ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR DE UNA COLUMNA PARA AUTOS

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGÍSTER EN DISEÑO, PRODUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

FERNANDO EFRAÍN NOVOA TRAVEZ
efranovoa@gmail.com
JUAN CARLOS RODRÍGUEZ FLORES
juanca_rodri@yahoo.com

DIRECTOR: ING. IVÁN ZAMBRANO, M.Sc.
ivan.zambrano@epn.edu.ec

QUITO, OCTUBRE, 2017

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los señores **Fernando Efraín Novoa Trávez y Juan Carlos Rodríguez Flores**, bajo mi supervisión.

_____

Ing. Iván Zambrano

DIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros, **Fernando Efraín Novoa Trávez y Juan Carlos Rodríguez Flores**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

_____ _____

Fernando Efraín Novoa Trávez Juan Carlos Rodríguez Flores

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN i
DECLARACIÓN ii
LISTA DE FIGURAS vi
LISTADO DE TABLAS ix
RESUMEN x
ABSTRACT xi
1. MARCO TEÓRICO 1
1.1. Antecedentes
1.2. Objetivos
1.2.1. Objetivo General
1.2.2. Objetivos Específicos 2
1.3. Introducción
1.4. Fuentes de energía utilizadas en los diferentes elevadores de automotores
1.4.1. Energía neumática 3
1.4.2. Energía hidráulica 4
1.4.3. Energía electromecánica
1.5. Tipos de elevadores para automotores 5
1.5.1. Elevador electromecánico de dos columnas 6
1.5.2. Elevador electrohidráulico de dos columnas61.5.3. Elevador electrohidráulico de cuatro columnas 7
1.5.4. Elevador de cuatro columnas electromecánico 8
1.5.5. Elevador de tijeras 9
1.5.6. Elevador de una columna electrohidráulico 10
1.6. Partes constitutivas de un elevador de automotores 11
1.6.1. Doble columna
1.6.2. Elevador móvil de una columna 12
1.6.3. Elevador de tijera 13
1.6.4. Elevador de cuatro columnas
II. ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS 15
2.1.1. Planteamiento de alternativas
2.2. Alternativas 16
2.2.1. Alternativa 1: Columna central y base
2.2.2. Alternativa 2: Tijera hidráulica
2.2.3. Alternativa 3: Dos columnas 17
2.2.4. Alternativa 4: Una columna 18
2.3. Criterios de selección

2.4. Método ordinal corregido de criterios ponderados 19
2.4.1. Evaluación de los pesos específicos de las distintas soluciones para cada criterio 20
2.4.2. Evaluación de criterios 21
2.5. Estructura básica 22
2.6. Especificaciones técnicas del elevador de autos 23
2.7. Requerimientos para el diseño y construcción del elevador de autos de una columna
III. DISEÑO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA 25
3.1.1. Diseño del Sistema de Elevación 26
3.1.2. Diseño del tornillo soporte de carga 27
3.1.3. Diseño del brazo deslizable frontal 29
3.1.4. Diseño del brazo pivote frontal 33
3.1.5. Diseño de la viga principal de elevación 35
3.1.6. Diseño del brazo deslizable transversal posterior 39
3.1.7. Diseño del brazo deslizable longitudinal posterior 41
3.1.8. Diseño del brazo fijo longitudinal posterior 44
3.1.9. Diseño de la placa soporte del sistema de elevación 47
3.1.10. Deslizador
3.1.11. Dimensionamiento de la columna 48
3.1.12. Diseño de la placa soporte del sistema de elevación 51
- Restricciones de desplazamiento normal 54
- Restricciones de fijación axial 56
- Cargas de Momento
- Carga de fuerza 57
- Esfuerzos Von Misses 58
- Desplazamientos 59
- Parámetros de convergencia 61
3.1.13. Sistema hidráulico 64
3.1.14. Dimensionamiento del eje soporte de cadenas 69
3.1.15. Selección de rodamientos 70
3.1.16. Selección de la cadena de elevación
3.1.17. Conexiones hidráulicas 71
3.1.18. Diseño de la base de transporte
3.1.19. Diseño de la estructura de la base de transporte 72
3.1.20. Diseño del pasador de la rueda 74
3.1.21. Selección de rodamientos 76
3.1.22. Rueda de transporte

3.1.23. Gato de transporte
3.1.24. Selección de pernos de la placa soporte del sistema de elevación
3.1.25. Diseño de soldadura 77
3.2. Funciones y características del equipo 79
3.2.1. Especificaciones Técnicas
3.3. Proceso de fabricación..... 80
IV. ANÁLISIS DE COSTOS 85
4.1. Costos del proyecto para la construcción del elevador de autos
4.1.1. Conceptos básicos de los costos
4.2. Determinación de los costos para la elaboración del elevador 87
4.2.1. Materiales directos..... 89
4.2.2. Mano de obra directa 92
4.2.3. Costos indirectos de fabricación
4.3. Resumen del costo para fabricar el elevador 93
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 98
6.1. Conclusiones
6.2. Recomendaciones 98
ANEXOS..... 100
Anexo1: Fotografías: Proceso de fabricación..... 101
Preparación de materiales, corte y doblado
Ensamble en crudo..... 105
Proceso de pintura..... 108
Anexo 2: Protocolo de pruebas..... 111
Anexo 3. Manual de operación 113
Anexo 4: Planos de taller 119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... **¡Error! Marcador no definido.**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema neumático……..... 3
Figura 2. Sistema hidráulico..…….. 4
Figura 3. Sistema electromecánico..…….. 5
Figura 4. Elevador electromecánico de dos columnas..…… 6
Figura 5. Elevador electrohidráulico de dos columnas..…… 7
Figura 6. Elevador electrohidráulico de cuatro columnas..…… 8
Figura 7. Elevador electromecánico de cuatro columnas..…… 9
Figura 8. Elevador de tijeras
Figura 9. Elevador de una columna..…… 10
Figura 10. Partes constitutivas de un elevador de autos de doble columna..…… 11
Figura 11. Partes constitutivas de un elevador de autos de una columna..……... 12
Figura 12. Partes constitutivas de un elevador de autos de tijera..……. 13
Figura 13. Partes constitutivas de un elevador de cuatro columnas
Figura 14. Alternativa 1 sistema elevador columna central y base..…… 16
Figura 15. Alternativa 2 sistema elevador de doble tijera……..... 17
Figura 16. Alternativa 3 sistema elevador de doble columna
Figura 17. Alternativa 4 sistema elevador de una columna móvil..…… 18
Figura 18. Partes constitutivas de la alternativa seleccionada……..... 25
Figura 19. Elementos del sistema de elevación..……... 26
Figura 20. Distribución de cargas en los apoyos del elevador…… 27
Figura 21. Representación esquemática del tornillo soporte de carga..…….. 29
Figura 22. Estado de cargas del brazo deslizable frontal
Figura 23. Diagrama de fuerza cortante del brazo deslizable frontal…….. 30
Figura 24. Diagrama de momento flector del brazo deslizable frontal
Figura 25. Sección del brazo deslizable frontal
Figura 26. Geometría a considerar para determinar si el elemento es compacto…… 31
Figura 27. Estado de carga para el brazo pivote frontal……..... 33
Figura 28. Diagrama de cortante para el brazo pivote frontal…….. 34
Figura 29. Diagrama de momento flector para el brazo pivote frontal
Figura 30. Sección del brazo deslizable frontal

Figura 31. Sistema de cargas de la viga principal de elevación……. 35
Figura 32. Diagrama de cortante de la viga principal de elevación……. 36
Figura 33. Diagrama de momento flector de la viga principal de elevación
Figura 34. Diagrama de momento torsor de la viga principal de elevación
Figura 35. Geometría de la viga principal de elevación
Figura 36. Parámetros de perfil…… 37
Figura 37. Estado de cargas del brazo deslizable transversal posterior……... 39
Figura 38. Diagrama de fuerza cortante del brazo deslizable transversal posterior
Figura 39. Diagrama de momento flector del brazo deslizable transversal posterior…….. 40
Figura 40. Geometría del brazo deslizable transversal posterior
Figura 41. Estado de cargas del brazo deslizable longitudinal posterior…….. 41
Figura 42. Diagrama de fuerza cortante del brazo deslizable longitudinal posterior
Figura 43. Diagrama de momento flector del brazo deslizable longitudinal posterior…….. 42
Figura 44. Diagrama de momento torsor del brazo deslizable longitudinal posterior
Figura 45. Sección transversal del brazo deslizable transversal posterior
Figura 46. Estado de cargas del brazo fijo longitudinal posterior……... 45
Figura 47. Diagrama de fuerza cortante para el brazo fijo longitudinal posterior
Figura 48. Diagrama de momento flector del brazo fijo longitudinal posterior
Figura 49. Diagrama de momento torsor para el brazo fijo longitudinal posterior
Figura 50. Sección transversal del brazo fijo longitudinal posterior…… 46
Figura 51. Deslizador…… 48
Figura 52. Columna……... 49
Figura 53. Diagrama de cargas de la columna
Figura 54. Sección del cuerpo de la columna……... 51
Figura 55. Representación esquemática del conjunto placa base, columna y deslizador…….. 52
Figura 56. Parámetros de simulación……53
Figura 57. Asignación del material……54
Figura 58. Asignación de restricción de desplazamiento normal de cara inferior de placa base……...55

Figura 59. Asignación de restricción de desplazamiento normal de carga de arandelas
Figura 60. Asignación de restricción de fijación axial sobre alojamientos de pernos de Fijación……56
Figura 61. Carga de momento sobre caras de deslizador……57
Figura 62. Carga sobre cara interior del cilindro
Figura 63. Generación de malla……58
Figura 64. Resultado preliminar de esfuerzos Von Misses……59
Figura 65. Resultado preliminar de desplazamientos……60
Figura 66. Resultado preliminar de factor de seguridad
Figura 67. Parámetros de convergencia……...61
Figura 68. Convergencia Von Misses……62
Figura 69. Convergencia desplazamientos
Figura 70. Sección del cuerpo de la columna……..63
Figura 71. Sistema hidraúlico…… 64
Figura 72. Estado de cargas del eje soporte de la cadena…….. 69
Figura 73. Diagrama de cortante del eje soporte de cadenas
Figura 74. Diagrama de momento flector del eje soporte de cadenas
Figura 75. Base transversal…… 71
Figura 76. Estado de carga de base de transporte……... 72
Figura 77. Estado definitivo de cargas de la base de transporte…… 73
Figura 78. Diagrama de fuerza cortante de la base de transporte
Figura 79. Diagrama de momento flector de la base de transporte
Figura 80. Sección transversal de la base de transporte…….. 74
Figura 81. Estado de cargas del pasador de la rueda……... 75
Figura 82. Cargas sometidas a los pernos…….. 76
Figura 83. Geometría de la unión por soldadura…… 77
Figura 84. Símbolos diagrama de flujo…….. 82
Figura 85. Diagrama de flujo del proceso de fabricación del elevador……... 83
Figura 86. Clasificación de los costos……..... 87
Figura 87. Esquema de costeo del elevador……... 88

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Pesos específicos de criterios de selección…….. 20
Tabla 2. Evaluación de pesos específicos de las soluciones
Tabla 3. Criterios de selección…….. 21
Tabla 4. Conclusiones…….... 22
Tabla 5. Medidas de automotores…….. 23
Tabla 6. Componentes de plancha metálica…… 89
Tabla 7. Componentes de barra perforada…….. 90
Tabla 8. Componentes de los ejes
Tabla 9. Componentes de costos indirectos de fabricación……... 91
Tabla 10. Componentes de mano de obra directa…….. 92
Tabla 11. Componentes de mano de obra indirecta
Tabla 12. Resumen de los costos…….. 93
Tabla 13. Protocolo de pruebas sin carga…….96
Tabla 14. Protocolo de pruebas con carga……...97

RESUMEN

En el presente proyecto se ha diseñado y fabricado un elevador de autos de una sola columna, el cual se usará para realizar prácticas que permitan investigar y desmontar partes de automotores utilizados como material didáctico para los estudiantes tanto de pregrado como posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica. Este elevador facilitará la observación de los diferentes sistemas del automotor ubicados en la parte inferior para mejorar el aprendizaje de los estudiantes. La elección de la alternativa a diseñar y fabricar se basó en el libro “Diseño Concurrente” de Carles Riba con el método de evaluación de soluciones. Está estructurado en cuatro brazos deslizables anclados a un cilindro hidráulico que reposa en la viga principal de elevación y su base; favoreciendo el reparto de cargas siendo muy útil en todo tipo de superficies planas. El automotor se fija en los brazos del elevador de forma simétrica garantizando el equilibrio y seguridad deseada. Todo el sistema es propulsado por un sistema electrohidráulico alimentado con corriente alterna trifásica de 220 Vac. que se puede obtener de la red.

Palabras clave: Diseño de máquinas, elevador de autos, hidráulica, máquinas y mecanismos.

ABSTRACT

The present project has designed and manufactured a single-column car elevator, which will be used to carry out practices that allow the investigation and dismantling of used automotive parts of teaching material for both undergraduate and postgraduate students of the Faculty of Engineering Mechanics. This lift will facilitate the observation of the different automotive systems located at the bottom to improve student learning. The choice of the alternative to design and manufacture was based on the book "Design Concurrent" by Carles Riba with the method of evaluation of solutions. This lifting system is structured in two sliding arms anchored to a hydraulic cylinder that rests on the main lifting beam and the base; favoring the distribution of loads being very useful in all types of flat surfaces. The automotor is fixed in the arms of the elevator of symmetrical form guaranteeing the balance and security wanted. The entire system is powered by an electro-hydraulic system powered by 220 V three-phase alternating current that can be obtained from the mains.

Keywords: Machine design, car elevator, hydraulics, machines and mechanisms.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Es evidente que el método enseñanza - aprendizaje da mejores resultados si las explicaciones teóricas van acompañadas de aplicaciones prácticas especialmente en las áreas de educación técnica. Es obvio que si no se dispone de los medios necesarios para la realización de prácticas la enseñanza no será aprovechada al máximo.

Este problema se ha evidenciado en la carrera de Sistemas Automotrices, la misma que no dispone de un automotor en el cual los estudiantes puedan reforzar los conocimientos teóricos con la práctica.

Consciente de la falencia en esta carrera, la empresa Omnibus B. B. ha donado un automóvil para que se lo utilice con fines didácticos facilitando las actividades prácticas para conocer e investigar acerca de los diferentes sistemas que conforman el automotor; tales como: inyección, eléctrico, de frenos, de suspensión, de lubricación, de refrigeración, etc.

Debido al pequeño espacio físico que dispone el Laboratorio de Sistemas Automotrices, y con la finalidad de que el estudiante pueda apreciar en su totalidad los sistemas del automóvil se ve la necesidad de dotar de un equipo que facilite la observación, análisis e investigación de los sistemas. Es así que se plantea la fabricación de un elevador de autos que permita investigar y analizar los sistemas que se encuentran en la parte inferior del automotor.

La implementación de este elevador ayudará en gran medida la enseñanza ya que los estudiantes podrán observar con facilidad estos sistemas sin tener que ejercer esfuerzos que puedan perjudicar la ergonomía humana.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Diseñar y construir un sistema elevador de autos para utilizarse en el laboratorio de sistemas automotrices.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar parámetros que permitan seleccionar una alternativa de construcción para el sistema elevador de autos.
- Determinar la geometría y materiales que se adapten mejor al sistema.
- Obtener el sistema que cumpla las especificaciones técnicas propuestas.
- Proporcionar un manual de operaciones del sistema.
- Determinar el costo de fabricación del equipo.

1.3. Introducción

En la actualidad hay un crecimiento sustancial en el parque automotor dentro de nuestro país, por lo que los talleres, mecánicas y empresas que se dedican a brindar mantenimiento a los automotores cada vez son más y, para ser competitivos deben brindar un servicio rápido y eficiente; para ello deben contar con equipos que permitan minimizar recursos en el momento de efectuar operaciones de mantenimiento; uno de esos equipos es el elevador de autos el cual permitirá acceder a la parte inferior de los automotores de forma rápida y segura.

El presente proyecto tiene como objetivo aplicar los conocimientos adquiridos en las distintas áreas de la Ingeniería para optimizar recursos en la realización de prácticas en materias que involucren sistemas automotrices con la construcción de un elevador de autos. Este dispositivo se diseñará y fabricará bajo los parámetros especificados por el código ANSI/AISC 360-05 y los estándares para elevadores de autos regulados por la norma ANSI/ALI ALCTV: 2011.

