

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Facultad Regional Villa María

Ingeniería Mecánica

TESIS FINAL DE GRADO

“SEMIRREMOLQUE GRÚA”

Vazquez Montalbetti, Francisco José

AÑO 2019



Villa María 12 de Septiembre de 2019

En la mesa de examen del día de la fecha, el alumno Vazquez Montalbetti Francisco José, presentó el trabajo de grado correspondiente a la carrera de Ingeniería Mecánica en la UTN Facultad Regional Villa María.

El Tribunal Examinador estuvo compuesto por el docente Titular de la Cátedra, Proyecto Final, Ingeniero Américo Di Cola, el docente Jefe de Trabajos Prácticos, Ingeniero Marcelo Costamagna y por el Jefe del Departamento de Ingeniería Mecánica, Ingeniero Huber Fernández.

El Tribunal Examinador, determinó que el alumno aprobó el examen con la siguiente calificación:

Ing. Marcelo Costamagna,
JTP de la Cátedra.

Ing. Américo Di Cola,
Titular de la Cátedra.

Ing. Huber Fernández,
Jefe Dpto Ing. Mecánica.



RESUMEN

El desarrollo del proyecto “SEMIRREMOLQUE GRÚA”, previo a la obtención del título de ingeniero mecánico, se ha realizado de manera que la información que se pueda ofrecer en este proyecto sea de utilidad para proyectos similares.

En esta tesis se desarrolla un semirremolque provisto de una grúa hidráulica con un momento máximo de carga de 24.000 Kgm (24 Tm). Este proyecto consta de seis capítulos, los cuales están centrados en la descripción del equipo y en el diseño de los componentes principales del mismo.

En el capítulo 1 “INTRODUCCIÓN” se plantean los objetivos que se desean cumplir con la realización de este proyecto y una investigación sobre los antecedentes históricos del equipo.

En el capítulo 2 “MEMORIA DESCRIPTIVA” se detallan las principales características de las grúas hidráulicas y de los semirremolques junto con pautas de seguridad para la operación de la máquina.

En el capítulo 3 “BRAZO HIDRÁULICO” se procede a realizar el cálculo de los elementos estructurales de la grúa, tales como el brazo articulado, los cilindros hidráulicos y los pernos de articulación.

El capítulo 4 “CHASIS SEMIRREMOLQUE” se centra en el cálculo y diseño de la viga principal del semirremolque junto con las demás vigas que componen el bastidor.

En el capítulo 5 “SISTEMA DE GIRO” se procede a seleccionar el rodamiento de giro que permite la rotación del equipo y comprobar su funcionamiento bajo las condiciones de carga.

En el capítulo 6 “ESTABILIZACIÓN” se realiza un análisis de vuelco del equipo y el cálculo de los bulones de anclaje de la grúa al chasis.



ABSTRACT

The development of the project "SEMI-TRAILER CRANE", prior to obtaining the title of mechanical engineer, it has been done so that the information that can be provided in this project will be useful to develop similar projects.

This thesis develops a semi-trailer equipped with a hydraulic crane with a maximum loading moment of 24,000 Kg-m (24 Tm). The project consists of six chapters, which are focused on the description of the machine and the design of the main components of the equipment.

Chapter 1 "INTRODUCTION" lays down the objectives to be accomplished with the realization of the project and an investigation about the historical background of the machine.

Chapter 2 "DESCRIPTIVE MEMORY" details the main characteristics of hydraulic cranes and semi-trailers along with safety guidelines for the machine operation.

In Chapter 3 "HYDRAULIC ARM" we proceed to perform the calculation of the structural elements of the crane, such as the knuckle-boom arm, hydraulic cylinders and joint pins.

Chapter 4 "SEMI-TRAILER FRAME" focuses on the calculation and design of the main beam of the semi-trailer along with the other beams that make up the frame.

Chapter 5 "SLEWING SYSTEM" proceeds to select the slewing bearing that allows the rotation of the crane and check its operation under the load conditions.

Chapter 6 "STABILIZATION" performs an overturning analysis of the mounted crane and the calculation of the crane's anchorage bolts to the chassis.

Key words: semi-trailer, hydraulic crane.



Índice

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	7
1.1 DEFINICIÓN DEL PROYECTO	7
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	7
1.3 OBJETIVOS	8
1.4 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	9
CAPÍTULO 2: MEMORIA DESCRIPTIVA.....	20
2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS GRÚAS HIDRÁULICAS	20
2.2 DESCRIPCIÓN DEL SEMIRREMOLQUE	28
2.3 RIESGOS Y FACTORES DE RIESGO.....	33
2.4 SEGURIDAD DE OPERACIÓN	34
CAPÍTULO 3: BRAZO HIDRÁULICO.....	39
3.1 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO.....	39
3.2 ANÁLISIS DEL BRAZO TELESCÓPICO	40
3.3 BRAZOS PRINCIPALES	49
3.4 CILINDROS HIDRÁULICOS	67
3.5 PERNOS DE ARTICULACIÓN	75
CAPÍTULO 4: CHASIS SEMIRREMOLQUE.....	84
4.1 DISPOSICIÓN DE APOYOS	84
4.2 VIGA PRINCIPAL	85
4.3 VIGAS TRANSVERSALES	99
4.4 REFUERZOS INFERIORES.....	100
CAPÍTULO 5: SISTEMA DE GIRO	102
5.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	102
5.2 SELECCIÓN DEL RODAMIENTO	102
5.3 TORNILLOS DE FIJACIÓN DEL RODAMIENTO DE GIRO	110
4.4 MOTOR REDUCTOR DE GIRO	111



CAPÍTULO 6: ESTABILIZACIÓN.....	113
6.1 ESTUDIO DE ESTABILIDAD	113
6.2 ESTABILIZADORES	115
6.3 TORNILLOS DE ANCLAJE	118



Índice de figuras

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	7
Figura 1-1	9
Figura 1-2	10
Figura 1-3	13
Figura 1-4	14
Figura 1-5	15
Figura 1-6	17
Figura 1-7	19
CAPÍTULO 2: MEMORIA DESCRIPTIVA.....	20
Figura 2-1	22
Figura 2-2	23
Figura 2-3	25
Figura 2-4	26
Figura 2-5	27
Figura 2-6	27
Figura 2-7	28
Figura 2-8	30
Figura 2-9	30
Figura 2-10	31
Figura 2-11	31
Figura 2-12	32
Figura 2-13	34
Figura 2-14	34
Figura 2-15	35
Figura 2-16	36
Figura 2-17	37
Figura 2-18	38
Figura 2-19	38



CAPÍTULO 3: BRAZO HIDRÁULICO.....	39
Figura 3-1	39
Figura 3-2	40
Figura 3-3	41
Figura 3-4	43
Figura 3-5	44
Figura 3-6	45
Figura 3-7	46
Figura 3-8	47
Figura 3-9	49
Figura 3-10	50
Figura 3-11	51
Figura 3-12	52
Figura 3-13	52
Figura 3-14	54
Figura 3-15	54
Figura 3-16	55
Figura 3-17	56
Figura 3-18	57
Figura 3-19	58
Figura 3-20	59
Figura 3-21	60
Figura 3-22	61
Figura 3-23	62
Figura 3-24	63
Figura 3-25	64
Figura 3-26	64
Figura 3-27	66
Figura 3-28	71
Figura 3-29	75



Figura 3-30	75
Figura 3-31	76
Figura 3-32	77
Figura 3-33	77
Figura 3-34	78
Figura 3-35	79
Figura 3-36	79
Figura 3-37	80
Figura 3-38	81
Figura 3-39	81
Figura 3-40	82
Figura 3-41	83
CAPÍTULO 4: CHASIS SEMIRREMOLQUE.....	84
Figura 4-1	84
Figura 4-2	85
Figura 4-3	86
Figura 4-4	88
Figura 4-5	88
Figura 4-6	89
Figura 4-7	91
Figura 4-8	91
Figura 4-9	92
Figura 4-10	95
Figura 4-11	98
Figura 4-12	98
Figura 4-13	99
Figura 4-14	100



CAPÍTULO 5: SISTEMA DE GIRO	102
Figura 5-1	102
Figura 5-2	103
Figura 5-3	106
Figura 5-4	107
Figura 5-5	107
Figura 5-6	108
CAPÍTULO 6: ESTABILIZACIÓN.....	113
Figura 6-1	114
Figura 6-2	115
Figura 6-3	116
Figura 6-4	118
Figura 6-5	119



CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 DEFINICIÓN DEL PROYECTO

El desarrollo de la actividad industrial, el incremento en los depósitos de almacenamiento y la necesidad de transportar los productos a sus respectivos destinos, son las causas que permiten considerar el diseño de un semirremolque que cumpla tanto las funciones de transporte como las funciones de carga y descarga de productos; teniendo en cuenta las disposiciones establecidas por la ley nacional de tránsito y seguridad vial (ley N° 24449) y el decreto 32/18.

En algunas ocasiones, se requiere de una grúa para colocar los productos en los vehículos. Estas operaciones involucran a dos equipos que actúan independientemente; el planteo de incorporar un brazo hidráulico al chasis del semirremolque tiene la finalidad de reducir la cantidad de equipos comprendidos en la operación, permitiendo la carga y descarga de materias primas y productos terminados cuando no se dispone de una grúa en el lugar de destino.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La necesidad de proveer a las industrias de equipos que permitan flexibilidad, valida el diseño de un semirremolque que permita llevar a cabo tanto el transporte como la carga y descarga de productos; de esta manera se busca lograr un equipo polivalente, lo cual se transforma en una ventaja competitiva.

Además, permiten la economía de medios y mano de obra, son sistemas que por lo general tienen mayor rapidez para disponerlos en su emplazamiento de trabajo que las grúas móviles autopropulsadas y pueden usarse para maniobras en las cuales pueden entrar en solapamiento con estas como son el posicionamiento de una carga en un determinado lugar o nivel.



1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

- Diseñar un semirremolque equipado con una grúa para la carga y descarga de productos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diseñar una plataforma cama alta que cumpla con los requerimientos normalizados de capacidad de carga establecidos por la ley.
- Analizar los esfuerzos actuantes sobre las piezas que componen la estructura.
- Dimensionar los componentes del brazo hidráulico y el semirremolque.
- Describir el funcionamiento del sistema de grúa para la manipulación de cargas.



1.4 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

1.4.1 Edad antigua.

Los primeros dispositivos de elevación y transporte de cargas fueron las palancas, las poleas, los rodillos y los planos inclinados. La realización de grandes trabajos de construcción con este tipo de equipamiento exigía una enorme cantidad de personas. Un ejemplo lo tenemos en la construcción de la Gran Pirámide de Guiza (siglo XXII a.C.) de 147 metros de altura y 90 toneladas de peso aproximadamente. Su construcción duró aproximadamente 20 años y estuvieron ocupadas permanentemente cerca de cien mil personas.

Alrededor del 2820a.C., se obtienen en China fibras resistentes a partir de la planta del cáñamo, precursores de los actuales cables de acero. Los primeros elevadores de palanca, prototipos primitivos de los aparatos elevadores actuales con una pluma en voladizo, se utilizaron en China e India para elevar el agua en el siglo XXII a.C.

Hacia 1550 a.C., se generaliza en Egipto y Mesopotamia el empleo del shadoof, un mecanismo de palanca utilizado para elevar el agua procedente de los ríos con el fin de regar los campos (Fig. 1-1). Desde el punto de vista mecánico, el shadoof se basa en la ley de la palanca. La mecánica aplicada en las culturas que viven junto al Éufrates y el Nilo está dominada por cuatro elementos fundamentales: el plano inclinado, la cuña, el rodillo y la palanca. El shadoof es una forma más compleja de una construcción basada en la palanca. Sobre una columna fija, se monta una palanca de dos brazos alrededor de un eje que puede girar en dirección horizontal.



Fig. 1-1. – Shadoof del antiguo Egipto



Los brazos son de longitudes diferentes, disponiendo el más corto de ellos de un contrapeso, una piedra, suficiente para elevar lleno el cubo que va sujeto al extremo del brazo más largo. La persona que acciona el shadoof trabaja colocada bajo este último brazo. Su función consiste en hacerlo bajar cuando el cubo está vacío, acción que permite introducirlo bajo el agua.

1.4.2 Polea cable y rueda grúa.

Hacia 1510 a.C., se aplica en Mesopotamia la rueda, hasta ahora utilizada sólo en los carros, en los tornos de alfarero y en las ruelas, a dispositivos mecánicos, convirtiéndose de este modo en un instrumento para la utilización de las fuerzas y la simplificación de los trabajos. Gracias a ello, la resistencia debida a la fricción se reduce a la reinante entre el eje y el cojinete. La polea de cable resulta especialmente importante para transformar fuerzas sin que se produzca una fricción en la cuerda. No es posible demostrar si la polea de cable se emplea ya en Mesopotamia o si se utiliza en Egipto hacia esta época a modo de polea sencilla.

Es probable que este principio se conozca antes que la polea de cable, en forma de un lazo de cuerda que rodea la punta de un obelisco que hay que levantar, mientras que un extremo de la cuerda va sujeto a la puerta de entrada de un templo y se tira del extremo libre. Los habitantes de Mesopotamia utilizan como primera máquina accionada por fuerza muscular ruedas huecas de varios metros de diámetro, en cuyo interior o sobre cuya superficie externa corre una persona (Fig. 1-2). La fuerza generada por dichas ruedas se emplea al principio para accionar dispositivos de extracción de agua o levantar cargas pesadas.



Fig. 1-2. Grúa de la Antigua Grecia

Hacia 700 a.C., los mecánicos griegos desarrollan la técnica de la descomposición de las fuerzas con ayuda de los llamados polipastos. El polipasto se compone de una polea fija y una segunda sujeta al objeto a desplazar. Una cuerda discurre, partiendo de un punto fijo, primero alrededor de la polea móvil y después de la fija.



El periodo grecorromano (siglo X a.C. a siglo V d.C.) constituye una etapa de gran impulso en la evolución de la tecnología de la elevación. Un elemento clave para la elevación es la polea compuesta. Su origen se remonta a la Grecia clásica. Eurípides (480 –406 a.C.).

Tres inventores griegos deben ser mencionados en la Historia de la elevación: Ctesibio, padre de hidráulica, Arquímedes, descubridor del tornillo sin fin y Herón de Alejandría, inventor de la polea compuesta.

Ctesibio vivió en Alejandría hacia 270 a.C. Montó en la barbería de su padre un espejo que colgaba de una cuerda provista de un contrapeso, de modo que su altura pudiera ajustarse a la del cliente. Ctesibio fabricó el primer cilindro provisto de un émbolo, al que cabe considerar como la primera bomba de pistón. Fue el primero en utilizar una rueda dentada. También sugirió el uso de muelles de bronce como medio de acumulación de energía.

Arquímedes (287 –212 a.C.) además de descubrir el tornillo sin fin, principio en el que se basan los elevadores y transportadores utilizados hoy en día, desarrolló un dispositivo elevador que funcionaba con cables de cáñamo y poleas movidas por el hombre.

1.4.3 Impulso de la mecánica.

En el siglo III a.C., Arquímedes descubrió las leyes de la palanca. Este griego, que vivía en Siracusa, creó un sistema teórico sobre la multiplicación de la fuerza que se consigue con la palanca, el efecto de la cuña y la utilización del plano inclinado y de la polea, fenómenos que desde hacía milenios venían aprovechándose como algo evidente. Desarrolló una extensa teoría acerca de los polipastos con las transmisiones de fuerza 2:1, 3:1 (tripastos) y 5:1 (pentapastos).

Construyó también un polipasto, en el que varias cuerdas discurrían paralelas por numerosos rodillos, con lo que se distribuían entre sí la fuerza de cargas muy pesadas.

Sin embargo, fueron los romanos y no los griegos, los que sacaron un rendimiento práctico a estos trabajos teóricos, lograron la realización técnica; disponían de las cuerdas de resistencia suficiente y, con el curso del tiempo, incluso de cordeles de alambre. Con el principio del polipasto, los romanos construyeron grandes grúas para cargas muy pesadas, con uno o dos árboles inclinados, sujetos mediante cabos.

La mayoría de estas grúas podían bascularse y, en la cubierta del navío insignia del emperador Calígula, incluso se instaló una giratoria que se movía sobre una plataforma redonda, apoyada en cojinetes de bolas. No obstante, quedó como una pieza única.



Sin duda, Herón de Alejandría (siglo I d.C.) dio un impulso importante a varias técnicas relacionadas con la elevación. En su obra *Mechanica*, además de la cuña, el tornillo y la rueda con un eje, describe la polea compuesta. Todos se basan en el mismo principio de la palanca; una pequeña fuerza que actúa desde una gran distancia se transforma en una gran fuerza que actúa desde una pequeña distancia. También Herón describió los trenes de engranajes, aunque su utilidad fue muy limitada debido a las pérdidas de potencia que resultaban de los primitivos métodos de construcción.

En el siglo II a.C. se utilizaba en Egipto la llamada rueda persa o saquiya, que consistía esencialmente en recipientes dispuestos alrededor de la circunferencia de una rueda, la cual giraba mediante energía humana o animal, introduciéndolos en el agua, sin duda el primer prototipo del actual elevador de cangilones. Vitruvio, en el siglo I d.C., diseñó un molino hidráulico que funcionaba como esta rueda persa, pero en sentido contrario.

El cable metálico más antiguo conocido es el cable encontrado en Pompeya, que se exhibe en el Museo Nacional de Nápoles. Está compuesto por 57 hilos de bronce entrelazados, de 0,7 mm de diámetro y 4,5 metros de longitud. Probablemente, se empleaba en la marina. Los hilos de este cable no estaban trefilados, sino que estaban o bien forjados o troquelados en cintas estrechas en la chapa. Ningún manuscrito confirma el empleo de hilos en la producción de cables.

1.4.4 Edad media.

De este periodo (siglo V d.C. a XVII d.C.) se conocen instalaciones de elevación que apenas se diferencian de las antiguas. El desarrollo del comercio, la navegación y la industria minera y metalúrgica en los siglos XI y XII contribuyó a perfeccionarlas máquinas de elevación y a ampliar los sectores de aplicación. La catedral de Sofía en Novgorod (Rusia) en el siglo XI puede citarse como ejemplo de aplicación de sistemas de aparejos complejos.

Leonardo DaVinci parte de problemas difíciles, buscando para ellos soluciones de tipo técnico. De este modo, crea una grúa móvil para facilitar las labores de construcción en las que hay que elevar cargas pesadas. Dicha grúa está montada sobre un vehículo y se gobierna desde arriba mediante un cable tensado. El guinche de cable puede accionarse con una manivela dotada de transmisión por ruedas dentadas. Gracias a ello es posible elevar una carga. El gancho que sujeta la carga dispone un dispositivo automático accionado a distancia para soltarla.

Para hacer navegables los ríos y canales, Leonardo construye una excavadora flotante con ruedas de cangilones, instalada sobre dos barcas amarradas y que descarga el lodo en carros.



Leonardo no propone este tipo de construcciones sólo como conceptos sin elaborar, sino que soluciona todos los detalles relacionados con ellas e inventa así una serie de nuevos elementos para las máquinas. Tornillos sin fin, engranajes helicoidales, una cadena articulada y diversos cojinetes de rodillos y bolas, así como rodamientos axiales.

Georg Bauer (1490-1565) trabajó como médico en los centros mineros de Sajonia y su obra *De re metallica*, del año 1556, constituye una guía exacta de los sistemas empleados durante la alta Edad Media en una industria altamente tradicional. En *Dere metallica*, aparece el esquema de un aparato de elevación en una mina. No existen diferencias significativas respecto a periodos primitivos, excepto en lo que se refiere a una vagoneta que debía correr por un surco.

En el siglo XV, uno de los aparatos realizados es la grúa Trier, que constituye el monumento principal de la ciudad alemana de Moseta. Es una grúa de columna de madera que lleva en la parte superior otras dos vigas horizontales también de madera contrabalancadas mutuamente por dos riostras de hierro (Fig. 1-3).



Fig. 1-3. Grúa sobre el río Mosela, Trier, Alemania

La columna lleva en su base una espiga de hierro y apoya en un tejuelo del mismo material. La cadena tractora se arrolla en un tambor soportado por la misma columna. La carga a elevar se estima en valores superiores a 2,5 toneladas. Esta grúa está encerrada en un edificio monumental en forma de torre.

En diversos grabados del siglo XVII, se muestran muelles de descarga donde se aprecia una notable actividad portuaria. Se observan grúas simples en voladizo, donde una polea superior era recorrida por una soga que por un lado amarraba la carga y por el otro era arrollada manualmente en tambores de gran diámetro con objeto de disminuir el esfuerzo del operario.



Sobre el año 1630, se construye una grúa en la ciudad alemana de Augsburgo. Consistía en una columna de madera mantenida verticalmente por cuatro tirantes del mismo material. La columna, en su parte superior, alojaba una viga horizontal o pluma en voladizo. Un tambor y un sistema de poleas componían el circuito de elevación. La potencia de elevación era obtenida mediante una rueda de gran diámetro acoplada al tambor. Siguiendo los esquemas clásicos aparecidos en el siglo I d.C., varios hombres, con su propio peso, elevaban 600 kg. La carga máxima era de 10 toneladas.

1.4.5 Revolución industrial.

Solo cuando James Watt inventó la máquina de vapor comenzó a considerarse la posibilidad de utilizar esta forma de energía para los dispositivos de elevación, haciéndose uso de ella por primera vez para subir el mineral desde el fondo de una mina de carbón hacia el año 1800. A principios del siglo XIX hicieron su aparición grúas movidas por máquinas de vapor que se usaban básicamente para el transporte vertical de carga, solo ocasionalmente de personas (Fig. 1-4).



Fig. 1-4. Grúa de vapor

1.4.6 Congreso de París.

A finales del siglo XX, el hombre tenía los conocimientos y la tecnología suficientes como para elevar una carga siguiendo en la línea de progreso emprendida en el siglo XVIII, pero aparecieron nuevos problemas. Con objeto de buscar una cooperación internacional, se reunieron en París en el año 1889 los principales técnicos de una gran parte de países europeos.

La importancia del Congreso fue de primer orden debido fundamentalmente a la época en que se dio pues, al haberse aplicado la energía eléctrica de forma reciente, el hombre buscaba solución a los problemas técnicos suscitados por las nuevas tecnologías y energías. Algunas contribuciones se citan a continuación:



En el año 1867, entre las primeras grúas portuarias, se construyó una grúa de puerto de 50 toneladas de alcance variable. Mediante un mecanismo articulado y la traslación de una estructura auxiliar, se obtenía una trayectoria de la carga de apenas variación vertical. Una máquina de vapor accionaba los mecanismos de traslación y elevación. Con esta construcción, la compañía Fives-Lille obtenía un aparato sofisticado de elevado rendimiento debido a que la carga en el desplazamiento horizontal no generaba ningún cambio apenas en su energía potencial. En consecuencia, la potencia necesaria era mínima.

La segunda mitad del siglo XIX fue un momento crucial en la historia de la navegación. Hubo una transformación radical en la forma en que los buques eran construidos con la adopción de los cascos de metal y la llegada de la máquina de vapor.

Estos cambios tuvieron inevitablemente un impacto enorme en los astilleros y muelles navales, incluyendo el Arsenal de Venecia. Este astillero estuvo adquiriendo constantemente maquinaria de última generación, la más importante de las cuales fue la gran grúa hidráulica producida por el fabricante británico Armstrong, Mitchell & Co. e instalada entre 1883 y 1885 (Fig. 1-5).

Esta grúa fue un gran avance en la ingeniería y supuso un punto de inflexión importante en la evolución de la grúa hidráulica. Haciendo uso de un nuevo mecanismo, el acumulador hidráulico, inventado por el propio William Armstrong, permitía que grandes cantidades de agua fueran forzadas a través de tuberías a una presión constante, produciendo así una mayor fuerza para levantar cargas más pesadas. El resultado fue un aumento considerable en la capacidad de carga (hasta 160 toneladas).



Fig. 1-5. Grúa Armstrong - Arsenal Naval de Venecia



Las empresas inglesas Hunter y English construyeron en el año 1886 una interesante grúa movida por una máquina de vapor. La peculiaridad del aparato residía en su capacidad de carga, ya que por ejemplo, su carga máxima de elevación a 16 metros era de 50 toneladas.

El técnico M. Guyenet diseñó en el año 1888 un moderno carro de puente grúa. En el citado elemento, mediante las recientes aplicaciones de la electricidad, se conseguía accionar los mecanismos de maniobra de elevación de la carga. Asimismo, los frenos actuaban con mecanismos de seguridad. El resultado del diseño fue la consecución de uno de los primeros carros eléctricos con dispositivos de seguridad eléctricos en la frenada. Este proyecto, a la vez que ambicioso, era un preludio de lo que iban a ser los próximos años en la evolución de la grúa, ya que la seguridad iba a ser un tema de investigación de primera línea.

1.4.7 La seguridad y el ruido.

Los principios del siglo XX estarán marcados por un conocimiento de los mecanismos eléctricos y mecánicos de los aparatos de elevación.

Los procesos tecnológicos de fabricación de piezas metálicas iban evolucionando considerablemente, de manera que la prensa había obtenido notables resultados; la fundición estaba imponiéndose en piezas irregulares y se empezaban a apuntar novedosas técnicas de laminación. Este cambio en la tecnología del acero implicó estructuras estables y resistentes debido a la mayor cantidad del acero y la evolución de las uniones estructurales atornilladas o roblonadas con notables características. Un ejemplo de esta evolución son las grúas realizadas por las empresas Briausk, Krauctorsk y Putilov en Rusia a principios del siglo XX.

La sociedad americana mecanizaba los puertos mediante grúas sobre neumáticos que recorrían las instalaciones portuarias con una gran flexibilidad de movimientos. Con objeto de obtener unas idóneas condiciones de seguridad, las grúas se equipaban con controladores de movimiento y frenos basados en las corrientes de Foucault (Fig. 1-6).

Las cadenas, utilizadas a lo largo de los siglos XVIII y XIX como elementos de transmisión flexibles entre la carga y el órgano de arrollamiento, fueron sustituidas por modernos cables metálicos. En prototipos de grúas de comienzos del siglo XX, se aprecian cables metálicos de alta resistencia y de silenciosa marcha.

A lo largo de la Edad Media, se utilizaron como elementos reductores engranajes de dientes rectos. En los años de transición entre los siglos XIX y XX, Ravelli diseñó una transmisión para carros de elevación que fue el primer paso para el engranaje helicoidal. Este tipo de transmisión, introducido por Leason en la primera mitad del siglo XX, se caracteriza por su elevado rendimiento y su engranaje silencioso.



En los movimientos de orientación de grandes grúas y en máquinas siderúrgicas de elevación, se requieren rodamientos de elevado diámetro que sean estables, resistentes y seguros. En el año 1946, los programas de normalización, imponían la circulación sobre rodamientos de bolas. Las empresas Timken y Proestamen inglesas y la sociedad alemana Rothe Erde idearon un sistema de suspensión del pivote central de giro y de disposición de un gran rodamiento de gran diámetro que absorbía los momentos de giro. Al mismo tiempo, también la sociedad francesa RKS del grupo SKF, captando la idea de los automóviles Panhard, lanzaba al mercado un gran rodamiento de rodillos alternados que constituían el primer prototipo de los grandes rodamientos de giro de plataforma que existen hoy en día.



Fig. 1-6. Astilleros de Baltimore

1.4.8 Aligeramiento y nuevos materiales.

El hombre ha ideado durante los cinco siglos pasados máquinas progresivamente más sofisticadas pero realizadas sobre materiales de alta densidad.

A partir de los años cincuenta, la fuerte competencia entre las diferentes marcas, los problemas energéticos derivados del petróleo y la posibilidad de elevar mayores cargas con la misma potencia del motor han originado una tendencia generalizada del diseño de la grúa hacia una disminución de su propio peso.

En 1948, en el Congreso de Amberes, M.L. Descans trazó las líneas maestras de la nueva tecnología en grúas de puertos, que en muy poco tiempo fueron puestas en marcha.



En 1949, los puertos marítimos alemanes y, en particular, el de Bremen, tomaron la iniciativa en un tipo de construcción radicalmente nuevo para grúas de gancho con objeto de conseguir un aligeramiento de peso: las grúas monobloc, explicadas por el profesor H. Ernst en el año 1954 en la revista V.D.I. y, en 1957, en Stahlbau.

Estos aparatos consistían en una estructura unitaria que representaba un reducido peso propio debido a la utilización de tubos de acero de características elevadas: Cortem de Usinor, Werten de De Wendel-Sidelor, Ni-Cu-Nb o a base de aleaciones de aluminios. Asimismo, las paredes de las vigas cajón eran notablemente disminuidas debido a la elevación del límite elástico del material.

A Bremen le siguieron los puertos de Le Havre, Marsella y, progresivamente, el resto de los puertos europeos y no europeos.

Continuando con grúas de puerto, es preciso mencionar Estrasburgo, que en 1969 configuró la más reciente instalación para mantenimiento de contenedores, iniciando la normalización del sistema de carga en longitudes de veinte, treinta y cuarenta pies.

En lo que concierne a las grúas pórtico, las empresas MAN de Nüremberg y Van Roll de la Confederación Helvética realizaron construcciones altamente aligeradas basadas en una única viga principal recorrida por un carro en voladizo. La rodadura del carro, altamente económica y original, se llevaba a cabo por medio de cuatro rodillos situados a dos cotas diferentes. El momento de la carga en voladizo generaba dos componentes horizontales, por lo que se precisaban dos rodillos horizontales y otros tantos dispuestos en una cota superior que, inclinados, absorbían las reacciones verticales y horizontales.

La estructura, un pórtico simple, reunía las condiciones de estabilidad mediante unas vigas longitudinales de rodaduras acopladas rígidamente a los extremos inferiores de los postes.

En el campo de los puentes grúa, la empresa DEMAG de Alemania obtuvo a partir de la década de los cincuenta notables progresos mediante la sustitución de puentes grúa de doble viga principal por vigas simples aligeradas para una amplia gama de cargas.

El mecanismo de elevación estaba constituido por compactos polipastos cuya estructura resistente es la propia carcasa de los grupos motrices de elevación. Con esta filosofía se acoplaban en serie tambor, reductor de elevación, acoplamiento, freno de tambor y motor de elevación. La viga principal estaba constituida en estos modelos por perfiles laminados de tipo IPN.



Las monumentales grúas portacontenedores fueron continuamente objeto de mejoras que disminuían progresivamente las 1000 toneladas de peso propio que inicialmente tenían.

La tendencia inicial fue la optimización estructural, que originó grúas conformadas en sección cajón con la viga principal realizada en celosía. Se pueden citar Vickers en Londres, Stothert y Pitt en Liverpool, Clyde Crane y Both en Grange Mouth, Demog en Rotterdam y Paceco en Los Ángeles.

La construcción de la viga principal en celosía encarecía el proceso de fabricación, pero disminuía de forma notable el peso de la citada viga y con él la potencia de los motores de elevación de la viga principal y de traslación.

En grúas portacontenedores de carro muy giratorio se introdujo la novedad de disponer los mecanismos de elevación y traslación del carro en una cabina situada sobre la viga principal. Con este diseño, el carro estaba compuesto por una estructura simple, cuatro rodillos de giro y cuatro poleas de paso de cable.

Estructuralmente, se obtuvieron altos aligeramientos mediante la utilización de aceros de alto límite elástico (Fig. 1-7). Hasta hace muy pocos años se construían tanto el bastidor como la pluma en acero tipo T1 (700 MPa de límite elástico). En la actualidad, se tienden a utilizar modernos aceros de 900 MPa de límite elástico. Con estos materiales, la pluma se deformaba varios metros en punta y el bastidor se torsionaba de forma visible, recuperando su geometría inicial en el momento de liberación de la carga. La pluma se diseñaba con estudiadas secciones que soportaban altos esfuerzos de compresión y flexión. La sección continua era asistida con perfiles cuidadosamente dispuestos para la correcta transmisión de esfuerzos.



Fig. 1-7. Grúa fabricada con aceros de alta resistencia



CAPÍTULO 2 MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS GRÚAS HIDRAÚLICAS

Las grúas auxiliares de carga de vehículos son grúas cuyo objetivo es simplificar la maniobra de carga y descarga de vehículos de transporte, generalmente camiones y a diferencia del resto de las grúas móviles, estas no disponen de una parte destinada a la traslación de la grúa, sino que se montan sobre dichos vehículos de transporte.

2.1.1 Clasificación

2.1.1.1 Automotrices y desplazables con giro total.

Este tipo de grúas posee una superestructura que les permite desplazarse y orientarse en cualquier sentido. Son capaces de manejar cargas de un peso máximo igual al que han sido proyectadas y pueden desplazarse movidas por sus propios medios con la carga suspendida, estando la pluma orientada en cualquier dirección.

2.1.1.2 Automotrices y desplazables con giro parcial.

Este tipo de grúas autopropulsadas mantiene la semejanza a las anteriormente descritas, con la ligera diferencia de que este tipo de grúas tienen restringido el giro de la pluma, en la mayoría de casos el giro está limitado a 180°.

2.1.1.3 Automotrices y desplazables con pluma no orientable.

Estas grúas mantienen condiciones semejantes a las automotrices y desplazables con giro total y parcial, pero difieren ya que no cuentan con la capacidad de orientar la pluma; para generar un movimiento con la pluma se requiere de dar movimiento o brindar movimiento a los diferentes grupos de traslación y dirección.

2.1.1.4 Grúas sobre camión con giro total.

Esta clase de grúas van montadas sobre el vehículo de carga. Tienen un bastidor con un puesto de mando separado. El movimiento de la grúa puede venir dado por un motor adicional que da potencia a la bomba o bien mediante un acople al motor del vehículo. El objetivo de estas grúas es como se ha mencionado anteriormente, simplificar las tareas de carga y descarga del vehículo de transporte. La grúa puede ser orientada en forma total.



2.1.1.5 Grúas sobre camión con giro parcial.

Son grúas que comparten las características del bastidor y el motor empleado, su única diferencia reside en un radio de giro limitado.

2.1.2 Aplicaciones

Las aplicaciones posibles de estos equipos en función de su diagrama de carga y lo definido por el fabricante son:

- Cargar / descargar el vehículo propio u otro vehículo.
- Elevar, sujetar y mover cargas en las posiciones permitidas según su diagrama de cargas.
- Levantar cargas a una altura elevada y sostener a continuación dicha carga para trabajos de montaje (vigas metálicas, elementos de hormigón, etc.).
- Uso de accesorios autorizados por los fabricantes como: jib (tercer brazo articulado), cuchara para levantar y mover material a granel.
- Transportar cubas de hormigón a las diferentes zonas a hormigonar y soltar la carga en altura.
- Posicionar tuberías a nivel del suelo o en el interior de zanjas y mantenerlos en posición mientras se unen entre sí.
- Manipulación de cargas pesadas, planchas de hormigón prefabricado, etc. en el sector de la construcción principalmente.
- Sujetar y mover bombas sumergidas en pozos para su reparación o sustitución con ayuda de un cabrestante.
- Otros.



2.1.3 Principio de funcionamiento

Las grúas están constituidas por una base sobre la que se sustenta una columna, la cual puede rotar libremente pivotando sobre la base, gracias a la acción de cilindros hidráulicos. Sobre la columna se sitúa la pluma, que puede ser telescópica o articulada; esta representa el componente estructural capaz de soportar el órgano de aprensión cargado, asegurando el alcance y la elevación necesarios.

Todos y cada uno de los movimientos que realiza la grúa se efectúan mediante elementos hidráulicos (tanto la rotación de la columna como el movimiento de los brazos). Estas grúas, por lo general, van provistas de un motor diesel cuya misión es impulsar varias bombas hidráulicas (generalmente de engranajes) que son las encargadas de proporcionar el aceite a los diversos actuadores hidráulicos, mediante válvulas de distribución y circuitos independientes.

El mando suele ser manual, con distribuidores hidráulicos progresivos. También cabe la posibilidad de mandos a distancia (con o sin cables). Los mandos se sitúan a ambos lados del vehículo, además se puede disponer de otras opciones como un asiento fijo a la columna. Además necesita de una fuente de energía que suele ser una salida extra de la caja de cambios del camión o bien un motor auxiliar (diesel o eléctrico).

La sujeción más habitual es el gancho, aunque también se le pueden colocar otros accesorios o elementos de sujeción según el tipo o geometría de carga a elevar (Fig. 2-1).



Fig. 2-1. Grúa con accesorio para perforación de suelos



2.1.4 Características principales

2.1.4.1 Par mecánico

Una de las principales magnitudes físicas a tener en consideración en las grúas auxiliares es el par que se obtiene de la multiplicar la carga nominal por el radio, entendiendo el radio como la distancia horizontal existente entre el eje vertical de la columna y el eje vertical de elevación. Normalmente se expresa en toneladas-metro.

Las grúas articuladas se calculan de forma que permita un esfuerzo máximo cuando la pluma esta horizontal. Sin embargo, con frecuencia, el esfuerzo máximo viene dado para un ángulo de 20 o 30 grados por encima de la horizontal, con objeto de aumentar artificialmente el par nominal de carga.

Cuando la pluma está muy plegada para tomar la carga más cercana a la base, puede ocurrir que no se alcancen las prestaciones nominales debido a un mal ángulo de ataque de los cilindros sobre los elementos de la pluma.

2.1.4.2 Características de los cilindros

Aunque algunas grúas tienen los cilindros principales de simple efecto, en muchas aplicaciones se necesita una ligera fuerza de apoyo, que permita un ligero esfuerzo de penetración para asegurar la presión, por ello se utilizan cilindros de doble efecto. Frecuentemente llevan equipadas bombas de doble flujo con dos bloques de mando, uno para la elevación, y otro para la rotación. Cada uno puede trabajar a presión y caudal máximo. Las conexiones se pueden realizar mediante mangueras flexibles o tuberías de acero (Fig. 2-2).



Fig. 2-2. Tuberías de alta presión



Los cilindros hidráulicos de extensión e inclinación de la pluma y los verticales de los estabilizadores deben estar provistos de válvulas de retención que eviten una recogida accidental de los mismos en caso de rotura o avería en las tuberías flexibles de conexión.

En el circuito deberá instalarse un sistema de frenado que amortigüe la parada del movimiento de giro y evite, asimismo los esfuerzos laterales que accidentalmente pueden producirse. Además de esta válvula, se debe instalar un freno mecánico de emergencia.

2.1.4.3 Características geométricas

En las grúas montadas sobre vehículos, la posición de la columna es un aspecto a tener en cuenta ya que se deben respetar las dimensiones máximas. Existen varias configuraciones:

- Grúas en las que el eje de la columna o pivote está centrado sobre el eje del vehículo.
- Grúas con una ligera excentricidad permitiendo el plegado de la grúa sobre el lado opuesto
- Grúas con mayor excentricidad.

Las grúas con una gran excentricidad tienen una mayor capacidad de elevación a un lado del vehículo que al otro, pero necesitan asegurarse que siempre se posicionen sobre el lado más seguro, por lo cual se deben prever mayores condiciones de estabilidad que en el caso de una columna centrada.

Respecto a la posición de reposo, las dos configuraciones más habituales son:

- La grúa reposa sobre la plataforma del camión con el inconveniente de no dejarla completamente despejada.
- La grúa se pliega sobre su base transversalmente sin interferir con la carga.

La mayor parte de estas grúas no tienen rotación continua, pero cubren un sector superior a un giro completo de modo tal que, salvo en los casos donde la grúa está montada atrás de la cabina, no sea necesario realizar maniobras adicionales para la carga y descarga. Para los montajes tras la cabina, el estudio de estabilidad puede conducir a una limitación de la rotación a 270° e incluso 180° .

El área barrida, está limitada en el plano horizontal situado a la altura del eje columna-pluma, por círculos o arcos de círculos correspondientes a la longitud de la pluma y al arco de rotación escogido.



2.1.5 Estabilización

Las grúas hidráulicas para camiones se utilizan para elevar cargas pesadas a grandes alturas. Es importante, por lo tanto, que el camión esté completamente estable durante la operación de elevación. Los neumáticos por si solos no ofrecen la estabilidad necesaria, por lo que es necesario emplear un sistema adicional.

Un elemento común en las grúas auxiliares son los soportes estabilizadores. Cuando la máquina va a trabajar, hace uso de un sistema hidráulico para aumentar su estabilidad extendiendo unos brazos situados generalmente en los laterales del vehículo. Estos se apoyan en el suelo recibiendo todo el peso del equipo y estabilizándose con los desniveles del terreno.

El aumento de la estabilidad se produce por:

- El incremento en el área de apoyo de la grúa sobre el suelo.
- El contacto rígido de la zapata de apoyo que sustituye a los neumáticos.

Los mandos de los estabilizadores (automáticos o manuales) normalmente están situados en los laterales del chasis, de forma que la visualización de las vigas y zapatas sea directa por parte del operario (Fig.2-3).



Fig. 2-3. Despliegue de estabilizadores

La posición exacta de los soportes viene determinada por un estudio de estabilidad, que consiste en comprobar que el centro de gravedad de la carga total (cargas fijas y móviles) se sitúe dentro del polígono de sustentación.



2.1.6 Tipos de montaje

En principio es posible pensar en cualquier tipo de montaje ya que se ha montado en muchas aplicaciones además de vehículos terrestres, que es la situación más habitual. En estos últimos, la primera necesidad es prever un montaje transversal y si es posible con el bastidor centrado. Excepcionalmente se colocan grúas pequeñas lateralmente para ganar espacio de carga, las de tamaño medio igualmente pueden montarse lateralmente en semirremolques, pero estos montajes deben evitarse siempre que sea posible.

Una de las formas de clasificar el montaje es según el vehículo donde se acoplan.

- Montajes fijos.
- Sobre barcos y barcazas.
- Sobre material ferroviario.
- Plataformas montacargas.
- Tractores agrícolas.

Sin embargo la clasificación más extendida es en función de la posición de la grúa con respecto al vehículo donde va montada.

2.1.6.1 Montaje al final de chasis

Los montajes traseros son más prácticos en el caso de tener que cargar otro remolque o en el caso de cargas de gran volumen, porque la misma se encuentra más alejada de la cabina (Fig. 2-4). Este montaje tiene dos inconvenientes, en primer lugar son necesarias canalizaciones más largas para el fluido hidráulico debido a que la bomba se encuentra generalmente delante; y también es necesario reforzar el chasis porque este montaje lo somete a un esfuerzo mayor.



Fig. 2-4. Camión con grúa trasera



2.1.6.2 Montaje tras la cabina

Es el montaje más extendido para los vehículos portadores ya que no presenta las desventajas del montaje trasero (Fig. 2-5).



Fig. 2-5. Montaje tras la cabina

2.1.6.3 Montaje sobre semirremolques

Otros montajes corrientes son sobre semirremolques (Fig. 2-6). Existen posiciones delanteras y traseras como en el caso anterior. En montaje sobre la posición delantera requiere estabilización especial ya que se encuentra justo sobre el pivote de conexión al tractor. La bomba y el depósito de aceite quedan sobre el tractor a menos que se utilice un motor auxiliar.



Fig. 2-6. Grúa sobre semirremolque

Pueden hacerse montajes móviles, pudiendo desplazarse la grúa adelante y atrás del semirremolque con la ayuda de un carro y un motor hidráulico de traslación. En estos casos la estabilidad debe ser estudiada con mayor detalle y por supuesto el desplazamiento solo está permitido sin carga.



2.2 DESCRIPCIÓN DEL SEMIRREMOLQUE

2.2.1 Concepto

Vehículo sin eje delantero, destinado a ser acoplado a un tractor de manera que sea arrastrado y parte de su peso soportado por este.

El acople se realiza a través de un mecanismo de enganche que permite una rápida y perfecta articulación entre el semirremolque y la cabeza tractora, popularmente denominado “quinta rueda”.

Para hacer la unión flexible en el sentido vertical, el semirremolque lleva por debajo un elemento pivote conocido como perno rey; el cual entra guiado entre las ramas abiertas de la placa hasta encajar en el orificio central de la misma, bloqueándose mediante un sistema de palancas el cual puede desarmarse desde el exterior mediante la acción del conductor.

2.2.2 Componentes

El semirremolque está constituido por: el bastidor, sistema de suspensión, sistema de ejes, perno rey, sistema de frenos y accesorios de seguridad.

2.2.2.1 Bastidor

El bastidor o chasis es una estructura cuyo propósito es conectar rígidamente el punto de apoyo del king pin y la suspensión trasera, y al mismo tiempo ofrecer puntos de anclaje para los diferentes sistemas del vehículo. Esta estructura soporta la carga a transportar y además su peso propio (Fig. 2-7).

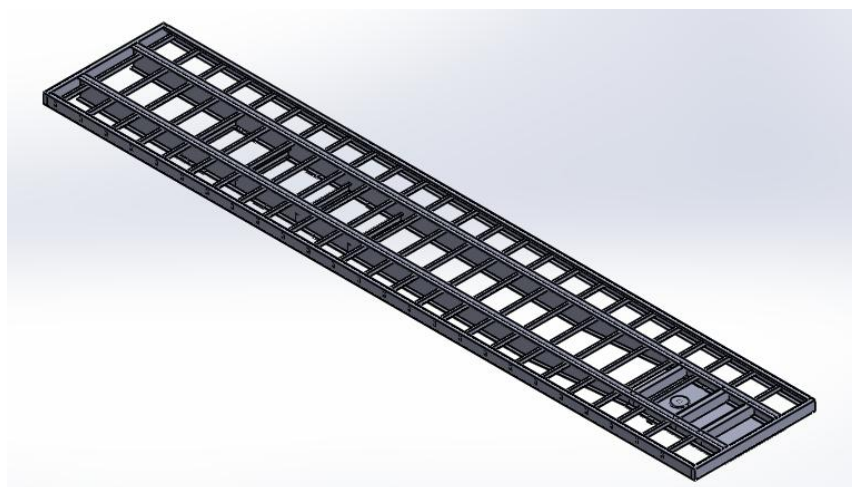


Fig. 2-7. Chasis del semirremolque



2.2.2.2 Suspensión

El sistema de suspensión tiene la finalidad de minimizar y absorber las cargas de impacto que se producen durante el movimiento del vehículo debido a las irregularidades del terreno. De este modo se reducen los efectos sobre el chasis y se logra una marcha más suave para el conductor. Existen sistemas mecánicos y neumáticos.

Suspensión mecánica.

Las ballestas son un tipo de resorte constituido por un conjunto de hojas o láminas superpuestas fabricadas en acero especial para muelles, unidas en el centro por un tornillo pasante con tuerca. Se mantienen alineadas por una serie de abrazaderas que evitan que se abran en abanico, y a la vez permiten el deslizamiento entre las hojas cuando éstas se deforman debido a la carga, formando todo ello un conjunto elástico de gran resistencia a la rotura.

A veces, la hoja más larga, que es la que soporta mejores tensiones, ya que es la que efectúa la unión con la carrocería, se construye de mayor tamaño que las demás. En algunas construcciones (ballestas múltiples), las diferentes hojas pueden intervenir sucesivamente, consiguiéndose así una rigidez variable con la carga, de manera análoga a lo que sucede con los muelles helicoidales de paso variable.

Las ballestas, debido a su tipología de construcción formada por distintas hojas de acero superpuestas, también presentan un cierto rozamiento que actúa como amortiguamiento parásito que en realidad no se puede controlar, ya que depende del coeficiente de rozamiento entre láminas, y donde influye el estado de limpieza y engrase de las hojas.

Suspensión neumática.

El sistema de suspensión neumática es muy utilizado en la parte trasera de camiones rígidos, tracto-camiones y semirremolques para eje simple, tándem y tridem. También existen suspensiones neumáticas para ejes delanteros de camiones debido a que garantiza una conducción suave sin importar si el vehículo esta con o sin carga.

Este sistema se caracteriza por aumentar la carga útil utilizando aire comprimido en el interior de un fuelle localizado entre el eje y el chasis del vehículo. Estas cámaras tienen la función de absorber todas las cargas e irregularidades del camino y su presión es ajustada por una válvula reguladora accionada por una varilla de transferencia. Este tipo de suspensión se encuentra asistida por amortiguadores para atenuar la tendencia a seguir rebotando.



2.2.2.5 Sistema de ejes

Se define al eje como una barra horizontal dispuesta perpendicularmente a la línea de tracción de un vehículo. Además de permitir la traslación, ayudan a soportar el peso del remolque y de la carga. Pueden ser rígidos o direccionales; en los primeros no se permite la rotación de las ruedas, por lo tanto, al tomar una curva las ruedas resultan arrastradas.

En los ejes auto-direccionales, esta situación no se presenta, dado que en curva se adaptan solos mediante el amortiguador que los regula. Al regresar a una trayectoria rectilínea, el amortiguador mantiene las ruedas centradas. Presenta como inconveniente que durante las maniobras de marcha atrás, se giran sin control, por lo que suelen tener un mecanismo de bloqueo para evitar su giro.

La mayoría están contruidos para soportar los límites legales de carga por eje; éstos dependen de la cantidad de ruedas que posee el mismo, del ancho de las ruedas y de la distancia entre ellas. Según este criterio se pueden clasificar en los siguientes tipos:

Eje simple

Elemento constituido por un solo eje no articulado a otro, puede ser: motriz o no, direccional o no, anterior, central o posterior. Posee una rueda en cada extremo (total de 2 ruedas). Su peso máximo permitido son 6000 kg con una tolerancia de 500 kg (Fig. 2-8).



Fig. 2-8. Eje simple.

Eje dual

Posee características similares al eje simple, pero posee 2 ruedas en cada extremo (total 4 ruedas). Su peso máximo permitido son 10500 kg con una tolerancia de 1000 kg (Fig. 2-9).



Fig. 2-9. Eje dual.



Eje tándem doble

Se considera conjunto (tándem) doble de ejes, al agrupamiento de 2 ejes consecutivos pertenecientes a un mismo vehículo y unidos por un dispositivo mecánico, neumático u otro, que permite repartir el peso entre ambos ejes cuando la distancia entre los centros de los mismos es mayor que 1,20 m y menor que 2,40 metros (Fig. 2-10).

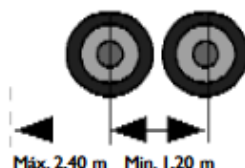


Fig. 2-10. Tándem doble.

El peso máximo depende del tipo de cada eje: Si ambos ejes son simples se permiten 10000 kg. Si uno de ellos es simple y el otro dual, dicho valor se incrementa a 14000 kg. Si ambos ejes son duales, el peso máximo permitido son 18000 kg. Para todos los casos se considera una tolerancia de 1500 kg.

Eje tándem triple

Se considera conjunto (tándem) triple de ejes, al agrupamiento de 3 ejes consecutivos de un mismo vehículo unidos por un dispositivo mecánico, neumático u otro, que permita la distribución de peso entre ellos, cuya distancia entre los centros de 2 ejes consecutivos debe ser superior a 1,20 m e inferior a 2,40 m (Fig. 2-11).

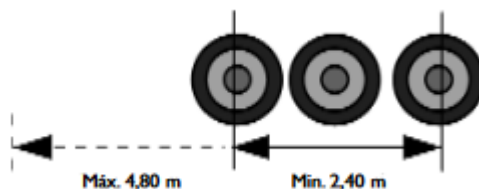


Fig. 2-11. Tándem triple.

Como en el caso anterior, el peso máximo depende del tipo de cada eje: Si el conjunto está formado por un eje simple y dos ejes duales, el peso permitido es de 21000 kg. Si los tres ejes del sistema son duales, dicho valor se incrementa a 25500 kg. Para ambos casos se admite una tolerancia de 2000 kg.



2.2.2.6 King pin

El mecanismo de acople del camión con el remolque, está conformado por dos elementos principales, la quinta rueda (fifth wheel) y el perno rey (king pin). La quinta rueda va instalada sobre la parte trasera del chasis del camión y el perno rey, se encuentra sobre la plataforma inferior delantera del semirremolque. (Fig. 2-12).

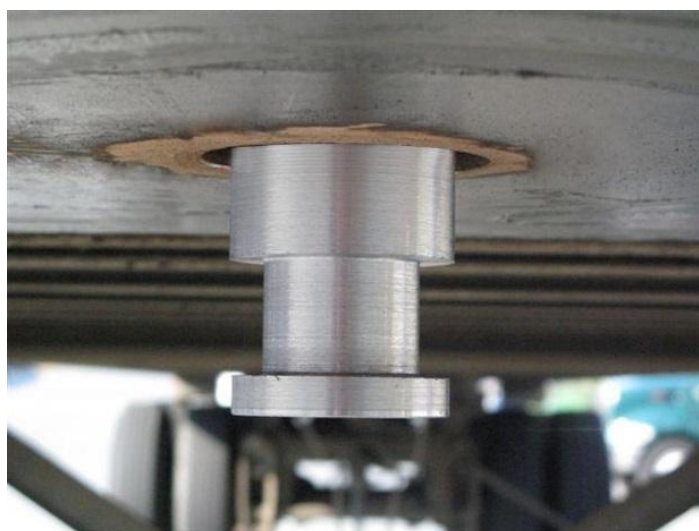


Fig. 2-12. Perno rey

El King pin soporta principalmente la fuerza para mover y frenar el vehículo proporcionada por la cabeza tractora. También permite el giro a través de una articulación flexible, que permite libertad de movimiento respecto al eje vertical entre el mecanismo de enganche y el semirremolque.

2.2.2.7 Patines

Los patines también conocidos como gatos o tren de aterrizaje, son elementos que sostienen el frente del semirremolque cuando no está conectado al tractor. Generalmente se ajustan a su lugar utilizando una palanca o brazo que se encuentra al alcance del conductor.

2.2.2.8 Equipo de carretera

Con la finalidad de superar cualquier dificultad que se presente en el camino, el semirremolque debe contar con un kit de herramientas básicas. El equipo debe constar de: un gato hidráulico, llaves para pernos, extintor, manguera de aire, elementos de señalización y botiquín de primeros auxilios. Además la estructura debe contar con un espacio exclusivo para las ruedas de auxilio.



2.3 RIESGOS Y FACTORES DE RIESGO

Los riesgos y factores de riesgo que con mayor frecuencia se presentan en los trabajos realizados con estos equipos de trabajo son: el vuelco del vehículo, la caída de la carga, los golpes contra objetos o personas, los aprisionamientos, los contactos eléctricos indirectos, entre otros que se relacionan a continuación.

Vuelco del vehículo portante debido a:

- Posicionamiento de estabilizadores y/o nivelación defectuosa del mismo.
- Fallo del terreno donde se asienta.
- Sobrepasar el momento de carga máximo admisible.
- Efecto del viento.

Caída de la carga durante su movimiento debido a:

- Fallo en el circuito hidráulico.
- Choque de las cargas o del extremo de la pluma contra un obstáculo.
- Por rotura de eslingas, cables o de otros elementos auxiliares.

Golpes contra objetos o personas debido a:

- Manipulación de la carga en proximidad de personas, bienes, etc.
- Por rotura de eslingas, cables o de otros elementos auxiliares.

Aprisionamiento de extremidades:

- Entre elementos auxiliares (ganchos, eslingas, poleas, etc.).
- Por la propia carga al ser depositada.
- Por las partes móviles del equipo.

Riesgos de diversa índole en el transporte debidos a:

- Circular con las extensiones y gatos de apoyo no retraídos totalmente.
- Circular con la grúa desplegada por encima de la carga a transportar superando la altura máxima del vehículo.
- No asegurar correctamente las cargas y accesorios para que no se desplacen en el transporte.



2.4 SEGURIDAD DE OPERACIÓN

2.4.1 Emplazamiento del vehículo

El emplazamiento de la máquina se efectuará evitando las irregularidades del terreno y allanando su superficie si fuera preciso. (Fig. 2-13), al objeto de conseguir que la grúa quede perfectamente nivelada; nivelación que deberá ser verificada antes de iniciarse los trabajos que serán detenidos de forma inmediata si durante su ejecución se observa el hundimiento de algún apoyo.

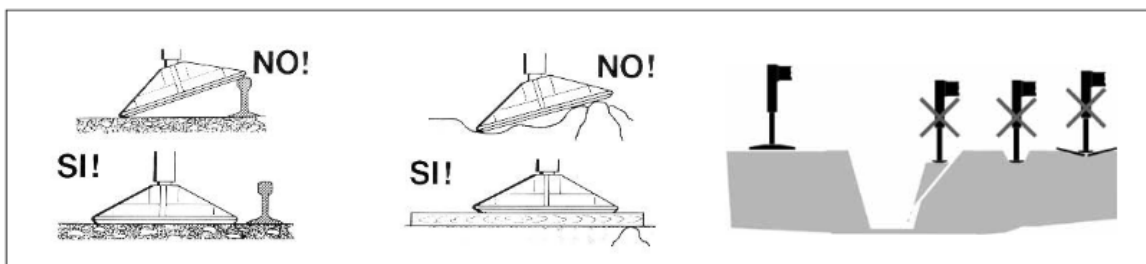


Fig. 2-13. Emplazamiento evitando las irregularidades

La comprobación de los niveles de inclinación debe hacerse en cada puesto de control de la grúa. Si la burbuja de aire se encuentra en el centro del nivel, la grúa está en posición horizontal.

Si la transmisión de la carga se realiza a través de estabilizadores y el terreno es de constitución arcillosa o no ofrece garantías, es preferible ampliar el reparto de carga sobre el mismo aumentando la superficie de apoyo mediante bases especiales, por ejemplo bases de apoyo de alta resistencia diseñadas para tal fin; por una o más capas de traviesas de ferrocarril o tablonés, etc. (Fig. 2-14).

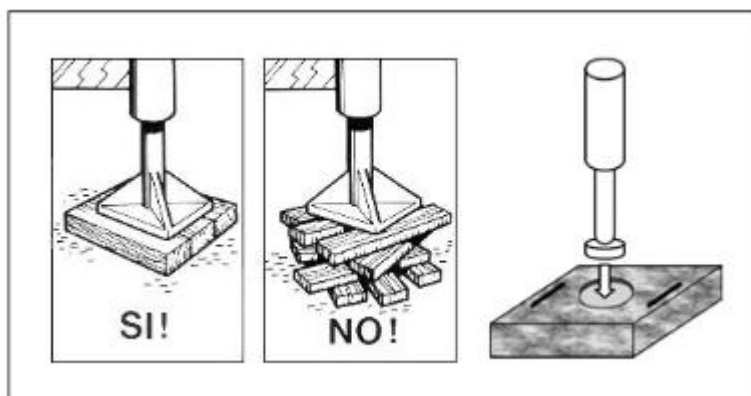


Fig. 2-14. Incremento de la superficie de apoyo



2.4.2 Sistema de apoyos

Si el cálculo de estabilidad y de seguridad de la grúa lo permite se podría trabajar con grúa sobre ruedas transmitiendo los esfuerzos al terreno a través de los neumáticos, se tendrá presente que en estas condiciones los constructores recomiendan generalmente mayor presión de inflado que la que deberán tener circulando, por lo que antes de pasar de una situación a otra es de gran importancia la corrección de presión con el fin de que en todo momento se adecuen a las normas establecidas por el fabricante.

Si el cálculo de estabilidad no permite trabajar solamente con los neumáticos se deben utilizar un sistema de apoyo de vigas y gatos. Al extender las vigas de estabilizador y los gatos estabilizadores, se debe elegir el puesto de mando de modo que se pueda abarcar con la vista su zona de movimiento completa (Fig. 2-15).

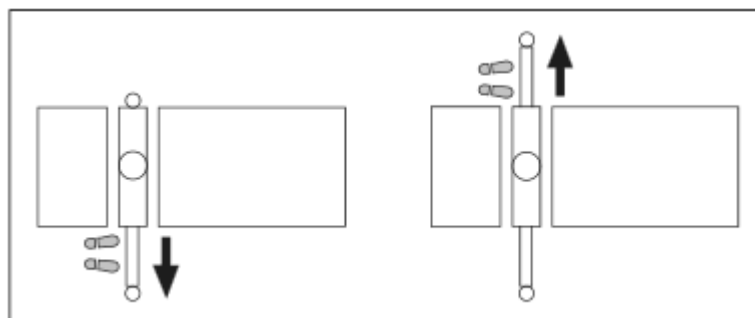


Fig. 2-15. Procedimiento de apoyo del vehículo.

Nunca se deben perder de vista los componentes de la grúa que se estén moviendo en cada momento. En la zona de movimiento de las vigas estabilizadoras no se deben encontrar personas ni objetos, respetando siempre las distancias mínimas de seguridad.

En caso de una superficie asfaltada, hay que asegurarse que no se apoya el vehículo sobre huecos o cavidades, como por ejemplo una boca de alcantarilla.

El vehículo no debe ser elevado al apoyar los gatos, ya que de lo contrario se sobrecargan estos y se reduce la eficacia del efecto de frenado. Los cilindros de apoyo están dimensionados para compensar solamente el momento de vuelco, por consiguiente, nunca se debe levantar con ellos el vehículo (Fig. 2-16).

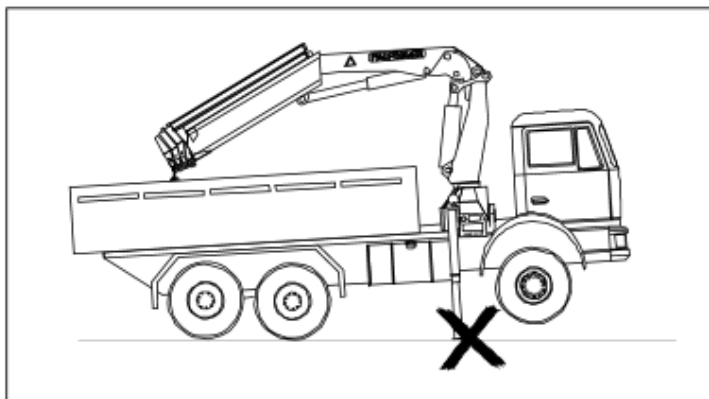


Fig. 2-16. Uso incorrecto del sistema de apoyos

Asimismo en casos de transmisión de cargas a través de neumáticos, la suspensión del vehículo portante debe ser bloqueada con el objeto de que, al mantenerse rígida, se conserve la horizontalidad del chasis en cualquier posición que adopte la flecha y para evitar movimientos imprevistos de aquél. Además de mantenerse en servicio y bloqueado al freno de mano, se calzarán las ruedas de forma adecuada.

Si un vehículo está equipado con gatos adicionales y éstos no han sido sacados, el vehículo puede volcar. En vehículos equipados con extensiones adicionales se procederá de la misma manera que para los de la grúa, tener en cuenta en esta situación todas las indicaciones de seguridad referidas al apoyo

2.4.3 Gato del estabilizador

El cilindro de estabilización debe tener medios, por ejemplo patillos, para su apoyo sobre el suelo, además deberá estar diseñado para ajustarse a desniveles del suelo de hasta 10°. Existen dos tipos de gatos estabilizadores dependiendo de su forma de transporte: fijos o giratorios con basculamiento manual o hidráulico.

Cuando el gato estabilizador tiene un dispositivo de basculamiento, deben preverse dispositivos de bloqueo que pueda soportar las fuerzas normales de funcionamiento (por ejemplo, pasadores) para asegurar el gato en ambas posiciones de trabajo y de transporte.

