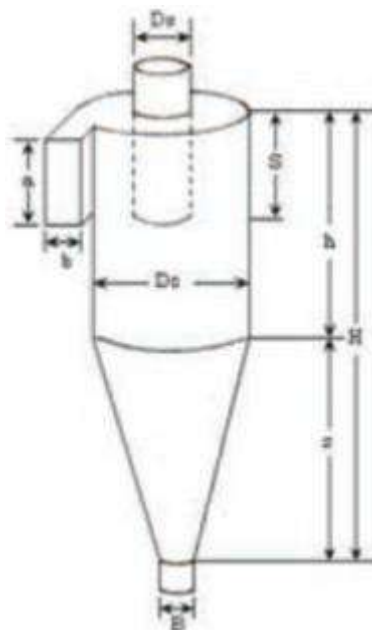


Figura C.6-1: Esquema de ciclón con variables dimensionales [FUENTE PROPIA].

La siguiente tabla se corresponde a las proporciones de un ciclón convencional.

Dimensión	Nomenclatura	Tipo de ciclón			
		Lapple	Swift	Peterson-Whitby	Zenz
Diámetro del ciclón	D_c/D_c	1.0	1.0	1.0	1.0
Altura de entrada	a/D_c	0.5	0.5	0.583	0.5
Ancho de entrada	b/D_c	0.25	0.25	0.208	0.25
Altura de salida	S/D_c	0.625	0.6	0.583	0.75
Diámetro de salida	D_s/D_c	0.5	0.5	0.5	0.5
Altura parte cilíndrica	h/D_c	2.0	1.75	1.333	2.0
Altura parte cónica	z/D_c	2.0	2.0	1.837	2.0
Altura total del ciclón	H/D_c	4.0	3.75	3.17	4.0
Diámetro salida partículas	B/D_c	0.25	0.4	0.5	0.25
Factor de configuración	G	402.88	381.79	342.29	425.41
Número cabezas de velocidad	NH	8.0	8.0	7.76	8.0
Número de vórtices	N	6.0	5.5	3.9	6.0

Tabla C.6-1: Relaciones entre parámetros para un ciclón convencional [FUENTE PROPIA].

A continuación, en la tabla C.6-2 se introducen los parámetros de entrada para el cálculo del ciclón, siendo los dos primeros impuestos por el soplador.

Datos				
Qsop	292	m ³ /h		
Ventrada	10	m/s	36000	m/h
ρ aire	1,2	kg/m ³		
K	16	-		
g	9,8	m/s ²		
μ	0,00001825	kg/(m*s)		
ρ cereal	770	kg/m ³		

Tabla C.6-2: Datos de entrada para dimensionamiento de ciclón [FUENTE PROPIA].

Donde K es un factor tabulado, significa que el flujo de aire entra tangencial al cilindro. El coeficiente μ es la viscosidad dinámica del aire.

Para calcular el diámetro del ciclón se selecciona una velocidad de entrada que está en 10 m/s. Con este valor se puede determinar el diámetro del ciclón y las otras dimensiones con base en las relaciones establecidas para las familias de ciclones.

$$\text{Área} = \frac{Q_{\text{turb}}}{V_{\text{entrada}}} = \frac{199 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{3600 \frac{\text{m}}{\text{h}}} = 0,06 \text{ m}^2$$

$$\text{Área} = axb ; a = 0,5xD_c ; b = 0,25xD_c$$

$$\text{Área} = 0,5xD_c \times 0,25xD_c = 0,125xD_c^2 = 0,06 \text{ m}^2$$

$$D_c = \sqrt{0,48} = 0,7 \text{ m}$$

$$a = 0,5 \times 0,7 \text{ m} = 0,35 \text{ m}$$

$$b = 0,25 \times 0,7 \text{ m} = 0,175 \text{ m}$$

$$B = 0,25 \times 0,7 \text{ m} = 0,175 \text{ m}$$

Ecuación C.5-1: Cálculo de entrada al ciclón.

Como no nos importa la separación de partículas, escogemos un diámetro de ciclón de 0,30 m.

$$S = 0,625 \times 0,3 \text{ m} = 0,19 \text{ m}$$

$$D_s = 0,5 \times 0,3 \text{ m} = 0,15 \text{ m}$$

$$h = 2 \times 0,3 \text{ m} = 0,6 \text{ m}$$

$$z = 2 \times 0,3 \text{ m} = 0,6 \text{ m}$$

Ecuación C.5-2: Cálculo de diámetro y altura de ciclón.

En la tabla siguiente se muestran el valor obtenido de diámetro de cilindro y luego el resto se calculan con relación a este, siguiendo las proporciones de un ciclón Lapple, como se puede ver en la tabla C.6-1.

Cálculos			
Área	0,008111111 m ²		
Dc	0,25473297 m	25,473 cm	
Dc seleccionado	0,3		
a	0,15 m		
a seleccionado	0,2 m		
b	0,075 m		
b seleccionado	0,1 m		
B	0,1 m		
S	0,1875 m		
Ds	0,15 m		

Tabla C.6-3: Resultados de valores geométricos [FUENTE PROPIA].

Continuando con la conclusión anterior, decidimos que el alto del ciclón sea de 0,6 m, donde la parte cónica tendrá una altura de 0,3 m y la parte cilíndrica de 0,3 m.

$$N_H = Kx \frac{axb}{D_s^2} = 16x \frac{0,35 \text{ m} \times 0,175 \text{ m}}{0,15^2} = 43,5$$

$$\Delta P = \frac{1}{2} x \rho x V_{\text{entrada}}^2 x N_H = \frac{1}{2} x 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} x \left(6 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 x 43,5 = 939,6 \text{ Pa}$$

$$W = \sqrt{\frac{4xgx\mu x(\rho_p - \rho)}{3x\rho^2}} = \sqrt{\frac{4x9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} x 1,825x10^{-5} x \left(770 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}{3x\left(1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)^2}} = 0,5 \text{ m/s}$$

$$K_b = \frac{b}{Dc}$$

$$K_b = \frac{0,175 \text{ m}}{0,3 \text{ m}} = 0,6$$

$$V_s = \frac{4,913xWxK_b^{0,4}xD_c^{0,067}x\sqrt[3]{V_t^2}}{\sqrt[3]{1-K_b}} = \frac{4,913x0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} x 0,6^{0,4} x (0,3 \text{ m})^{0,067} x \sqrt[3]{\left(6 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}}{\sqrt[3]{1-0,6}} = 8,28 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_s = \frac{4,913xWxK_b^{0,4}xD_c^{0,067}x\sqrt[3]{V_t^2}}{\sqrt[3]{1-K_b}} = \frac{4,913x0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} x 0,6^{0,4} x (0,3 \text{ m})^{0,067} x \sqrt[3]{\left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}}{\sqrt[3]{1-0,6}} = 12,51 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ecuacion C.5-3: Cálculos de flujo de ciclón.

Cuando la velocidad de entrada es mayor a 1,35 veces la velocidad de saltación, se produce resuspensión del material ya capturado.

h	0,3 m		
z	0,3 m		
NH	8		
ΔP	480 Pa		
W	0,503 m/s		
Kb	0,667 -		
Vs	12,978 m/s		
Relación Ve y Vs	0,771 -		

Tabla C.6-4: Resultados de valores de flujo [FUENTE PROPIA].

Como ($0,8 = \frac{10 \frac{m}{s}}{12,51 \frac{m}{s}} = \frac{V_i}{V_s} < 1,35$) , no hay resuspensión del material particulado.

Con todo esto, podemos decir que el ciclón cumplirá con el objetivo principal de nuestro proyecto, que es desacelerar las semillas previo al ingreso de la tolva.

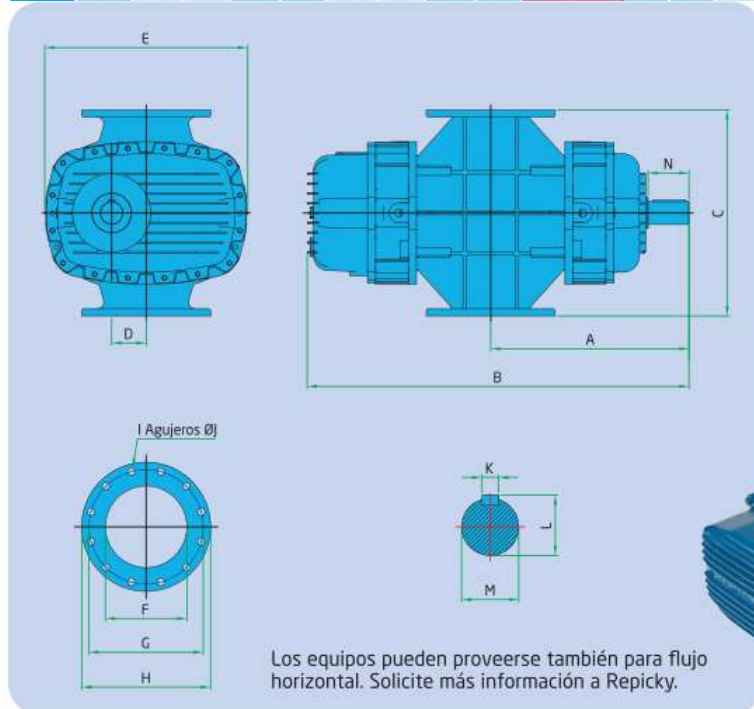
El ciclón estará conformado por chapas soldadas de 3/16" (4,7 mm). Sus dimensiones finales se pueden observar en el "Anexo E - Planos", siendo este el plano CTO - 03.01.02.0.v

Anexo D: Elementos comerciales

Circuito de semilla e impulsión

Soplador:

Δp (mbar)		100		200		300		400		500		600		700		800		900		1000	
Modelo	RPM	Q m³/h	P HP	Q m³/h	P HP	Q m³/h	P HP	Q m³/h	P HP	Q m³/h	P HP	Q m³/h	P HP	Q m³/h	P HP	Q m³/h	P HP	Q m³/h	P HP	Q m³/h	P HP
R100	1450	29.6	0.4	23.1	0.5	18	0.7	13.7	0.9	10.3	1.1	8.1	1.4	6.4	2.0	5.1	2.7	4.2	3.1	2.6	1.9
	2250	54	0.6	47.5	0.8	42.2	1.1	38.1	1.4	34.3	1.6	30.8	1.8	27.9	2.3	25.4	2.7	23.1	3.1	20.9	2.4
	2900	74	0.7	67.3	1.1	62.2	1.4	57.9	1.6	54.1	2.0	50.6	2.3	47.4	2.7	44.1	3.1	40.9	3.6	37.7	4.2
	4500	123	1.5	116	1.6	111	2.1	107	2.6	103	3.1	99	3.7	96	4.2	92	4.7	89	5.2	86	5.7
R200	1450	63	0.6	52	0.9	43.3	1.3	35.9	1.6	28.1	1.9	22.1	2.4	18.1	2.9	14.1	3.4	11.1	3.9	9.1	4.4
	2250	112	0.9	101	1.4	92.1	1.9	84.6	2.4	78.1	2.9	72.1	3.4	66.1	3.9	60.1	4.4	54.1	4.9	48.1	5.4
	2900	152	1.2	140	1.8	132	2.4	124	3.1	118	3.8	112	4.5	106	5.1	101	5.7	96	6.2	91	6.7
	4500	249	1.7	238	2.8	229	3.8	222	4.9	215	5.8	209	6.9	204	7.9	199	8.9	194	9.9	189	10.9
R300	1450	89	0.6	80	1.1	65	1.5	56	1.9	48	2.4	40	2.9	33	3.4	27	3.9	22	4.4	18	4.9
	2250	156	0.9	142	1.6	131	2.3	122	3.0	114	3.7	107	4.4	100	5.0	94	5.6	88	6.2	82	6.7
	2900	210	1.2	196	2.0	185	3.0	176	3.9	168	4.8	161	5.6	154	6.5	148	7.5	142	8.4	136	9.4
	4500	342	1.8	328	3.2	318	4.7	309	6.0	301	7.4	293	8.7	286	10.2	280	11.5	274	12.8	268	14.1
R500	1450	142	1.0	132	1.6	112	2.3	101	3.0	91	3.6	82	4.3	74	4.9	66	5.6	58	6.2	51	6.7
	2250	241	1.5	225	2.5	211	3.6	200	4.6	190	5.6	181	6.7	173	7.8	165	8.9	157	9.9	149	10.9
	2900	322	1.9	306	3.3	292	4.6	281	5.9	271	7.3	262	8.6	254	10.0	246	11.3	238	12.6	230	13.9
	4500	521	3.0	504	5.0	491	7.1	480	9.2	470	11.3	461	13.4	452	15.4	444	17.6	437	19.6	430	21.6
R600	1450	185	1.2	158	2.1	138	3.0	120	3.9	105	4.9	92	5.9	80	6.9	70	7.9	61	8.9	53	9.9
	2250	319	1.8	293	3.3	272	4.7	255	6.1	239	7.5	225	8.9	212	10.3	200	11.7	188	13.1	176	14.5
	2900	429	2.4	402	4.2	382	6.0	364	7.9	349	9.7	335	11.4	321	13.3	309	15.1	297	16.9	285	18.7
	4500	698	3.7	692	6.5	651	9.3	634	12.1	618	14.9	604	17.8	591	20.7	578	23.6	565	26.5	552	29.4
R1000	1450	297	2.0	275	3.3	259	4.6	245	5.8	232	7.2	221	8.4	210	9.7	200	10.9	190	12.1	180	13.3
	2250	487	3.1	466	5.1	449	7.1	435	9.1	422	11.1	411	13.1	400	15.0	390	17.1	381	19.0	372	21.0
	2900	641	4.0	620	6.6	603	9.1	589	11.7	577	14.3	565	16.8	555	19.4	545	21.9	535	24.5	527	27.1
	4300	974	5.9	953	9.8	936	13.6	922	17.4	910	21.1	898	24.9	888	28.7	878	32.6	868	36.4	858	40.2



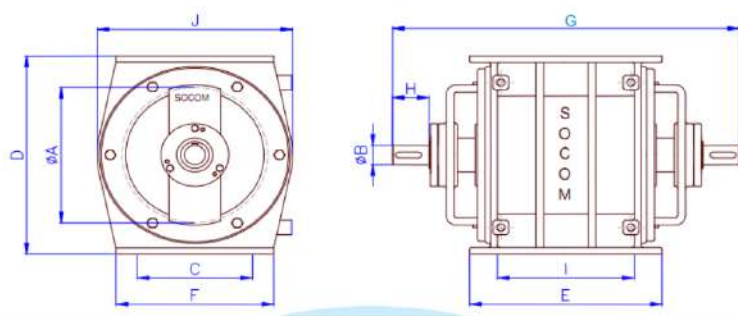
Rotores sincronizados



Cabezal R2.5AV

Modelo	Dimensiones Generales					Detalle Bridas					Eje				Peso Kg
	A	B	C	D	E	ØF	ØG	ØH	I	ØJ	K	L	ØM	N	
R100	Solicite folleto para este modelo														21
R200	200	382	193	34	215	50	125	150	4	11	8	33	30	66	38
R300	221	427	214	34	215	80	160	200	4	18	8	32	30	70	41
R500	258	516	260	43	260	80	160	200	4	18	12	42	40	85	64
R600	286	572	260	43	260	100	180	220	8	18	12	42	40	85	69
R1000	319	636	360	53.3	332	100	180	220	8	18	14	47.5	45	97	110

Válvula rotativa:



Serie	ØA	ØB	C	D	E	F	G	H	I	J	Vol./Transp. dm ³ /rev.
150	150	28	110	240	220	180	380	40	150	200	2.08
220	220	40	155	325	290	255	586	60	200	290	6.24
280	280	40	220	410	370	320	665	70	270	365	14.04
360	360	50	250	480	460	370	800	80	350	460	30.25
450	450	50	305	580	520	415	870	85	410	540	57.81
500	500	50	325	650	600	450	1000	110	490	600	81.61

Motor hidráulico para soplador:

PGP330 Frame Size	05	07	10	12	15	17	20
Displacement – cm ³ /rev (in ³ /rev)	16.1 (0.99)	24.2 (1.48)	32.3 (1.97)	40.4 (2.46)	48.4 (2.96)	56.5 (3.45)	64.6 (3.94)
Max continuous pressure – bar (psi)	241 (3,500)	241 (3,500)	241 (3,500)	241 (3,500)	241 (3,500)	224 (3,250)	207 (3,000)
Max Speed – RPM	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Approximate Weight – Lbs. (kg)	33.6 (15.2)	34.8 (15.8)	36 (16.3)	37.3 (16.9)	38.5 (17.5)	40 (18.1)	41.3 (18.7)

Manguera comercial:

FLUID PARTS / Twin

MANGUERA HIDRÁULICA SAE 100R1AT

Aplicaciones y características generales

Simple malla de alambre trenzado de acero de alta resistencia.

Utilizadas para el suministro de fluidos oleohidráulicos o líquidos a base de agua. Fabricadas de excelente goma resistente al aceite y anti-envejecimiento.

La manguera está realizada en conformidad con las normas DIN EN853 15N y SAE J517 100R1AT.

Rango de temperatura de trabajo: -40°C a +100°C

Características Técnicas Particulares

Código	Tamaño	Diámetro interior		Diámetro malla		Diámetro exterior	Espesor Malla		P máx Trabajo	Pres Prueba	P min. Rotura	R min. Curvatura	Peso	
		mm	pulg.	min.	máx.		min.	máx.						min.
10067	6	1/4	6,2	7	10,6	11,6	14,1	0,8	1,5	229	459	918	100	0,25
10068	10	3/8	9,3	10,1	14,5	15,7	18,1	0,8	1,5	184	367	734	130	0,36
10069	12,5	1/2	12,3	13,5	17,5	19	21,4	0,8	1,5	163	326	653	180	0,45
10070	19	3/4	18,6	19,8	24,6	26,2	28,5	0,8	1,5	107	214	530	240	0,65
10071	25	1	25	26,4	32,5	34,1	38,8	0,8	1,5	90	178	357	300	0,91
10039	31,5	1 1/4	31,4	33	39,3	41,7	44,8	1	2	64	153	255	420	1,3
10040	38	1 1/2	31,7	39,3	45,6	48	52,1	1,3	2,5	51	102	204	500	1,7
10041	51	2	50,4	52	58,7	61,7	65,5	1,3	2,5	41	82	163	630	2

Motor hidráulico para válvula rotativa:

Geometric displacement
Cylindrée
Cilindrata
Max. speed @ Max. intermittent flow
Vitesse de rotation max
Velocidad máxima a caudal intermitente máximo
Max. oil flow
Débit d'huile max
Portata max
Max. differential pressure
Chute de pression max
Pression différentielle maxima
Max. supply pressure
Max. Eingangsdruck
Pression max entrée
Max. torque
Max. Drehmoment
Couple max
Torque Massimo
Max. performance
Puissance de sortie max
Potenza meccanica max
Min. starting torque
Min. Anlaufmoment
Couple min. fourni au démarrage
Torque minimo de arranque

Motor Series TGK	cm³/rev in³/rev	rev/min	cont		int		max bar psid	cont		int		max KW HP	cont		int			
			l/min g/min		bar psid			Nm lb-in		Nm lb-in			Nm lb-in		Nm lb-in			
0110	110 6.9	672	76 20	95 25	241 3500	276 4000	300 4350	373 3299	426 3767	24 32	279 2464	318 2814						
0140	141 8.6	660	76 20	95 25	241 3500	276 4000	300 4350	474 4199	530 4794	30 40	354 3137	418 3706						
0170	169 10.3	554	76 20	95 25	241 3500	276 4000	300 4350	578 5114	646 5838	32 43	432 3820	505 4392						
0195	195 11.9	477	76 20	95 25	241 3500	276 4000	300 4350	671 5936	753 6776	31 41	501 4434	562 5062						
0240	238 14.5	393	76 20	95 25	241 3500	276 4000	300 4350	794 7027	913 8031	30 40	593 5250	678 6000						
0280	280 17.1	334	76 20	95 25	241 3500	276 4000	300 4350	936 8286	1073 9470	29 39	699 6191	799 7075						
0310	310 18.9	303	76 20	95 25	241 3500	276 4000	300 4350	1037 9175	1229 10465	29 39	773 6841	883 7819						
0335	337 20.6	277	76 20	95 25	241 3500	276 4000	300 4350	1128 9981	1297 11834	28 37	843 7457	963 8522						
0360	360 22.2	263	76 20	95 25	241 3500	276 4000	300 4350	1205 10665	1377 12189	28 37	900 7968	1029 9107						
0405	405 24.7	232	76 20	95 25	241 3500	276 4000	300 4350	1353 11971	1546 13681	29 39	1011 8944	1155 10222						

Manguera comercial:

MANGUERA HIDRÁULICA SAE 100R2AT

Aplicaciones y características generales

Doble malla de alambre trenzado de acero de alta resistencia.

Utilizadas para el suministro de fluidos oleohidráulicos o líquidos a base de agua.

Fabricadas con goma resistente al aceite y antienvejecimiento de excelente calidad.

La manguera está realizada en conformidad con las normas DIN EN853 2SN y SAE J517 R2AT.

Rango de temperatura de trabajo: -40°C a +100°C

Características Técnicas Particulares

MANGUERA HIDRÁULICA SAE 100R12

Aplicaciones y características generales

Esta manguera está compuesta por caucho sintético, cuatro capas de acero envuelto en dirección opuesta y una cubierta de caucho sintético resistente al aceite y a la intemperie.

La manguera está realizada en conformidad con las normas SAE 100R12 y GB / T1 0544-2.

Rango de temperatura de trabajo: -40°C a +121°C

Características Técnicas Particulares

La manguera está realizada en conformidad con las normas DIN EN853 2SN y SAE J517 R2AT.

Rango de temperatura de trabajo: -40°C a +100°C

Características Técnicas Particulares

Código	Tamaño	Diámetro interior		Diámetro malla		Diámetro exterior	Espesor Malla		P máx Trabajo	Pres Prueba	P mín. Retorta	R mín. Curvatura	Peso	
		mm	pulg	mm	pulg		mm	pulg						mm
10005	6	1/4	6,1	7	12,1	13,3	15,7	0,8	1,5	408	816	1632	100	0,36
10042	8	5/16	7,7	8,5	13,7	14,9	17,3	0,8	1,5	357	714	1428	115	0,45
10006	10	3/8	9,3	10,1	16,1	17,3	19,7	0,8	1,5	337	673	1346	130	0,54
10007	12,5	1/2	12,3	13,5	19	20,6	23	0,8	1,5	289	561	1122	160	0,65
10064	16	5/8	15,5	16,7	22,2	23,6	26,2	0,8	1,5	255	510	1020	200	0,8
10008	19	3/4	18,6	19,8	26,2	27,6	30,1	0,8	1,5	219	438	867	240	0,94
10009	25	1	25	26,4	34,1	35,7	38,9	0,8	1,5	168	331	663	300	1,35
10065	31,5	1 1/4	31,4	33	43,3	45,7	49,5	1	2	127	255	510	420	2,15
10066	38	1 1/2	37,7	39,3	49,6	52	55,9	1,3	2,5	92	184	367	500	2,65
10043	51	2	50,4	52	62,3	64,7	68,6	1,3	2,5	82	163	326	630	3,42

con las normas 100R12 y

Rango de trabajo: -

Características Técnicas Particulares

Código	Tamaño	Diámetro interior		Diámetro malla		Diámetro exterior	Espesor Malla		P máx Trabajo	Pres Prueba	P mín. Retorta	R mín. Curvatura	Peso
		mm	pulg	mm	pulg		mm	pulg					
10051	10												
10052	12,5												
10053	16												
10054	19												
10055	25												
10056	31,5												
10057	38												

Empalme soplador-valv-mang

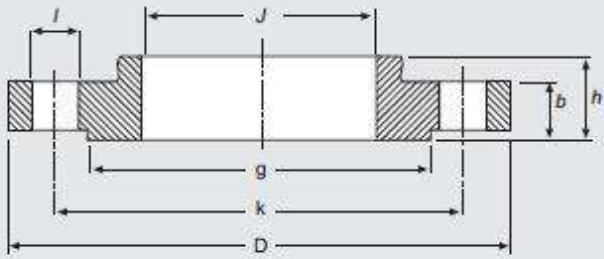
Caño comercial:

Chapas comerciales:

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS						(PESO DE ACERO APROXIMADO POR METRO)		
CHAPAS GRUESAS						CHAPAS FINAS		
Espesor en mm	Pulg.	Peso aprox. x m2	Espesor en mm	Pulg.	Peso aprox. x m2	Espesor N° (B:W:G)	Equivalencias en mm.	Pesos aprox. por m2
3,1	1/8	25,120	22,2	7/8	175,840	10	3,400	26,690
4,7	3/16	37,680	25,4	1	200,960	12	2,760	21,800
6,3	1/4	50,240	31,7	1 1/4	251,200	14	2,100	16,600
7,9	5/16	62,800	38,1	1 1/2	301,400	16	1,600	13,000
9,5	3/8	75,360	44,5	1 3/4	351,680	18	1,200	10,000
12,7	1/2	100,480	50,8	2	401,920	20	0,900	7,200
14,3	9/16	113,040	63,5	2 1/2	498,470	22	0,700	5,600
15,8	5/8	125,600	76,0	3	598,170	24	0,550	4,400
19,1	3/4	150,720	101,6	4	804,700	26	0,450	3,600
CORTES RECTOS A MEDIDA						28	0,350	2,800
DISCOS Y BRIDAS - PIEZAS SEGUN PLANO						30	0,300	2,400
						MEDIDAS 1 x 2 mts. ó 1,22 x 2,44 mts.		
						A ACEROS CRIPTON Aceros para la industria en general		

Bridas:

Bridas ANSI 150 lb. RF-SO

Características										
										
Bridas ANSI 150 lb. RF-SO										
Pulgadas	D	b	g	m	J	h	k	Taladros	l	kg
1/2"	88,9	11,1	34,9	30,2	22,3	15,9	60,3	4	15,9	0,400
3/4"	98,4	12,7	42,9	38,1	27,7	15,9	69,8	4	15,9	0,700
1"	107,9	14,3	50,8	49,2	34,5	17,5	79,4	4	15,9	0,800
1 1/4"	117,5	15,9	63,5	58,8	43,2	20,6	88,9	4	15,9	1,100
1 1/2"	127,0	17,5	73,0	65,1	49,5	22,2	98,4	4	15,9	1,400
2"	152,4	19,0	92,1	77,8	62,0	25,4	120,6	4	19,0	2,200
2 1/2"	177,8	22,2	104,8	90,5	74,7	28,6	139,7	4	19,0	3,600
3"	190,5	23,8	127,0	107,9	90,7	30,2	152,4	4	19,0	4,100
3 1/2"	215,9	23,8	139,7	122,2	103,4	31,7	177,8	8	19,0	5,200
4"	228,6	23,8	157,2	134,9	116,1	33,3	190,5	8	19,0	5,600
5"	254,0	23,8	185,7	163,5	143,8	36,5	215,9	8	22,2	6,300
6"	279,4	25,4	215,9	192,1	170,7	39,7	241,3	8	22,2	7,500
8"	342,9	28,6	269,9	246,1	221,5	44,4	298,4	8	22,2	12,600
10"	406,4	30,2	323,8	304,8	276,3	49,2	361,9	12	25,4	18,500
12"	482,6	31,7	381,0	365,1	327,1	55,6	431,8	12	25,5	28,000
14"	533,4	34,9	412,7	400,0	359,1	57,1	476,2	12	28,6	36,000
16"	596,9	36,5	469,9	457,2	410,5	63,5	539,7	16	28,6	46,000
18"	635,0	39,7	533,4	504,8	461,8	68,3	577,8	16	31,7	50,000
20"	698,5	42,9	584,2	558,8	513,1	73,0	635,0	20	31,7	64,000
22"	749,3	46,0	641,2	609,6	564,4	79,4	692,1	20	34,9	72,000
24"	812,8	47,6	692,1	663,6	615,9	82,5	749,3	20	34,9	89,000

Juntas:

C 4243

- Componentes Principales: F. Celulósica/NBR.
- Aplicación y Atributos: De bajo costo para usos poco exigidos y fluidos no agresivos, hidrocarburos hasta 200°C, agua potable y alimentos.



Acoples rápidos:



MATERIALES

ALUMINIO	BRONCE	ACERO INOXIDABLE 316 L	POLIPROPILENO
AL	BR	AI	PP

MEDIDAS

1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"
------	------	----	--------	--------	----	--------	----	----	----	----	----

Tolva

Chapas antidesgaste:

Raex® 300

Seleccionar Idioma

Español (Spanish) ▼

↓

Propiedades mecánicas
Propiedades de impacto
Composición química (análisis de colada)
Tolerancias
Condiciones de entrega

Producción y otras recomendaciones

Propiedades mecánicas

Ocultar/mostrar columnas específicas [EDITAR](#)

TIPO DE PRODUCTO	ESPESOR (mm)	ANCHO ¹⁾ (mm)	LONGITUD ²⁾ (mm)	DUREZA (HBW)	LÍMITE ELÁSTICO TÍPICO R _{e0.2} (MPa)	TENSIÓN DE ROTURA TÍPICA R _m (MPa)
Chapa	2.0 - 8.0	1000 - 1550	2000 - 12000	270 - 390	900	1000

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS					
CHAPAS GRUESAS					
Espesor en mm	Pulg.	Peso aprox. x m2	Espesor en mm	Pulg.	Peso aprox. x m2
3,1	1/8	25,120	22,2	7/8	175,840
4,7	3/16	37,680	25,4	1	200,960
6,3	1/4	50,240	31,7	1 1/4	251,200
7,9	5/16	62,800	38,1	1 1/2	301,400
9,5	3/8	75,360	44,5	1 3/4	351,680
12,7	1/2	100,480	50,8	2	401,920
14,3	9/16	113,040	63,5	2 1/2	498,470
15,8	5/8	125,600	76,0	3	598,170
19,1	3/4	150,720	101,6	4	804,700
CORTES RECTOS A MEDIDA					
DISCOS Y BRIDAS - PIEZAS SEGUN PLANO					

Perfiles comerciales:

Rectangulares

Tubos Estructurales Rectangulares											
Familia	H x B	Espesores (e) / Pesos teoricos Kg/Metro									
		0,90	1,24	1,60	2,00	2,50	2,85	3,20	4,00	4,75	6,35
3/4	20x10	0,403	0,549	0,690	0,842						
7/8	10x25	0,474	0,647	0,815	0,999						
7/8	20x15	0,474	0,647	0,815	0,999						
1	10x30	0,545	0,745	0,941	1,156	1,424	1,587	1,782			
1	25x15	0,545	0,745	0,941	1,156	1,424	1,587	1,782			
1 1/8	30x15	0,615	0,843	1,066	1,312	1,621	1,810	2,036			
1 1/4	30x20	0,686	0,941	1,192	1,469	1,819	2,034	2,291			
1 1/4	40x10	0,686	0,941	1,192	1,469	1,819	2,034	2,291			
1 3/8	30x25	0,756	1,039	1,317	1,626	2,016	2,257	2,546			
1 1/2	40x20	0,827	1,137	1,442	1,783	2,214	2,481	2,801			
1 1/2	35x25	0,827	1,137	1,442	1,783	2,214	2,481	2,801			
1 5/8	40x25	0,897	1,235	1,568	1,939	2,411	2,704	3,055			
1 3/4	50x20	0,967	1,332	1,691	2,094	2,586	2,924	3,255			
1 3/4	40x30	0,967	1,332	1,691	2,094	2,586	2,924	3,255			
1 7/8	50x25	1,038	1,431	1,819	2,253	2,806	3,151	3,565			
2	50x30	1,109	1,529	1,944	2,410	3,004	3,374	3,820			
2	60x20	1,109	1,529	1,944	2,410	3,004	3,374	3,820			
2 1/4	60x30	1,220	1,725	2,195	2,724	3,399	3,821	4,329			
2 1/4	50x40	1,220	1,725	2,195	2,724	3,399	3,821	4,329			
2 1/4	70x20	1,220	1,725	2,195	2,724	3,399	3,821	4,329			
2 1/2	60x40	1,390	1,921	2,446	3,037	3,794	4,268	4,839	5,877		
2 1/2	70x30	1,390	1,921	2,446	3,037	3,794	4,268	4,839	5,877		
2 1/2	80x20	1,390	1,921	2,446	3,037	3,794	4,268	4,839	5,877		
3	80x40	1,627	2,313	2,948	3,664	4,585	5,162	5,858	7,131	8,556	
3	100x20	1,627	2,313	2,948	3,664	4,585	5,162	5,858	7,131	8,556	
3	70x50	1,627	2,313	2,948	3,664	4,585	5,162	5,858	7,131	8,556	
3	90x30	1,627	2,313	2,948	3,664	4,585	5,162	5,858	7,131	8,556	
3 1/2	100x40		2,705	3,449	4,291	5,375	6,055	6,877	8,385	10,077	
4	100x60			3,951	4,919	6,165	6,949	7,896	9,640	11,598	15,052
4	120x40			3,951	4,919	6,165	6,949	7,896	9,640	11,598	15,052
4 1/2	100x80			4,445	5,536	6,889	7,829	8,763	10,875	12,859	17,005
4 1/2	120x60			4,445	5,536	6,889	7,829	8,763	10,875	12,859	17,005
5	120x80			4,946	6,162	7,680	8,721	9,770	12,130	14,320	18,894
5	140x60			4,946	6,162	7,680	8,721	9,770	12,130	14,320	18,894
5 1/2	140x80			5,446	6,788	8,455	9,614	10,767	13,379	15,800	20,872
5 1/2	120x100			5,446	6,788	8,455	9,614	10,767	13,379	15,800	20,872
6	140x100				7,414	9,237	10,506	10,814	14,639	17,331	22,872
6	160x80				7,414	9,237	10,506	10,814	14,639	17,331	22,872
7	180x100					10,667	12,136	13,598	16,919	20,004	26,491
7	160x120					10,667	12,136	13,598	16,919	20,004	26,491
7 1/2	160x140							14,774	18,388	21,748	28,823
8 5/8	250x100							17,030	21,240	25,180	33,350
8 5/8	200x150							17,030	21,240	25,180	33,350
Familia	H x B	0,90	1,24	1,60	2,00	2,50	2,85	3,20	4,00	4,75	6,35

Tubos Uso General y Estructural: largo estándar 6 metros
Medidas mayores o iguales a 5 1/2": largo estándar 12 metros

Tubería de carga

Caños comerciales:

DIÁMETRO NOMINAL NPS	DIÁMETRO EXTERIOR (Pulg.)	ESPESOR DE PARED (Pulg.)	PESO TUBO 6m.		LARGO DEL TUBO (m)	GRADO	PRESION DE PRUEBA (psi)	SCH
			NEGRO (kg.)	GALVANIZADO (kg)				
1/4"	0,540	0,088	3,780	3,962	6,00	A	700	40
3/8"	0,675	0,091	5,040	5,296	6,00	A	700	40
1/2"	0,840	0,109	7,620	7,887	6,00	A	700	40
3/4"	1,050	0,113	10,140	10,479	6,00	A	700	40
1"	1,315	0,133	15,000	15,479	6,00	A	700	40
1 1/4"	1,660	0,140	20,340	20,935	6,00	A	1200	40
1 1/2"	1,900	0,145	24,300	25,016	6,00	A	1200	40
2"	2,375	0,154	32,640	33,579	6,00	A	2300	40
2 1/2"	2,850	0,203	51,780	52,880	6,00	A	2500	40
3"	3,500	0,216	67,740	69,080	6,00	A	2500	40
4"	4,500	0,237	96,420	98,233	6,00	B	2210	40
6"	6,625	0,280	169,560	172,271	6,00	B	1780	40
8"	8,625	0,322	255,300	258,721	6,00	B	1570	40
10"	10,750	0,365	361,740	366,215	6,00	B	1430	40
12"	12,750	0,406	478,200	483,592	6,00	B	1340	40
16"	16,000	0,500	739,800	746,235	6,00	B	1310	40
20"	20,000	0,500	930,720	938,871	6,00	B	1050	30
24"	24,000	0,500	1121,640	1131,507	6,00	B	880	XS

Codos comerciales:

En las tablas 1, 2, 3 y 4 se incluyen las listas de las medidas con las dimensiones finales.

CODOS, TES Y TAPONES CAPA									
NPS	DIÁMETRO EXTERNO	CENTRO A CARA	CENTRO A CARA	CENTRO A CENTRO	CENTRO A CENTRO	CENTRO A CARA	LONGITUD		CENTRO A EXTREMO
	D	A	A1	D	O1	B	<=XS	XS >	
1/2"	21.34	38.00	19.00	76.00	36.00	16.00	25.00	25.00	25.00
3/4"	26.67	38.00	18.00	76.00	36.00	11.00	25.00	25.00	29.00
1"	33.40	38.00	25.00	76.00	51.00	22.00	38.00	38.00	38.00
1 1/4"	42.16	48.00	32.00	95.00	64.00	25.00	38.00	38.00	48.00
1 1/2"	48.26	57.00	38.00	114.00	76.00	29.00	38.00	38.00	57.00
2"	60.32	76.00	51.00	152.00	102.00	35.00	38.00	44.00	64.00
2 1/2"	73.02	95.00	64.00	191.00	127.00	44.00	38.00	51.00	76.00
3"	88.90	114.00	76.00	229.00	152.00	51.00	51.00	64.00	86.00
3 1/2"	101.60	133.00	89.00	267.00	178.00	57.00	64.00	16.00	95.00
4"	114.30	152.00	102.00	305.00	203.00	64.00	64.00	76.00	105.00
5"	141.30	190.00	127.00	381.00	254.00	79.00	76.00	89.00	124.00
6"	168.27	229.00	152.00	457.00	305.00	95.00	89.00	102.00	143.00
8"	219.07	305.00	203.00	610.00	406.00	127.00	102.00	127.00	178.00
10"	273.05	381.00	254.00	762.00	508.00	159.00	127.00	152.00	216.00
12"	323.85	475.00	305.00	914.00	610.00	190.00	152.00	178.00	254.00
14"	355.60	533.00	356.00	1,067.00	711.00	222.00	165.00	191.00	279.00
16"	406.40	610.00	406.00	1,219.00	813.00	254.00	178.00	203.00	305.00
18"	457.20	686.00	457.00	1,372.00	914.00	286.00	203.00	229.00	343.00
20"	508.00	762.00	508.00	1,524.00	1,016.00	318.00	229.00	254.00	381.00
22"	558.80	838.00	559.00	1,676.00	1,118.00	343.00	254.00	254.00	419.00
24"	609.60	914.00	610.00	1,829.00	1,219.00	381.00	267.00	305.00	432.00
26"	660.40	991.00	660.00			406.00	267.00	267.00	495.00
28"	711.20	1,067.00	711.00			438.00	267.00	267.00	521.00
30"	762.00	1,143.00	762.00			470.00	267.00	267.00	559.00
32"	812.80	1,219.00	813.00			502.00	267.00	267.00	597.00
34"	863.60	1,295.00	864.00			533.00	267.00	267.00	635.00
36"	914.40	1,372.00	914.00			565.00	267.00	267.00	673.00

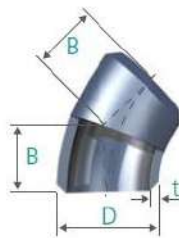
Tabla 1

Todas las dimensiones se expresan en milímetros, excepto las de NPS que se expresan en pulgadas.