1.4. Fuentes de energía utilizadas en los diferentes elevadores de automotores

Para que el dispositivo permita elevar el automotor se dispone de diferentes fuentes de energía que permiten realizar esta operación tales como: neumática, hidráulica y electromecánica. La utilización de una de estas va a depender de:

- Tiempo para subir y bajar el automotor

- Seguridad brindada por el sistema,
- Mantenimiento del sistema,
- Carga a desplazar, etc.

Lo importante es su robustez, rigidez y la capacidad de anular las vibraciones e inestabilidad. A continuación, se detalla cada una de estas:

1.4.1. Energía neumática

Es un tipo de energía que emplea la sobrepresión del aire comprimido para realizar movimientos lineales y rotativos.

La energía neumática no es precisa cuando se requiere mover grandes masas, debido a que el aire es incompresible y además se necesitaría de al menos dos pistones de gran diámetro para esta aplicación. El peso máximo que se recomienda mover con aire comprimido es de hasta 3000 kgf.

En la figura se representa esquemáticamente el proceso, accesorios y elementos necesarios para generar energía neumática.

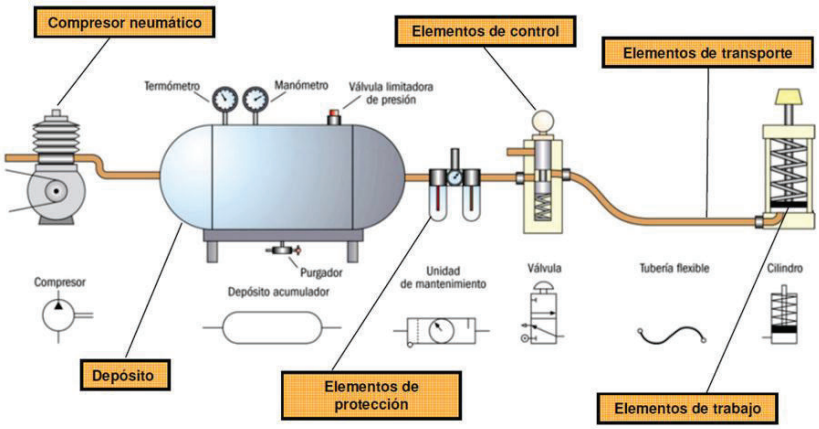


Figura 1. Sistema neumático.
(Fuente: (http://www.areatecnología.com/NEUMÁTICA_archivos/circuito-neumático.PNG, s.f.))

1.4.2. Energía hidráulica

Este tipo de energía utiliza un líquido (aceite SAE 10 por lo general) para realizar movimientos; una bomba es la encargada de aumentar la presión que será utilizada como trabajo útil en un cilindro (dispositivo de salida) cuya velocidad será constante, es recomendable utilizar la hidráulica para mover masas mayores a 300 kgf.

En la figura se representa esquemáticamente el proceso, accesorios y elementos necesarios para generar energía hidráulica.

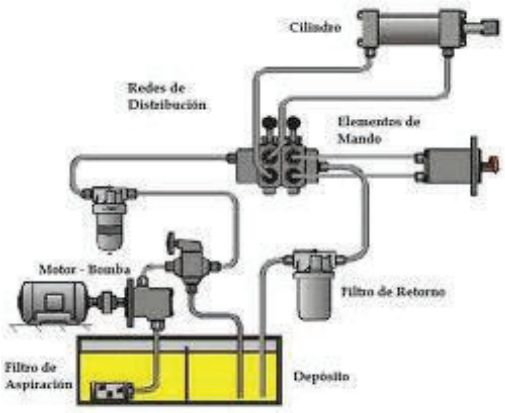


Figura 2. Sistema hidráulico.
(Fuente: (http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut212/fig1tut212.jpg, s.f.))

1.4.3. Energía electromecánica

La conversión de energía electromecánica es el proceso de convertir energía eléctrica a energía mecánica o viceversa. En el primer caso se utilizan motores eléctricos cuyo par o momento transmitido permite el movimiento por medio de cables o poleas, así como también con tornillos de potencia. Para el caso de convertir energía mecánica en eléctrica se utilizan las caídas de agua, la fuerza eólica, motor de combustión interna etc., las cuales provocan un movimiento rotativo mediante mecanismos generando una fuerza electromotriz.
En la siguiente figura se puede observar este tipo de energía, en la cual el motor alimentado con energía eléctrica mueve la polea generando energía mecánica.

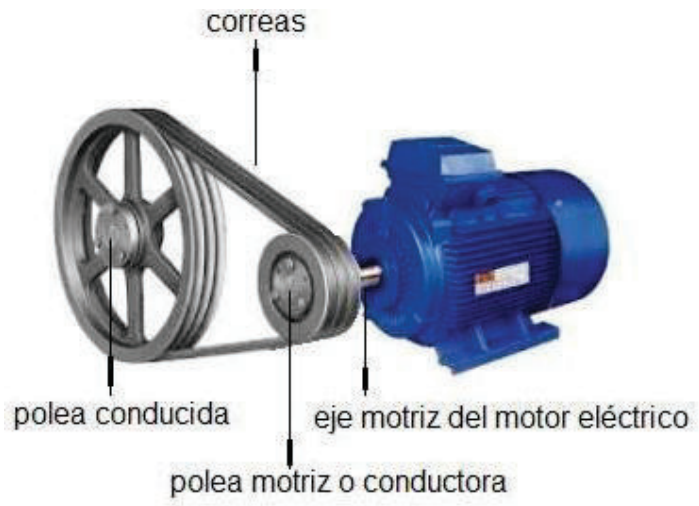


Figura 3. Sistema electromecánico.
(Fuente: (http://www.aulafacil.com/uploads/cursos/710/editor/dinamica-2-fisica-lecc-40_clip_image010.es.jpg, s.f.))

Para el caso en estudio se definirá el tipo de energía del elevador tomando como base fundamental los parámetros antes mencionados y los requerimientos establecidos para el funcionamiento adecuado dentro del laboratorio de Sistemas Automotrices, considerando el espacio físico y la carga.

1.5. Tipos de elevadores para automotores

Elevador de autos. - un elevador para automotores es un mecanismo que permite elevar y acceder a la parte inferior del automotor. La sujeción del vehículo puede hacerse desde el chasis o desde las ruedas permitiendo elevarlo desde unos cuantos centímetros hasta una altura aproximada de 2000 mm.

Es evidente que existen diversos tipos de elevadores donde cada uno de estos tiene su respectiva aplicación dentro de un campo determinado.
Los más utilizados en la industria automotriz son:

- De dos columnas electromecánico y de dos columnas electrohidráulico.
- De cuatro columnas electromecánico y cuatro columnas electrohidráulico.
- Elevador de Tijeras.
- Elevador de una columna electrohidráulico.

1.5.1. Elevador electromecánico de dos columnas

Figura 4. Elevador electromecánico de dos columnas.
(Fuente: (http://www.bartolisrl.com/IMAGES/elev-KPN-306-c2.gif, s.f.))

“Este sistema garantiza máxima seguridad de trabajo, mayor duración y reduce al mínimo las intervenciones de mantenimiento, ya que la lubricación de sus husillos es automática. Un dispositivo de seguridad mecánico impide la elevación de la carga en caso del desgaste total de la tuerca portante.

Las peculiares posibilidades de regulación y posicionamiento de los brazos facilitan la correcta elevación de todos los vehículos. Las personas altas pueden trabajar mejor gracias a la notable altura de elevación (2050 mm). Su transmisión a cadena de alta resistencia pre-regulada, con dispositivo de seguridad controla la tensión de la misma”. (https://es.scribd.com/document/236718007/ELEVADOR-2-COLUMNAS, s.f.)

1.5.2. Elevador electrohidráulico de dos columnas

“Dispositivo de apoyo mecánico de funcionamiento automático y desbloqueo neumático, garantiza una máxima seguridad en la fase de estacionamiento. Posee válvulas de seguridad contra la sobrecarga y la rotura de los tubos hidráulicos, al igual que válvulas de control de la velocidad de descenso”.
(https://es.scribd.com/document/236718007/ELEVADOR-2-COLUMNAS, s.f.)

Figura 5. Elevador electrohidráulico de dos columnas.
(Fuente: (http://www.rsf-maquinaria.com/images/elevadores/2columnas/hp-40a/hp-40.jpg, s.f.))

1.5.3. Elevador electrohidráulico de cuatro columnas

Características:

- Plataformas con carril regulable.
- Pistón de elevación completamente protegido al interior de la plataforma fija.
- Poleas de gran diámetro con casquillos auto lubricantes exentos de mantenimiento.
- Dispositivos de apoyo mecánico cada 100 mm de recorrido para no dejar peso sobre los cables en las fases de trabajo.
- Dispositivo contra caída, con intervención inmediata en caso de rotura de un cable de acero.
- Dispositivo de señalización acústica en la parte final del movimiento de bajada.

Este tipo de elevador es de uso universal en talleres mecánicos, eléctricos, estaciones de servicio, etc. (www.bartolisrl.com/herramientas/ELEV4COL.HTM, s.f.)

Figura 6. Elevador electrohidráulico de cuatro columnas.
(Fuente:
(http://hipermaq.liderafx.com/image/cache/data/id_5630FP_Elevador%204%20columnas%20REFORZADO%203500kg-500x500.jpg, s.f.))

1.5.4. Elevador de cuatro columnas electromecánico

"Este tipo de elevadores son diseñados y fabricados con el sistema tradicional de elevación completamente electromecánico, responden a precisos cálculos estructurales para aportar mayor seguridad en el trabajo y garantizan una larga duración.

Las características innovadoras de la tecnología empleada y las prestaciones de trabajo cumplen con todas las necesidades de servicio para la inspección, reparación y mantenimiento de vehículos comerciales e industriales".
(https://es.scribd.com/document/236718007/ELEVADOR-2-COLUMNAS, s.f.)

Figura 7. Elevador electromecánico de cuatro columnas.
(Fuente: (https://images.ssstatic.com/elevador-electrohidraulico-de-4-columnas-con-capacidad-para-4-5-toneladas-5568266z0-10212167.jpg, s.f.))

1.5.5. Elevador de tijeras

"Es ideal para el servicio de neumáticos, frenos, amortiguación y carrocería. El funcionamiento electrohidráulico, con notable reducción del tiempo de ciclo, junto a su elevada altura máxima y capacidad de carga caracterizan a este elevador de última generación, garantizando al usuario la máxima seguridad, utilidad y comodidad de uso". (www.bartolisrl.com/herramientas/elevtijbajaaltura.htm, s.f.)

Figura 8. Elevador de tijeras.
(Fuente: (http://www.restaurandounmini.com/wp-content/uploads/2012/09/elevador_tijera.jpg, s.f.))

Características:

- Sincronización mecánica de los movimientos independientemente de la repartición de carga.
- Pernos de articulación con casquillos auto lubricantes que no necesitan mantenimiento alguno.
- Elevador para talleres, de fácil instalación y empleo.
- Posee válvula de máxima presión que elimina el riesgo de sobrecargas.
- Ausencia de conexiones mecánicas entre las plataformas (máxima operatividad en el área de trabajo).

1.5.6. Elevador de una columna electrohidráulico

El funcionamiento básico es semejante a los otros tipos de elevadores de columnas, destacan características como las que se describen a continuación:

1. Puede ser fijo o transportable.
2. Versatilidad en su operación.
3. Es una buena opción para centros de mantenimiento automotriz que disponen de espacio físico limitado.
4. Si es de tipo transportable, puede utilizarse para realizar mantenimiento a domicilio de automotores, generando comodidad en los propietarios de los vehículos.

El elevador para automotores de una columna es fácil de operar, ocupa poco espacio y es muy versátil; permite levantar objetos pesados sin mucho esfuerzo, ahorra tiempo y energía ya que puede ser colocado en el suelo cuando no se utiliza.

Figura 9. Elevador de una columna.
(Fuente: (https://http2.mlstatic.com/elevador-de-1-columna-movil-25-toneladas-qjym2500y-D_NQ_NP_710111-MLU20456193739_102015-F.jpg, s.f.))

1.6. Partes constitutivas de un elevador de automotores

A continuación, se detalla los elementos principales que conforman los elevadores para automotores:

1.6.1. Doble columna

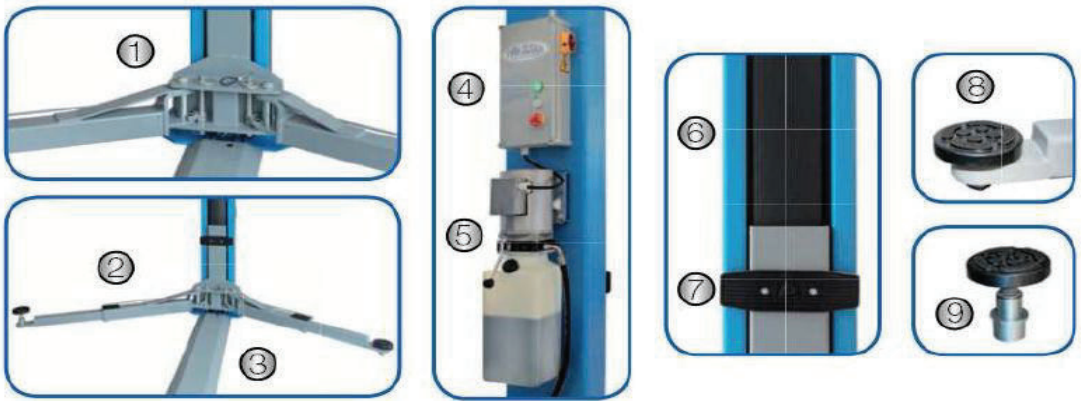


Figura 10. Partes constitutivas de un elevador de autos de doble columna.
(Fuente: (www.twin-shop.de/es/Katalog/Katalog-Spain-30-01-2012.pdf, s.f.))

Detalle:

(1) Bloqueo automático de los brazos de elevación.
(2) Brazos de elevación asimétricos para una apertura amplia.
(3) Base entre columnas.
(4) Tablero de control eléctrico.
(5) Motor eléctrico.
(6) Cubierta de la columna.
(7) Protectores de goma montadas sobre la columna para no dañar los vidrios del automotor.
(8) Platos giratorios ajustables en altura.

1.6.2. Elevador móvil de una columna

Figura 11. Partes constitutivas de un elevador de autos de una columna.
(Fuente: (www.twin-shop.de/es/Katalog/Katalog-Spain-30-01-2012.pdf, s.f.))

Detalle:

(1) Bloqueo de seguridad automático y desbloqueo manual.
(2) Tablero de control eléctrico.
(3) Motor eléctrico.
(4) Palanca para un desplazamiento del equipo.
(5) Platos giratorios ajustables en altura.
(6) Chasis móvil.
(7) Brazos de elevación telescópicos regulables.

1.6.3. Elevador de tijera

Figura 12: Partes constitutivas de un elevador de autos de tijera.
(Fuente: (www.twin-shop.de/es/Katalog/Katalog-Spain-30-01-2012.pdf, s.f.))

Detalle:

(1) Consola.
(2) Platos giratorios (opcionales) para alineación.
(3) En posición de carga.
(4) Rampas de subida.
(5) Rueda libre.

1.6.4. Elevador de cuatro columnas

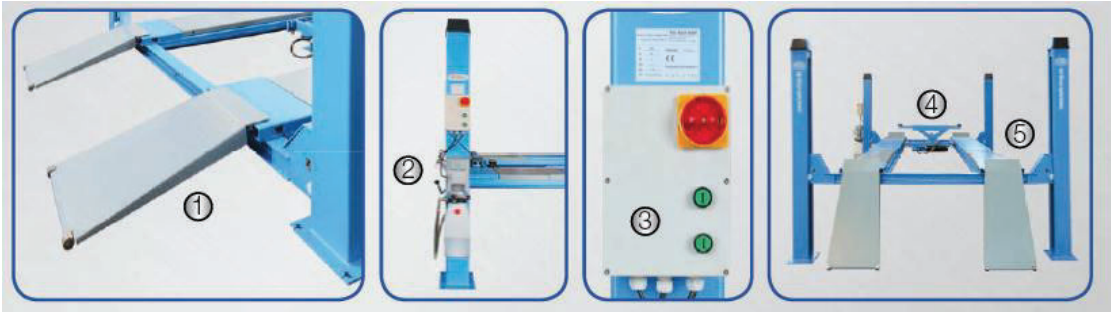


Figura 13. Partes constitutivas de un elevador de autos de cuatro columnas.
(Fuente: (www.twin-shop.de/es/Katalog/Katalog-Spain-30-01-2012.pdf, s.f.))

Detalle:

(1) Rampas de subida.

(2) Motor eléctrico.

(3) Tablero de control eléctrico.

(4) Eje libre.

(5) Pasarelas.

II. ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Una vez descrito los conceptos fundamentales para los elevadores de autos se procederá a elegir la alternativa que se ajuste a los parámetros solicitados por el laboratorio de sistemas automotrices.