En el radio de giro del gato estabilizador no deben encontrarse ni el operador ni otras personas.



2.4.4 Posición de trabajo

La grúa estará lista para trabajar después de proceder a realizar las siguientes operaciones:

- Las extensiones están aseguradas mediante pernos y pasadores.
- El vehículo está apoyado correctamente sobre los estabilizadores.
- En la zona de movimiento de la grúa no se encuentran personas ni objetos.
- Todos los movimientos de la grúa deben encontrarse en el campo visual del operador.

Con velocidades de viento superiores a 50 km/h no se puede garantizar la seguridad en el trabajo con la grúa. Si se alcanza esa velocidad del viento no se debe poner en marcha la grúa o bien debe ser parada. En caso de acercarse una tormenta la grúa no debe ser puesta en marcha o bien debe ser parada.

2.4.5 Accionamiento de los mandos

Poner el brazo principal en la posición de trabajo desde el puesto de mando situado en el lado opuesto al apoyo del brazo principal. Si se despliega la grúa desde el puesto de mando equivocado, existirá para el operador grave riesgo de accidente por el brazo de carga (Fig. 2-17).

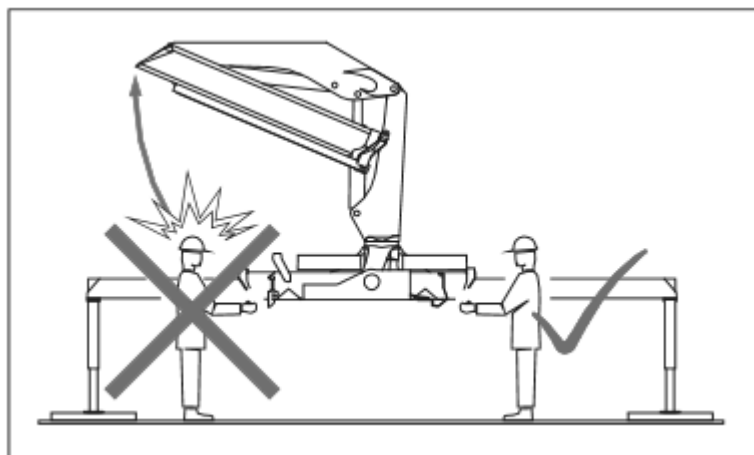


Fig. 2-17. Mandos desde el suelo

No expandir el sistema telescópico de la pluma hasta que la grúa esté desplegada. Si se extienden los brazos de extensión antes de que el brazo principal se encuentre en la posición izada, existirá peligro de accidente para el operador (Fig. 2-18).

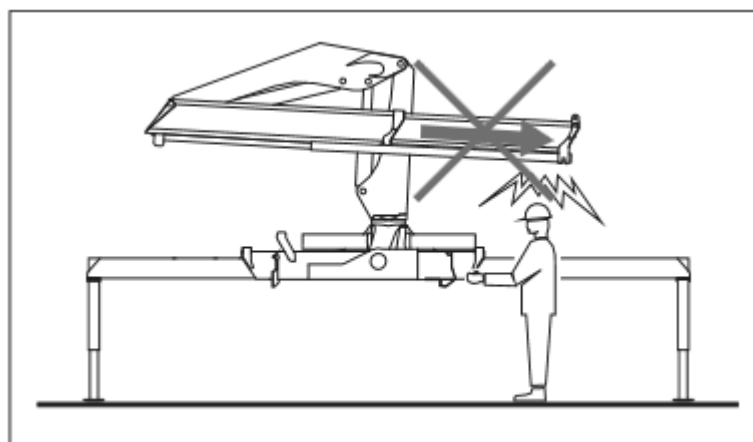


Fig. 2-18. Sistema de extensiones.

Respetar la secuencia definida en el “Manual de Uso” del fabricante del equipo. Cada equipo por su posición de transporte, por los accesorios incorporados, etc., puede ser plegado y desplegado de forma diferente. Una secuencia tipo podría ser la representada en la Fig. 2-19.

		Poner el brazo principal en la posición izada.
		Plegar por completo el brazo articulado.
		Sacar el brazo de extensión del ojal de enganche.
		Desplegar el brazo articulado.

Fig. 2-19. Secuencia tipo de desplegado de la grúa



CAPÍTULO 3: BRAZO HIDRÁULICO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

La grúa está formada por una columna principal que puede rotar mediante un sistema de piñón y cremallera. Sobre la columna articula el brazo principal de la grúa, el cual puede rotar en torno al perno de unión gracias a un actuador hidráulico que vincula ambos componentes de la estructura.

Un segundo brazo articula sobre el primero y también es accionado por un segundo cilindro hidráulico, este brazo tiene la característica de poseer extensiones telescópicas que le dan un mayor alcance a la grúa (Fig. 3-1). Dichas extensiones se logran mediante en accionamiento de actuadores hidráulicos ubicados en la parte superior de cada tramo telescópico.



Fig. 3-1. Grúa articulada

A los efectos de mantener constante la capacidad de carga a lo largo de la viga telescópica, a cada una de las extensiones del brazo le corresponde un valor de carga máxima en función de la longitud.

Evaluando la situación más desfavorable para la viga telescópica, se determinará la sección resistente correspondiente para cada tramo de las extensiones. Una vez pre-dimensionada la viga, se verificará que se cumplan con los requisitos de resistencia y rigidez y se efectuarán las correcciones a causa del peso propio.

La siguiente etapa del cálculo consiste en determinar las fuerzas que actúan sobre los brazos y sobre la columna, además se busca conocer cuál es la fuerza que deben realizar los cilindros hidráulicos para soportar las cargas.



Posteriormente se dimensionaran los pernos que vinculan a los cilindros con los brazos y la columna y una verificación mediante elementos finitos de las estructuras mencionadas anteriormente.

3.2 ANÁLISIS DEL BRAZO TELESCÓPICO

Para realizar el cálculo de este componente de la grúa, se considera que el brazo telescópico está formado por un conjunto 5 de vigas en el cual cada tramo puede alojarse en el interior de la extensión antecedente.

Cada tramo posee una longitud de 2000 mm; el análisis comienza por el tramo de viga más alejado del centro de rotación de la grúa. En cada extensión del brazo se considera que el peso del objeto sujetado en el gancho, actúa como una carga puntual cuyo valor corresponde a la capacidad máxima permitida (Fig. 3-2).

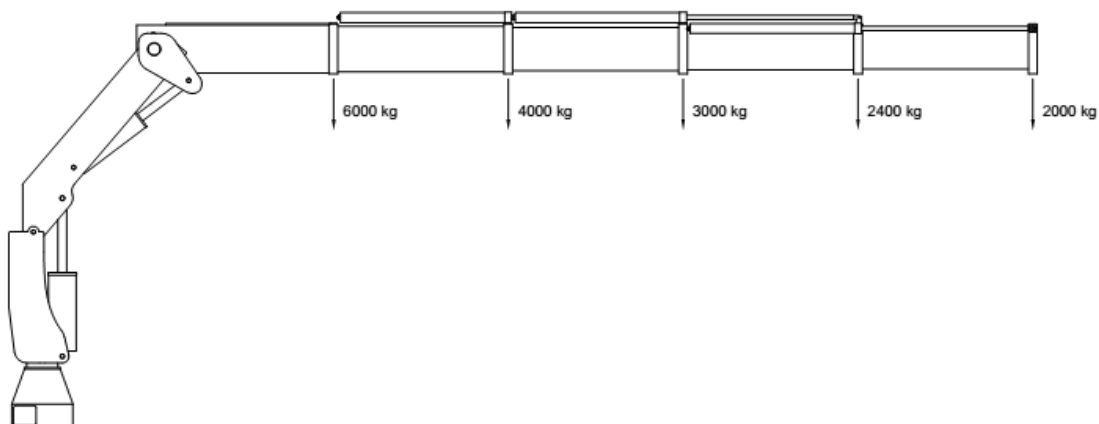


Fig. 3-2. Grúa telescópica

3.2.1 Dimensionamiento por rigidez

El cálculo para determinar la sección de cada una de las vigas extensibles se realiza según el criterio de rigidez; el cual considera como parámetro de diseño la deformación resultante de aplicar una carga.

Para cada una de las vigas que componen el sistema telescópico, existe una deformación como consecuencia de la longitud del tramo y de la carga aplicada en el extremo de la grúa.



3.2.1.1 Determinación de las flechas

A los efectos de proceder con el diseño, se establece el siguiente valor de deformación máxima. En esta ecuación (L) representa la longitud de la viga.

$$f_{max} = \frac{l}{250}$$

Empleando la relación anterior es posible calcular el valor de la flecha correspondiente a cada tramo del sistema telescópico.

$$f_1 = \frac{l_1}{250} = \frac{2000 \text{ mm}}{250} = 8 \text{ mm}$$

$$f_2 = \frac{l_2}{250} = \frac{4000 \text{ mm}}{250} = 16 \text{ mm}$$

$$f_3 = \frac{l_3}{250} = \frac{6000 \text{ mm}}{250} = 24 \text{ mm}$$

$$f_4 = \frac{l_4}{250} = \frac{8000 \text{ mm}}{250} = 32 \text{ mm}$$

$$f_5 = \frac{l_5}{250} = \frac{10.000 \text{ mm}}{250} = 40 \text{ mm}$$

3.2.1.2 Determinación de la sección requerida

El dimensionamiento del tramo telescópico se fundamenta en considerar que cada una de las vigas que componen el sistema se encuentra empotrada en un extremo, restringiendo todos sus grados de libertad, y libre en el extremo opuesto donde se aplica la carga.

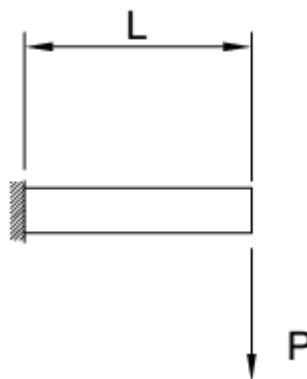


Fig. 3-3. Esquema del tramo telescópico



Es posible utilizar la ecuación de la elástica para el estado de carga anteriormente descrito. La ecuación (3.1) relaciona la deformación con la carga y las características de la viga; donde P representa el peso levantado por la grúa y L corresponde a la longitud de la viga. El módulo de elasticidad E del acero también es un valor conocido, por lo que la única variable a resolver es el momento de inercia I de la sección.

$$f = \frac{Pl^3}{3EI} \rightarrow I = \frac{Pl^3}{3Ef}$$

Una vez asignado el valor de la flecha como la deformación, todos los elementos de la ecuación son conocidos. Por lo tanto, se consigue despejar el momento de inercia y hallar un valor mínimo que garantice rigidez para cada tramo telescópico.

Los resultados para cada sección se muestran a continuación.

$$I_1 = \frac{2000(200)^3}{3E (0,8)} = 3175 \text{ cm}^4$$

$$I_2 = \frac{2000(400)^3}{3E (1,6)} = 12.698 \text{ cm}^4$$

$$I_3 = \frac{2000(600)^3}{3E (2,4)} = 28.751 \text{ cm}^4$$

$$I_4 = \frac{2000(800)^3}{3E (3,6)} = 50.794 \text{ cm}^4$$

$$I_5 = \frac{2000(1000)^3}{3E (4)} = 79.365 \text{ cm}^4$$

3.2.1.3 Perfil de los tramos

Conociendo los momentos de inercia mínimos para satisfacer la condición de rigidez, se procede a diseñar la sección correspondiente a cada viga. Se adopta una sección rectangular ahuecada para permitir el acople entre las vigas (Fig. 3.4); se considera un juego de 5 milímetros entre las caras interiores de la viga menor y las caras exteriores de la viga de mayor tamaño.

Las medidas de los perfiles a utilizar se han obtenido mediante un proceso de iteración a través de un software de diseño, tomando como referencia valores comerciales para espesores de chapa. Para cada perfil se verifica que su momento de inercia sea mayor que el requerido.

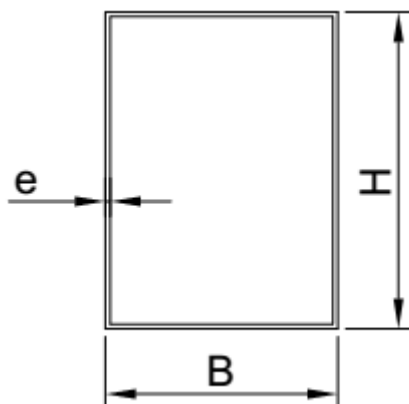


Fig. 3-4. Perfil rectangular utilizado

A continuación se muestran las dimensiones adoptadas para cada viga.

Tramo N°5	
$H = 550 \text{ mm}$	$esp = 9,5 \text{ mm}$
$B = 410 \text{ mm}$	$I_x = 84.597 \text{ cm}^4$
Tramo N°4	
$H = 521$	$esp = 8$
$B = 381$	$I_x = 57.282 \text{ cm}^4$
Tramo N°3	
$H = 495$	$esp = 4,8$
$B = 355$	$I_x = 29.623 \text{ cm}^4$
Tramo N°2	
$H = 475,4$	$esp = 3,2$
$B = 335,4$	$I_x = 17.467 \text{ cm}^4$
Tramo N°1	
$H = 459$	$esp = 3,2$
$B = 319$	$I_x = 15.548 \text{ cm}^4$



3.2.2 Verificación de resistencia

Como la viga desliza dentro de otra que corresponde a un tramo anterior, se logran limitar dos grados de libertad del sistema quedando como única posibilidad de movimiento un desplazamiento a lo largo del eje horizontal. Si este movimiento es restringido mediante un actuador lineal; podemos considerar que, en estas condiciones, la fijación de la viga corresponde a un empotramiento.

Debido a que esta situación se repite para las sucesivas extensiones telescópicas y dado que no hay continuidad de material, es posible considerar a cada tramo como un empotramiento para determinar su sección resistente.

Extensión N° 1

La primera extensión es una viga empotrada de longitud L_1 y soporta el peso a cargar P_1 en su extremo libre (Fig. 3-5).

$$P_1 = 2000 \text{ kg} \quad L_1 = 200 \text{ cm}$$

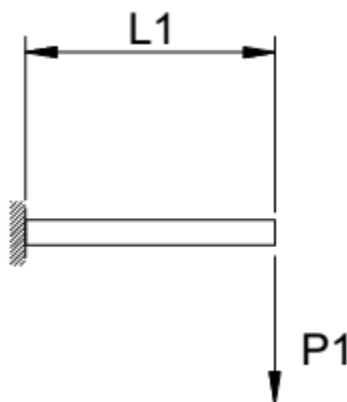


Fig. 3-5. Estado de carga de la extensión N° 1

Planteando las ecuaciones de equilibrio, se obtienen las reacciones en el empotramiento.

$$\sum M = P_1 \cdot L_1 - M_{E1} = 0$$

$$M_{E1} = P_1 \cdot L_1 = 2000 \text{ kg} \cdot 200 \text{ cm} = 400.000 \text{ kgcm}$$

$$\sum F_y = R_1 - P_1 = 0$$

$$R_1 = P_1 = 2000 \text{ kg}$$



3.2.2.1 Determinación de la sección resistente N°1

Para la construcción de las vigas se adopta el acero Strenx 700, este material posee una elevada tensión de fluencia.

$$S_y = 7130 \frac{kg}{cm^2}$$

Se adopta un coeficiente de seguridad de 2 para obtener la siguiente tensión admisible:

$$S_{ad} = \frac{S_y}{N} = \frac{7130 \frac{kg}{cm^2}}{2} = 3565 \frac{kg}{cm^2}$$

A continuación se obtiene el módulo resistente de la sección.

$$S = \frac{M}{W} \rightarrow W = \frac{M}{S}$$

$$W = \frac{M}{S_{ad}} = \frac{400.000 \text{ kgcm}}{3565 \frac{kg}{cm^2}} = 112,2 \text{ cm}^3$$

Se selecciona un perfil de tipo rectangular con las siguientes características (Fig. 3-6).

$$d = t \quad h = 2b \quad B = b + 2d \quad H = h + 2t$$

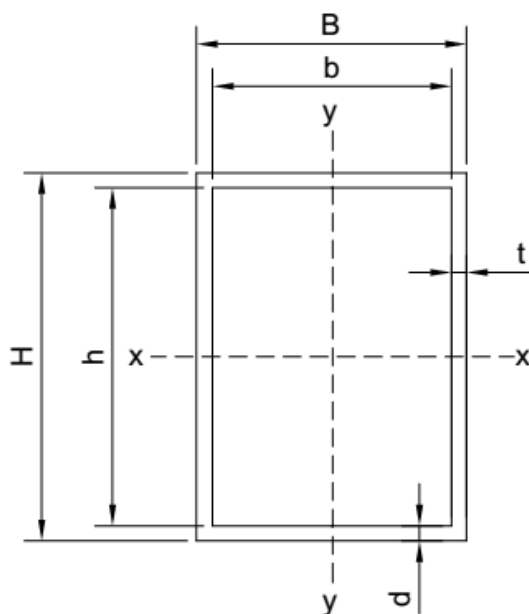


Fig. 3-6. Dimensiones del perfil



El perfil rectangular posee la siguiente expresión para calcular el momento de inercia.

$$I_x = \frac{1}{12} \cdot (BH^3 - bh^3)$$

La resolución de la ecuación anterior establece las dimensiones H y B para un espesor de chapa determinado; sin embargo, como las dimensiones del perfil han sido determinadas como resultado del cálculo por rigidez, es posible realizar la comparación entre el modulo resistente del perfil adoptado con el modulo resistente requerido para satisfacer la condición de resistencia.

$$H = 459 \text{ mm} \quad B = 319 \text{ mm} \quad t = d = 3,2 \text{ mm}$$

$$W_{X \text{ perfil}} = 676 \text{ cm}^3$$

$$W_{X \text{ requerido}} = 112,2 \text{ cm}^3$$

Como se puede observar, se satisface la condición de resistencia.

$$W_{X \text{ perfil}} > W_{X \text{ requerido}}$$

Extensión N°2

Aquí se presentan dos situaciones para analizar, el primer caso corresponde a cuando el brazo está extendido soportando la carga P1 (Fig. 3-7). La otra situación se presenta cuando la extensión N°1 se encuentra retraída y contenida dentro de la viga de la extensión N°2. (Fig. 3-8). El cálculo se realizará para la condición más desfavorable, para lo cual es necesario determinar los momentos en cada caso.

CASO A

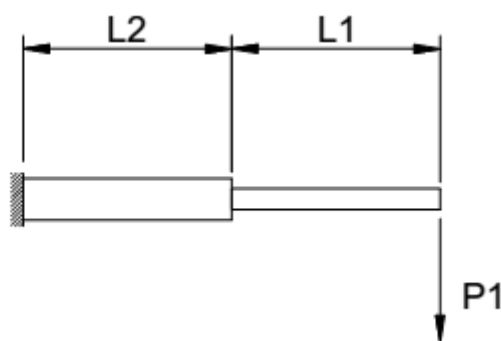


Fig. 3-7. Estado de carga A para la extensión N°2



Planteando la sumatoria de momentos:

$$\sum M = P_1 \cdot (L_1 + L_2) - M_{E2} = 0$$

$$M_{E2} = P_1 \cdot (L_1 + L_2) = 2000 \text{ kg} \cdot (200 \text{ cm} + 200 \text{ cm}) = 800.000 \text{ kgcm}$$

CASO B

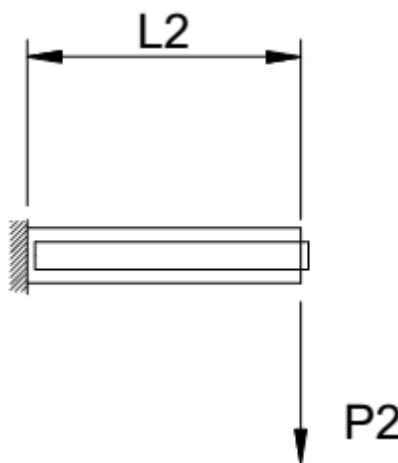


Fig. 3-8. Estado de carga B para la extensión N°2

Planteando la sumatoria de momentos:

$$\sum M = P_2 \cdot L_2 - M_{E2} = 0$$

$$M_{E2} = P_2 \cdot L_2 = 2400 \text{ kg} \cdot 200 \text{ cm} = 480.000 \text{ kgcm}$$

3.2.2.2 Determinación de la sección resistente N°2

La primera situación (caso A) resulta ser la más desfavorable debido a que la sección en voladizo se encuentra solicitada a un mayor momento que en el caso B, por lo tanto se calculará para aquellas condiciones. Se seguirá utilizando el mismo acero Strenx 700 y el coeficiente de seguridad de 2 para obtener la tensión admisible.

$$S_y = 7310 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$S_{ad} = \frac{S_y}{N} = \frac{7310 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{2} = 3565 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$



El módulo resistente de la sección se obtiene de la siguiente forma:

$$W = \frac{M}{S_{ad}} = \frac{800.000 \text{ kgcm}}{3565 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 224,4 \text{ cm}^3$$

Utilizando el perfil rectangular correspondiente al tramo 2 y realizando la comparación entre el módulo del perfil y el requerido por resistencia:

$$H = 475,4 \text{ mm} \quad B = 335,4 \text{ mm} \quad t = d = 3,2 \text{ mm}$$

$$W_{X \text{ perfil}} = 735 \text{ cm}^3$$

$$W_{X \text{ requerido}} = 224,4 \text{ cm}^3$$

Como se puede observar, el perfil satisface la condición de resistencia.

$$W_{X \text{ perfil}} > W_{X \text{ requerido}}$$

Para los tramos restantes el análisis es similar al anteriormente expuesto. Como se puede notar según el estudio anterior, las mayores solicitaciones se producen cuando telescopio posee sus tramos extendidos debido a que el incremento en la longitud del brazo predomina por sobre el incremento de la carga cuando se trabaja en una posición más cercana a la columna. Esta conclusión puede hacerse extensiva al resto de los tramos, los resultados de la verificación de los módulos resistentes se muestran a continuación.

Tramo N°3

$$H = 495 \text{ mm} \quad B = 355 \text{ mm} \quad t = d = 4,82 \text{ mm}$$

$$W_{X \text{ perfil}} = 1197 \text{ cm}^3$$

$$W_{X \text{ requerido}} = 336,6 \text{ cm}^3$$

Tramo N°4

$$H = 521 \text{ mm} \quad B = 381 \text{ mm} \quad t = d = 8 \text{ mm}$$

$$W_{X \text{ perfil}} = 2199 \text{ cm}^3$$

$$W_{X \text{ requerido}} = 448,8 \text{ cm}^3$$



Tramo N°5

$$H = 550 \text{ mm} \quad B = 410 \text{ mm} \quad t = d = 9,5 \text{ mm}$$

$$W_{X \text{ perfil}} = 3076 \text{ cm}^3$$

$$W_{X \text{ requerido}} = 561 \text{ cm}^3$$

Como conclusión se obtiene que los requisitos en cuanto al módulo resistente y por lo tanto, de inercia de la pieza, son significativamente menores cuando se realiza el dimensionamiento en base al criterio de resistencia.

Esto permite asegurar, que en este caso, el perfil calculado en base al criterio de deformación será capaz de soportar los esfuerzos aplicados.

3.3 BRAZOS PRINCIPALES

El sistema de brazos articulados puede representarse mediante el siguiente diagrama de cuerpo libre. Se distinguen 3 vigas principales, la viga AB, la viga BE y la viga EG. Las bielas AC y DF equivalen a los cilindros hidráulicos (fig.19)

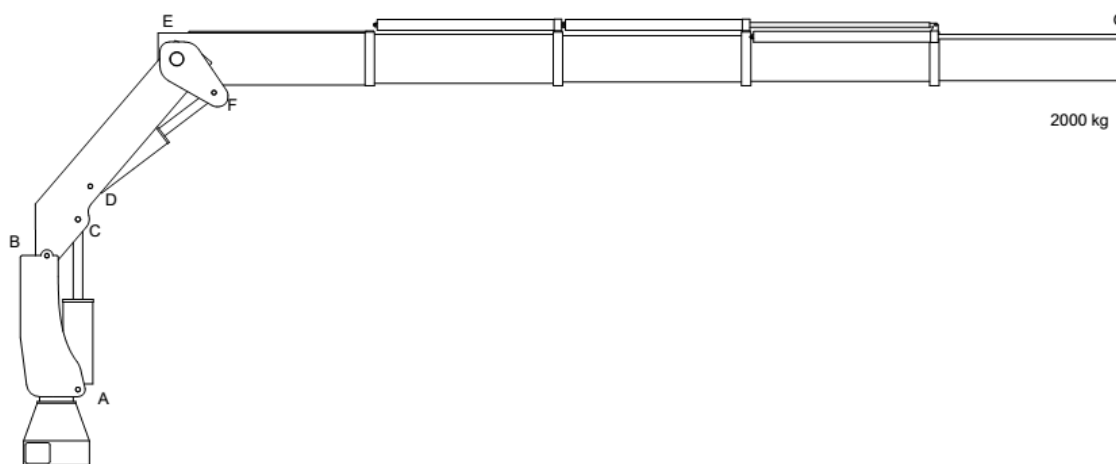


Fig. 3-9. Vínculos de la grúa

Para llevar a cabo el cálculo de las reacciones y el análisis de fuerzas, se consideran a los brazos y a la columna como chapas vinculadas isostáticamente; una vez obtenidas las fuerzas, será posible dimensionar la sección requerida para los perfiles de los brazos.



3.3.1 Estudio para pluma con inclinación de 20°

3.3.1.1 Análisis viga EG

En el siguiente esquema puede considerarse al punto E como articulado, formando así un vínculo de segunda especie. El punto G es el extremo de la viga donde se encuentra aplicada la carga P de 2000 kg. El cilindro hidráulico actúa sobre el punto F con una inclinación de 4° respecto a la horizontal y puede considerarse como vínculo de primera especie (Fig. 3-10).

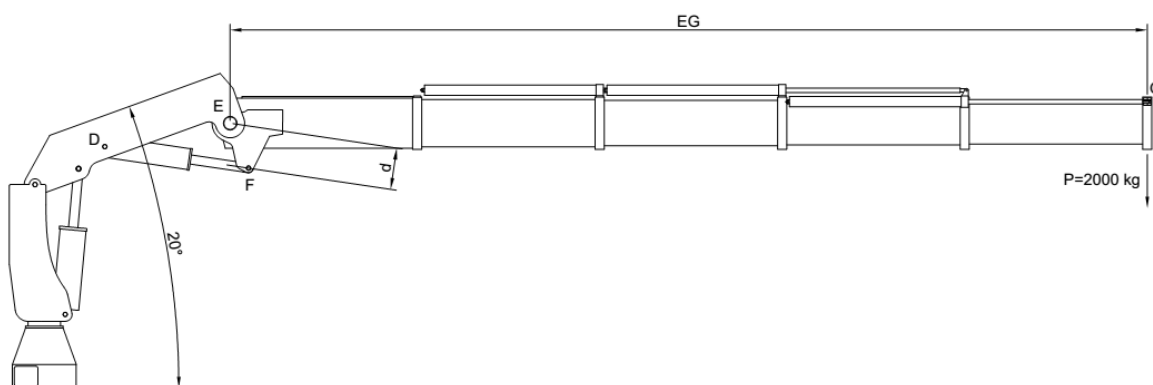


Fig. 3-10. Viga EG

Las distancias obtenidas son las siguientes:

$$EF = d = 475 \text{ mm}$$

$$EG = 1010 \text{ cm}$$

$$P = 2000 \text{ kg}$$

Para el cálculo de las reacciones se realiza la sumatoria de momentos con respecto al punto E, esto permitirá conocer la fuerza que actúa sobre el cilindro.

$$\sum M_E = P \cdot (EG) - F \cdot (EF) = 0$$
$$F = \frac{P \cdot (EG)}{(EF)} = \frac{2000 \text{ kg} \cdot 1010 \text{ cm}}{47,5 \text{ cm}} = 45.226 \text{ kg}$$



Una vez hallada la fuerza que actúa sobre el primero de los cilindros se procede a obtener las componentes de la fuerza en el plano xy (Fig. 3-11).

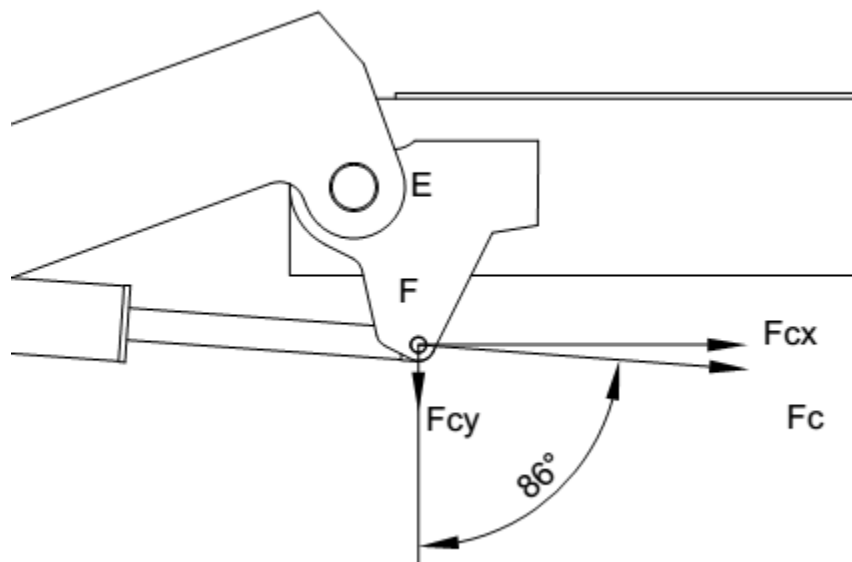


Fig. 3-11. Fuerzas en el cilindro

$$F_{c_x} = F \cdot (\cos 86^\circ) = 45.226 \text{ kg} \cos 86^\circ = 45.098 \text{ kg}$$

$$F_{c_y} = F \cdot (\sen 86^\circ) = 45.226 \text{ kg} \sen 86^\circ = 3.391 \text{ kg}$$

A continuación se realiza la sumatoria de fuerzas con el objetivo de conocer el valor de la reacción en el punto E.

$$\sum F_y = -F_{c_y} - P + RE_y = 0$$

$$RE_y = P + F_{c_y}$$

$$RE_y = 2000 \text{ kg} + 3.391 \text{ kg} = 5391 \text{ kg}$$

$$\sum F_x = F_x - RE_x = 0$$

$$RE_x = F_{c_x}$$

$$RE_x = 45.098 \text{ kg}$$



Una vez halladas las componentes en plano xy es posible conocer el valor de la reacción y su dirección (Fig. 3-12).

$$RE = \sqrt{RE_x^2 + RE_y^2}$$

$$RE = 45.419 \text{ kg}$$

$$\alpha = \text{arc tg } \frac{RE_y}{RE_x} = \text{arctg } \frac{5391}{45098} = 7^\circ$$

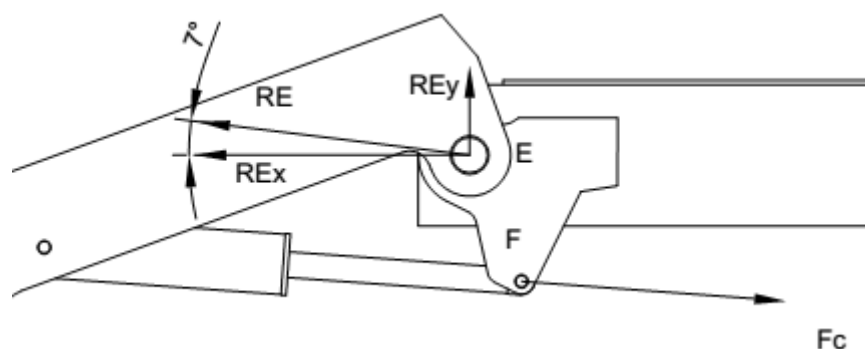


Fig. 3-12. Reacción en la articulación

3.3.1.2 Análisis viga BE

La siguiente viga presenta el punto B articulado, motivo por el cual se lo considera como vínculo de segunda especie. En el punto C se encuentra el segundo cilindro hidráulico que actúa como un apoyo de primera especie. Las fuerzas en los puntos E y F representan las acciones que la viga EG ejercen sobre la viga BE (Fig. 3-13).

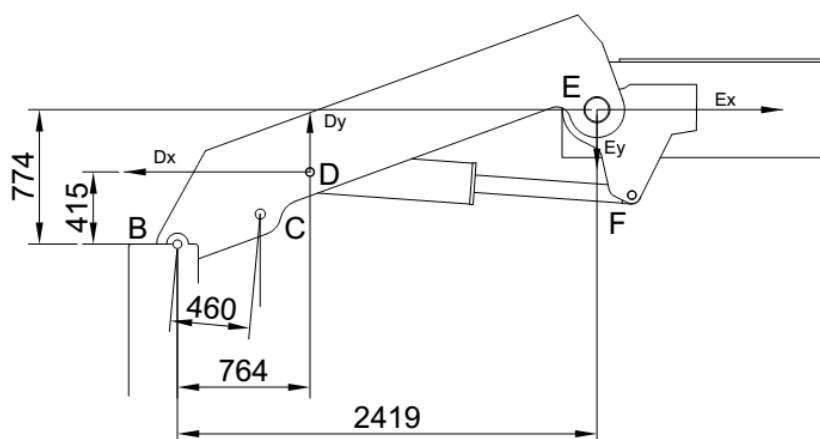


Fig. 3-13. Viga BE



Se realiza la sumatoria de momentos respecto a B para conocer la fuerza en el segundo cilindro.

$$\sum M_B = E_y \cdot (242) + E_x \cdot (77,4) - D_y \cdot (76,4) - D_x \cdot (41,5) + RC \cdot (46) = 0$$
$$RC = \frac{-5391 \text{ kg } 242 \text{ cm} - 45098 \text{ kg } 77,4 \text{ cm} + 5391 \text{ kg } 76,4 \text{ cm} + 45098 \text{ kg } 41,5 \text{ cm}}{46 \text{ cm}}$$
$$RC = 57.925 \text{ kg}$$

Las componentes de la fuerza en el plano xy son las siguientes:

$$RC_y = 57704 \text{ kg}$$

$$RC_x = 5048 \text{ kg}$$

Se realiza la sumatoria de fuerzas para conocer la reacción en el punto B.

$$\sum F_y = -RC_y + D_y - E_y + RB_y = 0$$
$$RB_y = 57704 \text{ kg} - 5391 \text{ kg} + 5391 \text{ kg} = 57704 \text{ kg}$$

$$\sum F_x = -D_x + E_x + RB_x - RC_x = 0$$
$$RB_x = D_x - E_x - RC_x = 5391 \text{ kg} - 5391 \text{ kg} + 5048 \text{ kg} = 5048 \text{ kg}$$

DIMENSIONAMIENTO VIGA BE

Para dimensionar esta viga es necesario realizar una transformación de las fuerzas del sistema de coordenadas cartesianas anterior a un sistema local cuyos ejes de coordenadas sean coincidentes con la viga (Fig. 3-14).

Los resultados de la proyección de fuerzas se detallan a continuación.

$$FE_x = FE \cdot (\cos 24^\circ) = 45.419 \text{ kg } \cos 24 = 41.200 \text{ kg}$$

$$FE_y = FE \cdot (\sen 24^\circ) = 45.419 \text{ kg } \sen 24 = 18.343 \text{ kg}$$

$$FD_x = FD \cdot (\cos 22^\circ) = 45.226 \text{ kg } \cos 22 = 41.933 \text{ kg}$$

$$FD_y = FD \cdot (\sen 22^\circ) = 45.226 \text{ kg } \sen 22 = 16.942 \text{ kg}$$

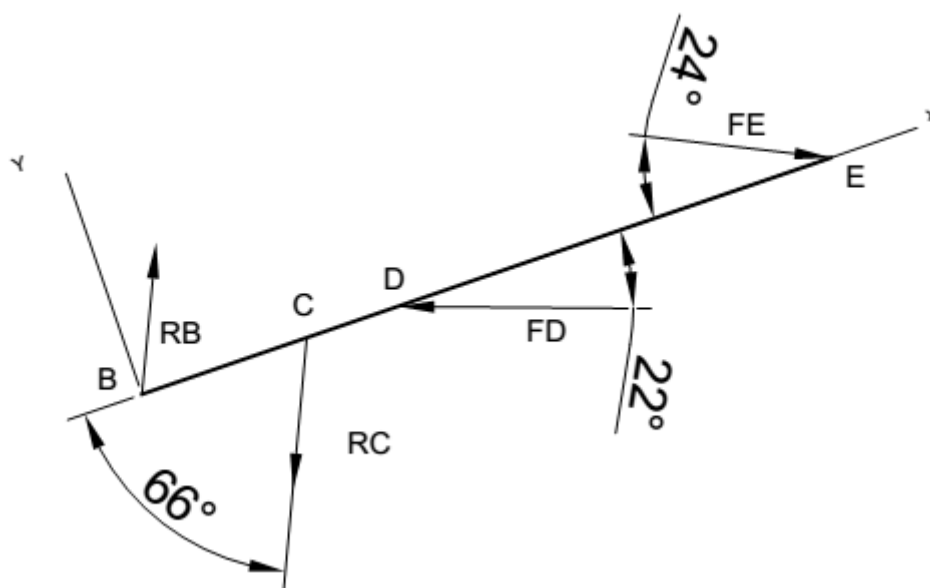


Fig. 3-14. Transformación del sistema de fuerzas

Con estas proyecciones se puede analizar un sistema equivalente para la viga como se muestra en el siguiente esquema (Fig. 3-15).

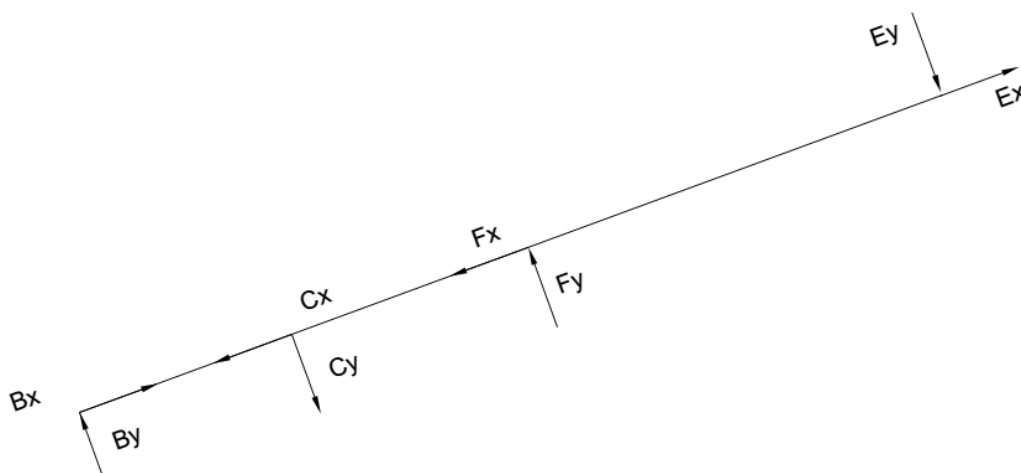


Fig. 3-15. Proyección de fuerzas

Aplicando el mismo razonamiento que para la viga anterior, el punto B representa una articulación entre columna y viga; así mismo el punto C es el anclaje del cilindro hidráulico con la viga. Dichos puntos son equivalentes a un vínculo de segunda especie y a una biela respectivamente; para el esquema anterior la viga puede ser considerada como empotrada en el extremo donde posee los vínculos (Fig. 3-16).

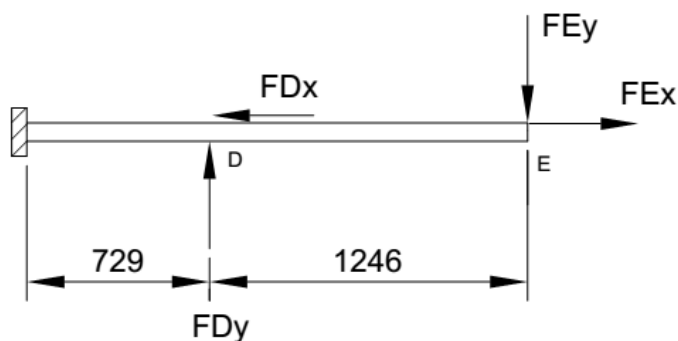


Fig. 3-16. Esquema de la viga BE

A continuación se analizarán los tramos de la viga para conocer los momentos flectores.

Tramo $0 < x < 124,6$

$$N = FE_x = 41200 \text{ kg}$$

$$Q = -FE_y = -18343 \text{ kg}$$

$$M = FE_y(x) = \begin{cases} \text{si } x = 0 \rightarrow M = 0 \text{ kgcm} \\ \text{si } x = 124,6 \rightarrow M = 2.285.538 \text{ kgcm} \end{cases}$$

Tramo $124,6 < x < 197,5$

$$N = FE_x + FD_x = 41200 \text{ kg} - 41933 \text{ kg} = 733 \text{ kg}$$

$$Q = -FE_y + FD_y = -18343 \text{ kg} + 16942 \text{ kg} = 1401 \text{ kg}$$

$$M = FE_y(x) - FD_y(x - 124,6) = \begin{cases} \text{si } x = 124,6 \rightarrow M = 2.285.538 \text{ kgcm} \\ \text{si } x = 197,5 \rightarrow M = 2.385.976 \text{ kgcm} \end{cases}$$

Para el dimensionamiento se considera el máximo momento flector al que se encuentra sometida la viga, este tiene un valor de:

$$M_f = 2.385.976 \text{ kgcm}$$



Además la viga está sometida a un esfuerzo normal considerable durante una parte de su longitud por lo cual se lo tendrá en cuenta en los cálculos.

Para el brazo principal se ha propuesto un perfil tipo U (Fig. 3-17) para dar suficiente espacio para el alojamiento de los actuadores hidráulicos y permitir que pueda moverse libremente durante la apertura de la maquina ya que, durante la rotación de los brazos, el cilindro puede introducirse dentro del canal de la viga.

Las características del perfil adoptado se muestran a continuación:

$$H = 400 \text{ mm}$$

$$B = 350 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

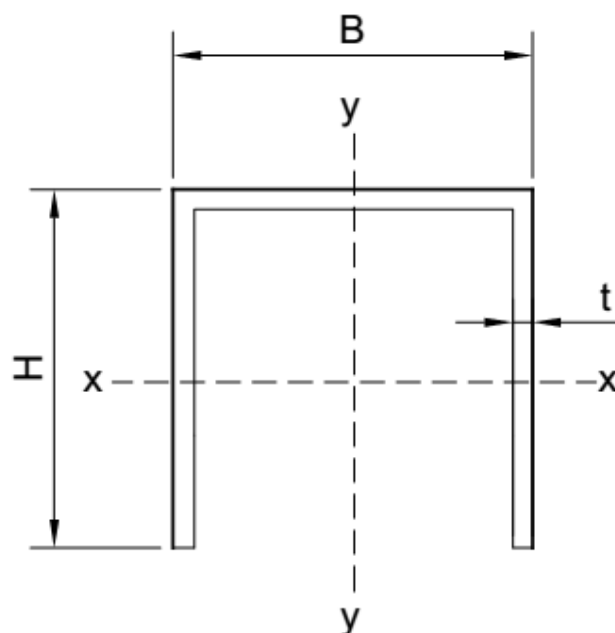


Fig. 3-17. Perfil viga BE

Teniendo en consideración el esfuerzo de flexión y el esfuerzo normal obtenidos anteriormente junto con las características de la sección adoptada, se calcula una tensión de trabajo a la cual el perfil va a estar sometida.

$$S_{tr} = \frac{M_f}{W_x} + \frac{FE_x}{A}$$

$$S_{tr} = \frac{2.385.976 \text{ kgcm}}{760 \text{ cm}^3} + \frac{41200 \text{ kg}}{113 \text{ cm}^2} = 3504 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$



Calculando el coeficiente de seguridad en base a la resistencia a la fluencia se obtiene:

$$N = \frac{S_y}{S_{tr}} = \frac{7130 \frac{kg}{cm^2}}{3504 \frac{kg}{cm^2}} = 2,03$$

3.3.1.3 Análisis viga AB

La viga presenta el punto A empotrado sobre el cual actúa la fuerza Cy del segundo cilindro. En el extremo B actúan las fuerzas debido a la viga BE (Fig. 3-18).



Fig. 3-18. Esquema viga AB

$$\sum M_A = FB \cdot (46) - M_{emp} = 0$$

$$M_{emp} = FB \cdot (46) = 57925 \text{ kg} (46 \text{ cm}) = 2.664.550 \text{ kgcm}$$

Para el dimensionamiento, se procederá como en el caso de la viga anterior. El perfil de la columna seleccionado corresponde a una sección tipo U. El perfil presenta mayores dimensiones para permitir no solo el alojamiento del cilindro hidráulico sino también para lograr el acoplamiento de la viga en el interior (Fig. 3.19).

$$H = 400 \text{ mm}$$

$$B = 370 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

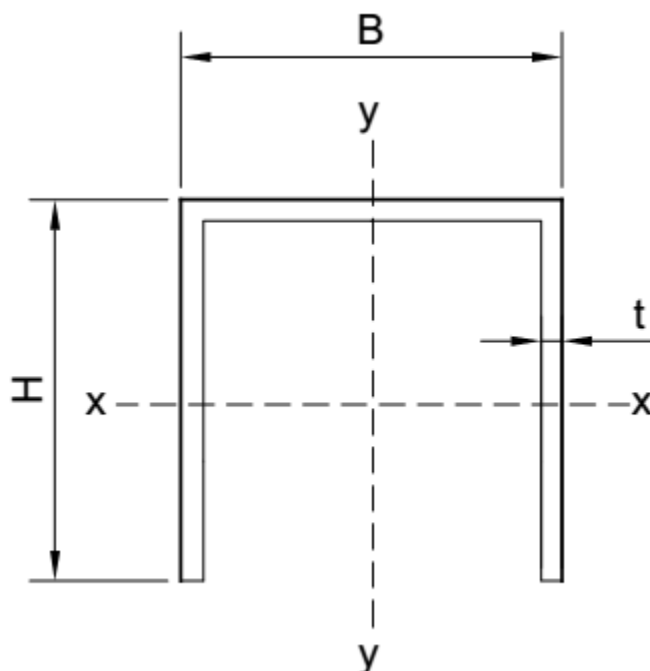


Fig. 3-19. Perfil viga AB

El procedimiento de cálculo a seguir es similar al caso antes descrito; se calcula la tensión de trabajo en base a los esfuerzos en la columna y se plantea su coeficiente de seguridad tomando como referencia la resistencia a la fluencia.

$$S_{tr} = \frac{M_f}{W_x} + \frac{FE_x}{A}$$
$$S_{tr} = \frac{2.664.550 \text{ kgcm}}{766 \text{ cm}^3} + \frac{57925 \text{ kg}}{115 \text{ cm}^2} = 3982 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Calculando el coeficiente de seguridad en base a la resistencia a la fluencia se obtiene:

$$N = \frac{S_y}{S_{tr}} = \frac{7130 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{3982 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 1,79$$



3.3.2 Estudio para pluma con inclinación de 70°

En esta situación, la pluma se encuentra formando un ángulo de 70 grados con la horizontal. El modelo de estudio posee también las 3 vigas principales (la viga AB, la viga BE y la viga EG) como también así las bielas de los cilindros hidráulicos.

3.3.2.1 Análisis viga EG

El punto E se considera como una articulación del mismo modo que en el caso anterior. Asimismo, el punto G es el extremo de la viga donde se aplica la carga P de 2000 kg. El cilindro hidráulico actúa, sobre el punto F formando, en este caso, un ángulo de 44 grados con respecto a la horizontal y se contempla como vínculo de primera especie (Fig. 3-20).

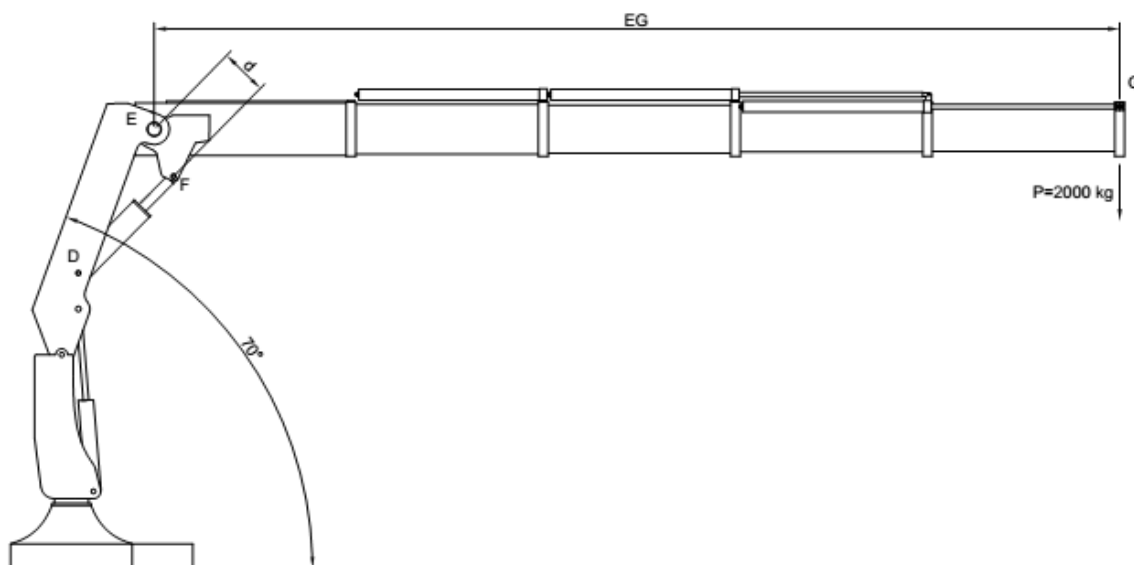


Fig. 3-20. Viga EG en posición 70°

Las distancias del esquema son las siguientes:

$$EF = d = 488 \text{ mm}$$

$$EG = 1000 \text{ mm}$$

$$P = 2000 \text{ kg}$$



Para el cálculo de las reacciones se realiza la sumatoria de momentos con respecto al punto E, esto permitirá conocer la fuerza que actúa sobre el cilindro.

$$\sum M_E = P \cdot (EG) - F_y \cdot (EF) = 0$$
$$F = \frac{P \cdot (EG)}{(EF)} = \frac{2000 \text{ kg} \cdot 1000 \text{ cm}}{48,8 \text{ cm}} = 40.983 \text{ kg}$$

Una vez hallada la fuerza que actúa sobre el primero de los cilindros se procede a obtener las componentes de la fuerza en el plano xy (Fig. 3-21).

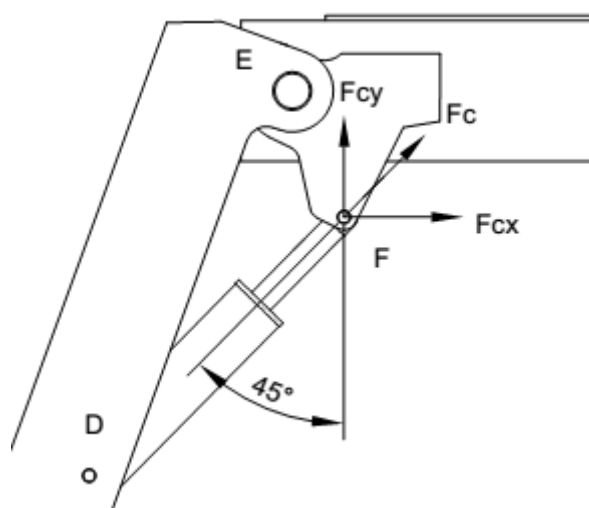


Fig. 3-21. Fuerzas en el cilindro

$$F_{c_x} = F \cdot (\text{sen } 45^\circ) = 40.983 \text{ kg} \text{ sen } 45^\circ = 28.725 \text{ kg}$$

$$F_{c_y} = F \cdot (\text{cos } 45^\circ) = 40.983 \text{ kg} \text{ cos } 45^\circ = 29.231 \text{ kg}$$

A continuación se realiza la sumatoria de fuerzas con el objetivo de conocer el valor de la reacción en el punto E.

$$\sum F_y = F_{c_y} - P + RE_y = 0$$

$$RE_y = P - F_{c_y}$$

$$RE_y = 2000 \text{ kg} - 29.231 \text{ kg} = 1970.769 \text{ kg}$$



$$\sum F_x = F_x - RE_x = 0$$

$$RE_x = F_{c_x}$$

$$RE_x = 28.725 \text{ kg}$$

Una vez halladas las componentes en plano xy es posible conocer el valor de la reacción y su dirección (Fig. 3-22).

$$RE = \sqrt{RE_x^2 + RE_y^2}$$

$$RE = 39.581 \text{ kg}$$

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{RE_y}{RE_x} = \text{arctg} \frac{27231}{28725} = 43^\circ$$

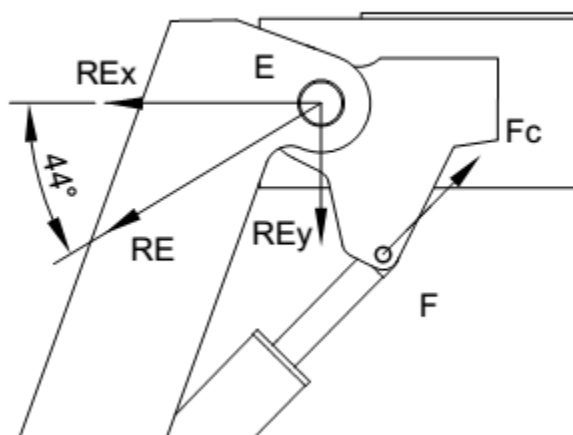


Fig. 3-22. Reacciones en el punto E

3.3.2.2 Análisis viga BE

La siguiente viga presenta el punto B articulado, motivo por el cual se lo considera como vínculo de segunda especie. En el punto C se encuentra el segundo cilindro hidráulico que actúa como un apoyo de primera especie. Las fuerzas en los puntos E y F representan las acciones que la viga EG ejercen sobre la viga BE (Fig. 3-23).

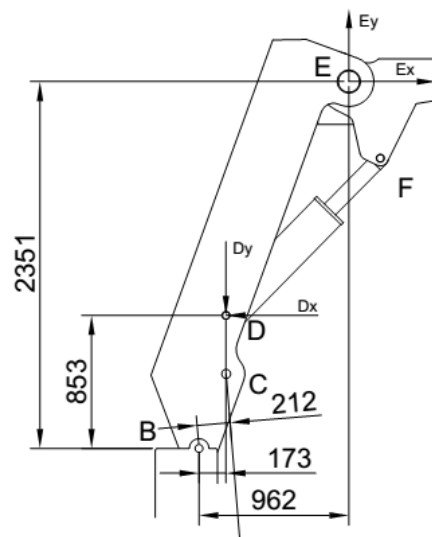


Fig. 3-23- Viga BE

Se realiza la sumatoria de momentos con respecto al punto B para conocer la fuerza en el cilindro.

$$\sum M_B = -E_y \cdot (96,2) + E_x \cdot (235) + D_y \cdot (17,3) - D_x \cdot (85,3) + RC_y \cdot (21,2) = 0$$

$$RC = \frac{27231 \text{ kg } 96,2\text{cm} - 28275 \text{ kg } 235\text{cm} - 27231 \text{ kg } 17,3\text{cm} + 28275 \text{ kg } 85,3\text{cm}}{21,2 \text{ cm}}$$

$$RC = 101.491 \text{ kg}$$

Las componentes en el plano xy de RC se muestran a continuación:

$$RC_x = 8.845 \text{ kg}$$

$$RC_y = 101.106 \text{ kg}$$

Realizando la sumatoria de fuerzas se obtienen las reacciones en el punto B.

$$\sum F_y = -RC_y - D_y + E_y + RB_y = 0$$

$$RB_y = 101106 \text{ kg} + 8845 \text{ kg} - 8845 \text{ kg} = 101106 \text{ kg}$$

$$\sum F_x = -D_x + E_x + RB_x + RC_x = 0$$

$$RB_x = D_x - E_x + RC_x = 28275\text{kg} - 28275 + 8845 \text{ kg} = 8845 \text{ kg}$$



Para dimensionar esta viga es necesario realizar una transformación de las fuerzas del sistema de coordenadas cartesianas anterior a un sistema local cuyos ejes de coordenadas sean coincidentes con la viga (Fig. 3-24).

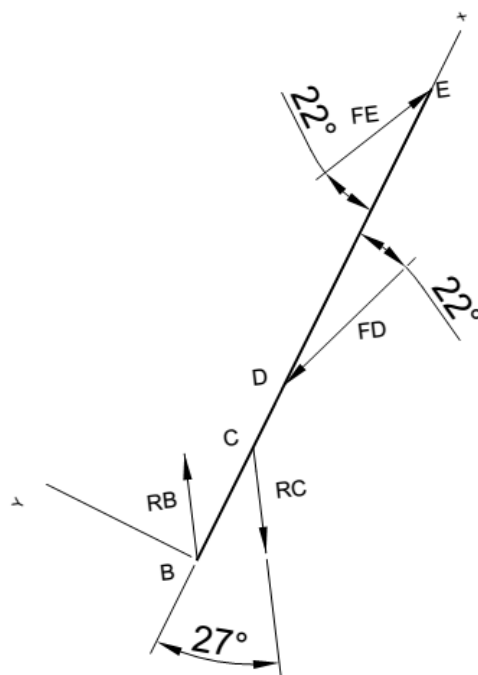


Fig. 3.24 Transformación de fuerzas viga BE

Los resultados de la proyección de fuerzas se detallan a continuación.

$$FE_x = FE \cdot (\cos 22^\circ) = 39.581 \text{ kg} \cos 22 = 36.699 \text{ kg}$$

$$FE_y = FE \cdot (\sen 22^\circ) = 39.581 \text{ kg} \sen 22 = 14.827 \text{ kg}$$

$$FD_x = FD \cdot (\cos 22^\circ) = 40.983 \text{ kg} \cos 22 = 37.700 \text{ kg}$$

$$FD_y = FD \cdot (\sen 22^\circ) = 40.983 \text{ kg} \sen 22 = 15.352 \text{ kg}$$



Con estas proyecciones se puede analizar un sistema equivalente para la viga como se muestra en el siguiente esquema (Fig. 3-25).

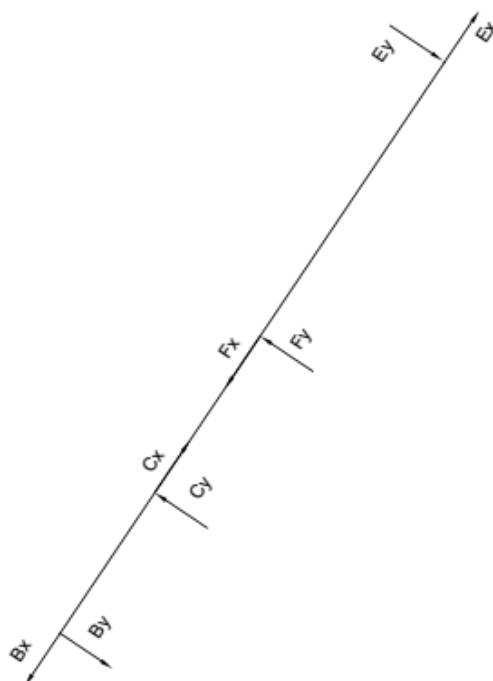


Fig. 3-25. Proyección de fuerzas viga BE

Aplicando el mismo razonamiento que para la viga anterior, el punto B representa una articulación entre columna y viga; así mismo el punto C es el anclaje del cilindro hidráulico con la viga. Dichos puntos son equivalentes a un vínculo de segunda especie y a una biela respectivamente; para el esquema anterior la viga puede ser considerada como empotrada en el extremo donde posee los vínculos.

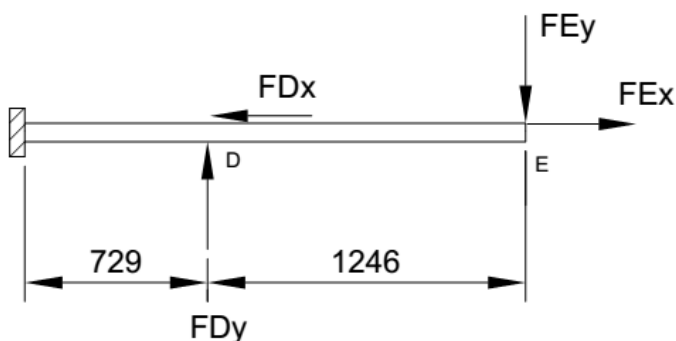


Fig. 3-26. Esquema viga BE



El análisis de los tramos de la viga es el siguiente:

Tramo $0 < x < 124,6$

$$N = FE_x = 36699 \text{ kg}$$

$$Q = -FE_y = -14827 \text{ kg}$$

$$M = FE_y (x) = \begin{cases} \text{si } x = 0 \rightarrow M = 0 \text{ kgcm} \\ \text{si } x = 124,6 \rightarrow M = 1.847.444 \text{ kgcm} \end{cases}$$

Tramo $124,6 < x < 197,5$

$$N = FE_x + FD_x = 36699 \text{ kg} - 37700 \text{ kg} = 1001 \text{ kg}$$

$$Q = -FE_y + FD_y = -14827 \text{ kg} + 15532 \text{ kg} = 705 \text{ kg}$$

$$M = FE_y (x) - FD_y(x - 124,6) = \begin{cases} \text{si } x = 124,6 \rightarrow M = 1.847.444 \text{ kgcm} \\ \text{si } x = 197,5 \rightarrow M = 1.794.497 \text{ kgcm} \end{cases}$$

El dimensionamiento se realiza considerando el máximo momento flector al que se encuentra sometida la viga, el cual tiene un valor de:

$$M_f = 1.847.444 \text{ kgcm}$$

Además la viga está sometida a un esfuerzo normal considerable durante una parte de su longitud por lo cual se lo tendrá en cuenta en los cálculos.

Para el brazo principal se ha propuesto con anterioridad un perfil tipo U 350 X 400 X 10 para dar suficiente espacio para el alojamiento de los actuadores hidráulicos y permitir que pueda moverse libremente durante la apertura de la maquina ya que durante la rotación de los brazos el cilindro puede introducirse dentro del canal de la viga.

Teniendo en consideración el esfuerzo de flexión y el esfuerzo normal obtenidos anteriormente junto con las características de la sección adoptada, se calcula una tensión de trabajo a la cual el perfil va a estar sometida.

$$S_{tr} = \frac{M_f}{W_x} + \frac{FE_x}{A}$$

$$S_{tr} = \frac{1.847.444 \text{ kgcm}}{760 \text{ cm}^3} + \frac{36699 \text{ kg}}{113 \text{ cm}^2} = 2756 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$



Calculando el coeficiente de seguridad en base a la resistencia a la fluencia se obtiene:

$$N = \frac{S_y}{S_{tr}} = \frac{7130 \frac{kg}{cm^2}}{2756 \frac{kg}{cm^2}} = 2,58$$

3.3.2.3 Análisis viga AB

La viga presenta el punto A empotrado sobre el cual actúa la fuerza Cy del segundo cilindro. En el extremo B actúan las fuerzas debido a la viga BE.