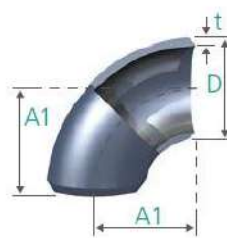
* El dato indicado en la columna de la izquierda se refiere a tapones capa con espesor menor o igual a cédula XS. El dato indicado en la columna de la derecha se refiere a tapones capa con espesor mayor a cédula XS.

Dimensiones bajo las normas ASME B 16.9 y ASME B 16.28

Codo 45° Radio Largo



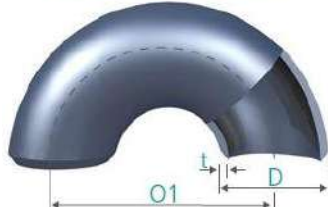
Codo 90° Radio Corto



Codo 90° Radio Largo



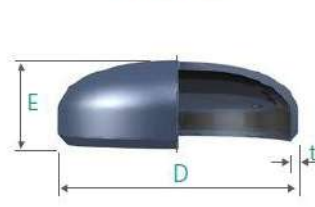
Codo 180° Radio Corto



Codo 180° Radio Largo



Tapón Capa



Manguera de carga:

MANGUERA PARA CEMENTO SECO "609W"

M037

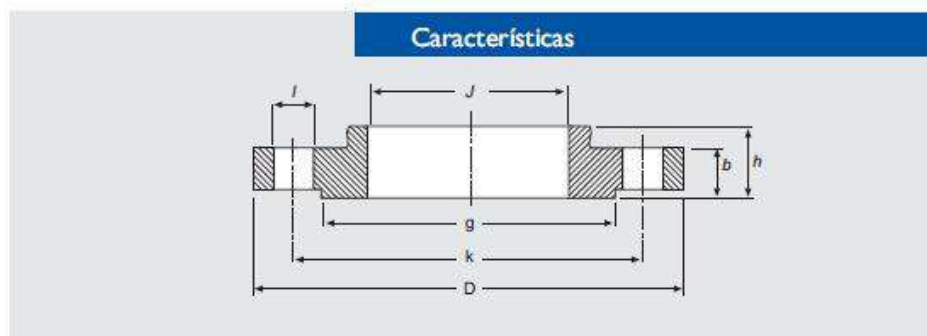
MARCA



N° Código	Diámetro interior manguera		Número de la medida	Ø exterior manguera (mm)	Presiones de trabajo			Radio mínimo de curvatura (mm)
	pulgadas	milímetros			Kg/cm ²	Lb/pulg ²	Succión Kg/cm ²	
076-609W	3"	76,2	48	88,1	2,8	40	---	914
101-609W	4"	101,6	64	113,5	2,8	40	---	1219
114-609W	4-1/2"	114,3	72	126,2	2,4	35	---	1372
127-609W	5"	127,0	80	138,9	2,1	30	---	1524
152-609W	6"	152,4	96	164,3	1,7	25	---	1829
168-609W	6-5/8"	168,3	106	180,3	1,4	20	---	1829

Bridas:

Bridas ANSI 150 lb. RF-SO



Bridas ANSI 150 lb. RF-SO										
Pulgadas	D	b	g	m	J	h	k	Taladros	l	kg
1/2"	88,9	11,1	34,9	30,2	22,3	15,9	60,3	4	15,9	0,400
3/4"	98,4	12,7	42,9	38,1	27,7	15,9	69,8	4	15,9	0,700
1"	107,9	14,3	50,8	49,2	34,5	17,5	79,4	4	15,9	0,800
1 1/4"	117,5	15,9	63,5	58,8	43,2	20,6	88,9	4	15,9	1,100
1 1/2"	127,0	17,5	73,0	65,1	49,5	22,2	98,4	4	15,9	1,400
2"	152,4	19,0	92,1	77,8	62,0	25,4	120,6	4	19,0	2,200
2 1/2"	177,8	22,2	104,8	90,5	74,7	28,6	139,7	4	19,0	3,600
3"	190,5	23,8	127,0	107,9	90,7	30,2	152,4	4	19,0	4,100
3 1/2"	215,9	23,8	139,7	122,2	103,4	31,7	177,8	8	19,0	5,200
4"	228,6	23,8	157,2	134,9	116,1	33,3	190,5	8	19,0	5,600
5"	254,0	23,8	185,7	163,5	143,8	36,5	215,9	8	22,2	6,300
6"	279,4	25,4	215,9	192,1	170,7	39,7	241,3	8	22,2	7,500
8"	342,9	28,6	269,9	246,1	221,5	44,4	298,4	8	22,2	12,600
10"	406,4	30,2	323,8	304,8	276,3	49,2	361,9	12	25,4	18,500
12"	482,6	31,7	381,0	365,1	327,1	55,6	431,8	12	25,5	28,000
14"	533,4	34,9	412,7	400,0	359,1	57,1	476,2	12	28,6	36,000
16"	596,9	36,5	469,9	457,2	410,5	63,5	539,7	16	28,6	46,000
18"	635,0	39,7	533,4	504,8	461,8	68,3	577,8	16	31,7	50,000
20"	698,5	42,9	584,2	558,8	513,1	73,0	635,0	20	31,7	64,000
22"	749,3	46,0	641,2	609,6	564,4	79,4	692,1	20	34,9	72,000
24"	812,8	47,6	692,1	663,6	615,9	82,5	749,3	20	34,9	89,000

Cilón

Chapas comerciales:

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS					
CHAPAS GRUESAS					
Espesor en mm	Pulg.	Peso aprox. x m2	Espesor en mm	Pulg.	Peso aprox. x m2
3,1	1/8	25,120	22,2	7/8	175,840
4,7	3/16	37,680	25,4	1	200,960
6,3	1/4	50,240	31,7	1 1/4	251,200
7,9	5/16	62,800	38,1	1 1/2	301,400
9,5	3/8	75,360	44,5	1 3/4	351,680
12,7	1/2	100,480	50,8	2	401,920
14,3	9/16	113,040	63,5	2 1/2	498,470
15,8	5/8	125,600	76,0	3	598,170
19,1	3/4	150,720	101,6	4	804,700
CORTES RECTOS A MEDIDA					
DISCOS Y BRIDAS - PIEZAS SEGUN PLANO					
					

Cilindro:

DIAMETRO NOMINAL NPS	DIÁMETRO EXTERIOR (Pulg.)	ESPESOR DE PARED (Pulg.)	PESO TUBO 6m.		LARGO DEL TUBO (m)	GRADO	PRESION DE PRUEBA (psi)	SCH
			NEGRO (kg.)	GALVANIZADO (kg)				
1/4"	0,540	0,088	3,780	3,962	6,00	A	700	40
3/8"	0,675	0,091	5,040	5,296	6,00	A	700	40
1/2"	0,840	0,109	7,620	7,887	6,00	A	700	40
3/4"	1,050	0,113	10,140	10,479	6,00	A	700	40
1"	1,315	0,133	15,000	15,479	6,00	A	700	40
1 1/4"	1,660	0,140	20,340	20,935	6,00	A	1200	40
1 1/2"	1,900	0,145	24,300	25,016	6,00	A	1200	40
2"	2,375	0,154	32,640	33,579	6,00	A	2300	40
2 1/2"	2,850	0,203	51,780	52,880	6,00	A	2500	40
3"	3,500	0,216	67,740	69,080	6,00	A	2500	40
4"	4,500	0,237	96,420	98,233	6,00	B	2210	40
6"	6,625	0,280	169,560	172,271	6,00	B	1780	40
8"	8,625	0,322	255,300	258,721	6,00	B	1570	40
10"	10,750	0,365	361,740	366,215	6,00	B	1430	40
12"	12,750	0,406	478,200	483,592	6,00	B	1340	40
16"	16,000	0,500	739,800	746,235	6,00	B	1310	40
20"	20,000	0,500	930,720	938,871	6,00	B	1050	30
24"	24,000	0,500	1121,640	1131,507	6,00	B	880	XS

Perfiles comerciales:

Familia	H x B	Espesores (e) / Pesos teoricos Kg/Metro									
		0.90	1.24	1.60	2.00	2.50	2.85	3.20	4.00	4.75	6.35
3/4	20x10	0.403	0.549	0.690	0.842						
7/8	10x25	0.474	0.647	0.815	0.999						
7/8	20x15	0.474	0.647	0.815	0.999						
1	10x30	0.545	0.745	0.941	1.156	1.424	1.587	1.782			
1	25x15	0.545	0.745	0.941	1.156	1.424	1.587	1.782			
1 1/8	30x15	0.615	0.843	1.066	1.312	1.621	1.810	2.036			
1 1/4	30x20	0.686	0.941	1.192	1.469	1.819	2.034	2.291			
1 1/4	40x10	0.686	0.941	1.192	1.469	1.819	2.034	2.291			
1 3/8	30x25	0.756	1.039	1.317	1.626	2.016	2.257	2.546			
1 1/2	40x20	0.827	1.137	1.442	1.783	2.214	2.481	2.801			
1 1/2	35x25	0.827	1.137	1.442	1.783	2.214	2.481	2.801			
1 5/8	40x25	0.897	1.235	1.568	1.939	2.411	2.704	3.055			
1 3/4	50x20	0.967	1.332	1.691	2.094	2.586	2.924	3.255			
1 3/4	40x30	0.967	1.332	1.691	2.094	2.586	2.924	3.255			
1 7/8	50x25	1.038	1.431	1.819	2.253	2.806	3.151	3.565			
2	50x30	1.109	1.529	1.944	2.410	3.004	3.374	3.820			
2	60x20	1.109	1.529	1.944	2.410	3.004	3.374	3.820			
2 1/4	60x30	1.220	1.725	2.195	2.724	3.399	3.821	4.329			
2 1/4	50x40	1.220	1.725	2.195	2.724	3.399	3.821	4.329			
2 1/4	70x20	1.220	1.725	2.195	2.724	3.399	3.821	4.329			
2 1/2	60x40	1.390	1.921	2.446	3.037	3.794	4.268	4.839	5.877		
2 1/2	70x30	1.390	1.921	2.446	3.037	3.794	4.268	4.839	5.877		
2 1/2	80x20	1.390	1.921	2.446	3.037	3.794	4.268	4.839	5.877		
3	80x40	1.627	2.313	2.948	3.664	4.585	5.162	5.858	7.131	8.556	
3	100x20	1.627	2.313	2.948	3.664	4.585	5.162	5.858	7.131	8.556	
3	70x50	1.627	2.313	2.948	3.664	4.585	5.162	5.858	7.131	8.556	
3	90x30	1.627	2.313	2.948	3.664	4.585	5.162	5.858	7.131	8.556	
3 1/2	100x40		2.705	3.449	4.291	5.375	6.055	6.877	8.385	10.077	
4	100x60			3.951	4.919	6.165	6.949	7.896	9.640	11.598	15.052
4	120x40			3.951	4.919	6.165	6.949	7.896	9.640	11.598	15.052
4 1/2	100x80			4.445	5.536	6.889	7.829	8.763	10.875	12.859	17.005
4 1/2	120x60			4.445	5.536	6.889	7.829	8.763	10.875	12.859	17.005
5	120x80			4.946	6.162	7.680	8.721	9.770	12.130	14.320	18.894
5	140x80			4.946	6.162	7.680	8.721	9.770	12.130	14.320	18.894
5 1/2	140x80			5.446	6.788	8.455	9.614	10.767	13.379	15.800	20.872
5 1/2	120x100			5.446	6.788	8.455	9.614	10.767	13.379	15.800	20.872

Chapas comerciales:

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS

(PESO DE ACERO APROXIMADO POR METRO)

CHAPAS GRUESAS

CHAPAS FINAS

Espesor en mm	Pulg.	Peso aprox. x m2	Espesor en mm	Pulg.	Peso aprox. x m2
3,1	1/8	25,120	22,2	7/8	175,640
4,7	3/16	37,680	25,4	1	200,960
6,3	1/4	50,240	31,7	1 1/4	251,200
7,9	5/16	62,800	38,1	1 1/2	301,400
9,5	3/8	75,360	44,5	1 3/4	351,680
12,7	1/2	100,480	50,8	2	401,920
14,3	9/16	113,040	63,5	2 1/2	498,470
15,8	5/8	125,600	76,0	3	598,170
19,1	3/4	150,720	101,6	4	804,700

Espesor N° (B:W:G)	Equivalencias en mm.	Pesos aprox. por m2
10	3,400	26,690
12	2,760	21,800
14	2,100	16,600
16	1,600	13,000
18	1,200	10,000
20	0,900	7,200
22	0,700	5,600
24	0,550	4,400
26	0,450	3,600
28	0,350	2,800
30	0,300	2,400

CORTES RECTOS A MEDIDA

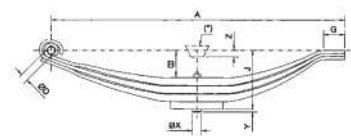
DISCOS Y BRIDAS - PIEZAS SEGUN PLANO

MEDIDAS 1 x 2 mts. ó 1,22 x 2,44 mts.

A ACEROS
CRIPTON
 Aceros para la industria en general

Perfil cuadrado:

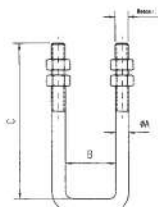
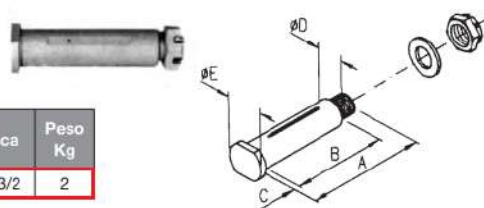
Elástico y sus componentes:



Código	Referencia	Perfil	N.º hojas	A	B	X	Y	Z	D	G	Carga estática Ballesta	Peso Kg			
508407025010	BP-70/1		1								1.750	18			
508407025020	BP-70/2	70x25	2	1.000	90	15	10	28	25	100	3.500	24			
508407025030	BP-70/3		3								5.300	31			
508407025040	BP-70/4		4								7.000	38			
508410020030	BP-100/3	100x20	3	1.050					30					7.000	42
508410020040	BP-100/4		4											8.500	47

**BULÓN CON TUERCA,
ARANDELA Y PASADOR**

Código	Denominación	Dimensiones en mm.		Rosca	Peso Kg
		D*	L		
138000001045	Bulón con tuerca	44,5	200	M-33/2	2

**ABARCONES PARA BALLESTAS PARABÓLICAS**

Velocidad 25/40 km/h.

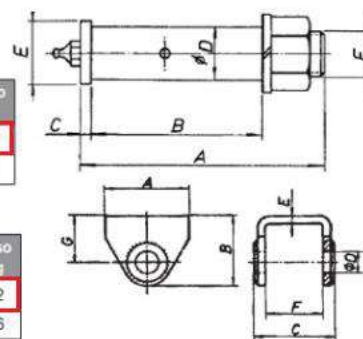
Código	Denominación	A	B	C	F	Peso Kg
139018070140	M-18x70x140	18	70	140	M-18/2	1
139018070160	M-18x70x160			160		1,05

ACCESORIOS PARA BALLESTAS**BULONES PARA BALLESTA**

Código	Denominación	A	B	C	D	E	F	Peso Kg
138000001025	Bulón Ballesta 25x105	140	105	6	25	28	M-20x1,5	0,4
138000001030	Bulón Ballesta 30x130	176	130	12	30	40	M-27	0,7

SOPORTE PARA OJO DE BALLESTA

Código	Denominación	A	B	C	D	E	F	G	Peso Kg
138000002025	Soporte Ballesta 25x75	100	88	103	25	10	73	62	1,2
138000002030	Soporte Ballesta 30x105	110	85	133	30	14	105	55	1,6



Mazas y sus rodamientos:





30209

Rodamiento de una hilera de rodillos cónicos

Los rodamientos de una hilera de rodillos cónicos están diseñados para admitir cargas radiales y axiales combinadas, y proporcionar una baja fricción durante el funcionamiento. El aro interior, con rodillos y jaula, puede montarse por separado del aro exterior. Estos componentes desmontables e intercambiables facilitan el montaje, el desmontaje y el mantenimiento. Al montar un rodamiento de una hilera de rodillos cónicos contra otro y aplicar una precarga, se puede conseguir una aplicación de rodamiento rígida.

- Alta capacidad de carga radial y axial
- Soportan cargas axiales en un sentido
- Baja fricción y larga vida útil
- Componentes desmontables e intercambiables

W

Dimensiones

Ancho del aro exterior	16 mm
Ancho del aro interior	19 mm
Ancho total	20.75 mm
Diámetro exterior	85 mm
Diámetro interno	45 mm
Ángulo de contacto	15.109 °



32212

Rodamiento de una hilera de rodillos cónicos

Los rodamientos de una hilera de rodillos cónicos están diseñados para admitir cargas radiales y axiales combinadas, y proporcionar una baja fricción durante el funcionamiento. El aro interior, con rodillos y jaula, puede montarse por separado del aro exterior. Estos componentes desmontables e intercambiables facilitan el montaje, el desmontaje y el mantenimiento. Al montar un rodamiento de una hilera de rodillos cónicos contra otro y aplicar una precarga, se puede conseguir una aplicación de rodamiento rígida.

- Alta capacidad de carga radial y axial
- Soportan cargas axiales en un sentido
- Baja fricción y larga vida útil
- Componentes desmontables e intercambiables

:W

Dimensiones

Ancho del aro exterior	24 mm
Ancho del aro interior	28 mm
Ancho total	29.75 mm
Diámetro exterior	110 mm
Diámetro interno	60 mm
Ángulo de contacto	15.109 °

Llantas:



Neumáticos:

Dimensión	Código de carga y velocidad LI/SS	Llanta * (permitida)	Ancho (mm)	Diámetro total (mm)	Radio estático en carga (mm)	Circunferencia de rodadura (mm)	Radio índice de velocidad	
265/70 R 16 MPT	114 G	8 9 7	261 271 251	775	354	2 333	-	
285/80 R 16 MPT	126 G	10 9	308 298	866	370	2 540	-	
425/55 R 17 MPT	134 G	13	428	884	399	2 642	-	
325/70 R 18 MPT	125 G	10 11 9	321 331 311	918	421	2 765	-	
365/70 R 18 MPT	132 G	11 12 10	365 375 355	978	449	2 947	-	
275/80 R 20 MPT	131 G	9	274	966	446	2 890	-	

Denominación
mediante código**18.4 - 42**

Ancho nominal de la sección de un neumático diagonal (pulgadas)

Bias

Diámetro nominal de la llanta (pulgadas)

Denominación mediante
el sistema métrico**320/90 R 46**

Ancho nominal de la sección (milímetros)

Relación nominal de aspecto (%)

Radial

Diámetro nominal radial de la llanta (pulgadas)

	Capacidad de carga (kg) a la presión (bar)													Velocidad (km/h)
	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	6,0	
			460	510	570	630	740	880	1 030	1 180				90
			490	560	620	680	800	960	1 120	1 280				65
			510	570	640	700	830	1 000	1 160	1 320				50
		460	520	590	650	720	850	1 020	1 190	1 360				40
	430	500	570	640	710	780	930	1 110	1 300	1 480				30
	610	720	820	920	1 030	1 130	1 330	1 600	1 860	2 120				10
			570	650	720	790	930	1 110	1 280	1 450	(4,25 bar)			90
			620	700	780	860	1 010	1 200	1 390	1 570	1 700			65
			640	720	800	880	1 040	1 240	1 430	1 620	1 900			50
		580	660	740	820	910	1 070	1 270	1 470	1 670	1 950			40
	540	630	720	810	900	990	1 170	1 380	1 600	1 810	2 120			30
	770	900	1 030	1 160	1 290	1 420	1 680	1 990	2 300	2 610	3 060			10
			780	880	980	1 080	1 280	1 550	1 830	2 120				90
			850	960	1 070	1 170	1 390	1 680	1 990	2 300				65
			880	990	1 100	1 210	1 430	1 740	2 050	2 370				50
		790	900	1 020	1 130	1 240	1 470	1 780	2 100	2 440				40
	740	860	980	1 110	1 230	1 350	1 600	1 940	2 290	2 650				30
	1 060	1 240	1 410	1 590	1 770	1 940	2 300	2 790	3 290	3 820				10
			660	740	820	900	1 060	1 260	1 460	1 650				90
			710	800	890	980	1 150	1 370	1 580	1 790				65
			740	830	920	1 010	1 200	1 410	1 630	1 850				50
		660	760	850	950	1 040	1 230	1 460	1 680	1 900				40
	620	720	820	930	1 030	1 130	1 340	1 570	1 820	2 060				30
	890	1 040	1 180	1 330	1 480	1 630	1 920	2 270	2 620	2 970				10
			790	890	980	1 080	1 280	1 520	1 760	2 000				90
			860	960	1 070	1 170	1 380	1 650	1 910	2 170				65
			880	990	1 100	1 210	1 440	1 700	1 970	2 240				50
		790	910	1 020	1 130	1 250	1 470	1 750	2 020	2 300				40
	740	860	990	1 110	1 230	1 360	1 600	1 900	2 200	2 500				30
	1 060	1 240	1 420	1 600	1 770	1 950	2 300	2 730	3 170	3 600				10
			600	670	750	820	970	1 160	1 340	1 510	(4,75 bar)			90
			650	730	810	890	1 060	1 250	1 450	1 640	1 830	1 950		65
			670	760	840	920	1 090	1 290	1 500	1 690	1 890	2 180		50
		600	690	780	860	950	1 120	1 330	1 540	1 730	1 940	2 240		40
	560	660	750	840	940	1 030	1 220	1 440	1 670	1 890	2 110	2 440		30
	810	940	1 080	1 210	1 350	1 480	1 750	2 080	2 400	2 720	3 040	3 510		10
			810	920	1 020	1 120	1 330	1 590	1 870	2 170				90

Punta de lanza

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS					
CHAPAS GRUESAS					
Espesor en mm	Pulg.	Peso aprox. x m2	Espesor en mm	Pulg.	Peso aprox. x m2
3,1	1/8	25,120	22,2	7/8	175,840
4,7	3/16	37,680	25,4	1	200,960
6,3	1/4	50,240	31,7	1 1/4	251,200
7,9	5/16	62,800	38,1	1 1/2	301,400
9,5	3/8	75,360	44,5	1 3/4	351,680
12,7	1/2	100,480	50,8	2	401,920
14,3	9/16	113,040	63,5	2 1/2	498,470
15,8	5/8	125,600	76,0	3	598,170
19,1	3/4	150,720	101,6	4	804,700
CORTES RECTOS A MEDIDA					
DISCOS Y BRIDAS - PIEZAS SEGUN PLANO					

Anexo E: Planos

REFERENCIAS:

CTO-xx.xx.xx.x: PLANO DE CONJUNTO / PZA-xx.xx.xx.x: PLANO DE PIEZA

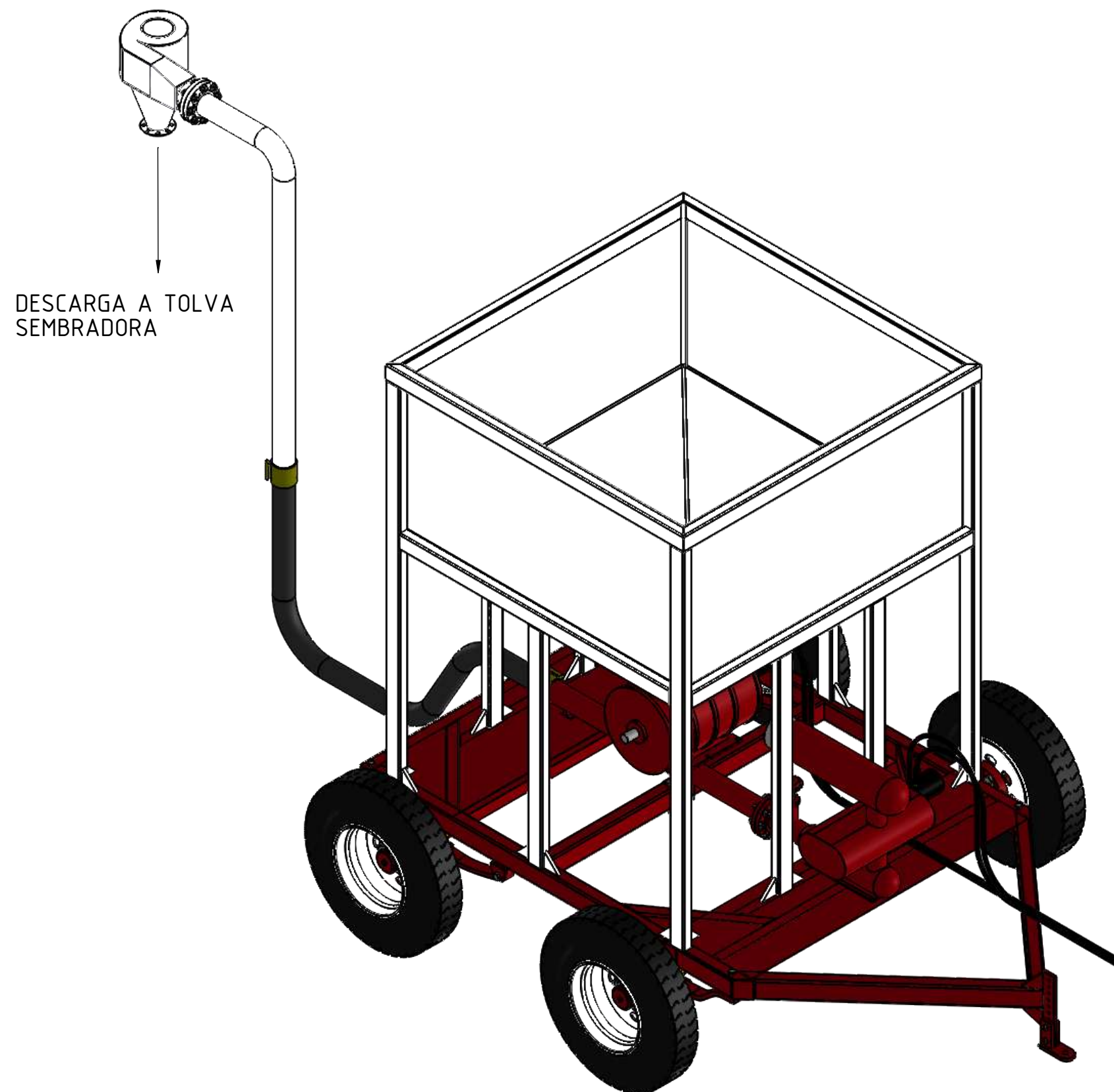
- CTO-00.00.00.0: ALIMENTADOR RAPIDO NEUMATICO DE SEMBRADORA
- CTO-01.00.00.0: ALIMENTADOR RAPIDO NEUMATICO DE SEMBRADORA
- CTO-02.00.00.0: ALIMENTADOR RAPIDO NEUMATICO DE SEMBRADORA
- CTO-03.00.00.0: LISTA DE MATERIALES
 - CTO-03.01.00.0: CONJUNTO TRANSP NEUMATICO EN SEMBRADORA
 - CTO-03.01.01.0: CAÑERIA TRANSP NEUMATICO SEMBRADORA
 - CTO-03.01.02.0: CICLON
 - PZA-03.01.02.3: ADAP ENTRADA DUCTO-CAÑO
 - PZA-03.01.02.4: CHAPA SUPERIOR
 - PZA-03.01.02.6: CHAPA LATERAL DUCTO
 - PZA-03.01.02.7: CILINDRO DEL CICLON
 - PZA-03.01.02.8: CONO DEL CICLON
 - PZA-03.01.02.9: BRIDA DE UNION A TOLVA
 - PZA-03.01.02.10: CHAPA INFERIOR DUCTO
 - PZA-03.01.02.11: CHAPA CURVA DUCTO
 - PZA-03.01.02.12: TAPA ADAP ENTRADA DUCTO-CAÑO
 - CTO-03.02.00.0: CONJUNTO SOLDADO CHASIS Y TOLVA
 - PZA-03.02.03.0: REFUERZO PATASESTRUC TOLVA
- CTO-03.03.00.0: CONJUNTO SOLDADO CHASIS
 - PZA-03.03.10.0: PLACA REGULADORA ALT LANZA
 - PZA-03.03.11.0: REFUERZO PLACA LANZA
 - PZA-03.03.13.0: CHAPA TRASERA
 - PZA-03.03.14.0: CHAPA DELANTERA
 - PZA-03.03.15.0: TAPA 1
 - PZA-03.03.16.0: TAPA 2
- CTO-03.04.00.0: CONJUNTO SOLDADO TOLVA
 - PZA-03.04.01.0: TOLVA
 - PZA-03.04.07.0: BRIDA DE CONEXION A VALV ROT
- CTO-03.05.00.0: CONJUNTO EJE COMPLETO
 - PZA-03.05.01.0: EJE
 - CTO-03.05.04.0: CONJUNTO MAZA
 - PZA-03.04.07: ANILLO SEPARACION
 - PZA-03.05.08.0: PLACA AGARRE ELASTICO A EJE
- CTO-03.06.00.0: CONJUNTO TRANSP NEUMATICO EQUIPO
 - PZA-03.06.02.0: CAÑO REDONDO TRANSP NEUMATICO
 - PZA-03.06.03.0: BRIDA CONEXION A VALV ROT
 - PZA-03.06.04.0: PARED LATERAL EMBUDO
 - PZA-03.06.05.0: PARAD FRONTAL Y TRASERA EMB
 - PZA-03.06.06.0: SOPORTE CAÑO DEBAJO VALV ROT
 - PZA-03.06.07.0: SOPORTE CAÑO
- PZA-03.07.00.0: PUNTA LAZA
 - PZA-03.07.01.0: NEXO CON PTA LANZA TRACTOR
 - PZA-03.07.02.0: NEXO CON PLACA CHASIS



DIBUJO MECANICO
 ESCUELA INGENIERIA MECANICA
 ROSARIO

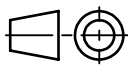
**PROYECTO FINAL
 DE INGENIERIA MECANICA**

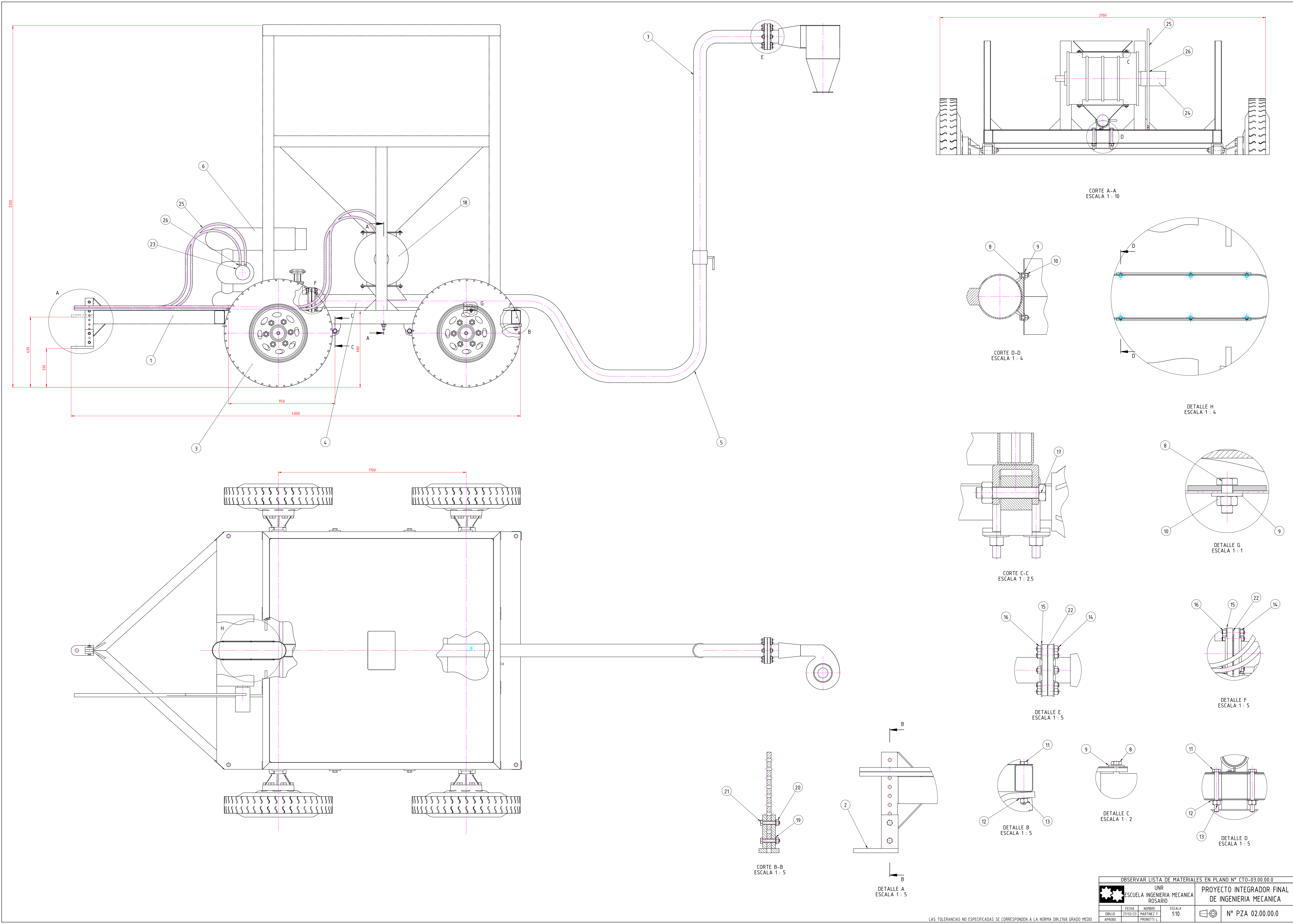
	FECHA	NOMBRE	ESCALA		HOJA DE REFERENCIAS
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ F.	-		
		PRONOTTI L.			



DESCARGA A TOLVA
SEBRADORA

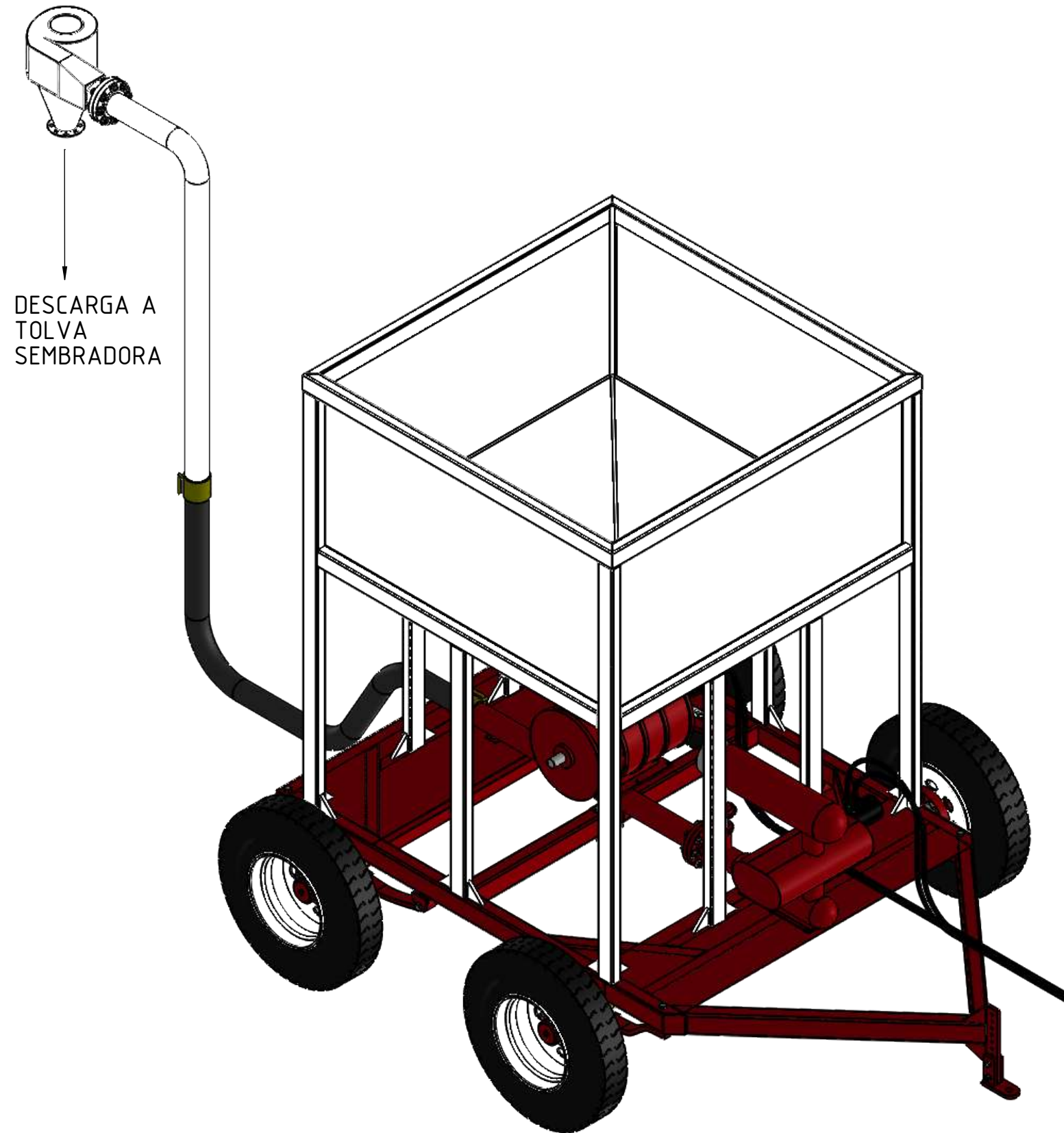
REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL CONJUNTO

1	ALIMENTADOR RAPIDO NEUMATICO	-	1	N° PZA-02.00.00.0
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ F.	-	
-		PRONOTTI L.		
				N° PZA 01.00.00.0



OBSERVAR LISTA DE MATERIALES EN PLANO N° CTO-03.00.00.0				
UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALA	
APROBO	27/02/23	MARTINEZ F.	1:10	
		PRONOTTI E.		
			N° PZA 02.00.00.0	

LAS TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SE CORRESPONDEN A LA NORMA DIN 2768 GRADO MEDIO



REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL CONJUNTO

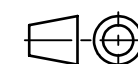
26	ADAP ROSCA 3/4" a 7/8"-UNF 14	COMERCIAL	4	FLUID PARTS
25	MANGUERA HIDRAULICA 3/4"	COMERCIAL	4	SAE 100R2AT
24	MOTOR HIDRAULICO-405cm3/rev	COMERCIAL	1	TORQMOTOR-TGK0405
23	MOTOR HIDRAULICO-32,3cm3/rev	COMERCIAL	1	PARKER-PGP330-10
22	JUNTA FIBRA CELULOSA Y NBR	COMERCIAL	2	KLINGER - C4243
21	BULON G8.8 M12x1,75x75	COMERCIAL	2	DIN 931
20	TUERCA AUTOFRENANTE M12x1,75	COMERCIAL	2	DIN 985
19	ARANDELA M12	COMERCIAL	2	DIN 125
18	VALVULA ROTATIVA SERIEP360	COMERCIAL	1	SOCOM
17	BULON COMPLETO P/ELASTICO 25x105	COMERCIAL	4	INMAZA
16	TUERCA 5/8" - UNC	COMERCIAL	32	ANSI B18.2.2
15	ARANDELA 5/8"	COMERCIAL	32	ANSI B18.22.1
14	ESPARRAGO 5/8"x100	COMERCIAL	16	ANSI B16.5
13	TUERCA AUTOFRENANTE 3/4"-UNC	COMERCIAL	6	ANSI B18.16.6
12	ARANDELA 3/4"	COMERCIAL	6	ANSI B18.22.1
11	BULON 3/4"x7" - UNC	COMERCIAL	6	ANSI B18.2.1
10	TUERCA AUTOFRENANTE 3/8"-UNC	COMERCIAL	7	ANSI B18.16.6
9	ARANDELA 3/8"	COMERCIAL	23	ANSI B18.22.1
8	BULON 3/8"x1 1/2" - UNC	COMERCIAL	23	ANSI B18.2.1
7	CONJUNTO TRANSP NEUMATICO SEMBRADORA	-	1	N° CTO-03.01.00.0
6	SOPLADOR-2250RPM-500mbar-422m3/h-11,1 HP	COMERCIAL	1	REPICKY R1000
5	MANGUERA 4"	COMERCIAL	4	GATES M037 101-609W
4	CONJUNTO TRANSP NEUMATICO EQUIPO	-	1	N° CTO-03.06.00.0
3	CONJUNTO EJE COMPLETO	-	2	N° CTO-03.05.00.0
2	PUNTA DE LANZA	-	1	N° CTO-03.07.00.0
1	CONJUNTO SOLDADO CHASIS Y TOLVA	-	1	N° CTO-03.02.00.0
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES



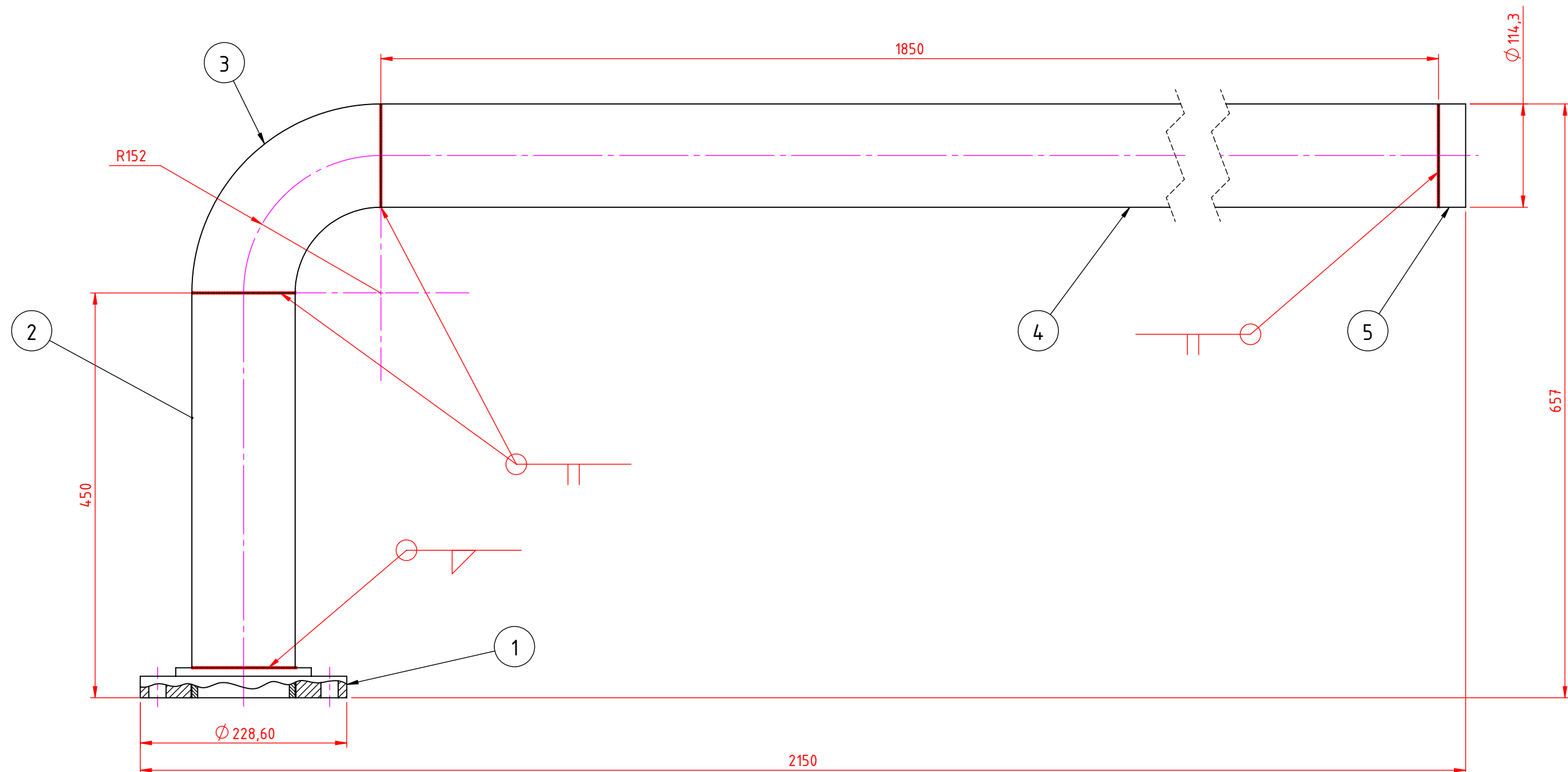
UNR
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

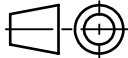
PROYECTO INTEGRADOR FINAL
DE INGENIERIA MECANICA

	FECHA	NOMBRE	ESCALAS
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ F.	-
-		PRONOTTI L.	