2.1.1. Planteamiento de alternativas

Para elegir la alternativa más conveniente para el diseño y posterior fabricación del elevador de autos para el laboratorio de Sistemas Automotrices se aplicará el método de evaluación de soluciones descrito en el libro “Diseño Concurrente” de Carles Riba, donde se especifica:

“En las diferentes etapas del proceso de diseño, después de cada despliegue de alternativas, corresponde hacer una evaluación de las mismas que sirva de base para la posterior toma de decisiones. Estas evaluaciones en general no se centran sobre un determinado elemento, sino que se deben ponderar distintos aspectos del sistema en base a criterios que a menudo implican juicios de valor. (Riba, 2002)

Para tomar una decisión siempre deben estar presentes los dos elementos siguientes:

a) *Alternativas*. Como mínimo se debe disponer de dos alternativas (lo más adecuado es entre 3 y 6) cuyas características deben ser diferentes.

b) *Criterios*. Hay que establecer los criterios en base a los cuales las alternativas deberán ser evaluadas, así como también la ponderación relativa entre ellas.” (Riba, 2002)

Para el caso de estudio:

2.2. Alternativas

2.2.1. Alternativa 1: Cuatro columnas

El automotor se coloca entre las cuatro columnas, cada columna tiene las bases para el automotor. Sistema hidráulico.

- *Ventajas:* Permite levantar grandes pesos, estable.
- *Desventajas:* Fijo, espacio muerto, sistema caro, consumo de energía.

Figura 14. Alternativa 1 Sistema elevador de cuatro columnas.
(Fuente: (https://images.ssstatic.com/elevador-electrohidraulico-de-4-columnas-con-capacidad-para-4-5-toneladas-5568266z0-10212167.jpg, s.f.))

2.2.2. Alternativa 2: Tijera hidráulica

Sistema de elevación del automotor por efecto de dos cilindros hidráulicos. El automotor se posiciona sobre la mesa superior.

- *Ventajas:* Ocupa poco espacio, transportable
- *Desventajas:* Baja altura de trabajo, dos cilindros, disminuye la inspección de los sistemas inferiores.

Figura 15. Alternativa 2 sistema elevador de doble tijera.
(Fuente: (http://www.arreolaequiposyservicios.com/cwpanel/uploads/RLT008.jpg, s.f.))

2.2.3. Alternativa 3: Dos columnas

El automotor se coloca entre las dos columnas, cada columna tiene las bases para el automotor. Sistema hidráulico.

- *Ventajas:* Permite levantar grandes pesos, estable
- *Desventajas:* Fijo, ocupa espacio, doble sistema de elevación, se usa más equipo.

Figura 16. Alternativa 3 sistema elevador de doble columna.
(Fuente: (https://www.equipotaller.es/img_productos/z_QJY230B-E_EQT(1).jpg, s.f.))

2.2.4. Alternativa 4: Una columna

Formado por una columna que soporta el automotor, alimentado por sistema hidráulico potenciado por energía eléctrica

- *Ventajas:* Ahorra espacio, permite una mejor inspección de los sistemas inferiores, usa un solo cilindro, menor tiempo de fabricación.
- *Desventajas:* Cilindro más robusto, sistema más robusto

Figura 17. Alternativa 4 sistema elevador de una columna móvil.
(Fuente: (www.twin-shop.de/es/Katalog/Katalog-Spain-30-01-2012.pdf, s.f.))

2.3. Criterios de selección

Precio. - Bajo costo inicial.

Mantenimiento. - Facilidad de servicio o de reemplazo de componentes; bajos costos de mantenimiento.

Seguridad y Confiabilidad. - "Probabilidad en que un producto realizará su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas, si un producto no es confiable es debido a que no se está tomando algún factor ya sea interno o externo que está afectando el funcionamiento seguro de la misma. Esta es una de las características primordiales que busca el consumidor".
(https://es.scribd.com/document/272967508/Criterios-de-Diseno, s.f.)

Facilidad de Operación y tamaño. - El elevador tiene que disponer de un mando de control fácil de operar ya que el tiempo es un limitante y será manipulado por muchas personas. Con respecto a las dimensiones tendrá que ser compacto ya que el área que se dispone en el laboratorio de Sistemas Automotrices es limitada.

"Hay que considerar de forma global, en todos los métodos de evaluación aparece el problema de la ponderación de criterios. Existen numerosos métodos de evaluación que pueden agruparse en:

- *Métodos ordinales*. El evaluador clasifica por orden las diferentes soluciones alternativas para cada criterio. El inconveniente de estos métodos consiste en la dificultad de integrar los resultados de los distintos criterios en una evaluación global, ya que no es sensible a las ponderaciones de los criterios.

- *Métodos cardinales*. El evaluador debe cuantificar sus juicios en relación a la efectividad de las alternativas y a la importancia de los criterios. Estos métodos facilitan la integración de las evaluaciones parciales en un resultado global, pero a menudo la cuantificación puede resultar arbitraria, especialmente en las etapas iniciales de diseño". (Riba, 2002)

2.4. Método ordinal corregido de criterios ponderados

"La mayor parte de las veces, para decidir entre diversas soluciones (especialmente en la etapa de diseño conceptual) basta conocer el orden de preferencia de su evaluación global. Es por ello que se recomienda el *método ordinal corregido de criterios ponderados* que, sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos.

Se basa en unas tablas donde cada criterio (o solución, para un determinado criterio) se confronta con los restantes criterios (o soluciones) y se asignan los valores siguientes:

1 si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor; >) que el de las columnas.
0,5 si el criterio (o solución) de las filas es equivalente (=) al de las columnas.
0 si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; <) que el de las columnas". (Riba, 2002).

Los criterios de selección para el caso de estudio son los siguientes:

EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DE CADA CRITERIO:

SEGURIDAD > FACILIDAD DE OPERACIÓN > MANTENIMIENTO = PRECIO

CRITERIO	SEGURIDAD	FACILIDAD DE OPERACIÓN	MANTENIMIENTO	PRECIO	Σ+1	PONDERADO
SEGURIDAD		1	1	1	4	0,4
FACILIDAD DE OPERACIÓN	0		1	1	3	0,3
MANTENIMIENTO	0	0		0,5	1,5	0,15
PRECIO	0	0	0,5		1,5	0,15
				SUMA	10	1

Tabla 1. Pesos específicos de criterios de selección.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Luego, para cada criterio (o solución), se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios (o soluciones) al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio (o solución). (Riba, 2002)

2.4.1. Evaluación de los pesos específicos de las distintas soluciones para cada criterio

ALTERNATIVAS:	
1.- Cuatro columnas	A
2.- Tijera hidráulica	B
3.- Dos columnas	C
4.- Una columna	D

Tabla 2. Evaluación de pesos específicos de las soluciones.
(Fuente: Elaborado por los autores)

2.4.2. Evaluación de criterios

1.- SEGURIDAD:

ALTERNATIVA A = ALTERNATIVA B = ALTERNATIVA C = ALTERNATIVA D

ALTERNATIVA	A	B	C	D	Σ+1	PONDERADO
A		0,5	0,5	0,5	2,5	0,25
B	0,5		0,5	0,5	2,5	0,25
C	0,5	0,5		0,5	2,5	0,25
D	0,5	0,5	0,5		2,5	0,25
				SUMA	10	1

2.- FACILIDAD DE OPERACIÓN Y TAMAÑO:

ALTERNATIVA D > ALTERNATIVA B > ALTERNATIVA C > ALTERNATIVA A

ALTERNATIVA	A	B	C	D	Σ+1	PONDERADO
A		0	0	0	1	0,10
B	1		1	0	3	0,30
C	1	0		0	2	0,20
D	1	1	1		4	0,4
				SUMA	10	1

3.- MANTENIMIENTO

ALTERNATIVA B > ALTERNATIVA D > ALTERNATIVA C > ALTERNATIVA A

ALTERNATIVA	A	B	C	D	Σ+1	PONDERADO
A		0	0	0	1	0,10
B	1		1	1	4	0,40
C	1	0		0	2	0,20
D	1	0	1		3	0,30
				SUMA	10	1

4.- PRECIO

ALTERNATIVA D > ALTERNATIVA B > ALTERNATIVA C > ALTERNATIVA A

ALTERNATIVA	A	B	C	D	Σ+1	PONDERADO
A		0	0	0	1	0,10
B	1		1	0	3	0,30
C	1	0		0	2	0,20
D	1	1	1		4	0,40
				SUMA	10	1

Tabla 3. Criterios de Selección.

(Fuente: Elaborado por los autores)

Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio.

TABLA DE CONCLUSIONES:

CONCLUSIÓN:	SEGURIDAD	FACILIDAD DE OPERACIÓN Y TAMAÑO	MANTENIMIENTO	PRECIO	Σ	PRIORIDAD
ALTERNATIVA A	(0,25*0,4)	(0,10*0,3)	(0,10*0,15)	(0,10*0,15)	1,06	4
ALTERNATIVA B	(0,25*0,4)	(0,30*0,3)	(0,40*0,15)	(0,30*0,15)	1,195	2
ALTERNATIVA C	(0,25*0,4)	(0,20*0,3)	(0,20*0,15)	(0,20*0,15)	1,12	3
ALTERNATIVA D	(0,25*0,4)	(0,40*0,3)	(0,30*0,15)	(0,40*0,15)	1,225	1

Tabla 4. Conclusiones.

(Fuente: Elaborado por los autores)

El sistema elevador hidráulico de una columna móvil es un nuevo tipo de elevador de autos, ha sido diseñado de manera razonable y concisa. Al ser un sistema hidráulico proporciona un bajo nivel de ruido y permite que el ascenso y descenso se realicen sin dificultad; la unidad está equipada con un porte y un dispositivo de seguridad contra caídas.

Uso. - el equipo puede ser utilizado para elevar automóviles y camionetas cuyo peso muerto sea menor a 1750 kg, el elevador los ubica a la altura necesaria para su reparación, mantenimiento y limpieza.

2.5. Estructura básica

El sistema está constituido principalmente por una columna, un cilindro hidráulico, unidad de energía hidráulica, porte elevador, mecanismo de seguridad y equipo de bloqueo de la rotación del ángulo del brazo del elevador de fácil manejo.

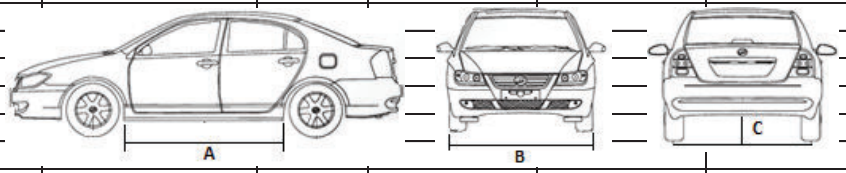
El elevador asciende al pulsar el interruptor que se encuentra en la caja de control y se detiene al soltar el interruptor. Si desea descender el elevador hay que presionar el botón de descenso o desbloqueo de la válvula luego levante la palanca del dispositivo de seguridad y el elevador descenderá por efecto de la gravedad.

El giro del brazo elevador es telescópico y rotativo, se puede ajustar de acuerdo a las necesidades que se presenten con diferentes vehículos.

Los brazos frontales del elevador tienen instalados dispositivos de bloqueo que cuales permiten bloquear automáticamente el ángulo del brazo cuando sea necesario realizar un trabajo.

2.6. Especificaciones técnicas del elevador de autos

A continuación, se detallan las medidas y pesos de los automotores utilizados con más frecuencia dentro del distrito metropolitano, tomando como referencia el auto Chevrolet Épica que posee la Facultad de Ingeniería Mecánica para investigación y prácticas de los futuros profesionales en esta rama.



	Donde:					
	A	Espacio libre interior				
	B	Ancho exterior				
	C	Altura desde el piso al nivel inferior del automotor				
		SPARK	**AVEO EMOTION**	**HYUNDAY TUCSON**	**TOYOTA HYLUX CABINA SIMPLE**	**CHEVROLET EPICA**
	A	1812 mm	2253 mm	2183 mm	2627,8 mm	2450 mm
	B	1460 mm	1698 mm	1820 mm	1805 mm	1800 mm
	C	222 mm	225 mm	300 mm	370 mm	228 mm
	Peso Vacío (kg)	865 kg	1085 kg	1450 kg	1660 kg	1430 kg

Tabla 5. Medidas de automotores.

(Fuente: Elaborado por los autores)

2.7. Requerimientos para el diseño y construcción del elevador de autos de una columna

Se tomará como referencia las medidas y peso del automóvil Chevrolet Epica, el cual servirá para las distintas prácticas de las materias que se impartan dentro de este campo.

- Carga máxima: 1750 Kg

- Altura: 1800 mm
- Espacio libre interior mínimo: 222 mm
- Ancho exterior mínimo: 1460 mm
- Ancho exterior máximo: 1820 mm
- Espacio libre interior mínimo: 1812 mm
- Espacio libre interior máximo: 2627,80 mm

III. DISEÑO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

Una vez seleccionada la alternativa, se procede con el diseño de la misma. Para el diseño del elevador de autos se tomará como referencia la norma ANSI/ALI ALCTV: 2011, “ESTANDAR PARA ELEVADORES DE AUTOMOVILES, REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD PARA CONSTRUCCION, ENSAYOS Y VALIDACION” aprobada el 20 de diciembre del 2011. Y por el ANSI/AISC 360-05 “ESPECIFICACIONES PARA EDIFICIOS DE ACERO ESTRUCTURAL” del 9 de marzo del 2005.

Según ANSI/ALI ALCTV: 2011 página 10, “Todos los materiales estructurales usados en la construcción de elevadores deben ser de características y dimensiones propias para proveer un factor de esfuerzo no menor que tres (3) para metales dúctiles”

En la figura 18 se representan las partes que conforman la alternativa escogida.

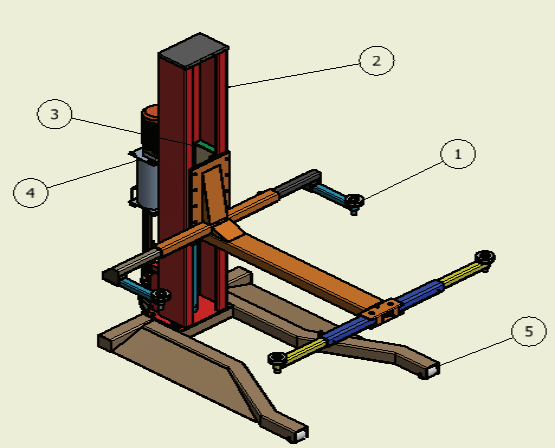


Figura 18. Partes constitutivas de la alternativa seleccionada.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Donde:

1.- Sistema de elevación.
2.- Deslizador.
3.- Columna.
4.- Sistema hidráulico.
5.- Base de transporte.

3.1.1. Diseño del Sistema de Elevación

En la figura 19 se observa los elementos que componen el sistema de elevación.

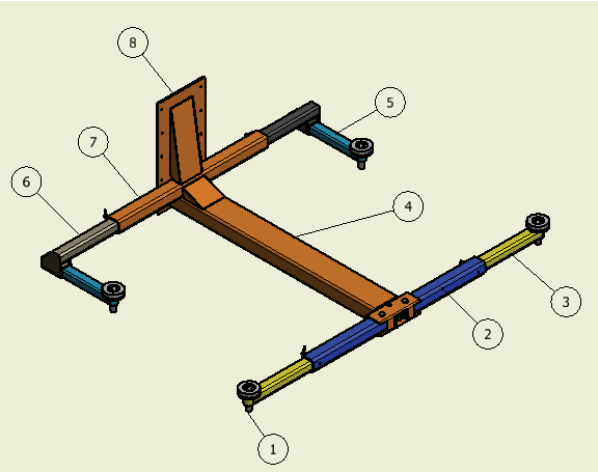


Figura 19. Elementos del sistema de elevación.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Está conformado por estos elementos:

1.- Tornillo soporte de carga
2.- Brazo deslizable frontal
3.- Brazo pivote frontal
4.- Viga principal de elevación
5.- Brazo deslizable transversal posterior
6.- Brazo deslizable longitudinal posterior.
7.- Brazo fijo longitudinal posterior.
8.- Placa de acople del sistema de elevación.

Ahora se procede a dimensionar estos elementos.

3.1.2. Diseño del tornillo soporte de carga

En la mayoría de automotores, el 60% de la carga se concentra en el eje delantero, en el presente caso esta carga corresponde al valor de 1050 kg.