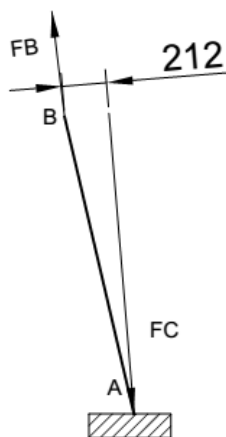


Fig. 3-27. Esquema viga AB

$$\sum M_A = FB \cdot (21,2) - M_{emp} = 0$$

$$M_{emp} = FB \cdot (21,2) = 101491 \text{ kg} (21,2 \text{ cm}) = 2.151.609 \text{ kgcm}$$

Para el dimensionamiento de la viga AB, el perfil de la columna seleccionado corresponde a la sección U 370 x 400 x 10 propuesta como resultado del estudio de la viga AB (apartado 3.3.1.3). El procedimiento de cálculo a seguir es similar al caso antes descrito; se calcula la tensión de trabajo en base a los esfuerzos en la columna y el coeficiente de seguridad en base a la fluencia.

$$S_{tr} = \frac{M_f}{W_x} + \frac{FE_x}{A}$$

$$S_{tr} = \frac{2.151.609 \text{ kgcm}}{766 \text{ cm}^3} + \frac{101491 \text{ kg}}{115 \text{ cm}^2} = 3691 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$N = \frac{S_y}{S_{tr}} = \frac{7130 \frac{kg}{cm^2}}{3691 \frac{kg}{cm^2}} = 1,93$$



3.4 CILINDROS HIDRÁULICOS

3.4.1 Dimensionamiento de los cilindros principales

Para llevar a cabo el dimensionamiento, es necesario conocer cuál es la fuerza que efectivamente actúa en los cilindros. Como la fuerza obtenida en el análisis estático representa una condición de equilibrio, la fuerza producida por el cilindro debe ser algo mayor que el valor obtenido de las reacciones de vínculo; de esta manera se lograra vencer la inercia del sistema permitiendo el movimiento del brazo. A los efectos anteriores, el incremento de la fuerza se considera de un 25%.

$$F_{C1} = 57.925 \text{ kg}$$

$$F_{C2} = 101.491 \text{ kg}$$

Cilindro hidráulico N°1

Cálculo de la fuerza de apertura del cilindro

$$F_1 = F_{C1} (1,25) = 57925 (1,25) = 72.406 \text{ kg}$$

A continuación se determinara el diámetro del pistón utilizando un solo actuador y una presión de 150 kg/cm^2

$$A = \frac{F_1}{P} = \frac{72406}{150} = 482,7 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{483 (4)}{\pi}} = 24,8 \text{ cm} \rightarrow 25,4 \text{ cm} = 10 \text{ pulg}$$

Se propone un tiempo de apertura de cilindro de 30 segundos para determinar la potencia hidráulica.

$$V_{cil} = A \cdot C = 483 \text{ cm}^2 \cdot (90 \text{ cm}) = 43470 \text{ cm}^3$$

$$Q = \frac{V_{cil}}{t} = \frac{43470 \text{ cm}^3}{30 \text{ s}} = 1449 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} = 87 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

$$N = \frac{PQ}{450 \text{ n}} = \frac{150 \text{ bar} \cdot 87 \frac{\text{l}}{\text{min}}}{450(0,9)} = 32,2 \text{ HP}$$



Utilizando 2 actuadores y 150 kg/cm^2 de presión.

$$F = \frac{F_1}{2} = \frac{72406 \text{ kg}}{2} = 36.203 \text{ kg}$$

$$A = \frac{36203}{150} = 241 \text{ cm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{241 (4)}{\pi}} = 17,5 \text{ cm}$$

Como se puede observar del análisis, utilizar dos cilindros en paralelo requiere de incrementar el ancho del perfil de la viga principal para permitir el alojamiento de ambos actuadores; de utilizar solo un cilindro no es necesaria dicha modificación.

Cilindro hidráulico N°2

El procedimiento de cálculo es análogo al cilindro 1, se tendrán en consideración las conclusiones anteriormente expuestas debido a que este cilindro involucra una carga mayor que el anterior. Primero se determina la fuerza de apertura de cilindro.

$$F_2 = F_{c2} (1,25) = 101491 (1,25) = 126.864 \text{ kg}$$

El diámetro del pistón se calcula utilizando un solo actuador y una presión de 150 kg/cm^2

$$A = \frac{126864}{150} = 845,7 \text{ cm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{845,7 (4)}{\pi}} = 32,8 \text{ cm} \rightarrow 33,02 \text{ cm} = 13 \text{ pulg}$$

Cálculo de la potencia hidráulica

$$V_{cil} = A \cdot C = 846 \text{ cm}^2 \cdot (90 \text{ cm}) = 76.140 \text{ cm}^3$$

$$Q = \frac{V_{cil}}{t} = \frac{76.140}{30 \text{ s}} = 2538 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} = 152 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

$$N = \frac{PQ}{450 \text{ n}} = \frac{150 \text{ bar} \cdot 152 \frac{\text{l}}{\text{min}}}{450(0,9)} = 56 \text{ HP}$$



VERIFICACIÓN DE PANDEO

Una vez determinadas las dimensiones de los cilindros, se procede a la verificación del vástago trabajando a pandeo. El vástago del cilindro está construido en acero AISI 4140.

Para el cálculo, se recurre a un proceso de iteración con el objetivo de determinar un diámetro que verifique las condiciones de seguridad. Las mismas establecen que el coeficiente de seguridad debe ser mayor a 3,5 para ser satisfactorio. Se propone un diámetro de vástago de 12 cm.

$$D = 12 \text{ cm}$$

$$F_{C1} = 72.406 \text{ kg}$$

$$l = 200 \text{ mm}$$

$$F_{C2} = 126.864 \text{ kg}$$

Cilindro hidráulico N°1

A continuación se procede a calcular los parámetros geométricos para luego aplicar la ecuación de pandeo.

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(12)^2}{4} = 113 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{\pi(12)^4}{64} = 16277 \text{ cm}^4$$

$$k = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{16277}{78,5}} = 10,63$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\lambda = \frac{L}{k} = \frac{200}{8,86} = 18$$

Ecuación de pandeo:

$$F_{crit} = S_y A \left(1 - \frac{S_y \lambda^2}{4E\pi^2} \right) = 644517 \text{ kg}$$

$$N = \frac{F_{crit}}{F_{cil}} = \frac{644517}{72406} = 8,9$$

Coefficiente de pandeo para el cilindro N°1: $N_1 = 8,9$

$$N_1 > 3,5 \rightarrow \text{Verifica}$$



Cilindro hidráulico N°2

Procediendo de manera análoga, se puede aplicar la ecuación de Jhonsson al cilindro 2 y verificar la seguridad del vástago propuesto.

$$F_{crit} = S_y A \left(1 - \frac{S_y \lambda^2}{4E\pi^2} \right) = 644517 \text{ kg}$$

$$N = \frac{F_{crit}}{F_{cil}} = \frac{644517}{126864} = 5,08$$

Coefficiente de pandeo para el cilindro N°2: $N_2 = 5,08$

$$N_2 > 3,5 \rightarrow \text{Verifica}$$

3.4.2 Dimensionamiento de los cilindros del brazo telescópico

El cálculo de de estos cilindros se realiza para cada tramo individualmente, se considera que las fuerzas que actuaran sobre cada uno serán la carga correspondiente a ese tramo y el peso propio de la viga.

Al existir cuatro extensiones hidráulicas serán necesarios cuatro actuadores hidráulicos. Cada uno de ellos estará vinculado en el tramo precedente y por el tramo a ser impulsado. Como el tramo 5 no posee movimientos de extensión y retracción, solo rotación en torno al brazo principal, queda omitido del cálculo de los actuadores.

El peso de los tramos telescópicos se muestra a continuación:

$$W_1 = 78 \text{ kg}$$

$$W_3 = 287 \text{ kg}$$

$$W_2 = 159 \text{ kg}$$

$$W_4 = 510 \text{ kg}$$

Análisis de fuerzas

Para el estudio se considera que el cilindro debe resistir el peso a cargar (P) más el peso propio del tramo que está en elevación (W). Estas fuerzas forman un ángulo de 48° con la fuerza que debe realizar el cilindro, cuando el brazo está completamente extendido y en posición de máxima elevación (Fig. 3-28).

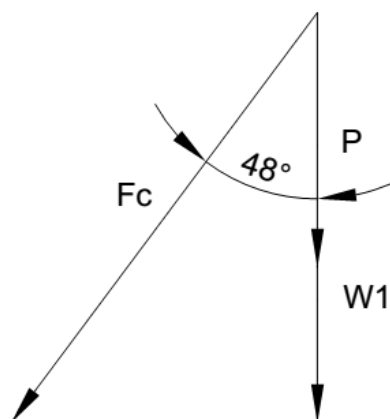


Fig. 3-28. Esquema de fuerzas.

Del siguiente planteo se obtiene la fuerza que realiza el cilindro y se incrementa dicho valor un 25%.

$$\frac{F_c}{\text{sen } 90^\circ} = \frac{P + W_1}{\text{sen } 48^\circ}$$

$$F_c = \frac{\text{sen } 90}{\text{sen } 48} (P + W_1) = 1,78 (P + W)$$

$$F_{ct} = 1,25 F_c$$

Se calcula la fuerza para el cilindro del tramo 4.

$$F_c = 1,78 \cdot (4510) = 8028 \text{ kg}$$

$$F_{ct} = 1,25 \cdot (8028) = 10.035 \text{ kg}$$

El diámetro requerido para el cilindro resulta ser:

$$A = \frac{F_{ct}}{P} = \frac{10.035}{150} = 67 \text{ cm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{67 (4)}{\pi}} = 9,24 \text{ cm}$$

Este diámetro se lleva a una medida comercial expresada en pulgadas.

$$D = 9,24 \text{ cm} \rightarrow 4'' (10,16 \text{ cm})$$



Procediendo de la misma forma que para el primer tramo, se calcula el cilindro para los tramos restantes y se aproxima el resultado obtenido a un valor comercial. Los resultados se dan a continuación:

Tramo N°3

$$F_{ct} = 7313 \text{ kg}$$

$$A = 49 \text{ cm}^2$$

$$D = 7,88 \text{ cm} \rightarrow 3,5" (8,89 \text{ cm})$$

Tramo N°2

$$F_{ct} = 5694 \text{ kg}$$

$$A = 38 \text{ cm}^2$$

$$D = 6,95 \text{ cm} \rightarrow 3" (7,62 \text{ cm})$$

Tramo N°1

$$F_{ct} = 4625 \text{ kg}$$

$$A = 30,8 \text{ cm}^2$$

$$D = 6,26 \text{ cm} \rightarrow 2,5" (6,35 \text{ cm})$$

Debido a que es posible hallar un cilindro específico para cada brazo, se procede a hallar el diámetro para las condiciones de mayor sollicitación (tramo número 4) y emplear dicho valor para la sección número 3 que es menos sollicitada; de esta manera se pretende estandarizar las piezas del equipo.

VERIFICACIÓN DE PANDEO

El procedimiento llevado a cabo para el cálculo de los cilindros principales es también aplicable a los cilindros de las secciones telescópicas. El material empleado para la construcción de los vástagos es acero AISI 4140. El cálculo se realiza para el tramo 4 y los resultados para los tramos restantes se exponen a continuación:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(5)^2}{4} = 19,62 \text{ cm}^2$$



$$I_x = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{\pi(5)^4}{64} = 490,62 \text{ cm}^4$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$k = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{490,62}{19,62}} = 4,43$$

$$\lambda = \frac{L}{k} = \frac{400}{4,43} = 90$$

Ecuación de pandeo

$$F_{crit} = S_y A \left(1 - \frac{S_y \lambda^2}{4E\pi^2} \right) = 49099,3 \text{ kg}$$

$$N = \frac{F_{crit}}{F_{cil}} = \frac{49099,3}{10035} = 3,67$$

Tramo N°3

$$D = 5 \text{ cm}$$

$$L = 400 \text{ cm}$$

$$A = 19,62 \text{ cm}^2$$

$$\lambda = 90$$

$$F_{crit} = 49099 \text{ kg}$$

$$F_{cil} = 7313 \text{ kg}$$

$$N = 6,71$$

Tramo N°2

$$D = 5 \text{ cm}$$

$$L = 400 \text{ cm}$$

$$A = 19,62 \text{ cm}^2$$

$$\lambda = 90$$

$$F_{crit} = 49099 \text{ kg}$$

$$F_{cil} = 5694 \text{ kg}$$

$$N = 8,62$$

Tramo N°1

$$D = 5 \text{ cm}$$

$$L = 400 \text{ cm}$$

$$A = 19,62 \text{ cm}^2$$

$$\lambda = 90$$

$$F_{crit} = 49099 \text{ kg}$$

$$F_{cil} = 4625 \text{ kg}$$

$$N = 10,61$$



3.4.3 Dimensionamiento de los soportes de cilindros del brazo telescópico

En este apartado, se procede a dimensionar las placas de soporte para los cilindros; las mismas se unen mediante soldadura a los refuerzos de cada tramo de la viga. Dado que la fuerza del cilindro que actúa en el tramo 4 representa la condición más desfavorable, el soporte se calcula teniendo en cuenta dicho estado de carga.

La fuerza actuante en uno de los soportes es la mitad de la fuerza total en el cilindro 4, por lo tanto:

$$F_4 = \frac{10.035 \text{ kg}}{2} = 5017,5 \text{ kg}$$

Considerando al soporte como una viga en voladizo sometida a la fuerza F_4 en el extremo libre, el momento flector máximo toma el siguiente valor:

$$M_4 = 5017,5 \text{ kg} \cdot (12 \text{ cm}) = 60.210 \text{ kgcm}$$

Considerando un coeficiente de seguridad $N=2$, la tensión admisible toma el siguiente valor:

$$S_{ad} = \frac{7130 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{2} = 3565 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

El módulo resistente requerido es el siguiente:

$$W_{req} = \frac{M_4}{S_{ad}} = \frac{60.210}{3565} = 17 \text{ cm}^3$$

Para la base del soporte se propone una sección rectangular de 10 x 110 mm cuyo modulo resistente es el siguiente:

$$W_{perfil} = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{(1)(11)^2}{6} = 20,16 \text{ cm}^3$$

Por lo cual se verifica que la sección debe resistir los esfuerzos generados por el cilindro.

También se ha realizado una simulación de la misma pieza mediante elementos finitos, se ha aplicado la misma carga actuando en el orificio del soporte y considerando la base empotrada (Fig. 3-29). La pieza en general presenta un buen aspecto con zonas de baja tensión (azul) y áreas cercanas a la base donde se aproxima a la tensión admisible propuesta mediante el cálculo teórico (verde). Existen algunos puntos donde la tensión es más elevada en comparación al modelo teórico, sin embargo todavía se encuentra por debajo del límite elástico del material.

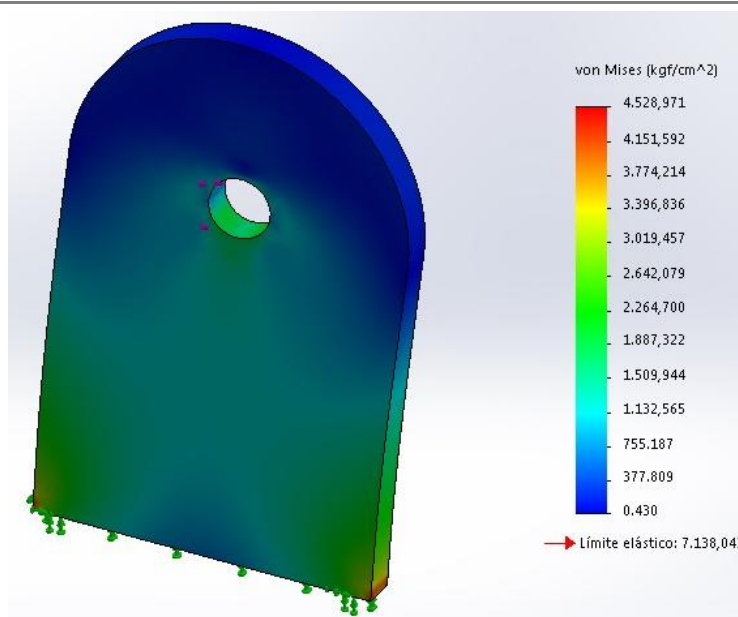


Fig. 3-29. Tensiones en el soporte de cilindro

3.5 PERNOS DE ARTICULACIÓN

3.5.1 Perno unión cilindros- vigas principales

La articulación entre las piezas se logra mediante un pasador que conecta la horquilla del cilindro hidráulico con la viga principal. Dicha horquilla permite una reducción de las fuerzas de corte a la mitad. El material empleado para el perno es acero AISI 1045 laminado.

- Pernos de unión cilindro hidráulico 1-viga principal (Fig. 3-30).

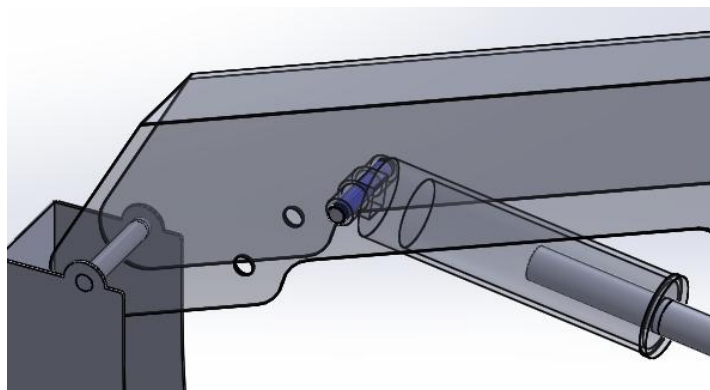


Fig. 3-30. Perno cilindro 1- Viga



En este perno, la fuerza del cilindro 1 se divide en dos planos de corte generando las F_s (Fig. 3-31).

$$F_1 = 72406 \text{ kg}$$

$$F_s = \frac{72406 \text{ kg}}{2} = 36203 \text{ kg}$$

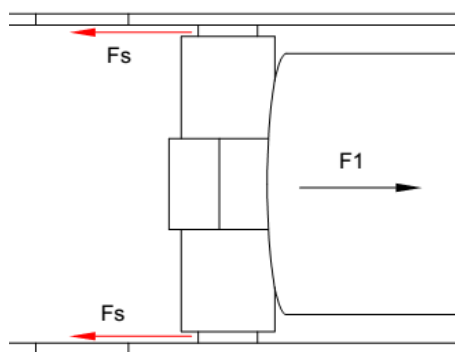


Fig. 3-31. Fuerzas de corte en el perno 1

$$S_s = 0,6 S_y = 0,6 (5062) = 3037 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

La tensión admisible de trabajo se obtiene asignando un coeficiente de seguridad de 2

$$S_{s \text{ ad}} = \frac{S_s}{N} = \frac{3037}{2} = 1518,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$A = \frac{F_s}{S_{s \text{ ad}}} = \frac{36203}{1518,5} = 23,84 \text{ cm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{(23,84) 4}{\pi}} = 5,51 \text{ cm}$$

Como se puede observar en el resultado de la simulación (Fig. 3-31), la pieza presenta un buen aspecto donde predominan las regiones de color azul sobre el cuerpo (zona de tensiones bajas) y zonas verdes donde actúan las fuerzas en el perno (zona de tensiones más elevadas).

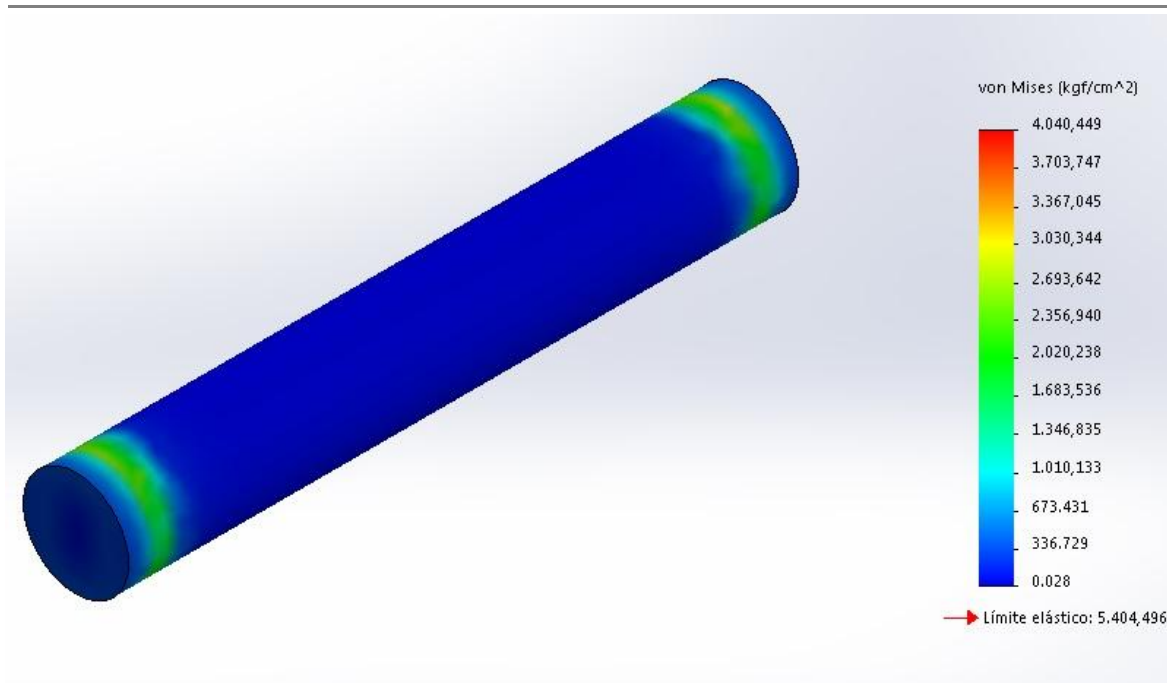


Fig. 3-32. Tensiones en el perno 1

- Pernos de unión cilindro hidráulico 2 -viga principal/columna (Fig. 3-33).

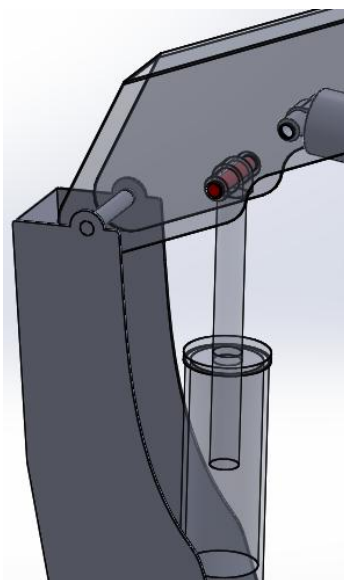


Fig. 3-33. Perno cilindro 2-columna



El procedimiento de cálculo es análogo al caso anterior, existen dos planos de corte que dividen a la mitad el esfuerzo del cilindro (Fig. 3-34).

$$F_2 = 126864 \text{ kg}$$

$$F_s = \frac{126864 \text{ kg}}{2} = 63432 \text{ kg}$$

$$S_s = 0,6 S_y = 0,6 (5062) = 3037 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

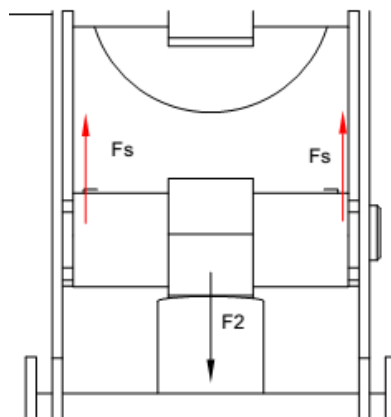


Fig. 3-34. Fuerzas de corte en el perno 2

La tensión admisible de trabajo se obtiene asignando un coeficiente de seguridad de 2

$$S_{s \text{ ad}} = \frac{S_s}{N} = \frac{3037}{2} = 1518,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$A = \frac{F_s}{S_{s \text{ ad}}} = \frac{63432}{1518,5} = 41,77 \text{ cm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{(41,77) 4}{\pi}} = 7,3 \text{ cm}$$

El en perno 2 también se ha realizado una simulación (Fig. 3-35), la pieza presenta regiones de color azul sobre el cuerpo (zona de tensiones bajas), zonas verdes donde actúan las fuerzas en el perno (zona de tensiones más elevadas) y algunos nodos con tensiones más elevadas.

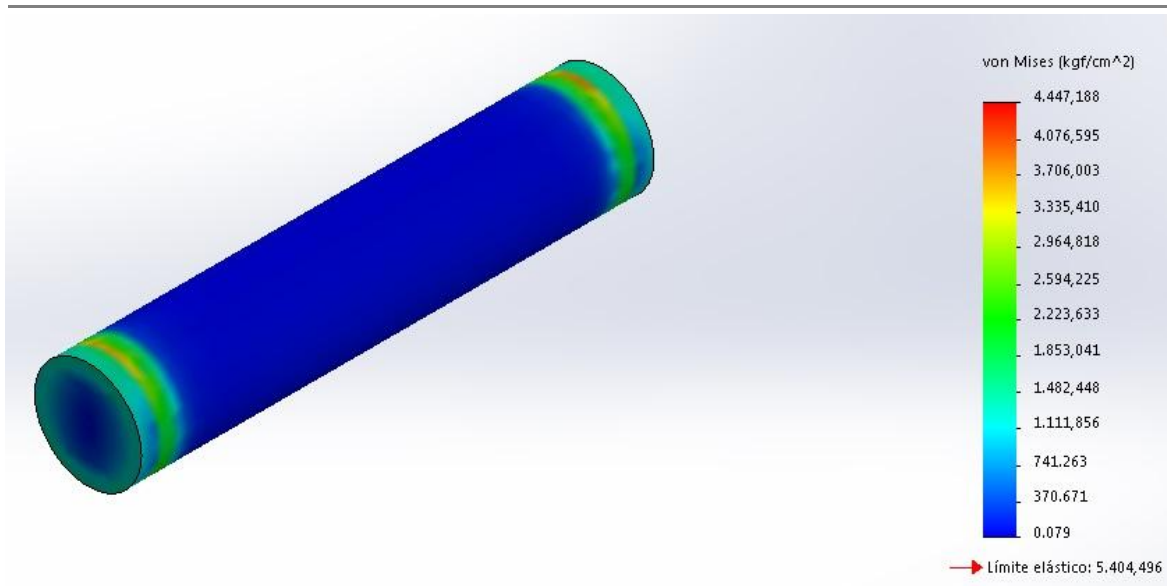


Fig. 3-35. Tensiones en el perno 2

3.5.2 Perno unión columna-viga principal

Este perno se calcula de la misma forma que el anterior, pero ahora considerando las fuerzas que actúan en el punto de articulación (Fig. 3-36).

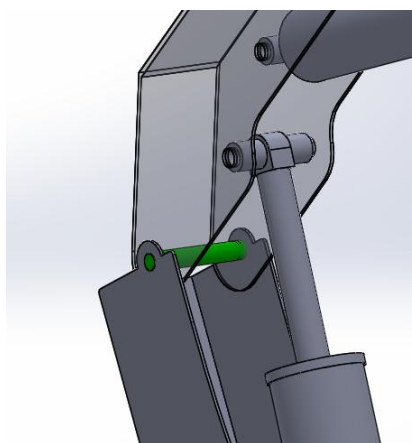


Fig. 3-36. Perno unión columna-viga

$$F_B = 101491 \text{ kg}$$

$$F_s = \frac{101491 \text{ kg}}{2} = 50745 \text{ kg}$$



$$S_s = 0,6 S_y = 0,6 (5062) = 3037 \frac{kg}{cm^2}$$

La tensión admisible de trabajo se obtiene asignando un coeficiente de seguridad de 2

$$S_{s\ ad} = \frac{S_s}{N} = \frac{3037}{2} = 1518,5 \frac{kg}{cm^2}$$

$$A = \frac{F_s}{S_{s\ ad}} = \frac{50745}{1518,5} = 33,4 \text{ cm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{(33,4) 4}{\pi}} = 6,52 \text{ cm}$$

Finalmente, en los resultados del estudio del perno 3 (Fig. 3-37), la pieza presenta regiones de color azul sobre el cuerpo (zona de tensiones bajas), zonas verdes donde actúan las fuerzas en el perno (zona de tensiones más elevadas) y algunos nodos con tensiones más elevadas.

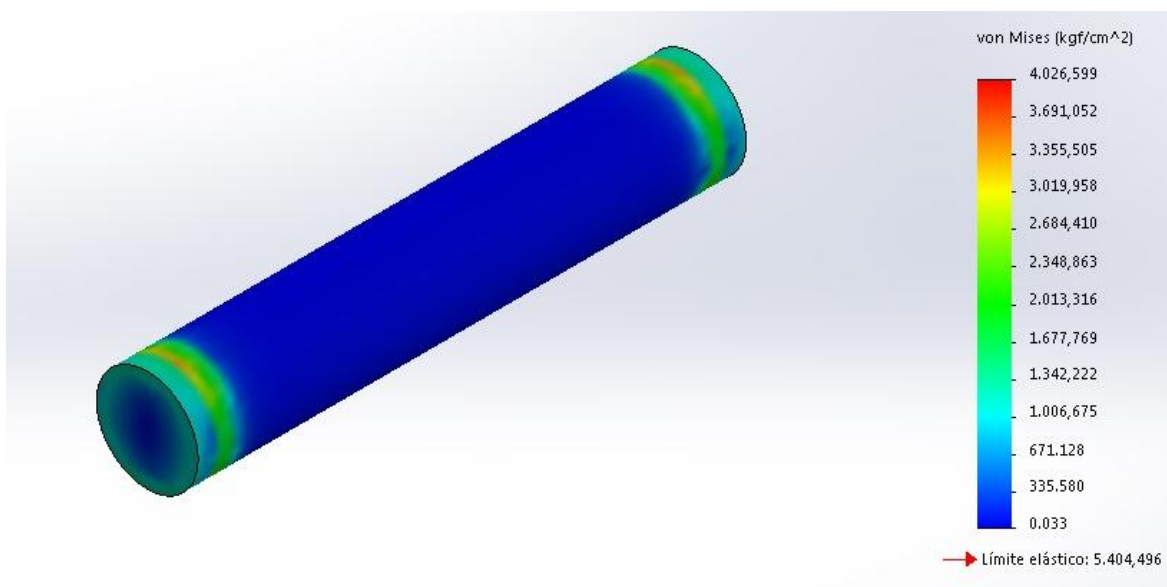


Fig. 3.37. Tensiones en el perno 3

El perno correspondiente al cilindro hidráulico n°2 es el que posee un mayor diámetro, cuyo valor (7,3 cm) se puede aproximar a una medida comercial de 3 pulgadas (7,62 cm). En orden de estandarizar las piezas, se decide utilizar esta medida para los pernos del cilindro n°1 y el perno de unión entre la columna y la pluma.



3.5.3 Perno unión viga principal - brazo telescópico

Debido a que el momento generado es elevado, para calcular este perno se tendrá en cuenta la flexión generada por la carga aplicada de manera excéntrica (Fig. 3-38).

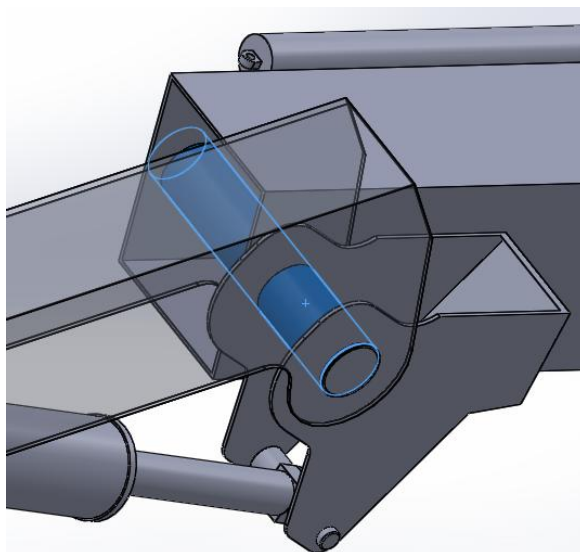


Fig. 3-38. Perno unión viga-brazo telescópico

Las fuerzas se muestran en el siguiente diagrama, los puntos A1 y A2 corresponden a los extremos de la viga principal, la fuerza FE se considera actuando al medio del brazo telescópico. (Fig. 3-39).

$$F_E = 45419 \text{ kg}$$

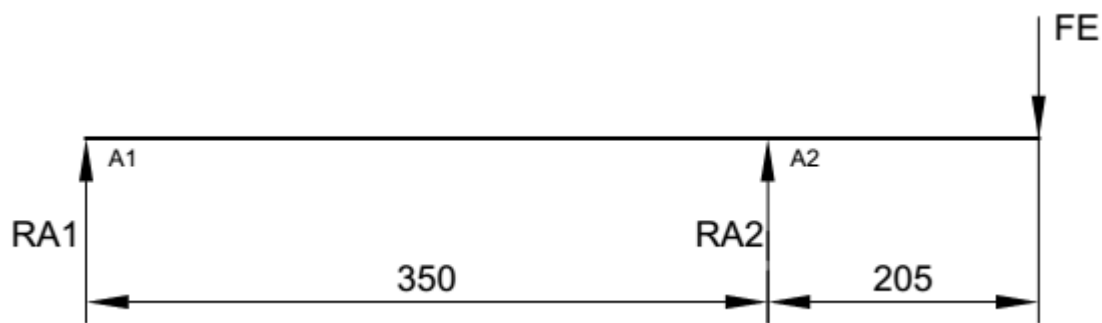


Fig. 3-39. Diagrama de fuerzas

Planteando las ecuaciones de equilibrio, se obtienen las reacciones:

$$\sum M_1 = F_E (555) - RA_2 (350) = 0$$



$$RA_2 = \frac{45419 (555)}{(350)} = 72021 \text{ kg}$$

$$\sum F_y = RA_2 - FE - RA_1 = 0$$

$$RA_1 = 26602 \text{ kg}$$

Y el siguiente momento flector máximo: (Fig. 3-40).

$$M_f = FE (20,5) = 931.089 \text{ kg cm}$$

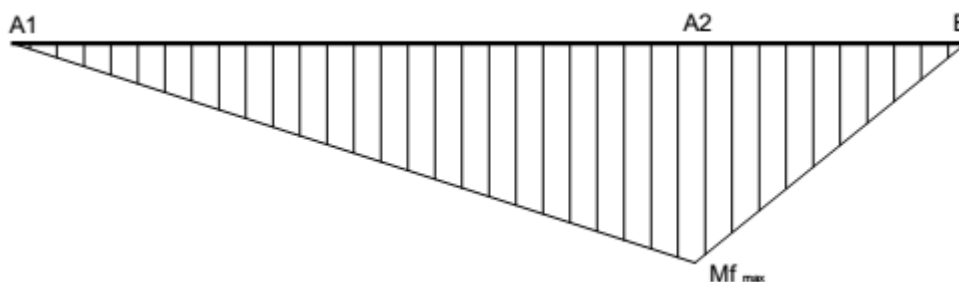


Fig. 3-40. Diagrama de momentos

DIMENSIONAMIENTO

Para el cálculo de este perno se emplea el material AISI 4140 utilizado anteriormente; se aplica un coeficiente de seguridad igual a 2

$$S = \frac{S_y}{N} = \frac{5835}{2} = 2917,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$S = \frac{M}{W} \rightarrow W = \frac{M}{S}$$

$$W = \frac{931089}{2917,5} = 319 \text{ cm}^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 (319)}{\pi}} = 14,81 \text{ cm}$$

A continuación se muestra el resultado del estudio (Fig. 3-41), la pieza presenta regiones de color azul sobre el cuerpo y tensiones más elevadas en el sector del apoyo.

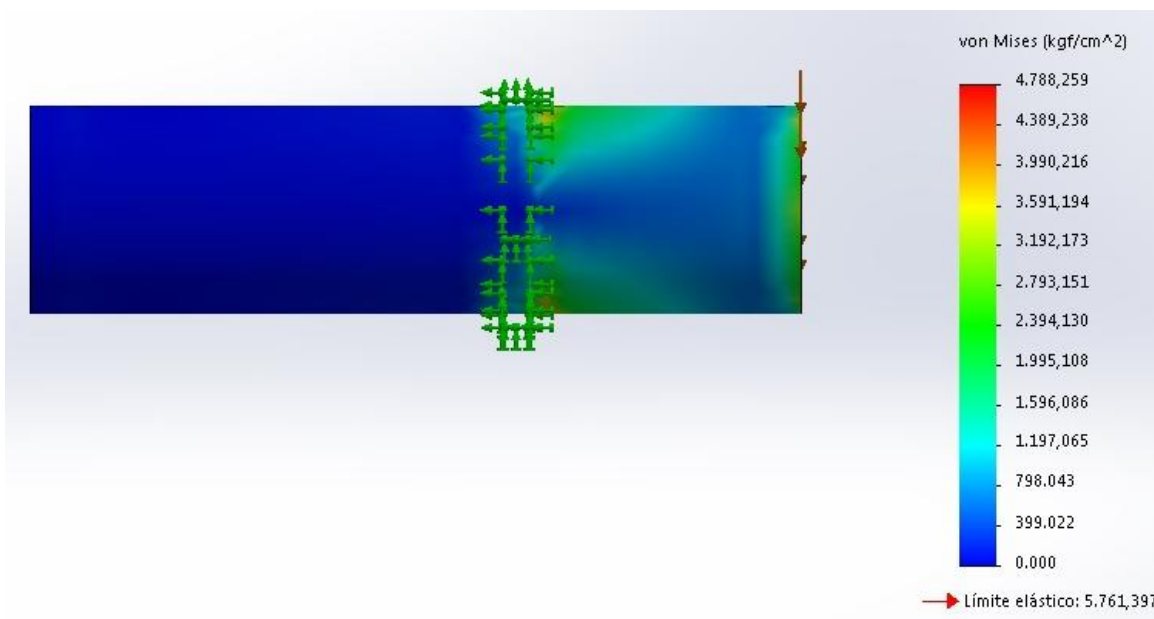


Fig. 3-41. Tensiones en el perno.

3.5.4 Perno de unión cilindros telescópicos-brazos telescópicos

A continuación se dimensionaran los pernos que vinculan el cilindro hidráulico con el tramo impulsado. El material a utilizar sigue siendo AISI 4140 con un coeficiente de seguridad igual a 2; el método de cálculo es el mismo aplicado con anterioridad.

$$F_4 = 10.035 \text{ kg}$$

$$F_s = \frac{10035}{2} = 5017,5 \text{ kg}$$

$$A = \frac{F_s}{S_{s \text{ ad}}} = \frac{5017,5 \text{ kg}}{1750,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 2,86 \text{ cm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{(2,86) 4}{\pi}} = 1,91 \text{ cm}$$



Según el cálculo anterior, el perno del tramo 4 es el más solicitado al estar sometido a una fuerza mayor. Las secciones restantes, en consecuencia, precisaran de diámetros de pernos menores cuyos resultados se muestran a continuación. Sin embargo para estandarizar piezas, todos los pernos a utilizar corresponden al perno del tramo 4.

Pernos tramo 3

$$F_s = 3656,6 \text{ kg}$$

$$A = 2,08 \text{ cm}^2$$

$$D = 1,63 \text{ cm}$$

Pernos tramo 2

$$F_s = 2847 \text{ kg}$$

$$A = 1,62 \text{ cm}^2$$

$$D = 1,44 \text{ cm}$$

Pernos tramo 1

$$F_s = 2313 \text{ kg}$$

$$A = 1,32 \text{ cm}^2$$

$$D = 1,29 \text{ cm}$$



CAPÍTULO 4: CHASIS SEMIRREMOLQUE

4.1 DISPOSICIÓN DE APOYOS

Para determinar el reparto de cargas en el semirremolque, se establece que el vehículo en cuestión tiene tres ejes acoplados al sistema de suspensión. El sistema de suspensión se fija al chasis a través de elementos especiales como manotas que realizan la función de sujeción entre la estructura y la suspensión.

Estos elementos también realizan una función de reparto de cargas entre los ejes. Esta distribución de cargas es teórica porque el primer eje siempre está menos cargado que los demás; pero para el cálculo de resistencia de materiales de este tipo de estructuras se lo considera suficientemente preciso.

Las cargas permitidas por la legislación, junto con el peso de la grúa, condicionan la carga útil del semirremolque. Esta carga se considera a los efectos del cálculo como una carga Q uniformemente distribuida a lo largo del chasis y situada simétricamente respecto al eje longitudinal.

Se debe comprobar que con las medidas adoptadas para el chasis, las cargas sobre los ejes no superen en ningún caso las máximas establecidas por ley.

A continuación se muestra el modelo planteado para el semirremolque. Tratándose de un sistema de tres ejes en tándem, la carga máxima permitida por ley se encuentra en el orden de 35500 kg; de los cuales 10500 kg representan el valor límite para el eje delantero y 25000 kg para el tándem trasero (Fig. 4-1).

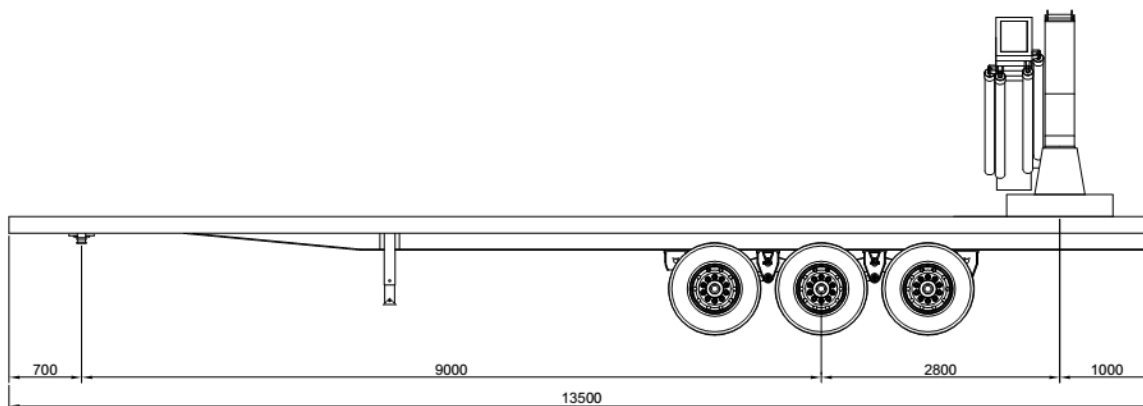


Fig. 4-1. Configuración adoptada.



Dado que el chasis se encuentra equipado con la grúa en la parte trasera, se considera el peso del equipo aplicado como una carga puntual P de 3500 kg. El resto de la carga se encuentra distribuida a lo largo del chasis (Fig. 4-2).

Para determinar este valor, se descuenta el peso del equipo de la capacidad máxima permitida.

$$Q = 35500 \text{ kg} - 3500 \text{ kg} = 32000 \text{ kg}$$

$$q = \frac{Q}{1150 \text{ cm}} = \frac{32000 \text{ kg}}{1150 \text{ cm}} = 27,8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

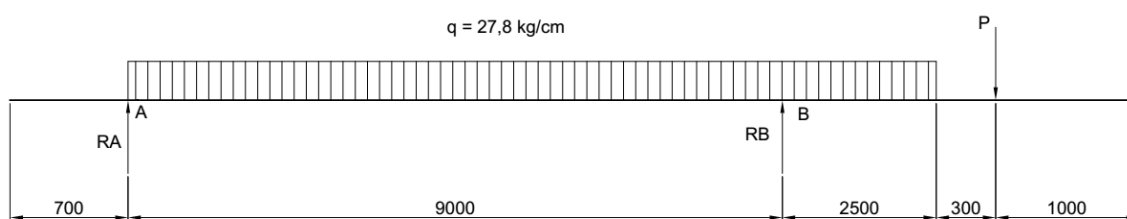


Fig. 4-2. Fuerzas en el semirremolque.

Planteando las ecuaciones de equilibrio, se verifica que las reacciones en A y en B presenten valores aceptables.

$$\sum M_A = Q(575) - RB(900) + P(1180) = 0$$

$$RB = \frac{Q(575) + P(1180)}{900} = 25.014,17 \text{ kg}$$

$$\sum F_y = -P + RA - Q + RB = 0$$

$$RA = -RB + Q + P = -25.014,17 + 32000 + 3500 = 10.485,83 \text{ kg}$$

4.2 VIGA PRINCIPAL

4.2.1 Aplicación de cargas sobre la viga principal

Una vez definida la disposición de los apoyos se plantea el estado de cargas para dimensionar la viga. En este análisis se supone que la carga total, que esta distribuida a lo largo del chasis, se reparte equitativamente entre las dos vigas principales.



En cuanto a la grúa, debido a que la columna se apoya sobre uno de los largueros, se considera que el 60% del peso del equipo y la totalidad del momento de carga actúan sobre una de las vigas principales (Fig. 4-3).

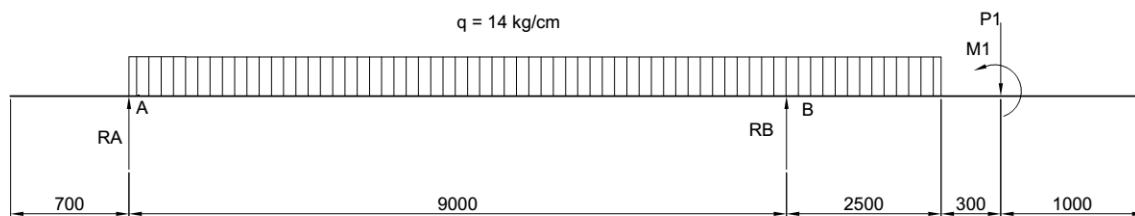


Fig. 4-3. Fuerzas sobre la viga principal.

A continuación se detallan las fuerzas que actúan sobre el larguero más solicitado.

- La carga distribuida correspondiente a la mitad de la carga total:

$$q = 14 \text{ kg/cm}$$

- El momento de la grúa generado por el peso que levanta el brazo:

$$M_1 = 2.400.000 \text{ kgcm}$$

- La carga puntual compuesta por el peso de la grúa y el peso que levanta el brazo:

$$P_1 = 3500 \text{ kg} (0,6) + 2000 \text{ kg} = 4100 \text{ kg}$$

4.2.1.1 Análisis de la viga principal

Planteando las ecuaciones de equilibrio para el estado anterior, se calculan las reacciones en los apoyos:

$$\sum M_A = Q(575) - RB(900) + P_1(1180) - M_1 = 0$$

$$RB = \frac{M_1 - Q(575) - P_1(1180)}{900} = 12.995 \text{ kg}$$

$$\sum F_y = -P_1 + RA - Q + RB = 0$$

$$RA = -RB + Q + P_1 = -12995 + 16100 + 4100 = 7205 \text{ kg}$$



A continuación se analizarán los diferentes tramos de la viga para conocer los esfuerzos.

Tramo 0 < x < 70

$$Q = 0$$

$$M = 0$$

Tramo 70 < x < 970

$$Q = RA - q(x - 70) = \begin{cases} \text{si } x = 70 \rightarrow Q = 7205 \text{ kg} \\ \text{si } x = 970 \rightarrow Q = -5395 \text{ kg} \end{cases}$$

$$M = RA(x - 70) - \frac{q(x - 70)^2}{2} = \begin{cases} \text{si } x = 70 \rightarrow M = 0 \text{ kgcm} \\ \text{si } x = 970 \rightarrow M = 814.500 \text{ kgcm} \end{cases}$$

$$\text{Para } x = 584,64 \text{ cm} \rightarrow M = -RA(584,64 - 70) - \frac{q(584,64 - 70)^2}{2} = 1.854.000,9 \text{ kgcm}$$

Tramo 970 < x < 1220

$$Q = RA - q(x - 70) + RB = \begin{cases} \text{si } x = 970 \rightarrow Q = 7600 \text{ kg} \\ \text{si } x = 1220 \rightarrow Q = 4100 \text{ kg} \end{cases}$$

$$M = RA(x - 70) - \frac{q(x - 70)^2}{2} + RB(x - 970) = \begin{cases} \text{si } x = 970 \rightarrow M = 814.500 \text{ kgcm} \\ \text{si } x = 1220 \rightarrow M = 2.277.000 \text{ kgcm} \end{cases}$$

Tramo 1220 < x < 1250

$$Q = RA - q(1220 - 70) + RB = \begin{cases} \text{si } x = 1220 \rightarrow Q = 4100 \text{ kg} \\ \text{si } x = 1250 \rightarrow Q = 4100 \text{ kg} \end{cases}$$

$$M = RA(x - 70) - Q[(x - 1220) + 575] + RB(x - 970) \begin{cases} \text{si } x = 1220 \rightarrow M = 2.277.000 \text{ kgcm} \\ \text{si } x = 1350 \rightarrow M = 2.400.000 \text{ kgcm} \end{cases}$$

Tramo 1250 < x < 1350

$$Q = RA - q(1220 - 70) + RB - P1 = \begin{cases} \text{si } x = 1250 \rightarrow Q = 0 \text{ kg} \\ \text{si } x = 1350 \rightarrow Q = 0 \text{ kg} \end{cases}$$

$$M = RA(x - 70) - Q[(x - 1220) + 575] + RB(x - 970) - P1(x - 1250) - M1$$

$$M = \begin{cases} \text{si } x = 1250 \rightarrow M = 0 \text{ kg} \\ \text{si } x = 1350 \rightarrow M = 0 \text{ kg} \end{cases}$$



A continuación se representan los diagramas de esfuerzos correspondientes al esfuerzo de corte (Fig. 4-4) y al momento flector (Fig. 4-5).

Esfuerzo de corte

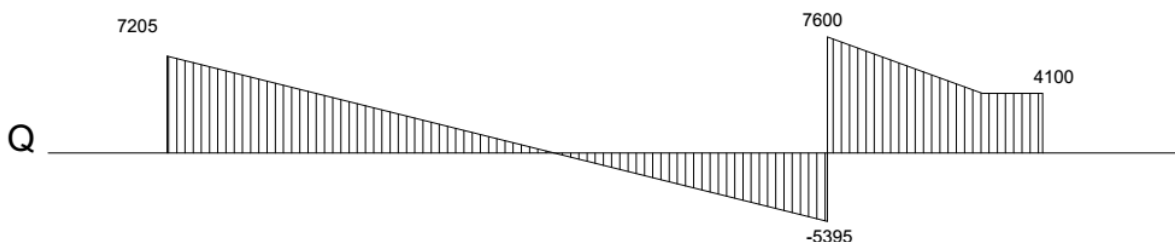


Fig. 4-4. Diagrama de esfuerzos de corte

Momento flector

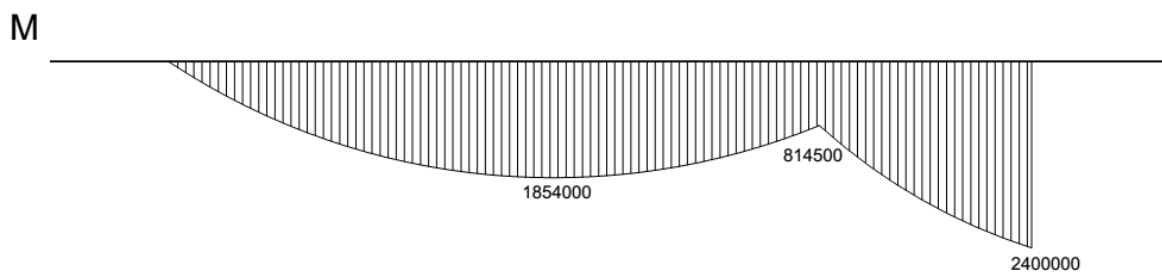


Fig. 4-5- Diagrama de momento flector

En el estudio anterior solo se consideraron los efectos de las cargas estáticas sobre la viga principal. Es posible considerar otro escenario donde también se contemplen los efectos dinámicos originados por las cargas de impacto, las cuales pueden cuantificarse a partir de un incremento de un 30% del total de la carga transportada.

Por lo tanto para la viga principal en estudio, la carga dinámica se determina de la siguiente forma:

$$Q = \frac{32000 \text{ kg}}{2} \cdot (1,3) = 20.800 \text{ kg}$$
$$q_2 = \frac{Q}{1150 \text{ cm}} = \frac{20.800 \text{ kg}}{1150 \text{ cm}} = 18,1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$



Para la nueva situación planteada (Fig. 4-6), las fuerzas que actúan sobre la viga son las siguientes:

- La carga distribuida considerando los efectos dinámicos:

$$q_2 = 18,1 \text{ kg/cm}$$

- El momento de la grúa generado por el peso que levanta el brazo:

$$M_1 = 2.400.000 \text{ kgcm}$$

- La carga puntual compuesta por el peso de la grúa (con efectos de impacto) y el peso que levanta el brazo:

$$P_2 = 3500 \text{ kg} (0,6) \cdot (1,3) + 2000 \text{ kg} = 4730 \text{ kg}$$

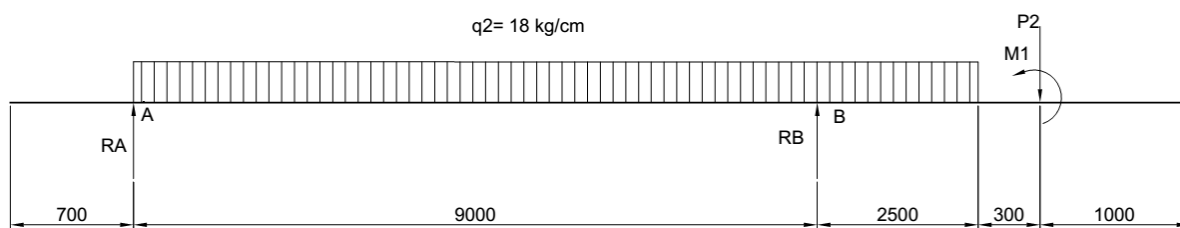


Fig. 4-6. Viga principal bajo cargas de impacto

Planteando las ecuaciones de equilibrio para el segundo estado, se calculan las reacciones en los apoyos:

$$\sum M_A = Q_2(575) - RB(900) + P_2(1180) - M_1 = 0$$

$$RB = \frac{M_1 - Q_2(575) - P_2(1180)}{900} = 16.907 \text{ kg}$$

$$\sum F_y = -P_2 + RA - Q_2 + RB = 0$$

$$RA = -RB + Q_2 + P_1 = -16907 + 20800 + 4730 = 8623 \text{ kg}$$



A continuación se analizarán los diferentes tramos de la viga para conocer los esfuerzos.

Tramo 0 < x < 70

$$Q = 0$$

$$M = 0$$

Tramo 70 < x < 970

$$Q = RA - q2(x - 70) = \begin{cases} \text{si } x = 70 \rightarrow Q = 8623 \text{ kg} \\ \text{si } x = 970 \rightarrow Q = -7627 \text{ kg} \end{cases}$$

$$M = RA(x - 70) - \frac{q2(x - 70)^2}{2} = \begin{cases} \text{si } x = 70 \rightarrow M = 0 \text{ kgcm} \\ \text{si } x = 970 \rightarrow M = 506.850 \text{ kgcm} \end{cases}$$

$$\text{Para } x = 551 \text{ cm} \rightarrow M = -RA(551 - 70) - \frac{q2(551 - 70)^2}{2} = 2.104.888 \text{ kgcm}$$

Tramo 970 < x < 1220

$$Q = RA - q2(x - 70) + RB = \begin{cases} \text{si } x = 970 \rightarrow Q = 9280 \text{ kg} \\ \text{si } x = 1220 \rightarrow Q = 4730 \text{ kg} \end{cases}$$

$$M = RA(x - 70) - \frac{q2(x - 70)^2}{2} + RB(x - 970) = \begin{cases} \text{si } x = 970 \rightarrow M = 506.850 \text{ kgcm} \\ \text{si } x = 1220 \rightarrow M = 2.258.100 \text{ kgcm} \end{cases}$$

Tramo 1220 < x < 1250

$$Q = RA - q2(1220 - 70) + RB = \begin{cases} \text{si } x = 1220 \rightarrow Q = 4730 \text{ kg} \\ \text{si } x = 1250 \rightarrow Q = 4730 \text{ kg} \end{cases}$$

$$M = RA(x - 70) - Q2[(x - 1220) + 575] + RB(x - 970) \begin{cases} \text{si } x = 1220 \rightarrow M = 2.258.100 \text{ kgcm} \\ \text{si } x = 1350 \rightarrow M = 2.400.000 \text{ kgcm} \end{cases}$$

Tramo 1250 < x < 1350

$$Q = RA - q2(1220 - 70) + RB - P2 = \begin{cases} \text{si } x = 1250 \rightarrow Q = 0 \text{ kg} \\ \text{si } x = 1350 \rightarrow Q = 0 \text{ kg} \end{cases}$$

$$M = RA(x - 70) - Q2[(x - 1220) + 575] + RB(x - 970) - P2(x - 1250) - M1$$

$$M = \begin{cases} \text{si } x = 1250 \rightarrow M = 0 \text{ kg} \\ \text{si } x = 1350 \rightarrow M = 0 \text{ kg} \end{cases}$$



A continuación se representan los diagramas para el esfuerzo de corte (Fig. 4-7) y el momento flector (Fig. 4-8) como consecuencia de los efectos dinámicos.

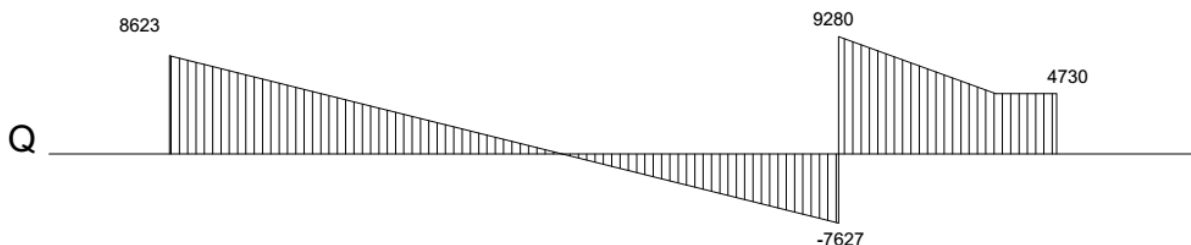


Fig. 4-7. Esfuerzos de corte bajo carga de impacto

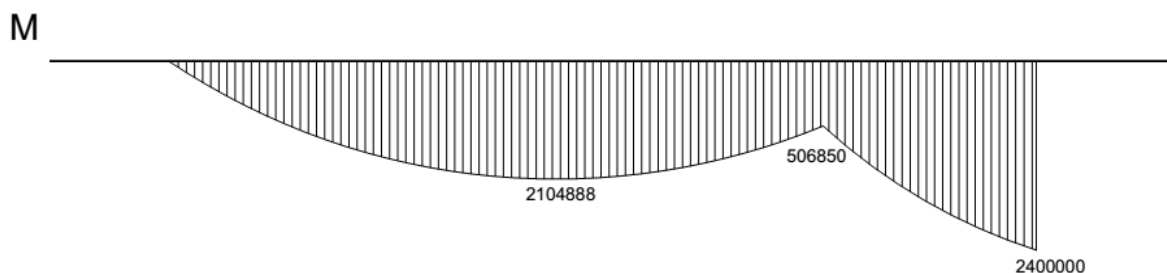


Fig. 4-8. Momento flector bajo carga de impacto

4.2.1.2 Determinación de la sección resistente

El análisis que se puede realizar reside en considerar a la viga principal como una viga de sección variable. Si las dimensiones de la sección transversal varían de manera insignificante y suave en el sentido longitudinal, entonces se pueden calcular las tensiones por las ecuaciones deducidas para la viga de sección constante.

Para realizar esta aproximación, la viga principal se ha dividido en tres vigas de diferente longitud. La primera viga tiene una longitud de 2000 mm y corresponde al tramo inicial de la viga maestra donde se produce el acople con la cabeza tractora.

La segunda viga cumple la función de realizar el enlace entre la viga 1 y la viga 3; esta última representa la mayor parte del cuerpo de la viga principal y es la que soporta la carga transportada (Fig. 4-9).

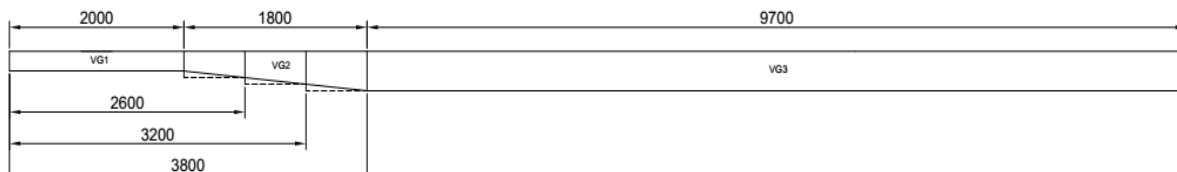


Fig. 4-9. Esquema de la viga principal

La viga 2 ha sido subdividida en tres sectores iguales de 600 mm de longitud, para cada uno de los tramos se obtienen los momentos flectores máximos que corresponden a los estados de carga planteados anteriormente.

A partir de esos valores, se calcularán las tensiones media y alterna para cada una de las vigas parciales. El análisis realizado hace posible dimensionar la viga principal basándose en la resistencia a la fatiga.

Viga 1

Los momentos máximos correspondientes a los estados 1 y 2 son:

$$M_1 = 818.350 \text{ kgcm}$$

$$M_2 = 968.045 \text{ kgcm}$$

Las tensiones media y alterna resultan ser:

$$S_m = \frac{M_2 + M_1}{2W} = \frac{893.198 \text{ kgcm}}{W}$$

$$S_a = \frac{M_2 - M_1}{2W} = \frac{73848 \text{ kgcm}}{W}$$

Planteando la ecuación de Soderberg para resistencia a la fatiga:

$$\frac{1}{N} = \frac{S_m}{S_y} + \frac{S_a}{S_n}$$

$$\frac{1}{N} = \frac{893198}{7138W} + \frac{74848}{2947W} = \frac{150,53}{W}$$

Estableciendo un coeficiente de seguridad N igual a 2

$$\frac{1}{2} = \frac{150,53}{W} \rightarrow W = 301,06 \text{ cm}^3$$



Viga 2

Se procede de la misma forma que para la viga 1, solo que en este caso se analizan tres sub divisiones (A, B y C) de la viga 2.