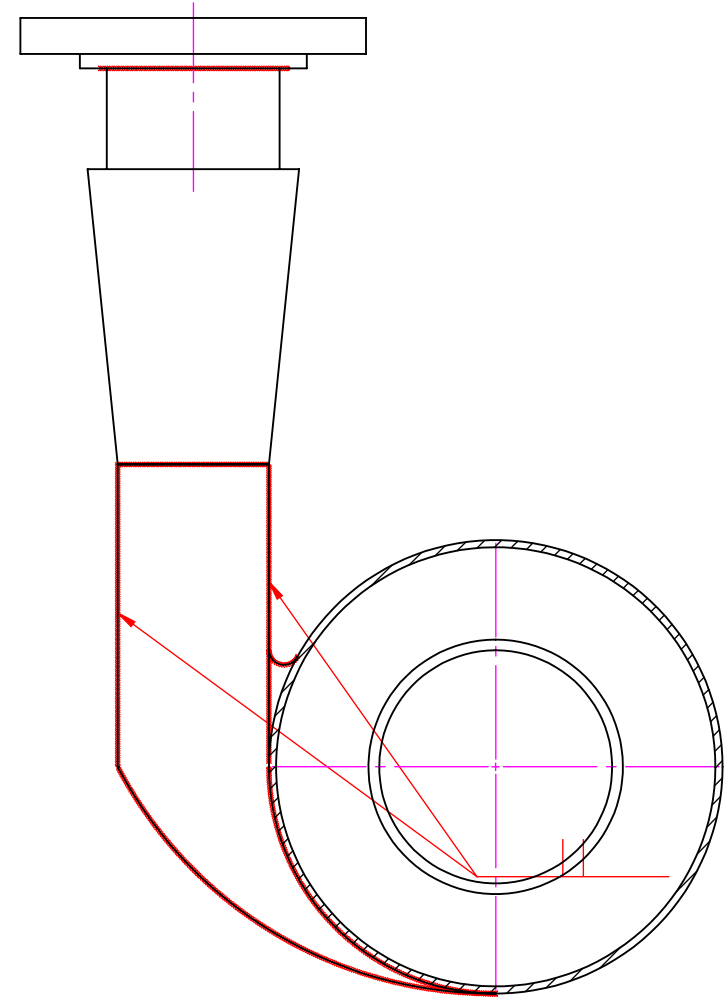


N° PZA 03.00.00.0

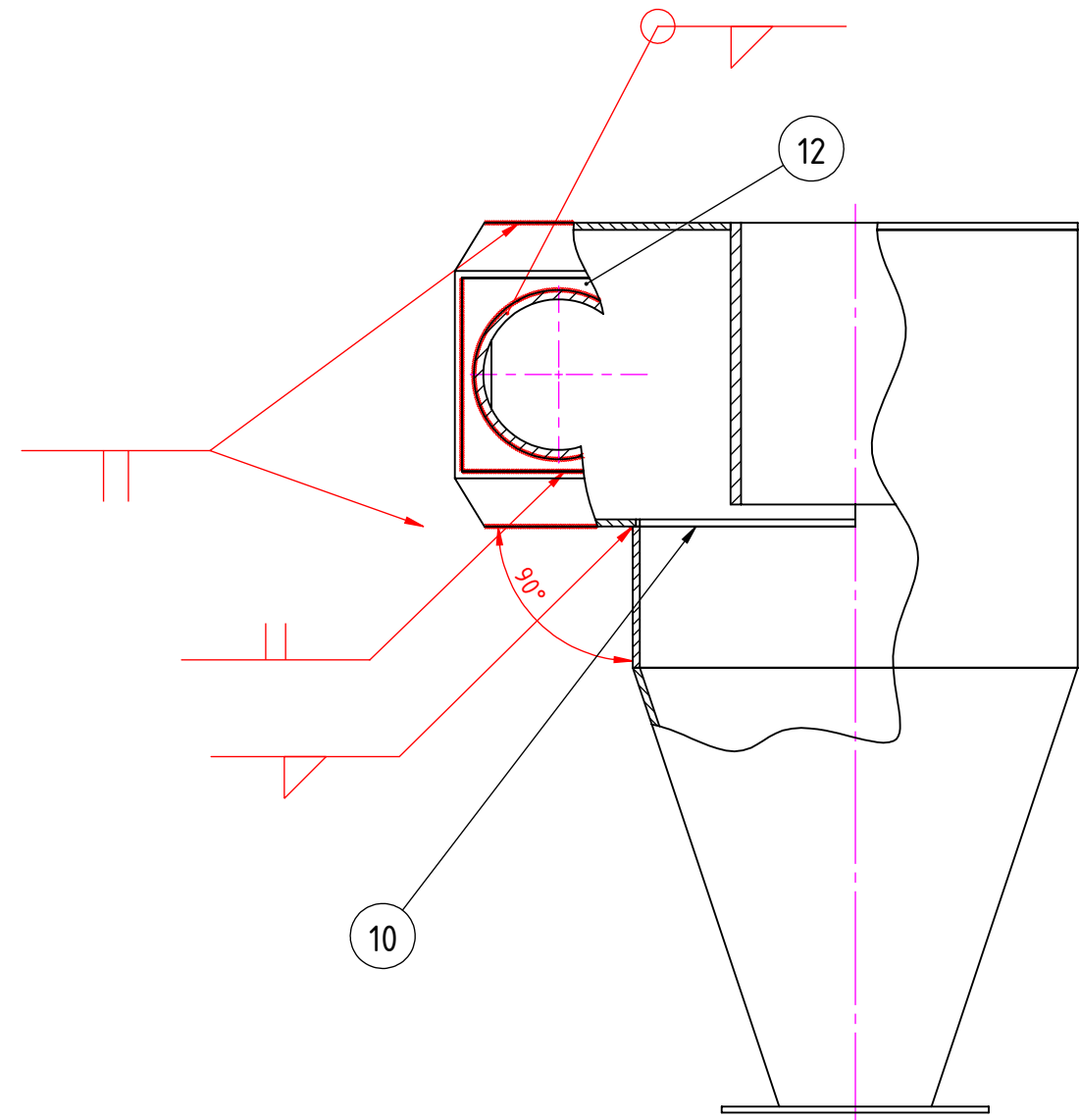
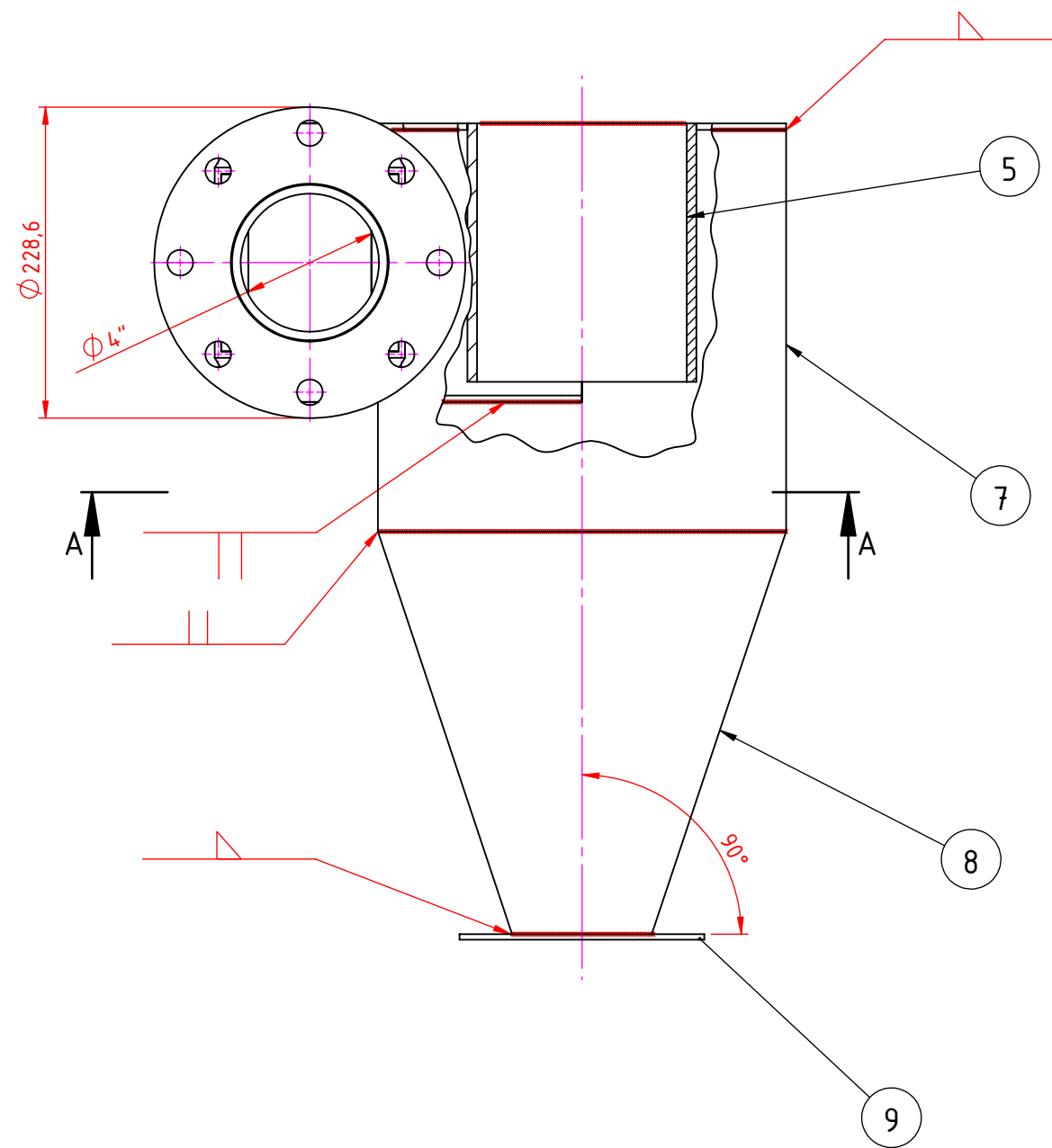


5	ACOPLE RAPIDO P/MANGUERA 4"	ALUMINIO	1	DICA DCH-COMERCIAL
4	CAÑO $\varnothing$ 4"-Sch 40-L=1850	SAE 1010	1	COMERCIAL
3	CODO CORTO 90°- $\varnothing$ 4"-Sch 40	SAE 1010	1	COMERCIAL
2	CAÑO $\varnothing$ 4"-Sch 40-L=450	SAE 1010	1	COMERCIAL
1	BRIDA DE CONEXION A CICLON	SAE 1010	1	ANSI 150 $\varnothing$ 4" RF-SO - COMERCIAL
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	ESCALA 1:5	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ F.		
-		PRONOTTI L.	 N° PZA - 03.01.01.0	

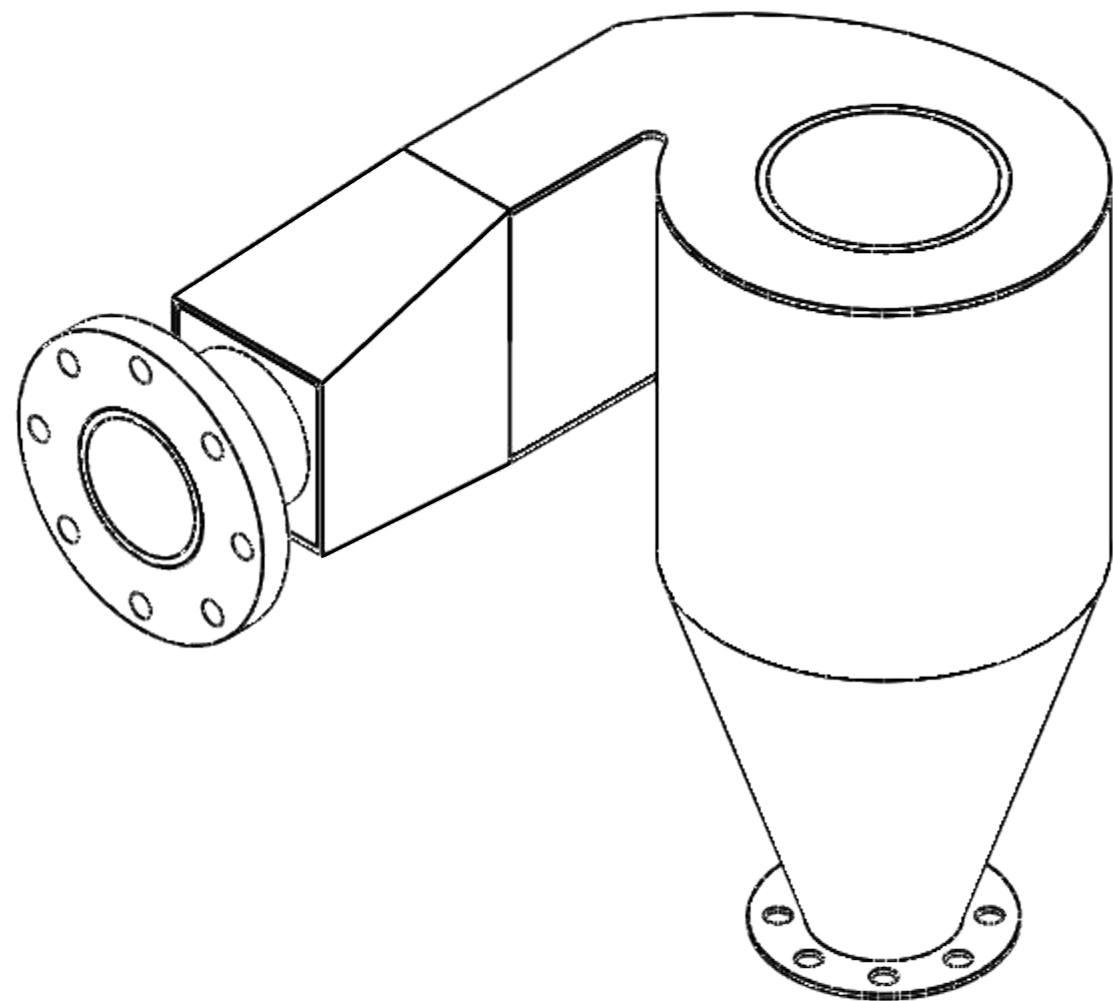
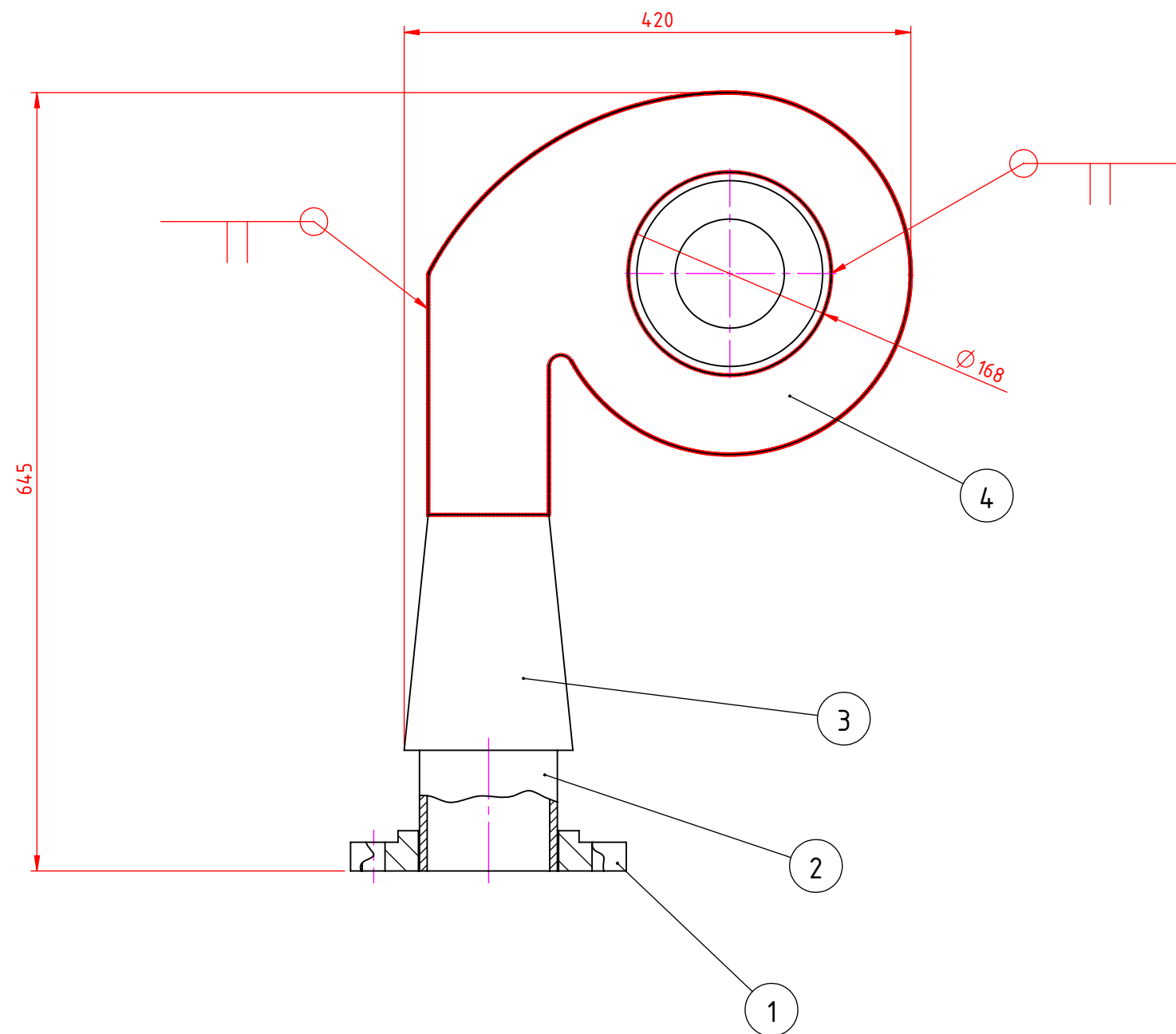
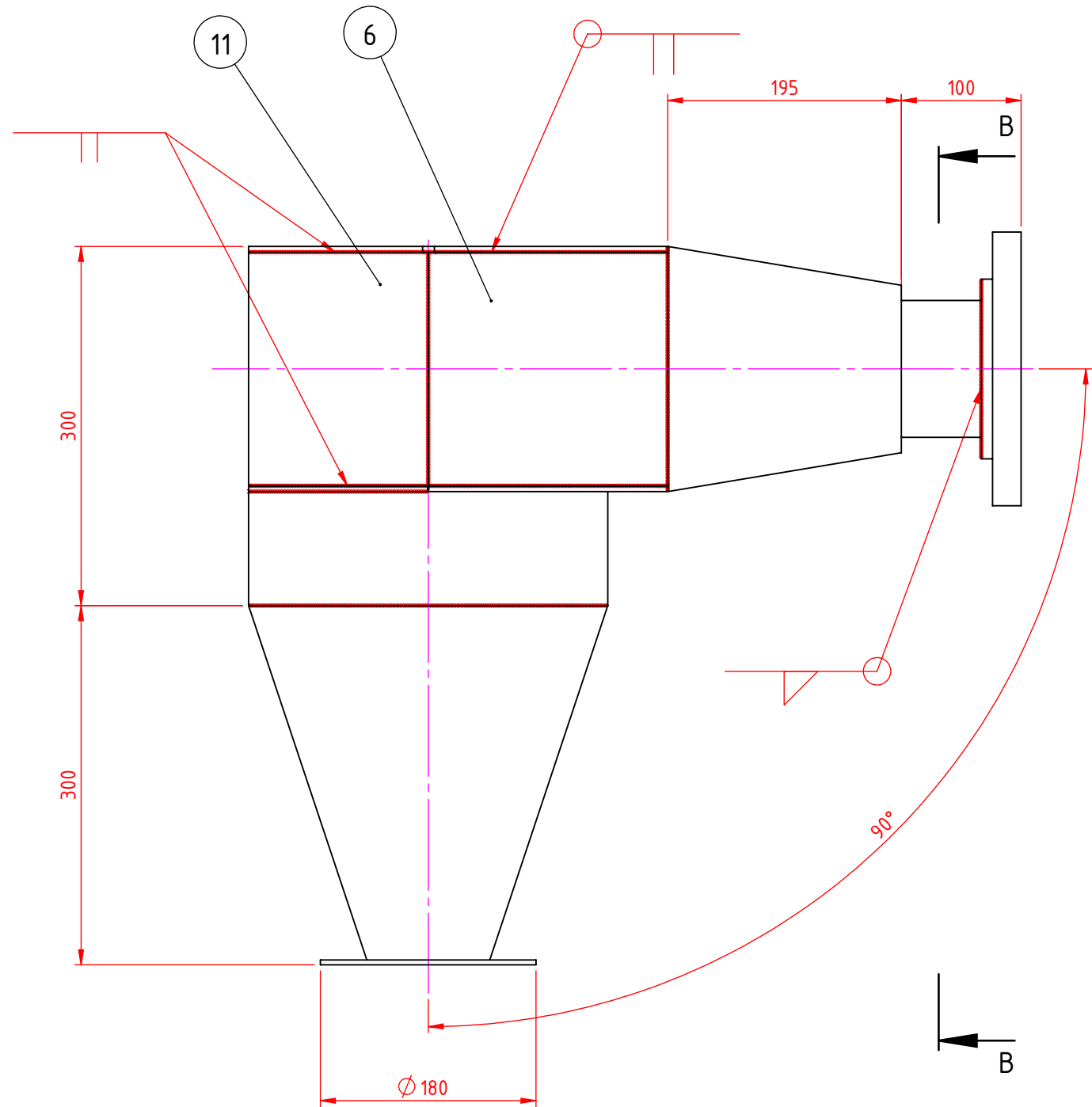
LOS CAÑOS SE DEBEN PRESENTAR SIN REBABAS
 PROFUNDIDAD DE SOLDADURA DEL 70% DE LOS ESPESORES ESPECIFICADOS
 ALIVIAR TENSIONES DE SOLDADURA - TODAS LAS SOLDADURAS SON TIPO SMAW
 LAS TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SE CORRESPONDEN A LA NORMA DIN.2768 GRADO MEDIO



CORTE A-A



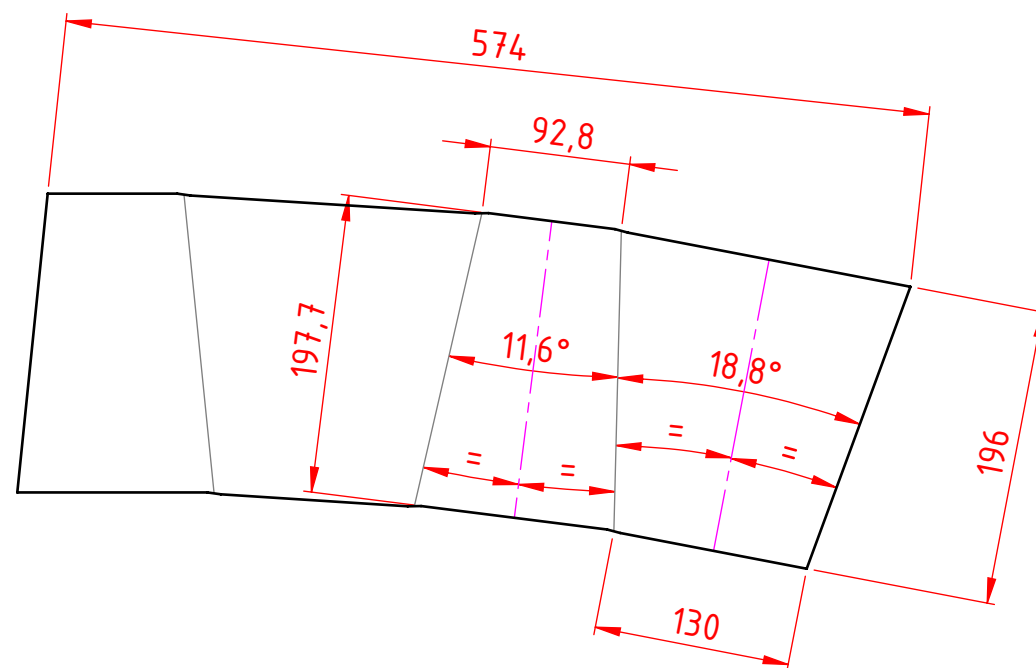
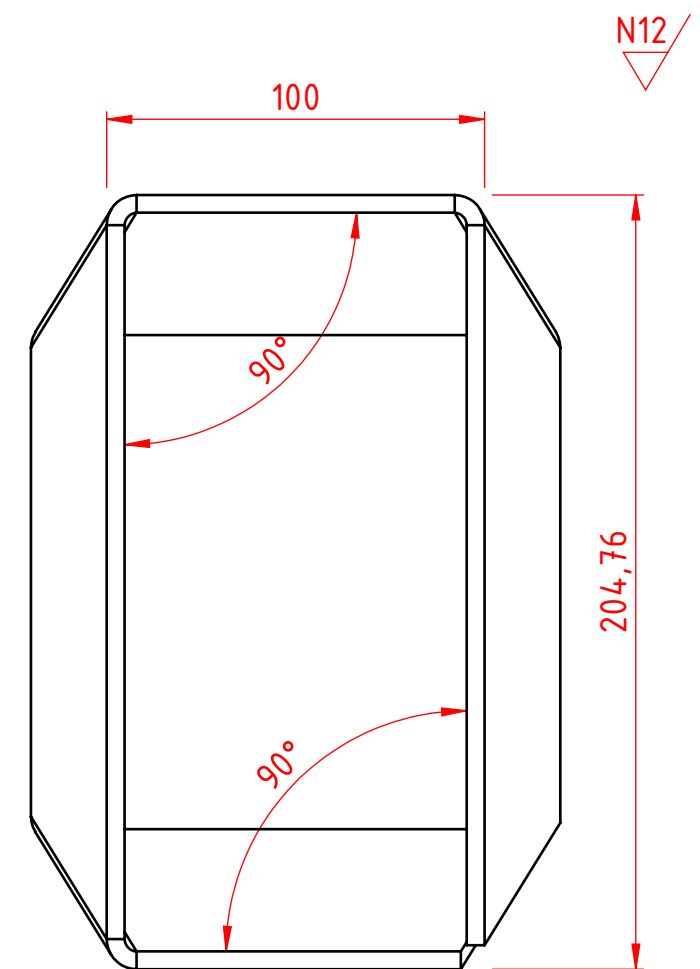
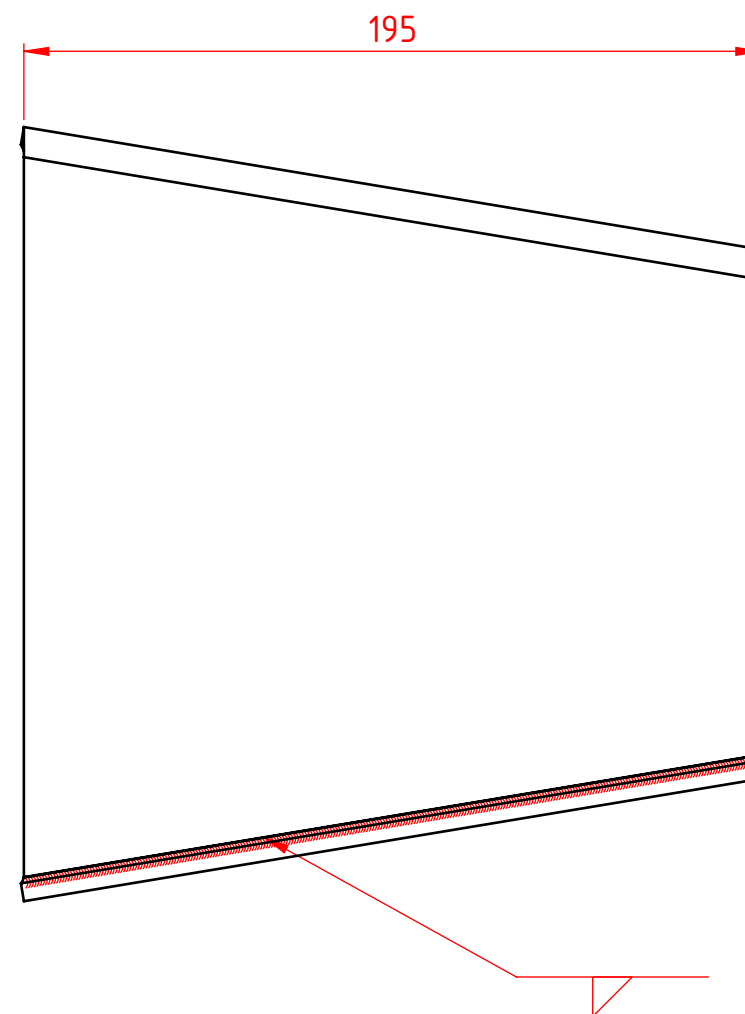
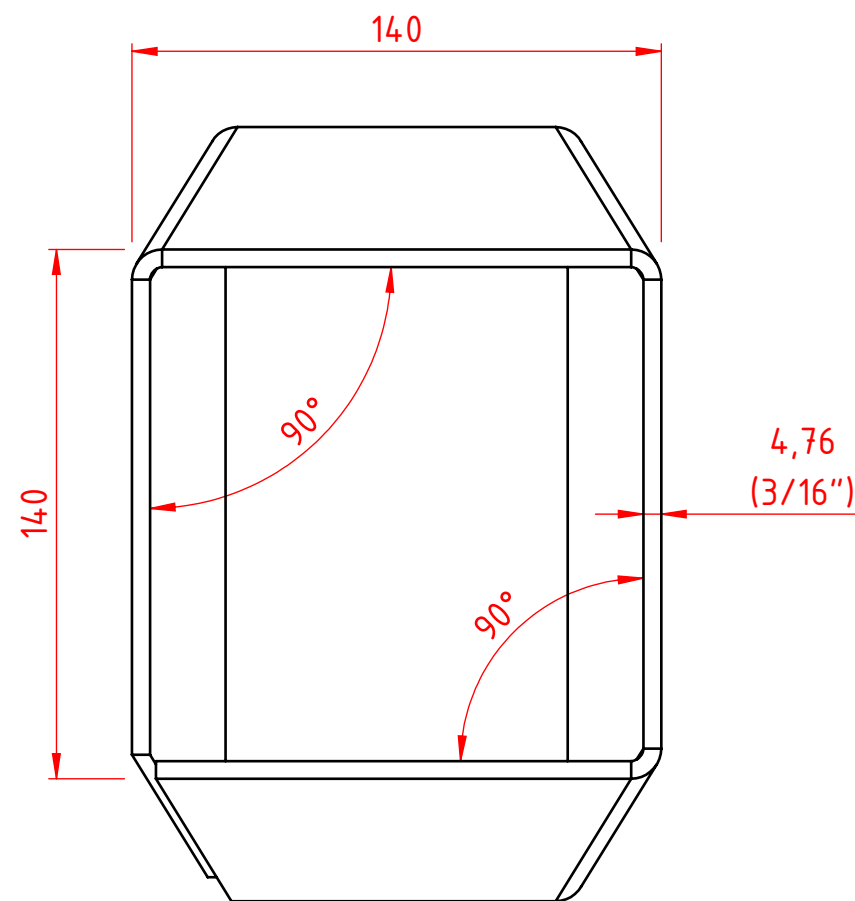
CORTE B-B



VISTA ISOMETRICA

LOS CAÑOS SE DEBEN PRESENTAR SIN REBABAS
PROFUNDIDAD DE SOLDADURA DEL 70% DE LOS ESPESORES ESPECIFICADOS
ALIVIAR TENSIONES DE SOLDADURA - TODAS LAS SOLDADURAS SON TIPO GMAW
EXEPTO ENTRE BRIDA Y CAÑO QUE SON SMAW
LAS TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SE CORRESPONDEN A LA NORMA DIN2768 GRADO MEDIO

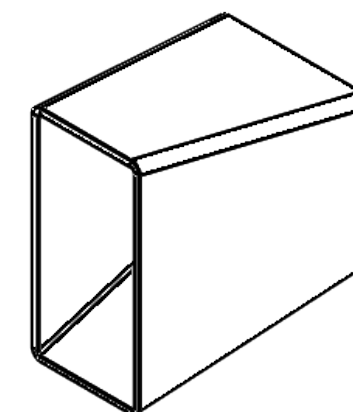
12	TAPA ADAP ENTRADA DUCTO-CAÑO	SAE 1010	1	N° PZA-03.01.02.12
11	CHAPA CURVA DUCTO	SAE 1010	1	N° PZA-03.01.02.11
10	CHAPA INFERIOR DUCTO	SAE 1010	1	N° PZA-03.01.02.10
9	BRIDA DE UNION A TOLVA	SAE 1010	1	N° PZA-03.01.02.9
8	CONO DEL CICLON	SAE 1010	1	N° PZA-03.01.02.8
7	CILINDRO DEL CICLON	SAE 1010	1	N° PZA-03.01.02.7
6	CHAPA LATERAL DUCTO	SAE 1010	2	N° PZA-03.01.02.6
5	CAÑO Ø 6"-Sch 40-LARGO 190	SAE 1010	1	COMERCIAL
4	CHAPA SUPERIOR	SAE 1010	1	N° PZA-03.01.02.4
3	ADAP ENTRADA DUCTO-CAÑO	SAE 1010	1	N° PZA-03.01.02.3
2	CAÑO Ø 4"-Sch 40-L=100	SAE 1010	1	COMERCIAL
1	BRIDA CONEXION CAÑERIA CARGA	SAE 1010	1	ANSI 150 Ø 4" RF-SO-COMERCIAL
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALA	
-	27/02/23	MARTINEZ F. PRONOTTI L.	1:5	
				N° PZA - 03.01.02.0