La carga máxima a elevar es 1750 Kg, la misma que se distribuye en cuatro puntos de apoyo en el elevador; en la mayoría de automotores, el 60% de la carga se concentra en el eje delantero, lo que corresponde a 1050 kg, y este a su vez se distribuye en dos apoyos, de tal forma que la carga máxima que actúa sobre cada apoyo es: *Pn* =525 kg, tal como se representa en la figura 20:

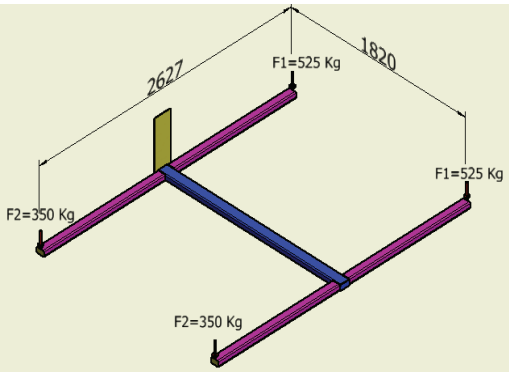


Figura 20. Distribución de cargas en los apoyos del elevador.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Para dimensionar el tornillo se considera el siguiente criterio:

“Un gran número de pruebas a la tensión de varillas roscadas demostró que una varilla sin rosca con diámetro igual a la media del diámetro de paso y al diámetro menor mostrará la misma resistencia a la tensión que la varilla roscada”. (Budynas G. & Nisbett)

Para un elemento sometido a carga de compresión se aplica la siguiente relación:

$$P_n = F_C * A_g \quad (1)\ \text{(ANSI/AISC 360-05, 2005)}$$

Donde:

P_n: Esfuerzo nominal axial [kg]

Fc: Esfuerzo permisible [kg/mm^2]

Ag: Área neta de la sección transversal [mm^2]

El material del tornillo es acero SAE 1018 cuyo esfuerzo a la compresión es:

$Fy = 51\ kg/mm^2$ (Ivan Bohman Cia. Ltda., 2010)

El factor de seguridad es 3, por lo tanto, el esfuerzo permisible es:

$Fc = 17\ kg/mm^2$

Al despejar *Ag* de la ecuación (1) y considerando que la barra es de sección circular se obtiene la siguiente expresión para el radio mínimo de la barra:

$$r_{min} = \sqrt{\frac{P_n}{\pi * F_c}} \qquad (2)$$

Reemplazando valores se tiene que el radio mínimo necesario de la barra es:

$r_{min} = 3{,}13$ mm.

Por facilidad de construcción y maniobrabilidad se considera el diámetro medio del tornillo igual a 30 mm.

Para un tornillo que soporta carga axial es necesario considerar el auto aseguramiento, es decir asegurarse de que el tornillo no gire por efectos de la carga aplicada.
Para tal el efecto se considera la relación: (Budynas G. & Nisbett)

$$\mu > tan\,\lambda \quad (3)$$

Donde =

μ: coeficiente de fricción de la rosca

λ: ángulo de la hélice

Tanto el material del tornillo como el de la tuerca es acero SAE 1018, entonces:

$\mu_{acero\text{-}acero} = 0.15$ (Budynas G. & Nisbett)

Es necesario que el ascenso y descenso del tornillo sea rápido, por lo que se considera que el tornillo será de doble paso y rosca cuadrada, el paso y la profundidad de la rosca se de 2 mm.

Reemplazando los valores se obtiene:

$$\tan \lambda = 0{,}042.$$

Concluyéndose que el tornillo es auto-asegurante.

En la figura 21 se esquematiza la geometría del tornillo.

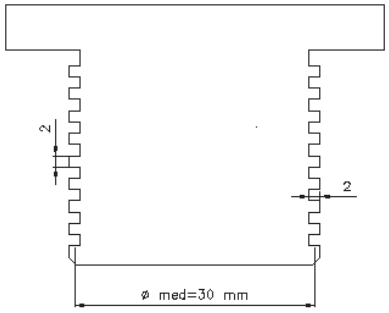


Figura 21. Representación esquemática del tornillo soporte de carga.
(Fuente: Elaborado por los autores)

El peso de cada tornillo soporte es de 1,67 kg.

3.1.3. Diseño del brazo deslizable frontal

El brazo deslizable frontal está sometido al siguiente estado cargas.

Figura 22. Estado de cargas del brazo deslizable frontal.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Los diagramas de fuerza cortante y momento flector del brazo deslizable frontal se indican en las figuras 23 y 24.

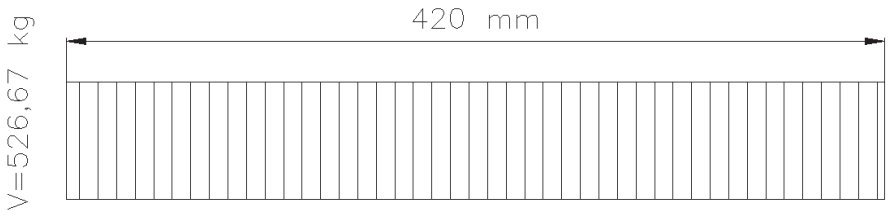


Figura 23. Diagrama de fuerza cortante del brazo deslizable frontal.
(Fuente: Elaborado por los autores)

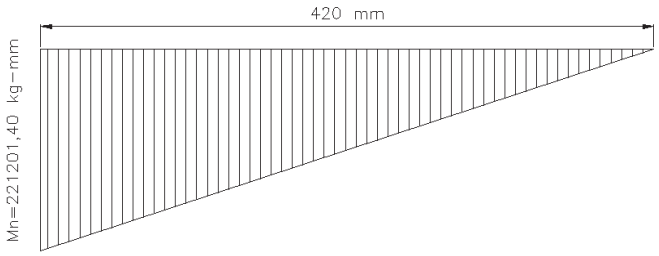
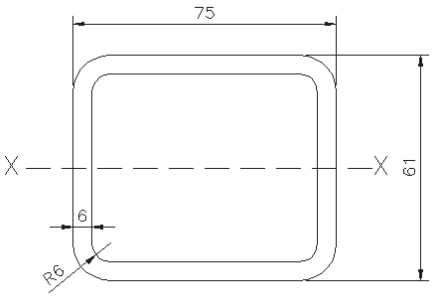


Figura 24. Diagrama de momento flector del brazo deslizable frontal.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Este elemento está sometido a flexión pura, su dimensionamiento se basa en los criterios propuestos por el AISC en el capítulo F:

Se considera un elemento cuya geometría se esquematiza en la figura 25, y para el dimensionamiento de elementos con esta geometría se considera la sección F7 del AISC:



PROPIEDADES FISICAS

A	I_{x-x}	S_{x-x}	I_{y-y}	S_{y-y}
mm^2	mm^4	mm^3	mm^4	mm^3
1395	721410	23652	1001280	26700

Figura 25. Sección del brazo deslizable frontal.
(Fuente: Elaborado por los autores)

De acuerdo con el AISC, página 55, el esfuerzo nominal a flexión debe ser el mínimo valor obtenido tanto para el límite elástico de fluencia como para pandeo local del patín y del alma.

En caso de que el elemento sea compacto no se considera pandeo local del alma ni del patín.

Para determinar si un elemento es compacto se consideran las siguientes relaciones: (ANSI/AISC 360-05, 2005)

Para el patín:

$$\frac{b}{t_f} \leq 1.12\sqrt{\frac{E}{F_y}} \qquad (4)$$

Para el alma:

$$\frac{b}{t_w} \leq 2.42\sqrt{\frac{E}{F_y}} \qquad (5)$$

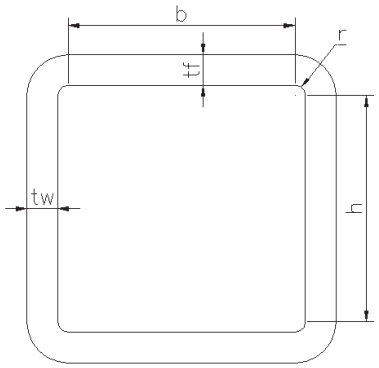


Figura 26. Geometría que considerar para determinar si el elemento es compacto.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Donde:

b, h, t_w y t_f pueden se observa en la figura 26.

E: Módulo de elasticidad del material.

F_y: Esfuerzo a la fluencia del material.

Para el acero:

E= 29000 ksi 20431,86 kg/mm^2 (ANSI/AISC 360-05, 2005)

El material a emplear es acero ASTM grado A-36, cuyo esfuerzo permisible a la fluencia es:

σ_{per} es 36000 psi [25,36 kg/mm^2]

El factor de seguridad es 3, por lo tanto, el esfuerzo permisible es:

F_y = 12000 psi[8,45 kg/mm^2]

Reemplazando los valores en la expresión (4)

$$\frac{b}{t_f} = 8{,}50$$

y $$1.12\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.12\sqrt{\frac{29000000}{12000}} = 55{,}06$$

Entonces el elemento es compacto en el patín.

Reemplazando los valores en la expresión (5)

$$\frac{h}{t_w} = 6.17$$

$$2.42\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.42\sqrt{\frac{29000000}{312000}} = 118{,}97$$

Entonces el elemento es compacto en el alma.

Para un elemento compacto sometido a flexión pura se aplica la siguiente expresión: (ANSI/AISC 360-05, 2005)

(6) $M_n = F_y * Z$

Donde:

$M_{n:}$ Momento nominal a flexión [kg-mm]

Z: Módulo de sección plástico alrededor del eje de flexión [mm^3]

F_y: Esfuerzo permitido a fluencia del material [kg-mm^2]

Despejando Z de la expresión (6) se tiene que el módulo de sección requerido viene dado por:

(7) $Z = \frac{M_n}{F_y}$

Y reemplazando valores se tiene:

$$Z = 26163{,}55 \text{ mm}^3$$

El módulo de sección del perfil del brazo deslizable frontal es:

$$Z_{xx} = 26261{,}44 \text{ mm}^3.$$

Cómo $Z_{xx} > Z$, se escoge el perfil.

El peso de este elemento es 6,39 kg

3.1.4. Diseño del brazo pivote frontal

El brazo pivote frontal está sometido al siguiente estado de cargas.

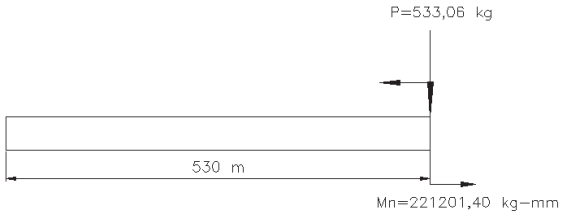


Figura 27. Estado de carga para el brazo pivote frontal.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Y los gráficos de cortante y momento flector se indican en las figuras 28 y 29:

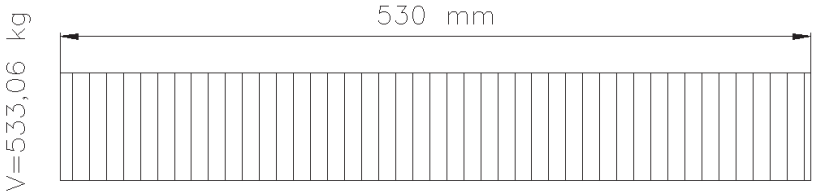


Figura 28. Diagrama de cortante para el brazo pivote frontal.

(Fuente: Elaborado por los autores)

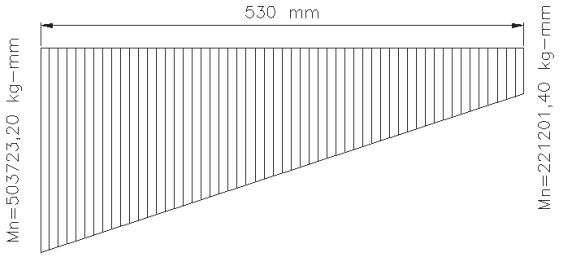
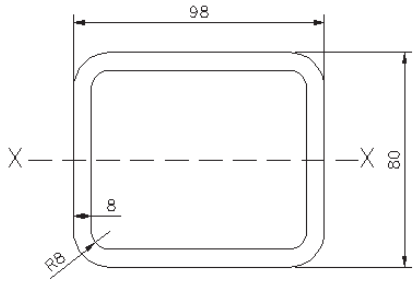


Figura 29. Diagrama de momento flector para el brazo pivote frontal.

(Fuente: Elaborado por los autores)

Se considera un elemento cuyo perfil se indica en la figura 30:



PROPIEDADES FISICAS

A	I_{X-X}	S_{X-X}	I_{Y-Y}	S_{Y-Y}
mm^2	mm^4	mm^3	mm^4	mm^3
2427	2146930	53673	2963340	60476

Figura 30. Sección del brazo deslizable frontal.

(Fuente: Elaborado por los autores)

Este elemento también está sometido a flexión pura, por lo que su análisis es similar al brazo deslizable frontal, párrafo 3.1.3, y de acuerdo con las siguientes consideraciones:

$$\frac{b}{t_f} = 8.25 < 55{,}06$$

Entonces el elemento es compacto en el patín.

$$\frac{h}{t_w} = 6{,}00 < 118{,}97$$

Por lo que el elemento es compacto en el alma.

El módulo de sección requerido es:

$$Z_{req} = 59580{,}04 \text{ mm}^3$$

Y el módulo de sección del perfil propuesto es:

$$Z_{xx} = 59750{,}40 \text{ mm}^3.$$

Cómo $Z_{xx} > Z_{req}$, se escoge el perfil.

El peso de este elemento es 9,0 kg

3.1.5. Diseño de la viga principal de elevación

La viga principal de elevación está sometida a un sistema de cargas combinadas de torsión y flexión. El efecto torsor se genera debido a la diferencia de peso del automotor entre la parte delantera y posterior. El efecto flector lo genera el peso del automotor más el peso propio de los elementos y actuando en la parte frontal de la viga principal de elevación. El sistema de cargas y momento flector se representa en la figura 31.

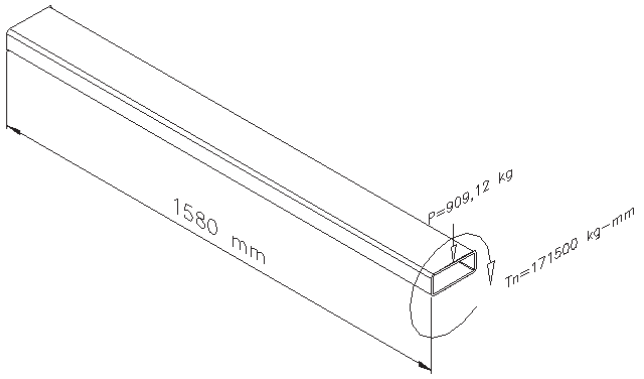


Figura 31. Sistema de cargas de la viga principal de elevación.
(Fuente: Elaborado por el autor)

Los diagramas de cortante, momento flector y momento torsor se representan en las siguientes figuras:

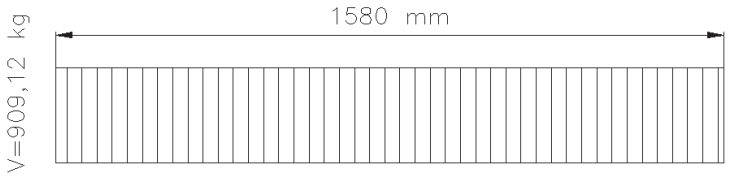


Figura 32. Diagrama de cortante de la viga principal de elevación.

(Fuente: Elaborado por los autores)

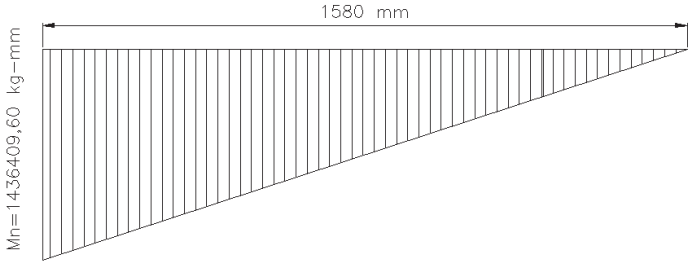


Figura 33. Diagrama de momento flector de la viga principal de elevación.

(Fuente: Elaborado por los autores)

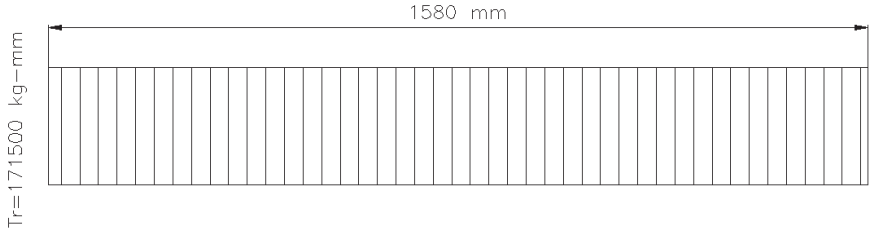
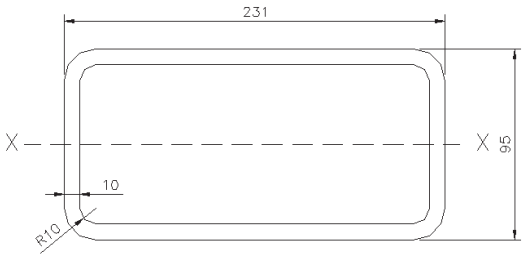


Figura 34. Diagrama de momento torsor de la viga principal de elevación.