- *Tramo A*

Los momentos máximos resultan ser:

$$M_1 = 1.116.250 \text{ kgcm}$$

$$M_2 = 1.311.665 \text{ kgcm}$$

Planteando la ecuación de fatiga para N igual a 2:

$$\frac{1}{N} = \frac{1213958}{7138 W} + \frac{97707}{2947 W} = \frac{203,22}{W}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{203,22}{W} \rightarrow W = 406,4 \text{ cm}^3$$

- *Tramo B*

Los momentos máximos resultan ser:

$$M_1 = 1.363.750 \text{ kgcm}$$

$$M_2 = 1.590.125 \text{ kgcm}$$

Planteando la ecuación de fatiga para N igual a 2:

$$\frac{1}{N} = \frac{1476937}{7138 W} + \frac{113187}{2947 W} = \frac{245,3}{W}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{245,3}{W} \rightarrow W = 490,6 \text{ cm}^3$$

- *Tramo C*

Los momentos máximos resultan ser:

$$M_1 = 1.560.850 \text{ kgcm}$$

$$M_2 = 1.803.425 \text{ kgcm}$$



Planteando la ecuación de fatiga para N igual a 2:

$$\frac{1}{N} = \frac{1682137}{7138 W} + \frac{121287}{2947 W} = \frac{277}{W}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{277}{W} \rightarrow W = 554 \text{ cm}^3$$

Viga 3

Los momentos máximos correspondientes a los estados 1 y 2 son iguales debido a que el momento originado por la grúa predomina sobre el incremento de carga:

$$M_1 = 2.400.000 \text{ kgcm}$$

$$M_2 = 2.400.000 \text{ kgcm}$$

Por lo tanto no existe tensión alterna y todo el esfuerzo es medio:

$$S_m = \frac{M_2 + M_1}{2 W} = \frac{2.400.000 \text{ kgcm}}{W}$$

$$S_a = \frac{M_2 - M_1}{2 W} = 0$$

La ecuación de Soderberg queda reducida a la siguiente expresión:

$$\frac{1}{N} = \frac{S_m}{S_y}$$

$$\frac{1}{N} = \frac{2.400.000}{7138 W}$$

Estableciendo un coeficiente de seguridad N igual a 2

$$\frac{1}{2} = \frac{336,23}{W} \rightarrow W = 672,5 \text{ cm}^3$$



4.2.1.3 Perfil de la viga principal

Para la viga principal se adopta una sección doble T la cual se construye a partir de planchuelas, a continuación se procede al cálculo de la sección utilizada. El perfil se compone dos alas, una superior y otra inferior, que se mantienen unidas a un alma central, cada una de estas piezas contribuye al momento de inercia total (Fig. 4-10).

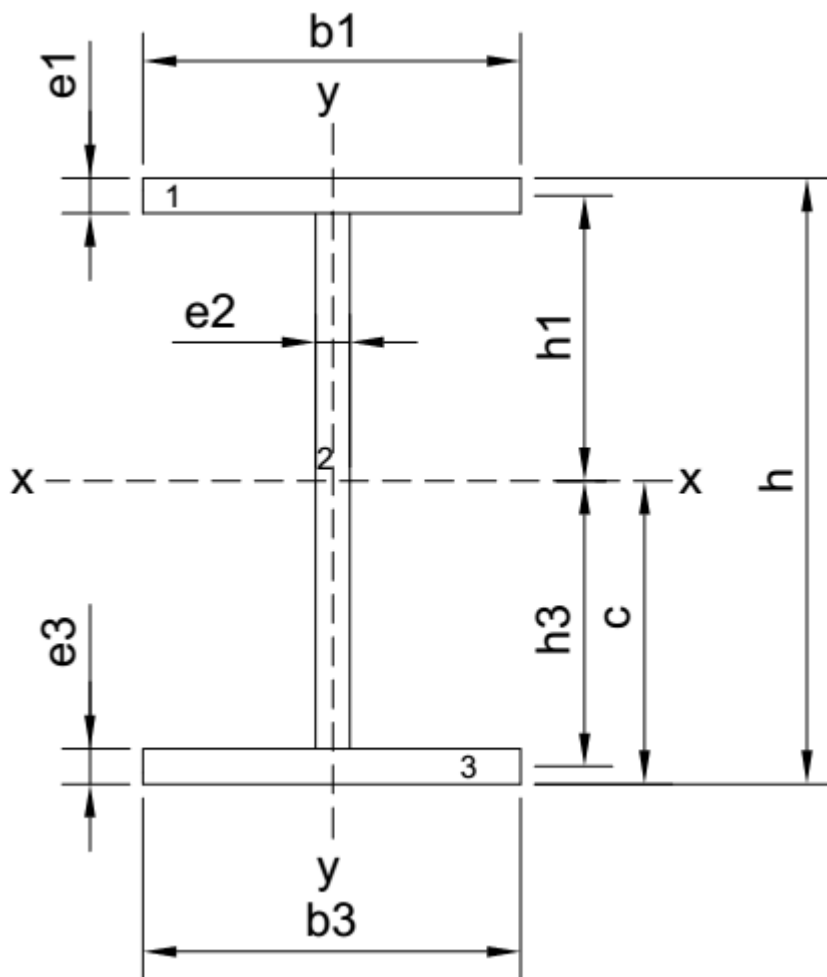


Fig. 4-10. Esquema de la sección doble T

Debido a que el perfil es de sección variable, el cálculo que se desarrolla a continuación pertenece al tramo inicial (Viga 1). Se ha establecido una altura inicial total de 200 mm y un ancho de 150 mm; luego se incrementará la altura del alma central para lograr los requisitos de inercia de la viga 3.

Como primer paso para calcular el perfil, se deben conocer las áreas particulares de cada una de las piezas que lo componen.



La primera área corresponde al ala superior, cuya sección rectangular queda definida por el espesor e_1 de y ancho b_1 .

$$A_1 = e_1 \cdot b_1 = (1,2 \text{ cm})(15 \text{ cm}) = 18 \text{ cm}^2$$

El área numero dos pertenece al alma central del perfil, la sección tiene un espesor e_2 y una altura definida por la diferencia entre la altura total del perfil y los espesores de las alas.

$$h_2 = h - e_1 - e_3 = 200 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - 12 \text{ mm} = 176 \text{ mm}$$

$$A_2 = e_2 \cdot h_2 = (1,2 \text{ cm})(17,6 \text{ cm}) = 21,12 \text{ cm}^2$$

La sección rectangular del ala inferior posee las mismas dimensiones que la sección del ala superior.

$$A_3 = e_3 b_3 = (1,2 \text{ cm})(15 \text{ cm}) = 18 \text{ cm}^2$$

A continuación se calcula el momento de inercia de cada una de las secciones mediante la ecuación del momento de inercia del área para secciones rectangulares.

$$I_{x_i} = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

Como el ala superior y el ala inferior son iguales, poseen la misma inercia en sus secciones.

$$I_{x_1} = I_{x_3} = \frac{(15 \text{ cm}) \cdot (1,2 \text{ cm})^3}{12} = 2,16 \text{ cm}^4$$

$$I_{x_2} = \frac{(1 \text{ cm}) \cdot (17,6 \text{ cm})^3}{12} = 454,3 \text{ cm}^4$$

Mediante la aplicación del Teorema de Steiner es posible sumar todas las contribuciones de inercia de las piezas y obtener el momento de inercia total del conjunto.

$$I_{xx} = I_{x_1} + (A_1 \cdot h_1^2) + I_{x_2} + (A_2 \cdot h_2^2) + I_{x_3} + (A_3 \cdot h_3^2)$$

$$I_{xx} = 2,16 + (18 \cdot 9,4^2) + 454,3 + (21,12 \cdot 0^2) + 2,16 + (18 \cdot 9,4^2)$$

$$I_{xx} = 3639,6 \text{ cm}^4$$



Cálculo del módulo resistente

$$W_{xx} = \frac{I_{xx}}{c} = \frac{3639,6 \text{ cm}^4}{10 \text{ cm}} = 363,96 \text{ cm}^3$$

El perfil utilizado en el chasis posee un módulo resistente mayor por lo cual se verifica que podrá soportar los esfuerzos.

$$W_{x \text{ perfil}} = 394 \text{ cm}^3$$

$$W_{x \text{ requerido}} = 301,6 \text{ cm}^3$$

$$W_{x \text{ perfil}} > W_{x \text{ requerido}}$$

El método anterior también se utiliza para determinar la inercia de la viga 3, en este tramo la altura final se lleva a 400 mm conservando los mismos espesores de chapa. Los resultados del cálculo se muestran a continuación:

$$I_{xx} = 17.980 \text{ cm}^4$$

$$W_{xx} = \frac{I_{xx}}{c} = \frac{17980 \text{ cm}^4}{20 \text{ cm}} = 899 \text{ cm}^3$$

El perfil utilizado en la viga 3 posee un módulo resistente muy superior a lo necesario por lo cual se asegura que podrá soportar los esfuerzos.

$$W_{x \text{ perfil}} = 899 \text{ cm}^3$$

$$W_{x \text{ requerido}} = 672,5 \text{ cm}^3$$

$$W_{x \text{ perfil}} > W_{x \text{ requerido}}$$

Como conclusión de este análisis se observa que es posible que la viga principal se componga de diferentes secciones de manera que cada posea un módulo resistente que le permita soportar su esfuerzo correspondiente.

La sección de la viga 3 puede reducirse en altura debido a que posee suficiente inercia para resistir los esfuerzos de flexión. No obstante, se decide mantener una sección de mayor tamaño para que la deflexión se mantenga dentro de los límites.

Para el larguero del semirremolque se ha propuesto un perfil doble T cuya sección inicial tiene 200 mm de altura y se incrementa hasta 400 mm en el final. Mediante esta



configuración la deformación máxima alcanza los 11,93 mm sobre el voladizo posterior (Fig. 4-11).

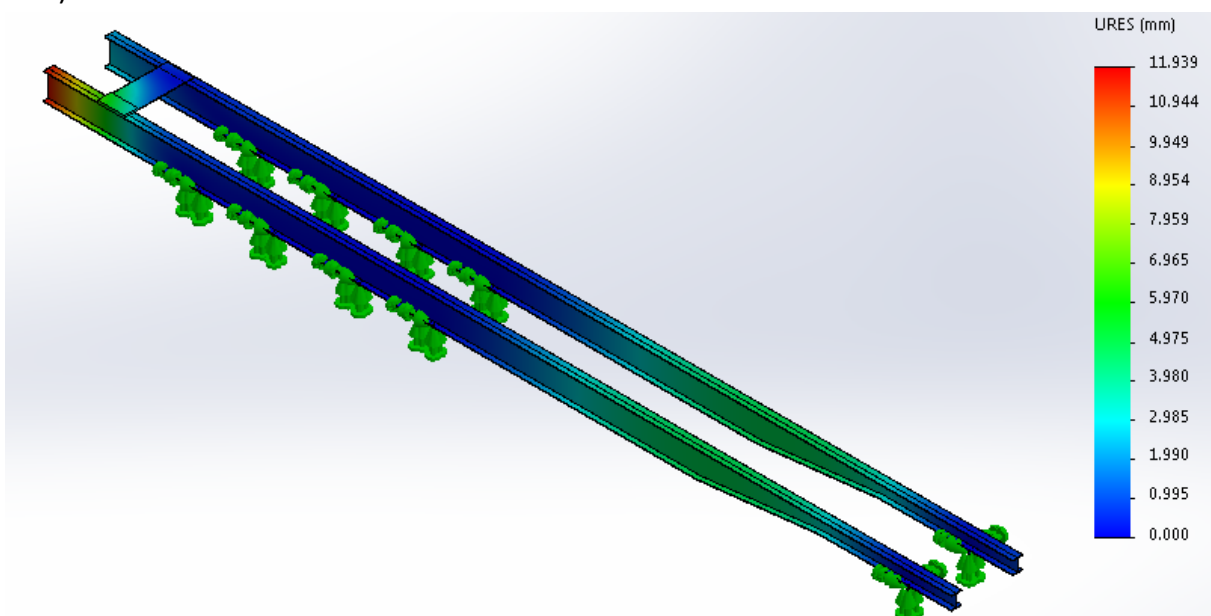


Fig. 4-11. Deformaciones en las vigas principales

Las tensiones obtenidas mediante software alcanzan un valor ligeramente más elevado en algunos nodos, esto se debe a las discrepancias que pueden existir entre el estado de carga que se ha propuesto para el cálculo teórico y la representación del estado de cargas durante la simulación (Fig. 4-12).

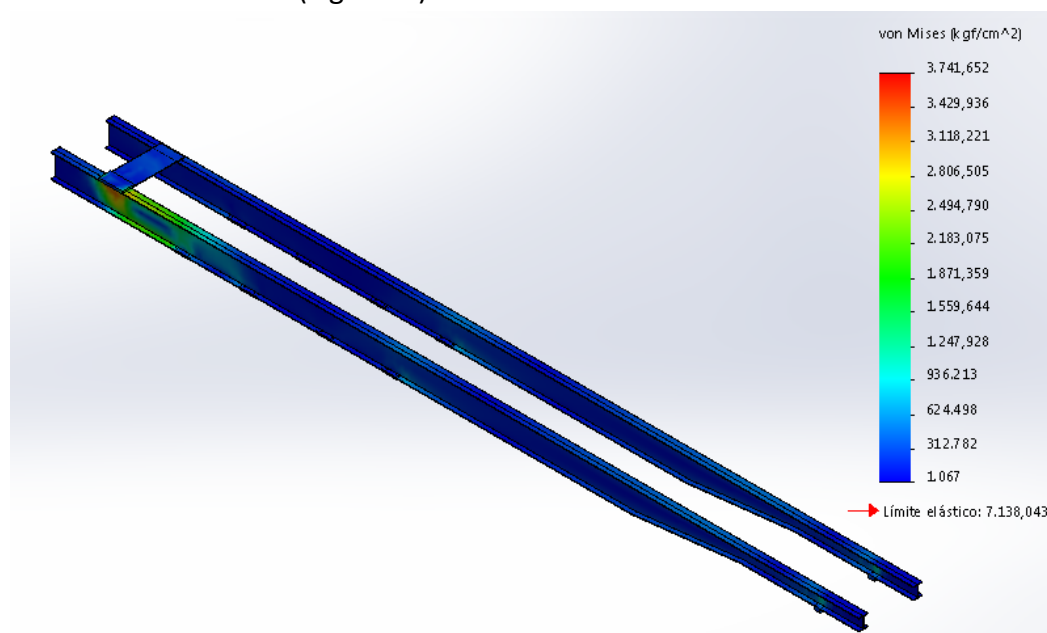


Fig. 4-12. Tensiones en las vigas principales



4.3 VIGAS TRANSVERSALES

4.3.1 Aplicación de cargas sobre las vigas transversales

Para el cálculo de los travesaños se recurre a un método análogo que para la viga principal, en este caso se considera que la carga está distribuida sobre 25 travesaños dispuestos a lo largo de las vigas principales.

La carga por travesaño tiene el siguiente valor:

$$q_t = \frac{P}{n^\circ t} = \frac{34.700 \text{ kg}}{25} = 1388 \text{ kg}$$

Considerando que el travesaño tiene una longitud de 2500 mm se puede hallar la carga distribuida de la siguiente forma.

$$T = \frac{q_t}{L_t} = \frac{1388 \text{ kg}}{250 \text{ cm}} = 5,55 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

El este componente se une mediante soldadura a la viga principal por lo cual se lo considera empotrado en los puntos A1 y A2 (Fig. 4-13).

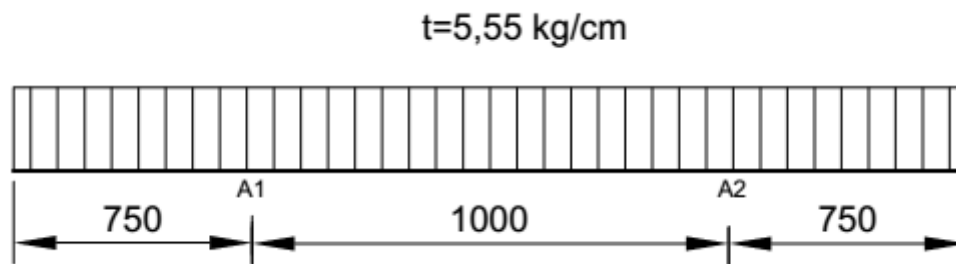


Fig. 4-13. Esquema viga transversal

4.3.1.1 Análisis de la viga transversal

4.3.1.2 Determinación de la sección resistente

Se utiliza nuevamente el acero Strenx 700 y se adopta un coeficiente de seguridad igual a 2 para calcular la tensión admisible.

$$S = \frac{7130}{2} = 3565 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$



Se calcula el módulo resistente requerido considerando el momento flector máximo generado en la viga

$$S = \frac{M}{W} \rightarrow W = \frac{M}{S} = \frac{15610}{3565} = 4,37 \text{ cm}^3$$

El perfil adoptado corresponde a un perfil U 80 x 45 x 3 cuyo módulo resistente es el siguiente:

$$I_{xx} = 50,17 \text{ cm}^4$$

$$W_{xx} = \frac{I_{xx}}{c} = \frac{50,17 \text{ cm}^4}{4 \text{ cm}} = 12,54 \text{ cm}^3$$

Como se puede observar, el perfil posee suficiente inercia para soportar los esfuerzos

$$W_{x \text{ perfil}} = 12,5 \text{ cm}^3$$

$$W_{x \text{ perfil}} \gg W_{x \text{ requerido}}$$

4.4 REFUERZOS INFERIORES

4.4.1 Aplicación de cargas sobre el refuerzo inferior

Para dimensionar estos componentes es necesario conocer los esfuerzos que son generados por las ruedas del tándem. Según las limitaciones de la ley de transporte para un sistema tándem la carga máxima total se fija en 25500 kg.

Carga máxima por eje.

$$P = \frac{25500}{3} = 8500 \text{ kg}$$

Carga por rueda.

$$F = \frac{P}{2} = \frac{8500}{2} = 4250 \text{ kg}$$

La carga de la rueda multiplicada por la mitad de la vía genera el esfuerzo aplicado a la viga de refuerzo inferior (Fig. 4-14).

$$M = F \cdot \left(\frac{184 \text{ cm}}{2}\right) = 4250 \text{ kg} (92 \text{ cm}) = 391.000 \text{ kgcm}$$

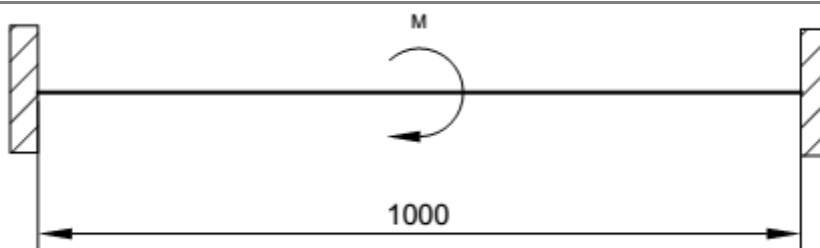


Fig.4-14. Esfuerzos en el refuerzo inferior

4.4.1.1 Análisis del refuerzo inferior

El momento flector para este caso de viga vale.

$$M_f = \frac{M}{2} = \frac{391000}{2} = 195500 \text{ kgcm}$$

4.4.1.2 Determinación de la sección resistente

Se utiliza nuevamente el acero Strenx 700 y se adopta un coeficiente de seguridad igual a 2 para calcular la tensión admisible.

$$S = \frac{7130}{2} = 3565 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Se calcula el módulo resistente requerido considerando el momento flector máximo generado en la viga

$$S = \frac{M}{W} \rightarrow W = \frac{M}{S} = \frac{195500}{3565} = 55 \text{ cm}^3$$

El perfil adoptado corresponde a un perfil U 150 x 60 x 6 cuyo módulo resistente es superior a lo requerido por el cálculo teórico.

$$W_{x \text{ perfil}} = 66,5 \text{ cm}^3$$

$$W_{x \text{ perfil}} > W_{x \text{ requerido}}$$



CAPÍTULO 5: SISTEMA DE GIRO

5.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Los grandes rodamientos de HOESCH ROTHE ERDE son elementos de máquinas que forman por si mismos una unidad completa, previstos para la transmisión simultánea de esfuerzos axiales, radiales y de los pares de vuelco resultantes.

El rodamiento está compuesto por dos aros uno exterior fijo a la parte móvil (pluma) de la máquina y otro interior fijo a la parte fija de la máquina (columna). Los aros interior o exterior pueden ir mecanizados con un dentado.

Se ha considerado como mejor opción que el dentado sea interior, de esta manera el engranaje de giro queda situado en el interior de la columna y está protegido del ambiente exterior.

5.2 SELECCIÓN DEL RODAMIENTO

La selección del rodamiento adecuado consiste en la evaluación de los esfuerzos para distintas hipótesis de carga y a continuación en aplicar los factores de carga según la utilización del equipo.

Cada rodamiento tiene su correspondiente curva de carga límite y de vida útil. Según el fabricante, estos factores se deben considerar en la elección del rodamiento; por tanto se ha de elegir el que cumpla las condiciones de carga de la grúa.

Se deben determinar dos esfuerzos para las hipótesis de carga planteadas, uno de ellos es la fuerza axial transmitida al rodamiento y otro el momento de vuelco que debe soportar debido a la carga de la grúa (Fig-5-1).

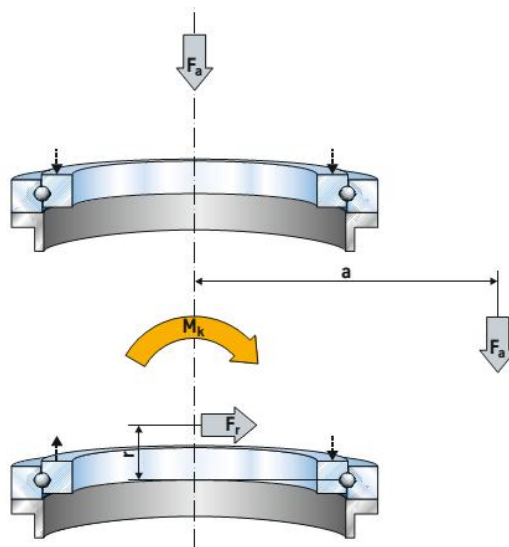


Fig. 5-1. Esfuerzos actuantes sobre el rodamiento



Las distintas hipótesis de carga a considerar son, según el procedimiento de cálculo del catálogo de ROTHE ERDE.

5.2.1 Carga máxima de servicio más un 25%

La fuerza axial se calcula mediante la siguiente expresión:

$$F_a = 1,25Q + A + O$$

En donde según la Fig.5-2:

- Q : Representa el peso de la carga que levanta la grúa.
- A : Representa el peso de la pluma.
- O : Representa el peso de la columna de giro.

Por lo tanto, la carga axial resulta ser la siguiente

$$F_a = 1,25 (2000 \text{ kg}) + 1940 \text{ kg} + 1022 \text{ kg} = 5462 \text{ kg}$$

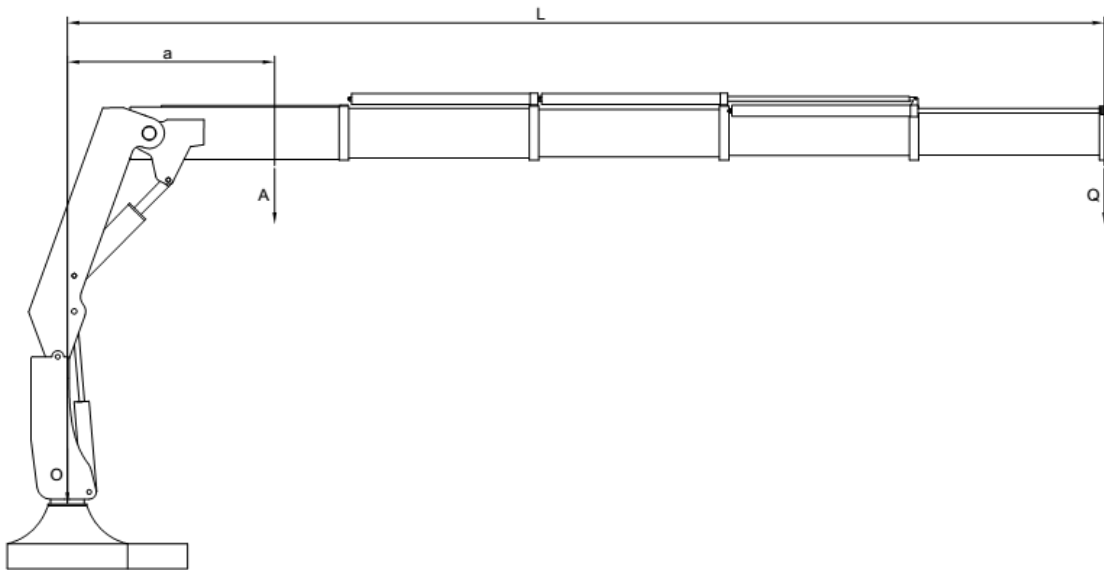


Fig. 5-2. Esquema de fuerzas de la grúa

El momento de vuelco se calcula de la siguiente forma:

$$M_k = 1,25Q \cdot l + A \cdot a$$



En donde (Fig. 5.2):

- Q : Representa el peso de la carga que levanta la grúa.
- A : Representa el peso de la pluma.
- l : Distancia de la carga Q al centro de rotación.
- a : Distancia de la carga A al centro de rotación.

El momento al que está sometido el rodamiento tiene el siguiente valor:

$$M_k = 1,25 (2000 \text{ kg}) \cdot (12 \text{ m}) + 1940 \text{ kg} \cdot (1,53 \text{ m}) = 32.968 \text{ kgm}$$

5.2.2 Carga máxima de servicio

Para el cálculo de la fuerza axial y del momento de vuelco, se utilizan las mismas expresiones que en la hipótesis anterior pero sin considerar el incremento de la carga Q .

La fuerza axial se determina de la siguiente forma:

$$F_a = Q + A + O$$

$$F_a = 2000 \text{ kg} + 1940 \text{ kg} + 1022 \text{ kg} = 4962 \text{ kg}$$

El momento aplicado toma el siguiente valor:

$$M_k = Q \cdot l + A \cdot a$$

$$M_k = (2000 \text{ kg}) \cdot (12 \text{ m}) + 1940 \text{ kg} \cdot (1,53 \text{ m}) = 26.968 \text{ kgm}$$

5.3.3 Factores de carga a utilizar

Según la tabla que se encuentra en el catálogo del fabricante, existen dos factores a tener en cuenta para la selección del rodamiento que dependen del tipo de grúa.

Factor de seguridad estática:

$$f_{stat} = 1,25$$

Factor de vida útil

$$f_L = 1,15$$



5.2.4 Capacidad de carga estática del rodamiento

La capacidad estática del rodamiento tiene en cuenta el factor f_{stat} . En la selección del rodamiento se debe utilizar el estado de carga máxima incluyendo un 25% de sobrecarga para la evaluación estática.

La capacidad axial requerida resulta ser:

$$F'_a = F_a \cdot f_{stat}$$

$$F'_a = 53.564 \text{ N} (1,25) = 66.955 \text{ N}$$

La capacidad para el momento tiene el siguiente valor:

$$M'_k = k \cdot f_{stat}$$

$$M'_k = 323.306 \text{ Nm} (1,25) = 404.133 \text{ Nm}$$

Con estos datos se puede encontrar el rodamiento correcto comparándolos con la curva de límite estático.

5.2.5 Vida de servicio

El factor f_L se usa para determinar la vida en servicio de 45.000 giros bajo carga máxima. Para este cálculo se utilizan los valores de máxima carga sin sobrecarga, por tanto los valores de referencia serán:

Para la carga axial:

$$F'_a = F_a \cdot f_L$$

$$F'_a = 48.661 \text{ N} (1,15) = 55.960 \text{ N}$$

Para el momento de vuelco:

$$M'_k = k \cdot f_L$$

$$M'_k = 264.466 \text{ Nm} (1,15) = 304.136 \text{ Nm}$$

5.2.6 Número de tornillos y calidad

El número de tornillos y la calidad de los mismos, son determinados por la máxima carga sin factor.

$$F_a = 53.564 \text{ N}$$

$$M_k = 323.306 \text{ Nm}$$



5.2.7 Elección del rodamiento de giro

Existen diversos diseños constructivos de rodamientos de HOESCH ROTHE ERDE, entre las cuales se destacan las series KD 600 y RD 800 ya que son las más adecuadas para las técnicas de elevación.

Como veremos a continuación, entre todos los rodamientos posibles el **062.25.0855.500.11.1503** de la **serie KD 600** cumple los requisitos de fuerza axial y momento de vuelco. Las gráficas siguientes muestran las curvas de carga límite estática de esta serie (Fig.5-3).

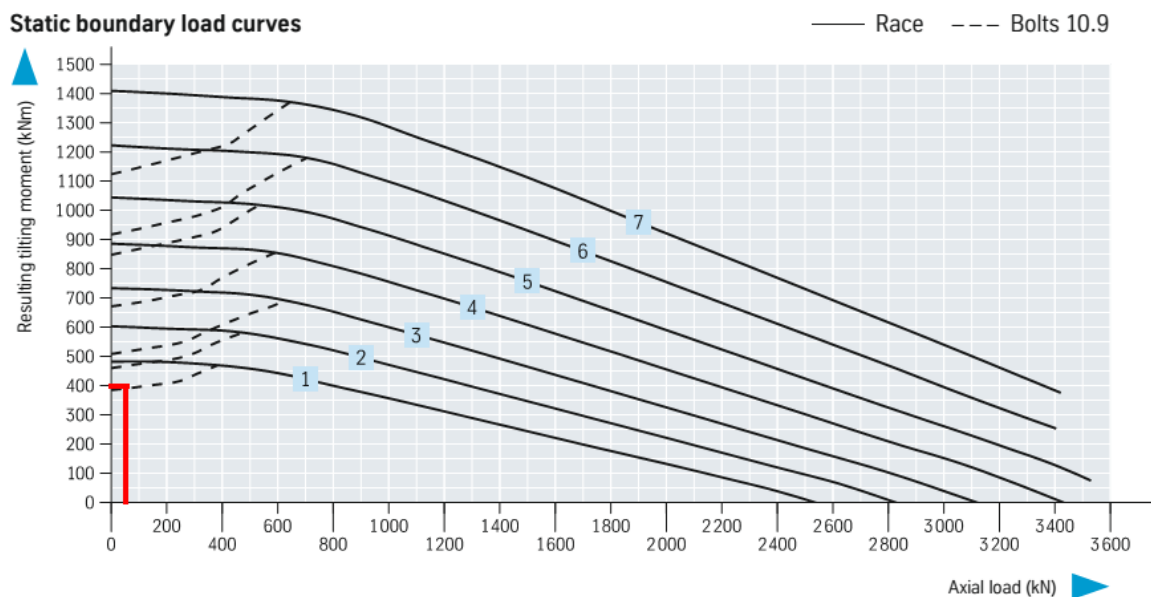


Fig. 5.3 Curvas de límite estático para diferentes rodamientos

En estas gráficas, las abscisas son la carga axial mientras que las ordenadas el par de vuelco. Las líneas rojas pintadas son los valores de la carga estática calculados en el apartado 5.2.4. Como se puede apreciar la curva nº 1 es la inmediatamente superior y simboliza la curva de límite de servicio del rodamiento **062.25.0855.500.11.1503**.

Las líneas en verde representan los valores de referencia calculados en el apartado 5.2.6 que deben estar por debajo de la curva límite representada en línea de trazos, en que también se cumple con respecto a la curva nº 1 (Fig. 5-4).

Por tanto, se puede decir que el número de tornillos y la calidad estándar del fabricante para este rodamiento son los apropiados; de lo contrario, se deberían calcular los adecuados por otros medios detallados en el catálogo.

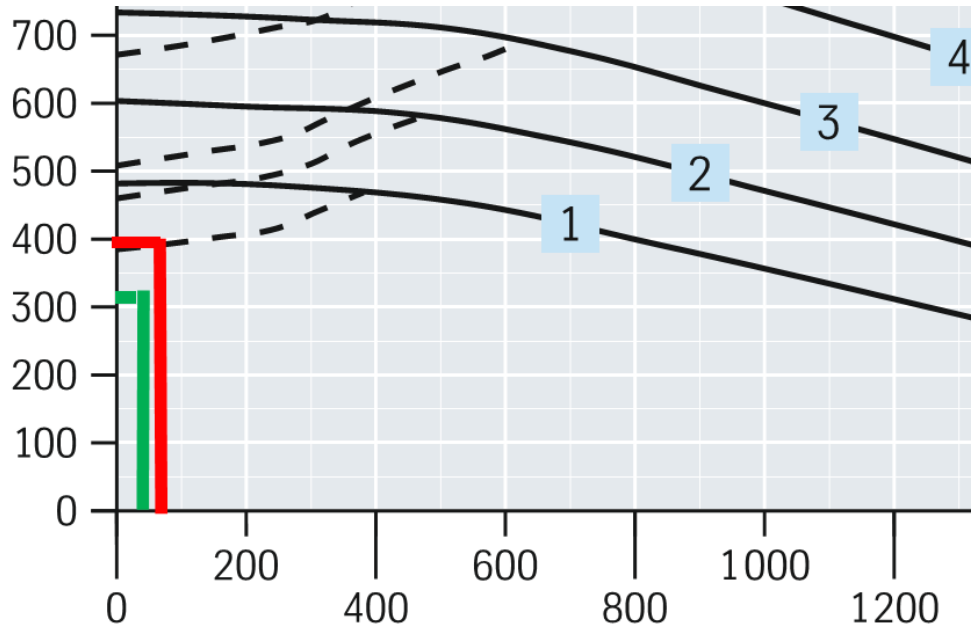


Fig. 5-4. Diagrama de límite estático ampliado

Ahora se analizará el rodamiento desde el punto de vista de la vida en servicio. Para ello se utilizará la gráfica del catálogo y los datos de referencia del apartado 5.2.5

El rodamiento es correcto si el punto de intersección queda por debajo de la curva límite del rodamiento en donde se visualizan las curvas de vida útil. En este caso las líneas en rojo representan los valores de referencia y se observa como el punto de intersección se sitúa por debajo de la curva de vida de servicio nº 1, por tanto el rodamiento elegido cumple. (Fig. 5-5).

Utilization period curves – 30 000 revolutions

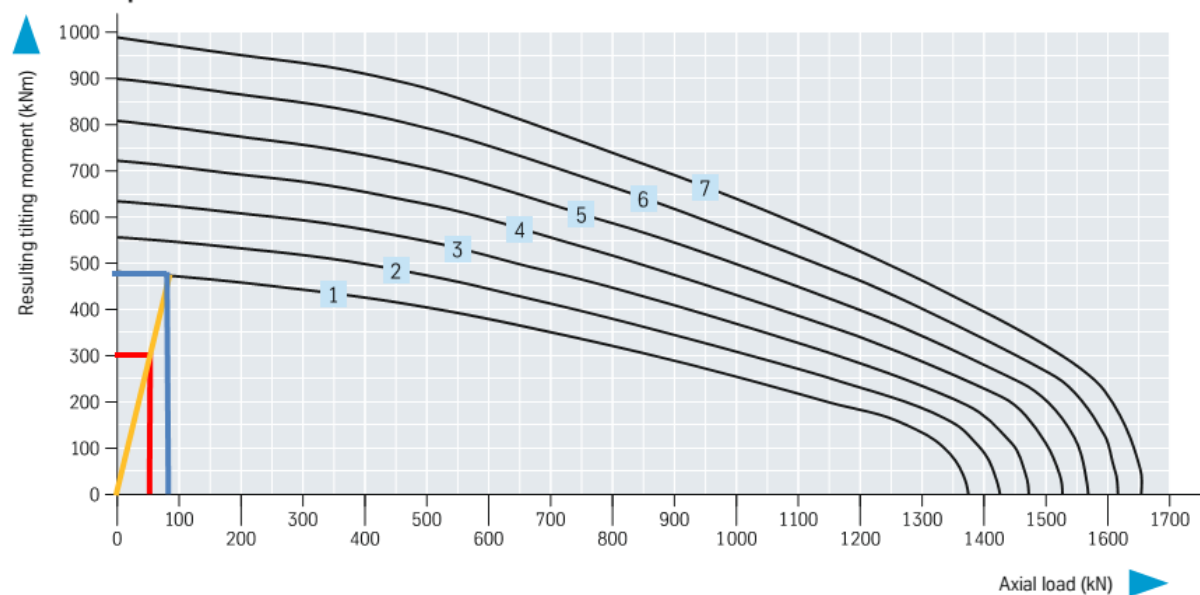


Fig. 5-5. Curvas de vida útil para 30.000 revoluciones



La vida útil del rodamiento se puede hallar utilizando la gráfica anterior. Se traza una línea recta (línea color naranja en el gráfico) desde el origen de coordenadas del diagrama hasta el punto correspondiente al caso concreto de carga, y después se prolonga esta recta hasta la curva del rodamiento. Los valores de las coordenadas del nuevo punto encontrado sobre la curva 1 (líneas en azul) son los valores F_{k0} y M_{k0} .

Luego con estos valores se calcula el factor de vida útil:

$$f_L = \frac{F_{k0}}{F_k} = \frac{85.000 \text{ N}}{55.960 \text{ N}} = 1,51$$

$$f_L = \frac{M_{k0}}{M_k} = \frac{465.000 \text{ N}}{304.136 \text{ N}} = 1,53$$

La vida útil resulta ser:

$$G = (f_L)^p \cdot 30.000$$

$$G = (1,51)^3 \cdot 30.000 = 103.288 \text{ rev}$$

La vida del rodamiento puede ser superior al valor anterior, ya que el cálculo se realiza teniendo en cuenta las cargas máximas; las cuales no siempre se alcanzan durante el período de utilización del equipo.

Las dimensiones características del rodamiento son las siguientes (Fig. 5-6).

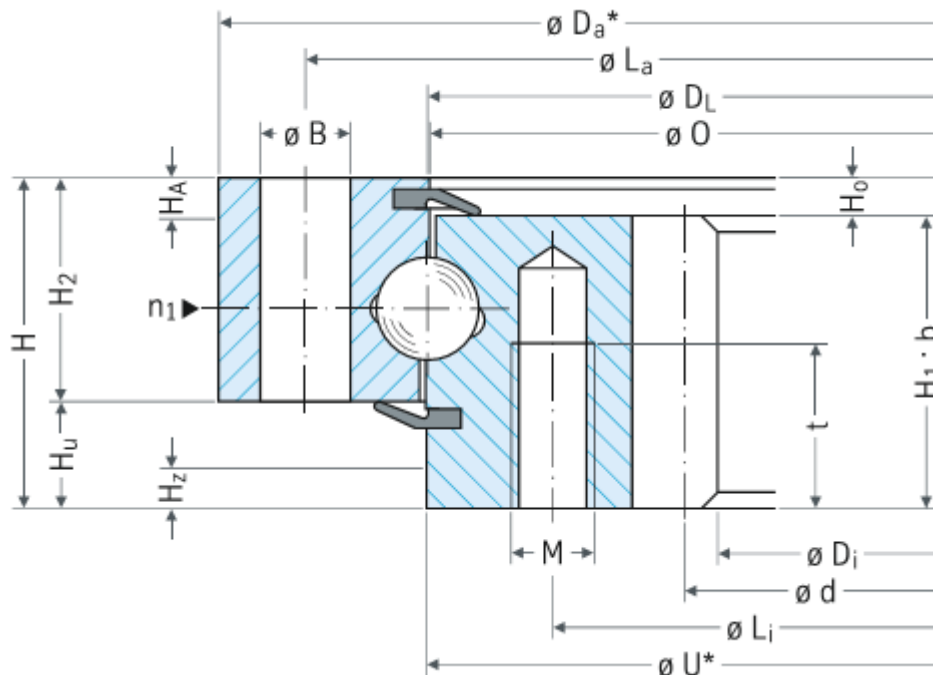


Fig. 5-6. Vista del rodamiento seleccionado



Bearing with internal gearing		Geometry											
Drawing number		$\varnothing D_L$ mm	$\varnothing D_a$ mm	$\varnothing D_i$ mm	H mm	$\varnothing O$ mm	$\varnothing U$ mm	H_1 mm	H_2 mm	H_c mm	H_s mm	$\varnothing D_a^*$ mm	$\varnothing U^*$ mm
1	062.25.0855.500.11.1503	855	955	710	80	854	856	71	54	26	9	9	9
2	062.25.0955.500.11.1503	955	1055	810	80	954	956	71	54	26	9	9	9
3	062.25.1055.500.11.1503	1055	1155	910	80	1054	1056	71	54	26	9	9	9
4	062.25.1155.500.11.1503	1155	1255	1010	80	1154	1156	71	54	26	9	9	9
5	062.25.1255.500.11.1503	1255	1355	1110	80	1254	1256	71	54	26	9	9	9
6	062.25.1355.500.11.1503	1355	1455	1210	80	1354	1356	71	54	26	9	9	9
7	062.25.1455.500.11.1503	1455	1555	1310	80	1454	1456	71	54	26	9	9	9

If centring spigots are required on the indicated diameters D_a^* or D_i^* these must be specified when the order is placed.

Centering height
 $H_z = 10$ mm
 $H_A = 10$ mm

*Tolerance data applies in each case to H_1 , H_A

Centering height of the companion structure
 max. 9 mm

Attachment						Gearing						Miscellaneous			
$\varnothing L_a$ mm	$\varnothing L_i$ mm	n	$\varnothing B$ mm	M mm	t mm	d mm	m mm	z	b_{min} mm	X1 kN	X2 kN	μ kg	n_1	Y axial mm	Y radial mm
953 -0,23	855 -0,23	28	22	20	40	730	10	73	70	41,23	82,46	133	4	≤ 0,30	≤ 0,25
1053 -0,26	955 -0,23	30	22	20	40	830	10	83	70	40,60	81,20	150	6	≤ 0,30	≤ 0,25
1153 -0,26	1055 -0,26	30	22	20	40	930	10	93	70	40,06	80,12	166	6	≤ 0,30	≤ 0,25
1253 -0,31	1155 -0,26	36	22	20	40	1030	10	103	70	39,58	79,16	183	6	≤ 0,30	≤ 0,25
1353 -0,31	1255 -0,31	42	22	20	40	1130	10	113	70	39,18	78,36	198	6	≤ 0,36	≤ 0,30
1453 -0,31	1355 -0,31	42	22	20	40	1230	10	123	70	38,83	77,66	215	6	≤ 0,36	≤ 0,30
1553 -0,31	1455 -0,31	48	22	20	40	1330	10	133	70	38,55	77,10	229	6	≤ 0,36	≤ 0,30



5.3 TORNILLOS DE FIJACIÓN DEL RODAMIENTO DE GIRO

Debido a que la unión de tornillos ejerce una influencia considerable sobre la vida útil del rodamiento de grandes dimensiones, es necesario que los tornillos de fijación estén suficientemente dimensionados y cuidadosamente pretensados.

Se han de cumplir una serie de requisitos para poder utilizar los tornillos anteriores. Según el fabricante, los tornillos tienen que estar distribuidos de forma equidistante sobre los círculos de taladros. El rodamiento y las estructuras de apoyo tienen que ser de acero. El apoyo tiene que realizarse sobre superficies rectificadas o revestidas con resina solidificada. La longitud de apriete de los tornillos tiene que ser como mínimo de 5 veces el diámetro del tornillo.

Esto es debido a que en el caso de longitudes de apriete pequeñas se han detectado efectos perjudiciales sobre la distribución de la carga. Por último, deberán quedar libres, como mínimo, seis hilos de rosca.

El par de apriete con llave dinamométrica se obtiene de la siguiente tabla del catálogo, partiendo de un coeficiente de rozamiento promedio de $\mu_g \approx \mu_k = 0,14$.

Preloads and Tightening Torques for metric Bolts (Friction Coefficient $\mu = 0.14$)										
Strength Class of the Bolt according to DIN/ISO 898			8.8		10.9		12.9			
Sliding threshold $R_{p0.2}$ [MPa]			640 for $\leq M 16$ 660 for $> M 16$		940		1100			
Bolt Size according to DIN 13	Stressed Cross-Section A_S [mm ²]	Thread Cross-Section A_d [mm ²]	Preload		Tightening Torque		Preload		Tightening Torque	
			F_M [N]	M_U [Nm]	F_M [N]	M_U [Nm]	F_M [N]	M_U [Nm]		
M 5	14.2	12.7	6400	5.5	9300	8.0	10900	9.3		
M 6	20.1	17.9	9000	9.3	13200	13.9	15400	16.2		
M 8	36.6	32.8	16500	22.5	24200	33	28500	38		
M 10	58	52.3	26000	45	38500	67	45000	78		
M 12	84.3	76.2	38500	78	56000	117	66000	135		
M 14	115	105	53000	126	77000	184	90000	216		
M 16	157	144	72000	193	106000	279	124000	333		
M 18	193	175	91000	270	129000	387	151000	459		
M 20	245	225	117000	387	166000	558	194000	648		
M 22	303	282	146000	522	208000	747	243000	873		
M 24	353	324	168000	666	239000	954	280000	1116		
M 27	459	427	221000	990	315000	1395	370000	1665		
M 30	561	519	270000	1350	385000	1890	450000	2250		
M 33	694	647	335000		480000		560000			
M 36	817	759	395000		560000		660000			
M 39	976	913	476000		670000		790000			
M 42	1120	1045	542000		772000		904000			
M 45	1300	1224	635000		905000		1059000			
M 48	1470	1377	714000	See note	1018000	See note	1191000	See note		
M 52	1760	1652	857000	See note	1221000	See note	1429000	See note		
M 56	2030	1905	989000		1408000		1648000			
M 60	2360	2227	1156000		1647000		1927000			

Para los tornillos M20, en calidad 10.9 provista por el fabricante, el par de apriete recomendado corresponde a 558 Nm.



5.4 MOTOR REDUCTOR DE GIRO

5.4.1 Momento torsor sobre la corona

El par resistente que actúa sobre el motor-reductor de giro está constituido por el par resistente más desfavorable originado por las inercias y rozamientos para iniciar el movimiento de rotación en el rodamiento de giro.

El par de rozamiento se calcula a partir de la siguiente ecuación obtenida en el catálogo del fabricante.

$$M_r = \frac{\mu}{2} (4,4 \cdot M_k + F_a \cdot DL)$$

Se toma como valor $\mu = 0,006$ para los rodamientos de la serie 600.

$$M_r = \frac{0,006}{2} (4,4 \cdot 323306 \text{ Nm} + 53564 \text{ N} \cdot 0,9 \text{ m}) = 4412,2 \text{ Nm}$$

5.4.2 Elección del reductor

La selección del reductor ha venido de terminada por los siguientes parámetros:

1. Relación de reducción elevada.
2. Tamaño del reductor lo más compacto y pequeño posible, dada la ubicación del motor-reductor (cerca de la columna).
3. Momento de salida elevado.

Los reductores sinfín, coaxiales y epicicloidales consiguen grandes relaciones de reducción, sin embargo debido al gran momento resistente, se necesitan reductores de tipo sinfín y coaxiales de gran tamaño. En cambio los reductores epicicloidales mantienen un diseño compacto en estas condiciones, por tanto se ha elegido este tipo de reductor para realizar la transmisión.

La velocidad de salida que hay que conseguir en la reducción n_3 es de una revolución por minuto, si se considera una velocidad de entrada de 200 rpm, la relación de reducción deseada es:

$$i_{13} = \frac{200 \text{ rpm}}{1 \text{ rpm}} = 200$$

Los engranajes son de dientes rectos, por lo que la relación entre la corona del rodamiento y el piñón de giro debe estar entre 1 y 10.



El número de dientes de la corona es:

$$Z_3 = 74 \text{ dientes}$$

Se opta por un piñón de 10 dientes según el catálogo del fabricante. La relación de reducción ente el piñón y la corona es:

$$i_{23} = \frac{Z_3}{Z_2} = \frac{74}{10} = 7,4$$

La relación de transmisión del reductor se aproxima a:

$$i_{12} = \frac{i_{13}}{i_{23}} = \frac{200}{7,4} = 27$$

El par que se necesita a la salida del reductor es:

$$M_{r2} = \frac{M_3}{i_{23} \cdot n_{23}} = \frac{4500 \text{ Nm}}{7,4 (0,98)} = 620 \text{ Nm}$$

Se ha optado por elegir los accionamientos para rotación serie S de la casa Bonfiglioli, la cual destaca las siguientes características:

- Estructura compacta
- Alto rendimiento
- Apropiada para varios motores hidráulicos
- Freno de disco integrado
- Raíz de diente rectificado sin ranura

Las características del reductor elegido se muestran a continuación:

Overall dimensions and technical data | S5 ... S17

Type	Ratio ¹	Hydraulic motors ²	Multi-disc brake		Output pinion ³						Weight without Motor (appr.)	
			Braking torque	Release pressure min.	z/m - B - D5							
	i	ccw	Nm	bar								kg
S5	25-33	28-30-32	310	14	10/10 95 130	10/10 79 130	11/10 79 143	14/8 69 134	15/6.35 77 112	-	-	68
S7	23-27-33	45-56-63	475	14	10/11 79 141	12/10 79 151	13/10 79 158	13/10 98 155	-	-	-	98
S10	24-27-31-36	45-56-63-80-90	475	14	12/12 90 184	13/10 85 158	13/10 94.5 155	13/10 100 158	13/12 110 190	13/12 90 195	-	108-123
S13	36	56-63-80-90	740	18	10/14 99 181	11/14 99 198	12/12 99 184	13/12 88 195	13/12* 110* 190*	14/12 110 199	14/12 110 201	147
S17	33	80-90	890	18	11/14 109 198	11/16 109 220	12/12 104 184	13/12* 110* 190*	13/14 122 221	14/16 150 273	-	168



CAPÍTULO 6: ESTABILIZACIÓN

6.1 ESTUDIO DE ESTABILIDAD

La estabilidad viene determinada por el vehículo, la carga en la grúa, la dirección de trabajo, las patas de apoyo y el suelo. El mismo factor de estabilidad se aplica a las grúas montadas en la parte trasera que para las grúas emplazadas detrás de la cabina.

6.1.1 Factor de estabilidad

Se define mediante el siguiente principio: Todos los pesos que actúan sobre el "lado del vehículo" de la línea de vuelco son siempre momentos estabilizadores. Todos los pesos que actúan sobre el lado de la línea de vuelco opuesto al del vehículo son siempre momentos de vuelco. Si comparamos el total de los momentos estabilizadores con el total de los momentos de vuelco, obtenemos un factor de estabilidad (n).

$$n = \frac{\text{Momento estabilizador total}}{\text{Momento de vuelco total}}$$

Como se puede observar en la fig. 6-1 la línea de vuelco se define uniendo el extremo del estabilizador con el centro de masa del eje delantero. La longitud comprendida entre el extremo del estabilizador y el centro de masa G_1 se establece en 4500 mm.

En el cálculo de la estabilidad se considera que actúan las siguientes fuerzas:

- G_1 : peso de las barras de prolongación con las dos patas de apoyo más accesorios de montaje.
- G_2 : peso de la grúa sin patas de apoyo.
- P : máxima capacidad de elevación de la grúa a la longitud máxima del brazo.
- M_1 : peso del vehículo descargado sobre el eje delantero.
- M_2 : peso del vehículo descargado sobre el eje trasero.

Para el caso del semirremolque dichas fuerzas alcanzan los siguientes valores:

$$G_1 = 1500 \text{ kg}$$

$$G_2 = 1950 \text{ kg}$$

$$P = 2000 \text{ kg}$$

$$M_2 = 1720 \text{ kg}$$



6.2 ESTABILIZADORES

Para lograr la longitud deseada, los estabilizadores poseen extensiones hidráulicas similares al brazo telescópico. Se componen de vigas cajón que se desplazan una sobre el interior de la otra mediante cilindros hidráulicos.

6.2.1 Determinación de la reacción del piso.

A continuación se obtendrá la reacción RA que ejerce el piso sobre las patas de soporte cuando la grúa soporta la carga P de 2000 kg, de esta forma se conocerán los esfuerzos a los que está sometida la viga.

Planteando la sumatoria de momentos, se obtiene la fuerza en las zapatas.

$$\sum M_o = P \cdot (1200 \text{ cm}) - RA \cdot (450 \text{ cm})$$
$$RA = \frac{P \cdot (1200 \text{ cm})}{(450 \text{ cm})} = \frac{2000 \text{ kg} (1200 \text{ cm})}{450 \text{ cm}} = 5333 \text{ kg}$$

6.2.2 Determinación de la sección resistente.

Existen tres secciones que se deben dimensionar para soportar la reacción que ejerce el piso. La primera de ellas corresponde a la caja montada al chasis del semirremolque, la segunda corresponde a la viga intermedia que contiene una extensión final donde se fija el cilindro estabilizador. (Fig. 6-2).

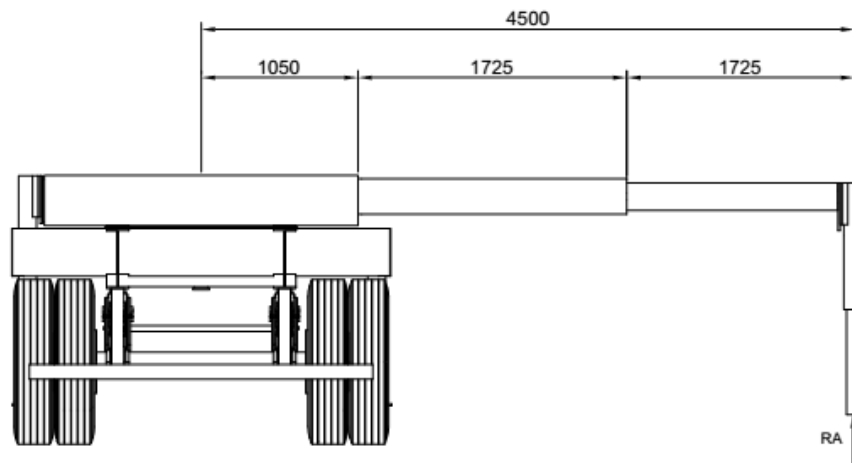


Fig. 6-2. Estabilizador extendido

Para la construcción de las vigas se adopta el acero Strenx 700, este material posee una elevada tensión de fluencia.

$$S_y = 7130 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$



Se adopta un coeficiente de seguridad de 2 para obtener la siguiente tensión admisible:

$$S_{ad} = \frac{S_y}{N} = \frac{7130 \frac{kg}{cm^2}}{2} = 3565 \frac{kg}{cm^2}$$

El momento flector que actúa sobre la viga es el siguiente:

$$M = RA \cdot (450) = 5333 \text{ kg} \cdot 450 \text{ cm} = 2.400.000 \text{ kgcm}$$

A continuación se obtiene el módulo resistente requerido para la sección.

$$S = \frac{M}{W} \rightarrow W = \frac{M}{S}$$
$$W = \frac{M}{S_{ad}} = \frac{2.400.000 \text{ kgcm}}{3565 \frac{kg}{cm^2}} = 673 \text{ cm}^3$$

Se selecciona un perfil de tipo rectangular con las siguientes características (Fig. 6-3).

$$H = 315 \text{ mm}$$

$$B = 151 \text{ mm}$$

$$e = 10 \text{ mm}$$

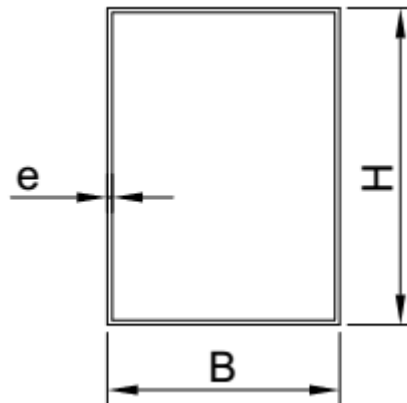


Fig.6-3. Perfil del estabilizador

El perfil posee el siguiente momento de inercia:

$$I_1 = 11.304 \text{ cm}^4$$

A partir del cual se puede obtener el modulo resistente.

$$W_1 = \frac{I_1}{c} = \frac{11.304 \text{ cm}^4}{15,75 \text{ cm}} = 717 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto:

$$W_{X \text{ perfil}} = 717 \text{ cm}^3$$

$$W_{X \text{ requerido}} = 673 \text{ cm}^3$$



Como se puede observar, se satisface la condición de resistencia.

$$W_{X \text{ perfil}} > W_{X \text{ requerido}}$$

Para los tramos siguientes, el análisis que se realiza es similar al explicado anteriormente. La diferencia reside en que las vigas están sometidas a menores esfuerzos de flexión y poseen dimensiones menores debido a requisitos constructivos del sistema telescópico.

A continuación de muestran los resultados para los tramos 2 y 3.

Tramo N°2

$$H = 285 \text{ mm} \quad B = 121 \text{ mm} \quad e = 10 \text{ mm}$$

$$M_2 = 1.839.885 \text{ kgcm}$$

$$W_{X \text{ requerido}} = 516 \text{ cm}^3$$

$$W_{X \text{ perfil}} = 538 \text{ cm}^3$$

Tramo N°3

$$H = 255 \text{ mm} \quad B = 91 \text{ mm} \quad e = 10 \text{ mm}$$

$$M_3 = 919.943 \text{ kgcm}$$

$$W_{X \text{ requerido}} = 258 \text{ cm}^3$$

$$W_{X \text{ perfil}} = 384 \text{ cm}^3$$



6.3 TORNILLOS DE ANCLAJE

La unión entre el chasis del semirremolque y la plataforma de la grúa, la cual contiene el sistema de estabilizadores, se realiza mediante varillas roscadas y bloques de fijación ubicados en las alas superior e inferior de la viga principal (Fig. 6-4).



Fig. 6-4. Fijación de la plataforma al chasis.

6.3.1 Determinación de los esfuerzos en los tornillos.

El sistema de anclaje se compone de un total de 8 varillas, las cuales se encuentran bajo la acción del momento flector generado por la reacción que produce el pie del estabilizador.

que la grúa trabaja a su máxima capacidad de carga, el momento tiene un valor de:

$$M = RA. (450 \text{ cm}) = 2.400.000 \text{ kgcm}$$

Este momento produce esfuerzos de tracción en los tornillos en función de su distancia al punto de apoyo A (Fig. 6-5). Las distancias correspondientes a cada bulón se muestran a continuación:

$$b_2 = 200 \text{ mm}$$

$$b_3 = 1075 \text{ mm}$$

$$b_4 = 1200 \text{ mm}$$

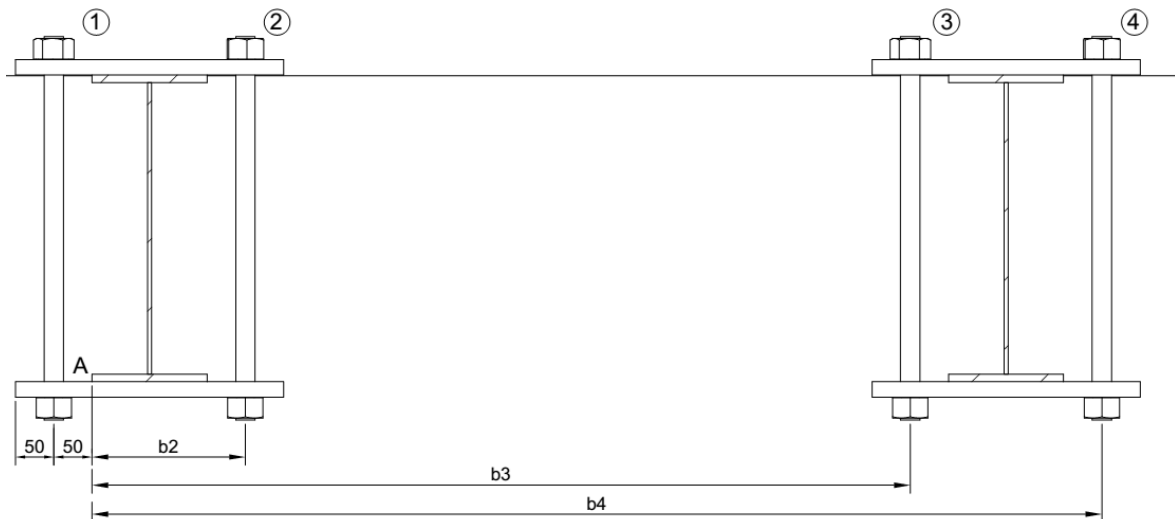


Fig. 6-5. Disposición de tornillos de anclaje

La fuerza aplicada a un tornillo en particular se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$F_b = \frac{M \cdot b_n}{l \cdot \sum b_n^2}$$

En donde:

- M representa el momento flector aplicado.
- b_n representa la distancia de un tornillo en particular al punto de apoyo.
- F_b corresponde a la fuerza de tracción inducida en el tornillo.
- l representa el número de hileras de tornillos.

Por lo tanto las fuerzas para cada bulón resultan ser:

$$F_2 = \frac{M \cdot b_2}{2 \cdot (b_2 + b_3 + b_4)^2} = \frac{2.400.000 \text{ kg} (20 \text{ cm})}{2 \cdot (247,5 \text{ cm})^2} = 392 \text{ kg}$$

$$F_3 = \frac{M \cdot b_3}{2 \cdot (b_2 + b_3 + b_4)^2} = \frac{2.400.000 \text{ kg} (107,5 \text{ cm})}{2 \cdot (247,5 \text{ cm})^2} = 2106 \text{ kg}$$

$$F_4 = \frac{M \cdot b_4}{2 \cdot (b_2 + b_3 + b_4)^2} = \frac{2.400.000 \text{ kg} (120 \text{ cm})}{2 \cdot (247,5 \text{ cm})^2} = 2351 \text{ kg}$$



6.3.2 Determinación de la sección resistente.

Del estudio anterior se concluye que el tornillo n°4 es el más solicitado, por lo que se dimensionará dicho bulón y se adopta la misma sección para el resto de los tornillos.

Para este caso, el bulón se encuentra sometido a la siguiente fuerza externa:

$$F_e = 2351 \text{ kg}$$

El área resistente puede calcularse según la ecuación de Seaton – Rrouthewaite.

$$A_s = \sqrt[3]{\left(\frac{15,24 F_e}{S_y}\right)^2}$$

Se utilizan tornillos de grado 8.8 cuyo límite elástico nominal es de 640 N/mm², por lo tanto el área necesaria toma el siguiente valor:

$$A_s = \sqrt[3]{\left(\frac{15,24 (2351 \text{ kg})}{6526 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}\right)^2} = 3,11 \text{ cm}^2$$

Este valor se lleva a la medida comercial más próxima, se adopta un bulón de 1 pulgada con su correspondiente área de esfuerzo.

$$D = 1 \text{ pulg} \rightarrow A_s = 3,91 \text{ cm}^2$$

El coeficiente de seguridad resulta ser el siguiente:

$$N = \frac{S_y}{S_{tr}} = \frac{6526 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{603 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 10,8$$



SISTEMA DE CODIFICACIÓN

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CODIFICACIÓN

El sistema utilizado para la categorización de los planos se encuentra formado por tres secciones de código.

XX 00 – N1 000 – N2 000

El primer grupo de caracteres corresponde al índice del producto, está compuesto por dos letras que hacen referencia a la máquina o equipo y un espacio numérico para indicar alguna característica funcional. Como ejemplo podemos poner SG24, que hace referencia al semirremolque grúa que se desarrolló en este trabajo.