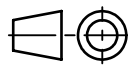
CHAPA DESPLEGADA
ESCALA 1:5

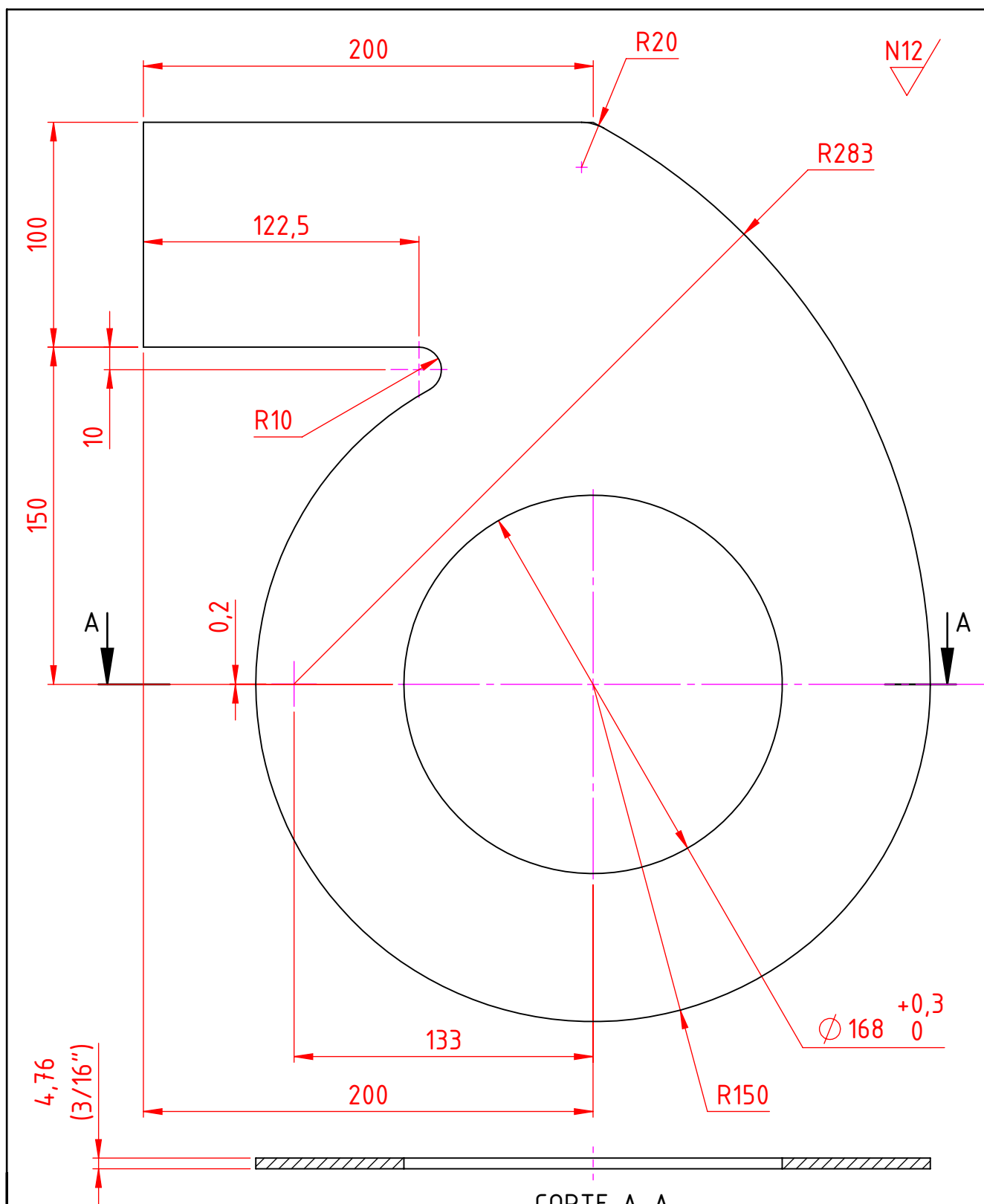
ELIMINAR REBABAS
PROCESO DE PLEGADO

EL ESPESOR DEL CORDON DE SOLDADURA DEBE RELLENAR EL ESPACIO
ALIVIA TENSIONES DE SOLDADURA-LAS SOLDADURAS SON TIPO GMAW
TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA



VISTA ISOMETRICA

1	ADAP ENTRADA DUCTO-CAÑO	SAE 1010	1	CHAPA 3/16"
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	ESCALA 1:2	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ F.		
-		PRONOTTI L.	 N° PZA - 03.01.02.3	

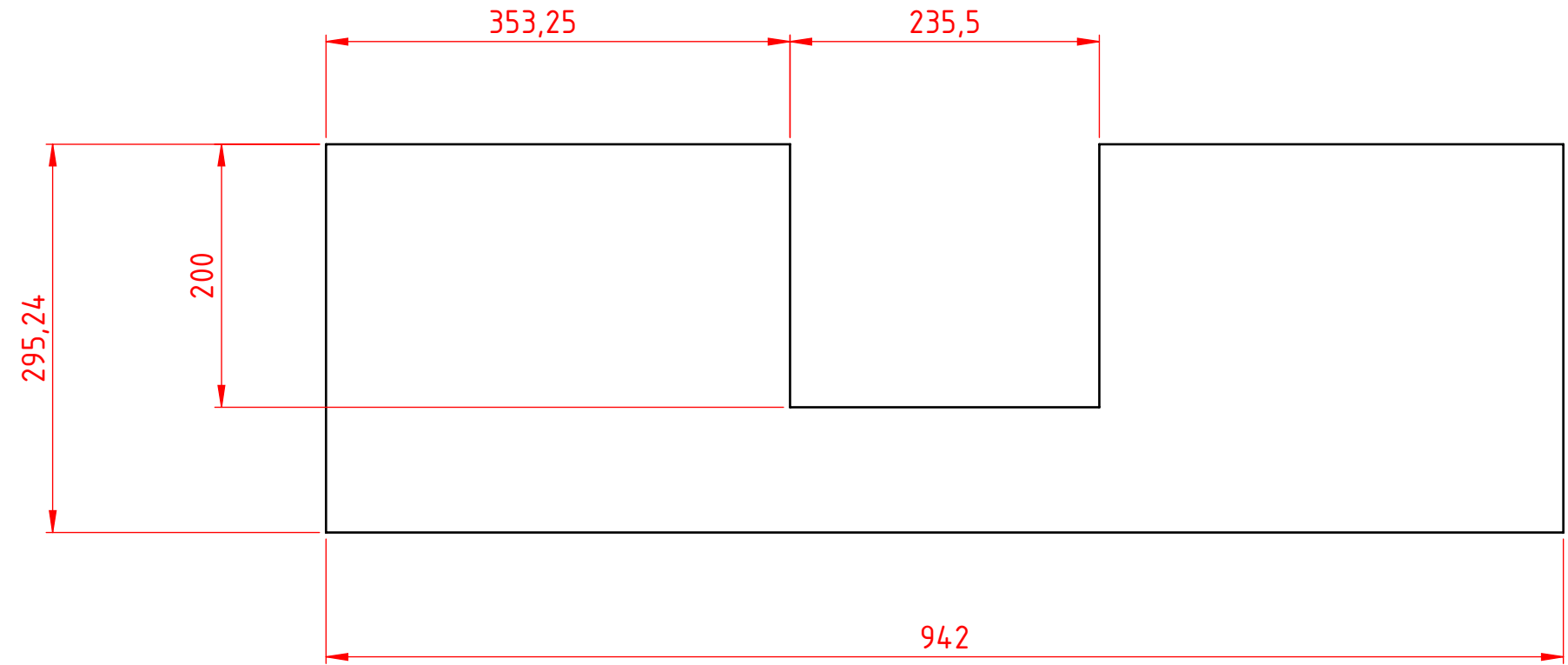
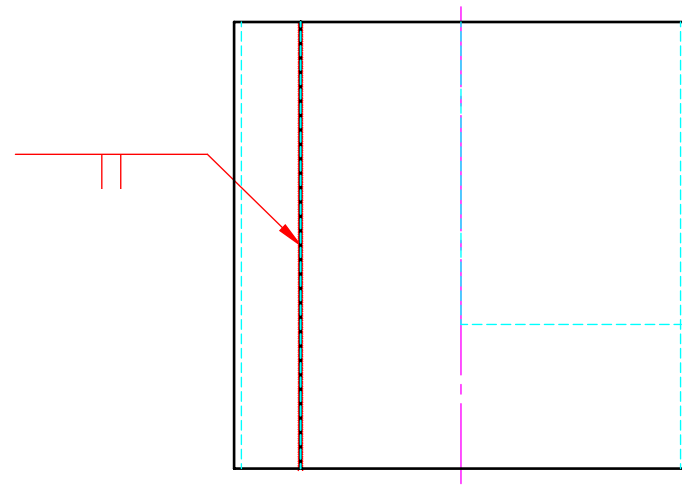


CORTE A-A

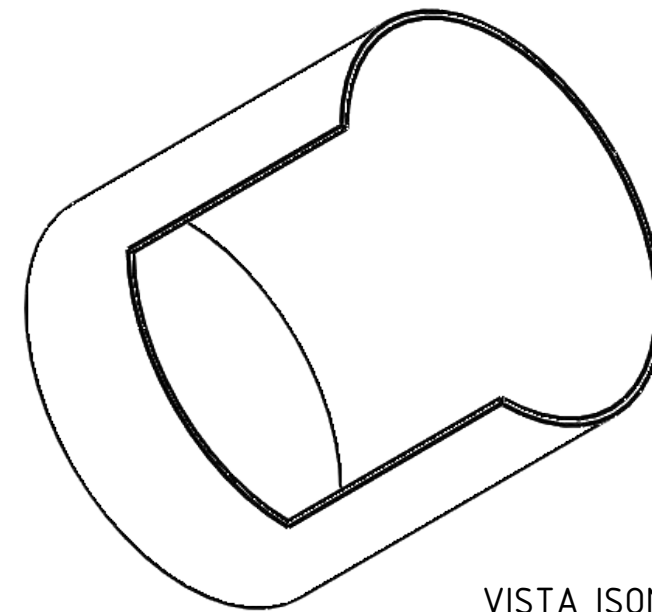
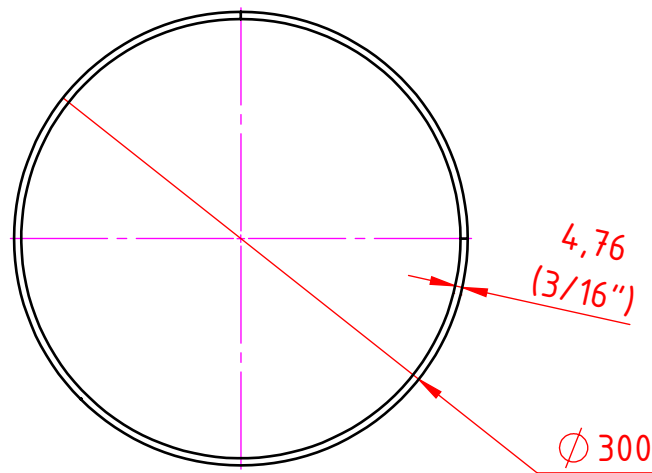
ELIMINAR REBABAS

TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA

1	CHAPA SUPERIOR		SAE 1010	1	CHAPA 3/16"
POS	DENOMINACION		MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS		
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ. F.	1:2,5		
		PRONOTTI. L.	 N° PZA 03.01.02.4		

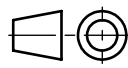


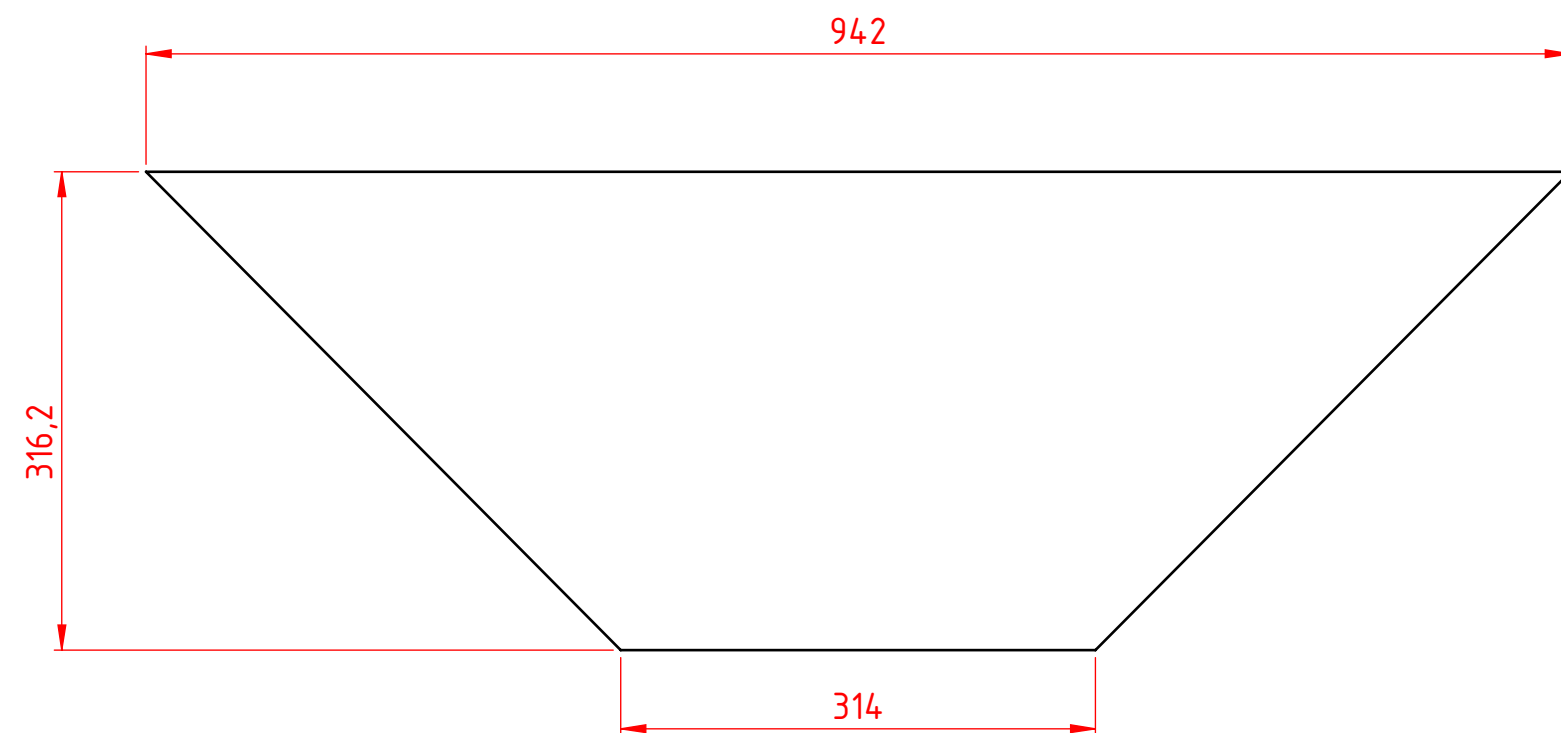
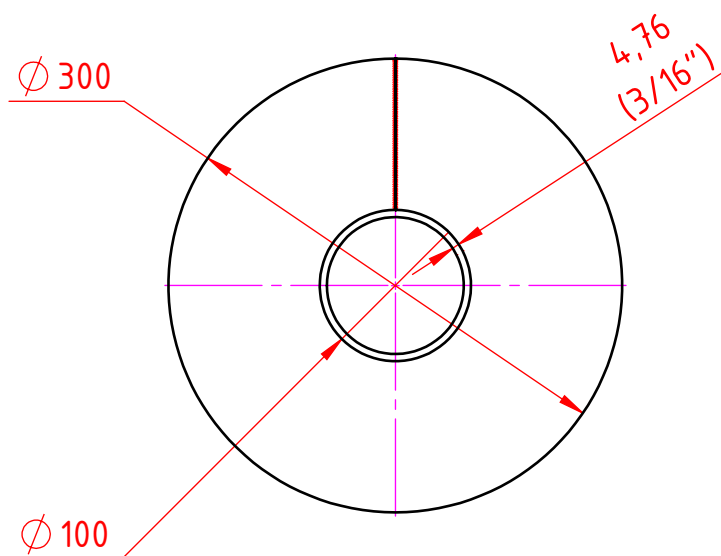
CHAPA DESARROLLADA



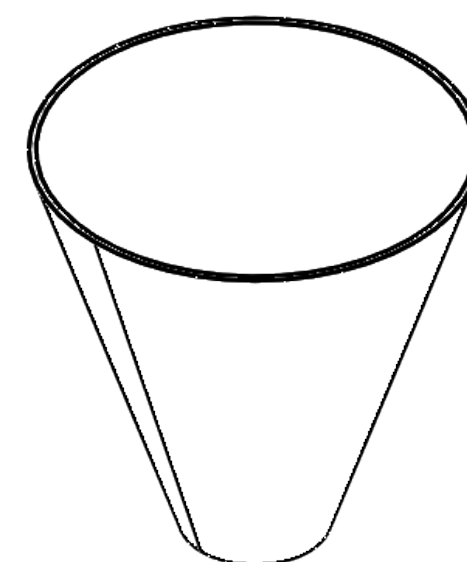
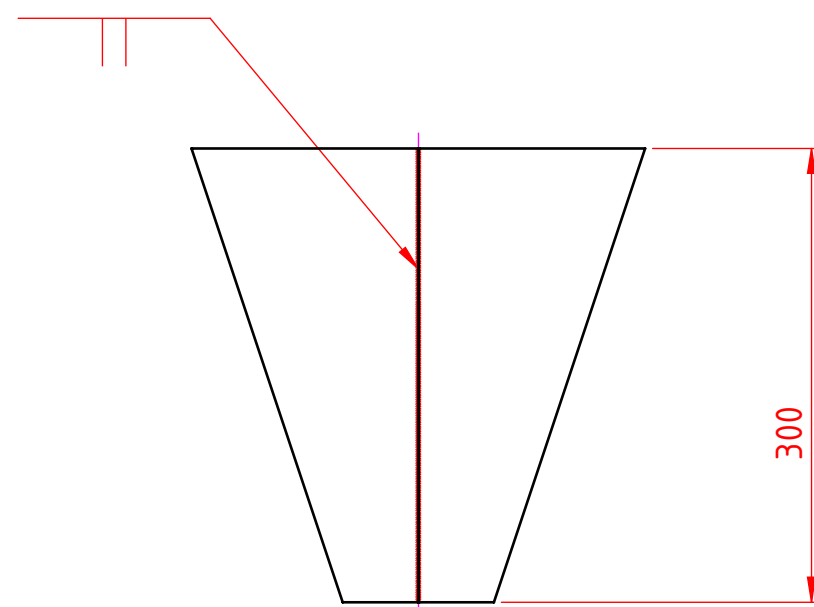
VISTA ISOMETRICA

ELIMINAR REBABAS
PROCESO DE ROLADO
EL ESPESOR DEL CORDON DE SOLDADURA DEBE RELLENAR EL ESPACIO
ALIVIAR TENSIONES DE SOLDADURA-LAS SOLDADURAS SON TIPO GMAW
TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA

1	CILINDRO DEL CICLON	SAE 1010	1	CHAPA 3/16"
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALA	
-	27/02/23	MARTINEZ F.	1:5	
		PRONOTTI L.		
				N° PZA - 03.01.02.7

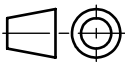


CHAPA DESARROLLADA

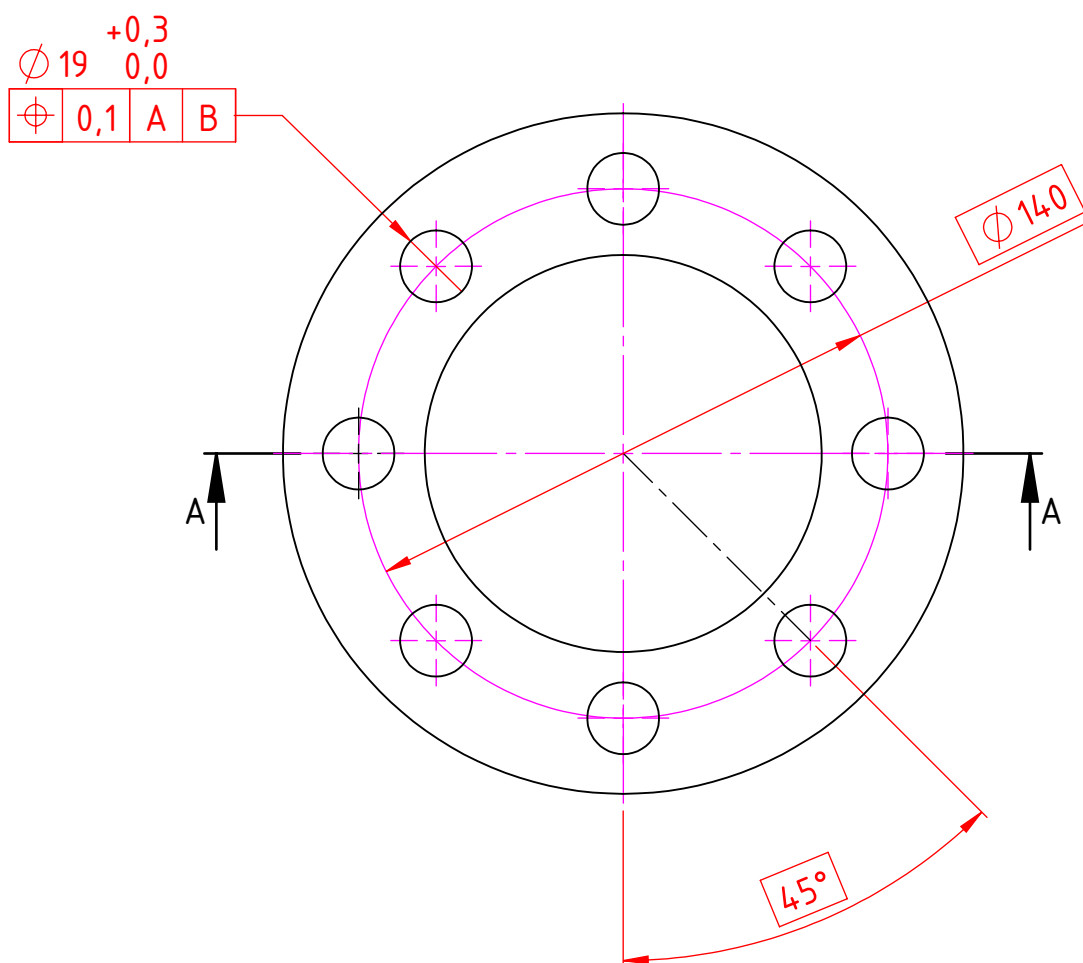
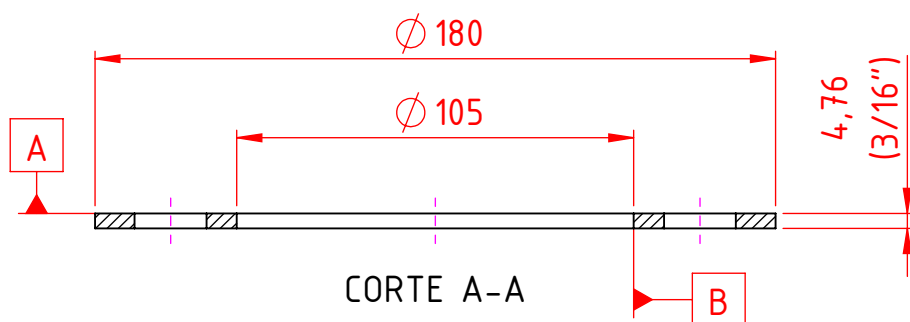


VISTA ISOMETRICA

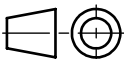
ELIMINAR REBABAS
PROCESO DE ROLADO
EL ESPESOR DEL CORDON DE SOLDADURA DEBE RELLENAR EL ESPACIO
ALIVIAR TENSIONES DE SOLDADURA-LAS SOLDADURAS SON TIPO GMAW
TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA

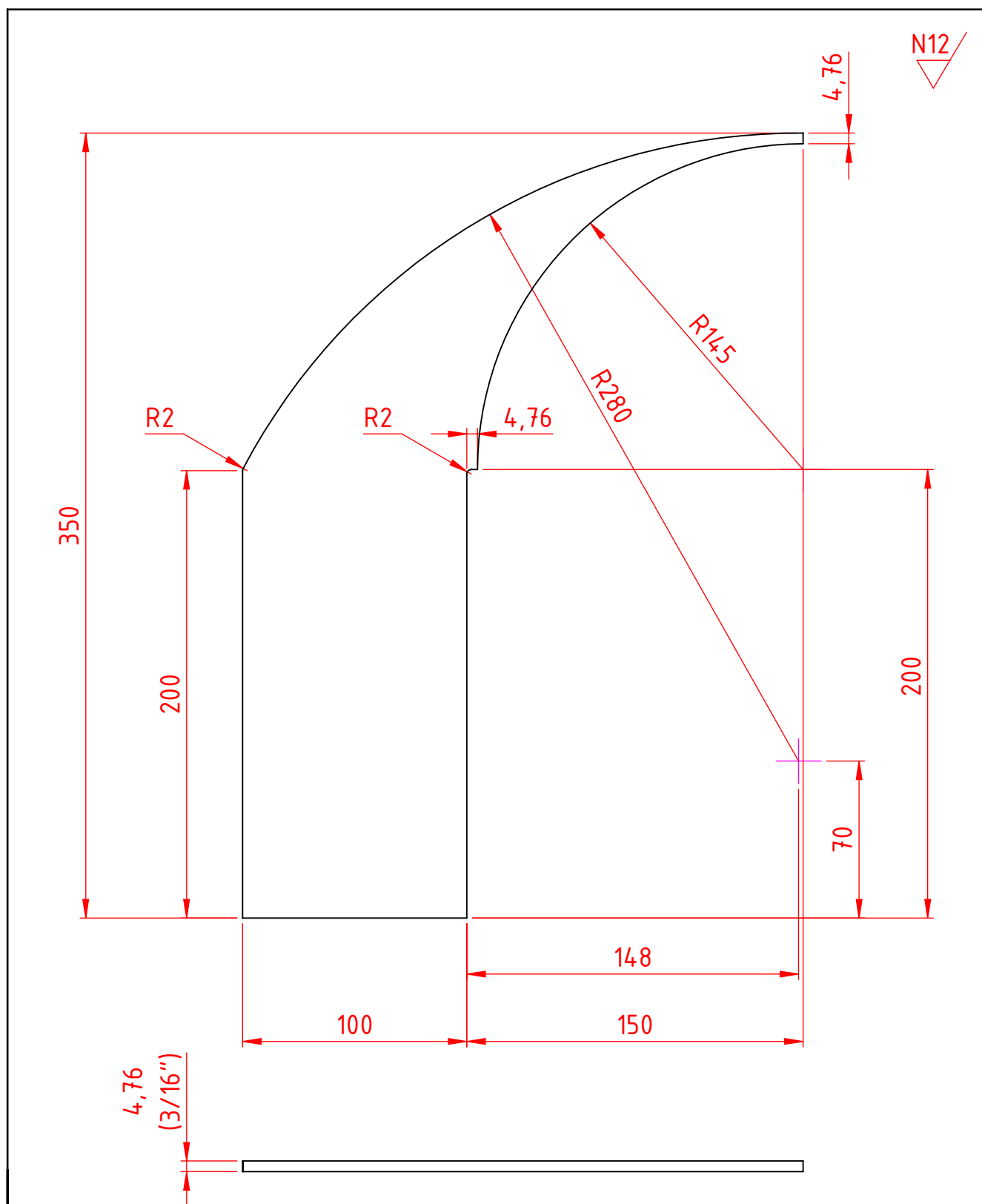
1	CONO DEL CICLON		SAE 1010	1	CHAPA 3/16"
POS	DENOMINACION		MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	 N° PZA - 03.01.02.8		
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ F.			
-		PRONOTTI L.			
			ESCALA 1:5		

N12



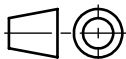
ELIMINAR REBABAS
TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA

1	BRIDA DE UNION A TOLVA	SAE 1010	1	CHAPA 3/16"
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERÍA MECÁNICA		
	FECHA	NOMBRE	 N° PZA 03.01.02.9	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ. F. PRONOTTI. L.		
			1:2	

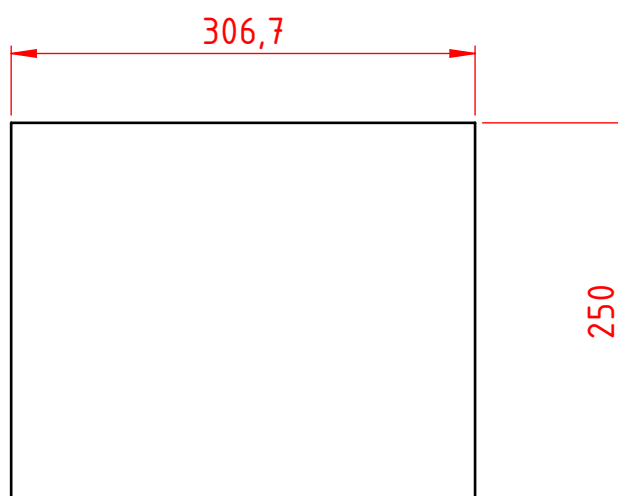
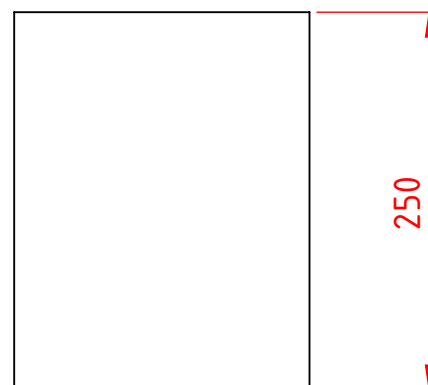
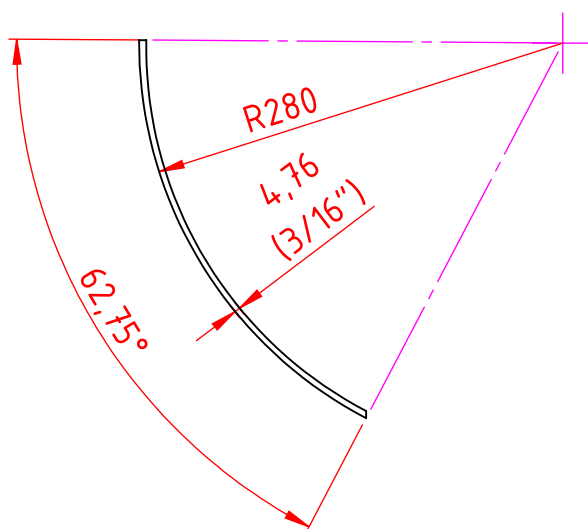


ELIMINAR REBABAS

TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA

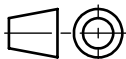
1	CHAPA INFERIOR DUCTO	SAE 1010	1	CHAPA 3/16"
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	 N° PZA 03.01.02.10	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ. F. PRONOTTI. L.		
		ESCALA 1:2,5		

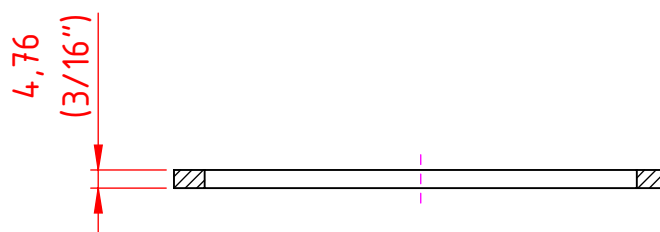
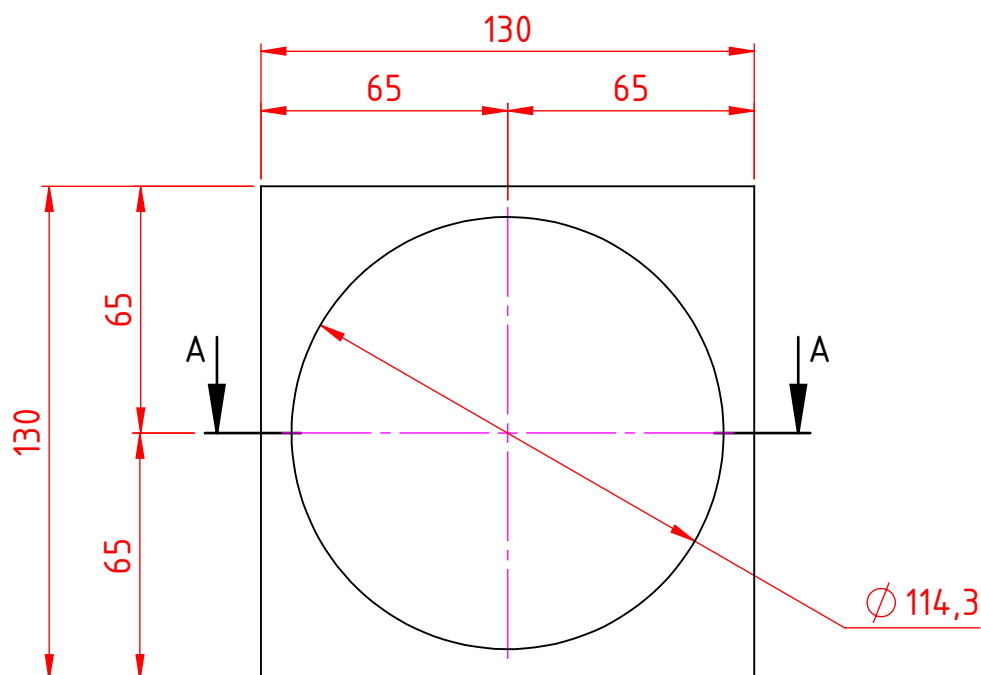
N12



CHAPA DESARROLLADA

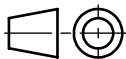
ELIMINAR REBABAS
TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA

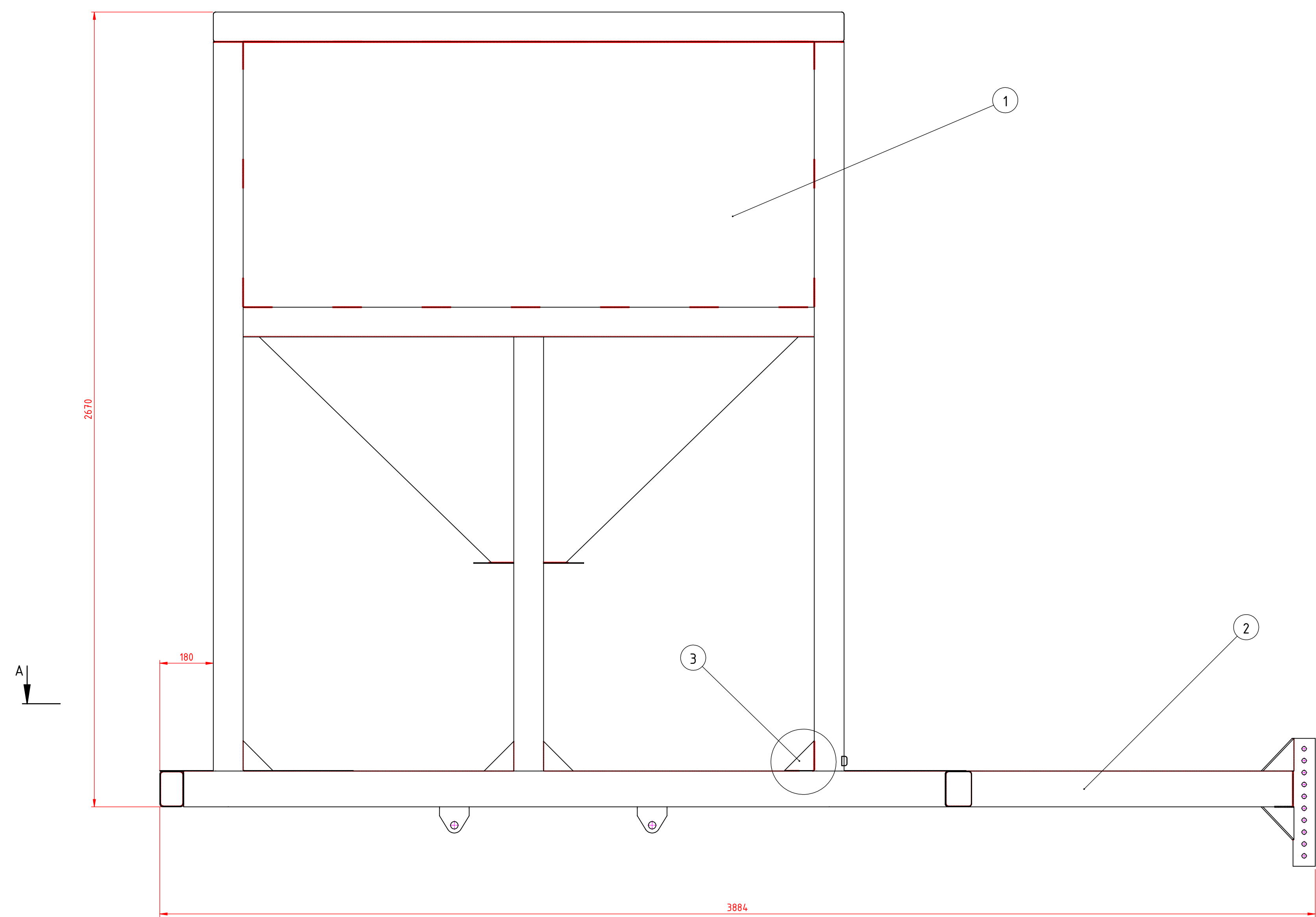
1	CHAPA CURVA DUCTO	SAE 1010	1	CHAPA 3/16"
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	 N° PZA 03.01.02.11	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ. F. PRONOTTI. L.		