(Fuente: Elaborado por los autores)

Se considera un elemento de material ASTM A-36 cuya sección transversal se indica en la figura 35:



PROPIEDADES FISICAS

A	I_{X-X}	S_{X-X}	I_{Y-Y}	S_{Y-Y}
mm^2	mm^4	mm^3	mm^4	mm^3
5862	8553380	180071	35550160	307793

Figura 35. Geometría de la viga principal de elevación.

(Fuente: Elaborado por los autores)

El AISC, sección H3 párrafo 2 indica el proceso de diseño para tubería rectangular.

Para este caso:

Momento requerido T_r = 171500 kg-mm

El momento torsor permisible viene dado por:

$$T_c = \emptyset_T * T_n \quad (5)$$ (ANSI/AISC 360-05, 2005)

Donde:

T_c : momento torsor permisible

Φ_T : Factor de resistencia a la torsión

T_n : momento torsor nominal.

Para este caso: Φ_T = 0,9 (ANSI/AISC 360-05, 2005)

El momento torsor nominal T_n viene dado por:

$$T_n = F_{cr} * C \quad (6)$$ (ANSI/AISC 360-05, 2005)

Donde:

T_n : Momento torsor nominal kg-mm.

F_{cr} : Esfuerzo crítico kg/mm^2

C: Constante torsional.

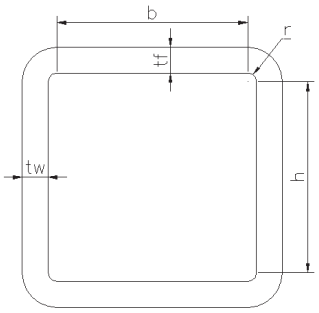


Figura 36. Parámetros de perfil.

(Fuente: Elaborado por los autores)

Para determinar los valores se consideran las relaciones indicadas en la página 75 de la AISC y considerando la figura 35, a saber:

$$\frac{h}{t} = 5{,}50$$

$$2.45\sqrt{\frac{E}{F_y}} = \ 120{,}44 \qquad (4)$$

Por lo tanto F_{cr} = 0,6 * F_y = 5,07 kg/mm^2

La constante torsional C se calcula de acuerdo a la siguiente relación:

$$(9)\ C = 2(B-t)(H-t)t - 4.5(4-\pi)t^3$$

Donde:

B: Ancho exterior mm

t: Espesor el elemento mm

H: altura exterior mm

Reemplazando valores en la ecuación 9, se tiene:

C=371837,17 mm^3

Reemplazando valores en la ecuación 6, se tiene:

T_n = 1886232,31 kg-mm

Y:

T_c = 1697609,08 kg-mm

Como T_r<20% de T_c, y de acuerdo al AISC, página 75 se procede a diseñar la viga principal como si estuviera sometida a flexión pura

.

Realizando el análisis similar de un elemento sometido a flexión, indicado en la sección 3.1.4; se tienen los siguientes resultados:

$$\frac{b}{t_f} = 19.10 < 55{,}06$$

Entonces el elemento es compacto en el patín.

$$\frac{h}{t_w} = 5{,}50 < 120{,}44$$

Entonces el elemento es compacto en el alma.

El módulo de sección requerido es:

$$Z_{req}=169897,57\ mm^3$$

El módulo de sección del perfil es:

$$Z_{xx}=191294,74\ mm^3$$

Entonces el perfil propuesto cumple.

El peso de este elemento es 76,00 kg.

3.1.6. Diseño del brazo deslizable transversal posterior

El brazo deslizable transversal posterior está sometido al estado de cargas que se muestra en la figura 37.

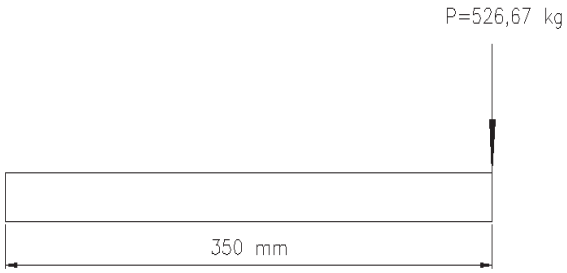


Figura 37. Estado de cargas del brazo deslizable transversal posterior.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Los gráficos de fuerza cortante y momento flector se indican en las figuras 38 y 39:

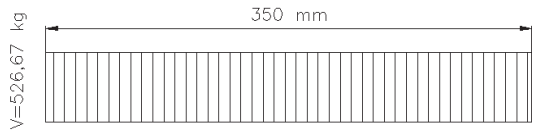


Figura 38. Diagrama de fuerza cortante del brazo deslizable transversal posterior.
(Fuente: Elaborado por los autores)

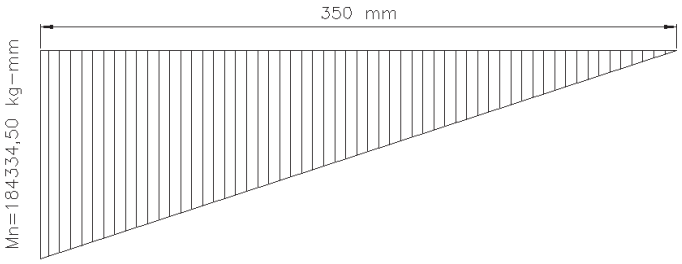
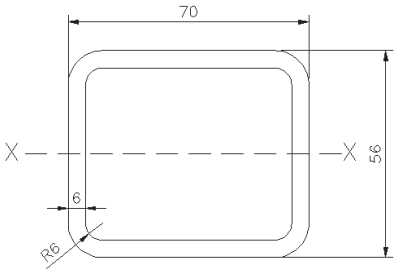


Figura 39. Diagrama de momento flector del brazo deslizable transversal posterior.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Se utiliza un elemento con la siguiente geometría indicada en la figura 40:



PROPIEDADES FISICAS

A	I_{X-X}	S_{X-X}	I_{Y-Y}	S_{Y-Y}
mm^2	mm^4	mm^3	mm^4	mm^3
1275	546170	19506	779300	22266

Figura 40. Geometría del brazo deslizable transversal posterior.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Realizando el análisis similar de un elemento sometido a flexión, indicado en la sección 3.1.4; se tienen los siguientes resultados:

$$\frac{b}{t_f} = 7.67 < 55{,}06$$

Entonces el elemento es compacto en el patín.

$$\frac{h}{t_w} = 5{,}33 < 118{,}974$$

Entonces el elemento es compacto en el alma.

El módulo de sección requerido es:

$$Z_{req} = 21802{,}96\ mm^3$$

El módulo de sección del perfil es:

$$Z_{xx}= 21882{,}29\ mm^3$$

Entonces el perfil propuesto cumple.

El peso de este elemento es 5,90.

3.1.7. Diseño del brazo deslizable longitudinal posterior

El brazo deslizable longitudinal posterior está sometido a un sistema combinado de cargas de flexión y torsión, y se representa gráficamente en la figura 41:

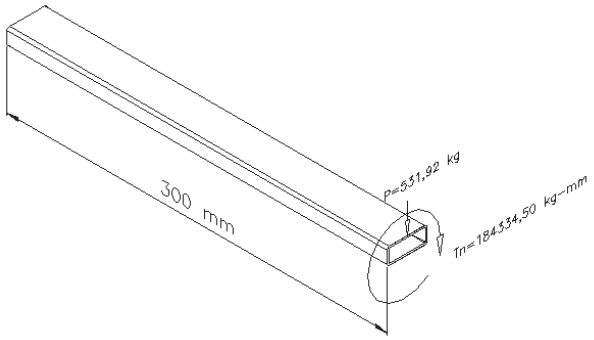


Figura 41. Estado de cargas del brazo deslizable longitudinal posterior.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Los diagramas de fuerza cortante, momento flector y momento torsor se indican en las siguientes figuras 42, 43 y 44:

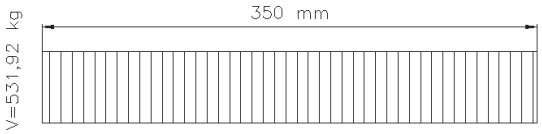


Figura 42. Diagrama de fuerza cortante del brazo deslizable longitudinal posterior.
(Fuente: Elaborado por los autores)

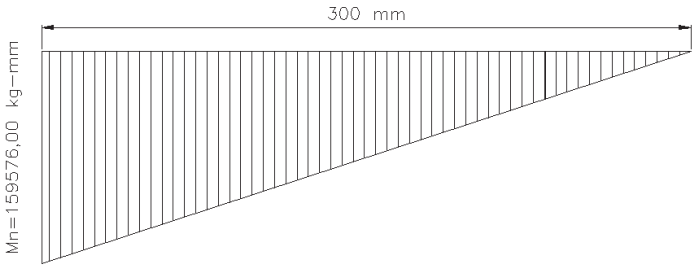


Figura 43. Diagrama de momento flector del brazo deslizable longitudinal posterior.
(Fuente: Elaborado por los autores)

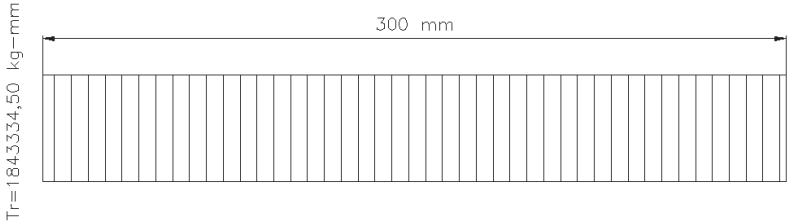
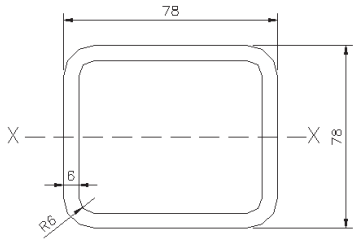


Figura 44. Diagrama de momento torsor del brazo deslizable longitudinal posterior.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Se considera un elemento cuya sección transversal se indica en la figura 45:



PROPIEDADES FISICAS

A	I_{X-X}	S_{X-X}	I_{Y-Y}	S_{Y-Y}
mm^2	mm^4	mm^3	mm^4	mm^3
1635	1370830	35149	1370830	35149

Figura 45. Sección transversal del brazo deslizable transversal posterior.
(Fuente: Elaborado por los autores)

El método de análisis de este elemento será igual al descrito en la sección 4, con los siguientes resultados.

$$\frac{h}{t} = 9{,}0$$

$$2.45\sqrt{\frac{E}{F_y}} = \ 120{,}44 \qquad (4)$$

Por lo tanto, F_{cr} = 0,6 * F_y = 5,07 kg/mm^2

C=61373,63 mm^3

Reemplazando valores en la ecuación, se tiene:

T_n= 311332,30 kg-mm

Y:

T_c=0,9*T_n = 280199,07 kg-mm

0,20* T_c = 56039,81 kg-mm

Como 0,2*T_c es menor que T_r, entonces no se desprecia el efecto del momento torsor.
Un elemento sometido a esfuerzos combinados de flexión y torsión debe satisfacer la siguiente desigualdad: (ANSI/AISC 360-05, 2005)

$$(7)\ \left(\frac{M_r}{M_c}\right) + \left(\frac{T_r}{T_c}\right)^2 \leq 1.0$$

Donde:
M_r: Momento flector requerido [kg-mm]
M_c: Φ_b * M_n, momento flector de diseño de acuerdo a capítulo F [kg-mm]
T_r: Momento torsor requerido [kg-mm]
T_c: Φ_T * T_n, Momento torsor de diseño de acuerdo a sección H 3.1 [kg-mm]
El análisis flexión será el mismo empleado en los casos anteriores, entonces:

$$\frac{b}{t_f} = 9{,}00 < 55{,}06$$

Entonces el elemento es compacto en el patín.

$$\frac{h}{t_w} = 9{,}00 < 120{,}44$$

Entonces el elemento es compacto en el alma.

De la ecuación (6):

$$M_n = F_y * Z$$

El material es acero ASTM A-36, y si se considera el factor de seguridad de 3, explicado antes, entonces el valor de resistencia a la fluencia es:

$$F_y = 8{,}45 \text{ kg/mm}^2$$

Y el módulo de sección del elemento es:

$$Z = 38547{,}69 \text{ mm}^3$$

Reemplazando los valores se tiene:

$$M_n = 325903{,}87 \text{ kg-mm}$$

Para flexión: $\Phi_b = 0.9$

Entonces:

$$M_c = 293313{,}48 \text{ kg-mm}$$

Reemplazando los valores correspondientes en la ecuación 7 se tiene que 0,98<1. Entonces el perfil propuesto cumple. El peso de este perfil es de 8,00 kg.

3.1.8. Diseño del brazo fijo longitudinal posterior

El brazo fijo longitudinal posterior está sometido al estado de cargas que se muestra en la figura 46.

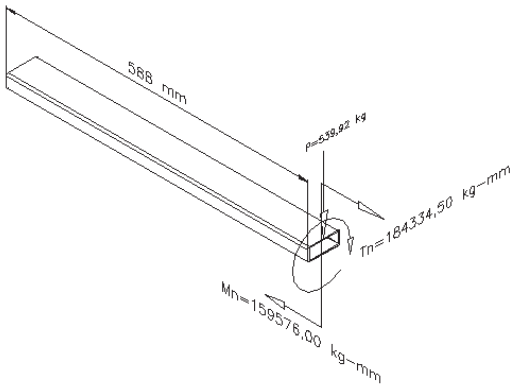


Figura 46. Estado de cargas del brazo fijo longitudinal posterior.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Los diagramas de fuerza cortante, momento flector y momento torsor se indican en la siguiente figura

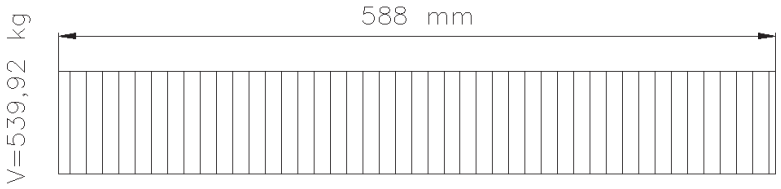


Figura 47. Diagrama de fuerza cortante para el brazo fijo longitudinal posterior.
(Fuente: Elaborado por los autores)

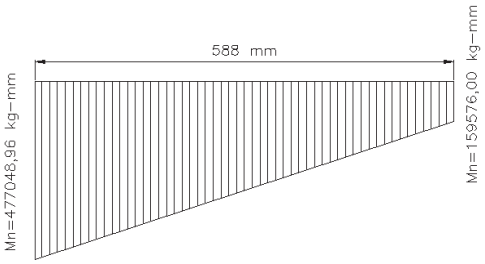


Figura 48. Diagrama de momento flector del brazo fijo longitudinal posterior.
(Fuente: Elaborado por los autores)

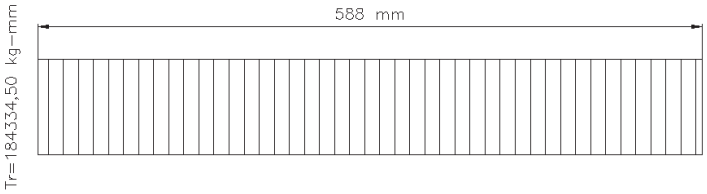
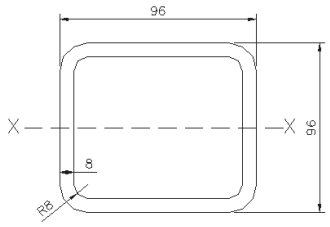


Figura 49. Diagrama de momento torsor para el brazo fijo longitudinal posterior.
(Fuente: Elaborado por los autores)

El material a fabricar es acero ASTM A-36 con factor de seguridad a la fluencia de 3, y la geometría a considerar se muestra en la figura 50.