La segunda sección del código utiliza un formato de cuatro números. El primero de ellos es un indicador (N1) que asigna un número según el nivel jerárquico; estos niveles se muestran a continuación:

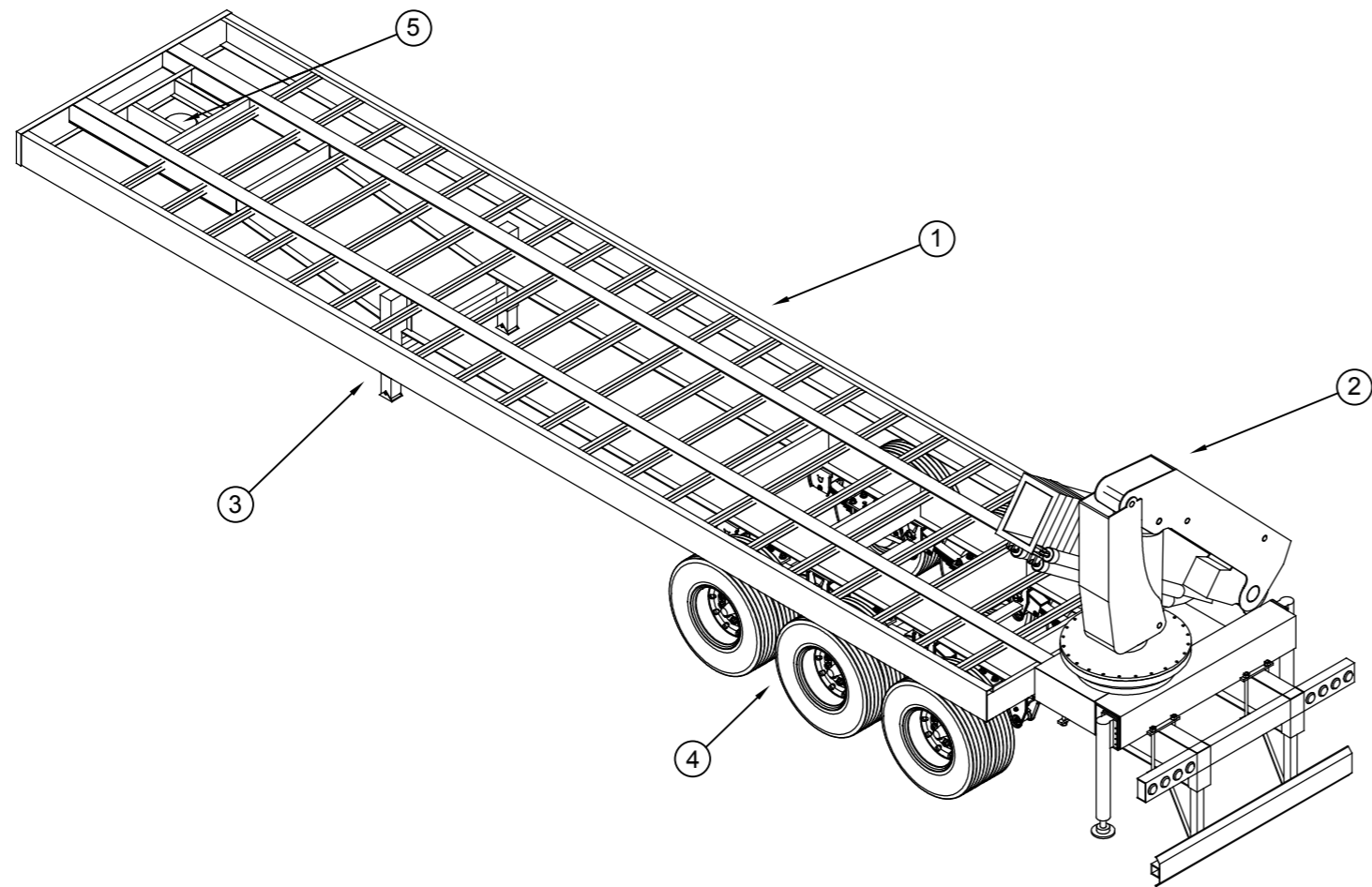
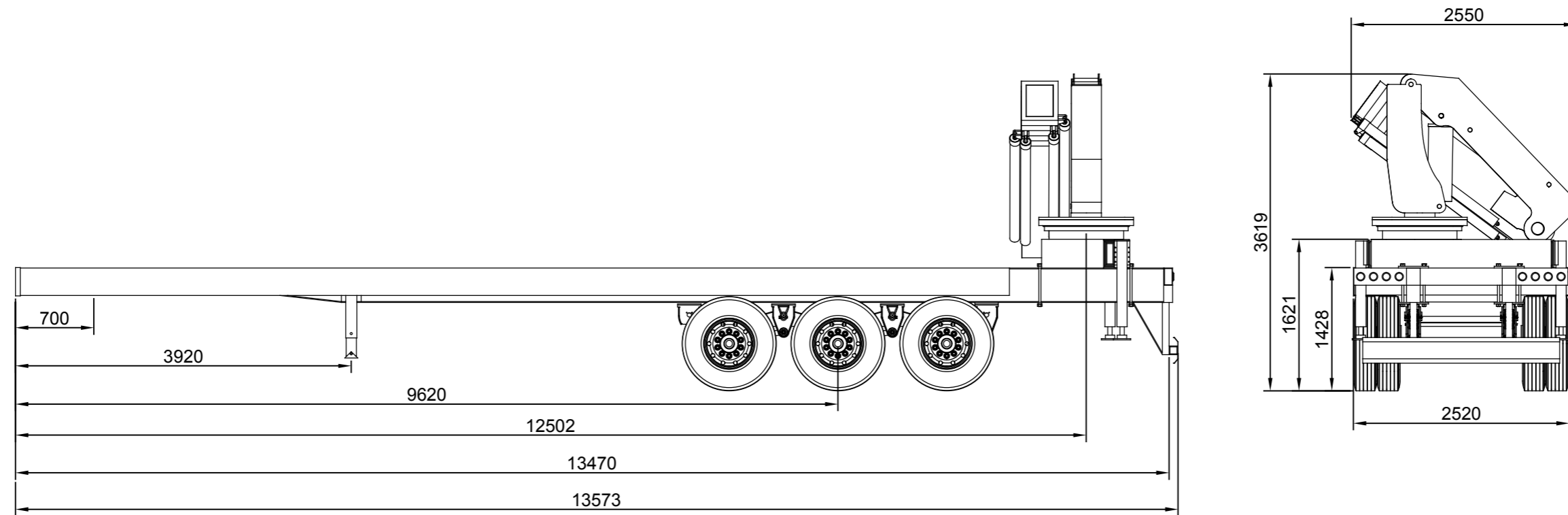
- Producto terminado: se asigna el número 1
- Componente ensamblado: se asigna el número 2
- Componente básico: se asigna el número 3

Los tres números restantes designan la posición dentro de su orden.

La última sección del código se compone de tres números, el primero de ellos (N2) asigna un número para definir el tipo de integración dentro del conjunto. Los caracteres que se asignan son los siguientes:

- 1 = Conjunto principal
- 2 = Subconjunto mayor
- 3 = Subconjunto menor
- 4 = Elemento mecanizado
- 5 = Elemento comercial

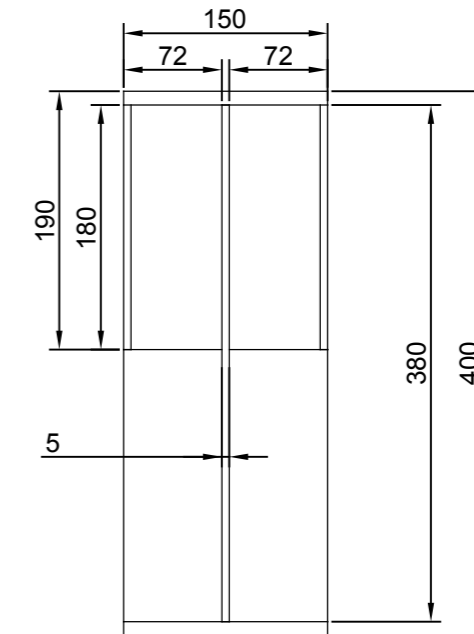
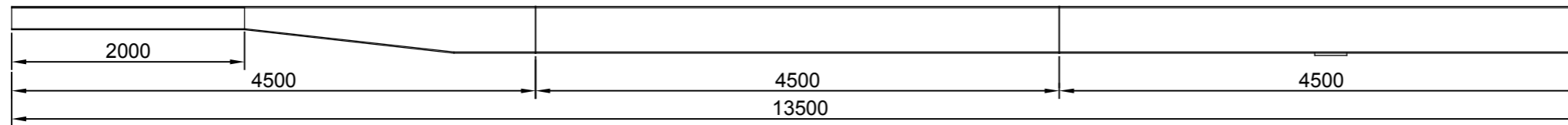
Los dos caracteres restantes se utilizan para numerar la posición.



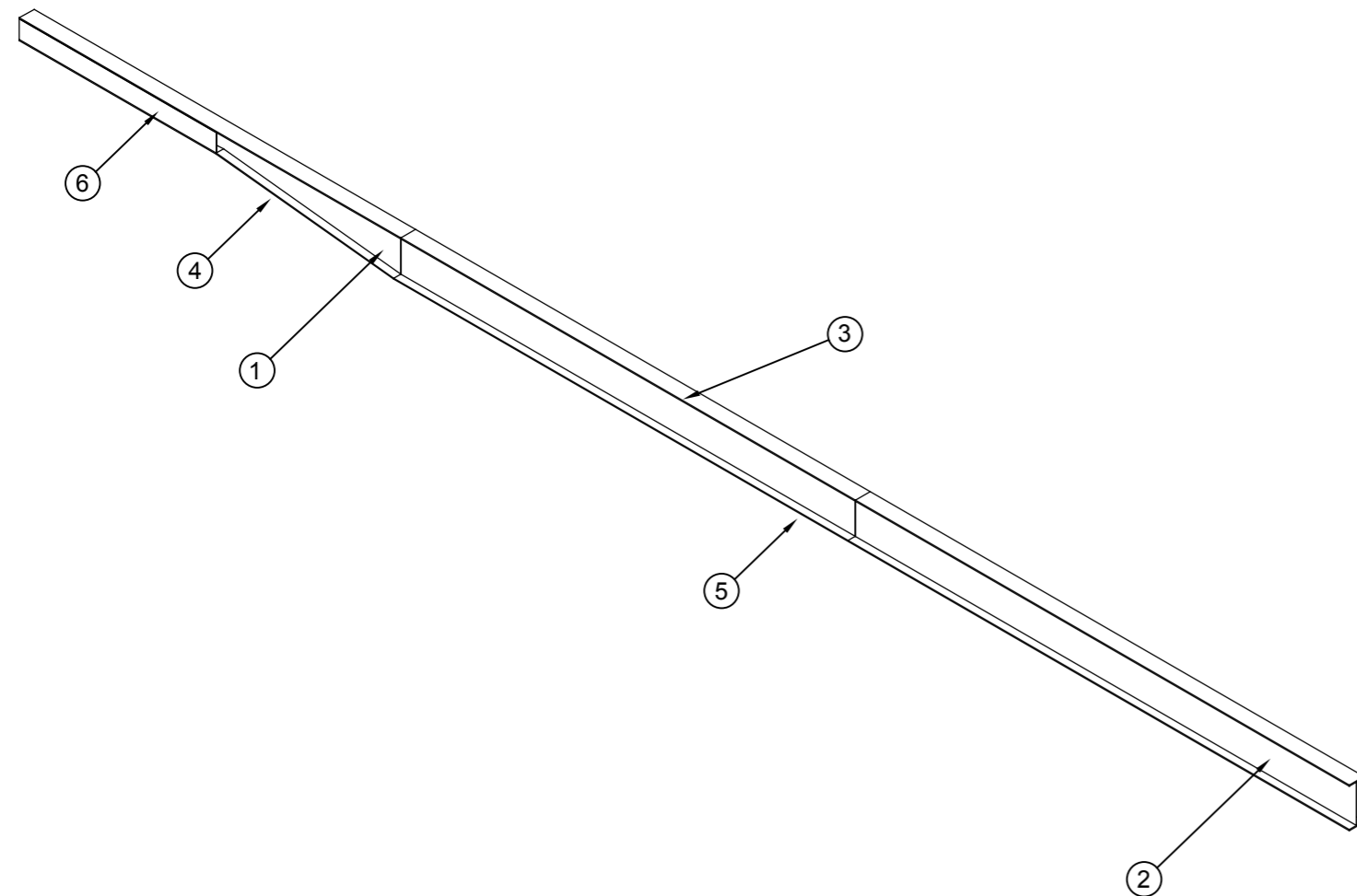
5	Perno rey	2005-503	1	Comercial
4	Ejes tridem	2004-502	1	Comercial
3	Patas de apoyo	2003-501	1	Comercial
2	Subconjunto grúa	2002-202	1	-
1	Subconjunto chasis	2001-201	1	-
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones

Vazquez Montalbetti Francisco		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN
Dibujado	Aprobado	
Fecha	26-08-19	
Firma		

Tolerancias generales (salvo especificación)							
Medidas (mm)	< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5
Escala	Norma	Título:					Código
1:60		Semirremolque grúa					SG24-1001-101



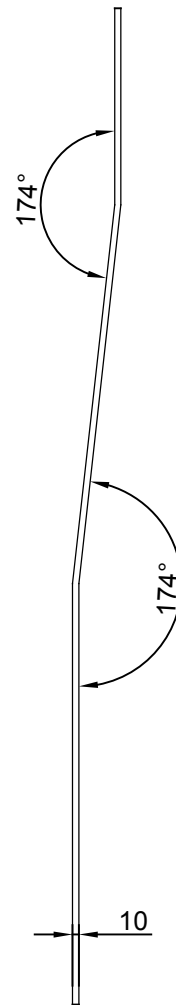
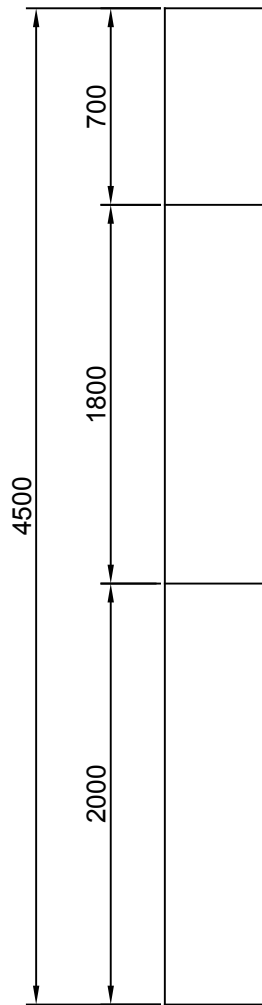
Detalle A



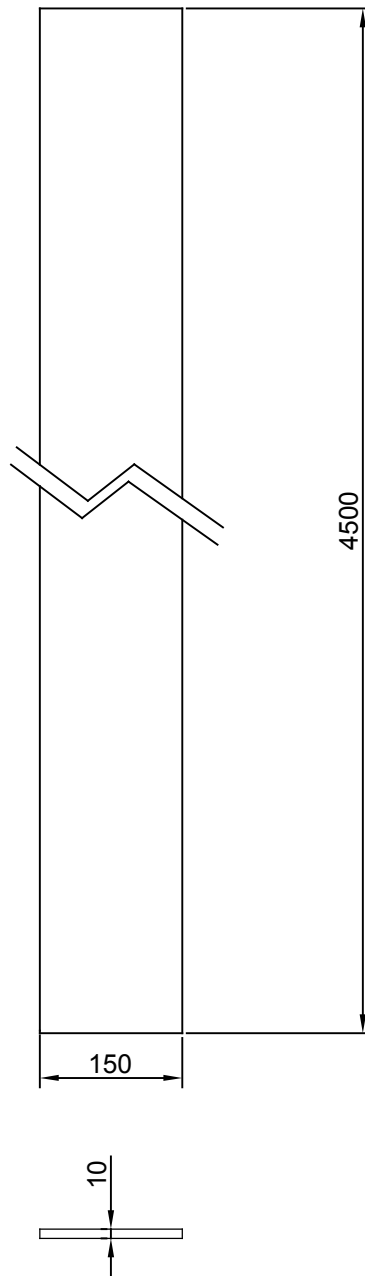
6	Placa de refuerzo	3011-411	2	-
5	Ala inferior 2	3010-410	2	-
4	Ala inferior 1	3009-409	1	-
3	Ala superior	3008-408	3	-
2	Alma central 2	3007-407	2	-
1	Alma central 1	3006-406	1	-
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones

Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN			
Fecha	06-08-19						
Firma							

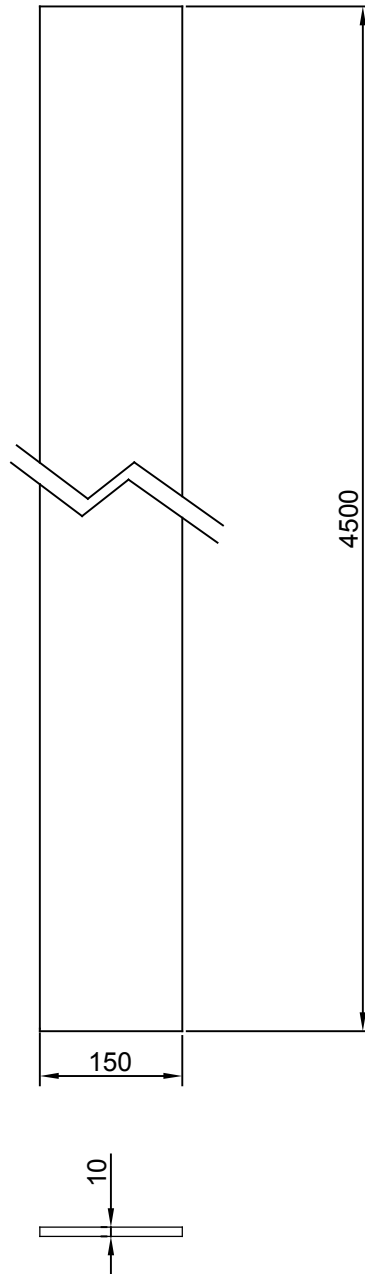
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:						Código
1:50		Viga principal doble T						2006-301



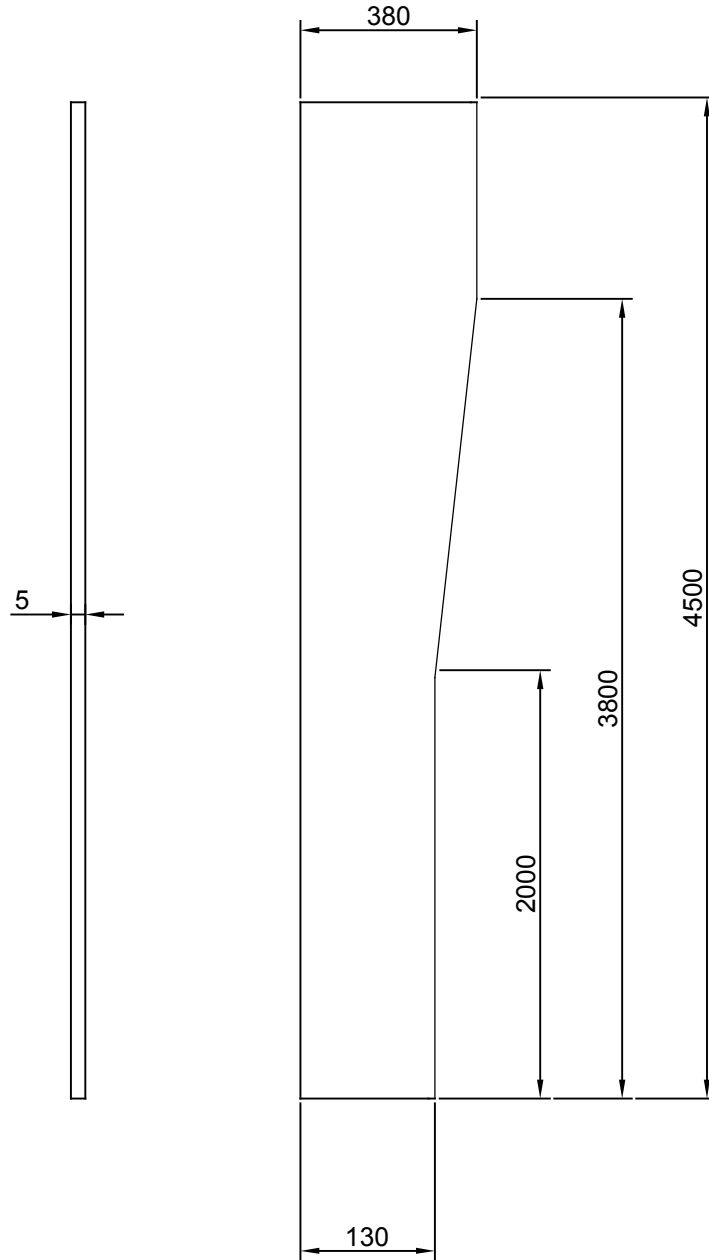
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-08-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:20		Ala inferior 1					3009-409	



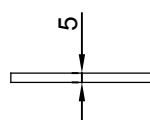
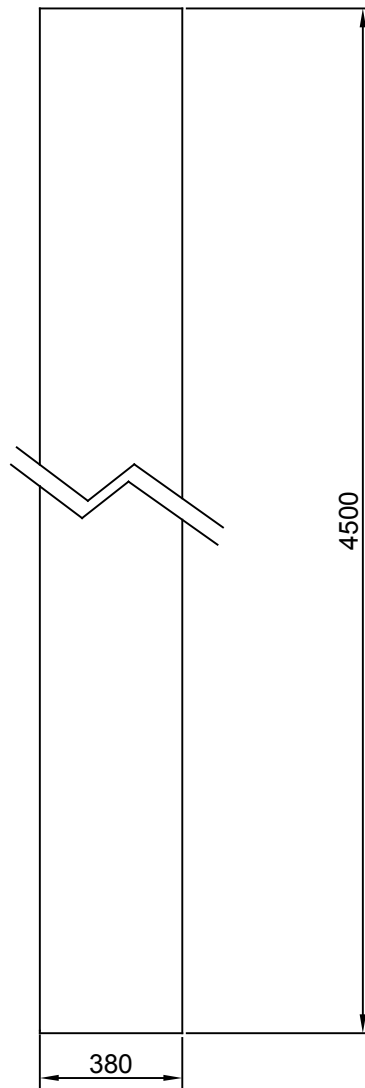
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-08-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:20		Ala inferior 2					3010-410	



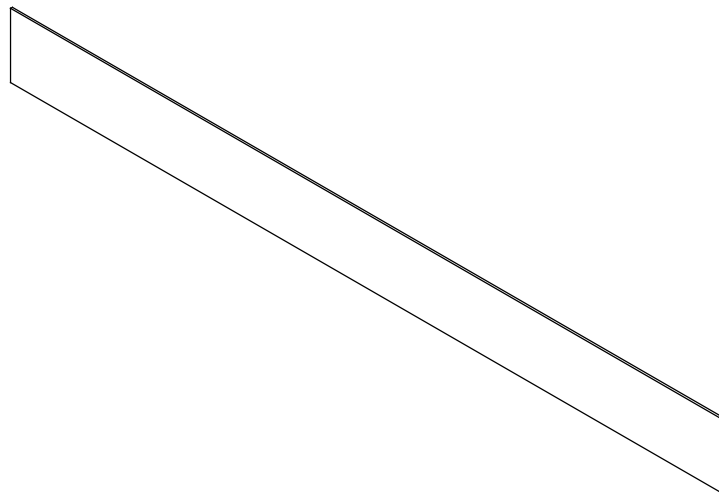
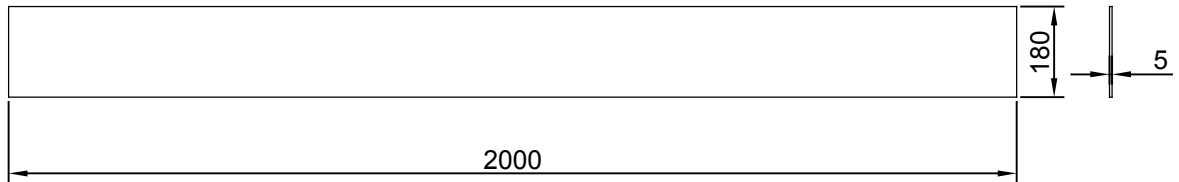
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-08-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:20		Ala superior					3008-408	



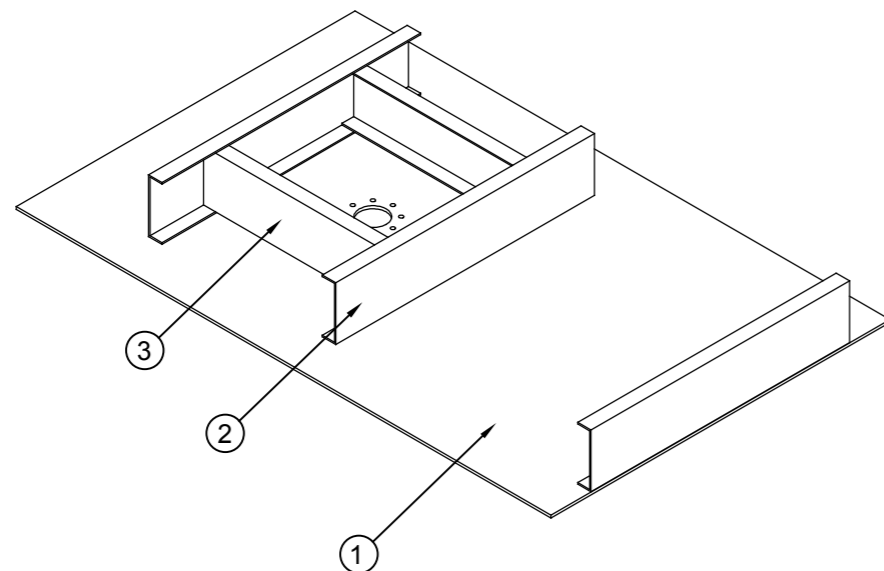
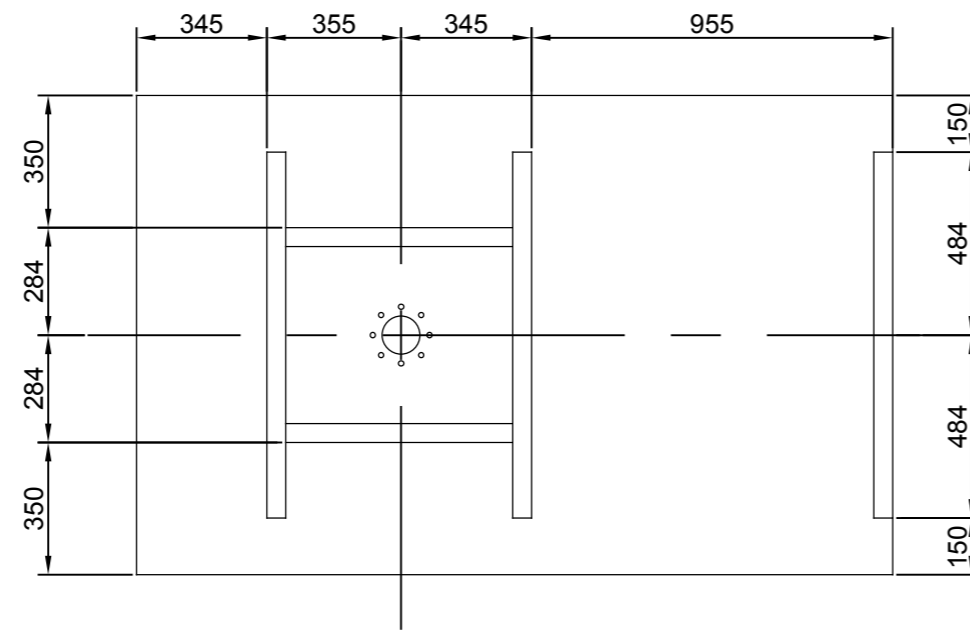
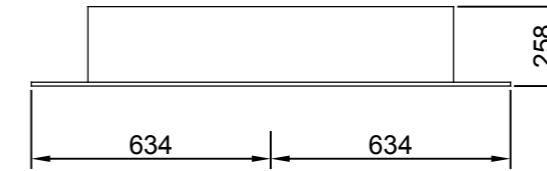
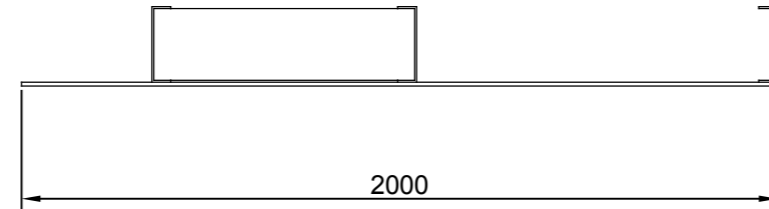
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-08-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:20		Alma central 1					3006-406	



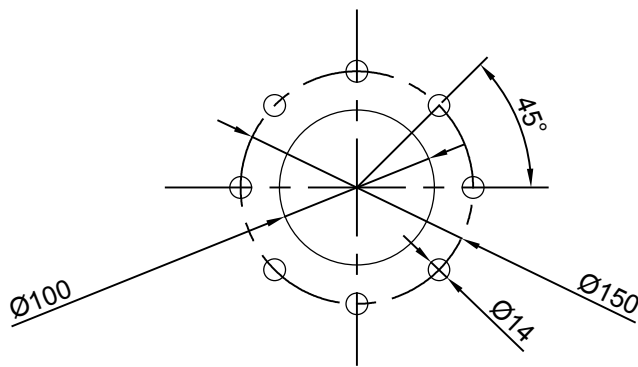
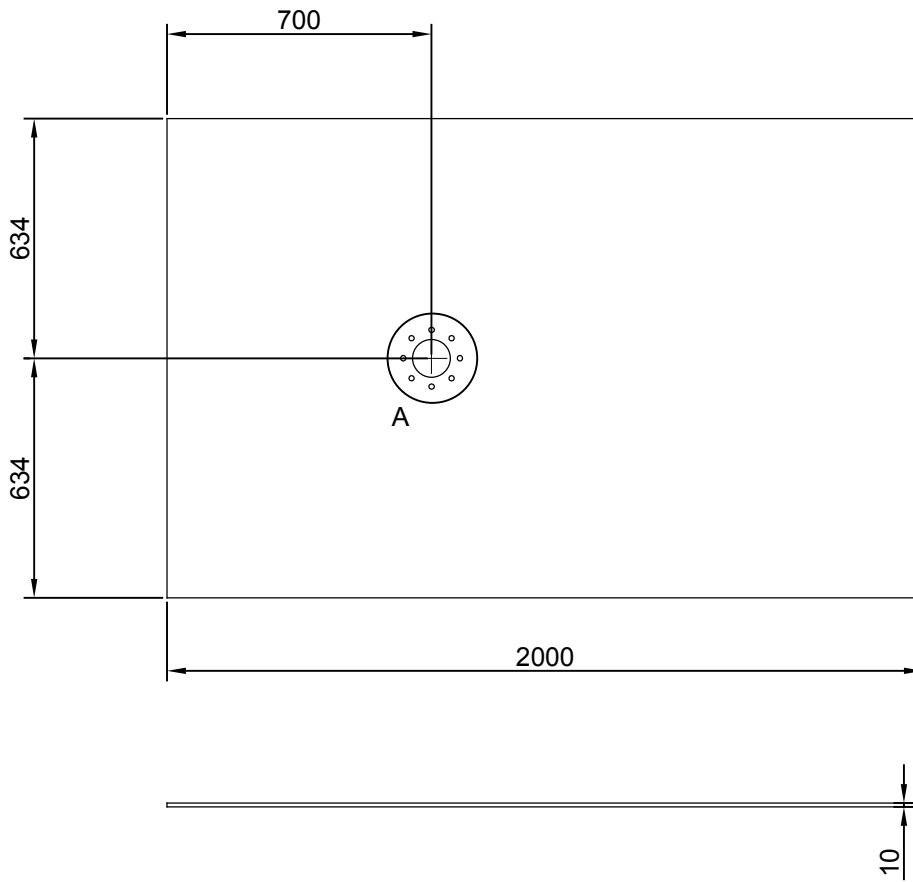
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-08-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:20		Alma central 2					3007-407	



Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-02-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:15		Placa de refuerzo					3011-411	

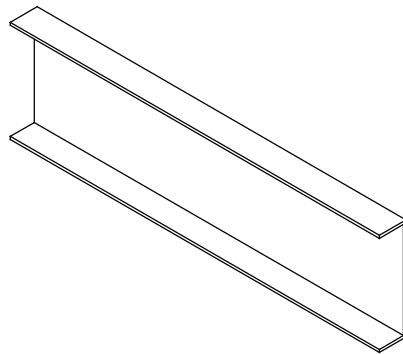
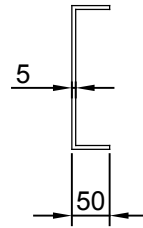
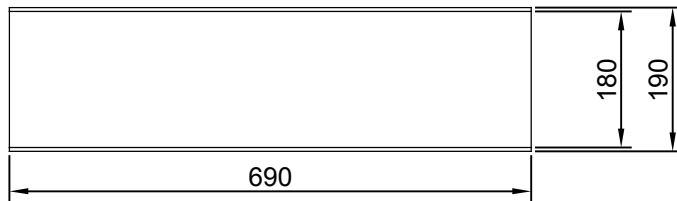


3	Refuerzo transversal	3014-414	2	-				
2	Refuerzo longitudinal	3013-413	3	-				
1	Placa de perno rey	3012-412	1	-				
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:						Código
1:20		Subconjunto quinta rueda						2007-302

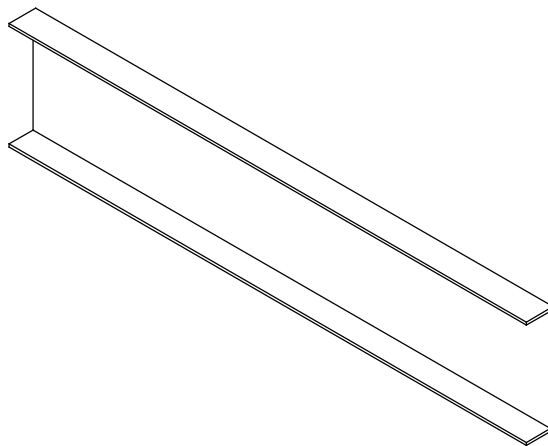
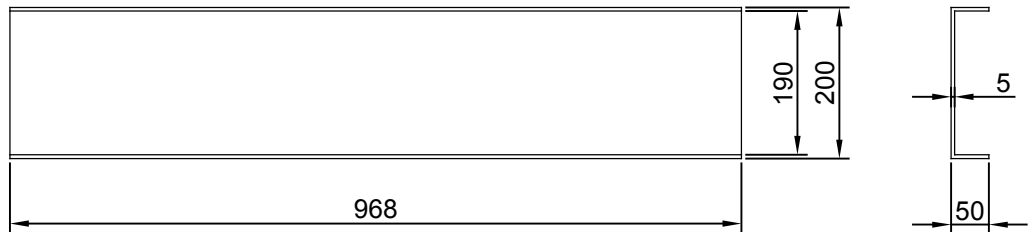


Detalle A

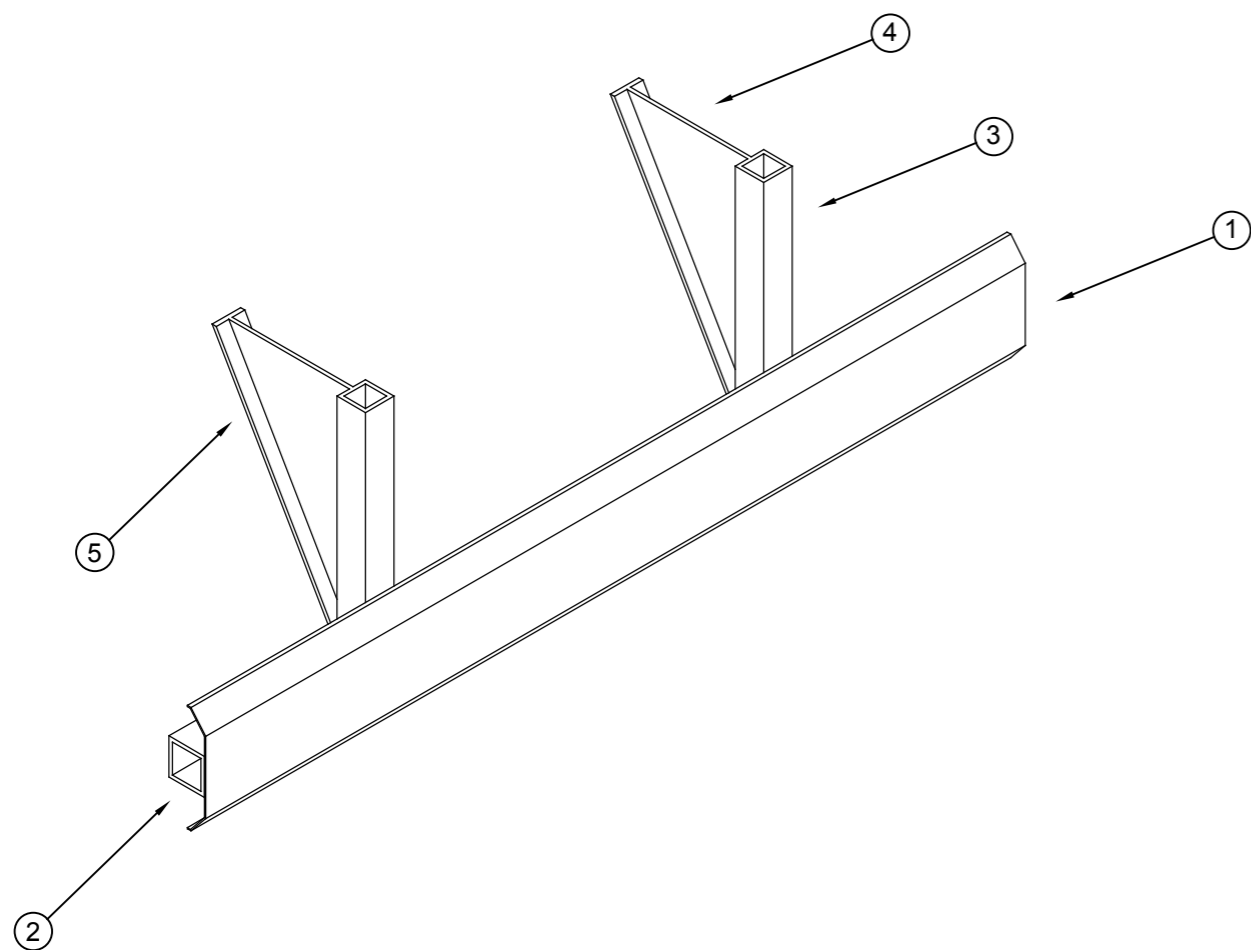
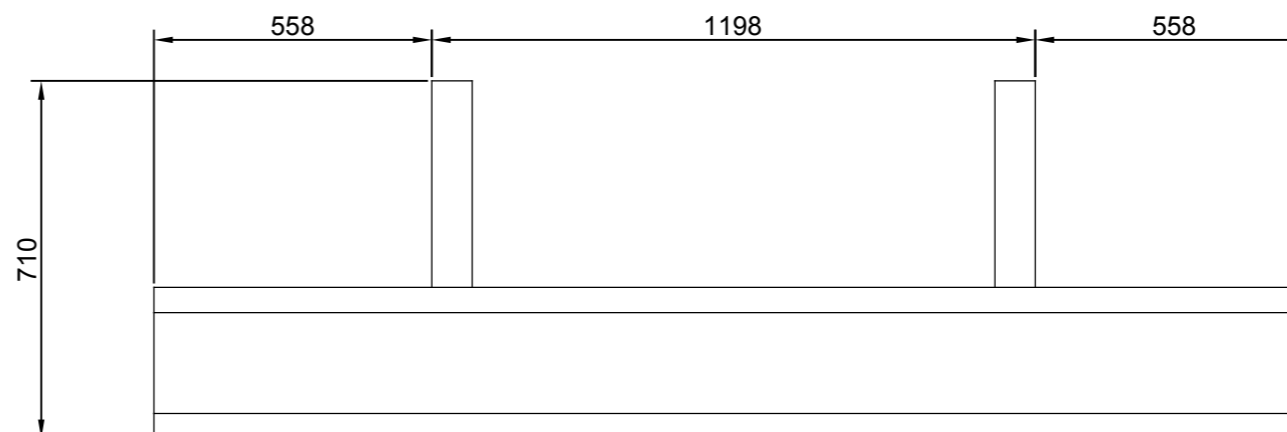
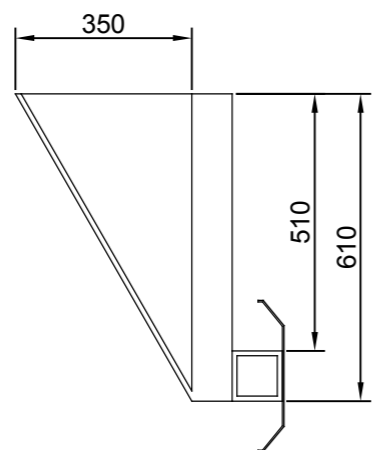
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:20		Placa de perno rey					3012-412	



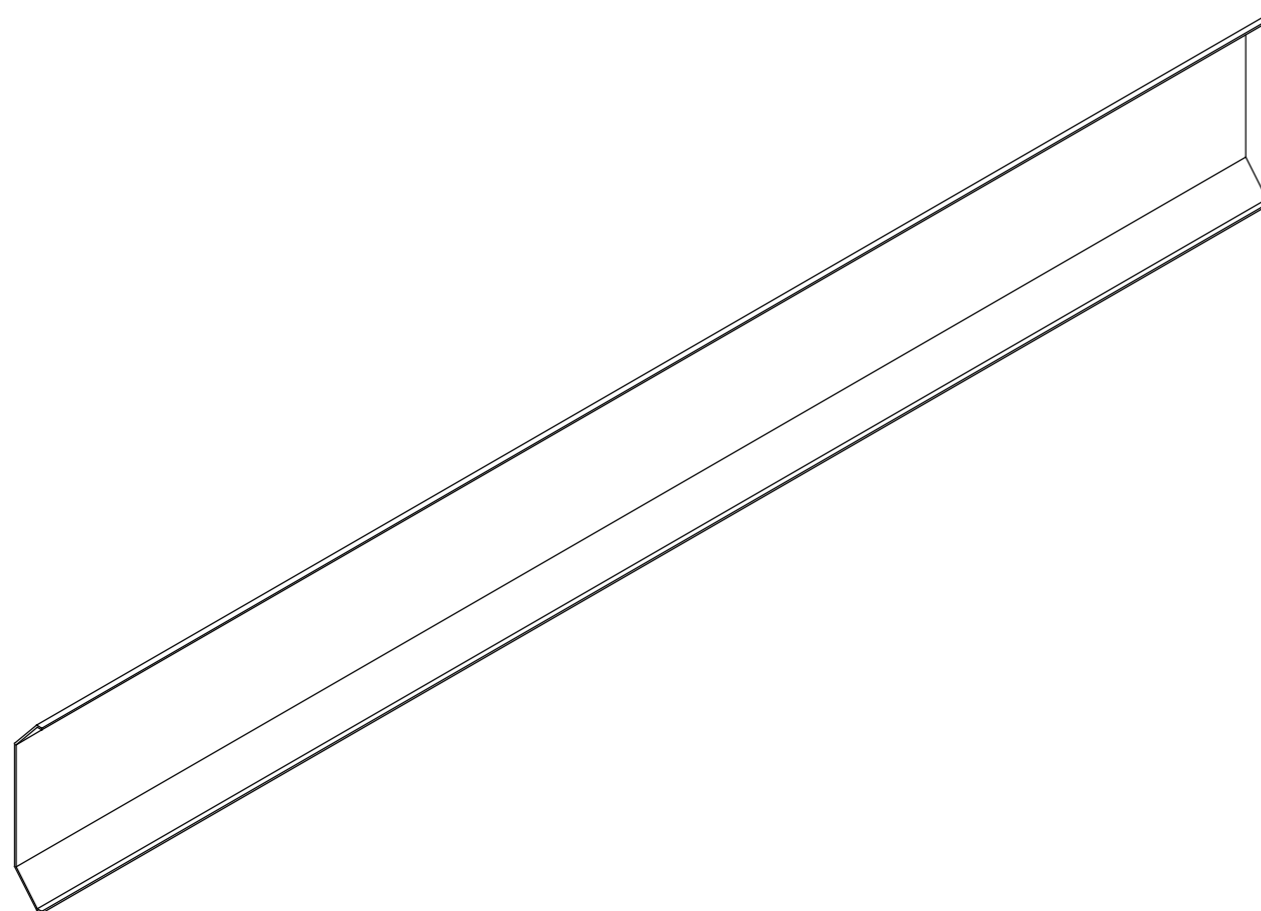
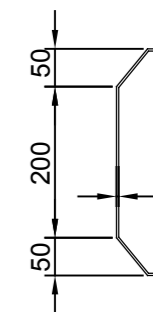
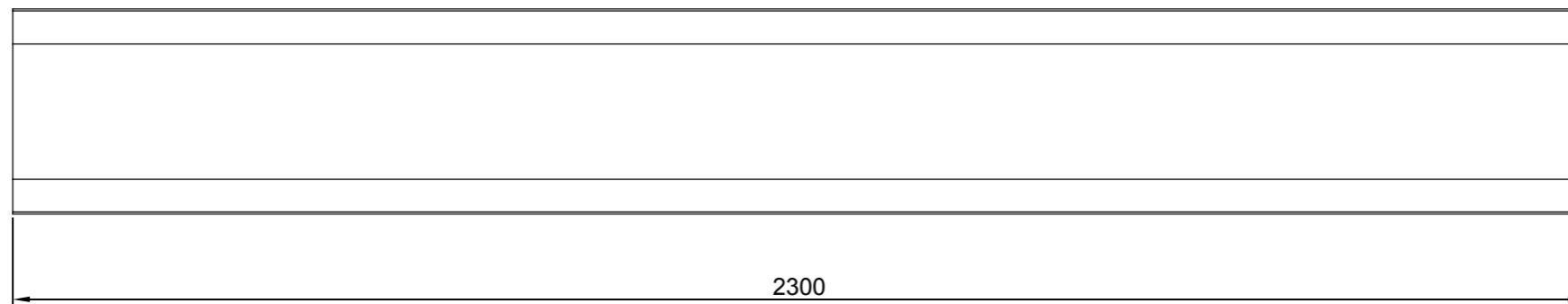
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Refuerzo longitudinal					3013-413	



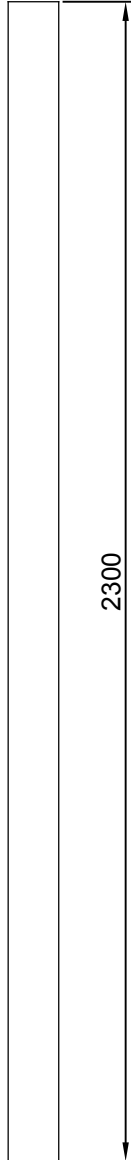
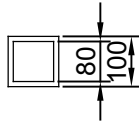
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Refuerzo transversal					3014-414	



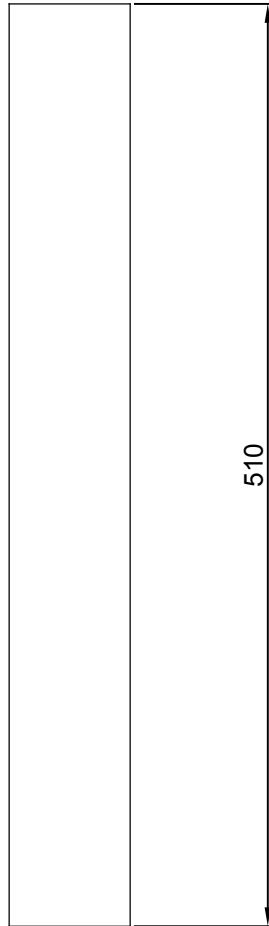
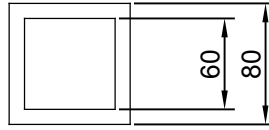
5	Refuerzo 2	3019-419	2	-				
4	Refuerzo 1	3018-418	2	-				
3	Perfil cuadrado B	3017-417	2	-				
2	Perfil cuadrado A	3016-416	1	-				
1	Chapa de protección	3015-415	1	-				
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia +-	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:						Código
1:15		Paragolpes trasero						2009-304



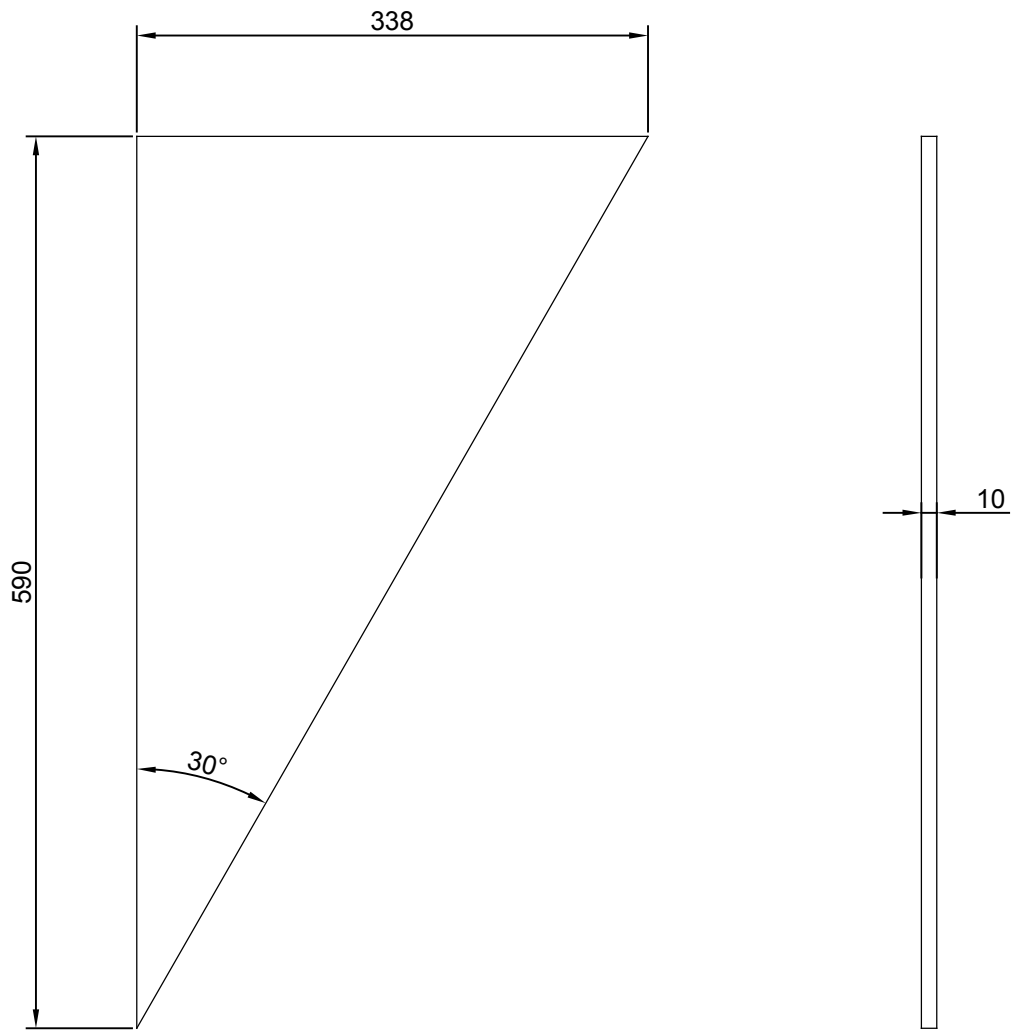
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:						Código
1:5		Chapa de protección						3015-415



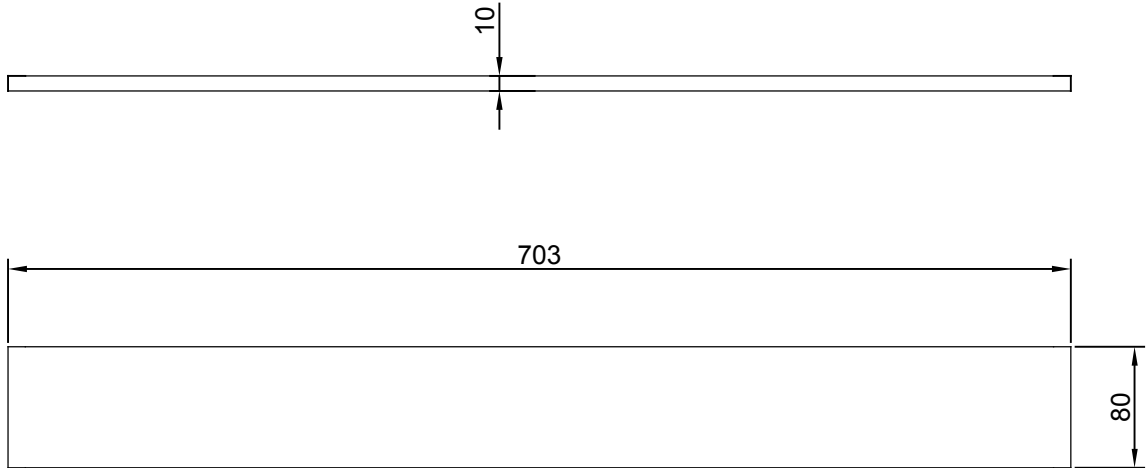
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:5		Perfil cuadrado A					3016-416	



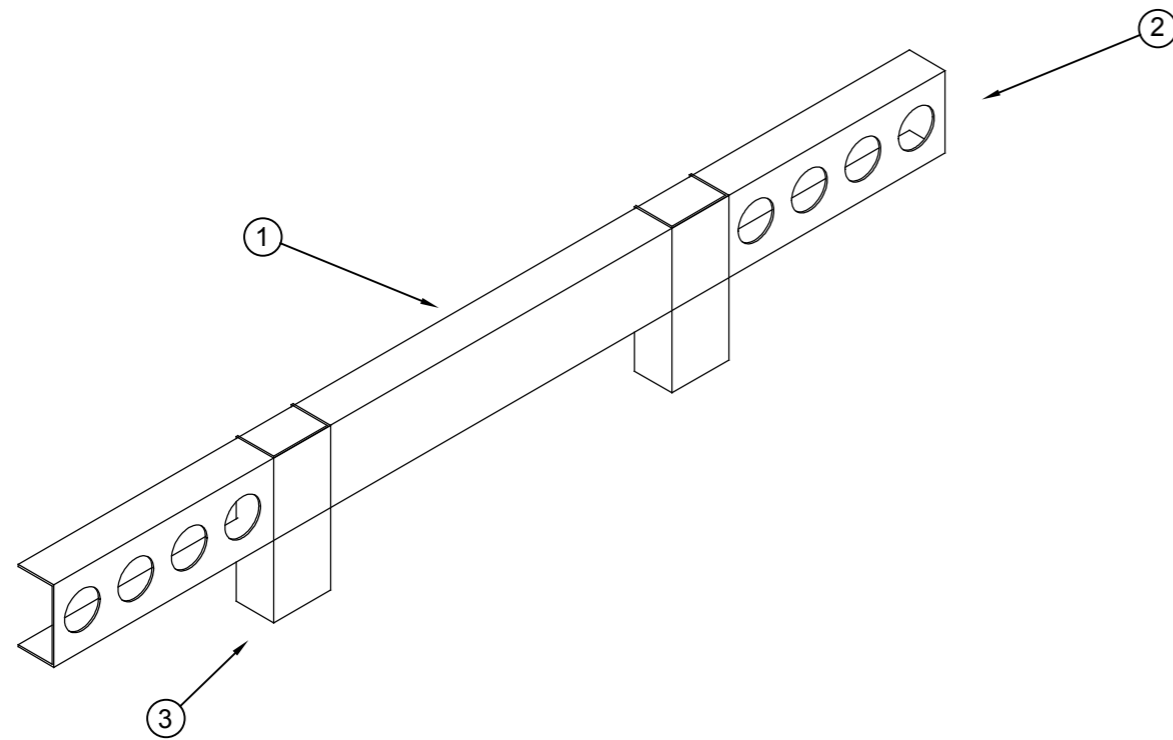
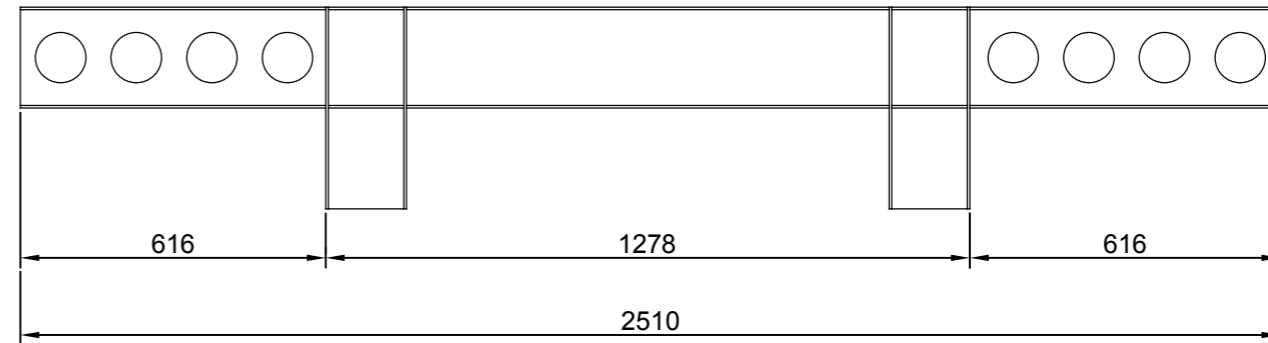
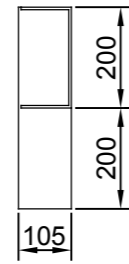
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:5		Perfil cuadrado B					3017-417	



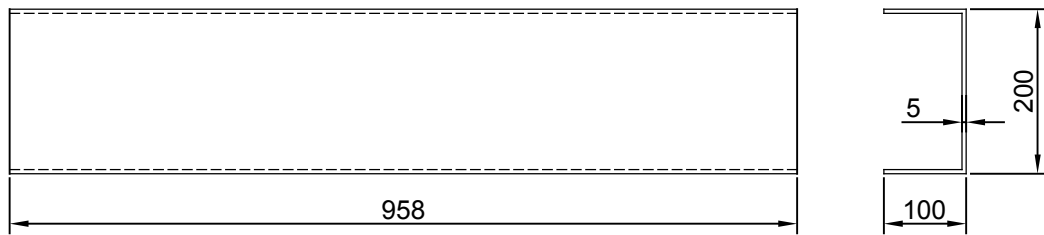
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia ±	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Refuerzo 1					3018-418	



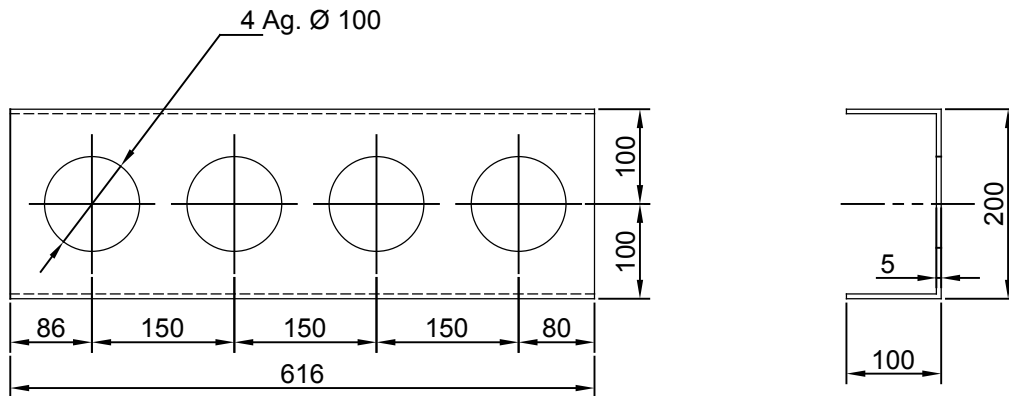
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Refuerzo 2					3019-419	



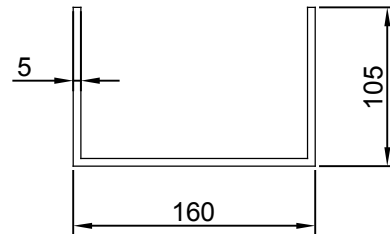
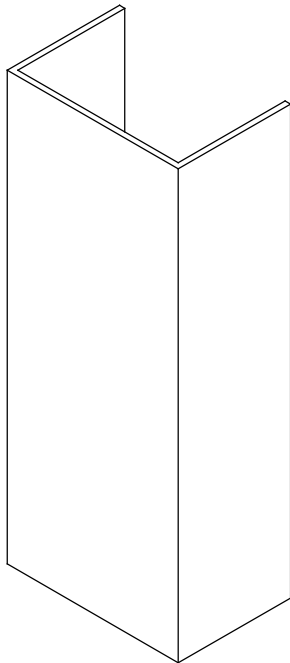
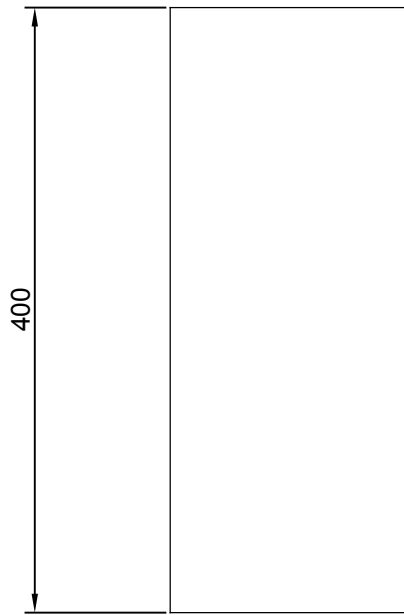
3	Perfil C refuerzo	3022-422	2	-				
2	Perfil C lateral	3021-421	2	-				
1	Perfil C central	3020-420	1	-				
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:						Código
1:15		Luces traseras						2009-304