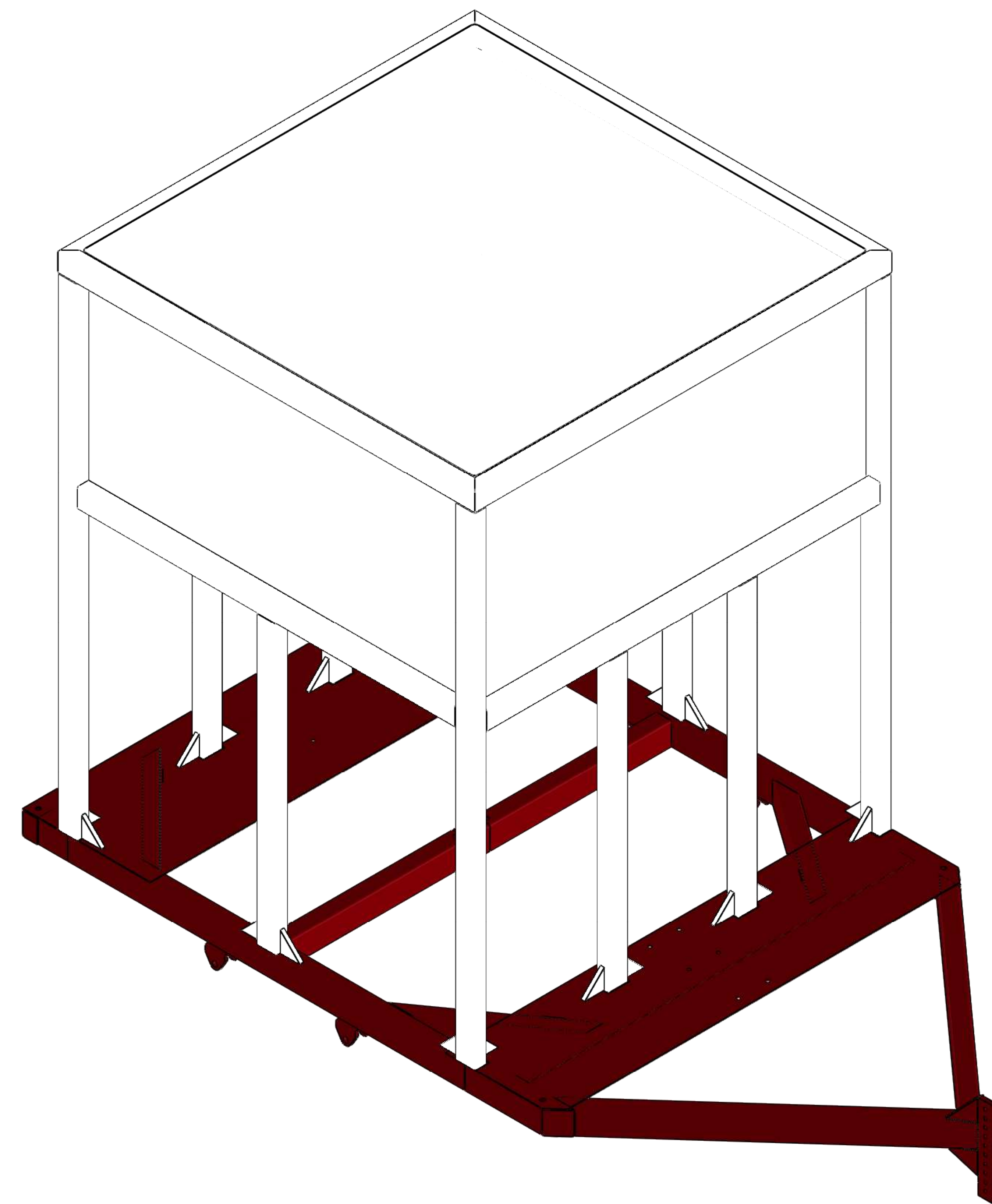
CORTE A-A

ELIMINAR REBABAS
TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA

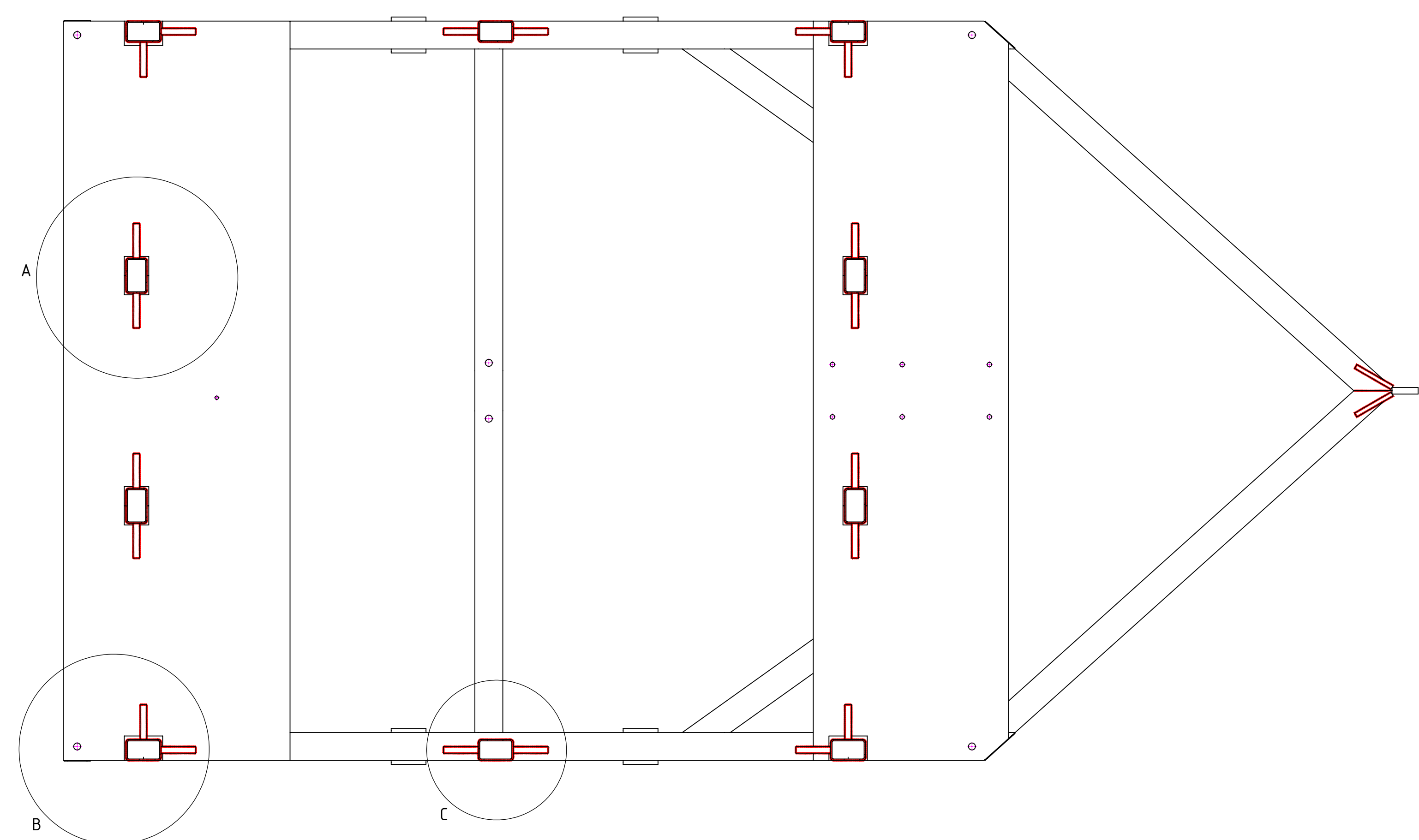
1	TAPA ADAP ENTRADA DUCTO-CAÑO	SAE 1010	1	CHAPA 3/16"
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	 N° PZA 03.01.02.12	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ. F. PRONOTTI. L.		
			ESCALA 1:2	



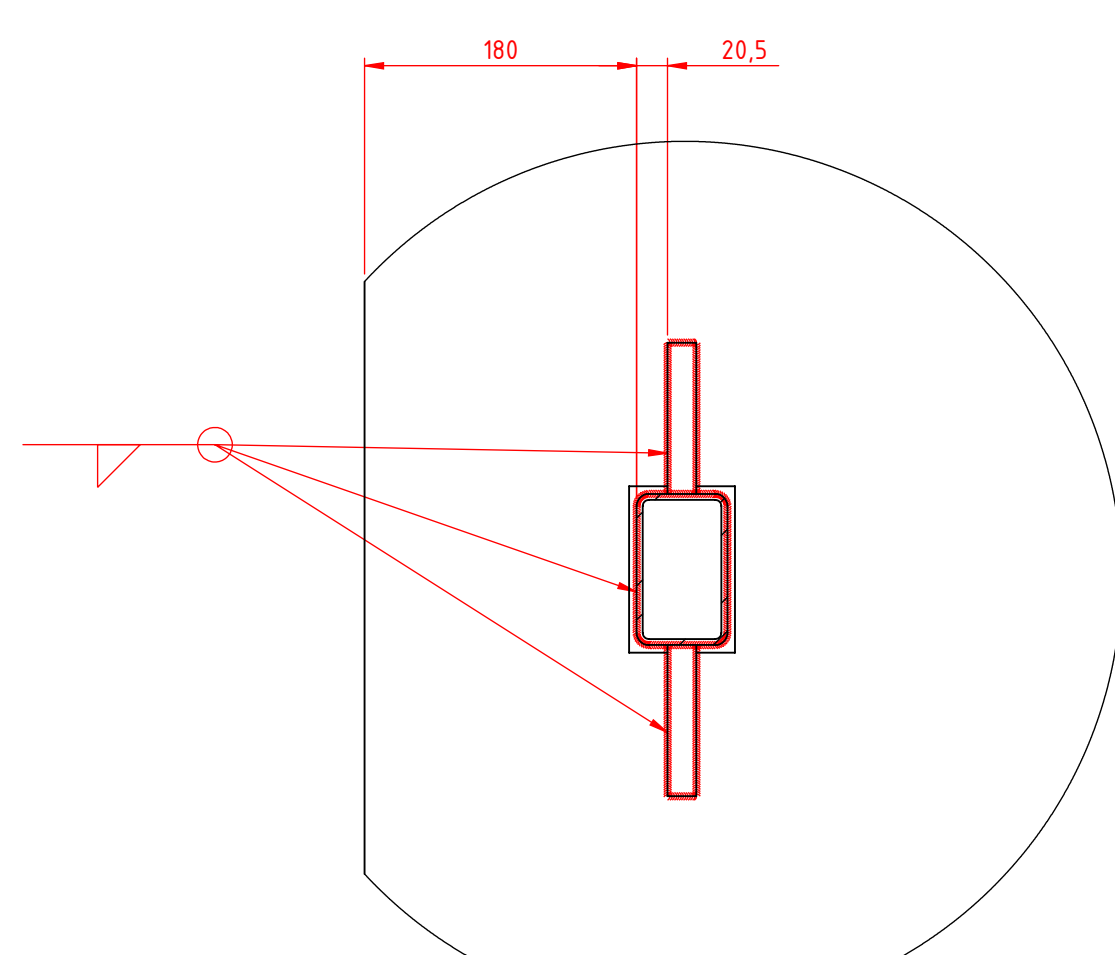
A



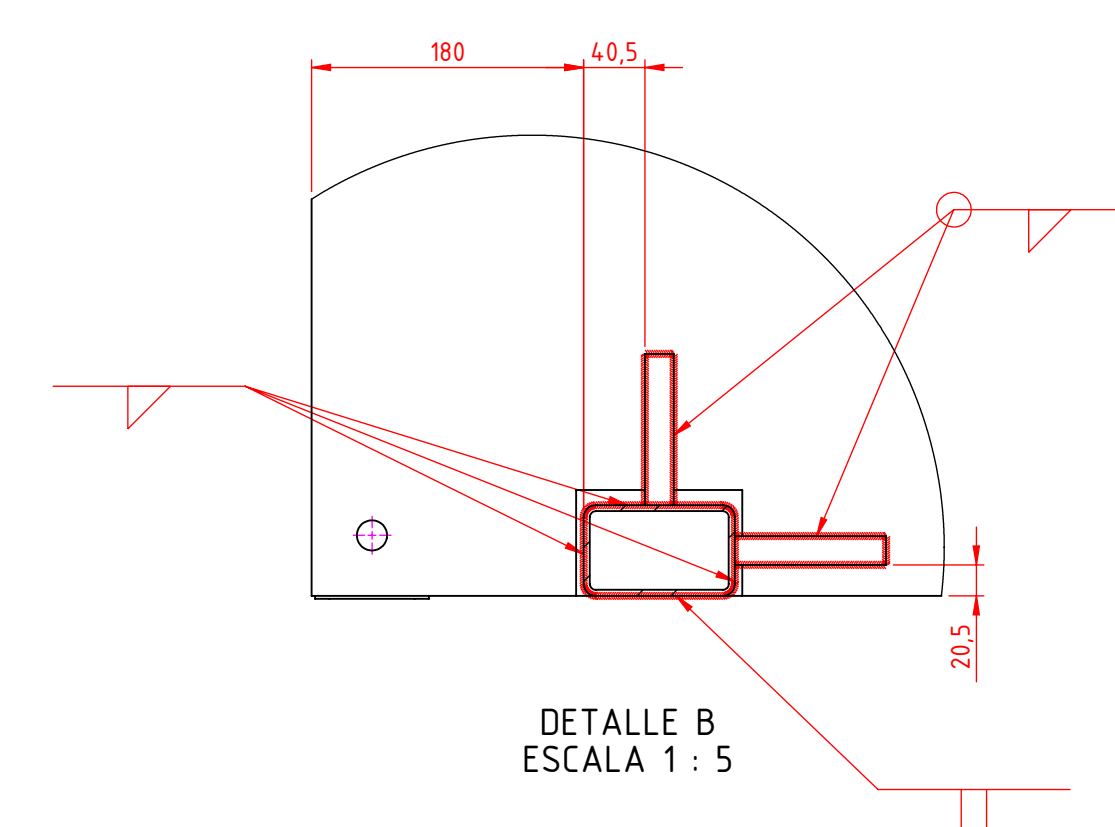
VISTA ISOMETRICA



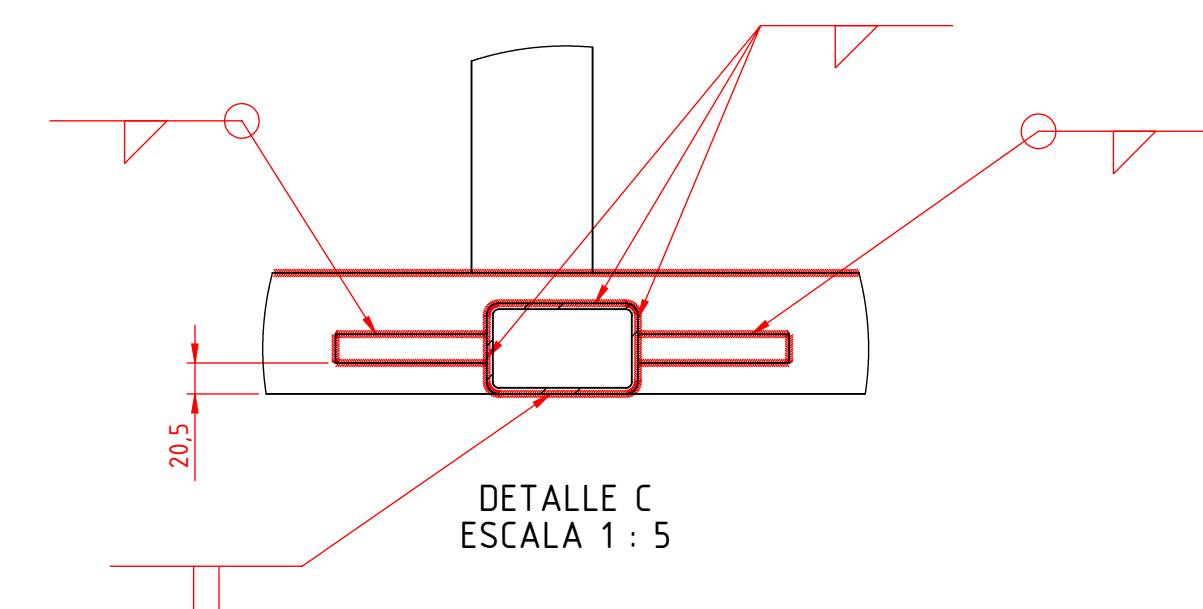
CORTE A-A
ESCALA 1 : 10



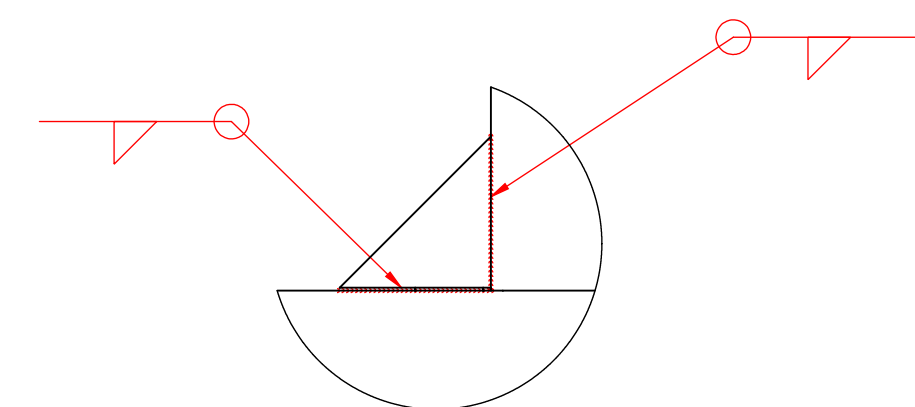
DETALLE A
ESCALA 1 : 5



DETALLE B
ESCALA 1 : 5



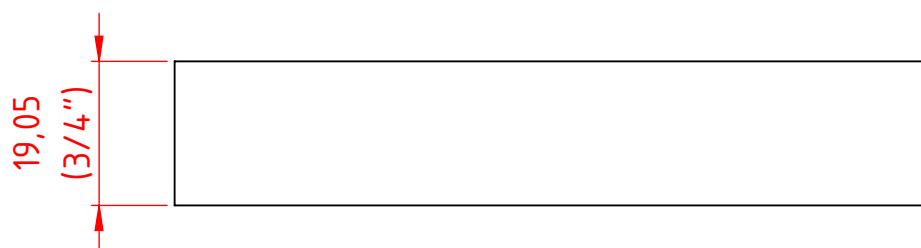
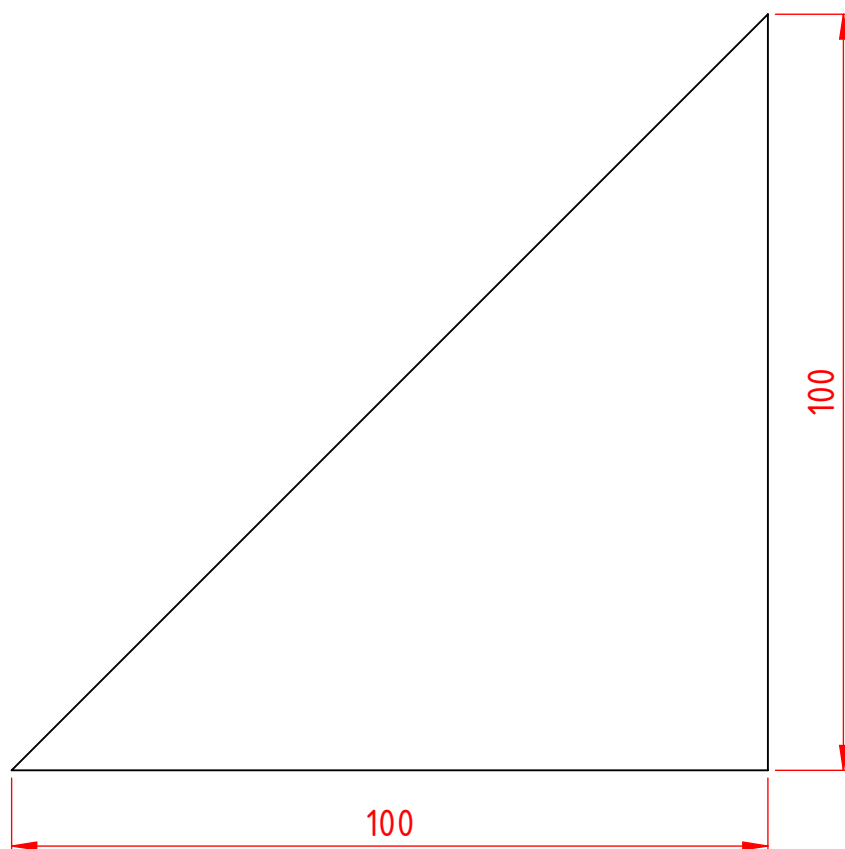
DETALLE C
ESCALA 1 : 5



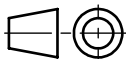
DETALLE D
ESCALA 1 : 5

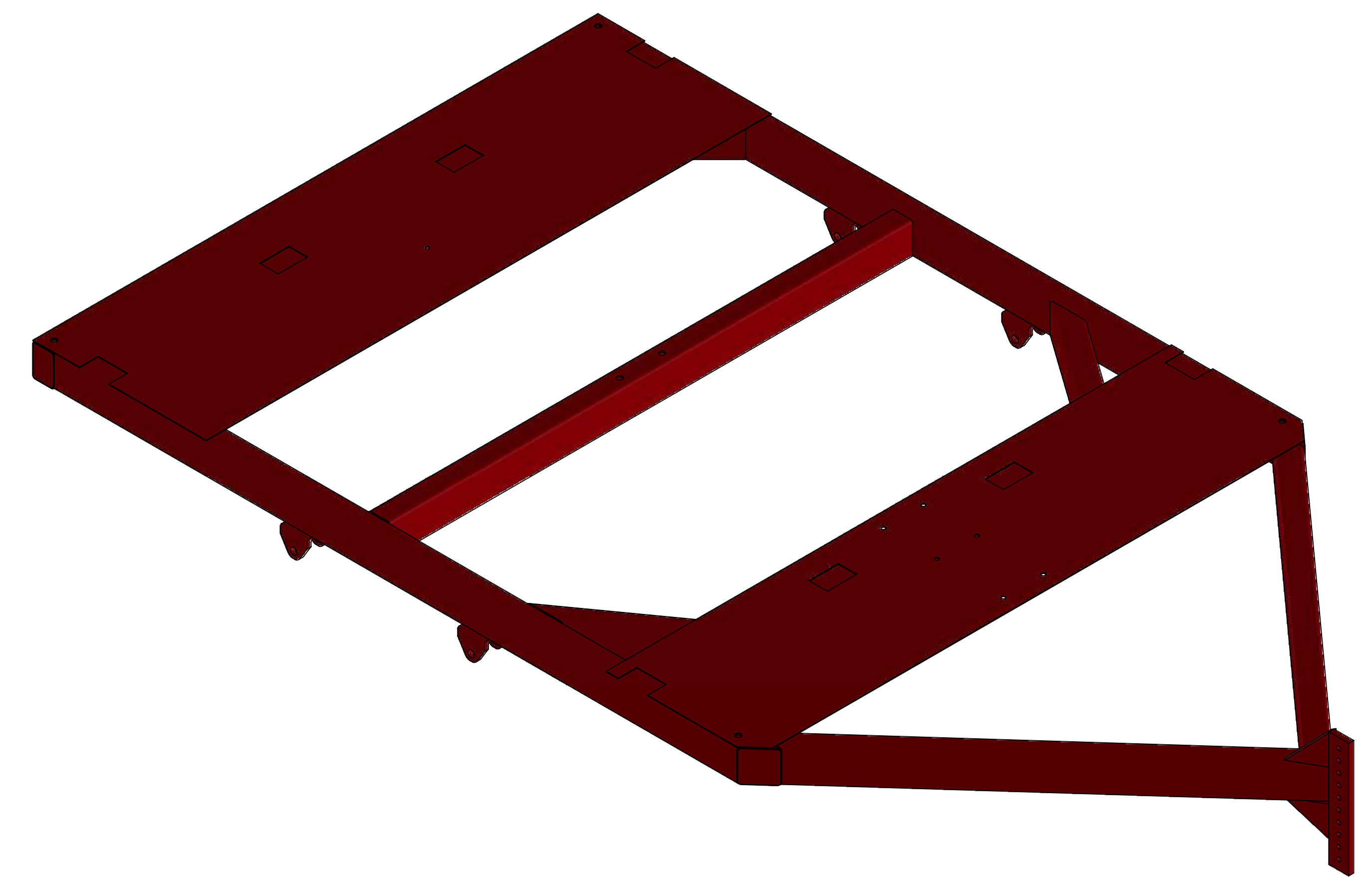
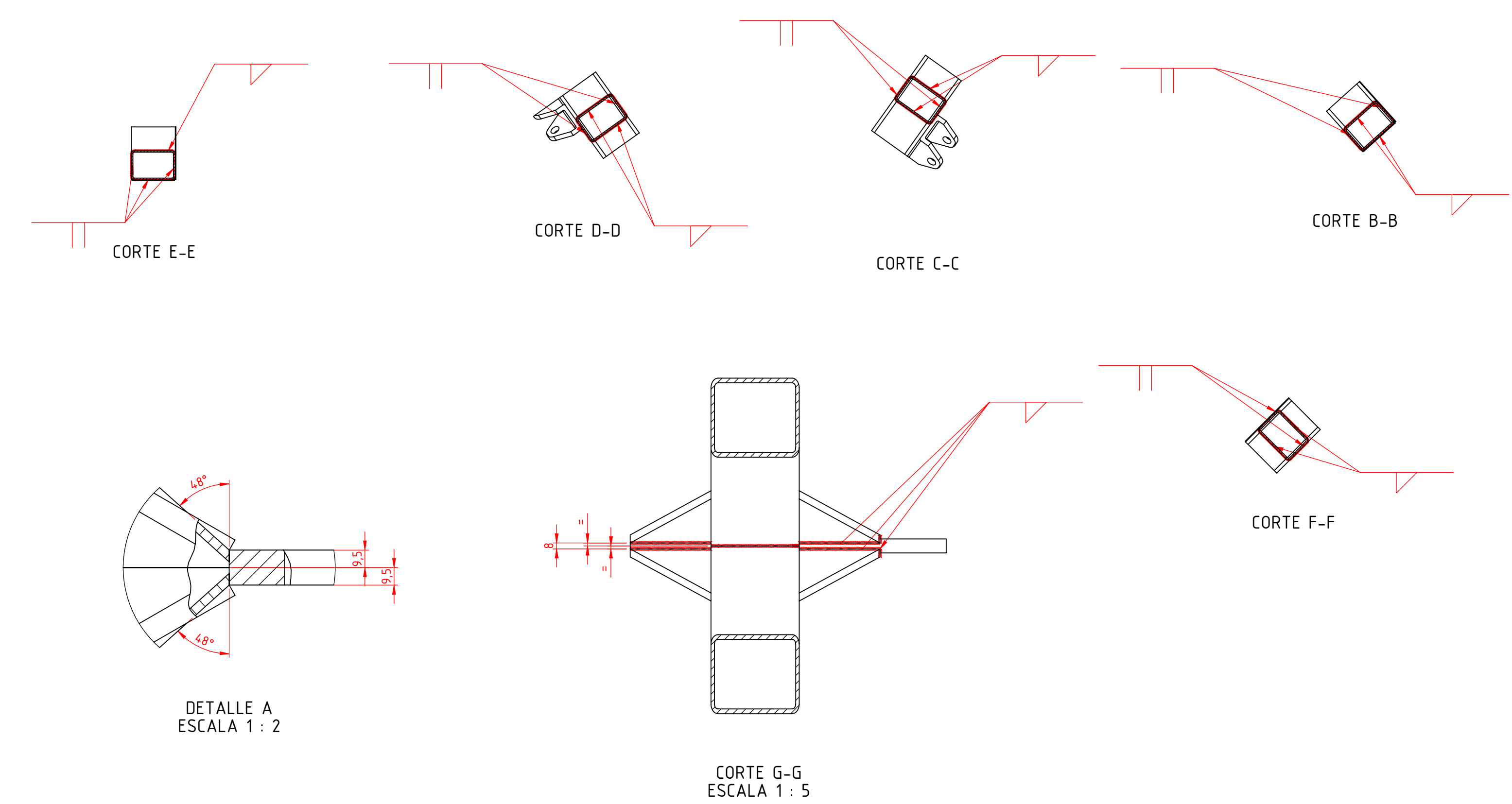
PROFUNDIDAD DE SOLDADURA DEL 70% DE LOS ESPESORES ESPECIFICADOS
ALVIAR TENSIONES DE SOLDADURA-LAS SOLDADURAS SON TIPO GMAW
LAS TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SE CORRESPONDEN A LA NORMA DIN.2768 GRADO MEDIO

3	REFUERZO PATAS ESTRU. TOLVA	SAE 1010	20	N° PZA-03.02.03.0
2	CONJUNTO SOLDADO CHASIS	SAE 1010	1	N° PZA-03.03.00.0
1	CONJUNTO SOLDADO TOLVA	-	1	N° PZA-03.04.00.0
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
	UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA
DBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALA	
-	27/02/23	MARTINEZ F. PRONOTTI E.	1:10	
				N° PZA 03.02.00.0

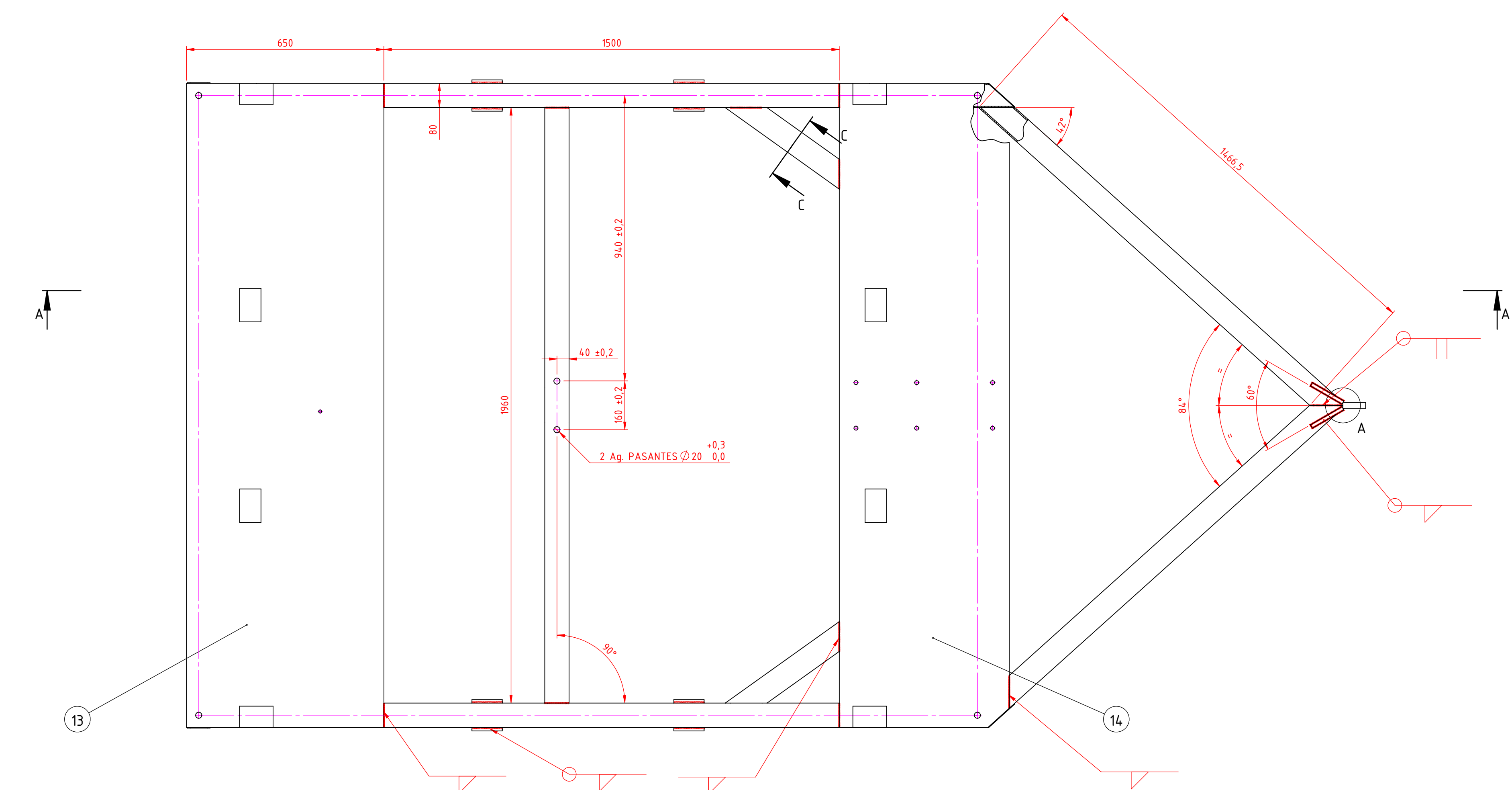


ELIMINAR REBABAS Y MATAR CANTOS VIVOS
TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA

1	REFUERZO PATAS ESTRUCTURA TOLVA	SAE 1010	20	CHAPA 3/4"
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	ESCALA 1:1	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ F. PRONOTTI L.		
				N° PZA 03.02.3.0



VISTA ISOMETRICA



16	TAPA 2		SAE 1010	2	N° PZA 03.03.10
15	TAPA 1		SAE 1010	2	N° PZA 03.03.15
14	CHAPA DELANTERA		SAE 1010	1	N° PZA 03.03.14
13	CHAPA TRASERA		SAE 1010	1	N° PZA 03.03.13
12	SOPORTE 25x75 P/UJO DE ELASTICO		COMERCIAL	2	INMAZA
11	REFUEZO PLACA LANZA		SAE 1010	4	N° PZA 03.03.11
10	PLACA REGULADORA LANZ LANZA		SAE 1010	1	N° PZA 03.03.10
9	TUBO RECT 120x80x4, 75-L=782		SAE 1010	2	ESTRUC-COMERCIAL
8	TUBO RECT 120x80x4, 75-L=1195		SAE 1010	1	ESTRUC-COMERCIAL
7	TUBO RECT 120x80x4, 75-L=1960		SAE 1010	1	ESTRUC-COMERCIAL
6	TUBO RECT 120x80x4, 75-L=1310		SAE 1010	1	ESTRUC-COMERCIAL
5	TUBO RECT 120x80x4, 75-L=793		SAE 1010	2	ESTRUC-COMERCIAL
4	TUBO RECT 120x80x4, 75-L=1960		SAE 1010	1	ESTRUC-COMERCIAL
3	TUBO RECT 120x80x4, 75-L=1466,5		SAE 1010	2	ESTRUC-COMERCIAL
2	TUBO RECT 120x80x4, 75-L=2650		SAE 1010	2	ESTRUC-COMERCIAL
1	TUBO RECT 120x80x4, 75-L=2120		SAE 1010	1	ESTRUC-COMERCIAL
POS	DENOMINACION		MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES

UNR

ESCUELA INGENIERIA ESCALICA ROSARIO

PROYECTO INTEGRADOR FINAL

DE INGENIERIA MECANICA

N° PZA 03.03.00.0

DEBUIJO

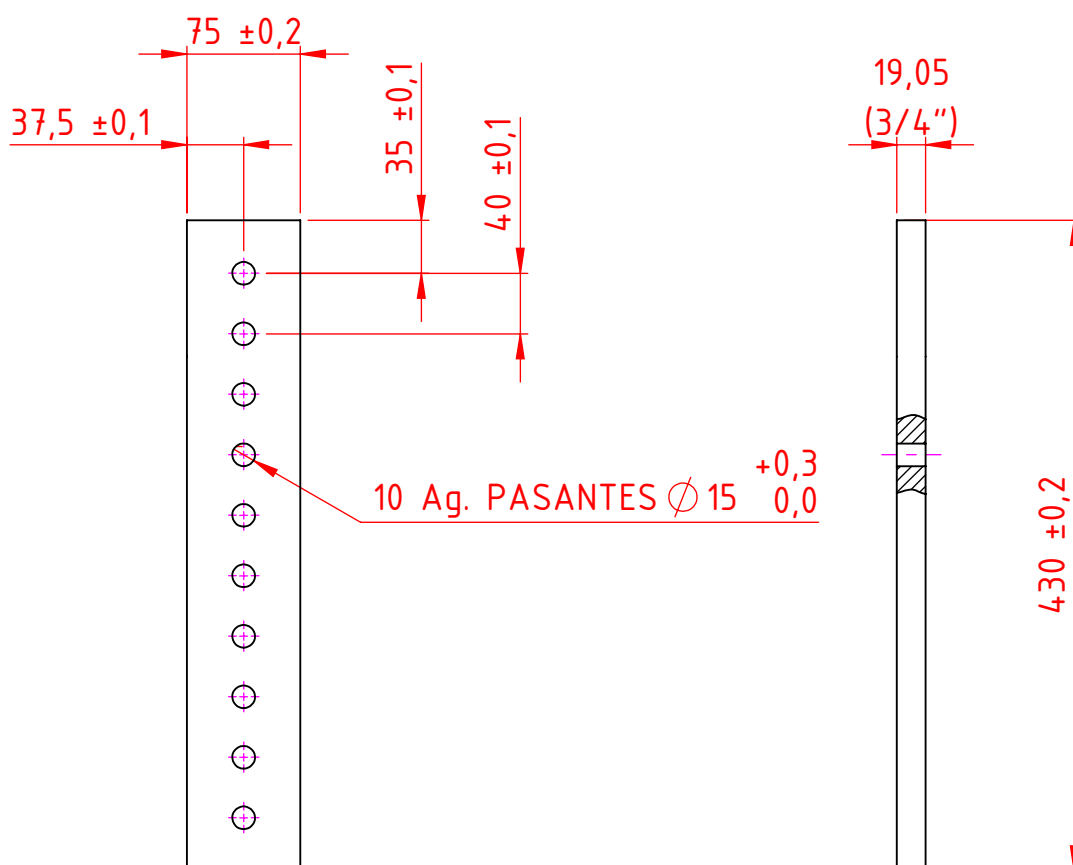
FECHA
27/02/23

NOMBRE
MARTINEZ F
PROMITTI

ESCALA

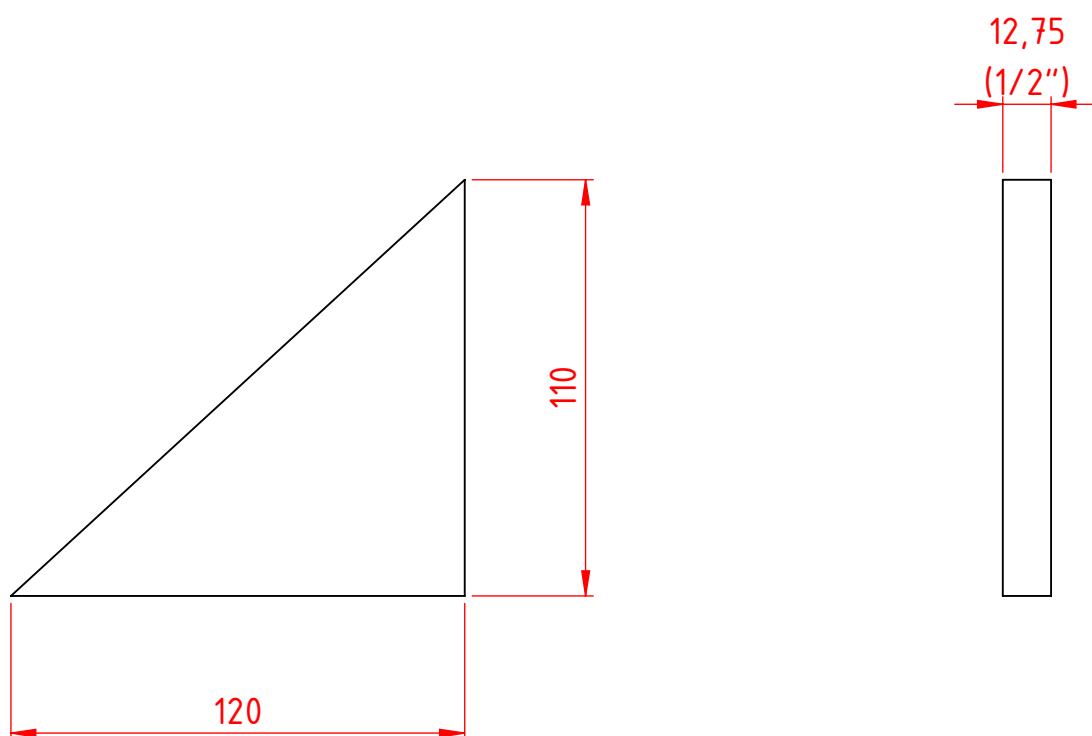
1:10

LOS TUBOS ESTRUCTURALES SE DEBEN PRESENTAR SIN REBABAS
 PROFUNDIDAD DE SOLDADURA DEL 70% DE LOS ESPESORES ESPECIFICADOS
 ALIVIA TENSIONES DE SOLDADURA - TODAS LAS SOLDADURAS SON TIPO GMAW
 LAS TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SE CORRESPONDEN A LA NORMA DIN2768 GRADO MEDIO