PROPIEDADES FISICAS

A	I_{X-X}	S_{X-X}	I_{Y-Y}	S_{Y-Y}
mm^2	mm^4	mm^3	mm^4	mm^3
2651	3309420	68946	3309420	68946

Figura 50. Sección transversal del brazo fijo longitudinal posterior.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Este elemento está sometido a un sistema combinado de cargas por lo que el dimensionamiento será similar al descrito en el párrafo 6, y se detalla a continuación.

$$\frac{h}{t} = 8{,}00 < 120{,}44$$

Por lo tanto, F_{cr} = 0,6 * F_y = 5,07 kg/mm^2

C = 121926,23 mm^3

Reemplazando valores:

T_n= 618499,75 kg-mm

T_c=0,9*T_n = 556649,77 kg-mm

0,20* T_c = 111329,95 kg-mm

Como 0,2*T_c es menor que T_r, entonces no se desprecia el efecto del momento torsor, por lo que es necesario considerar el efecto del momento torsor y debe satisfacer la siguiente desigualdad: (ANSI/AISC 360-05, 2005)

$$(7)\ \left(\frac{M_r}{M_c}\right) + \left(\frac{T_r}{T_c}\right)^2 \leq 1.0$$

El análisis flexión será el mismo empleado en los casos anteriores, entonces:

$$\frac{b}{t_f} = 8{,}00 < 55{,}06$$

Entonces el elemento es compacto en el patín.

$$\frac{h}{t_w} = 8{,}00 < 120{,}44$$

Entonces el elemento es compacto en el alma.
Y el módulo de sección del elemento es:

$$Z = 76344{,}89 \text{ mm}^3$$

Reemplazando los valores se tiene:

$$M_n = 645462{,}62 \text{ kg-mm}$$

Para flexión: $\Phi_b = 0.9$
Entonces:

$$M_c = 580916{,}36 \text{ kg-mm}$$

Reemplazando los valores en la ecuación 7 se tiene que 0,93 < 1.
Entonces el perfil propuesto cumple. El peso de este perfil es de: 13.00 kg.

3.1.9. Diseño de la placa soporte del sistema de elevación

El diseño de esta placa se realizará empleando el método de elementos finitos.
El peso del conjunto indicado es de 190,00 kg.

3.1.10. Deslizador

El deslizador es el elemento que sirve de unión entre el sistema de elevación y la columna, se representa en la figura 51.

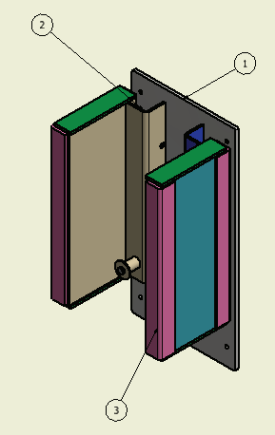


Figura 51. Deslizador.
(Fuente: Elaborado por los autores)

1.- Placa soporte
2.- Soporte barra de duralón.
3.- Barra de duralón.

La placa soporte tiene las mismas dimensiones que la placa soporte del sistema de elevación dimensionada en la parte 3.1.9.

El soporte de la barra de duralón permite alojar en su interior las barras de duralón.
Las barras de duralón son los elementos que se deslizan sobre los cuatro vértices de la columna y están colocadas en cada esquina del soporte.

El peso del conjunto es de 58 kg.

3.1.11. Dimensionamiento de la columna

En la figura 52 se indica la forma de la columna

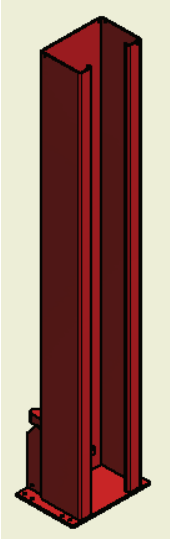


Figura 52. Columna.

(Fuente: Elaborado por los autores)

El estado de cargas al que está sometida la columna se representa en la figura 53:

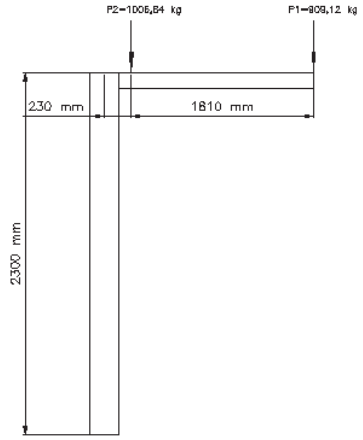


Figura 53. Diagrama de cargas de la columna.

(Fuente: Elaborado por los autores)

Donde:

"P_1 es el resultado de la suma del peso a elevar más el peso propio de brazos frontales y aplicados en la parte frontal de la viga principal de elevación.

P_2 es el resultado de sumar el peso a elevar más el peso propio de los brazos posteriores incluido el peso propio de la viga principal de elevación aplicada en la parte posterior de ésta.

Las distancias indicadas son aquellas en las que actúan las cargas.
Este es un caso particular de una columna sometida a carga axial excéntrica y para su dimensionamiento se utilizará el método de la secante". (Gere M & Timoshenko P, 1986)

El momento es el resultado del momento de la fuerza P_1 más el efecto del momento de la fuerza P_2:

M = 2086178,00 kg-mm

Para aplicar el método de la secante en columnas con carga axial excéntrica se reemplaza las dos cargas por una carga equivalente separada una distancia "x".
La distancia "x" se calcula de la siguiente manera:

$$x = \frac{M}{P}$$

Donde:

M:	Momento total	[kg-m]
P:	Carga total	[kg]

Remplazando los valores se tiene:

X = 1088,84 mm

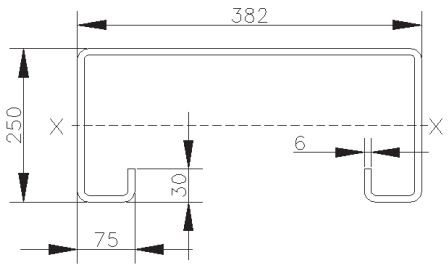
La ecuación de la secante viene dada por: (Gere M & Timoshenko P, 1986)

$$\sigma_{max} = \frac{P}{A}\left[1 + \frac{e * A}{S} * \sec\left(\frac{L}{2 * r}\sqrt{\frac{P}{E * A}}\right)\right]$$

Donde:

σ_{max} :	Esfuerzo de compresión máximo en la columna [kg/mm^2]
P:	Carga [kg]
A:	Area de la sección transversal del elemento [mm$^{2]}$
e:	Distancia al punto de aplicación de la carga [mm]
L:	Longitud del elemento [mm]
r:	Radio de giro del elemento [mm]
E:	Módulo de elasticidad del material [kg/mm^2].
S:	Módulo de sección [mm^3].

El material a utilizarse es acero ASTMA-36, y el perfil de la sección transversal del elemento se muestra en la siguiente figura:



A	I_{x-x}	S_{x-x}	I_{y-y}	S_{y-y}
mm^2	mm^4	mm^3	mm^4	mm^3
6336	59376140	416919,92	159759890	836439

Figura 54. Sección del cuerpo de la columna.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Para esta sección se tiene:

A= 6336,00 mm^2
S= 416919,92 mm^3
r = 98,33 mm
e = 1088,44 mm
L = 2300 mm

Reemplazando los valores correspondientes en la ecuación, se tiene que:

$\sigma_{máx}$ = 5,31 kg/mm^2

Cómo $\sigma_{máx} < \sigma_{per}$, el elemento resiste, y el factor de seguridad es 4,78.

El peso de la columna es 120,00 [kg].

3.1.12. Diseño de la placa soporte del sistema de elevación

El método analítico generalmente empleado para dimensionar placas metálicas de soporte de columnas está más enfocado a analizar placas asentadas sobre una base de hormigón, el mismo que genera una presión que actúa sobre la placa metálica, por lo que se considera que no es apropiado utilizar este tipo de análisis matemático para dimensionar la placa soporte del elevador.

Para el análisis por elementos finitos del comportamiento de la columna se hará uso del módulo Stress Analysis del programa AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2017, el

cual permite un análisis pormenorizado de los principales esfuerzos presentes en el objeto a analizar.

Para la realización de la simulación se deberá seguir los siguientes pasos, enunciados a continuación:

3.1.12.1. Generación del modelo

La geometría del modelo a analizar ha sido generada en el mismo programa y se realizó como un único cuerpo, es decir, los elementos que conforman la columna principal tales como: perfil de columna, deslizador y placa base, no poseen diferenciación de partes en el programa. La geometría del modelo queda de la siguiente manera:

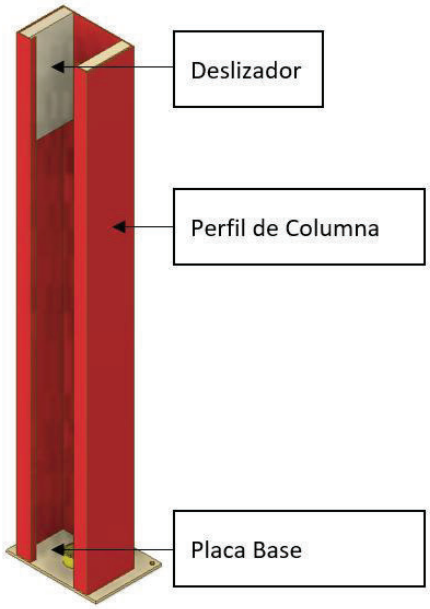


Figura 55. Representación esquemática del conjunto columna principal.
(Fuente: Elaborado por los autores)

3.1.12.2. Definición de parámetros de la simulación

En este apartado se especifica el tipo de análisis que se realizará sobre el objeto, en este caso, Análisis Estático (Static Analysis). Además, se puede definir la forma de como el programa interpreta los contactos entre cuerpos y crear restricciones de partes automáticamente, se deja marcadas las opciones por defecto.

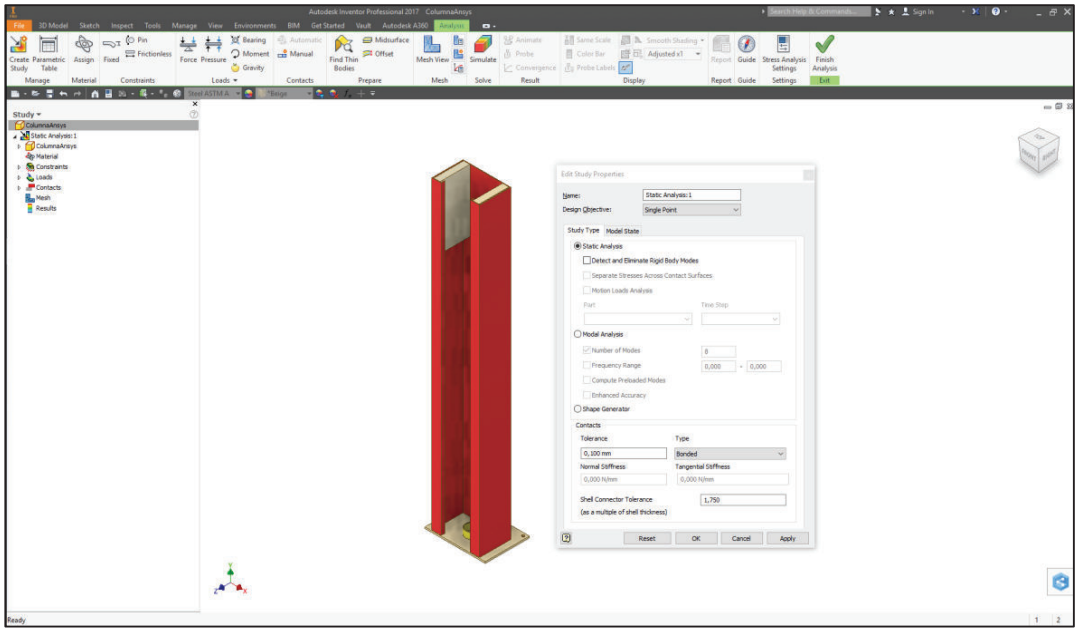


Figura 56. Parámetros de la simulación.
(Fuente: Elaborado por los autores)

3.1.12.3. Asignación de materiales

Como material se asignará un Acero Estructural ASTM A36, el mismo que posee las siguientes propiedades mecánicas detalladas a continuación:

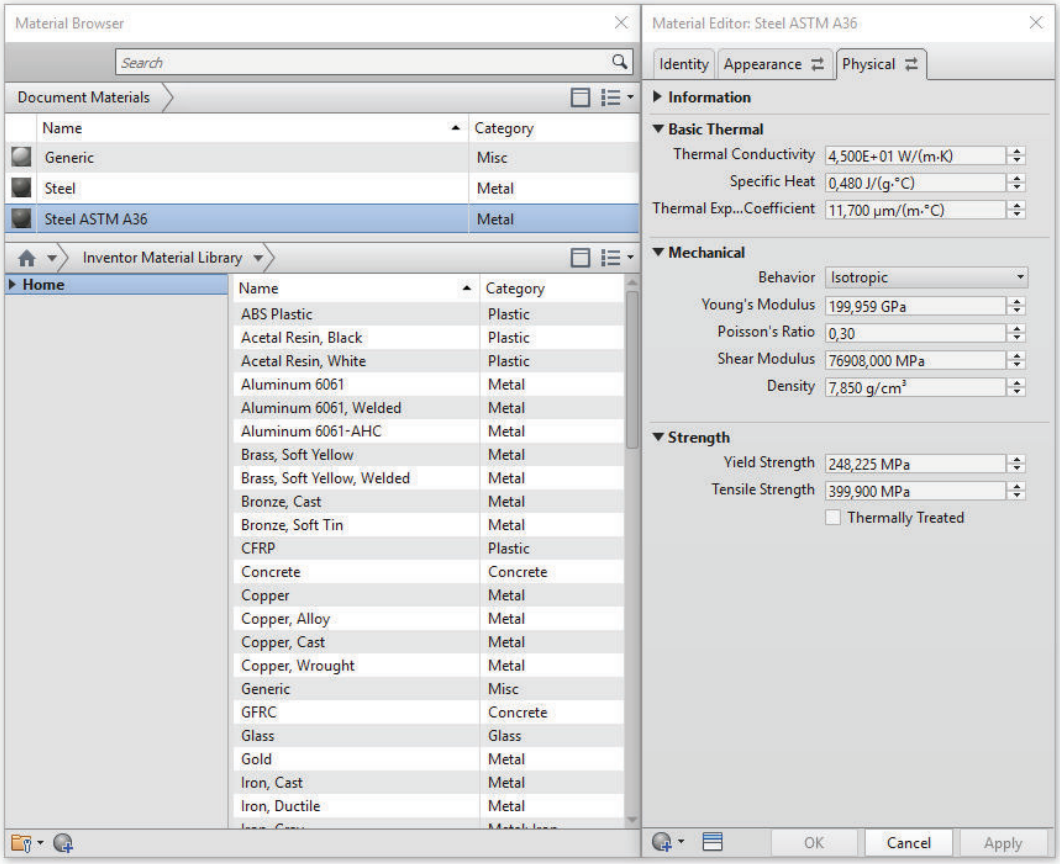


Figura 57. Asignación del material.

(Fuente: Elaborado por los autores)

3.1.12.4. Asignación de restricciones

Se asignarán los siguientes tipos de restricciones sobre el objeto:

- **Restricciones de desplazamiento normal**

Este tipo de restricción no permite el desplazamiento en la dirección normal al plano seleccionado, pero permite los desplazamientos a lo largo y ancho del mismo.

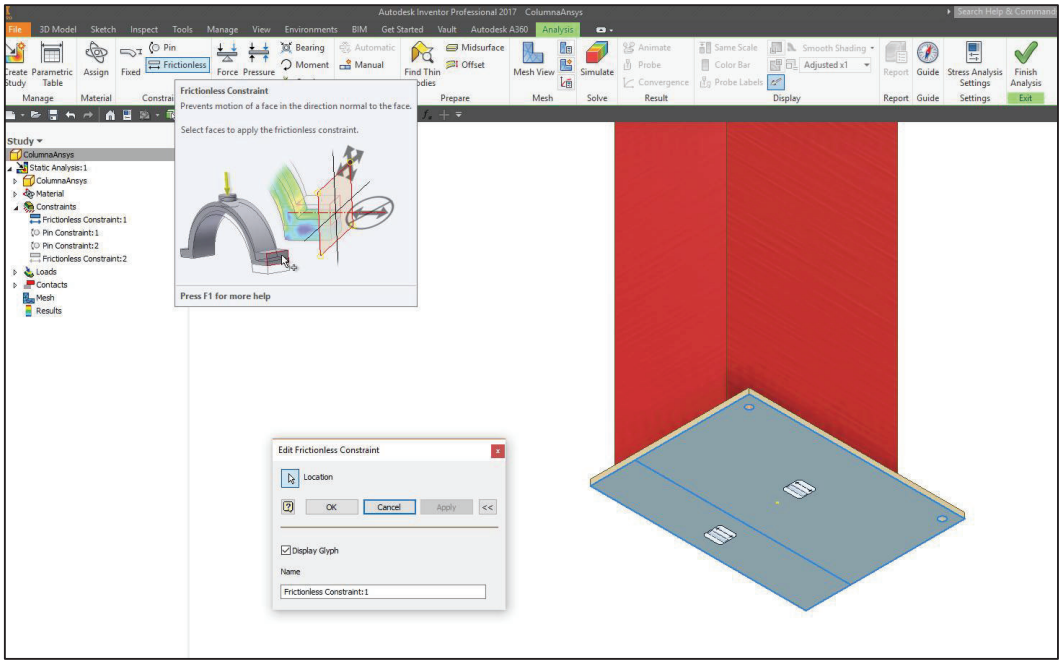


Figura 58. Asignación de restricción de desplazamiento normal de cara inferior de placa base.