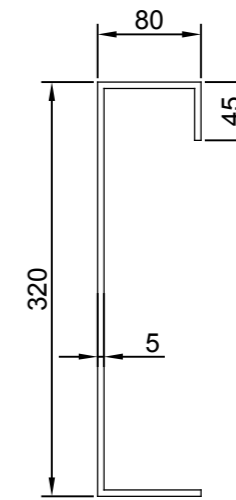
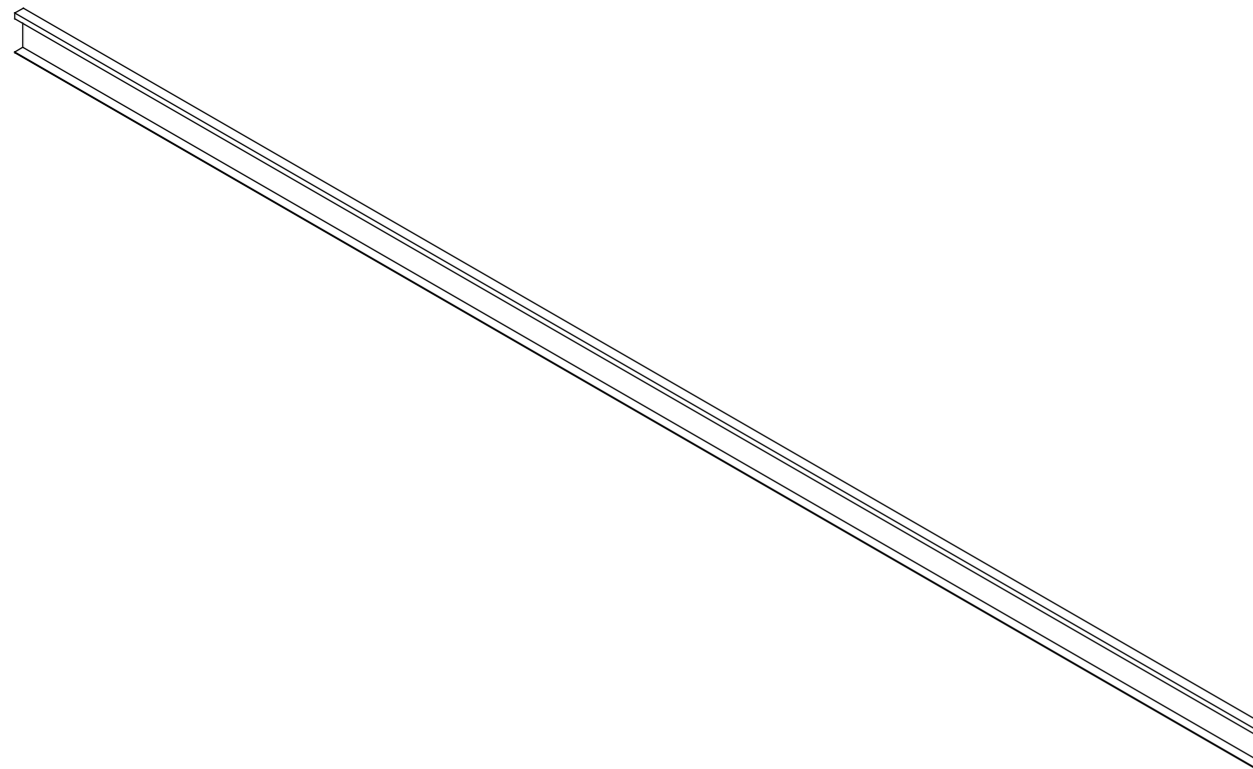
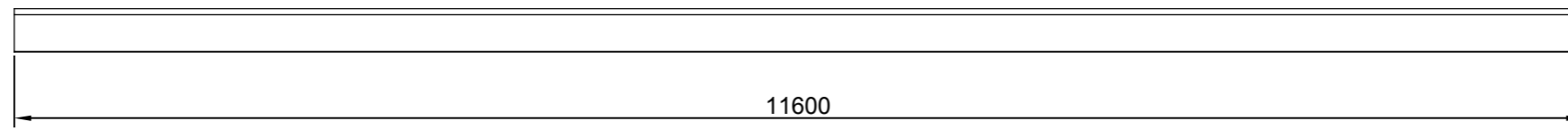
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:5		Perfil C central					3020-420	



Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia ±	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:5		Perfil C lateral					3021-421	

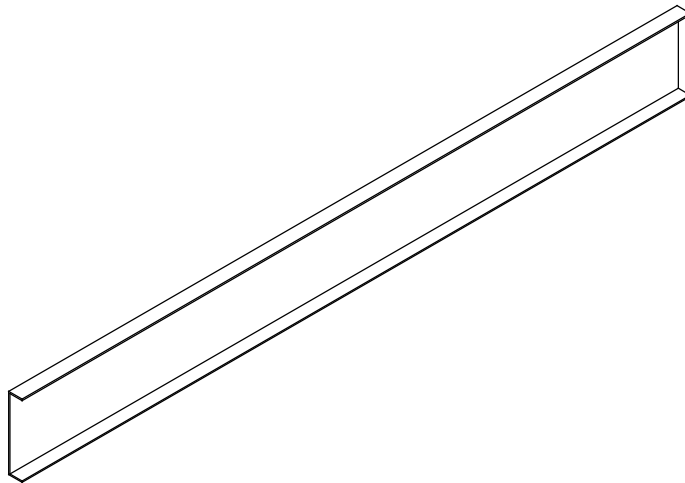
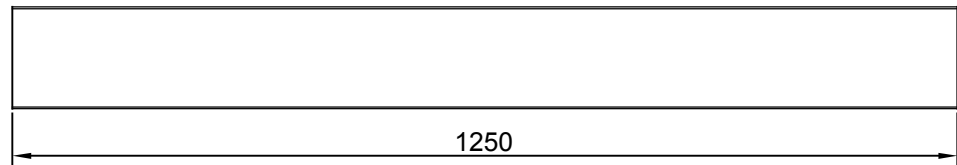
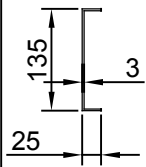


Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:5		Perfil C refuerzo					3022-422	

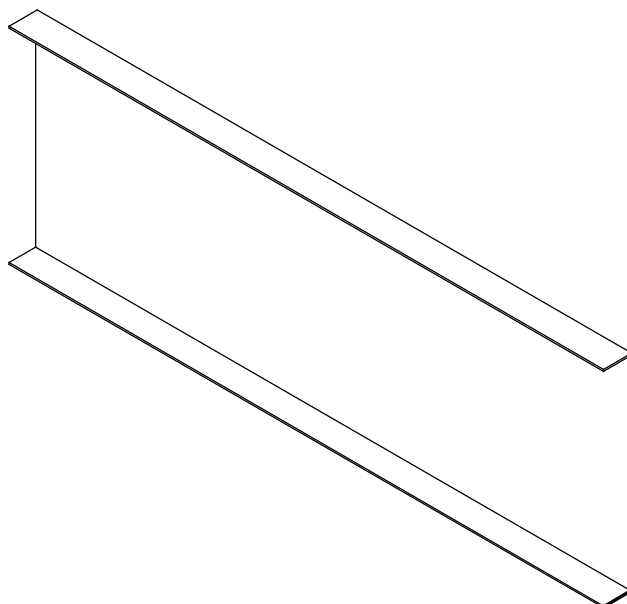
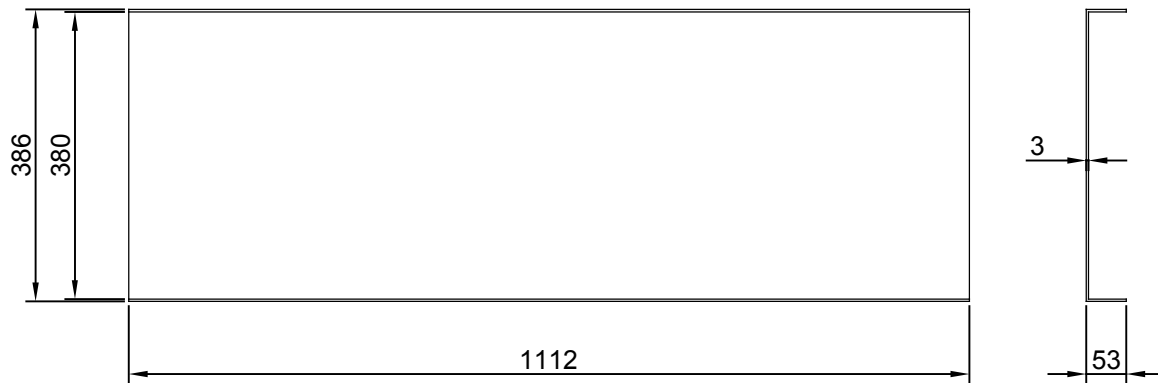


Detalle A

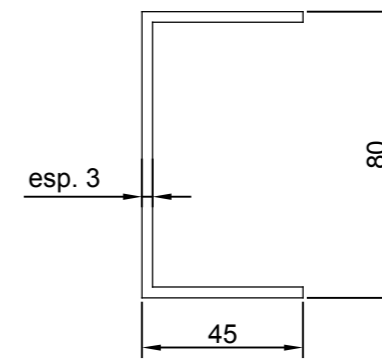
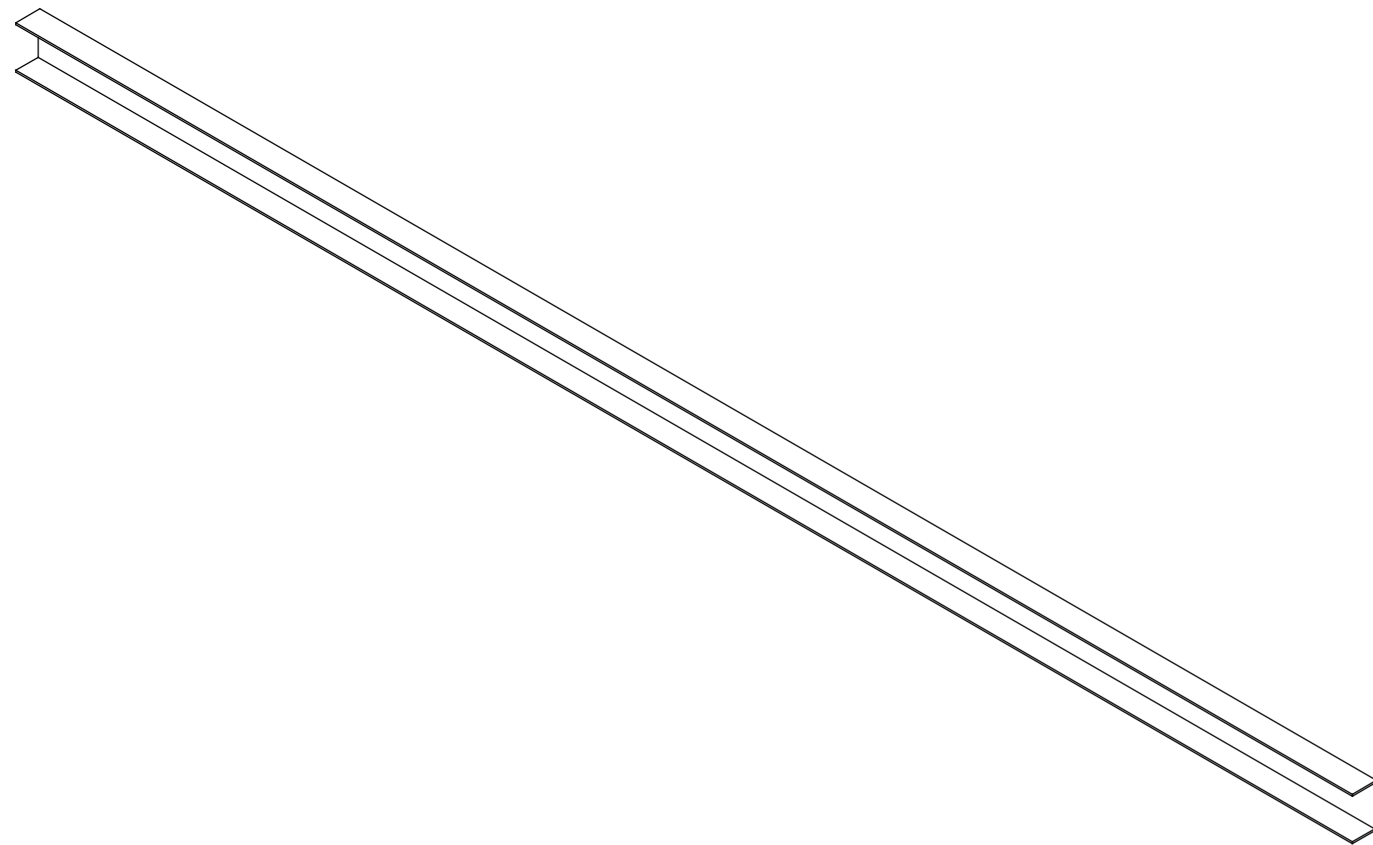
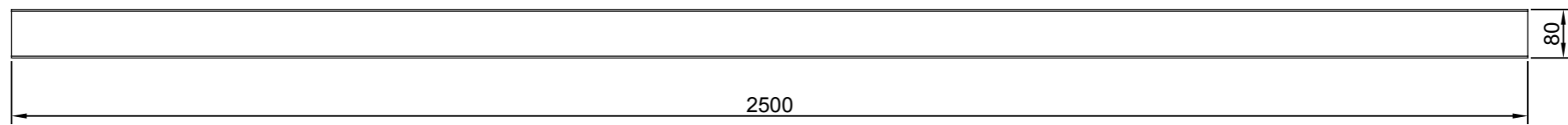
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:						Código
1:50		Faldón longitudinal						3004-404



Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:20		Faldón transversal					3005-405	

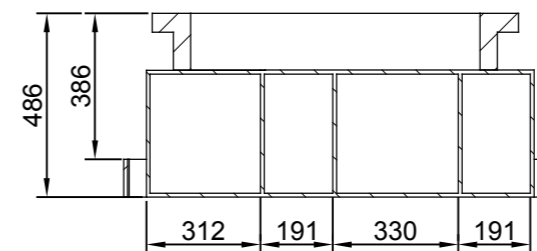
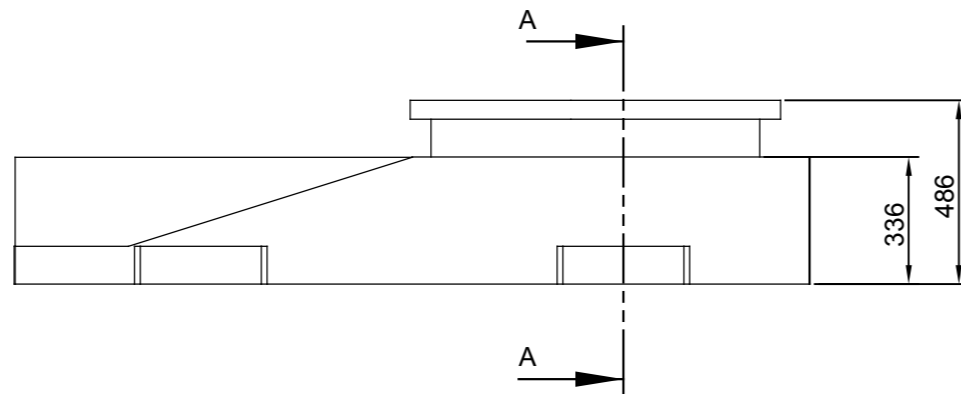


Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Refuerzo interior					3002-402	

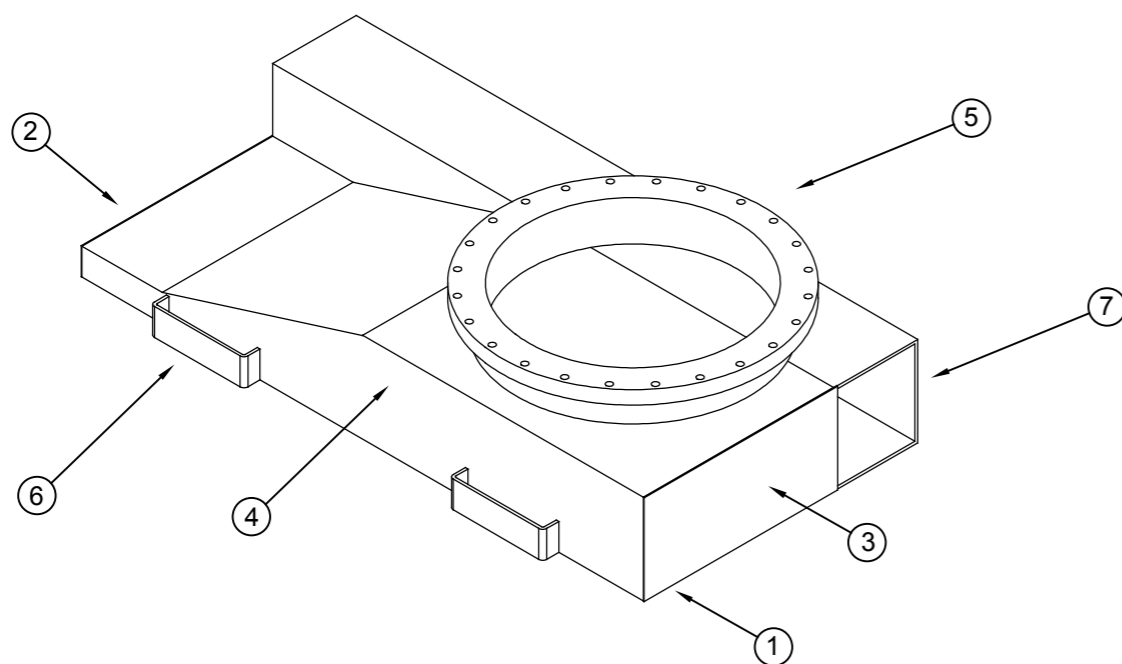
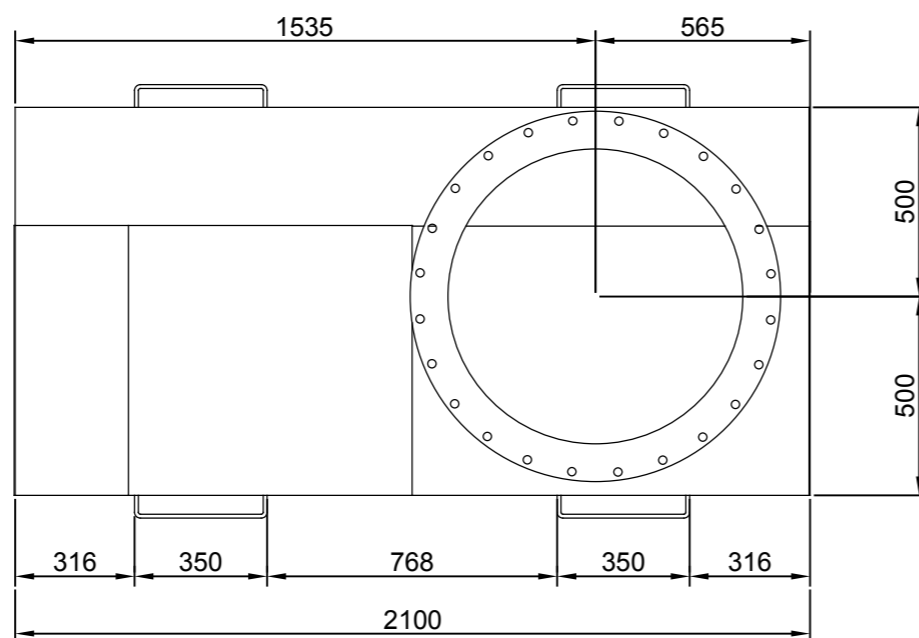


Detalle A

Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:						Código
1:10		Travesaño						3003-403



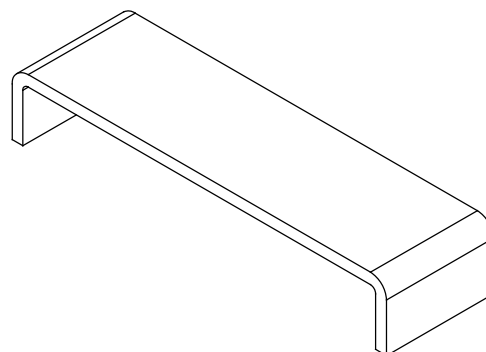
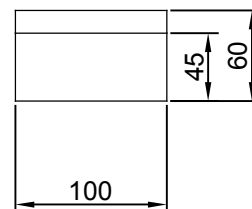
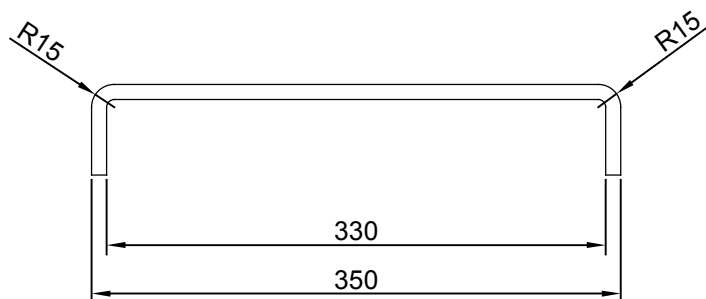
Corte AA

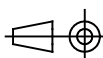


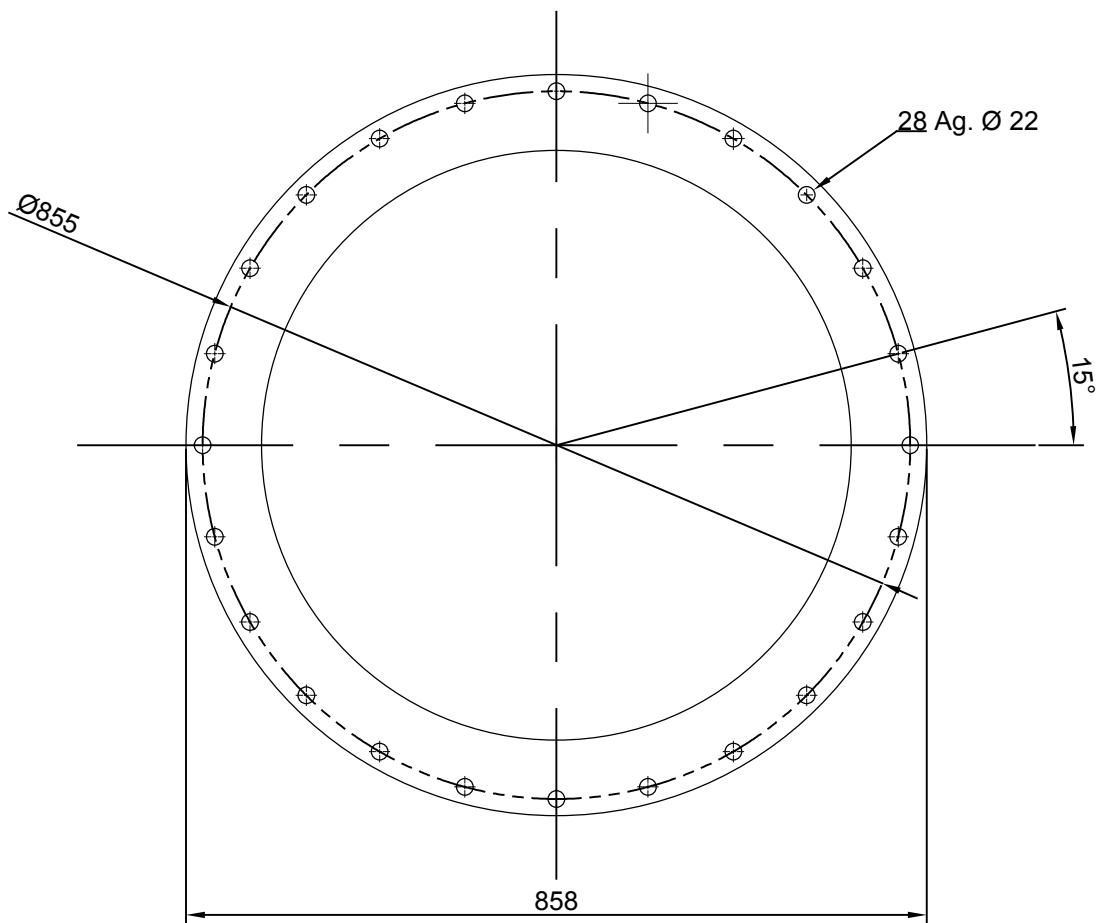
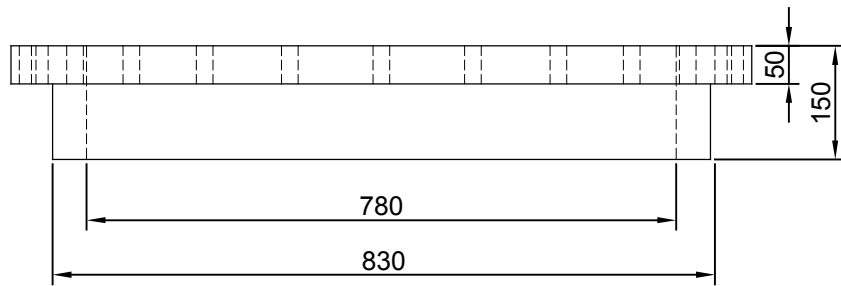
7	Caja estabilizadores	3029-429	1	-
6	Anclajes	3028-428	4	-
5	Anillo base	3027-427	1	-
4	Placa de refuerzo	3026-426	3	-
3	Placa lateral	3025-425	2	-
2	Placa superior	3024-424	1	-
1	Placa inferior	3023-423	1	-
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones

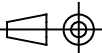
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN			
Fecha	06-06-19						
Firma							

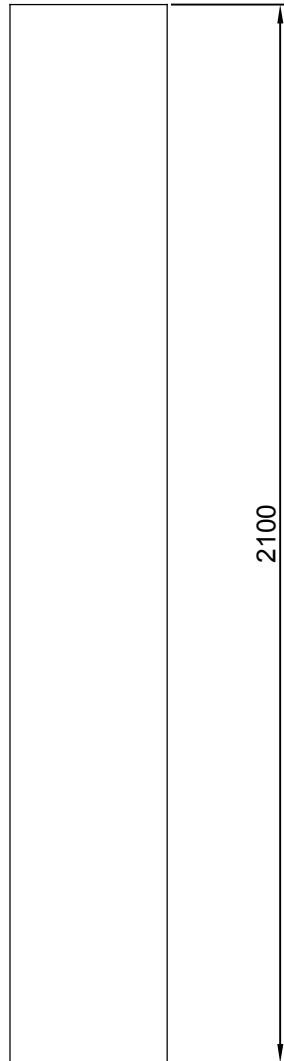
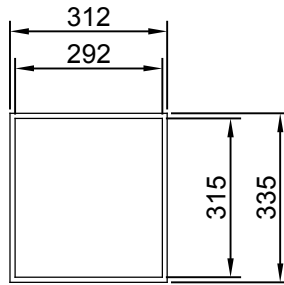
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia +-	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala 1:15	Norma 	Título: Plataforma						Código 2011-306



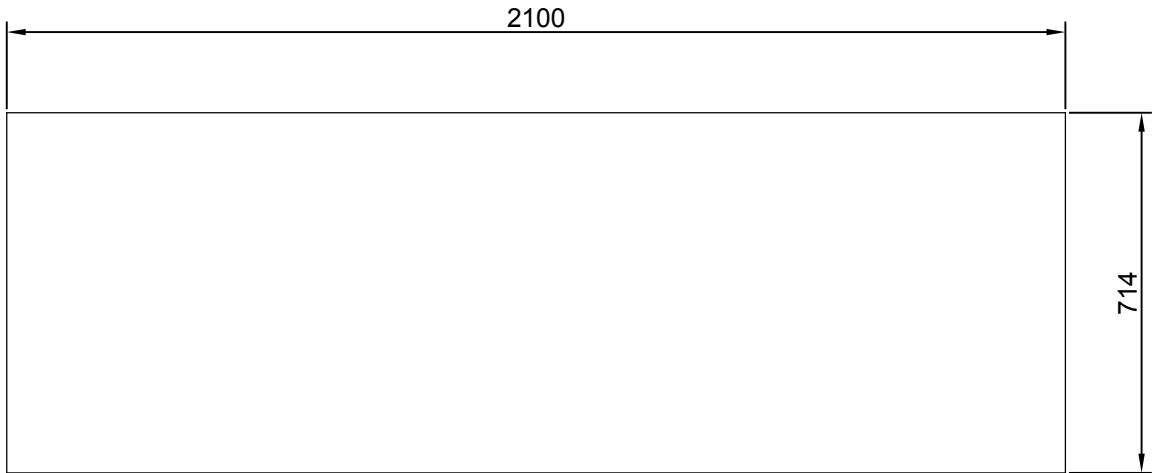
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Anclaje					3028-428	



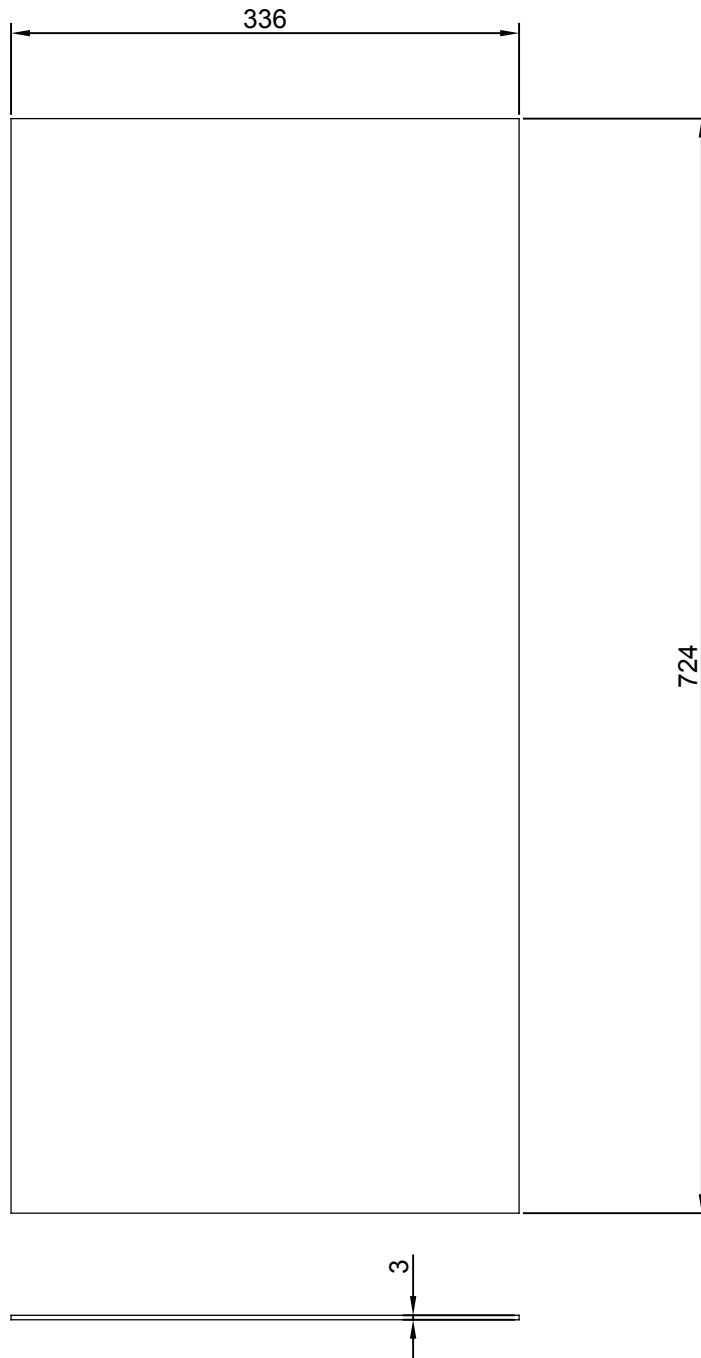
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material Strenx 700
Tolerancia ±	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala 1:10	Norma 	Título: Anillo de fijación					Código 3027-427	



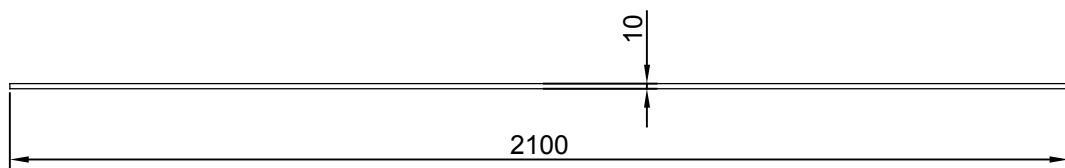
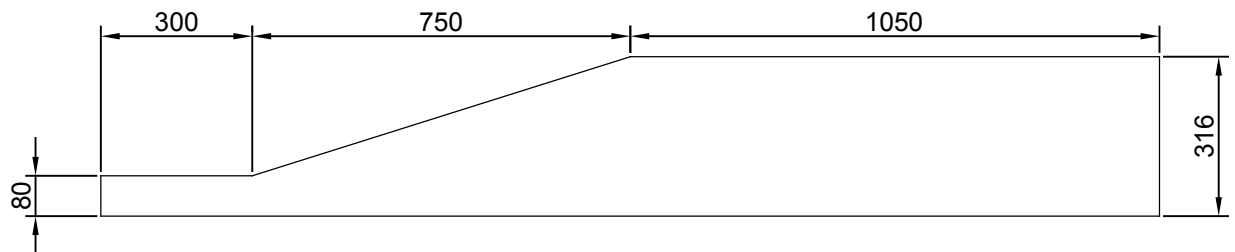
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Caja estabilizadores					3029-429	



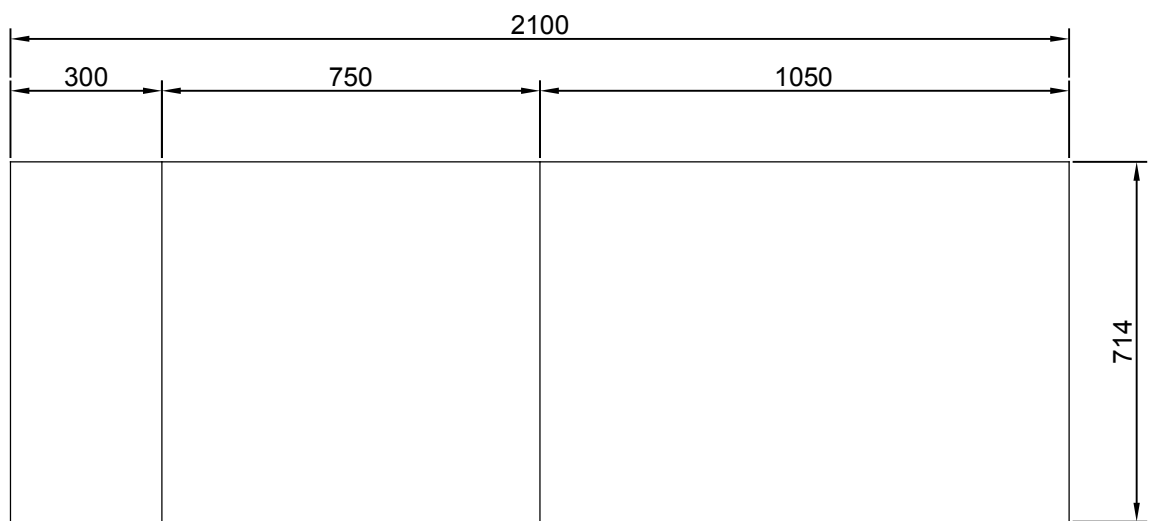
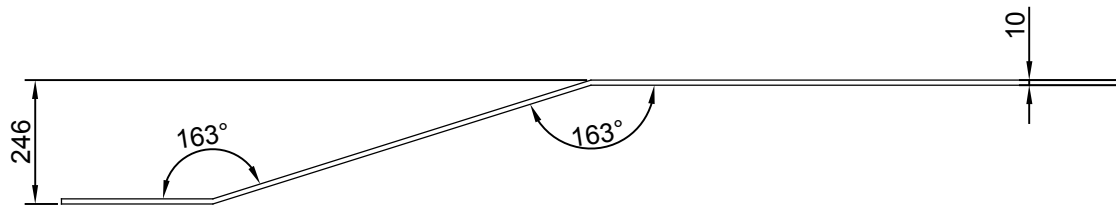
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa inferior					3023-423	



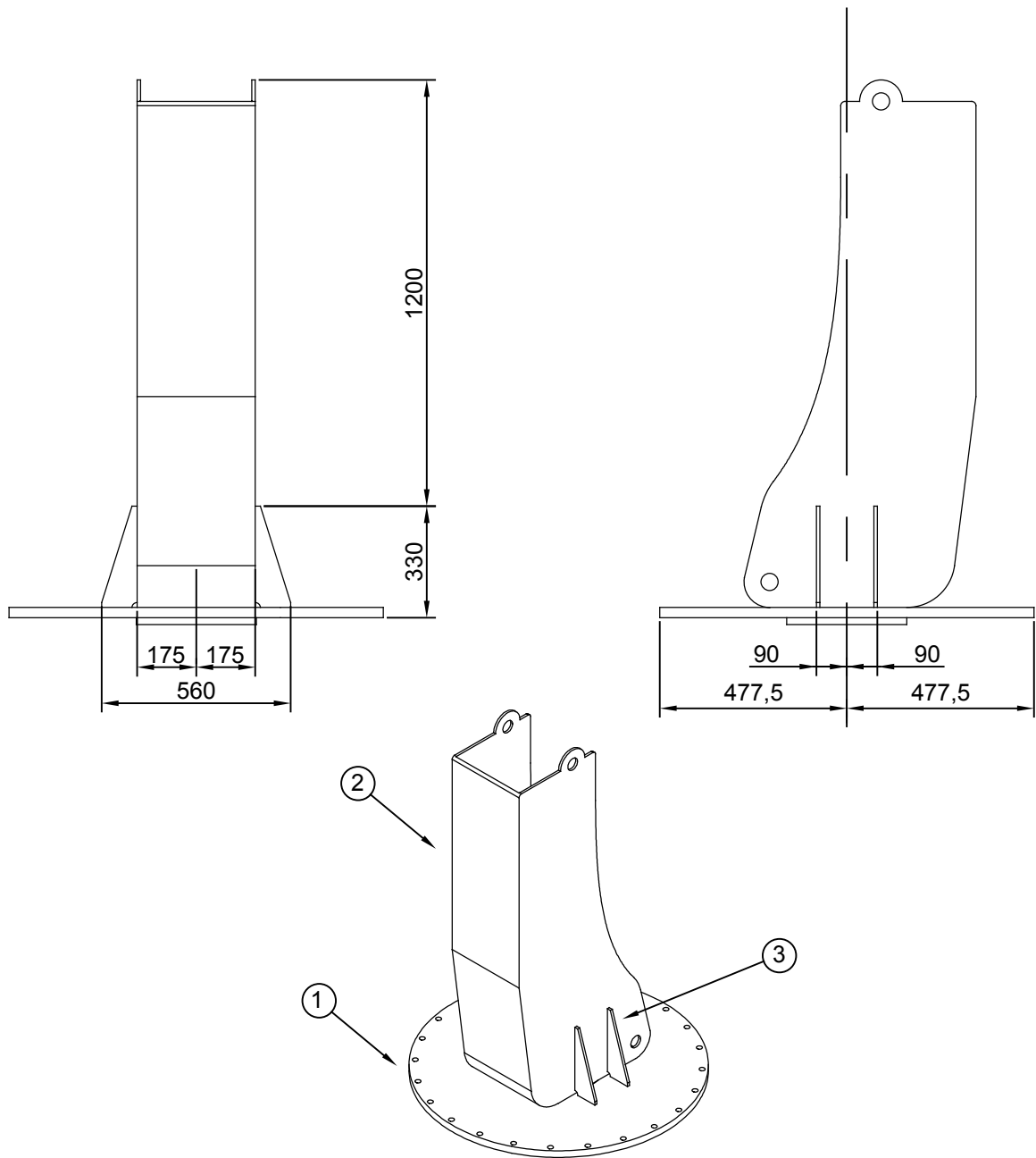
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa lateral					3025-425	



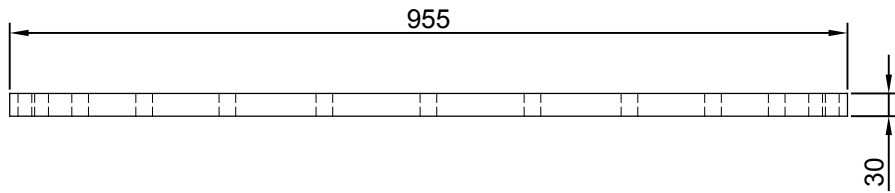
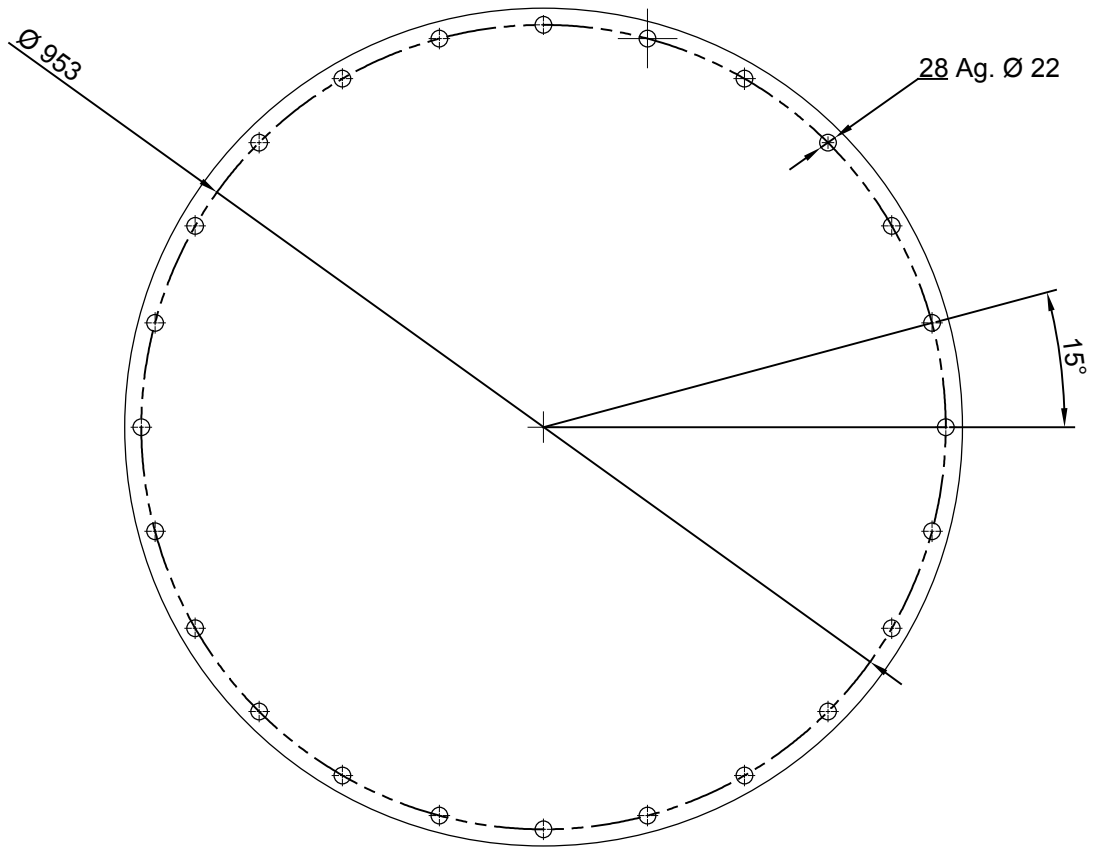
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa de refuerzo					3026-426	



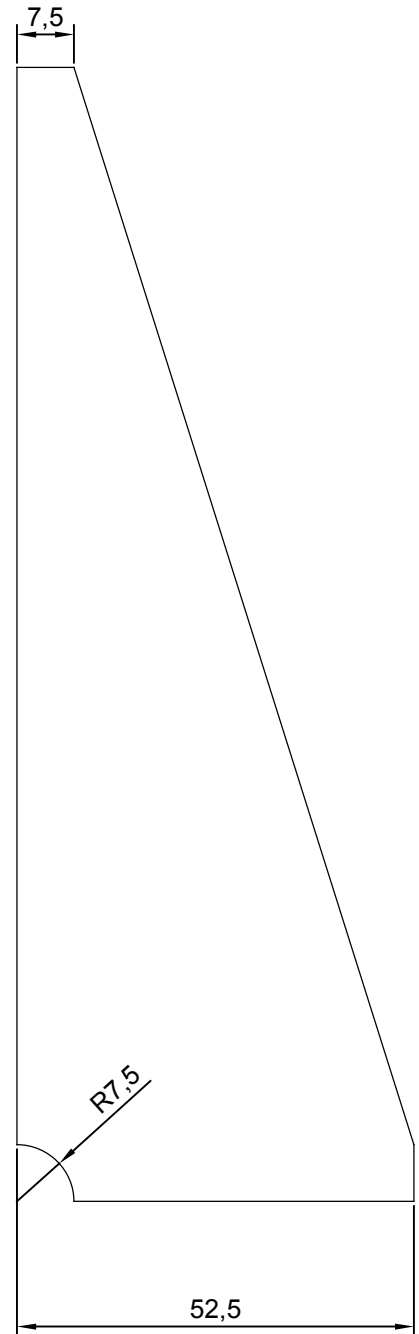
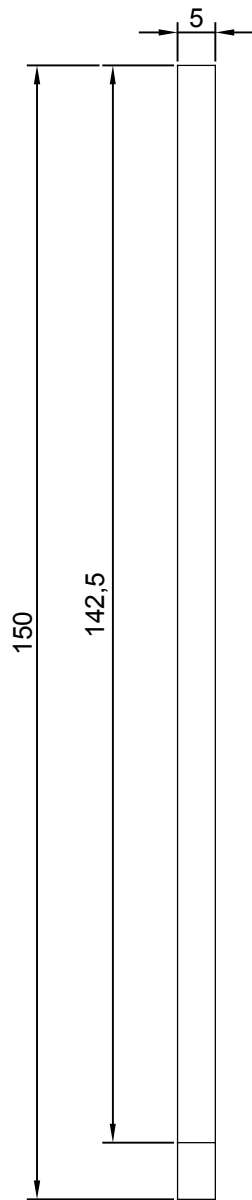
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa superior					3024-424	



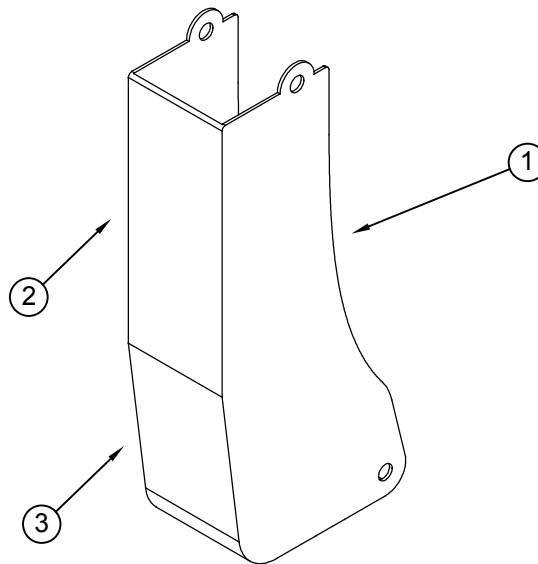
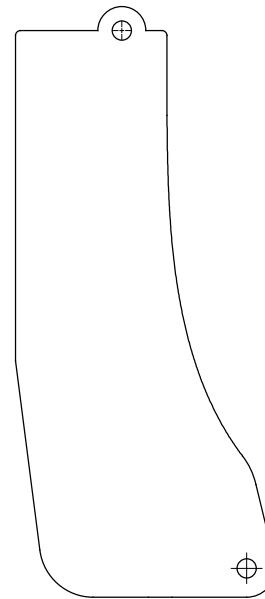
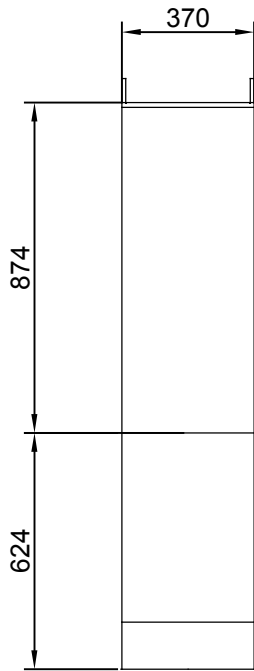
3	Columna	2017-311	1	-				
2	Refuerzo columna	3031-431	4	-				
1	Tapa superior	3030-430	1	-				
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro							Strenx 700
	Longitud							
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Torreta					2012-307	



Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material Strenx 700
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Tapa superior					3030-430	



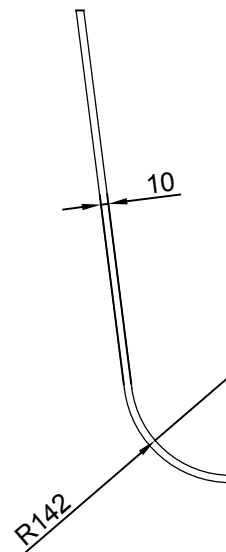
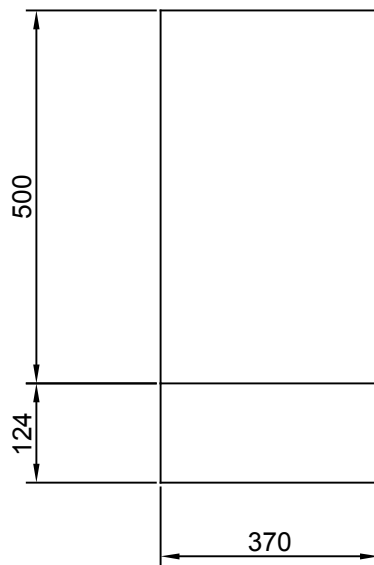
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:20		Refuerzo columna					3031-431	



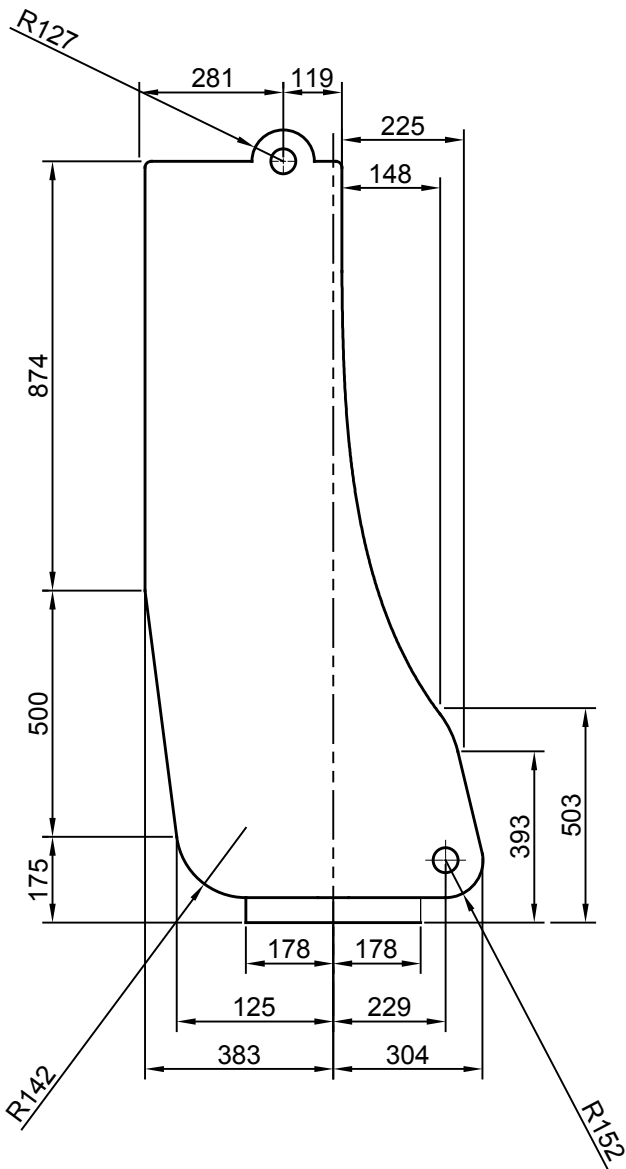
3	Chapa inferior	3034-434	1	-
2	Chapa superior	3033-433	1	-
1	Chapa lateral	3032-432	2	-
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones

Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN		
Fecha	06-12-16				
Firma					

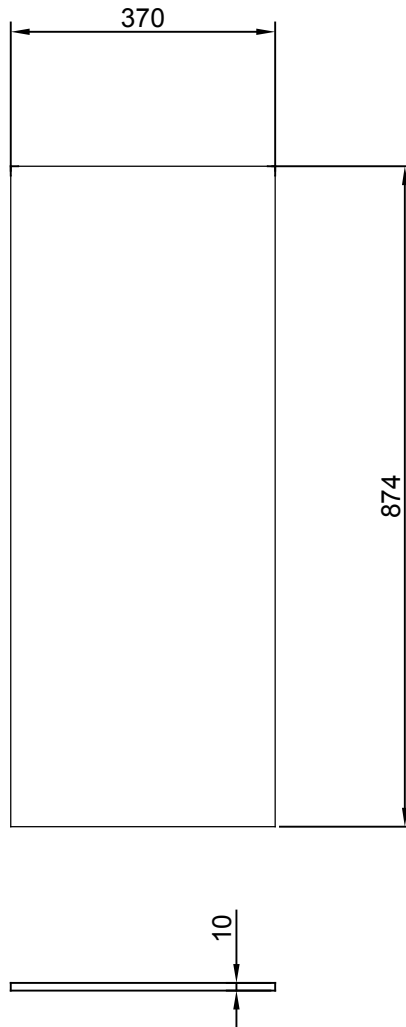
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro							Strenx 700
	Longitud							
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Columna					2017-311	



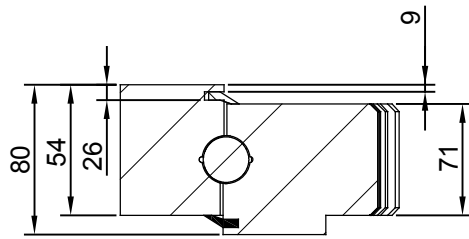
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:20		Chapa inferior					3034-434	



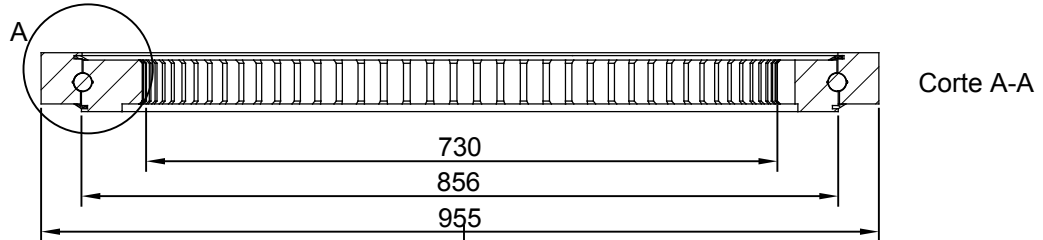
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:20		Chapa lateral					3032-432	



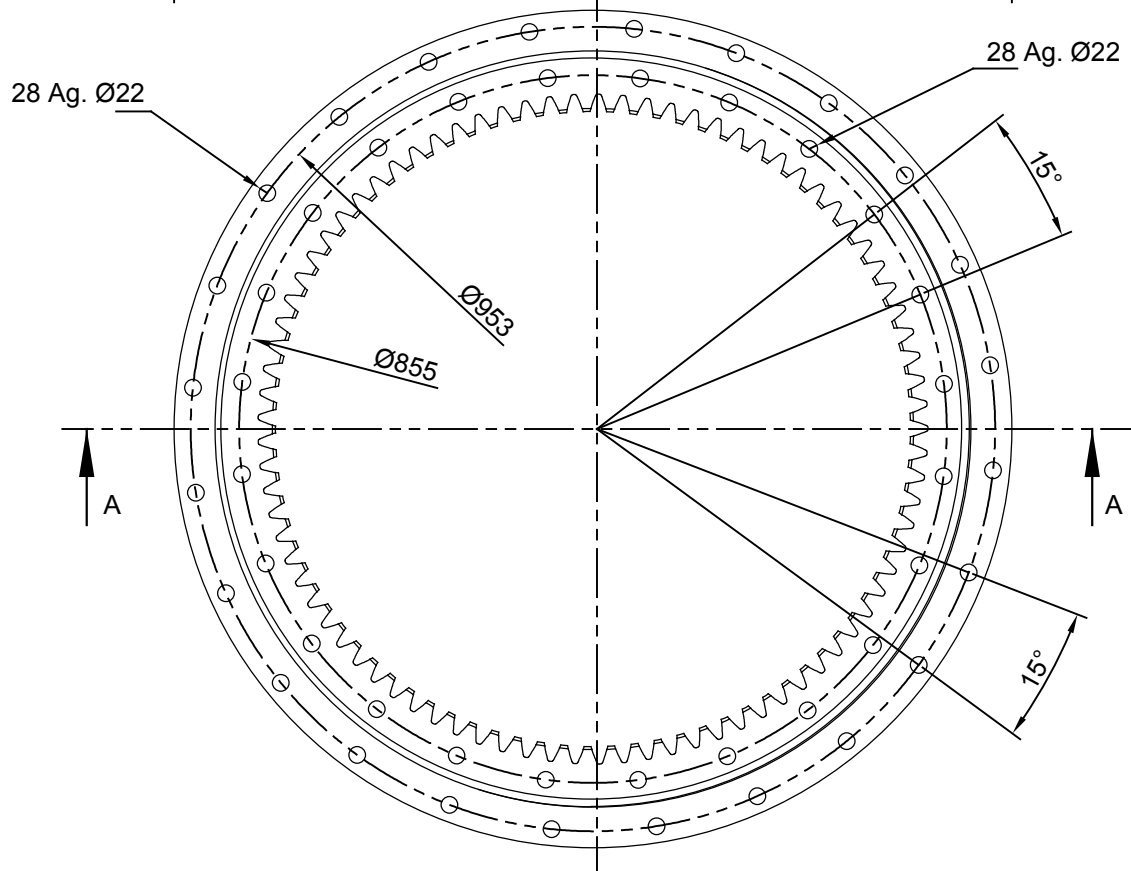
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:20		Chapa superior					3033-433	



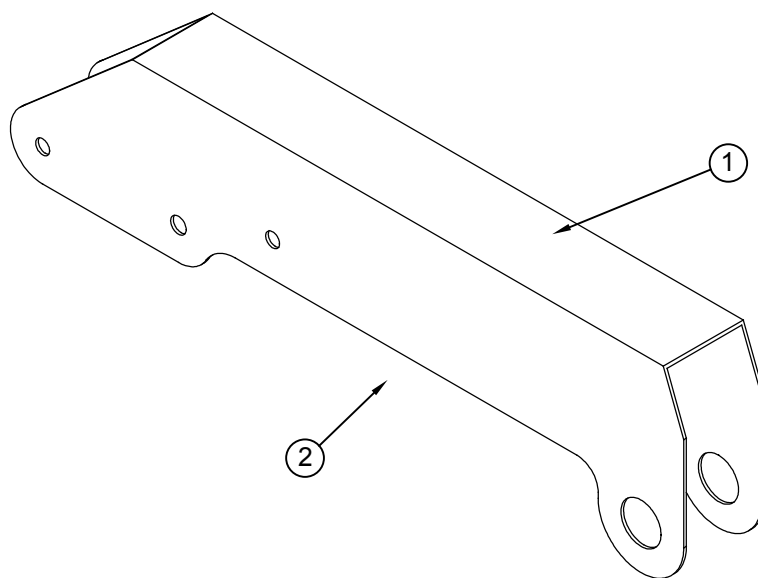
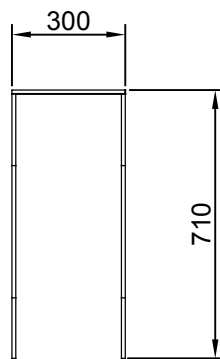
Detalle A



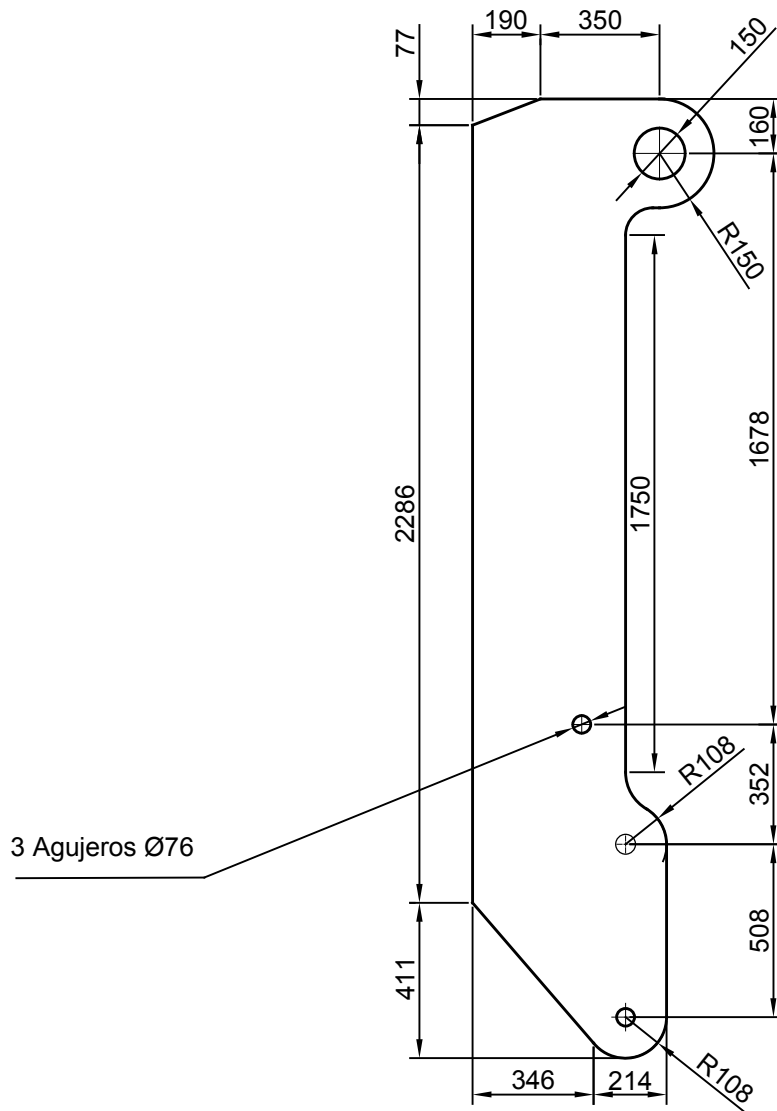
Corte A-A



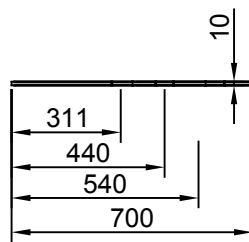
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia ±	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Corona de giro					2016-504	



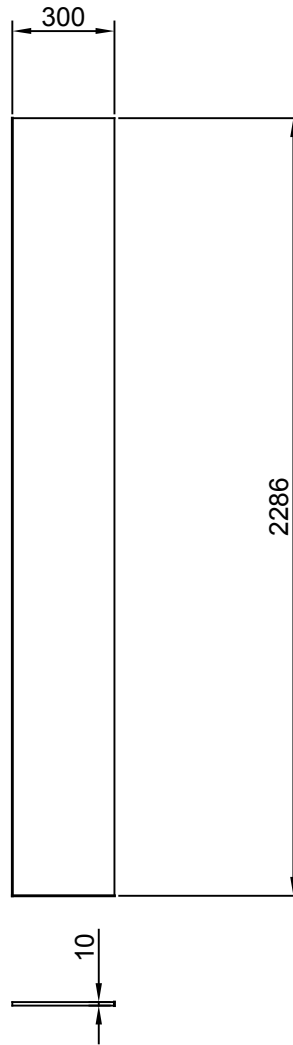
2	Chapa lateral	3036-436	2	-				
1	Chapa superior	3035-435	1	-				
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-12-16							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro							Strenx 700
	Longitud							
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Pluma					2013-308	