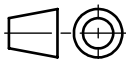


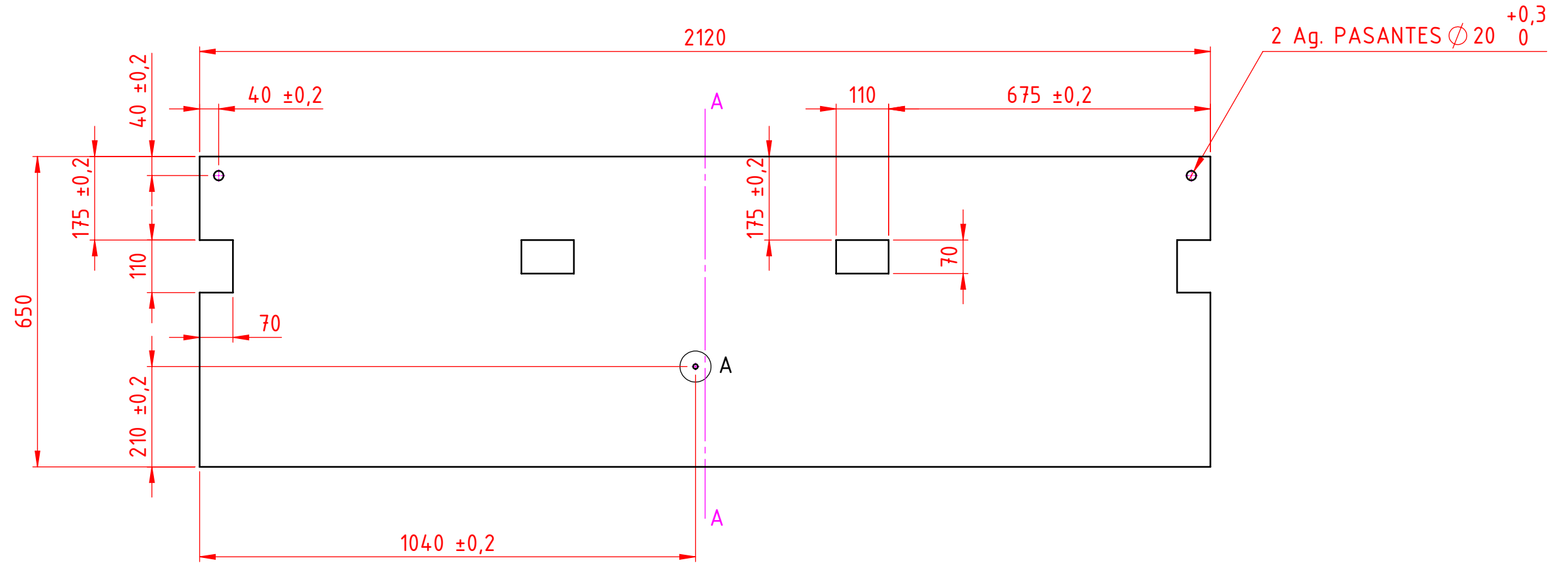
ELIMINAR REBABAS Y MATAR CANTOS VIVOS
TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA

1	PLACA REGULADORA ALT LANZA	SAE 1010	1	CHAPA 3/4"
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	 N° PZA 03.03.10.0	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ F. PRONOTTI L.		
			ESCALA 1:5	

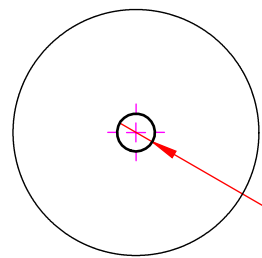


ELIMINAR REBABAS Y MATAR CANTOS VIVOS
TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA

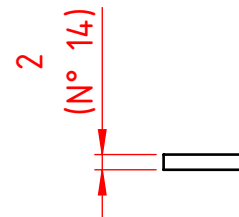
1	REFUERZO PLACA LANZA	SAE 1010	4	CHAPA 1/2"
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	ESCALA 1:2	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ F. PRONOTTI L.		
				N° PZA 03.03.11.0



B

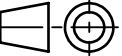


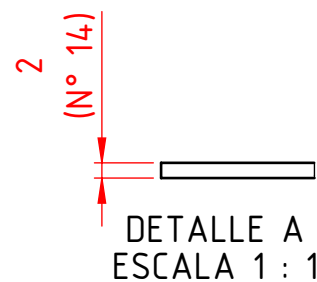
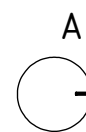
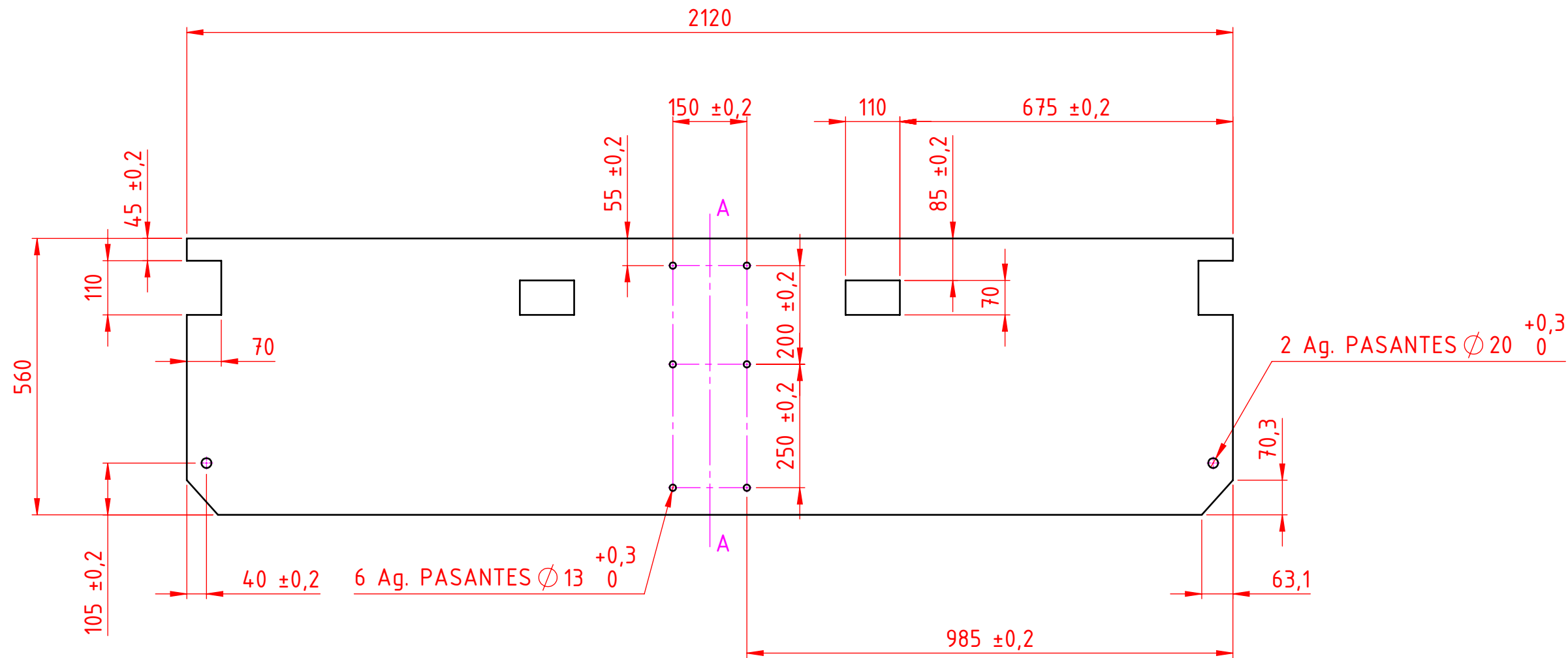
DETALLE A
ESCALA 1 : 2



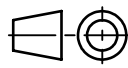
DETALLE B
ESCALA 1 : 1

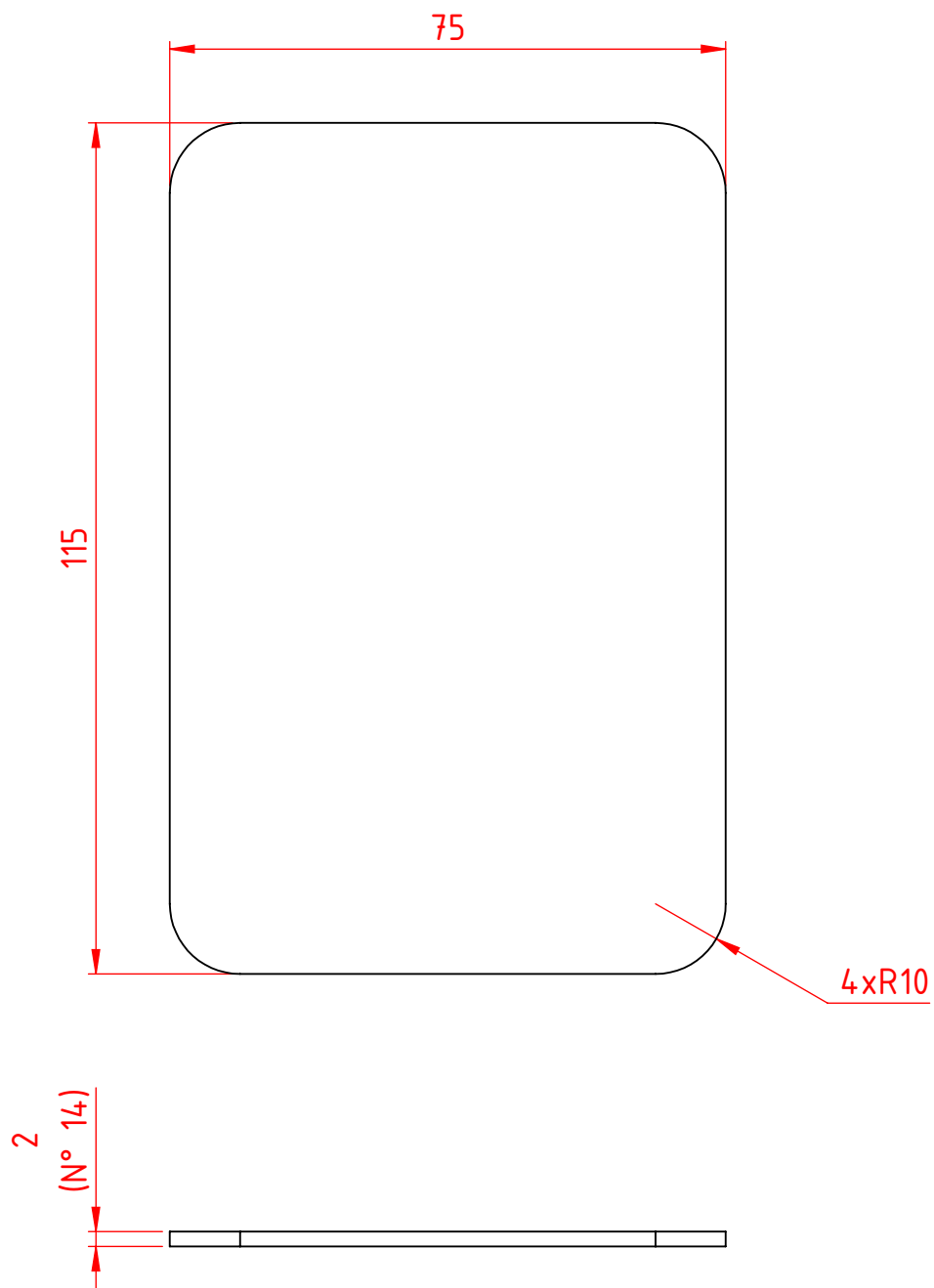
SIMETRIA RESPECTO AL EJE A-A
ELIMINAR REBABAS Y MATAR CANTOS VIVOS
TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA

1	CHAPA TRASERA		SAE 1010	1	CHAPA LISA N° 14
POS	DENOMINACION		MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO			PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	ESCALA 1:10		N° PZA - 03.03.13.0
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ F.			
-		PRONOTTI L.			



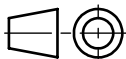
SIMETRIA RESPECTO A EJE A-A
ELIMINAR REBABAS Y MATAR CANTOS VIVOS
TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA

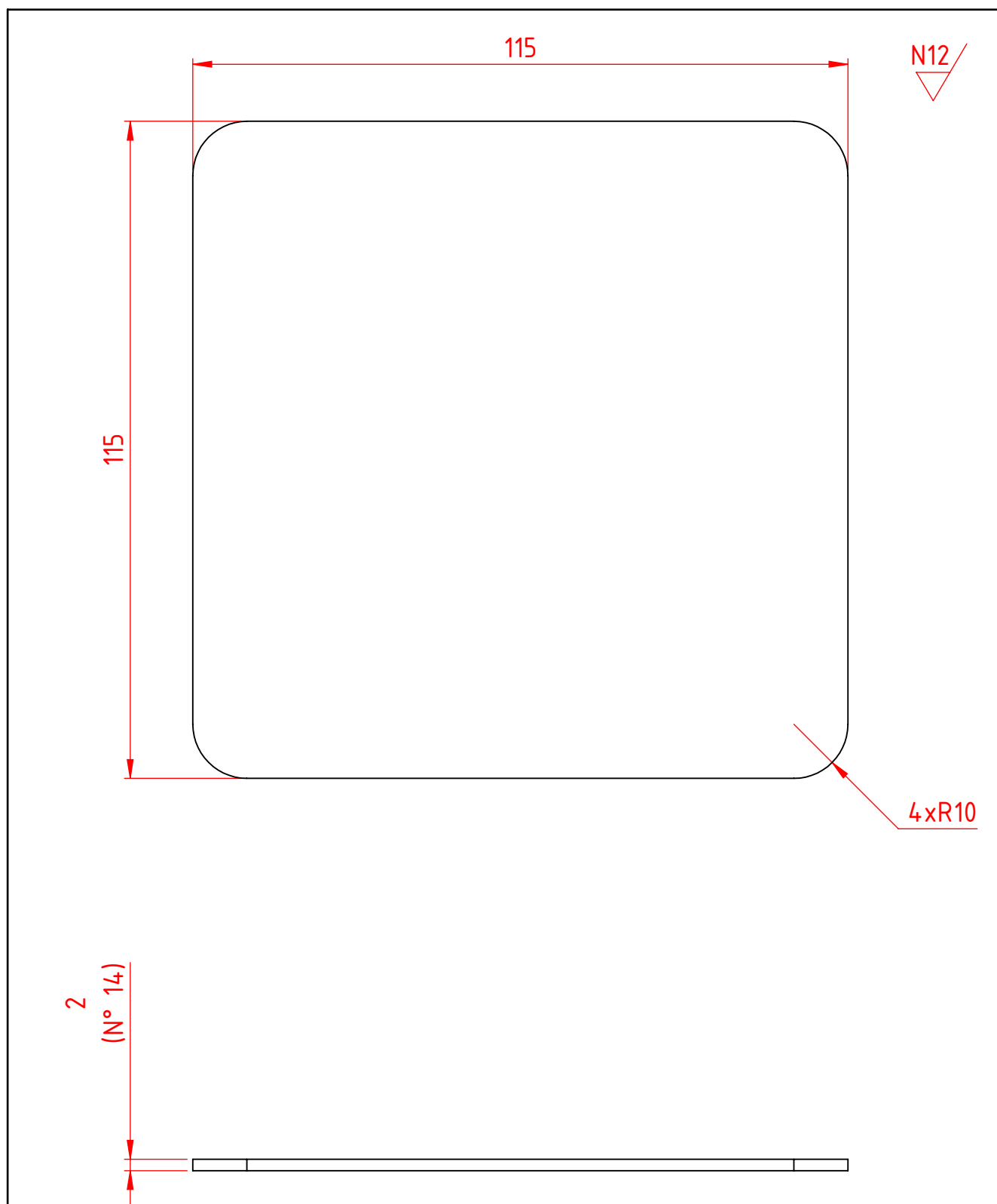
1	CHAPA DELANTERA	SAE 1010	1	CHAPA LISA N° 14
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	 N° PZA - 03.03.14.0	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ F.		
-		PRONOTTI L.		
		ESCALA		
		1:10		



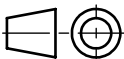
N12

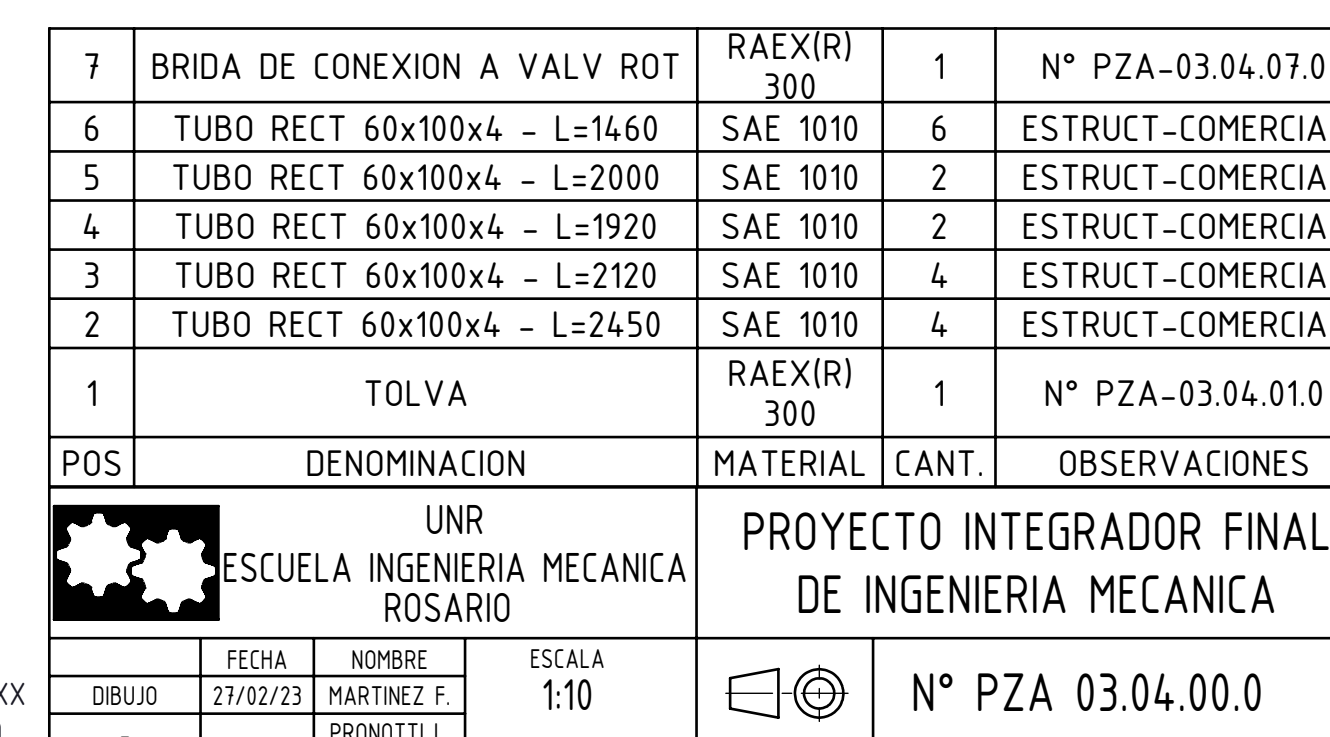
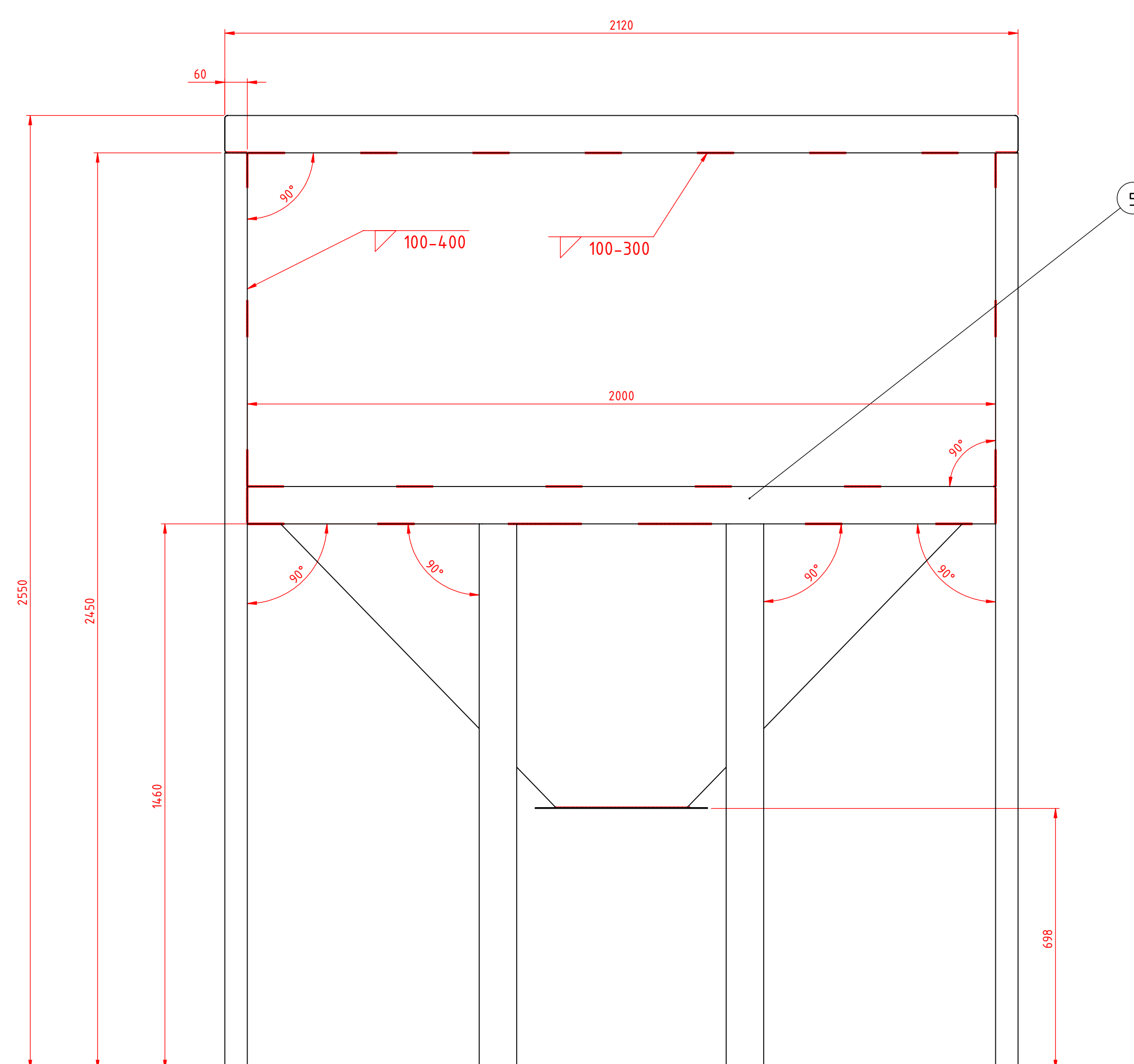
ELIMINAR REBABAS
TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA

1	TAPA 1	SAE 1010	2	CHAPA LISA N° 14
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	ESCALA 1:1	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ F. PRONOTTI L.		
				N° PZA 03.03.15.0

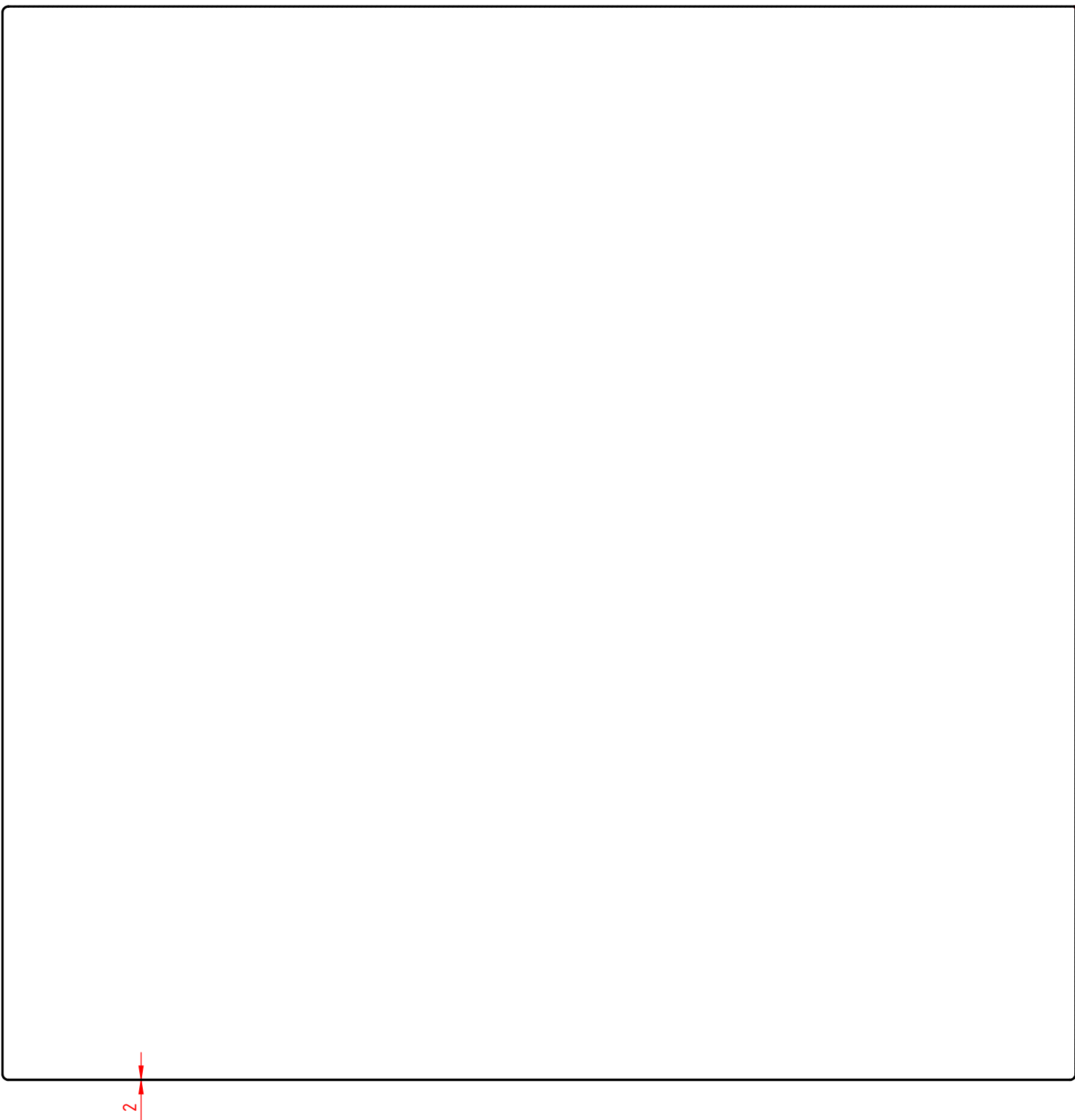
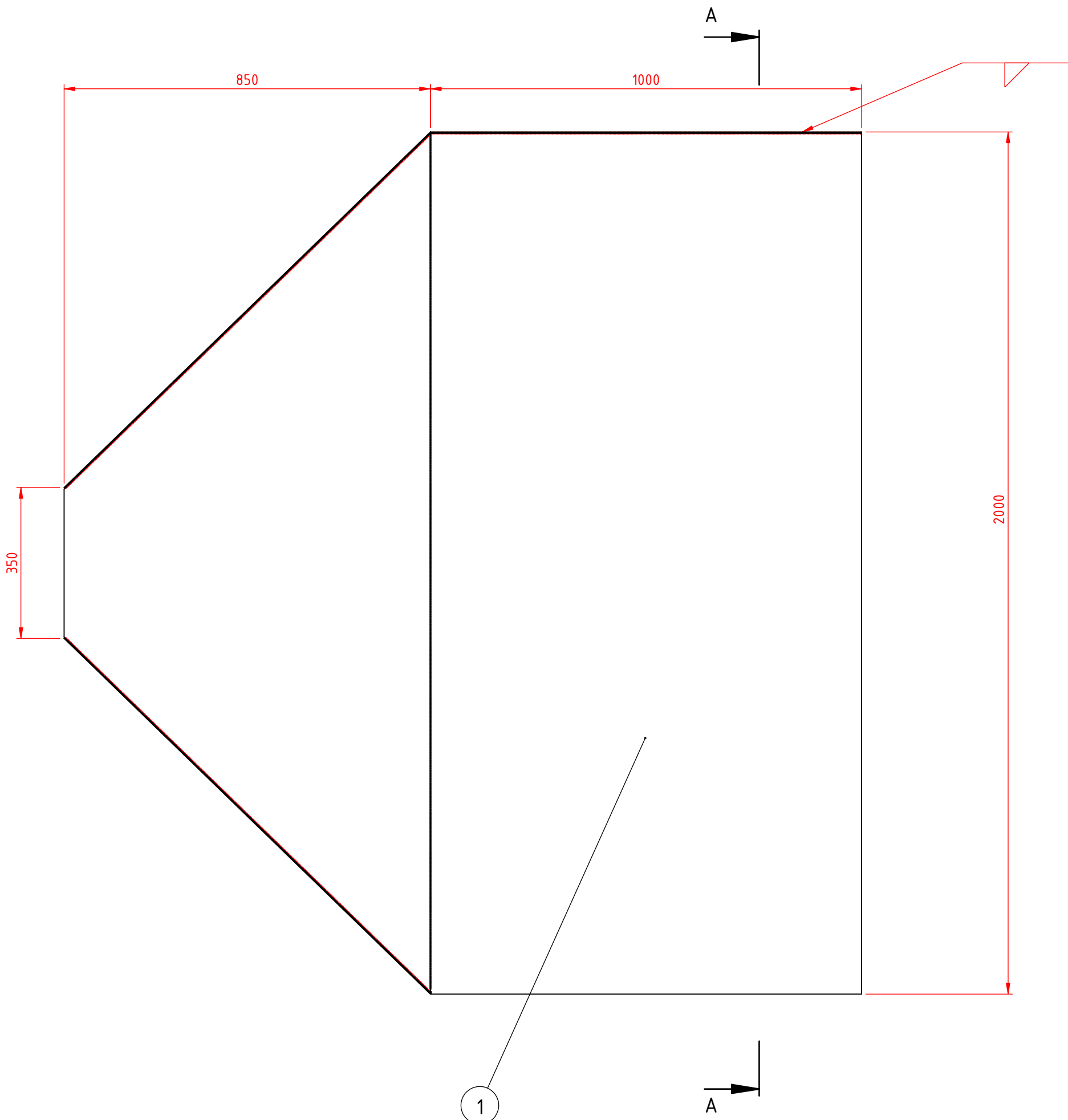
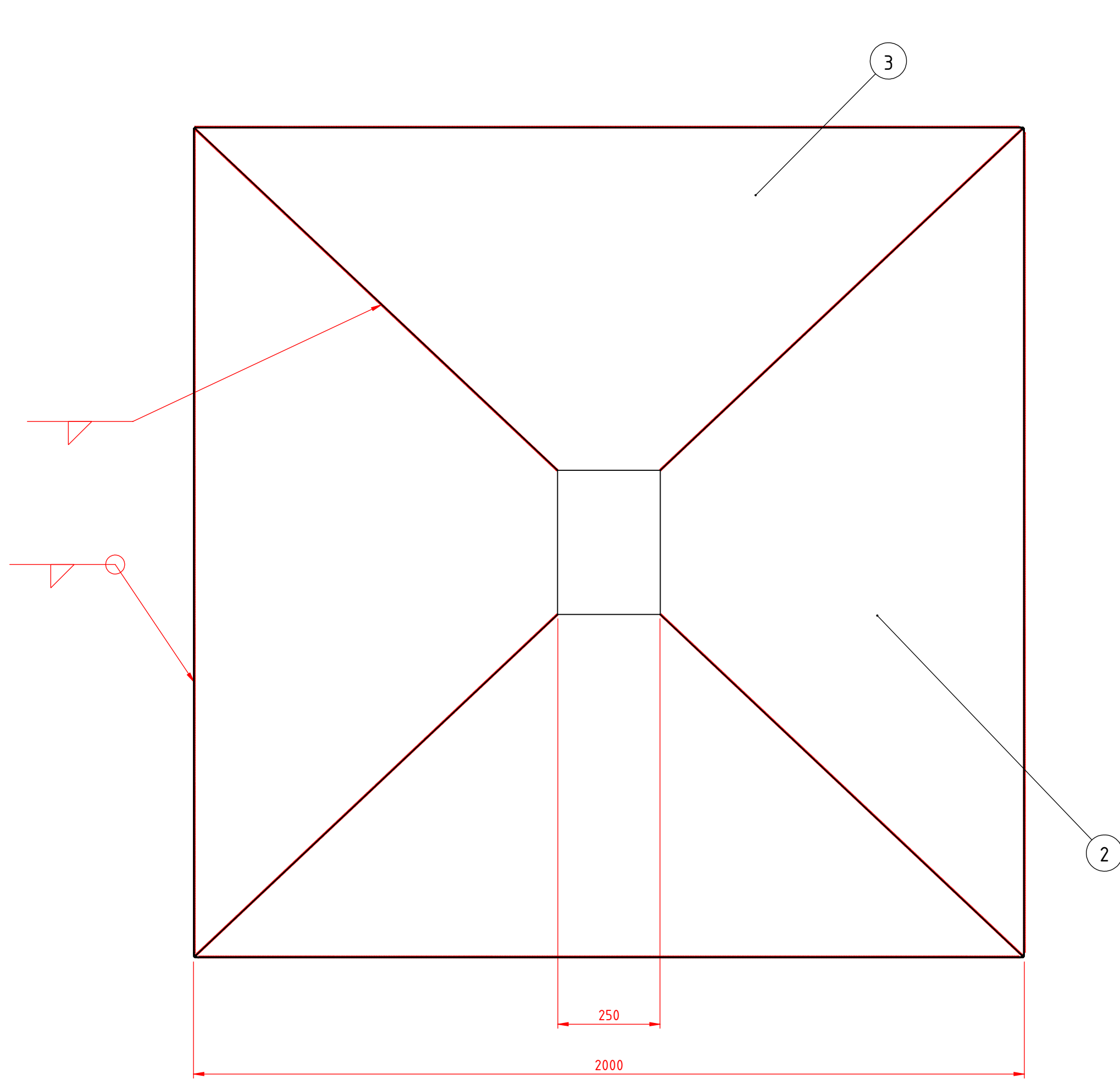


ELIMINAR REBABAS
TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA

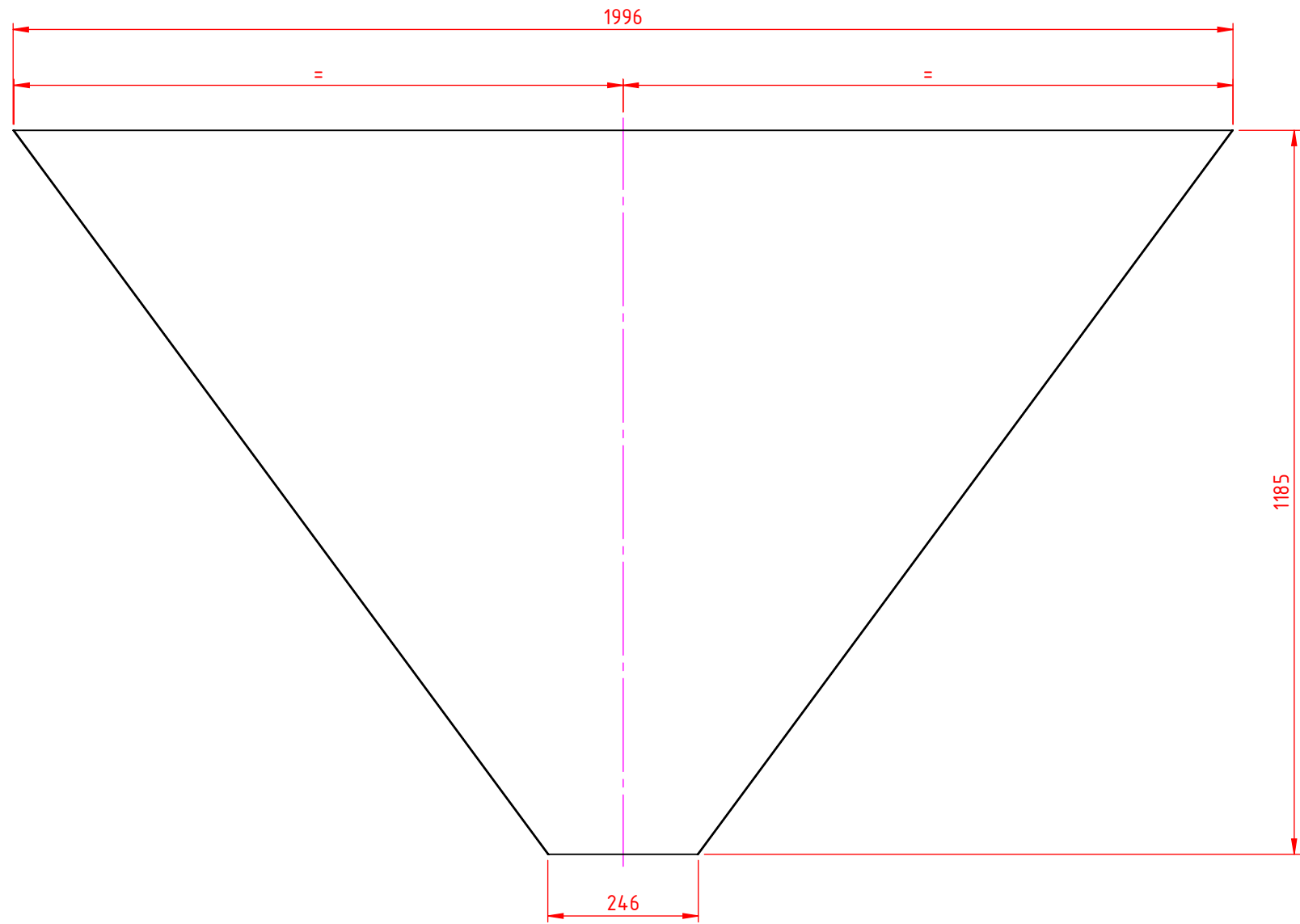
1	TAPA 2	SAE 1010	2	CHAPA LISA N° 14
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	ESCALA 1:1	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ F.		
		PRONOTTI L.	 N° PZA 03.03.16.0	