(Fuente: Elaborado por los autores)

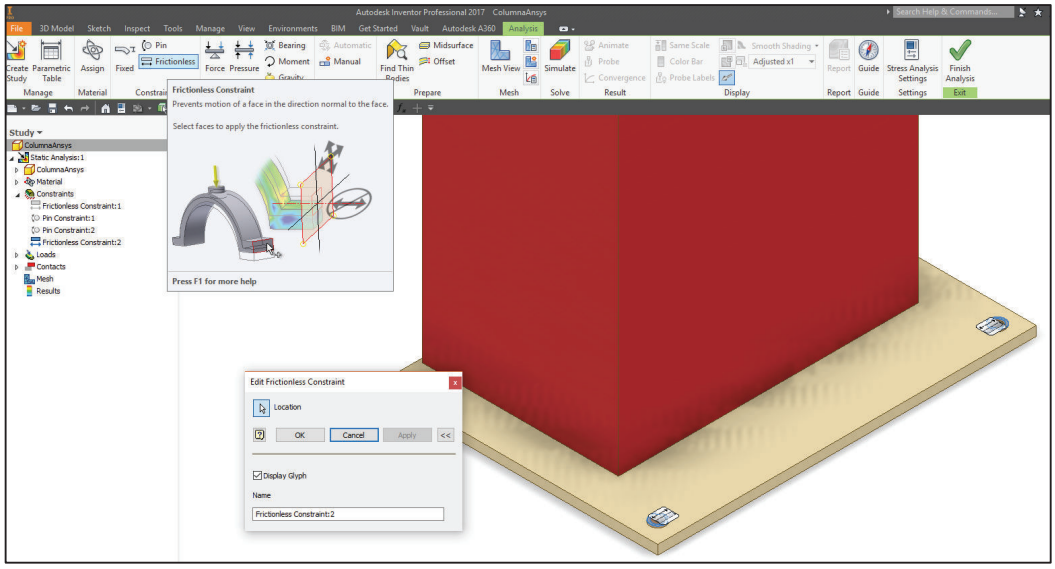


Figura 59. Asignación de restricción de desplazamiento normal de caras de arandelas.

(Fuente: Elaborado por los autores)

- **Restricciones de fijación axial**

Este tipo de restricción fija la posición axial de la superficie cilíndrica seleccionada, pero permite el desplazamiento a lo largo de la dirección axial.

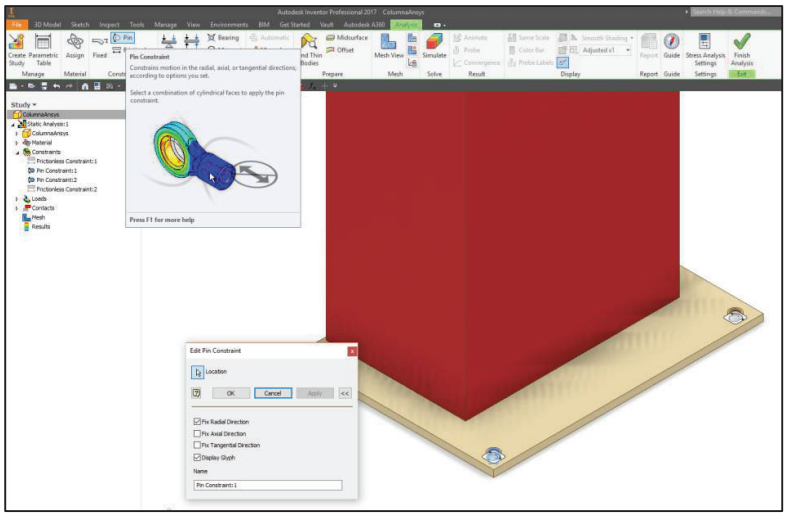


Figura 60. Asignación de restricción de fijación axial sobre alojamientos de pernos de fijación.

(Fuente: Elaborado por los autores)

3.1.12.5. Asignación de cargas

- Cargas de Momento

Se asignará el momento $M = 2086178{,}00\ kgf * mm$, en este caso, es necesario ingresar el valor en $N * mm$, por lo cual se tiene $M = 20458400\ N * mm$. El momento actuará sobre las caras interiores del deslizador como se muestra en la figura

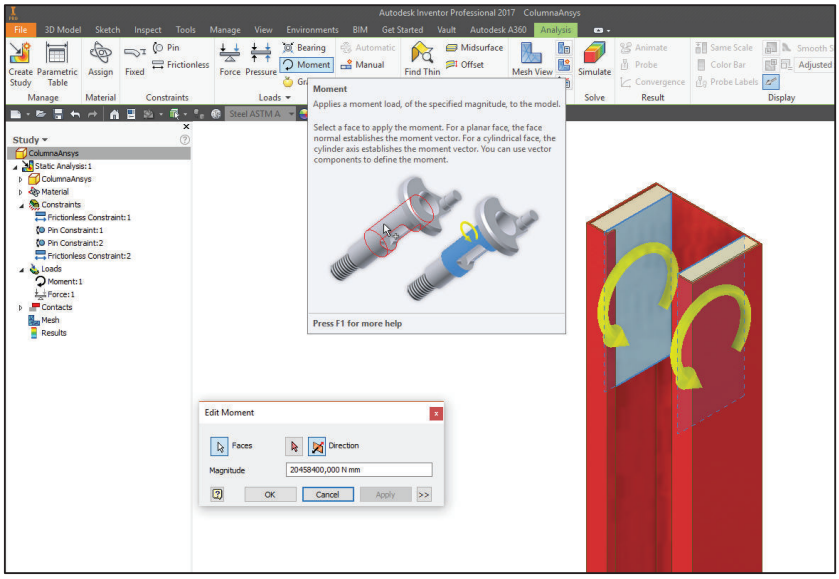


Figura 61. Carga de momento sobre caras de deslizador.

(Fuente: Elaborado por los autores)

- **Carga de fuerza**

Se asignará la carga $P = 3835{,}92\ kgf$, en este caso, es necesario ingresar el valor en N, por lo cual se tiene $P = 37617{,}5\ N$. La carga actuará sobre la cara interior del cilindro como se muestra en la figura

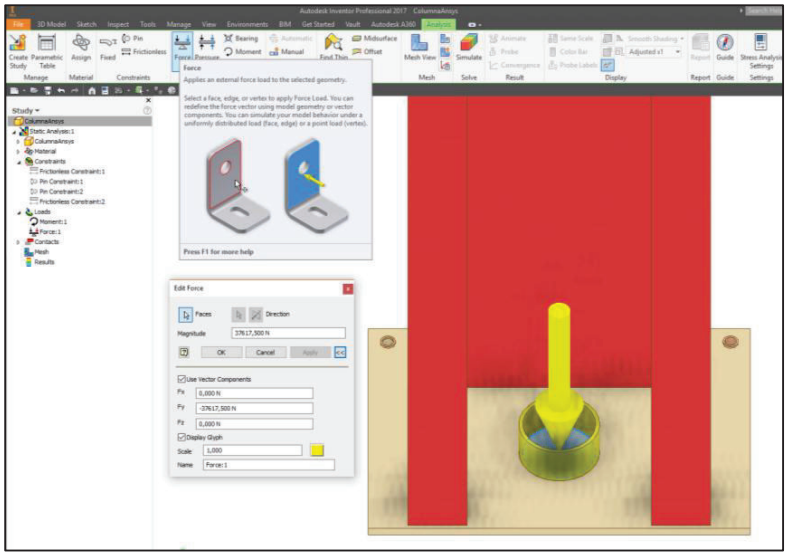


Figura 62. Carga sobre cara interior del cilindro.

(Fuente: Elaborado por los autores)

3.1.12.6. Creación de malla

El método de mallado será por default, ya que luego se procederá a realizar un análisis de convergencia.

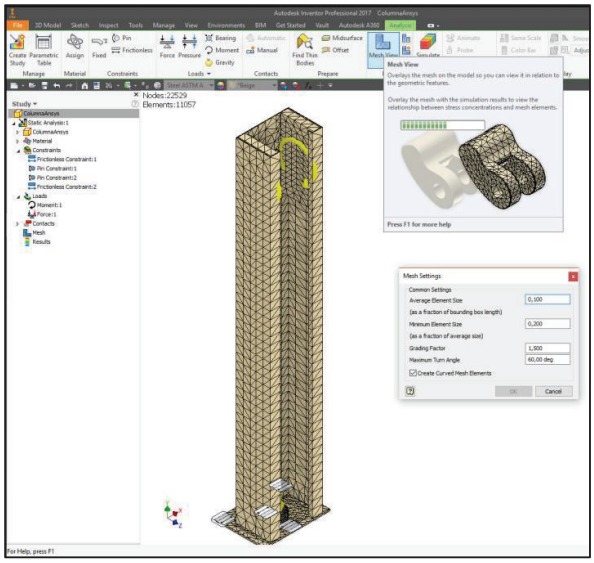


Figura 63. Generación de malla.
(Fuente: Elaborado por los autores)

3.1.12.7. Visualización preliminar de resultados

- **Esfuerzos Von Misses**

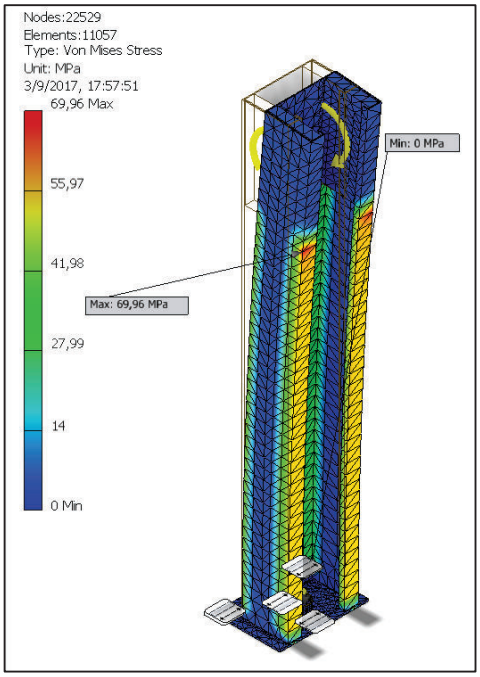


Figura 64. Resultado preliminar de esfuerzos Von Misses.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Se puede observar un esfuerzo máximo de 69,96 MPa con 11057 elementos y 22509 nodos.

- **Desplazamientos**

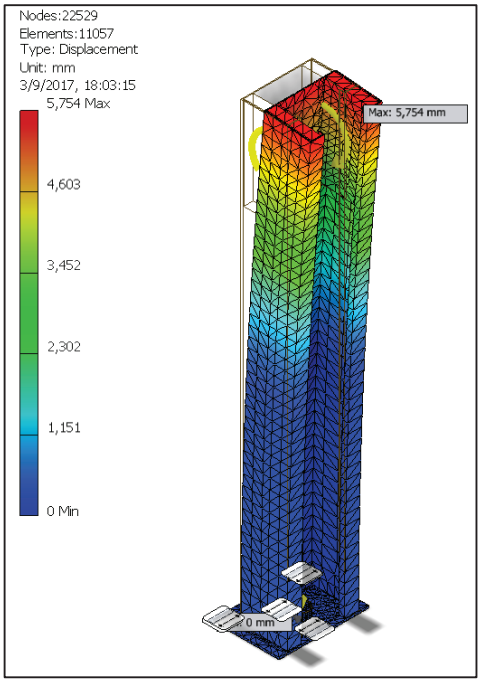
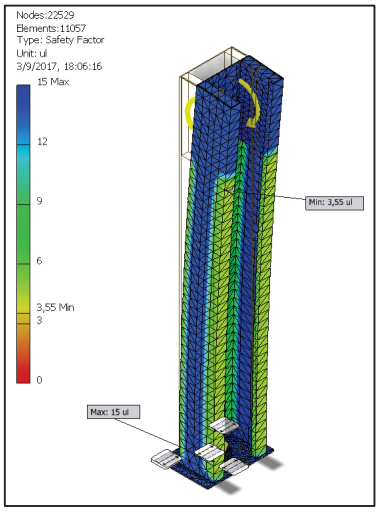


Figura 65. Resultado preliminar de Desplazamientos.

(Fuente: Elaborado por los autores)

El desplazamiento máximo es 5,754 mm.

- **Factor de Seguridad**



-

Figura 66. Resultado preliminar de factor de seguridad.

(Fuente: Elaborado por los autores)

El factor de seguridad mínimo es 3,55.

3.1.12.8. Convergencia de resultados

- **Parámetros de convergencia**

Luego de varias iteraciones se observó un patrón irregular en la variación alrededor del máximo Esfuerzo Von Misses, sin embargo, se llegó a su estabilización aplicando los siguientes parámetros de convergencia.

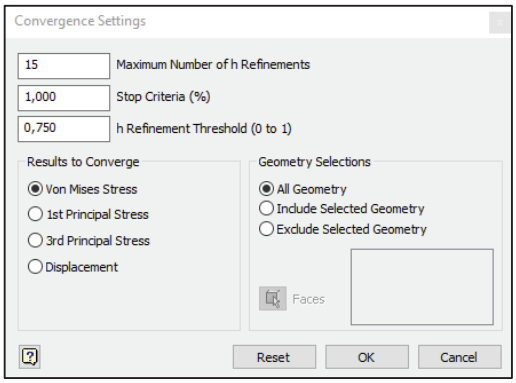


Figura 67. Parámetros de convergencia.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Donde el primer valor indique el máximo número de refinamientos a realizarse, el segundo indica el porcentaje de variación que debe cumplirse para detener la iteración entre la última y penúltima refinación, y la tercera indica la disminución del tamaño de la malla respecto a la anterior refinación.

3.1.12.9. Convergencia Von Misses

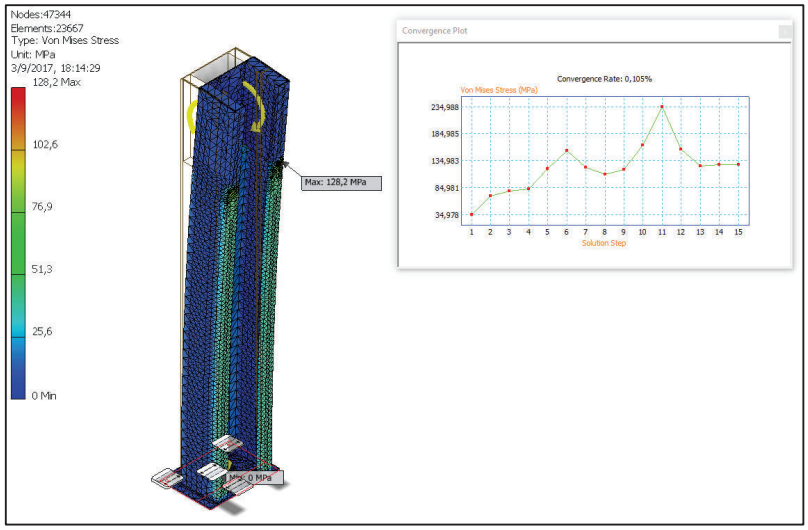


Figura 68. Convergencia Von Misses.

(Fuente: Elaborado por los autores)

La convergencia de los resultados para Esfuerzos Von Mises se alcanza con 47344 Nodos, 23667 Elementos, y se estabiliza en 128,2 MPa.

3.1.12.9. Convergencia Desplazamientos

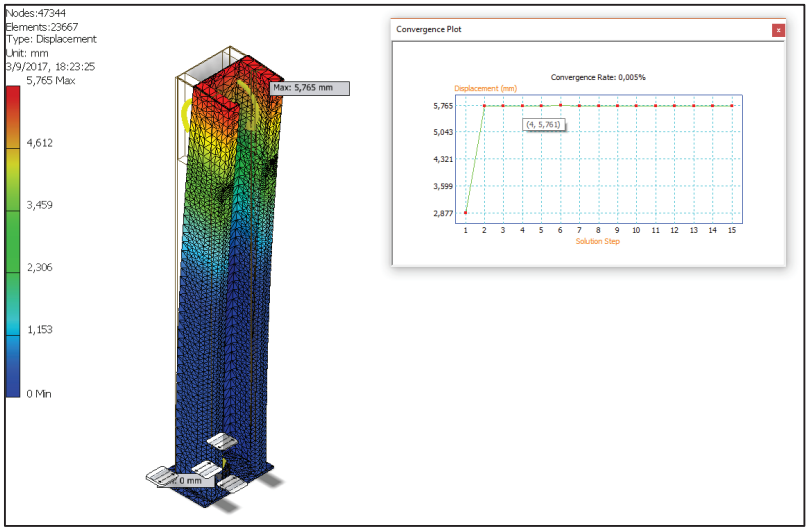


Figura 69. Convergencia desplazamientos.