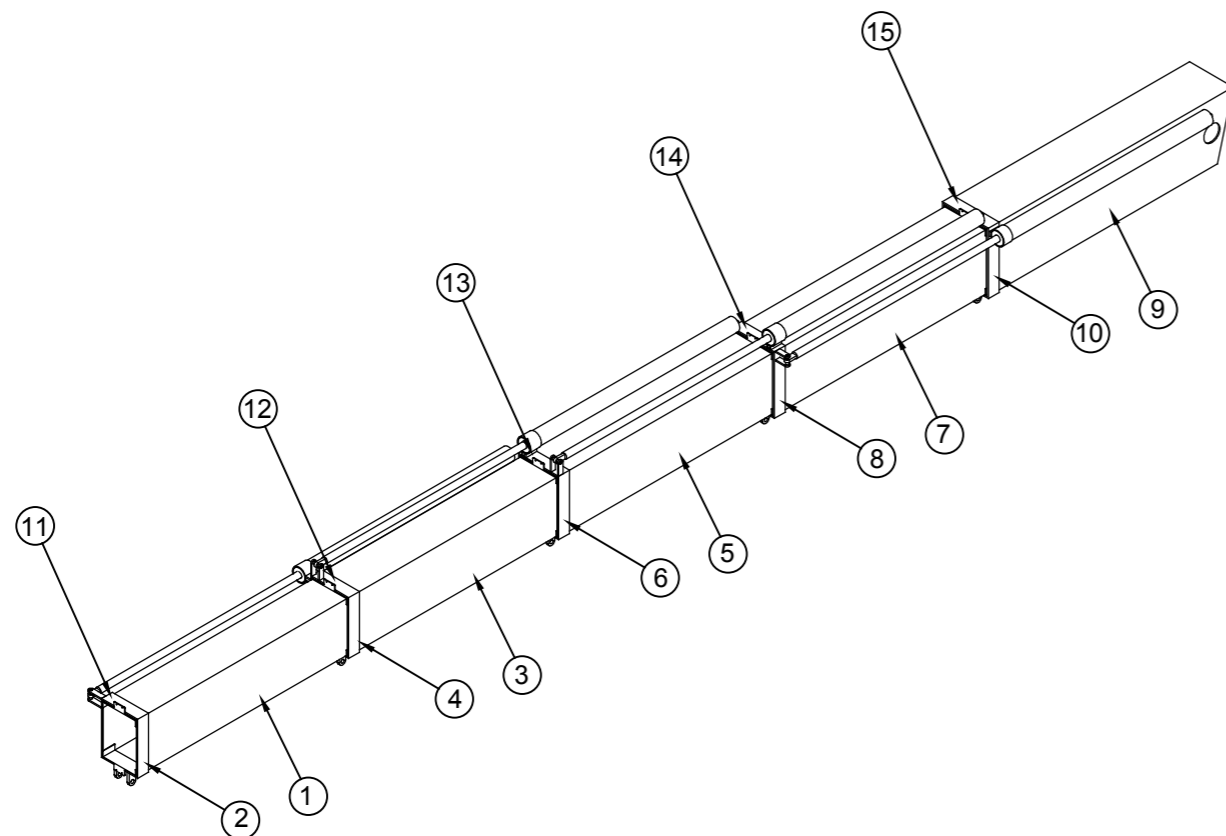
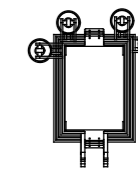
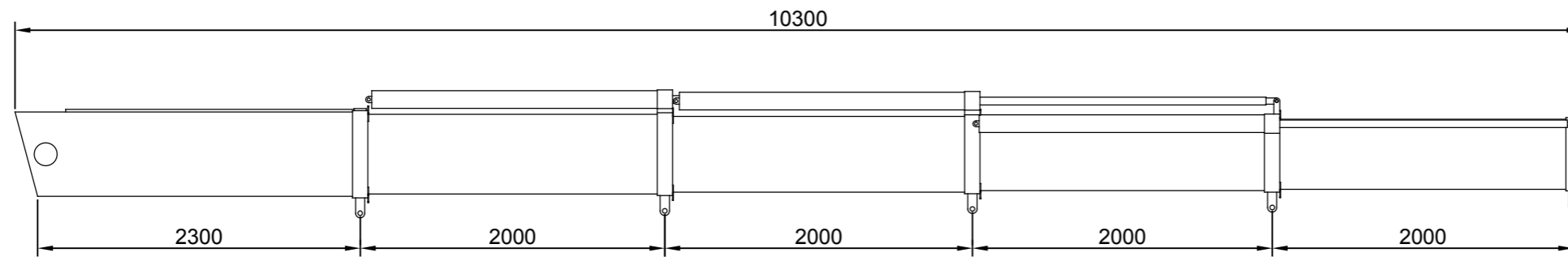
3 Agujeros Ø76



Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:20		Chapa lateral					3036-436	



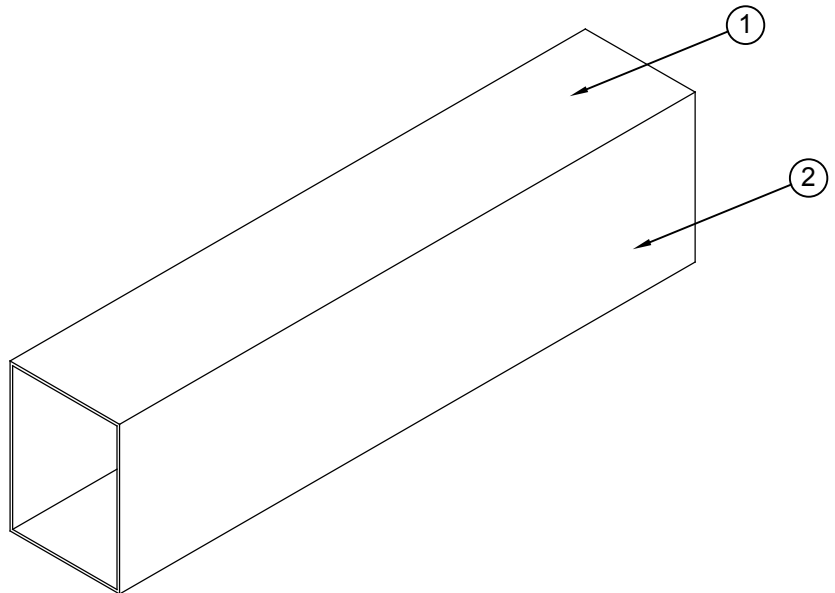
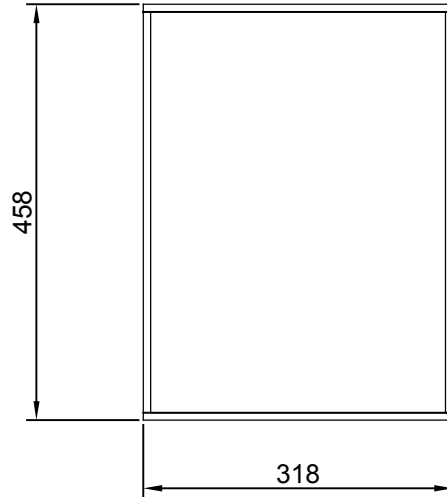
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:20		Chapa superior					3035-435	



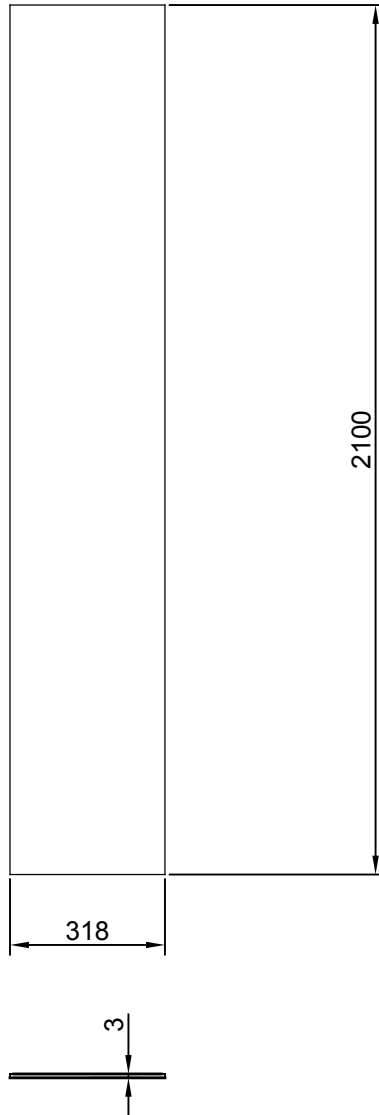
15	Patín 5	3043-443	2	-
14	Patín 4	3042-442	2	-
13	Patín 3	3041-441	2	-
12	Patín 2	3040-440	2	-
11	Patín 1	3039-439	2	-
10	Refuerzo 5	2027-321	1	-
9	Viga 5	2026-320	1	-
8	Refuerzo 4	2025-319	1	-
7	Viga 4	2024-318	1	-
6	Refuerzo 3	2023-317	1	-
5	Viga 3	2022-316	1	-
4	Refuerzo 2	2021-315	1	-
3	Viga 2	2020-314	1	-
2	Refuerzo 1	2019-313	1	-
1	Viga 1	2018-312	1	-
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones

Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN
Fecha	06-12-18			
Firma				

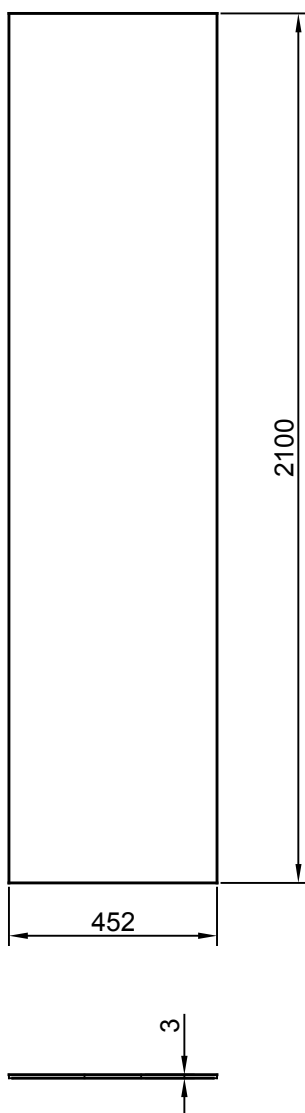
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)	< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material	
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:40		Brazo telescópico					2015-310	



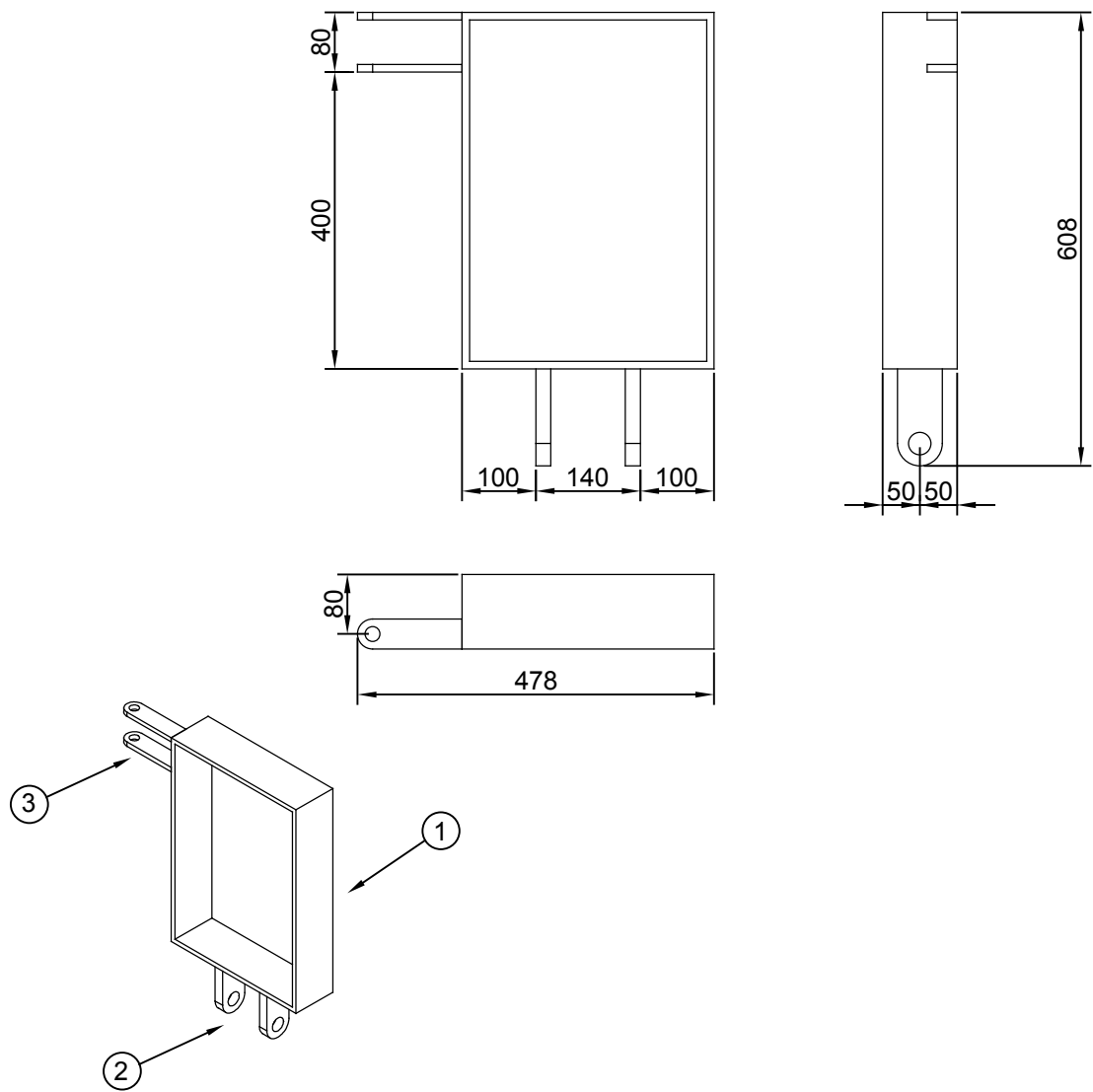
2	Placa lateral	3045-445	2					
1	Placa superior	3044-444	2					
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Viga tramo 1					2018-312	



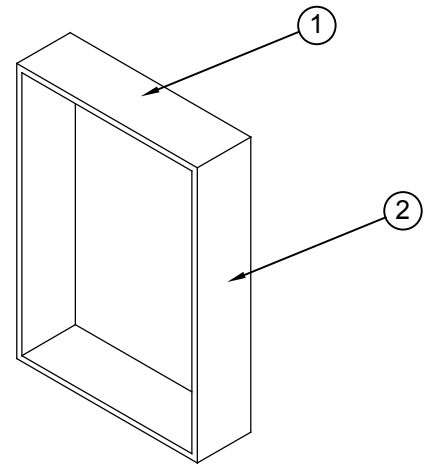
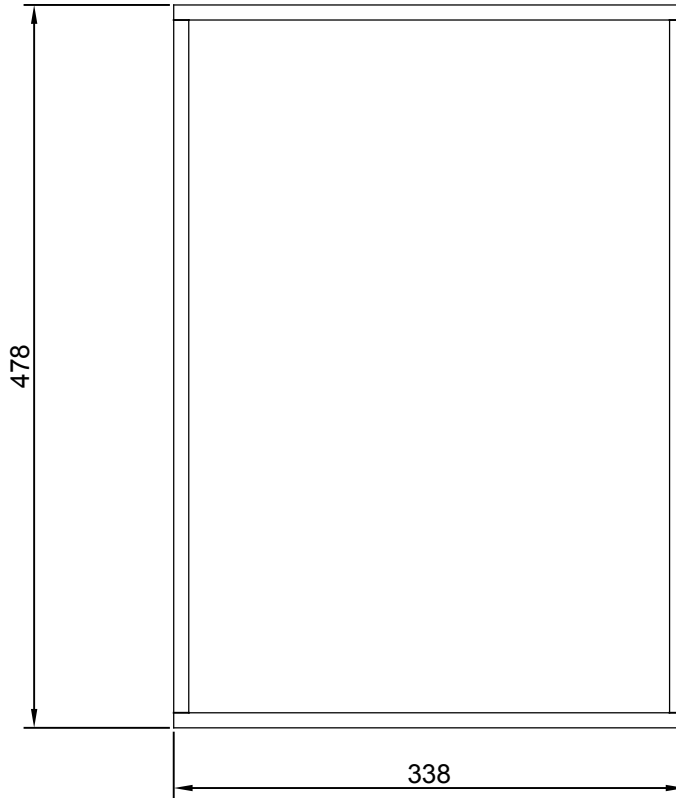
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Material	Strenx 700							
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa superior					3044-444	



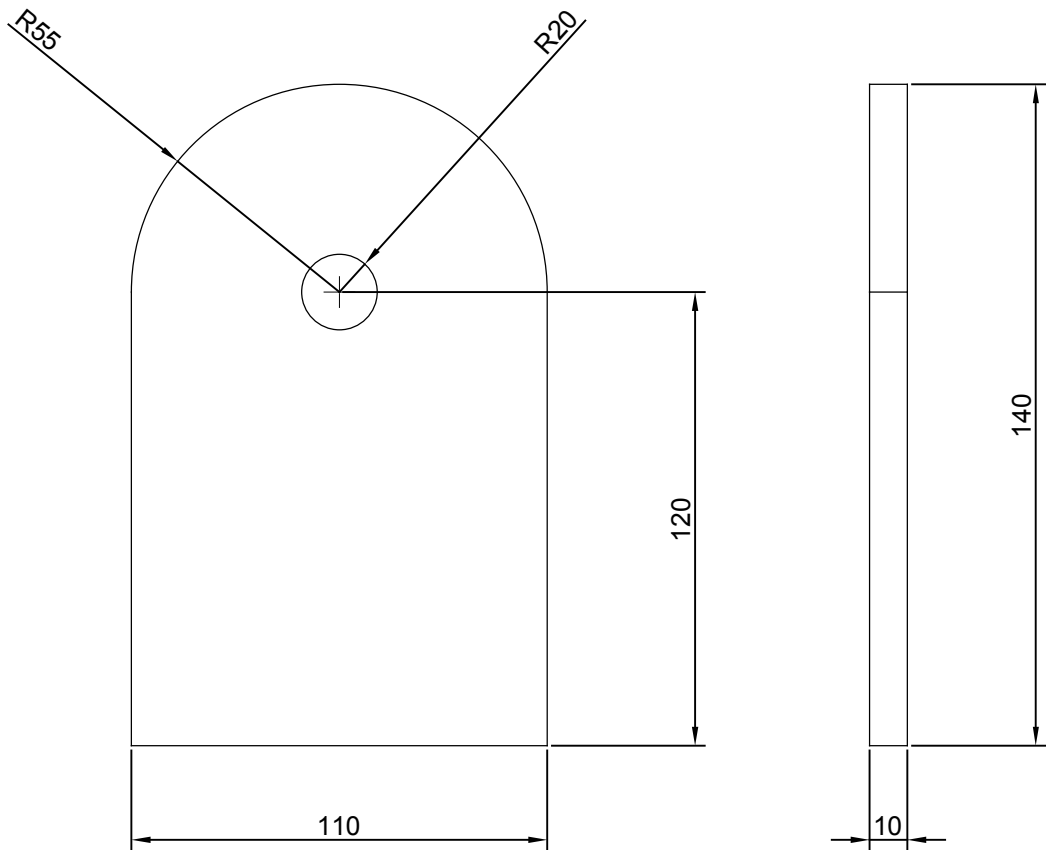
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa lateral					3045-445	



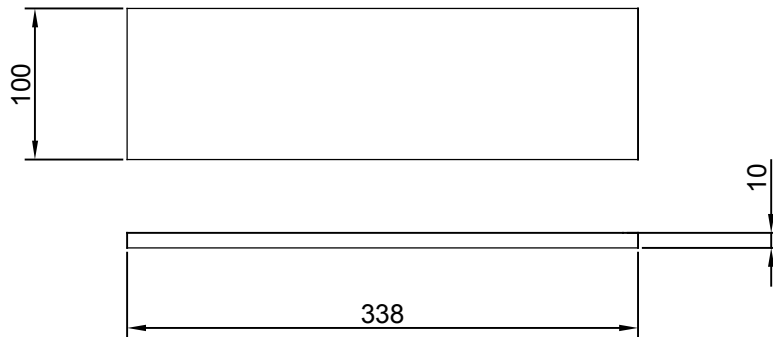
3	Placas de cilindro	3049-449	2	-				
2	Soporte de gancho	3048-448	2	-				
1	Viga refuerzo 1	2028-322	1	-				
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia ±	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:15		Refuerzo tramo 1					2019-313	




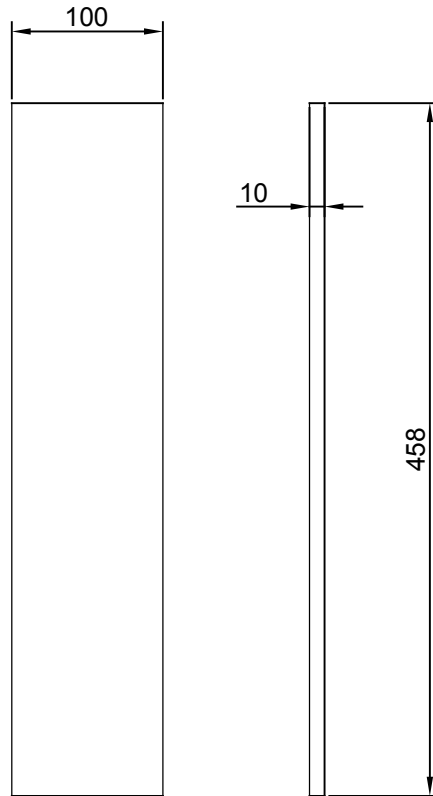
2	Placa lateral 1	3047-447	2					
1	Placa superior 1	3046-446	2					
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Viga refuerzo 1					2028-322	



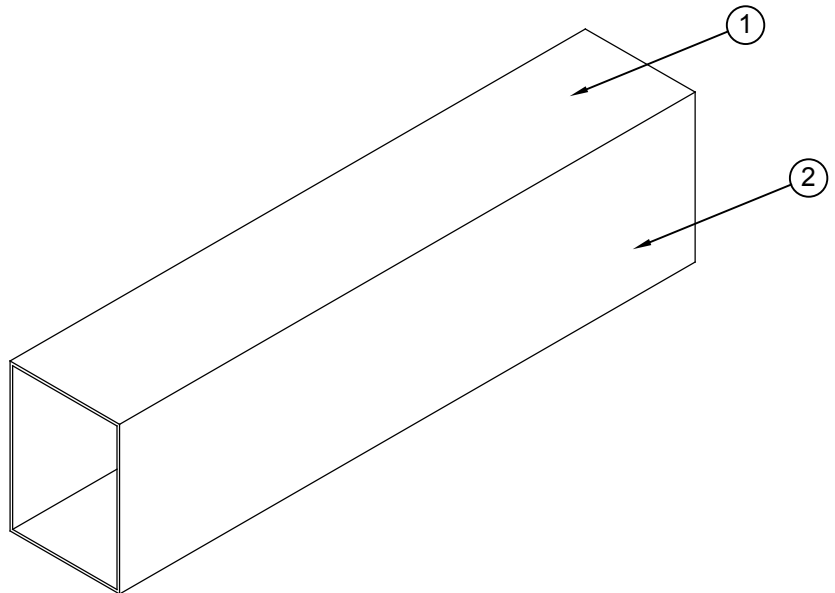
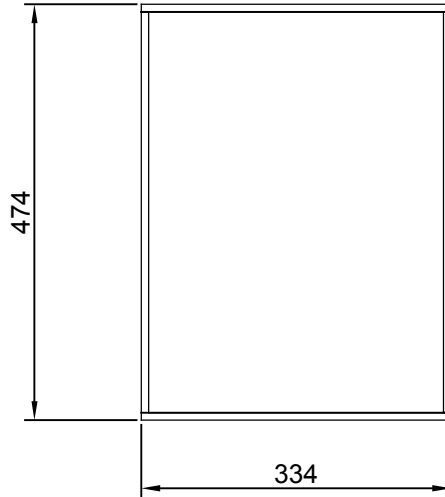
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placas de cilindro					3049-449	



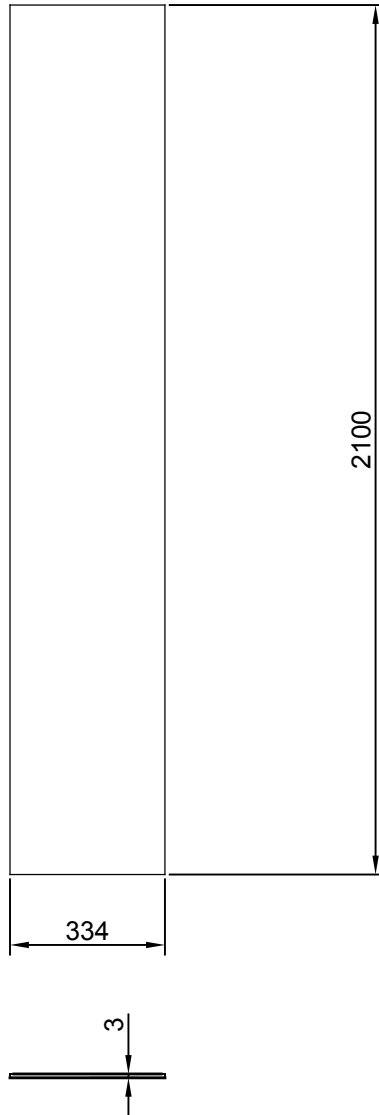
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa superior 1					3046-446	



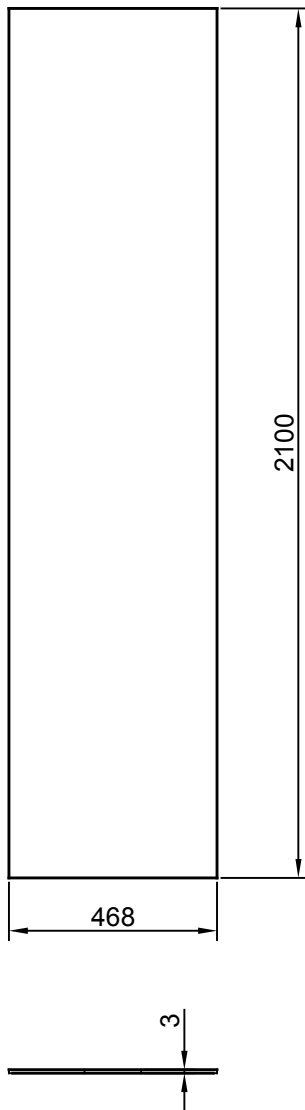
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa lateral 1					3047-447	



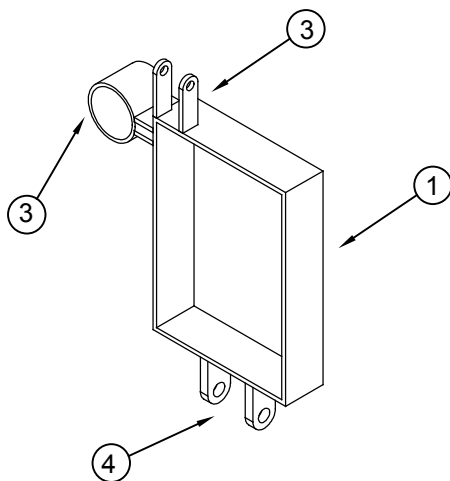
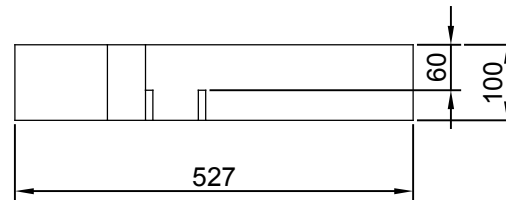
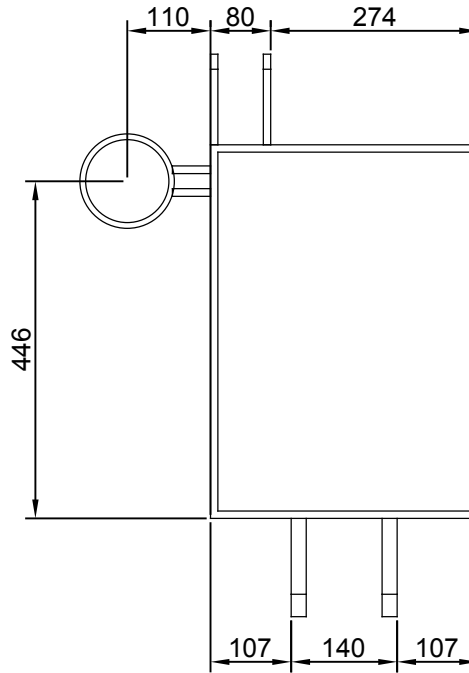
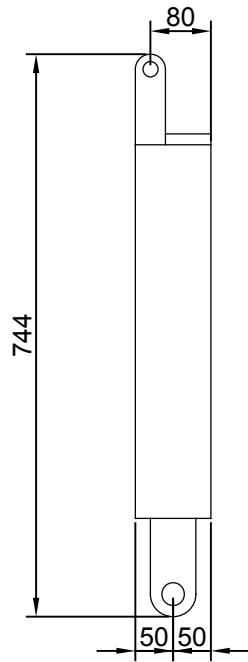
2	Placa lateral	3051-451	2					
1	Placa superior	3050-450	2					
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Viga tramo 2					2020-314	



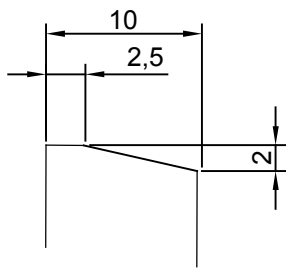
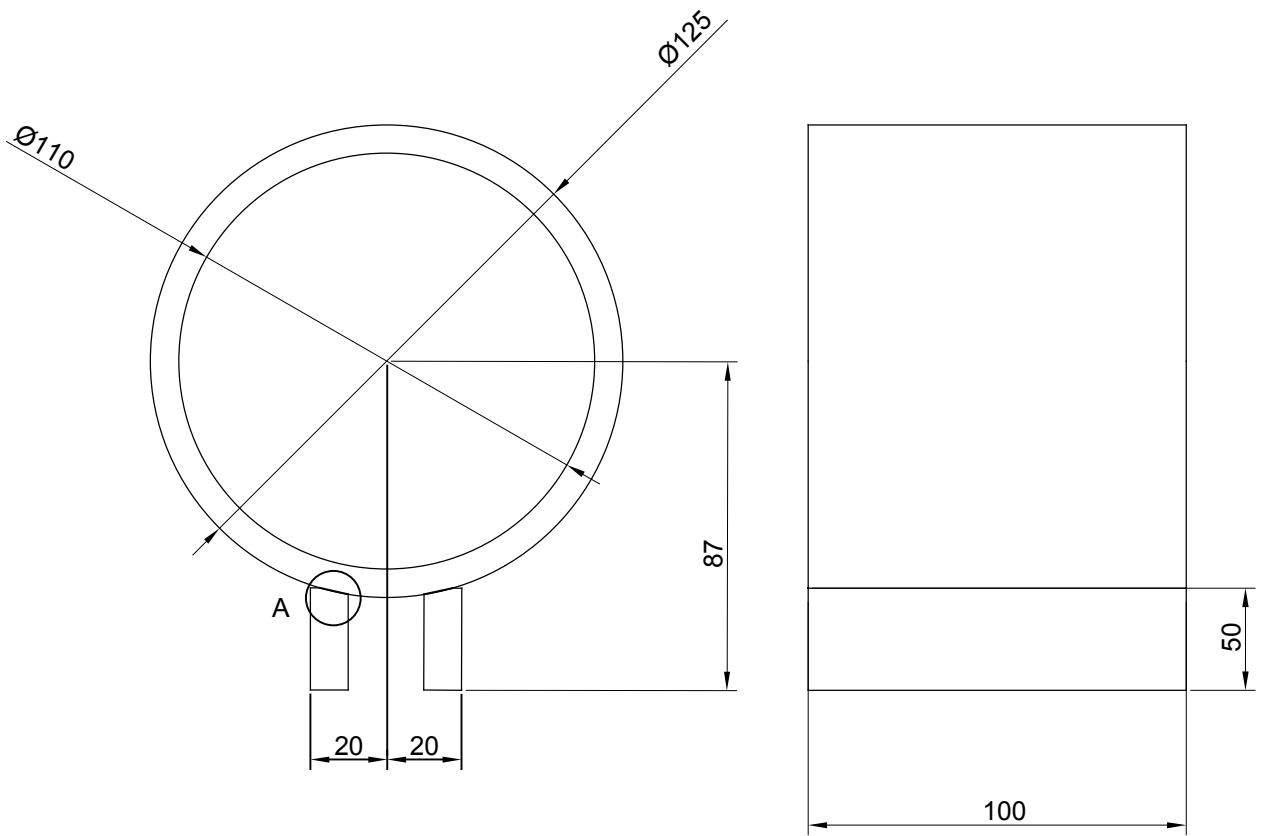
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa superior					3050-450	



Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa lateral					3051-451	

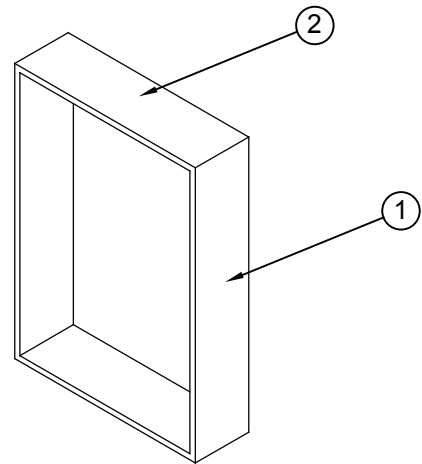
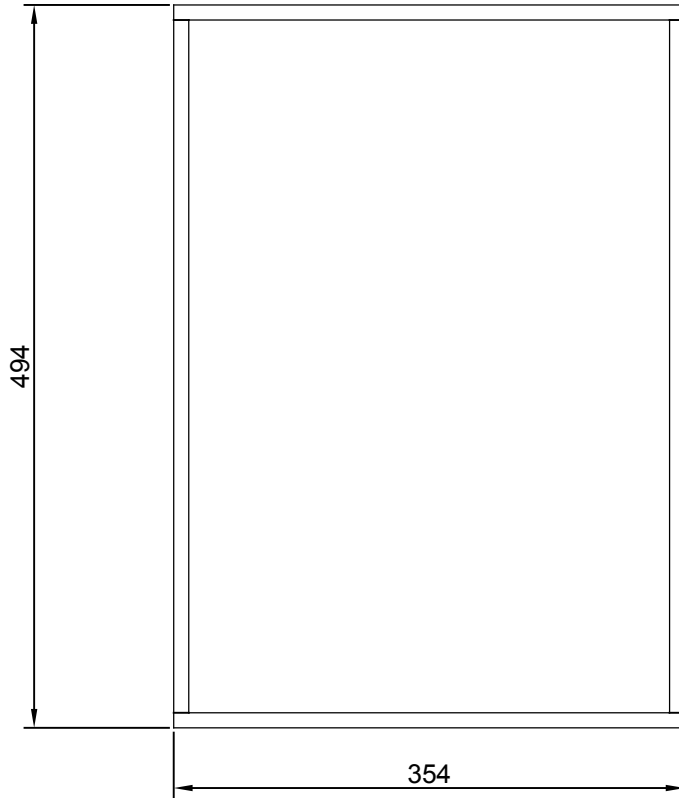


4	Placas de cilindro	3055-455	2					
3	Soporte de cilindro	3054-454	1					
2	Soporte de gancho	3048-448	2					
1	Viga refuerzo 2	2029-323	1					
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia ±	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:15		Refuerzo tramo 2					2021-315	

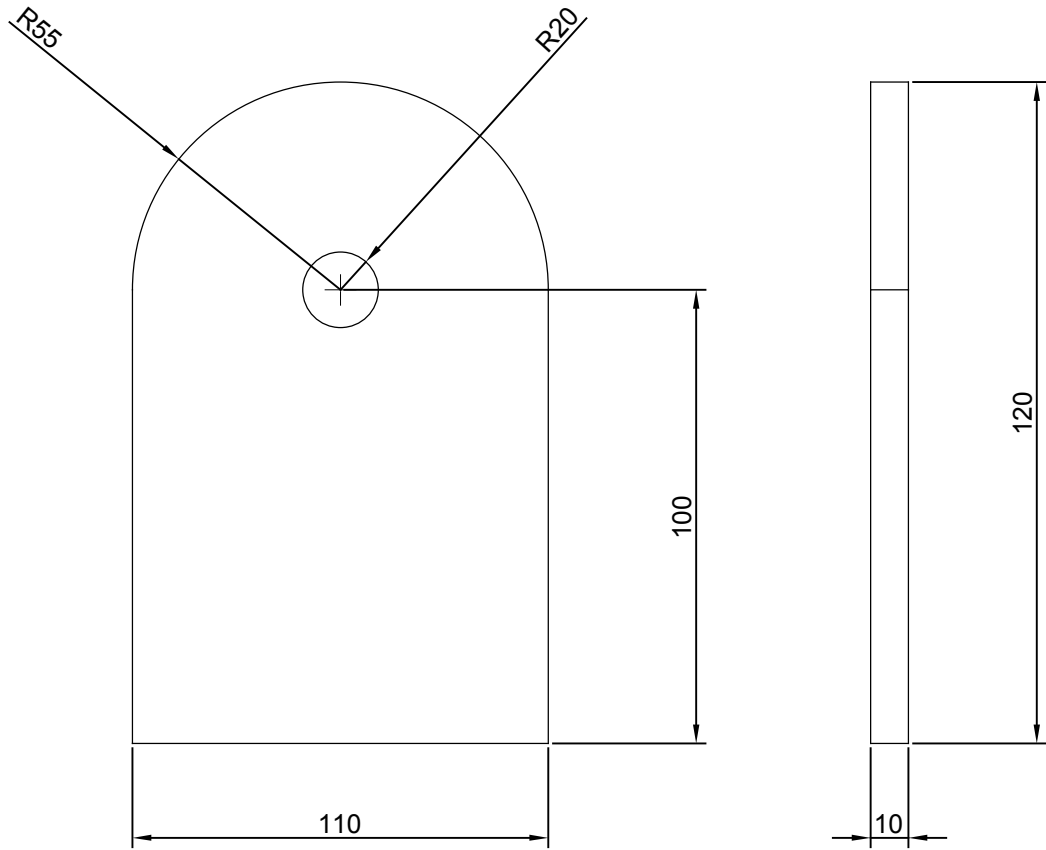


Detalle A

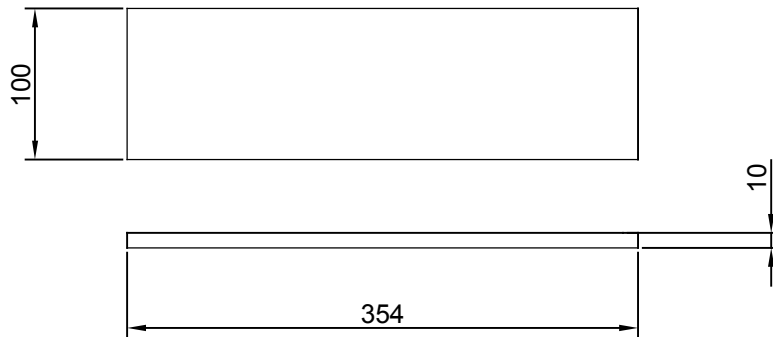
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Soporte de cilindro					3054-454	

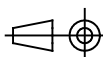


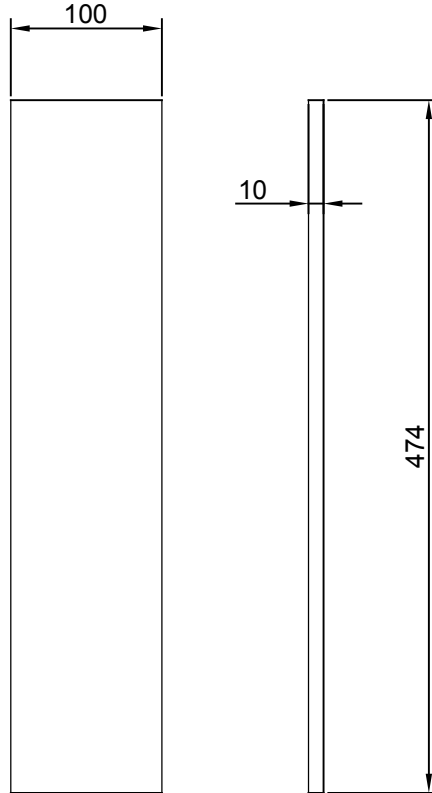
2	Placa superior 2	3053-453	2					
1	Placa lateral 2	3052-452	2					
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Viga refuerzo 2					2029-323	



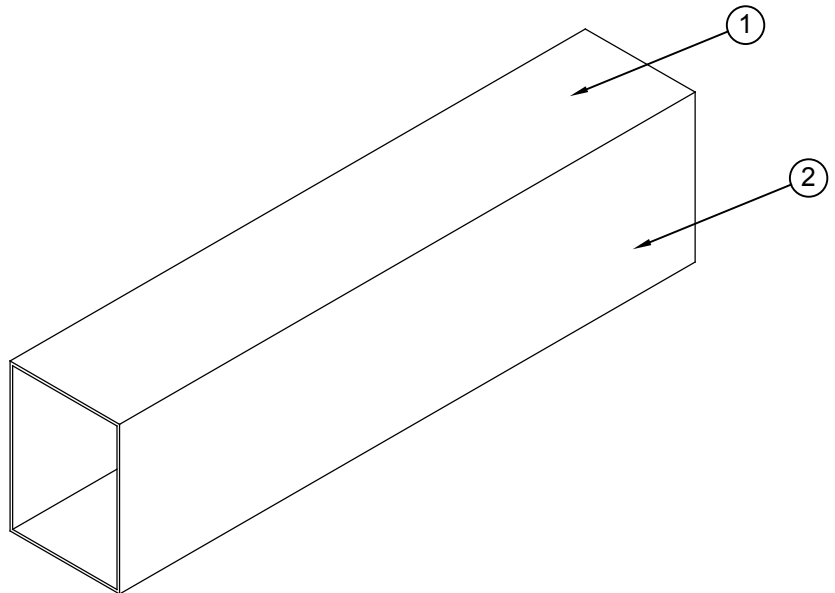
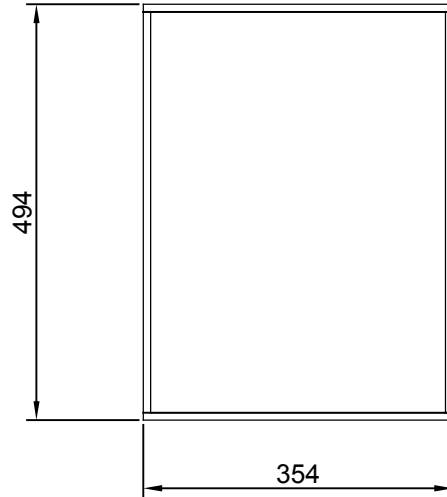
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placas de cilindro					3055-455	



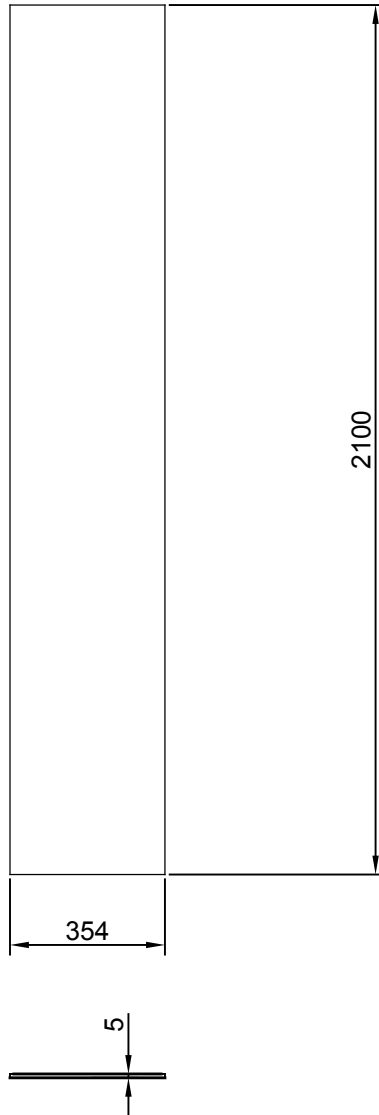
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa superior 2					3053-453	



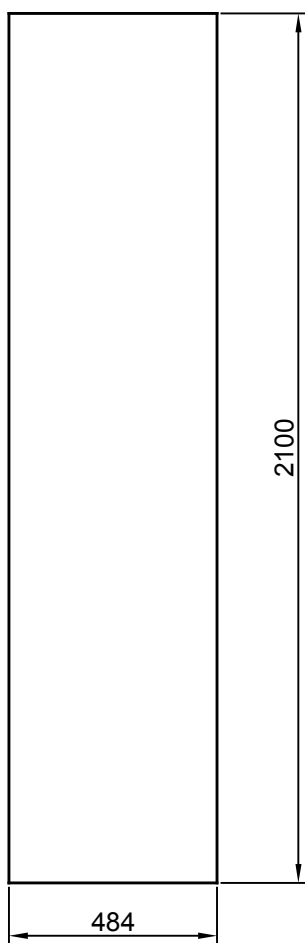
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa lateral 2					3052-452	



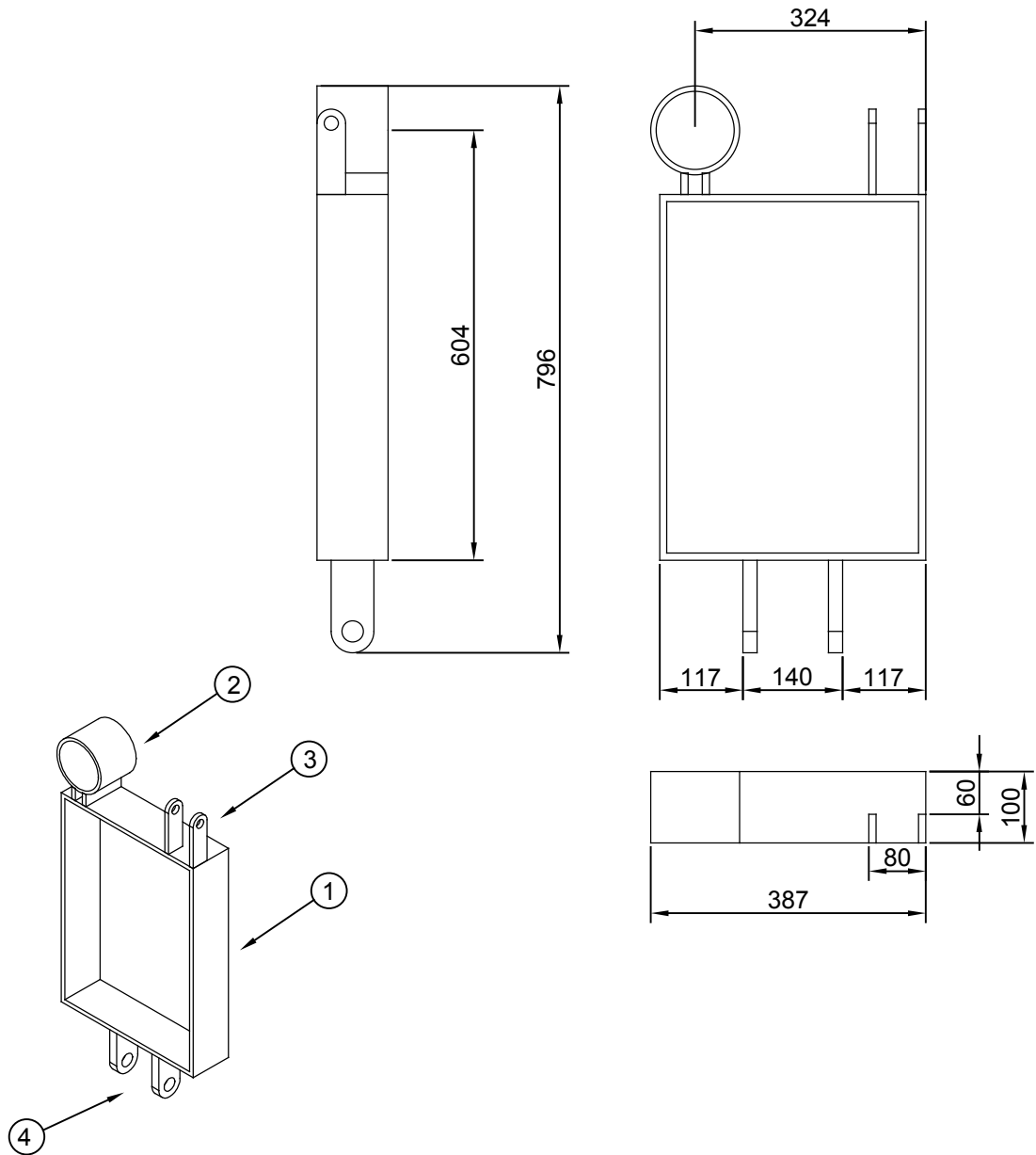
2	Placa lateral	3058-458	2					
1	Placa superior	3057-457	2					
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:						Código
1:10		Viga tramo 3						3032-432



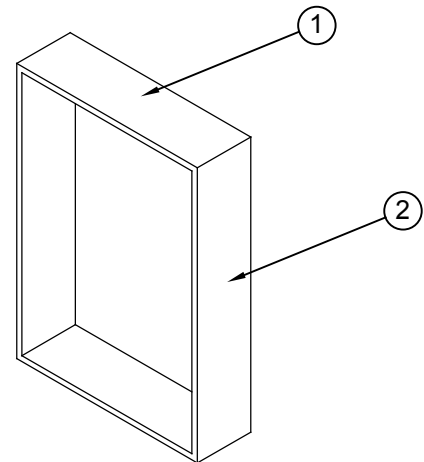
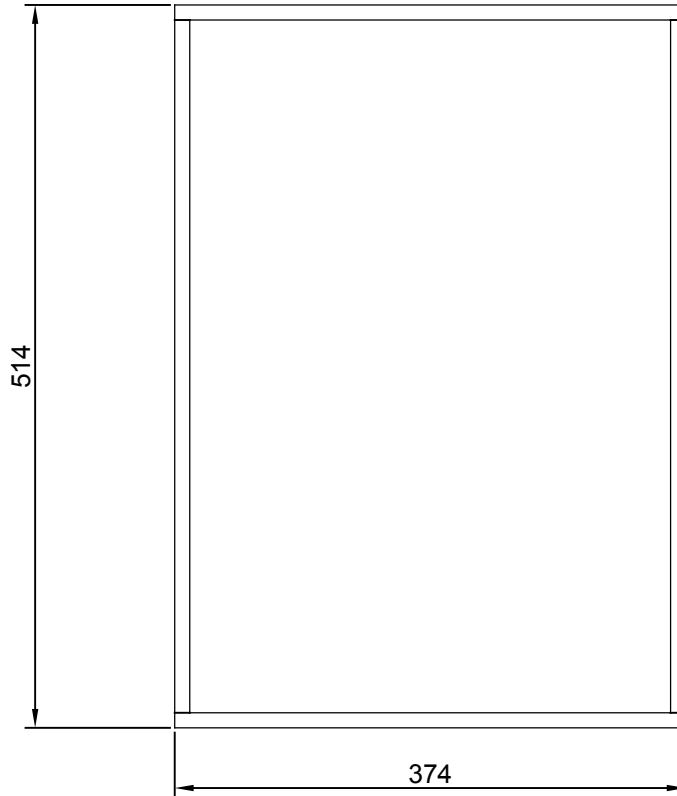
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa superior					3057-457	



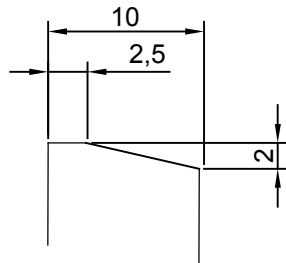
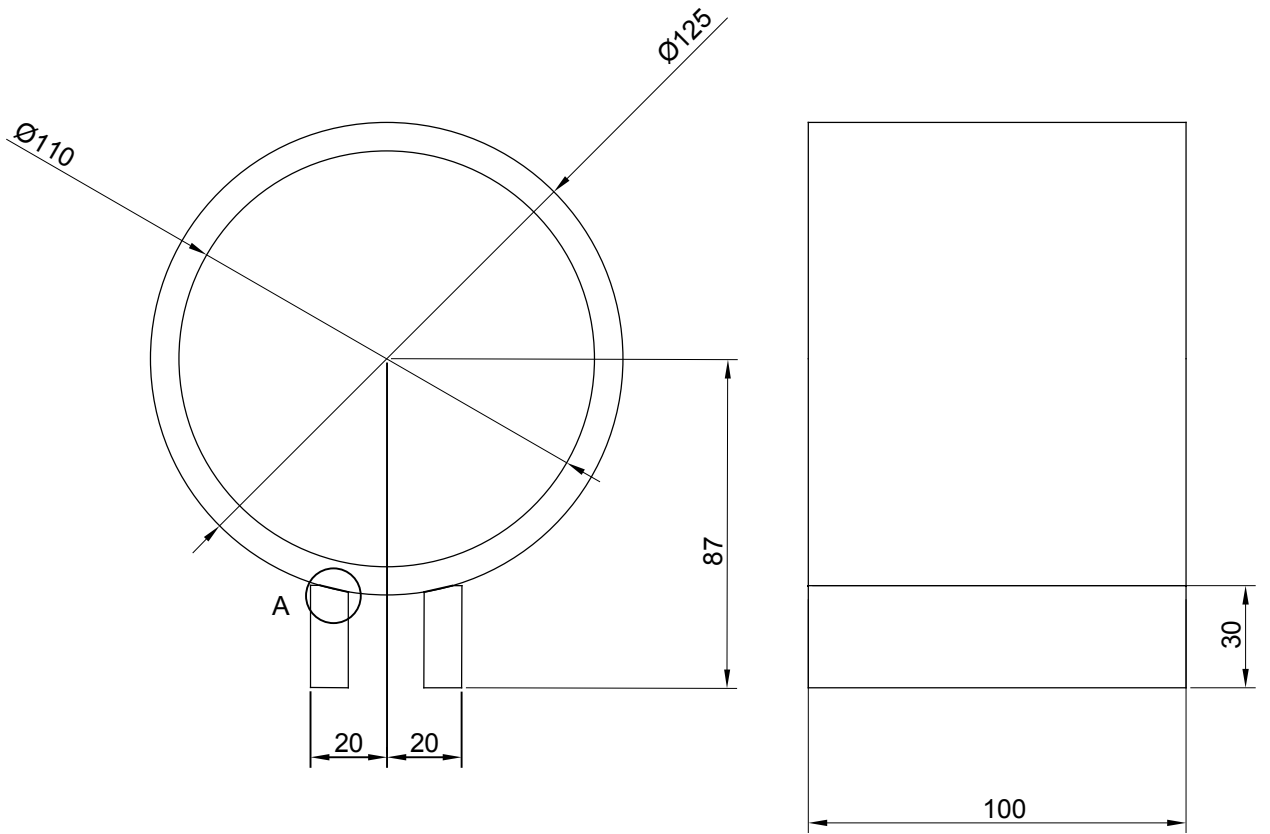
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa lateral					3058-458	



4	Placas de cilindro	3062-462	2	Observaciones				
3	Soporte de cilindro	3061-461	1	Observaciones				
2	Soporte de gancho	3048-448	2	Observaciones				
1	Viga refuerzo 3	2030-324	1	Observaciones				
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:15		Refuerzo tramo 3					2023-317	

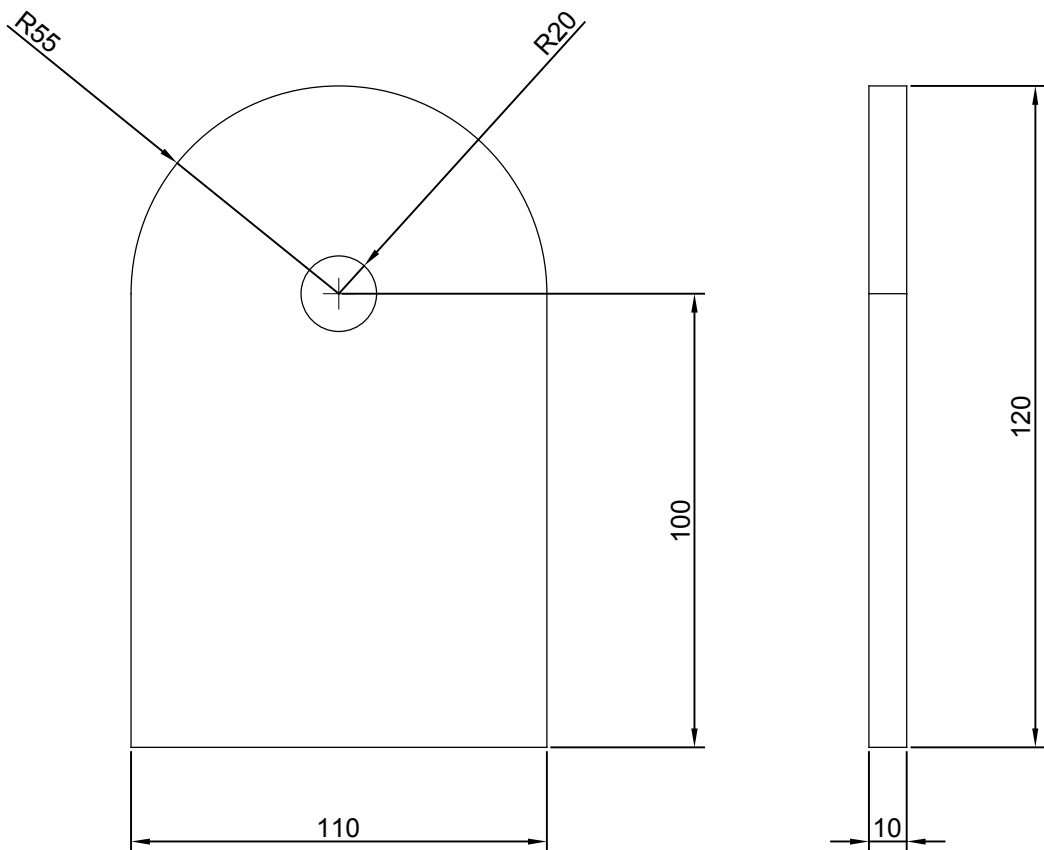


2	Placa lateral 3	3060-460	2					
1	Placa superior 3	3059-459	2					
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Viga refuerzo 3					2030-324	

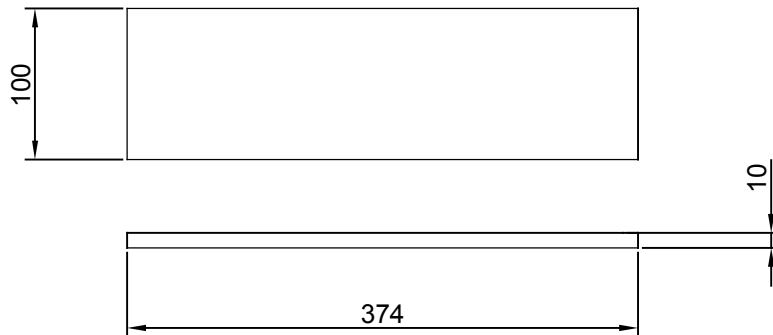


Detalle A

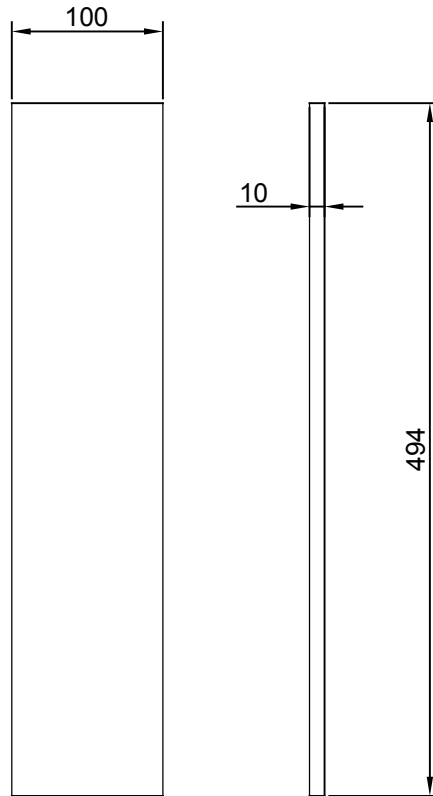
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Soporte de cilindro					3061-461	



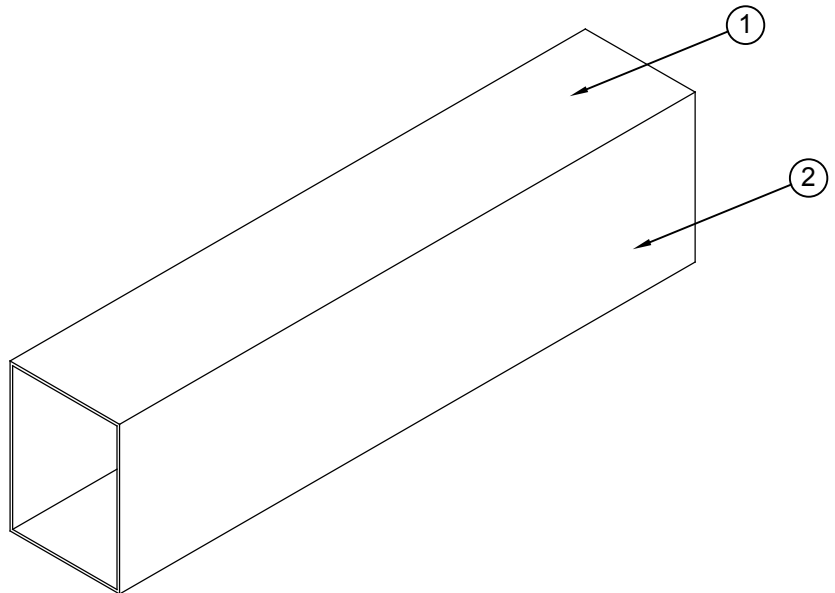
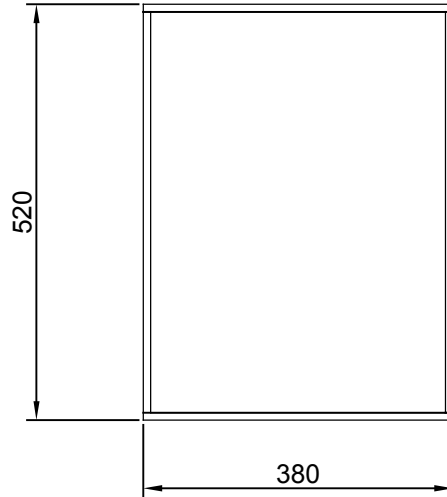
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia ±	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placas de cilindro					3062-462	