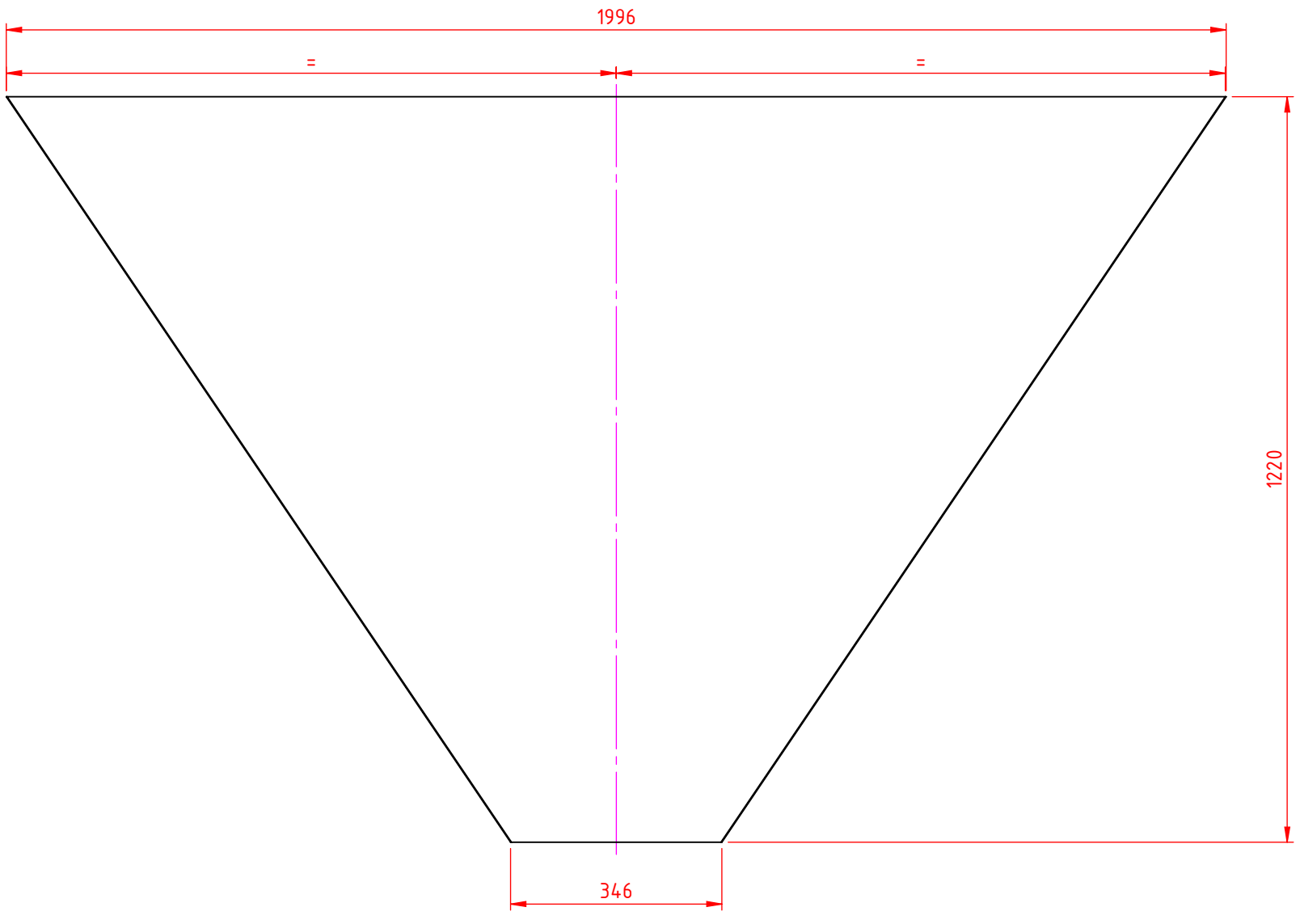
LOS TUBOS ESTRUCTURALES SE DEBEN PRESENTAR SIN REBABAS
PROFUNDIDAD DE SOLDADURA DEL 70% DE LOS ESPESORES ESPECIFICADOS
ALIVIAJ TENSIONES DE SOLDADURA
LAS SOLDADURAS ENTRE COMPONENTES ESTRUCTURALES SON TIPO GMAW
LAS SOLDADURA ENTRE ESTRUCTURALES Y TOLVA SON TIPO SMAW CON ELECTRODO E70XX O E80X
LAS TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SE CORRESPONDEN A LA NORMA DIN 2768 GRADO MEDIO



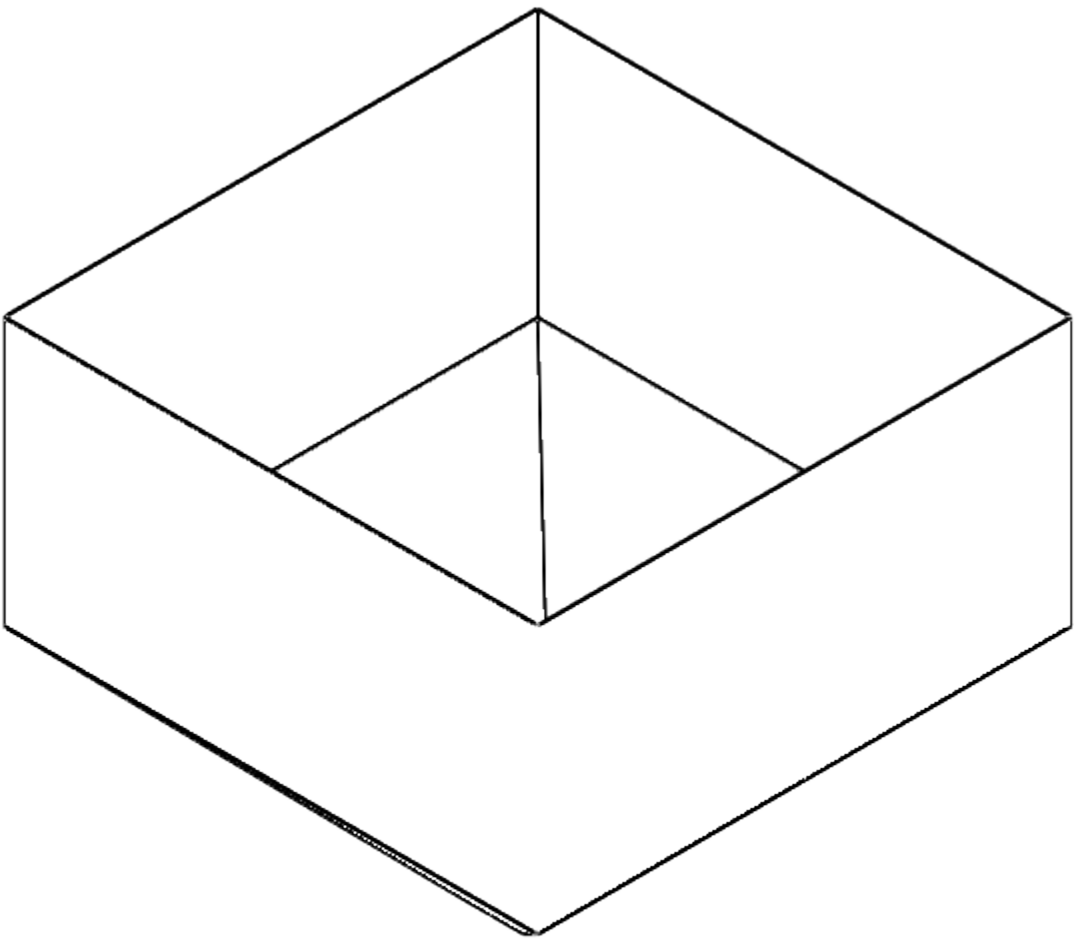
CORTE A-A
ESCALA 1 : 10



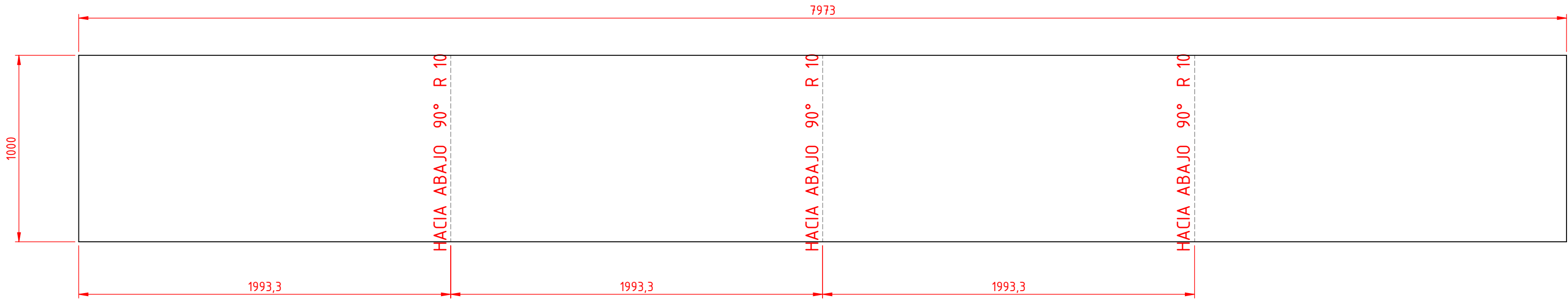
CHAPA PARTE PIRAMIDAL-2 DESARROLLADA
ESCALA 1:10



CHAPA PARTE PIRAMIDAL-1 DESARROLLADA
ESCALA 1:10

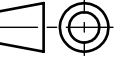


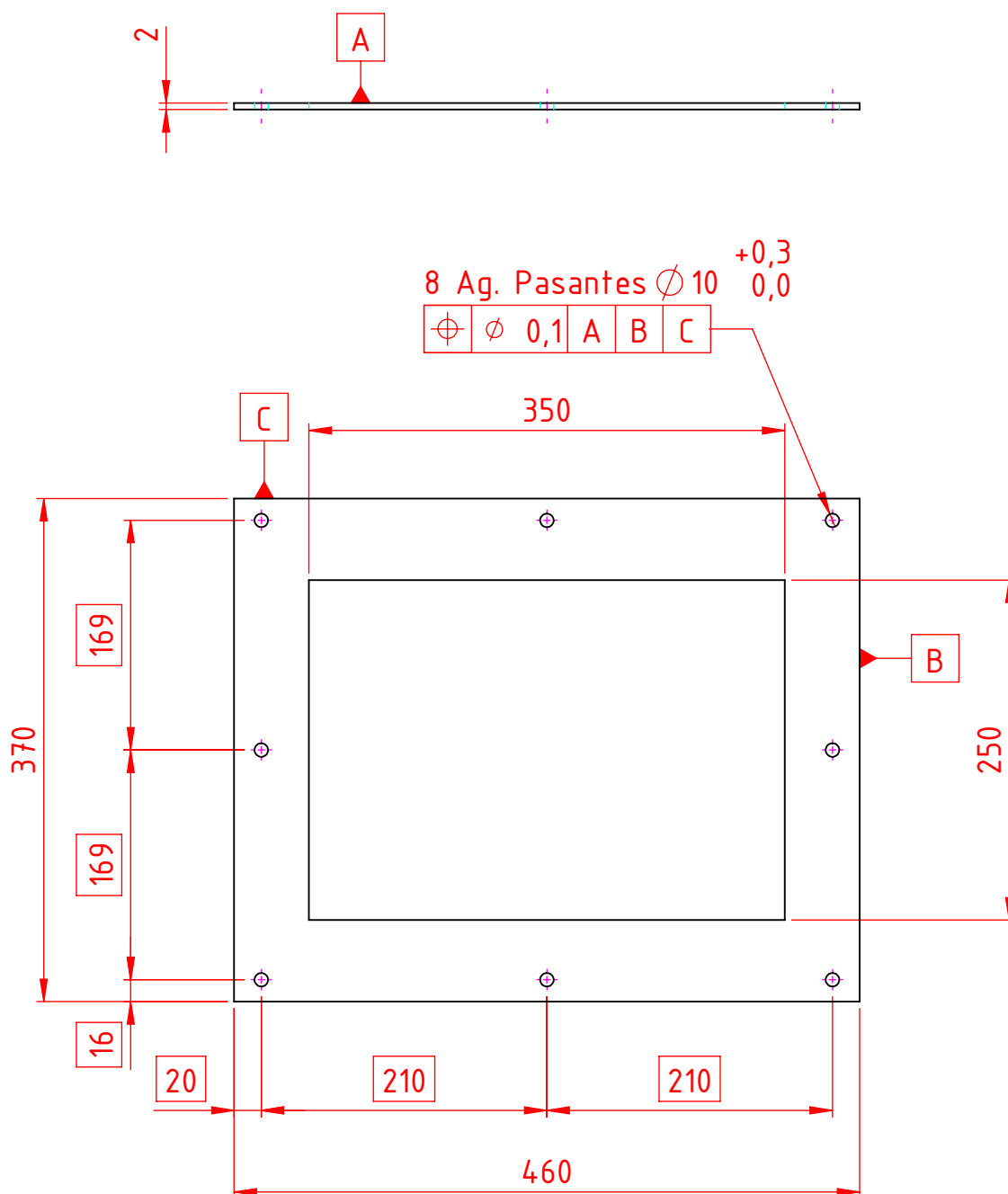
VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:20



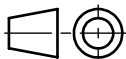
CHAPA PARTE PRISMATICA DESPLEGADA
ESCALA 1:20

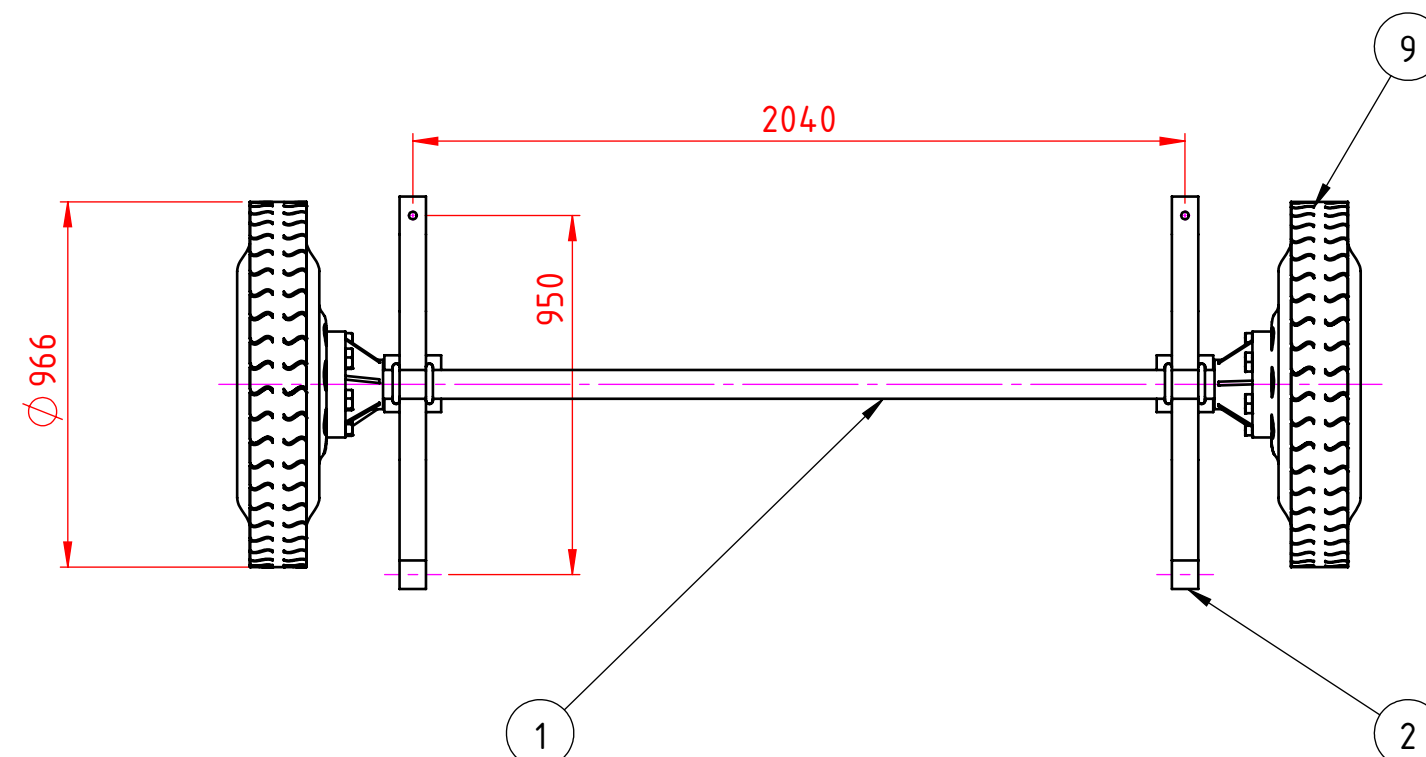
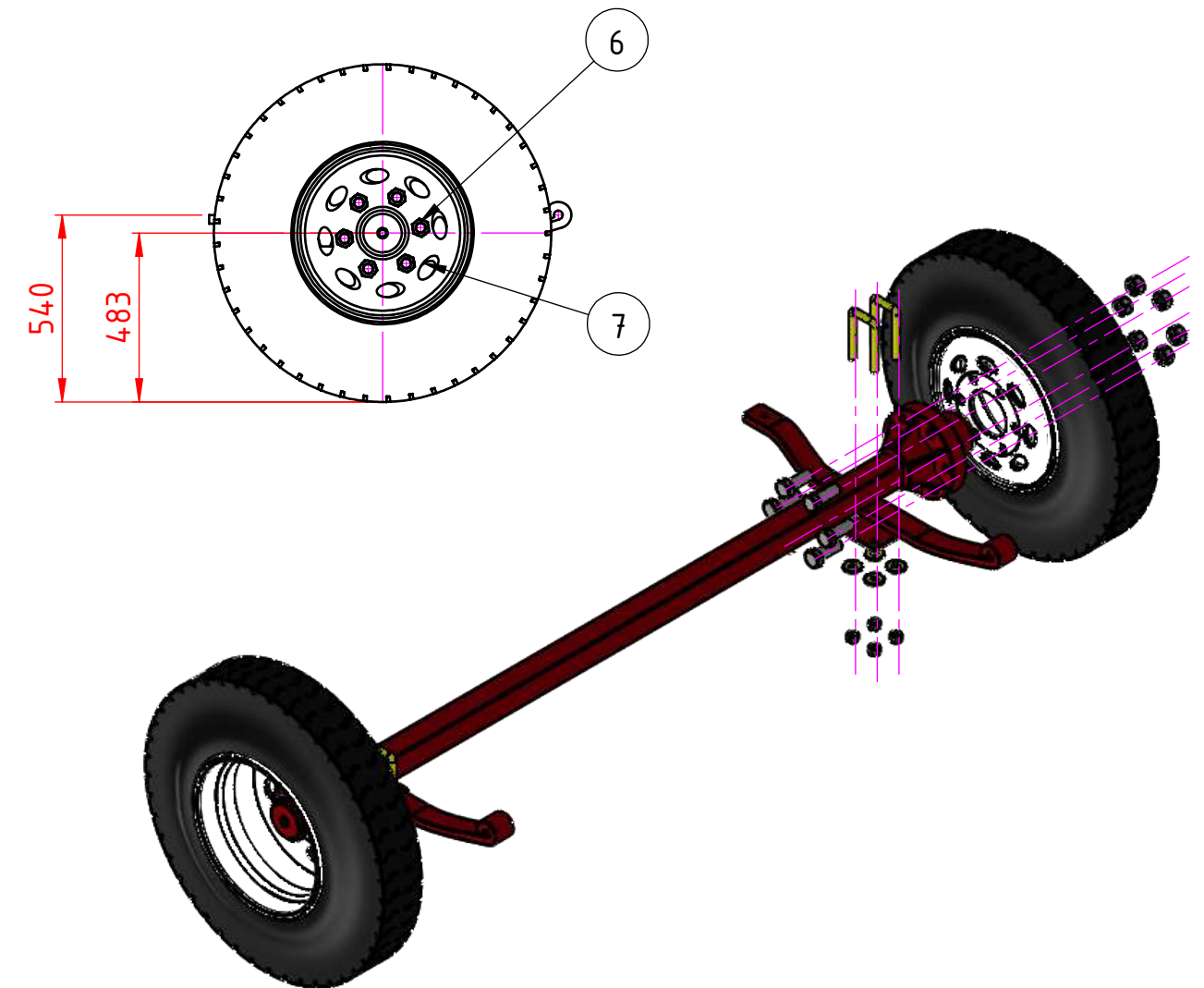
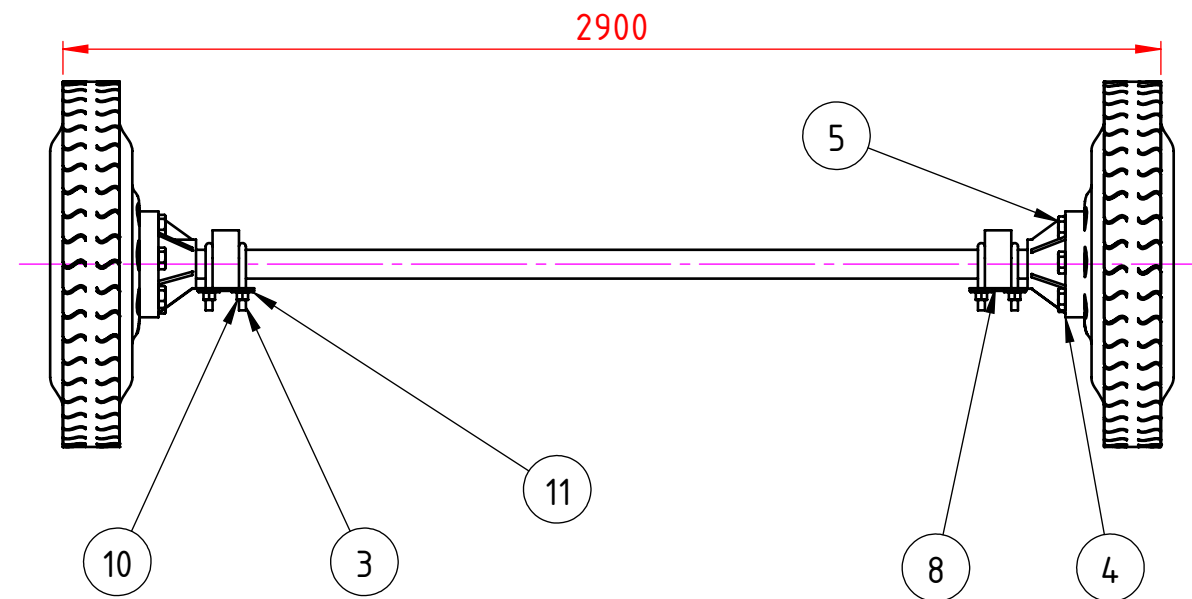
ELIMINAR REBABAS
EL ESPESOR DE SOLDADURA DEBE RELLENAR EL ESPACIO
ALIVIAR TENSIONES DE SOLDADURA-LAS SOLDADURA SON TIPO SMAW CON ELECTRODO E70XX O E80XX
LAS TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SE CORRESPONDEN A LA NORMA DIN.2768 GRADO MEDIO

3	CHAPA PARTE PIRAMIDAL-2	RAEX(R) 300	2	CORTE-ESPESOR 2
2	CHAPA PARTE PIRAMIDAL-1	RAEX(R) 300	2	CORTE-ESPESOR 2
1	CHAPA PARTE PRISMATICA	RAEX(R) 300	1	PLEGADO-ESPESOR 2
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALA	
-	27/02/23	MARTINEZ F. PRONOTTI L.	1:10	
			N° PZA 03.04.010	



ELIMINAR REBABAS Y MATAR CANTOS VIVOS
LAS TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SE CORRESPONDEN A LA NORMA DIN.2768 GRADO MEDIO

1	BRIDA DE CONEXION A VALV ROT	RAEX (R) 300	1	ESPESOR 2
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	 N° PZA 03.04.07.0	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ. F. PRONOTTI. L.		



11	ARANDELA M18	COMERCIAL	8	DIN 125
10	TUERCA AUTOFRENANTE M18	COMERCIAL	8	DIN 985
9	NEUMATICO P/LLANTA 20"	COMERCIAL	2	MITAS AC70G275/80-R20
8	PLACA AGARRE ELASTICO A EJE	SAE 1010	2	N° PZA - 03.05.08.0
7	LLANTA 20"	COMERCIAL	2	MARCIBUR 11.00-20
6	TUERCA C/CONO M28x2	COMERCIAL	12	INMAZA
5	BULON M28x2x90	COMERCIAL	12	INMAZA
4	SUBCONJUNTO MAZA	-	1	N° CTO - 03.05.04.0
3	GRAMPA U M18x70x140	COMERICAL	4	INMAZA
2	ELASTICO DE SUSPENSION	COMERCIAL	2	INMAZA BP-70/1 70x25
1	EJE	SAE 1040	1	N° PZA - 03.05.01.0
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES



UNR
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

PROYECTO INTEGRADOR FINAL
DE INGENIERIA MECANICA

	FECHA	NOMBRE
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ F.
-		PRONOTTI L.

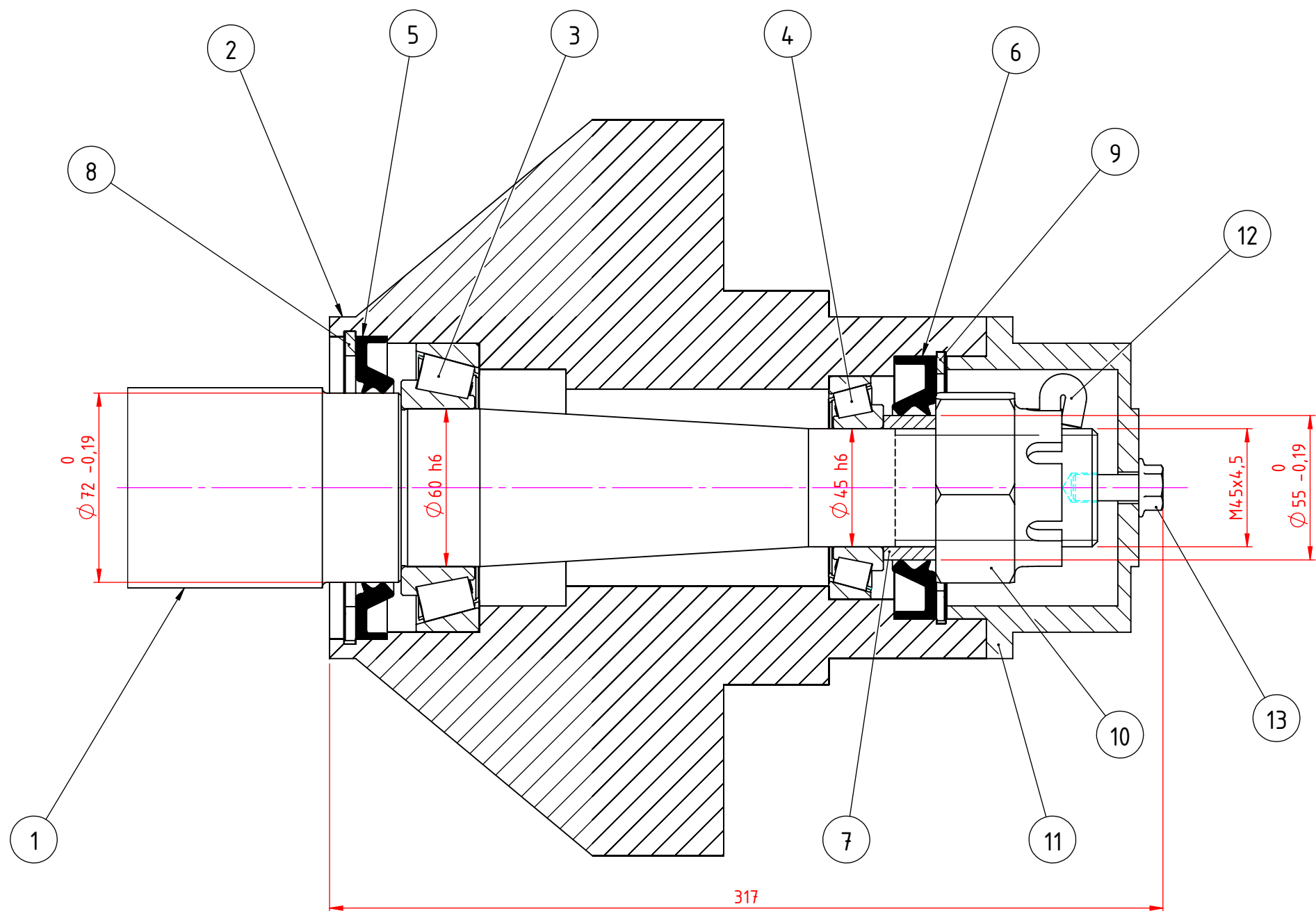
ESCALA
1:20



N° CTO - 03.05.00.0

LAS TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SE CORRESPONDEN A LA NORMA DIN.2768 GRADO MEDIO

[illegible]



LAS TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SE CORRESPONDEN A LA NORMA DIN.2768 GRADO MEDIO

13	BULON M10x1,5x25	COMERCIAL	1	DIN 6921
12	CHAVETA PARTIDAS 8x80	COMERCIAL	1	DIN 94
11	TAPA MAZA	COMERCIAL	1	MARCIBUR
10	TUERCA CASTILLO M45x4,5	COMERCIAL	1	DIN 935
9	ARO SEEGER 100	COMERCIAL	1	DIN 472
8	ARO SEEGER 115	COMERCIAL	1	DIN 472
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES

7	ANILLO DE SEPARACION	BRONCE 66	1	N° PZA - 03.05.04.7
6	RETEN 100	COMERCIAL	1	DBH 5895 LxL
5	RETEN 115	COMERCIAL	1	DBH 8967 LxL
4	RODAMIENTO CONICO	COMERCIAL	1	SKF 30209
3	RODAMIENTO CONICO	COMERCIAL	1	SKF 32212
2	MAZA 3" P/LLANTA 20"	COMERCIAL	1	MARCIBUR
1	EJE	SAE 1040	1	N° PZA - 03.05.01.0
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES

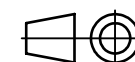


UNR
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

PROYECTO INTEGRADOR FINAL
DE INGENIERIA MECANICA

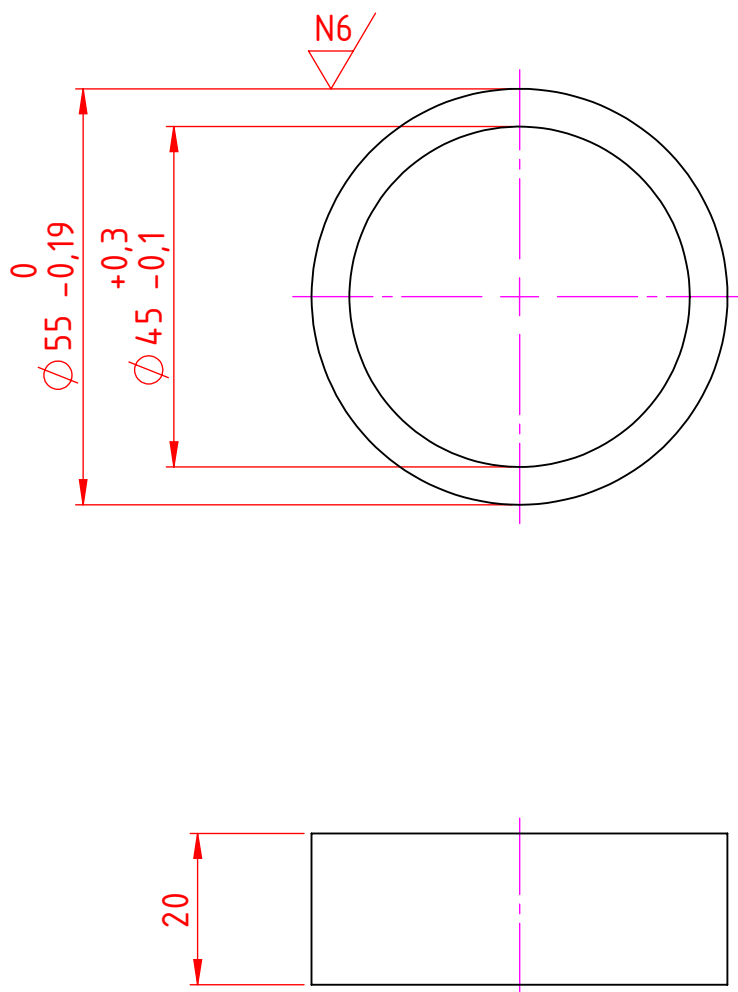
DIBUJO	FECHA	NOMBRE
-	27/02/23	MARTINEZ F.
		PRONOTTI L.

ESCALA
1:2

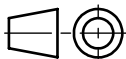


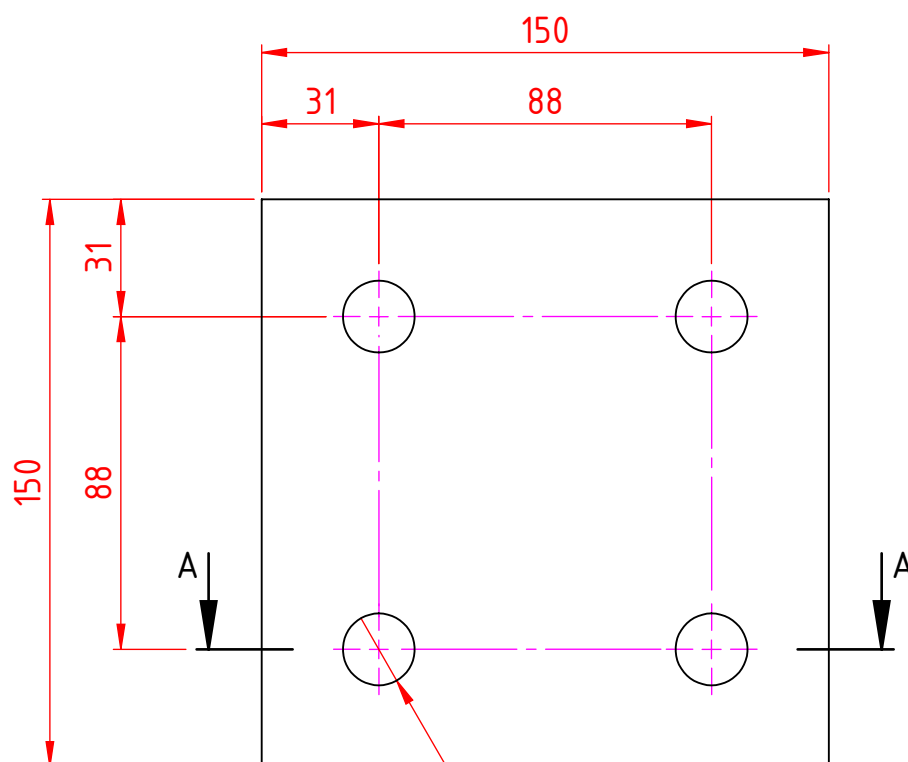
N° CTO - 03.05.04.0

N8/ (N6/)

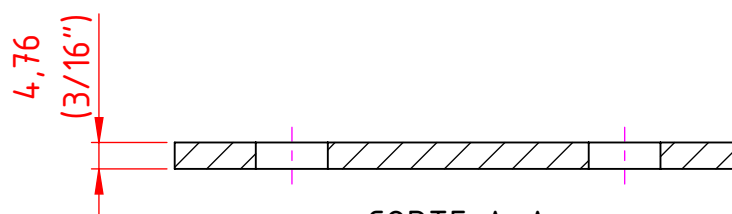


MATAR CANTOS VIVOS
TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA

1	CAÑO $\varnothing 60$ EXT- $\varnothing 45$ INT-LARGO 25	BRONCE 66	1	COMERCIAL
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	ESCALA 1:1	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ F.		
		PRONOTTI L.	 N° PZA 03.05.04.7	

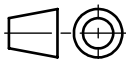


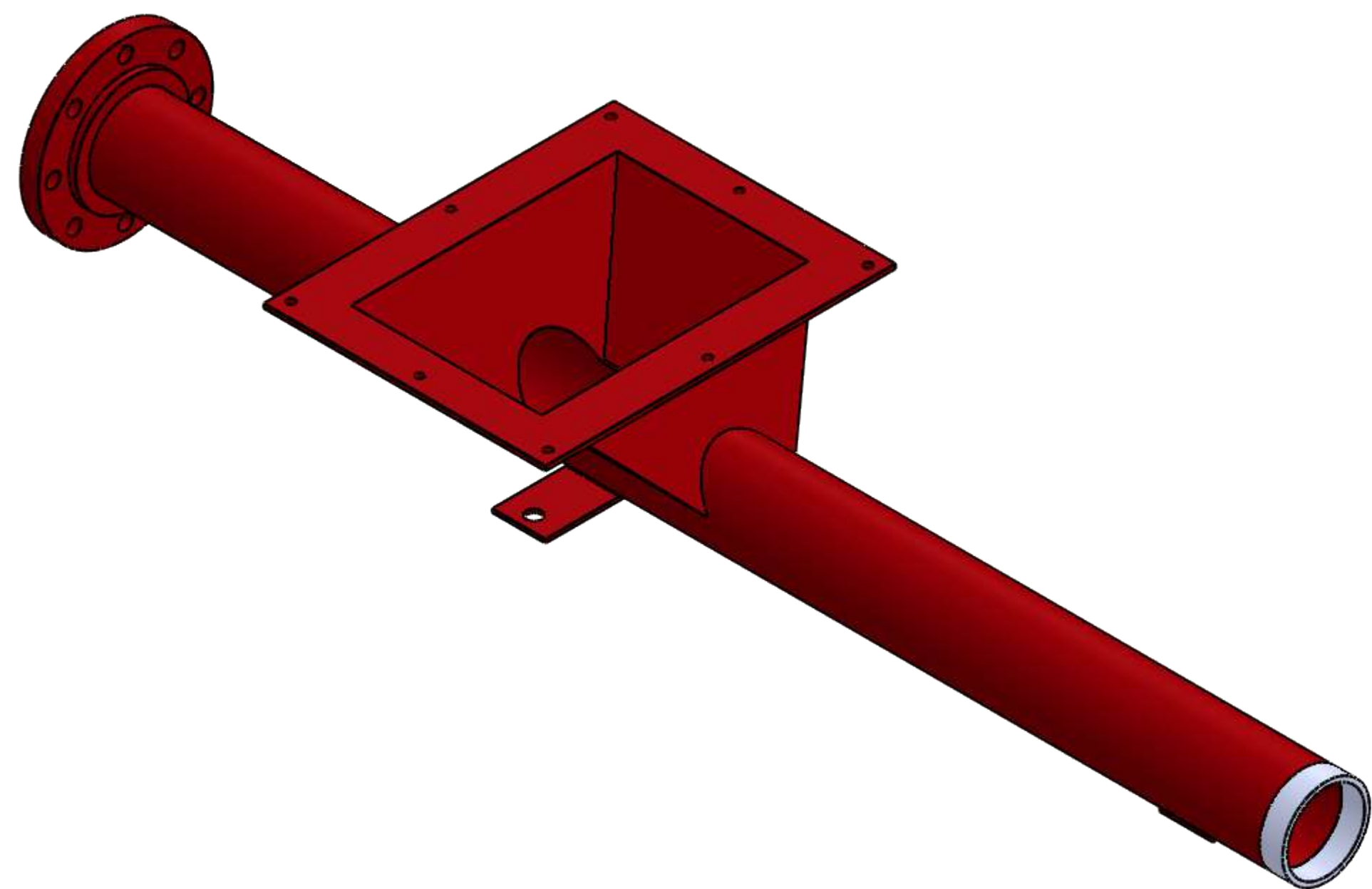
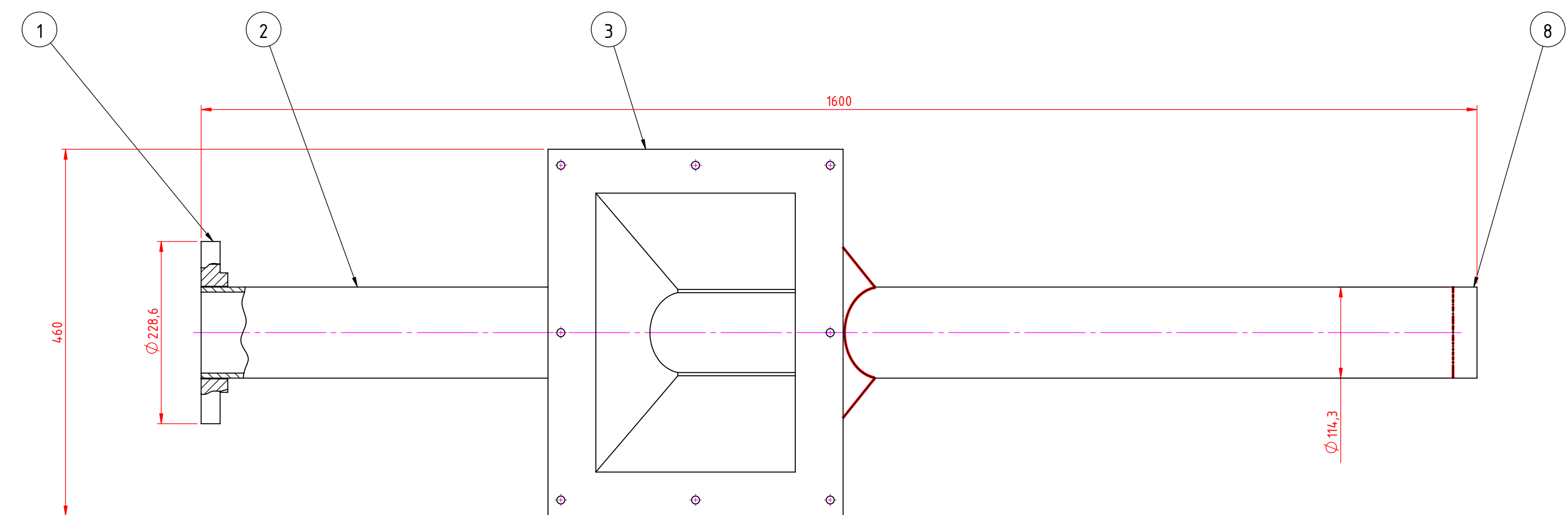
4 Ag. PASANTES $\varnothing 19$ $\begin{matrix} +0,3 \\ 0,0 \end{matrix}$



CORTE A-A

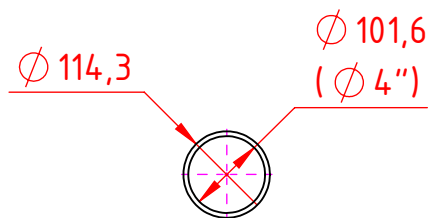
ELIMINAR REBABAS Y MATAR CANTOS VIVOS
TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA

1	PLACA AGARRE ELASTICO A EJE	SAE 1010	2	CHAPA 3/16"
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	 N° PZA 03.05.08.0	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ F. PRONOTTI L.		

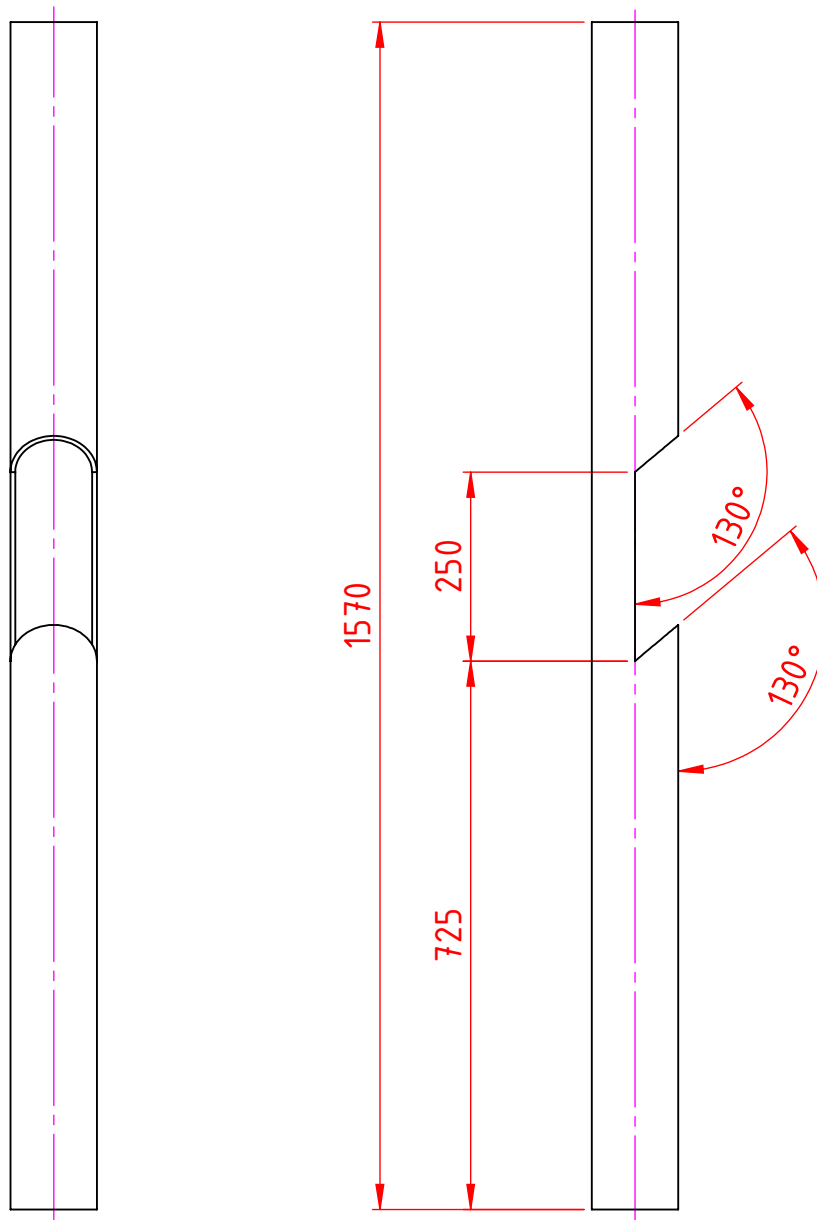


PROFUNDIDAD DE SOLDADURA DEL 70% DE LOS ESPESORES ESPECIFICADOS
ALIVIAR TENSIONES DE SOLDADURA - TODAS LAS SOLDADURAS SON TIPO GMAW
EXCEPTO ENTRE CAÑO Y BRIDA QUE SON SMAW
LAS TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SE CORRESPONDEN A LA NORMA DIN2768 GRADO MEDIO

 N° PZA - 03.06.01.0

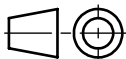


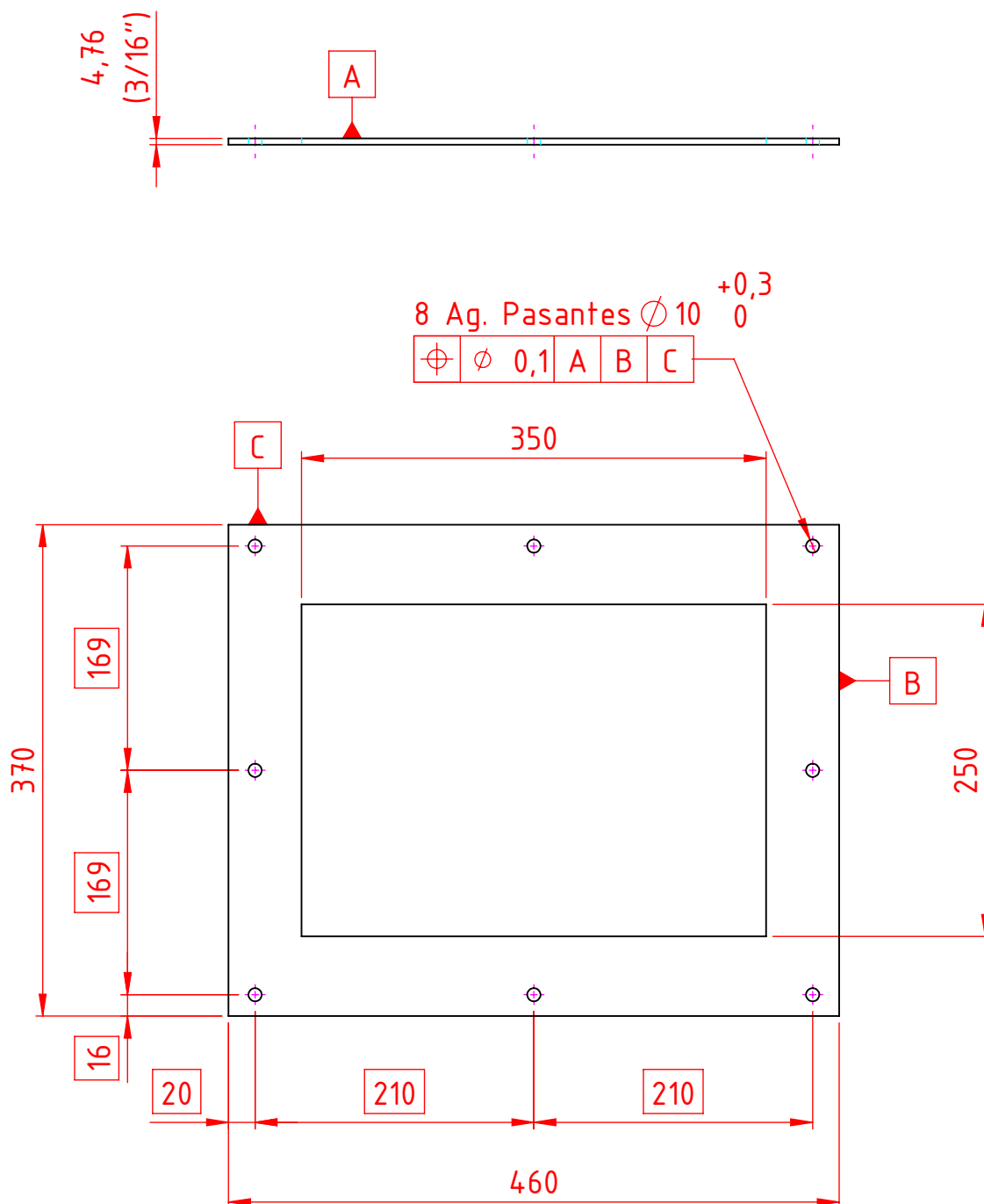
N12



ELIMINAR REBABAS

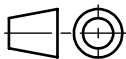
LAS TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SE CORRESPONDEN A LA NORMA DIN.2768 GRADO MEDIO

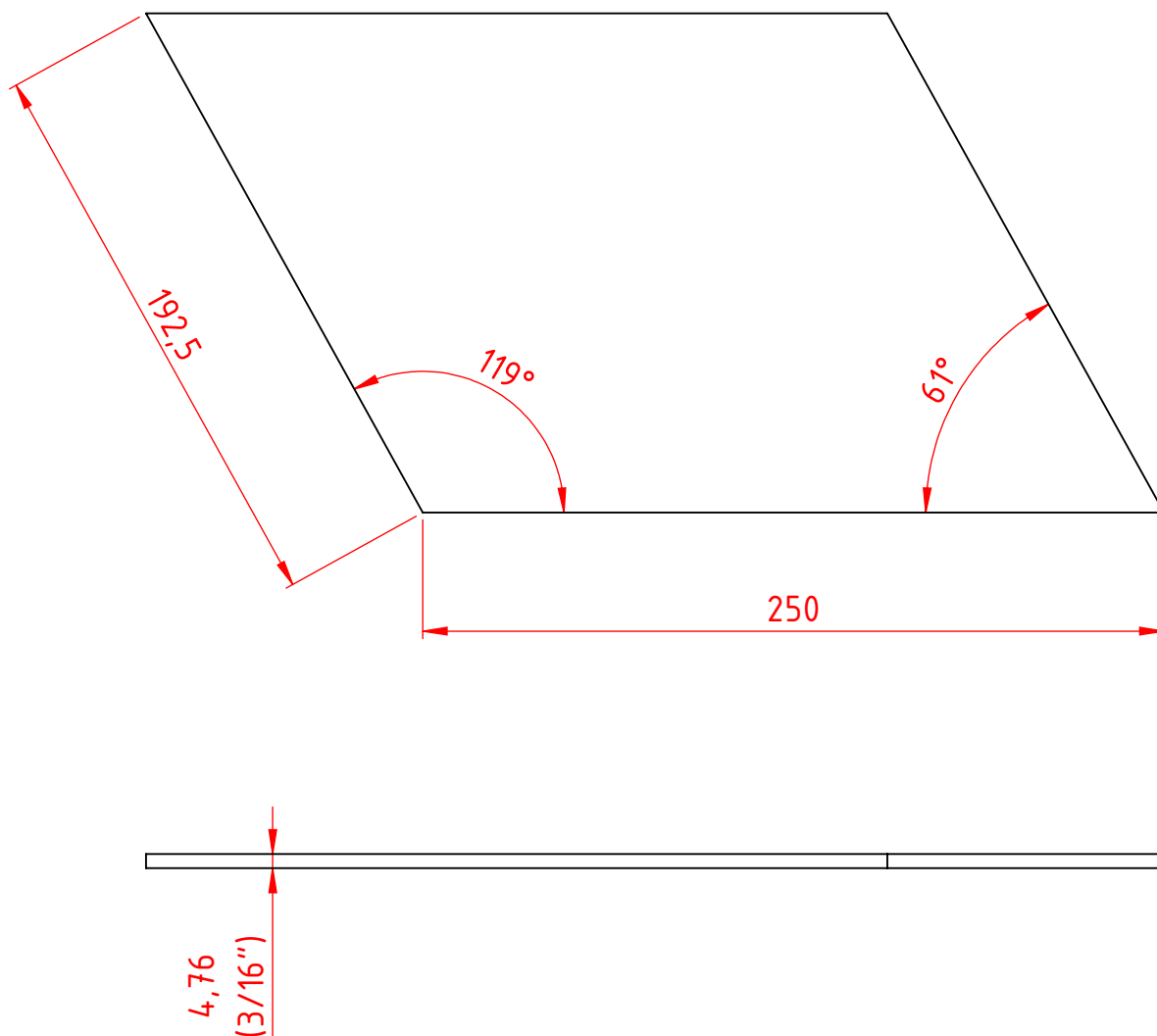
1	CAÑO $\varnothing$ 4"-Sch 40-L=1580	SAE 1010	1	COMERCIAL
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	 N° PZA 03.06.02.0	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ. F. PRONOTTI. L.		
		ESCALA 1:10		



ELIMINAR REBABAS

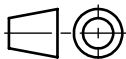
LAS TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SE CORRESPONDEN A LA NORMA DIN.2768 GRADO MEDIO

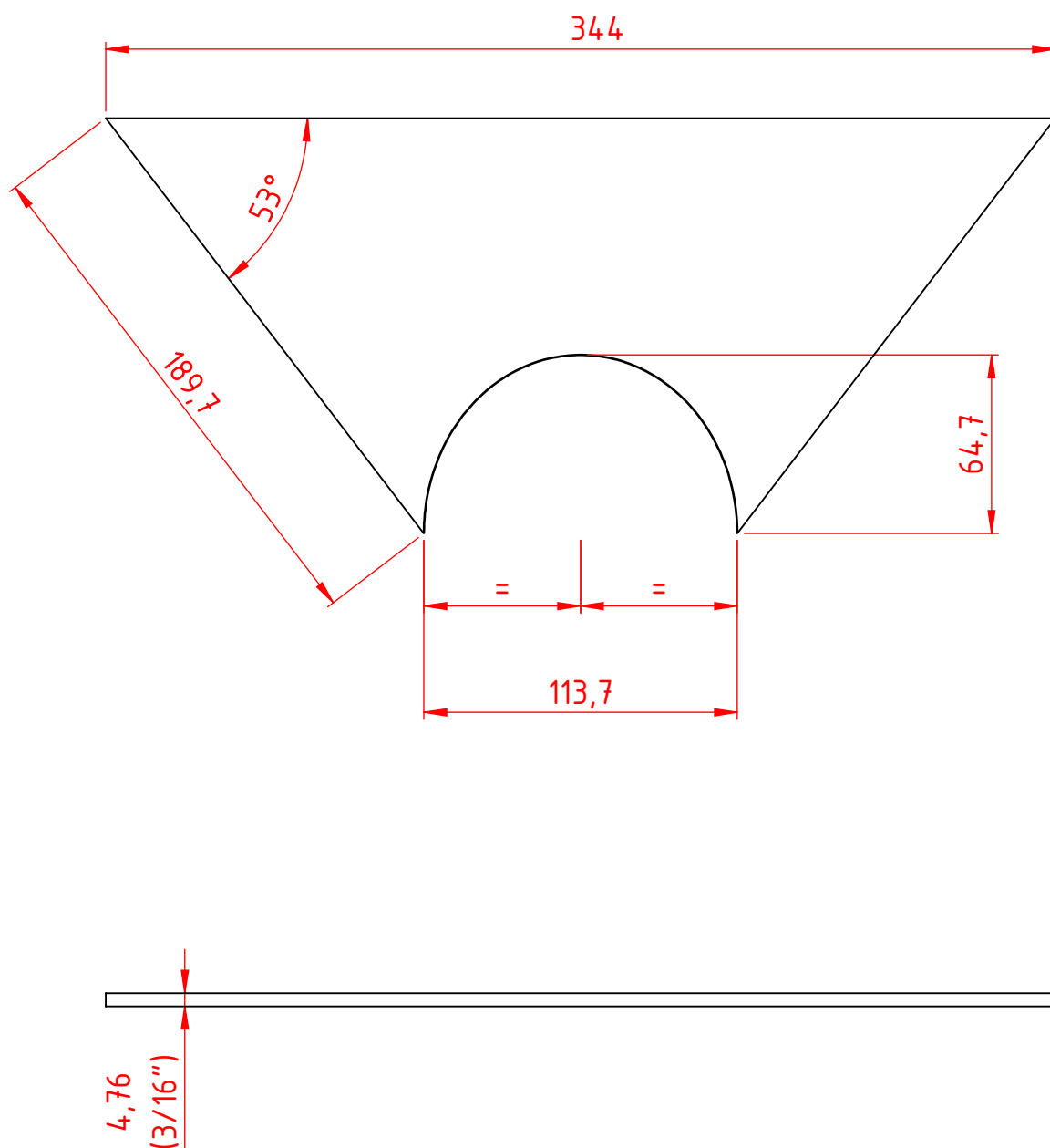
1	BRIDA DE CONEXION A VALV ROT	SAE 1010	1	CHAPA 3/16"
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	 N° PZA 03.06.03.0	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ. F. PRONOTTI. L.		
			ESCALA 1:5	



ELIMINAR REBABAS

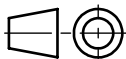
LAS TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SE CORRESPONDEN A LA NORMA DIN.2768 GRADO MEDIO

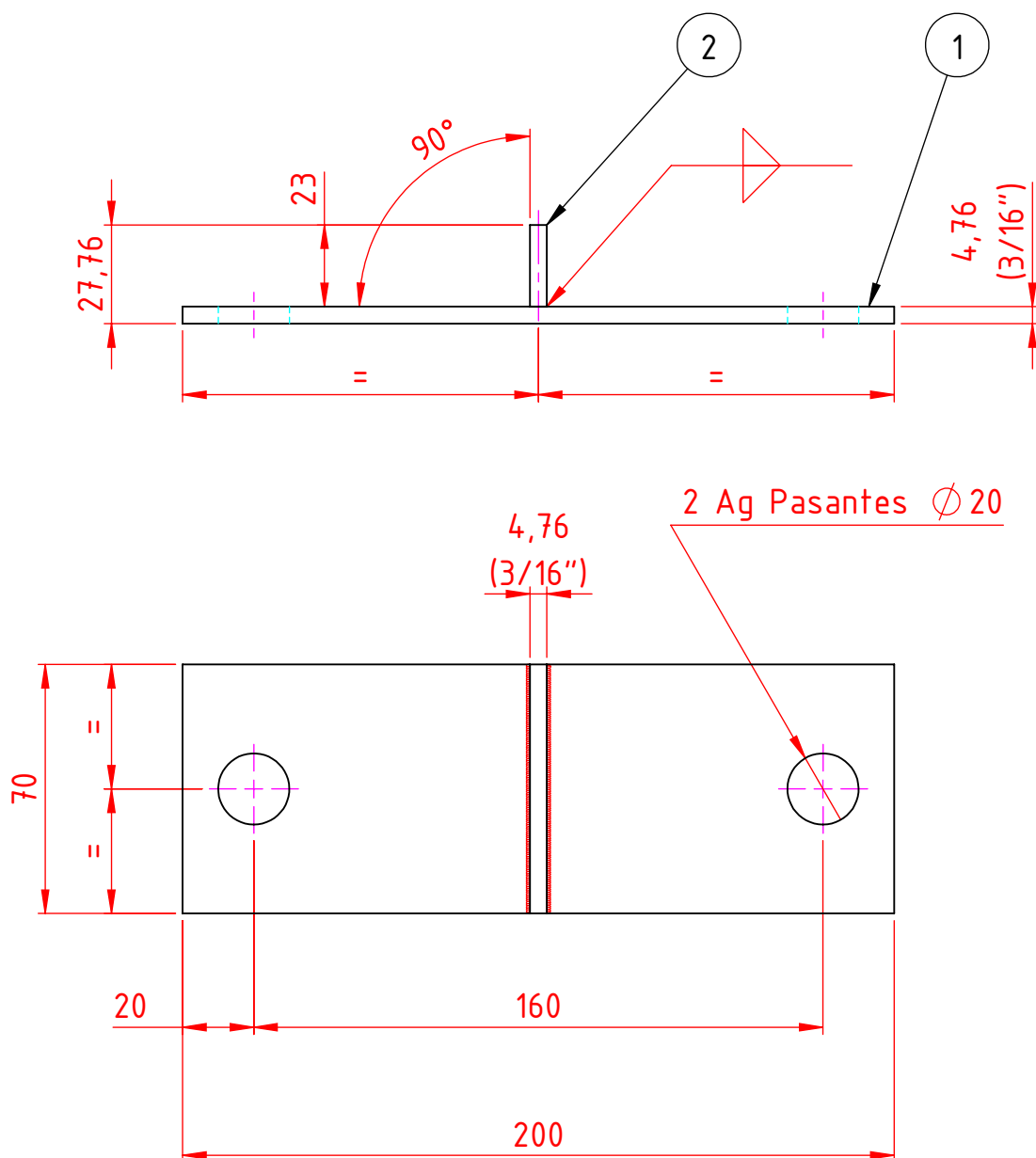
1	PARED LATERAL EMBUDO	SAE 1010	2	CHAPA 3/16"
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	 N° PZA 03.06.04.0	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ. F. PRONOTTI. L.		
			ESCALA 1:2,5	



ELIMINAR REBABAS

LAS TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SE CORRESPONDEN A LA NORMA DIN.2768 GRADO MEDIO

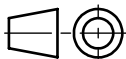
1	PARED FRONTAL Y TRASERA EMB	SAE 1010	2	CHAPA 3/16"
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	 N° PZA 03.06.05.0	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ. F. PRONOTTI. L.		
			ESCALA 1:2,5	

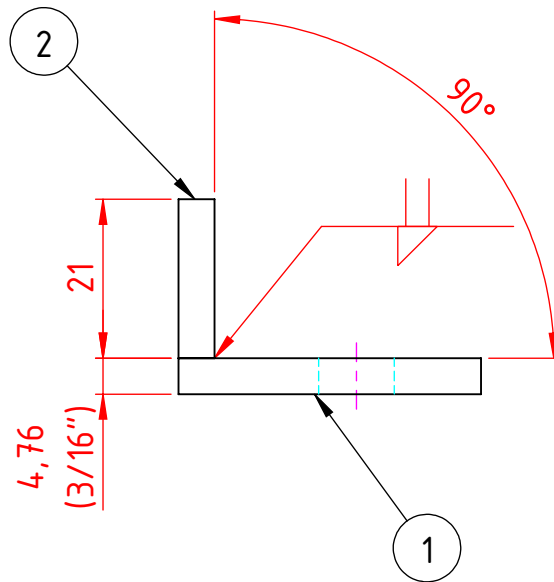


ELIMINAR REBABAS

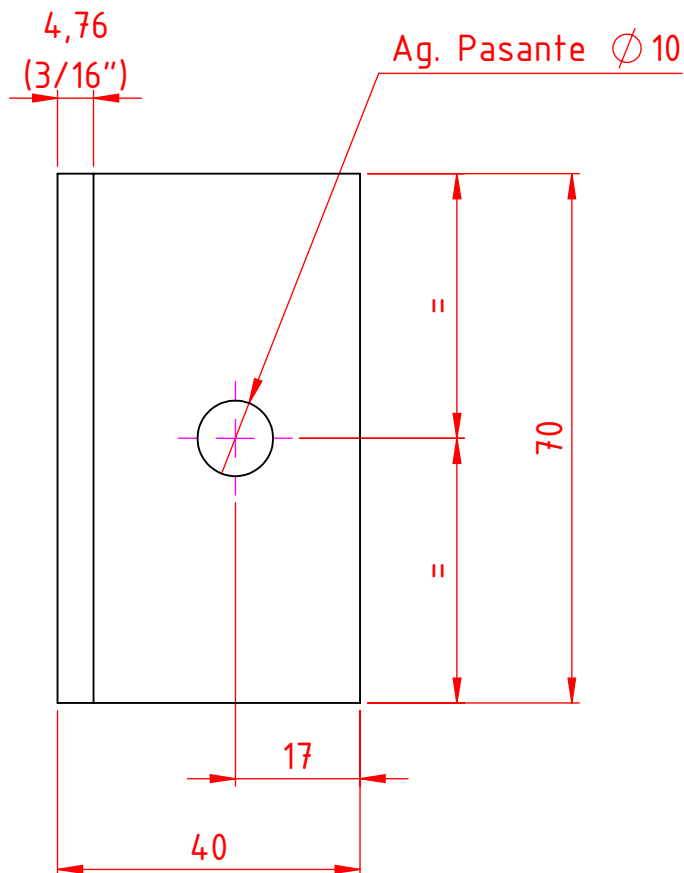
ALIVIAR TENSIONES DE SOLDADURA-TODAS LAS SOLDADURAS SON DE TIPO GMAW
 PROFUNDIDAD DE SOLDADURA DEL 70% DE LOS ESPESORES ESPECIFICADOS

LAS TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SE CORRESPONDEN A LA NORMA DIN.2768 GRADO MEDIO

2	NEXO A CAÑO TRANSP NEUMATICO	SAE 1010	1	CHAPA 3/16"
1	SUJECCION A CHASIS	SAE 1010	1	CHAPA 3/16"
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	 N° PZA 03.06.06.0	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ. F. PRONOTTI. L.		
			ESCALA 1:2	

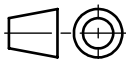


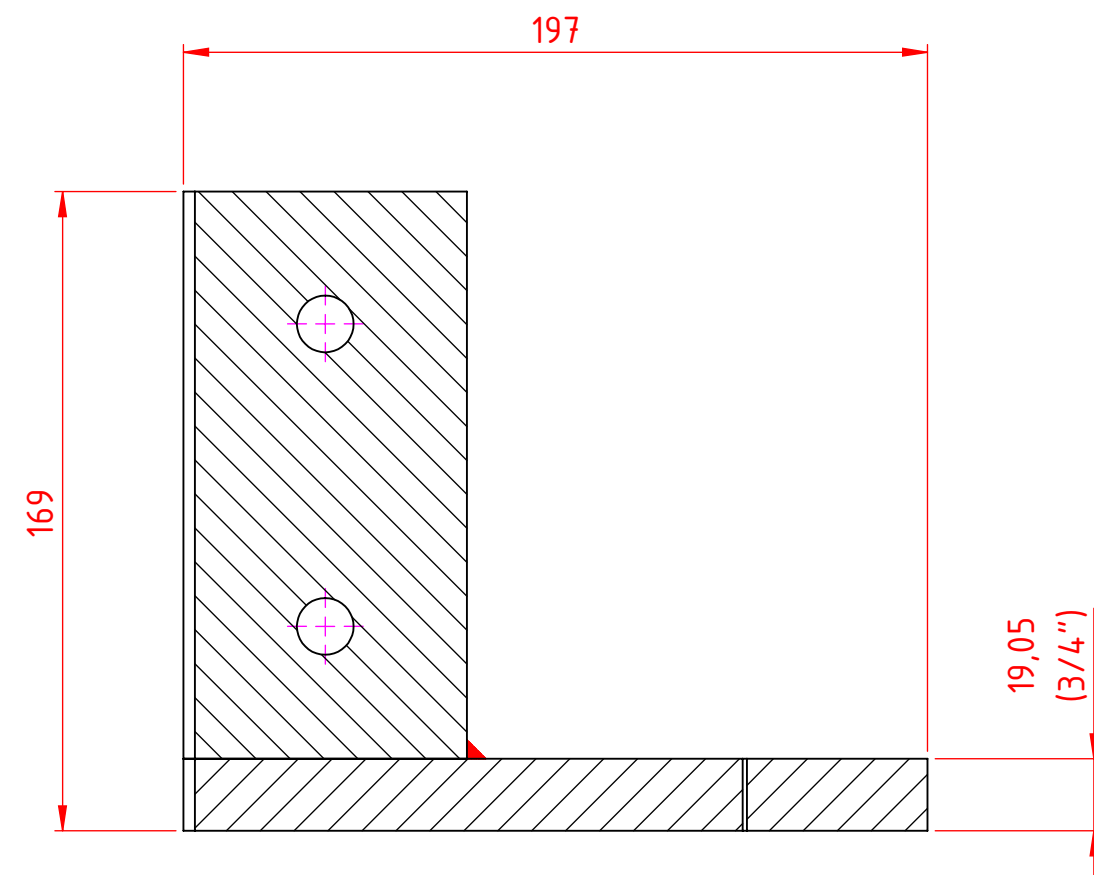
N12



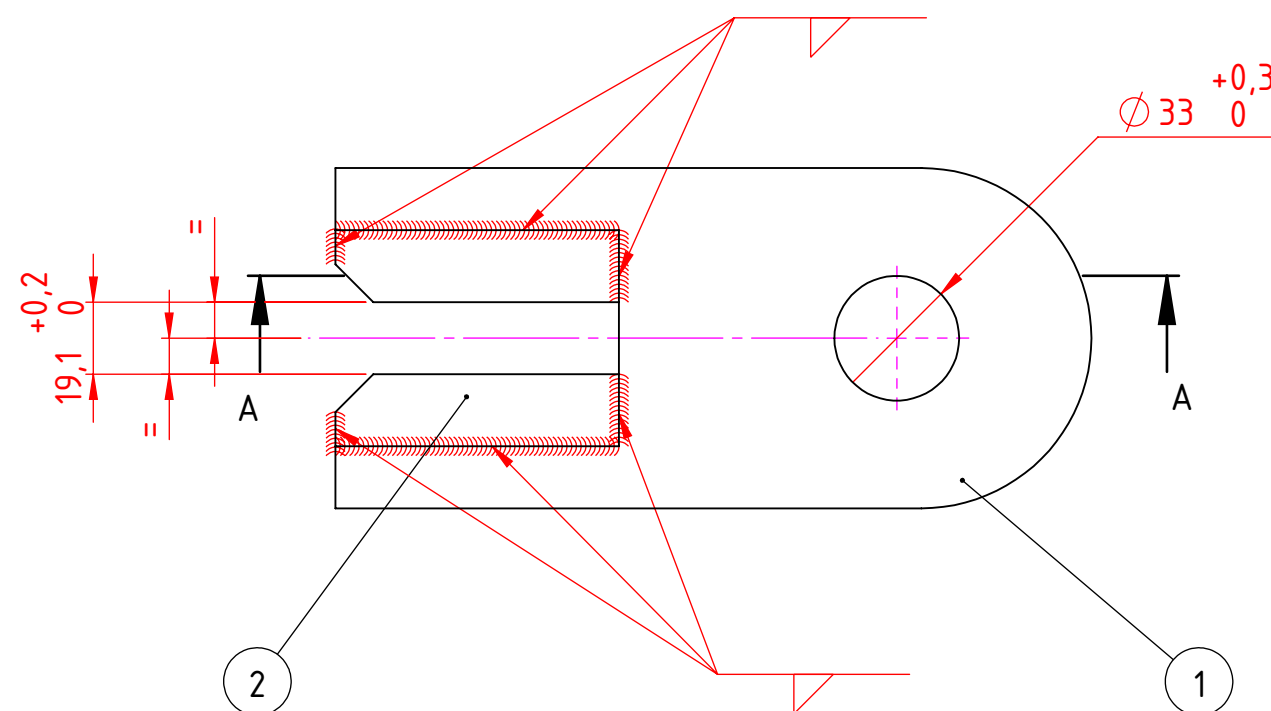
ELIMINAR REBABAS

ALIVIAR TENSIONES DE SOLDADURA-TODAS LAS SOLDADURAS SON TIPO GMAW
 PROFUNDIDAD DE SOLDADURA DEL 70% DE LOS ESPESORES ESPECIFICADOS
 LAS TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SE CORRESPONDEN A LA NORMA DIN.2768 GRADO MEDIO

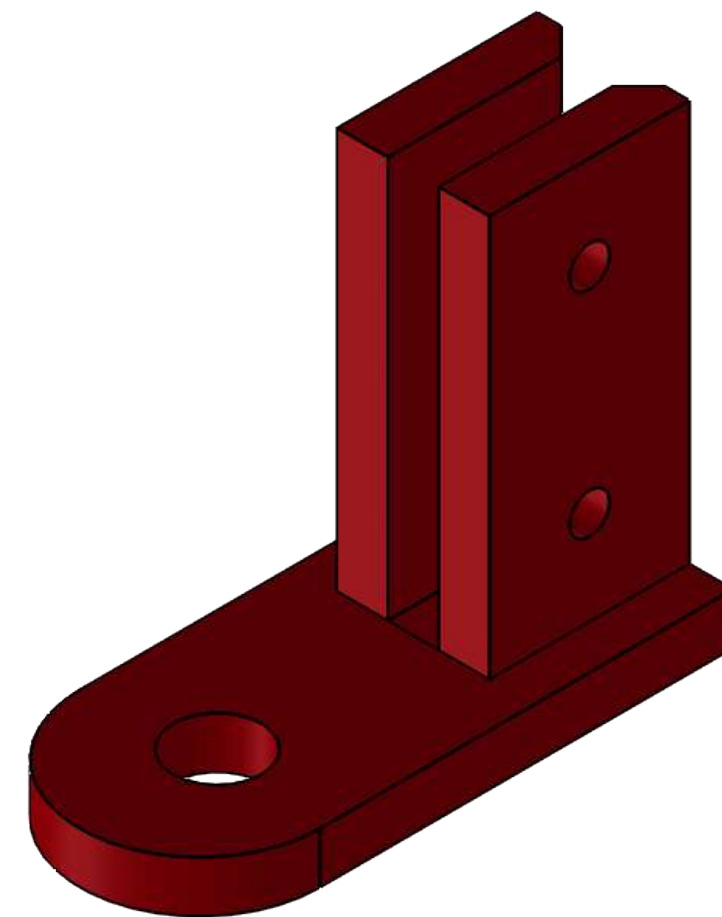
2	NEXO A CAÑO TRANSP NEUMATICO	SAE 1010	1	CHAPA 3/16"
1	SUJECION A CHASIS	SAE 1010	1	CHAPA 3/16"
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	 N° PZA 03.06.07.0	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ. F. PRONOTTI. L.		
			ESCALA 1:2	



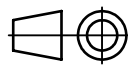
CORTE A-A
ESCALA 1 : 2

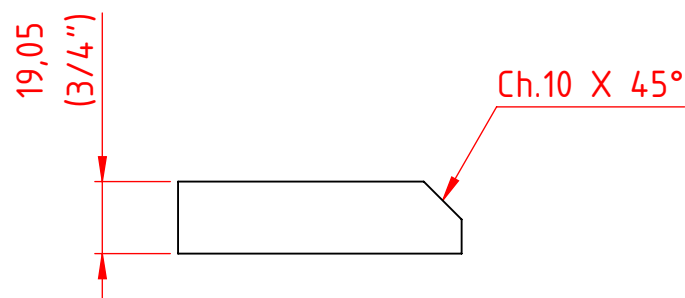
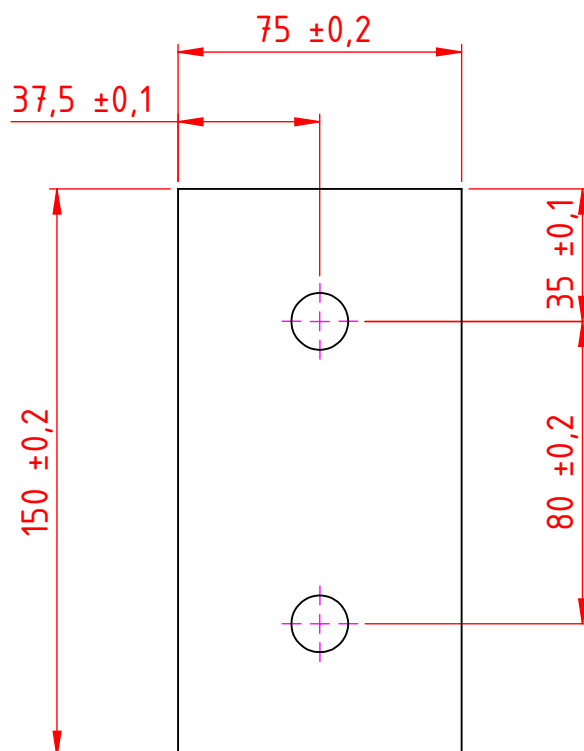


ELIMINAR REBABAS
 PROFUNDIDAD DE SOLDADURA DEL 70% DE LOS ESPESORES ESPECIFICADOS
 ALIVIAR TENSIONES DE SOLDADURA-TODAS LAS SOLDADURAS SON TIPO GMAW
 LAS TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS SE CORRESPONDEN A LA NORMA DIN.2768 GRADO MEDIO

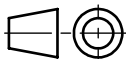


VISTA ISOMETRICA

2	NEXO CON PLACA CHASIS	SAE 1010	2	N° PZA-03.07.02.0
1	NEXO CON PTA LANZA TRACTOR	SAE 1010	1	N° PZA-03.07.01.0
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
DIBUJO	FECHA 27/02/23	NOMBRE MARTINEZ F.	ESCALA 1:2	 N° PZA - 03.07.00.0
-		PRONOTTI L.		



ELIMINAR REBABAS
TOLERANCIAS NO ACOTADAS SEGUN NORMA DIN 2768 CALIDAD MEDIA

1	NEXO CON PLACA CHASIS	SAE 1010	2	CHAPA 3/4"
POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACIONES
 UNR ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		PROYECTO INTEGRADOR FINAL DE INGENIERIA MECANICA		
	FECHA	NOMBRE	ESCALA 1:2	
DIBUJO	27/02/23	MARTINEZ F. PRONOTTI L.		
				N° PZA 03.07.2.0