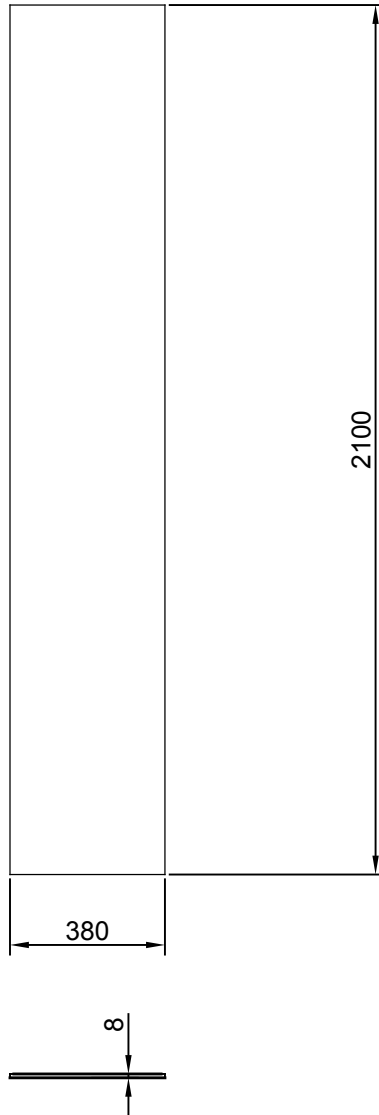
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa superior 3					3059-459	



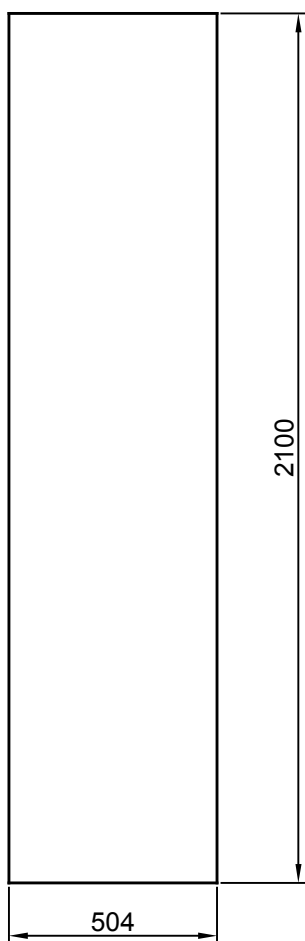
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa lateral 3					3060-460	



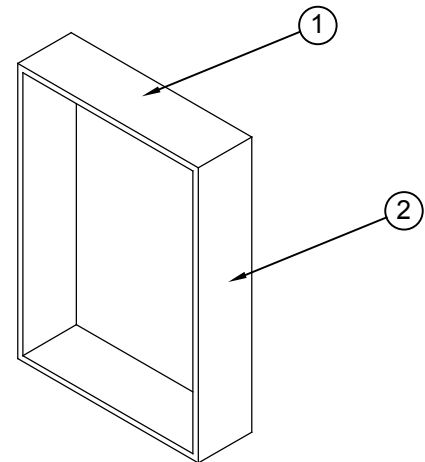
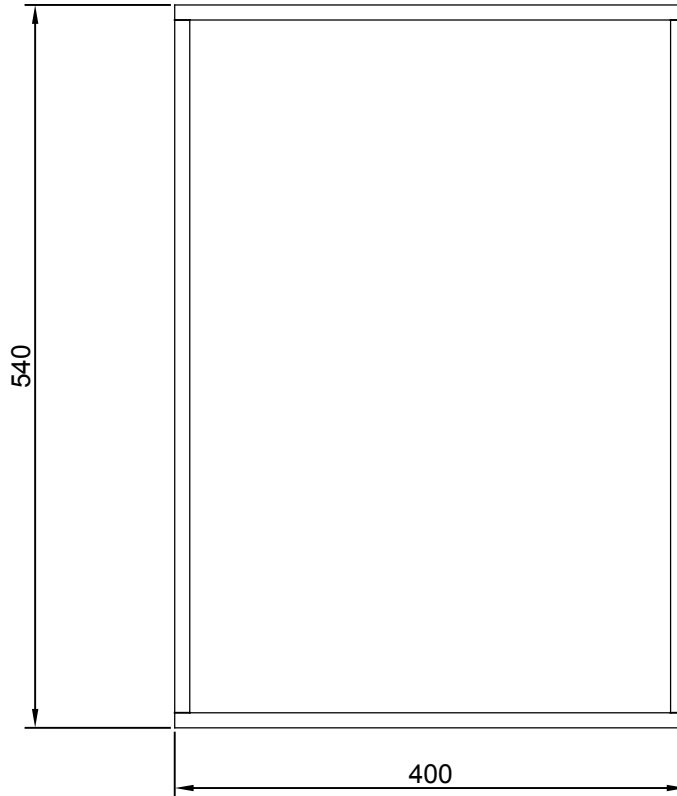
2	Placa lateral	3064-464	2					
1	Placa superior	3063-463	2					
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:						Código
1:10		Viga tramo 4						2024-318



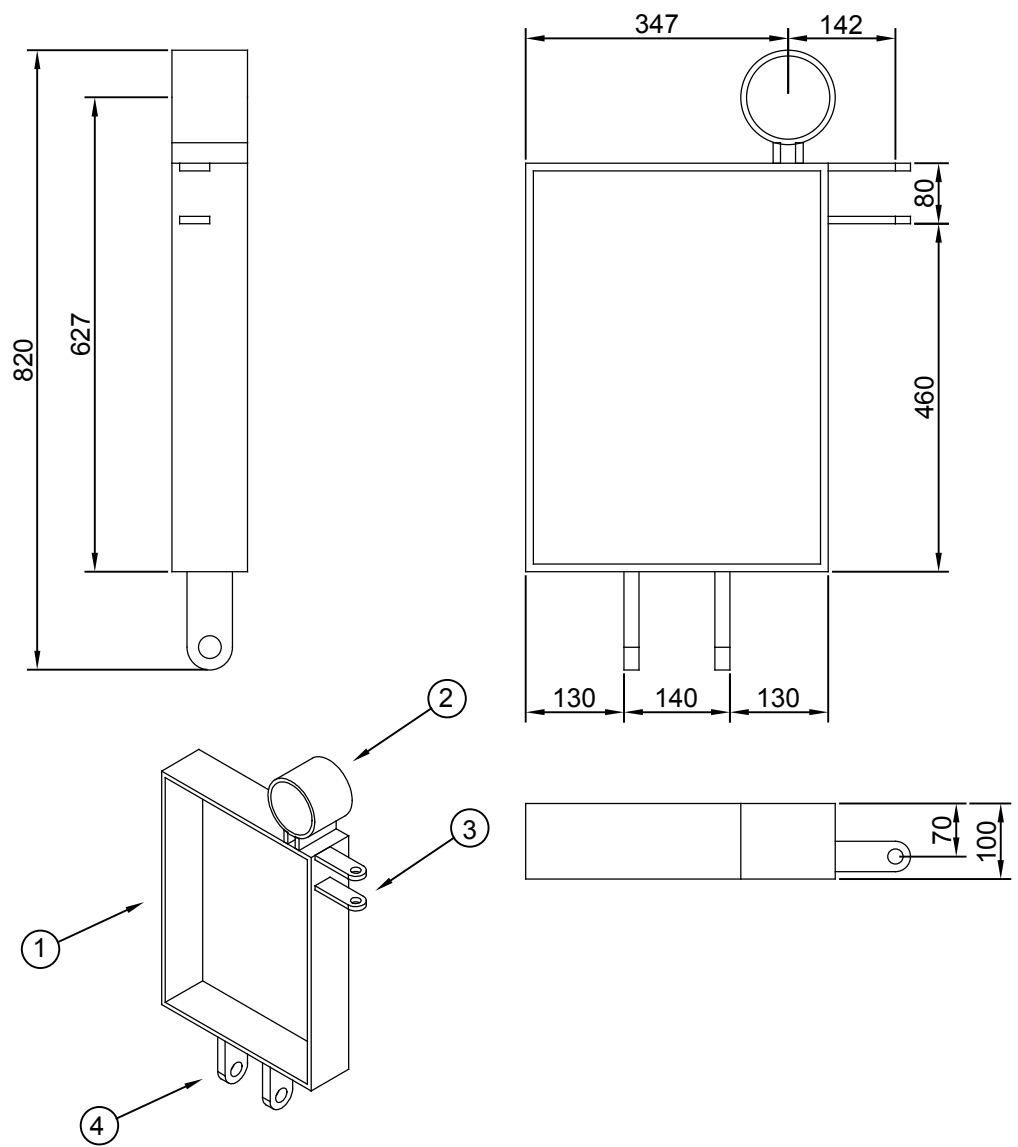
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa superior					3063-463	



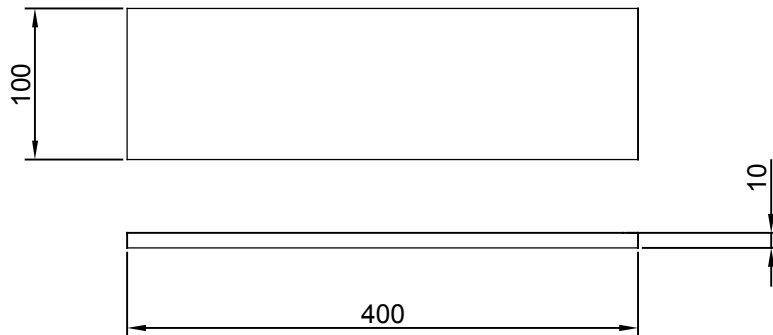
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa lateral					3064-464	



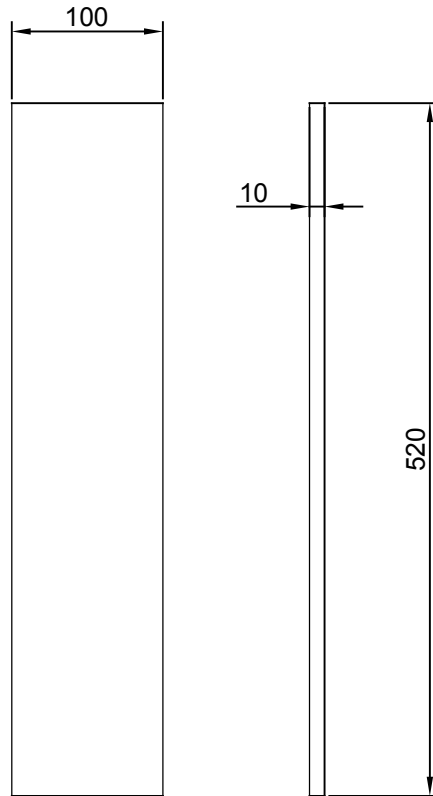
2	Placa lateral 4	3066-466	2					
1	Placa superior 4	3065-465	2					
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Viga refuerzo 4					3031-325	



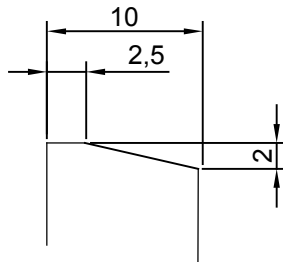
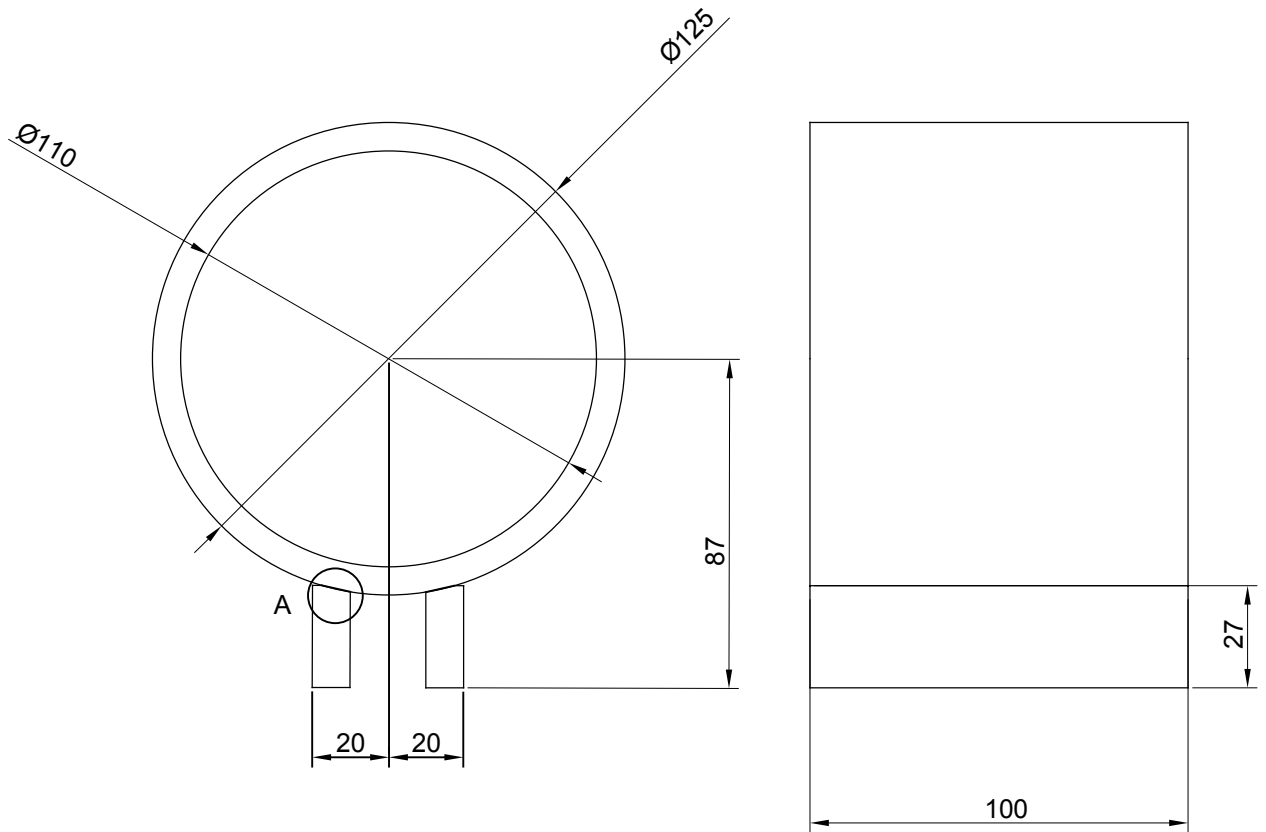
4	Placas de cilindro	3068-468	2					
3	Soporte de cilindro	3067-467	1					
2	Soporte de gancho	3048-448	2					
1	Viga refuerzo 4	3031-325	1					
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Refuerzo tramo 4					2025-319	



Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa superior 4					3065-465	

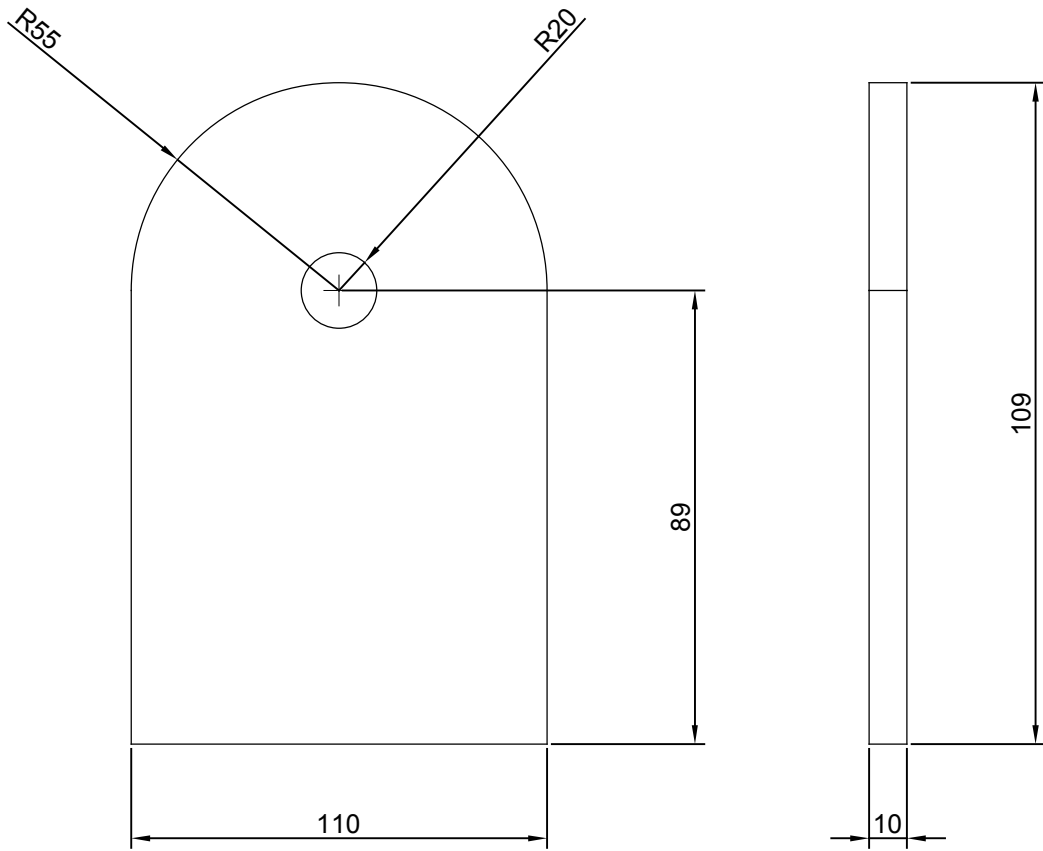


Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa lateral 4					3066-466	

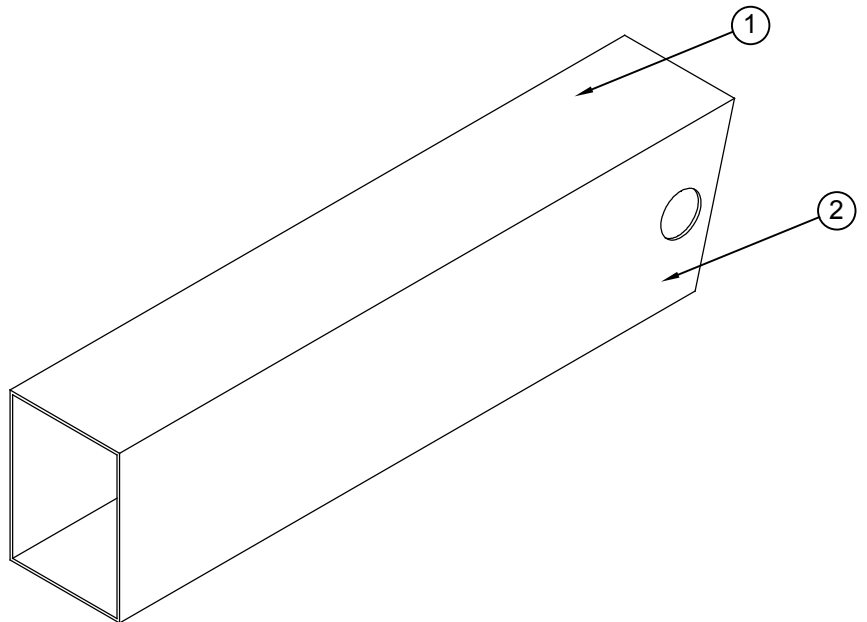
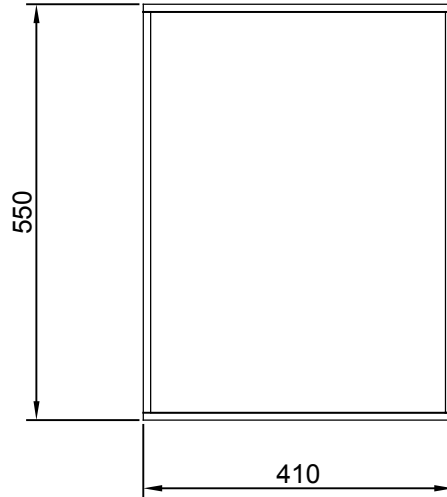


Detalle A

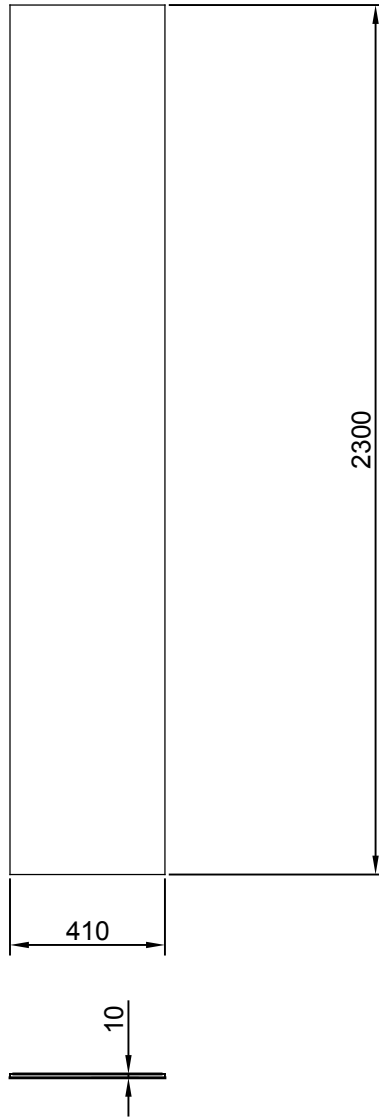
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Soporte de cilindro					3067-467	



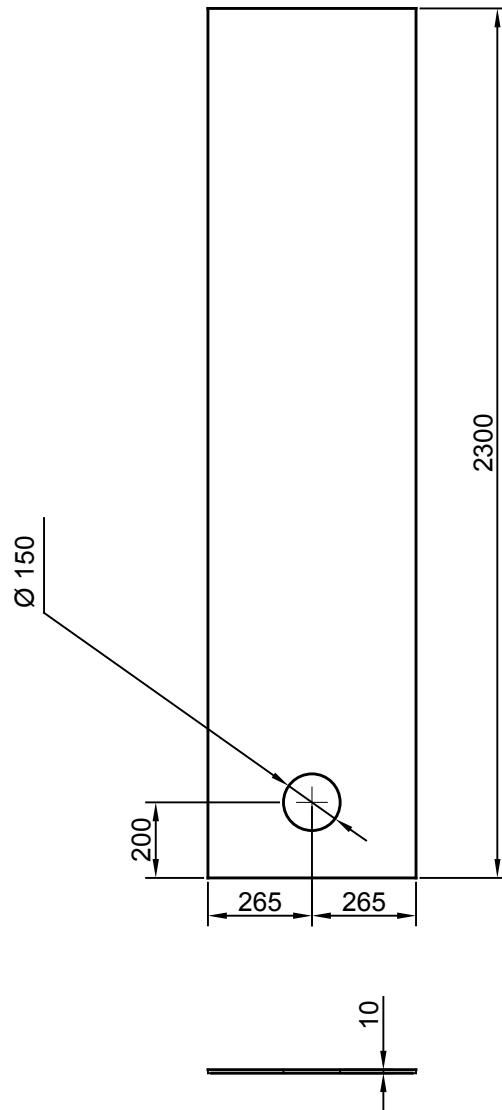
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia ±	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placas de cilindro					3068-468	



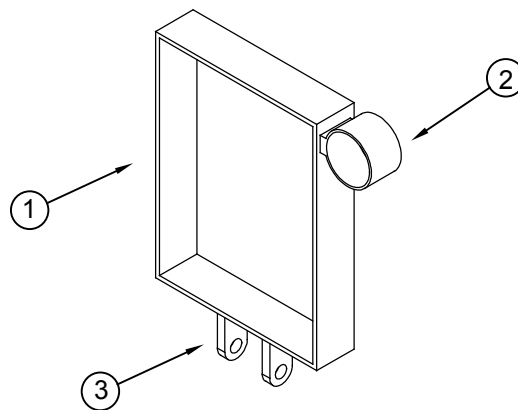
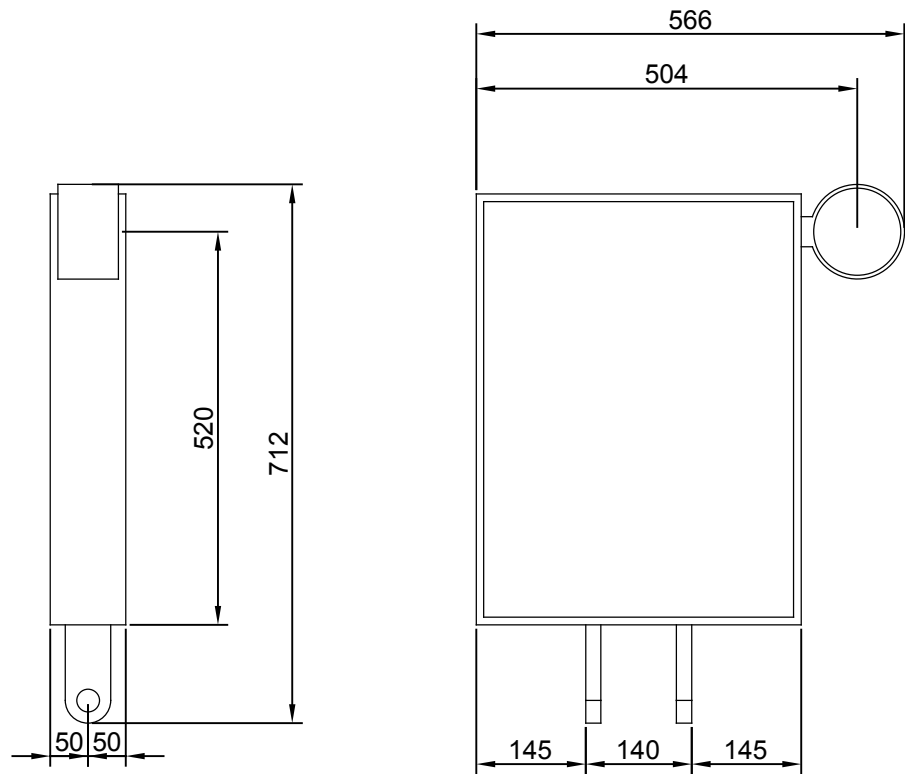
2	Placa lateral	3070-470	2					
1	Placa superior	3069-469	2					
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:						Código
1:10		Viga tramo 5						2026-320



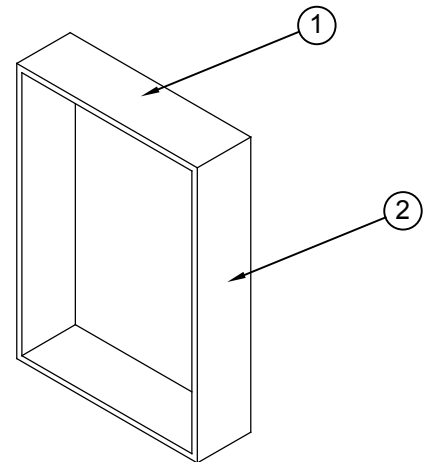
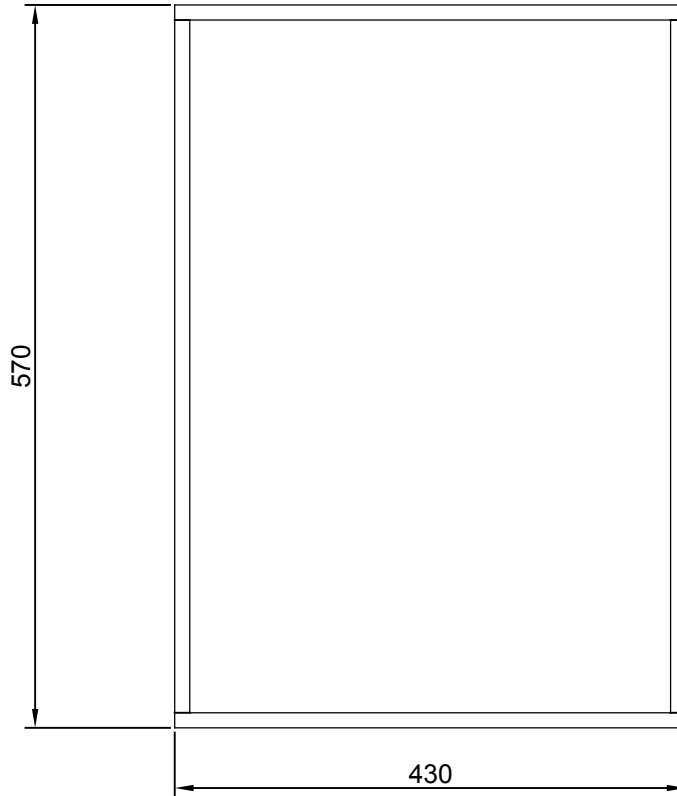
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa superior					3069-469	



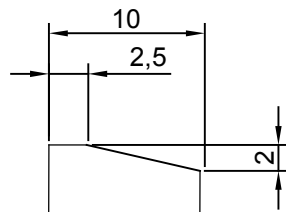
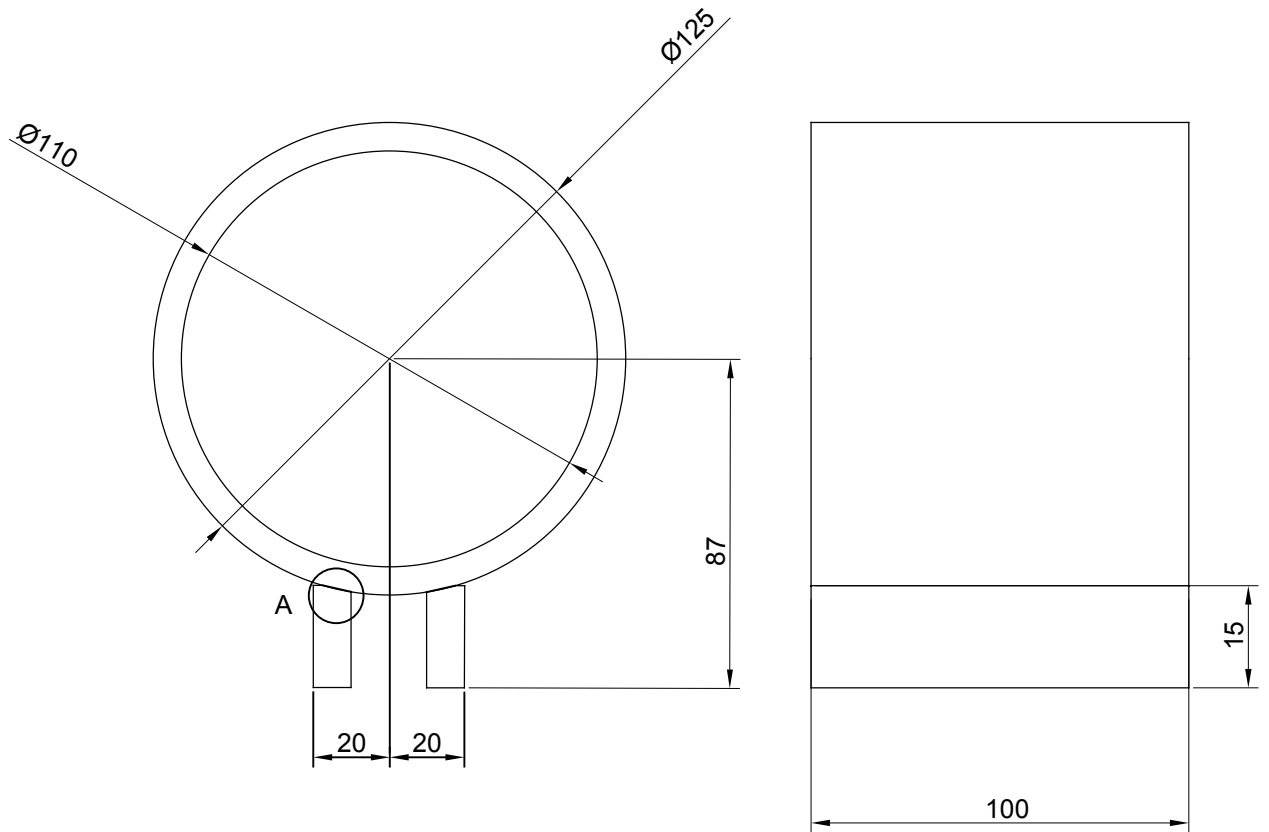
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa lateral					3070-470	



3	Soporte de cilindro	3073-473	1					
2	Soporte de gancho	3048-448	2					
1	Viga refuerzo 5	2027-321	1					
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Refuerzo tramo 5					2027-321	

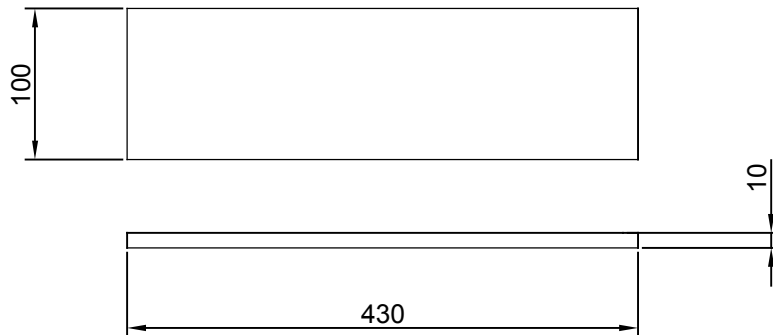


2	Placa lateral 5	3072-472	2					
1	Placa superior 5	3071-471	2					
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Viga refuerzo 5					2027-321	

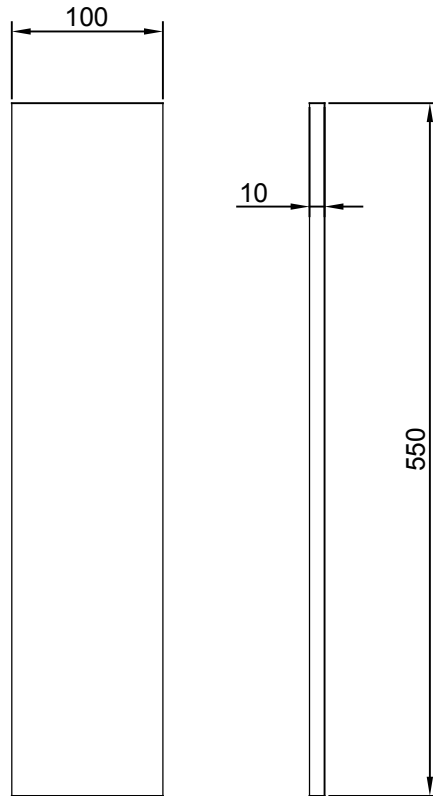


Detalle A

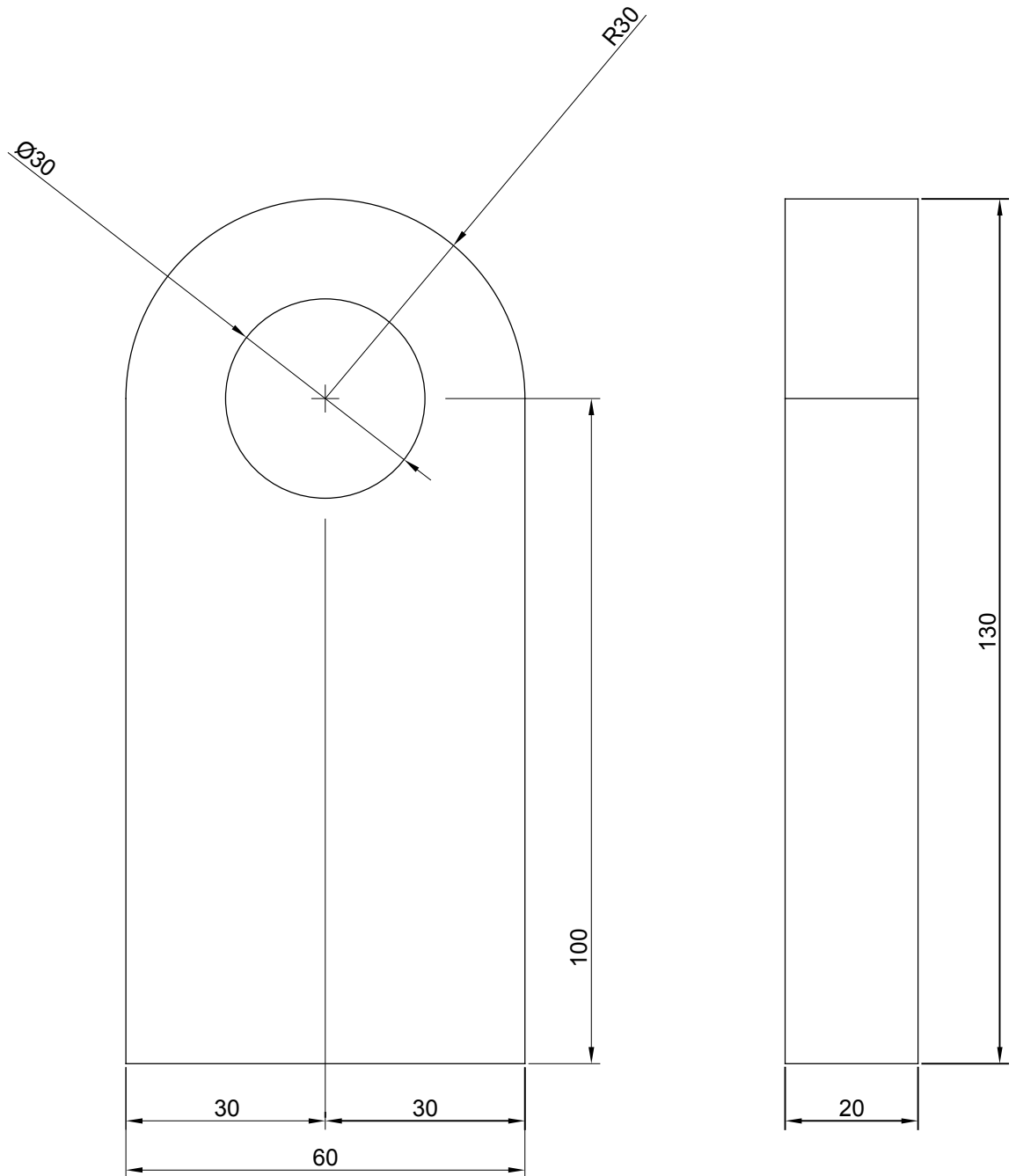
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Soporte de cilindro					3073-473	

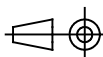


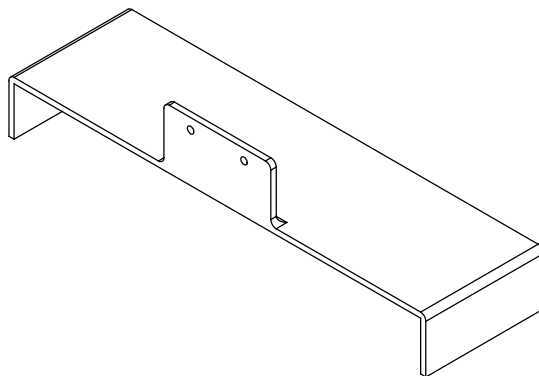
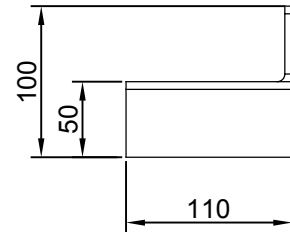
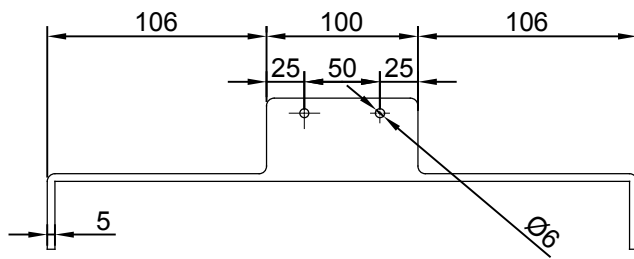
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa superior 5					3071-471	



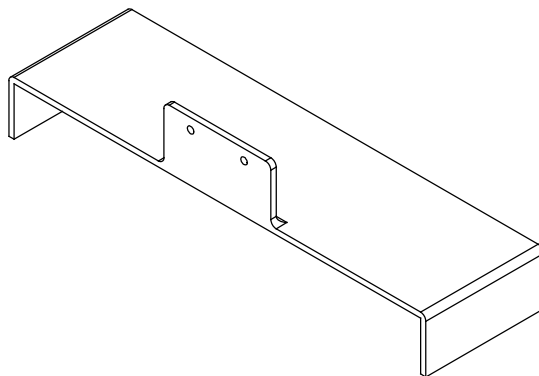
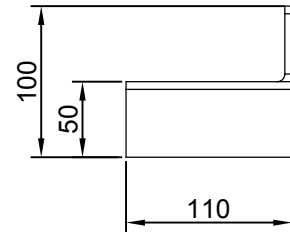
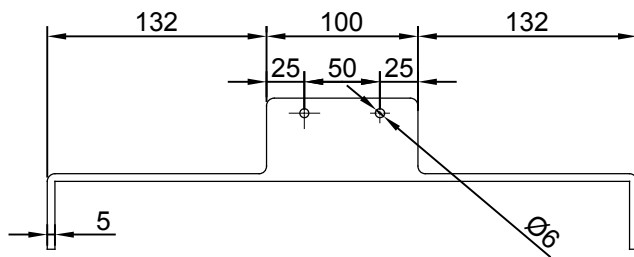
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Placa lateral 5					3072-472	



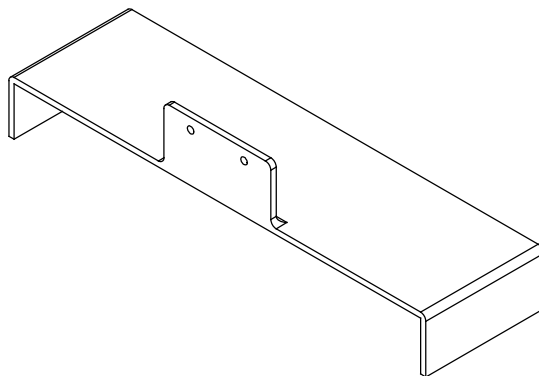
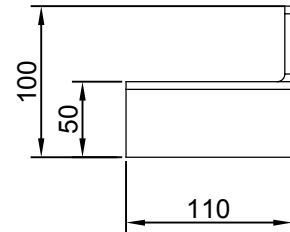
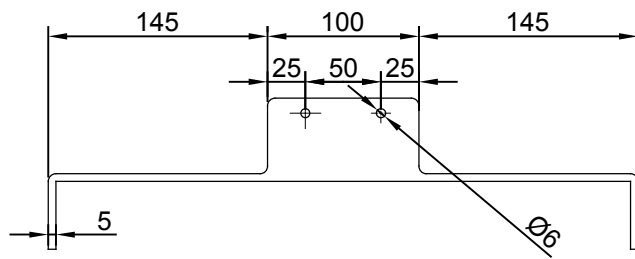
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia ±	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Soporte gancho					3048-448	



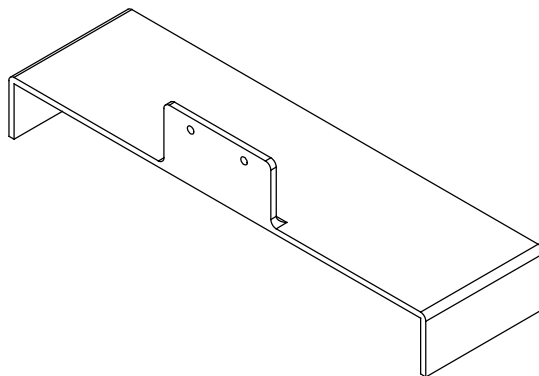
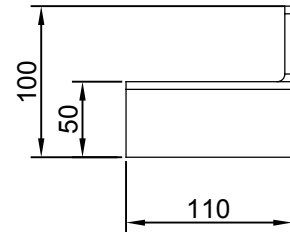
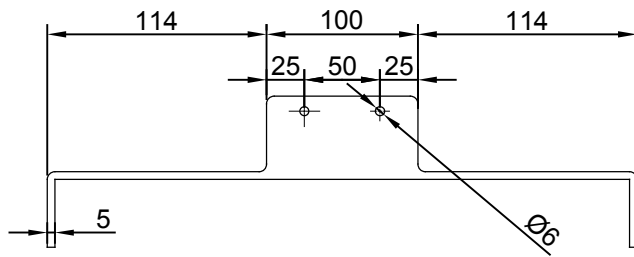
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia ±	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Poliamida 6A
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Patín 1					3043-441	



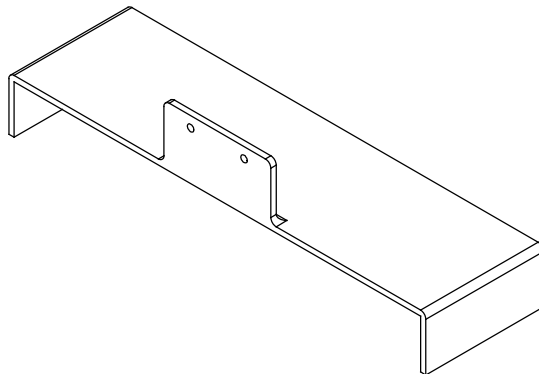
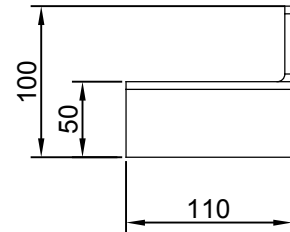
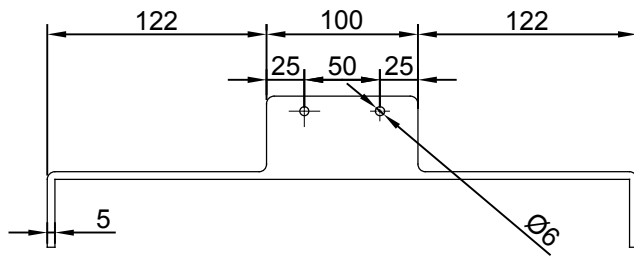
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia ±	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Poliamida 6A
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Patín 4					3042-442	



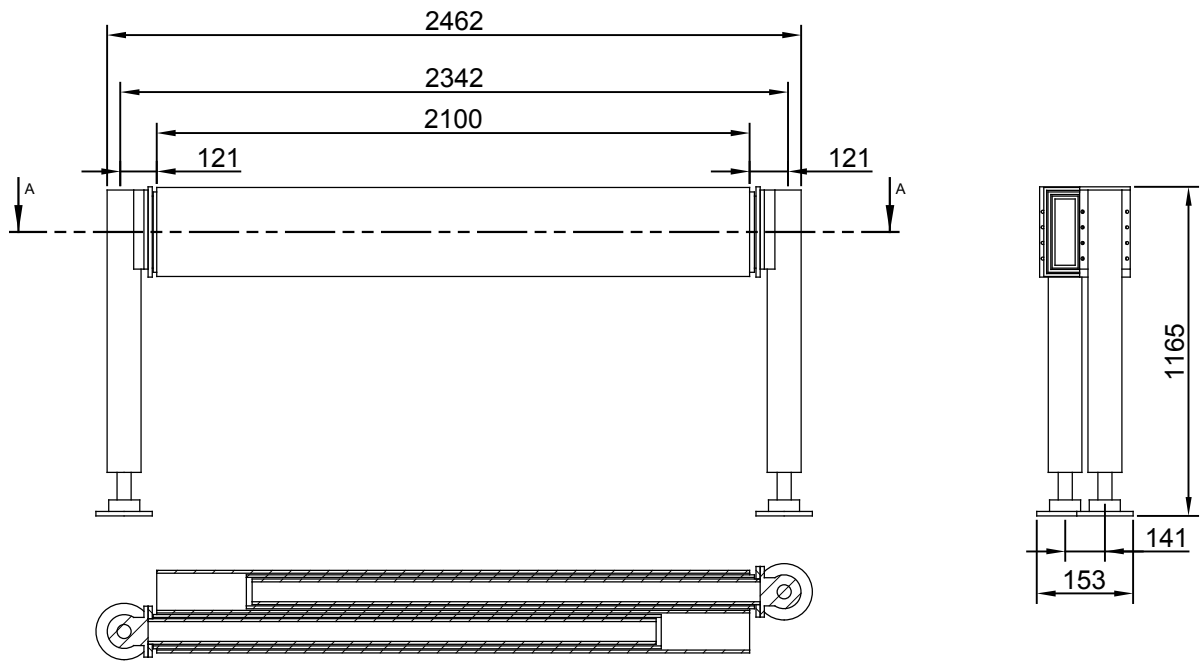
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Poliamida 6A
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Patín 5					3043-443	



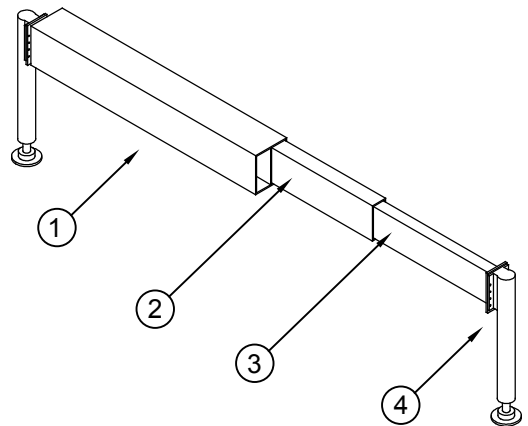
Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia ±	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Poliamida 6A
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Patín 2					3040-440	



Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-12-18							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia ±	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Poliamida 6A
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Patín 3					3041-441	



Corte A-A



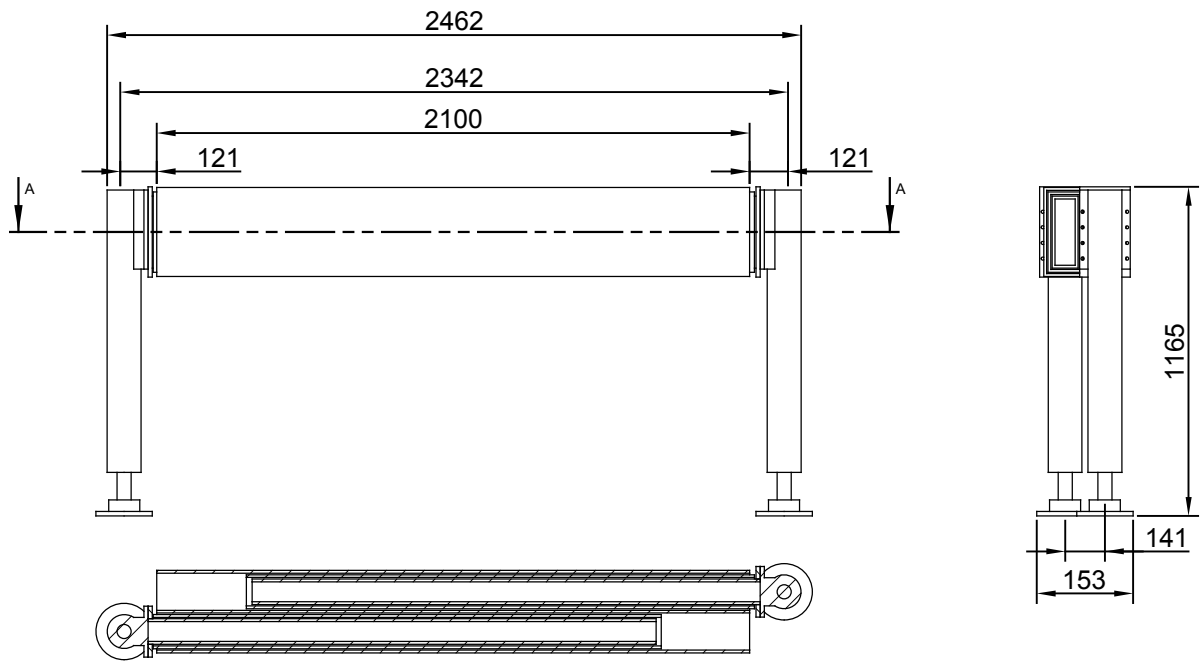
4	Pie estabilizador	2031-325	2	-
3	Viga tramo final	2030-324	2	-
2	Viga tramo medio	2029-323	2	-
1	Viga base	2028-322	1	-
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones

Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN	
Fecha	06-06-19			
Firma				

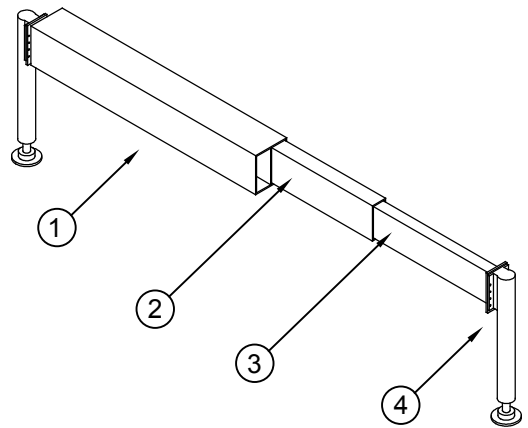
Tolerancias generales (salvo especificación)

Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia +-	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	-
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	

Escala	Norma	Título:	Código
1:10		Viga base	2010-305



Corte A-A

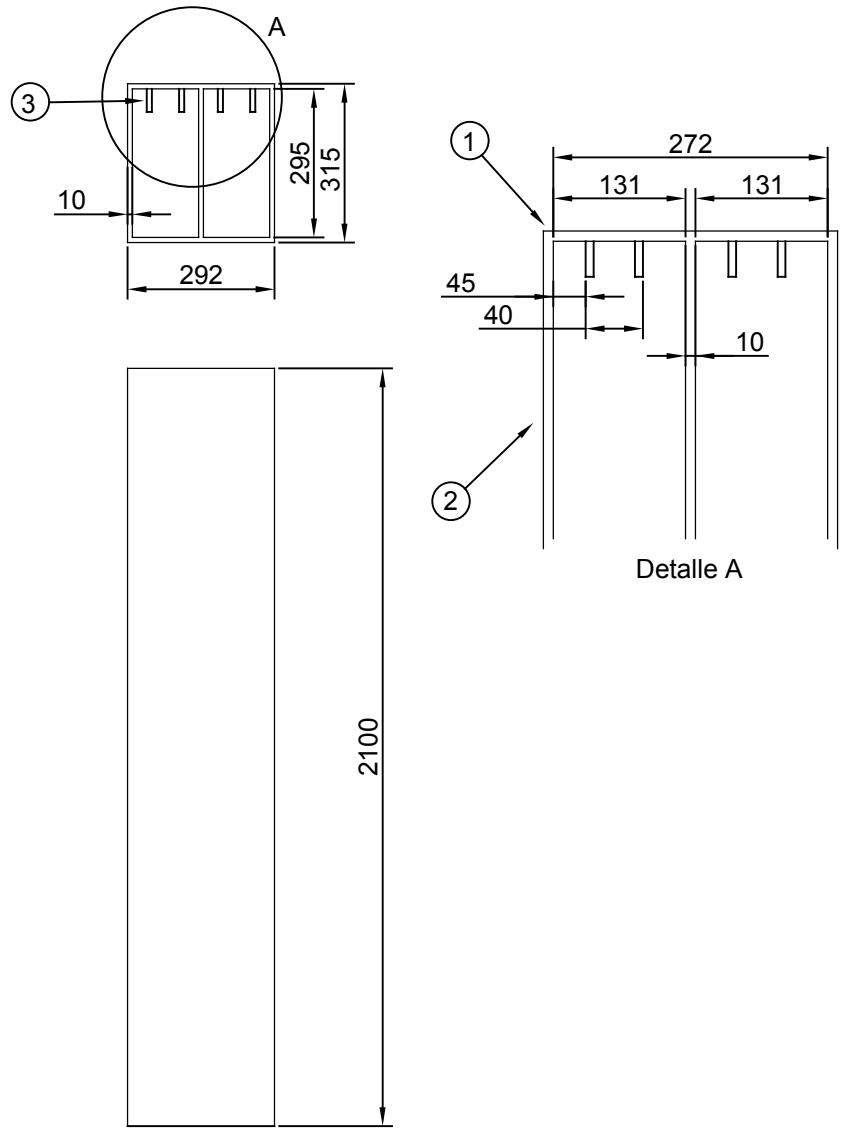


4	Pie estabilizador	2031-325	2	Comercial
3	Viga tramo final	2030-324	2	-
2	Viga tramo medio	2029-323	2	-
1	Viga base	2028-322	1	-
N°	Denominación	Código	Cantidad	Observaciones

Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN	
Fecha	06-06-19			
Firma				

Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia +-	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	-
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	

Escala	Norma	Título:	Código
1:10		Estabilizadores	2010-305

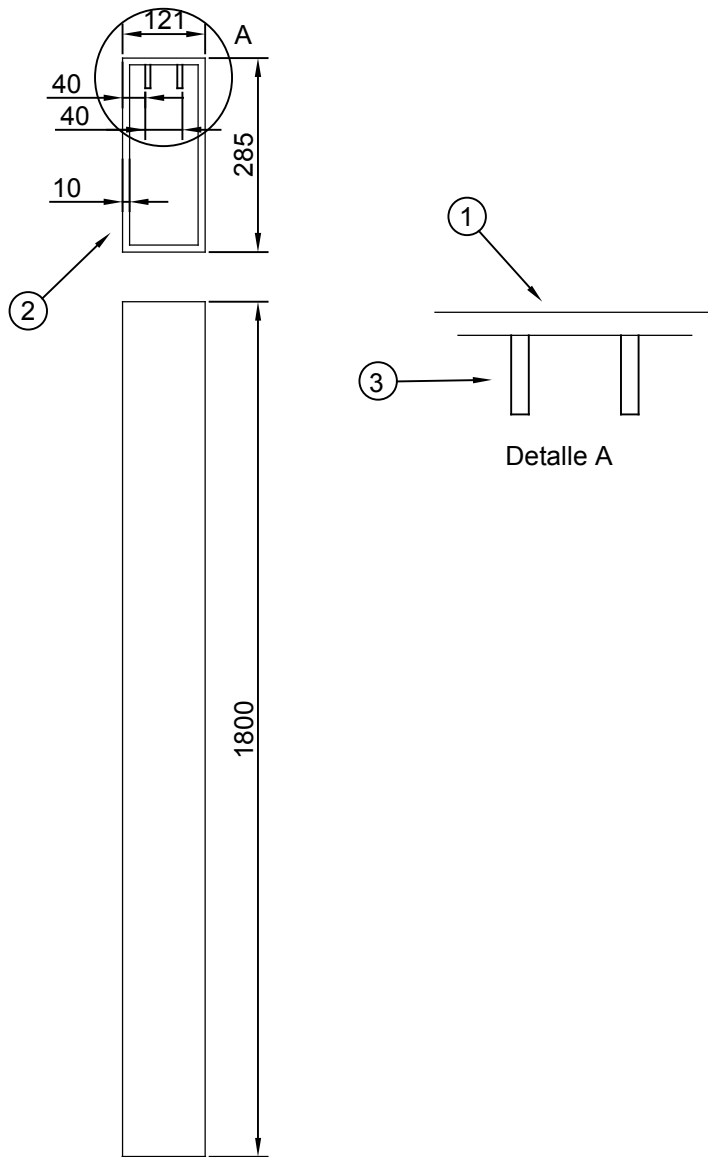


3	Soporte cilindro	3076-476	2	-
2	Placa lateral	3075-475	2	-
1	Placa superior	3074-474	2	-

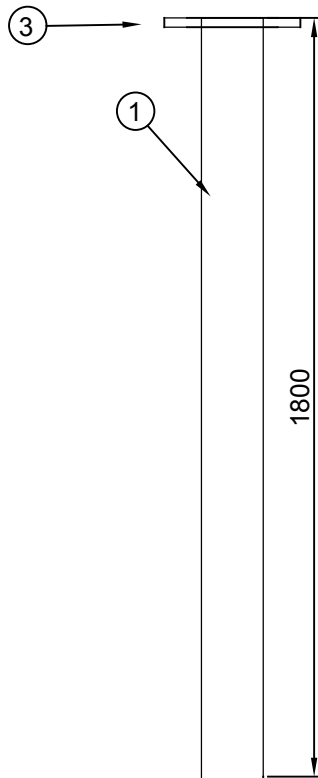
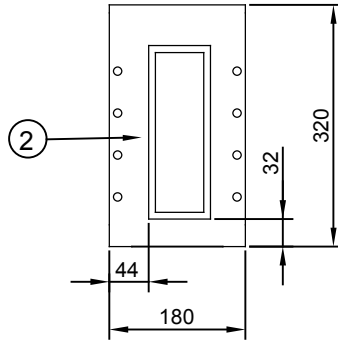
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN		
Fecha	06-06-19				
Firma					

Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	

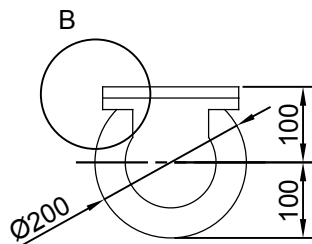
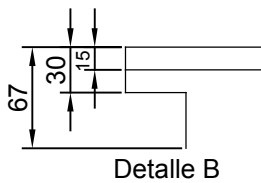
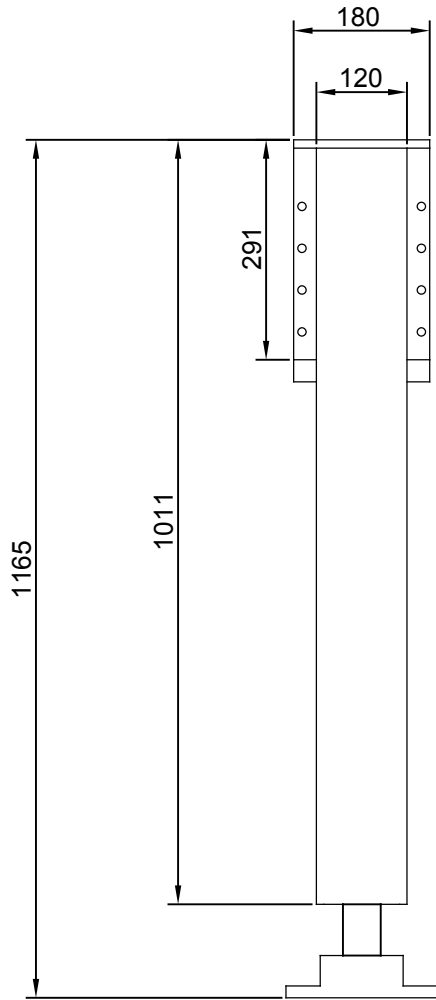
Escala	Norma	Título:					Código
1:10		Viga base					2028-322



3	Soporte cilindro	3079-479	2	-				
2	Placa lateral	3078-478	2	-				
1	Placa superior	3077-477	2	-				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Viga tramo medio					2029-323	



3	Placa cilindro	3082-482	1	-				
2	Placa lateral	3081-481	2	-				
1	Placa superior	3080-480	2	-				
Dibujado		Aprobado	FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN					
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	Strenx 700
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Viga tramo final					2030-324	



Dibujado		Aprobado		FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA UTN				
Fecha	06-06-19							
Firma								
Tolerancias generales (salvo especificación)								
Medidas (mm)		< 20	20-100	100-500	500-1000	1000-5000	5000 <	Material
Tolerancia + -	Diámetro	0,1	0,15	0,5	1	2	5	-
	Longitud	0,5	0,5	1	1,5	2	5	
Escala	Norma	Título:					Código	
1:10		Pie estabilizador					2031-325	