(Fuente: Elaborado por los autores)

La convergencia del resultado para el Desplazamiento luego de 15 iteraciones es de 5,765 mm, sin embargo, se estabiliza alrededor de la 4ta iteración con un valor de 5,761 mm prácticamente igual al obtenido 15va iteración.

3.1.12.10. Factor de seguridad

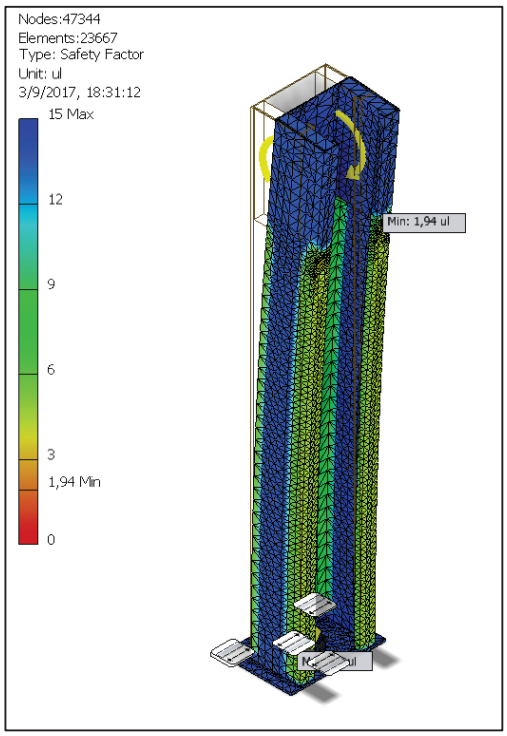


Figura 70. Sección del cuerpo de la columna.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Luego del análisis de convergencia se tiene un factor de seguridad con el que está trabajando la Columna Principal de 1,94.

Se usará una placa de las siguientes dimensiones:

Largo: 482 mm

Ancho: 355 mm

Espesor: 12 mm.

3.1.13. Sistema hidráulico

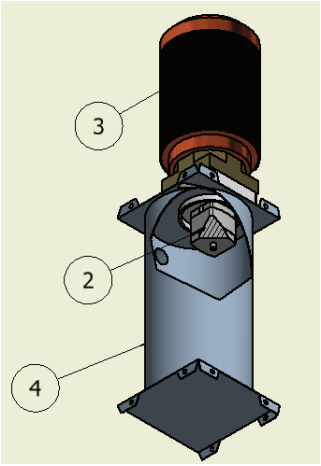


Figura 71. Sistema hidráulico.
(Fuente: Elaborado por los autores)

El sistema hidráulico lo conforman los siguientes elementos:

1.- Cilindro hidráulico de simple efecto.
2.- Bomba hidráulica
3.-Motor eléctrico.
4.- Selección del recipiente de aceite.
5.- Eje soporte de cadenas.
6.- Conexiones hidráulicas.

A continuación, se procede a seleccionar o dimensionar estos elementos.

3.1.13.1. Selección del cilindro hidráulico de simple efecto

El cilindro está formado por la camisa y el émbolo, en la presente sección se procede a seleccionar el vástago en base a los efectos de la carga aplicada y luego se verifica la esbeltez del mismo.
En base a las dimensiones del vástago se escoge la dimensión de la camisa.
Se define la presión de trabajo del sistema igual a 200 kg/cm^2.

El levantamiento de la carga se hace por medio de dos cadenas conectadas al deslizador y a la columna. Si el peso total a elevar es de 1917,96 kg, considerando el peso propio de

los elementos, entonces sobre el vástago del cilindro actuarán 3835,92 kg. La presión del sistema viene dada por la siguiente relación:

$$P = \frac{F}{A}$$

Donde:

P: Presión del sistema hidráulico kg/mm^2
F: Carga sobre el cilindro kg
A: Área del vástago mm^2

Despejando “A” de la ecuación anterior se tiene:

$$A = \frac{F}{P}$$

Al reemplazar valores de fuerza (3835,92 kg) y presión (200 kg/cm^2) en la ecuación anterior se tiene que el área mínima necesaria del vástago es:

A = 19,18 cm^2

El vástago tiene forma circular, por lo que el área del mismo es:

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

Donde:

A: Área de la sección del vástago.
D: Diámetro

Despejando D de la ecuación y reemplazando valores se tiene que el área mínima necesaria del vástago es:

D = 4,94 cm

Entonces se selecciona un vástago de diámetro igual a 70 mm con camisa de diámetro interior 75 mm y diámetro exterior 90 mm.

3.1.13.2. Verificación de la esbeltez de vástago

El vástago está hecho de acero AISI 1040, con esfuerzo a la fluencia σ_y = 30 kg/mm^2; con un factor de seguridad de 3, el esfuerzo permisible es: F_y = 10 kg/mm^2.
Como se indicó, El diámetro del vástago es de 70 mm, para verificar que no falle por pandeo se consideran las recomendaciones de la AISC en el capítulo E sección 3.
La fuerza normal a compresión viene dada por: (ANSI/AISC 360-05, 2005)

$$P_n = F_{cr} * A_g$$

Donde:

P_n:	Fuerza axial nominal	kg
F_{cr}:	Esfuerzo crítico	kg/mm^2
A_g:	Area transversal	mm^2

Para calcular F_{cr} se debe considerar lo siguiente:

Cuando: $\frac{KL}{r} \leq 4{,}71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ $F_{cr} = \left[0{,}658^{\frac{F_y}{F_e}}\right]F_y$ (a)

Y cuando: $\frac{KL}{r} > 4{,}71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ $F_{cr} = 0{,}877F_e$

Donde:

K:	Factor de longitud efectiva.	
L:	Longitud efectiva del elemento	mm
r:	radio mínimo de giro del elemento	mm
E:	Módulo de elasticidad del material	kg/mm^2
F_y:	Esfuerzo de fluencia a compresión	kg/mm^2
F_e:	Esfuerzo elástico crítico	kg/mm^2

Para este caso se tienen los siguientes valores:

K=	1
L=	900 mm (carrera del vástago)
r=	17,5 mm
E=	29000000 kg/mm^2

F_y= 10 kg/mm^2

El valor de F_e se obtiene de la siguiente relación: (ANSI/AISC 360-05, 2005)

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K * L}{r}\right)^2}$$

Reemplazando valores:

F_e = 76,24 kg/mm^2

Si:

$$\frac{KL}{r} = 51{,}43$$

Y $$4,71\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 212{,}90$$

Entonces para el cálculo de F_{cr} se considera la ecuación a;

De donde:

F_{cr}= 9,47 kg/mm^2

A_g= 3848,45 mm^2

Reemplazando los valores de F_{cr} y A_g en la ecuación 1, se tiene que la fuerza que soporta el cilindro es de:

P_n= 36428,77 kg

Que es muy superior a la carga que actúa sobre el cilindro (3835,92 kg), por lo tanto el vástago no fallará a pandeo.

El peso de la camisa y vástago del cilindro hidráulico es de 55,8 kg.

3.1.13.3. Selección de la bomba hidráulica

La selección de la bomba se realizará en base al caudal requerido.

El caudal del sistema viene dado por:

$$Q = A * V$$

Donde:

Q= Caudal del sistema mm^3/s

A= Área interior de la camisa mm^2

V= velocidad de ascenso del cilindro mm/s

El tiempo de ascenso recomendado para el cilindro es de 50 s.

Reemplazando valores en la ecuación, se tiene que el caudal [l/min] del sistema es de:

Q = 4,77 l/min

Se escoge una bomba de caudal 5,7 l/min y desplazamiento 4,3 cm^3/rev.

Peso de la bomba: 1,5 kg.

3.1.13.4. Selección del motor eléctrico

La potencia hidráulica requerida viene dada por la siguiente expresión:

$$Pot = P * Q$$

Donde:

Pot=	Potencia hidráulica requerida	w.
P=	Presión del sistema	kg/mm^2
Q=	Caudal del sistema	l/min

Reemplazando valores se tiene que la potencia hidráulica requerida es de:

Pot= 1894,7 w

Se escoge un motor trifásico 230/440 v, 1500 rpm de 2200 w de potencia, peso 15 kg.

3.1.13.5. Selección del recipiente de aceite

El recipiente de aceite debe contener de 2 a 3 veces la capacidad de la bomba, por lo que se escoge un recipiente metálico con capacidad para 15 l, peso= 8,1 kg, el peso de 15 lts. de aceite es 12 kg.

3.1.14. Dimensionamiento del eje soporte de cadenas

El eje soporte de cadenas está sometido al siguiente estado de cargas.

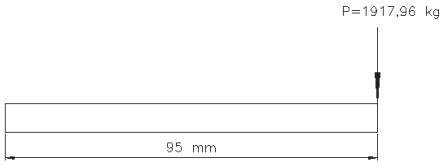


Figura 72. Estado de cargas del eje soporte de cadenas.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Los diagramas de carga y momento flector se muestran en las siguientes figuras 73 y 74.

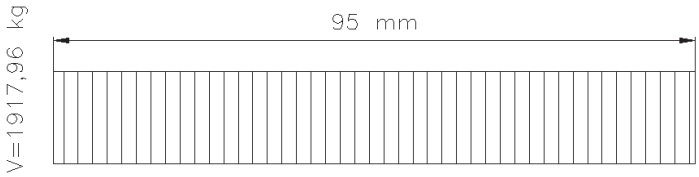


Figura 73. Diagrama de cortante del eje soporte de cadenas.
(Fuente: Elaborado por los autores)

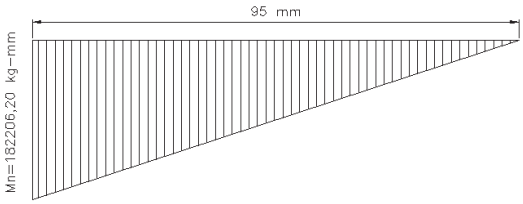


Figura 74. Diagrama de momento flector del eje soporte de cadenas.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Este elemento está sometido a flexión pura, se usa eje de acero AISI SAE 1018, F_y = 31 kg/mm^2, y para su dimensionamiento se considera lo propuesto por el AISC en su capítulo F, sección 11 para lo cual.

Para un eje macizo redondo se considera la siguiente ecuación:

$$M_n = F_y * Z \leq 1{,}6\, M_y$$

Donde:

$M_{n:}$ Momento nominal a flexión [kg-mm]

M_y: Momento de fluencia alrededor del eje de flexión [kg-mm]

Z: Módulo de sección alrededor del eje de flexión [mm^3]

F_y: Esfuerzo a fluencia del material [$kg\text{-}mm^2$]

Despejando Z de la expresión ($M_n = F_y * Z \leq 1{,}6\ M_y$) se tiene que el módulo de sección requerido viene dado por:

$$Z = \frac{M_n}{F_y}$$

Y reemplazando valores se tiene:

$$Z = 17632{,}82\ mm^3$$

El diámetro mínimo requerido de eje es:

$$D_{min} = 56{,}42\ mm$$

Entonces se escoge un eje de diámetro 60 mm.
El peso de este elemento es 2,15 kg

3.1.15. Selección de rodamientos

Cada rodamiento soporta una carga de 1917,96 kg y se considera carga estática, del catálogo de rodamientos de SKF se selecciona rodamiento 6212-2Z. (Catálogo SKF, 1989) que soporta carga estática de 3316 kg, peso de cada rodamiento 0,78 kg.

3.1.16. Selección de la cadena de elevación

Una cadena normalizada cumple las especificaciones ISO 606.
La cadena soporta una carga de 958,98 kg, de acuerdo al manual del fabricante de cadenas se selecciona una cadena de rodillos abierta tipo ISO Nr 16 B, la cual soporta una carga de rotura de 5800 kg, el peso de esta cadena es 2,50 kg/m, se necesitan 2 cadenas de 2,0 m cada una, peso total 10 kg.

El peso total del sistema hidráulico es de 124,46 kg.

3.1.17. Conexiones hidráulicas

Las conexiones hidráulicas, tales como mangueras, acoples, válvulas deben estar de acuerdo a las siguientes normas:
Accesorios hidráulicos de acuerdo a las recomendaciones establecidas en SAE J517.
Válvulas y conexiones de acuerdo a las recomendaciones establecidas en SAE J514.

3.1.18. Diseño de la base de transporte

En la figura 75 se observa los elementos que conforman la base de transporte.

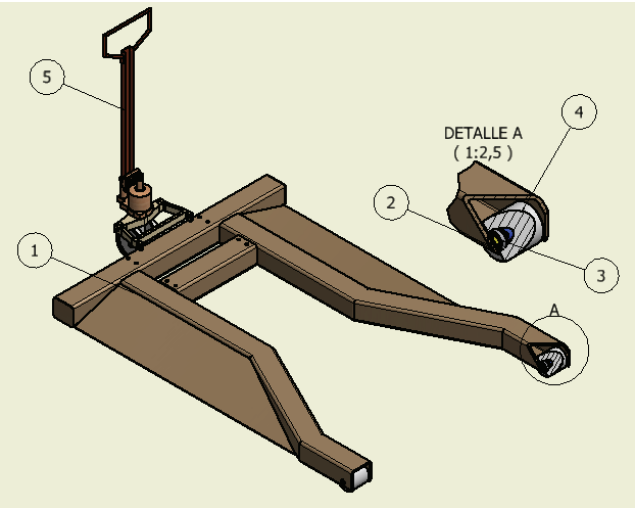


Figura 75. Base de transporte.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Estos elementos son:

1.- Estructura de la base de transporte.
2.- Pasador de la rueda.
3.- Rodamiento.
4.- Rueda
5.- Gato de transporte.

3.1.19. Diseño de la estructura de la base de transporte

Como se ve en la figura 75, la estructura la conforman dos perfiles, por lo tanto, el estado de cargas que actúa sobre cada perfil es la mitad de todo el equipo.

El peso de todos los elementos es de 394,00 kg y la carga a soportar es 1750 kg, por lo que cada viga soportará 1072 kg.

En la figura 76 se representa el estado de cargas al que está sometido este elemento.

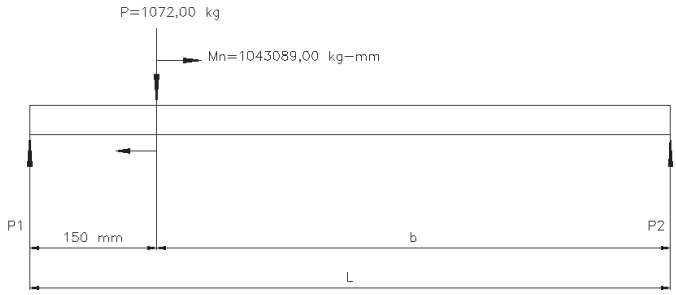


Figura 76. Estado de carga de base de transporte.
(Fuente: Elaborado por los autores)

La longitud mínima de la viga se encuentra si la reacción en el punto 1 es nula, por lo tanto, aplicando momentos con respecto a este punto se tiene:

$$L_{min} = 1123,83 \text{ mm}$$

Se decide que la longitud de la viga de 1700 mm.

Para este caso las reacciones en los apoyos son:

$$P_1 = 363,83 \text{ kg}$$
$$P_2 = 708,17 \text{ kg}.$$

Por lo tanto, el estado de cargas se indica en la figura 71:

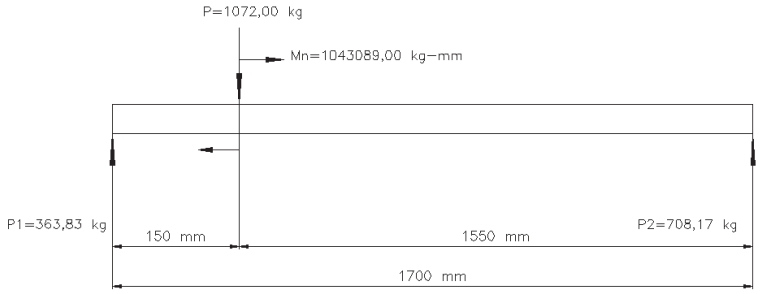


Figura 77. Estado definitivo de cargas de la base de transporte.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Los diagramas de fuerza cortante y momento flector se indican en las figuras 78 y 79:

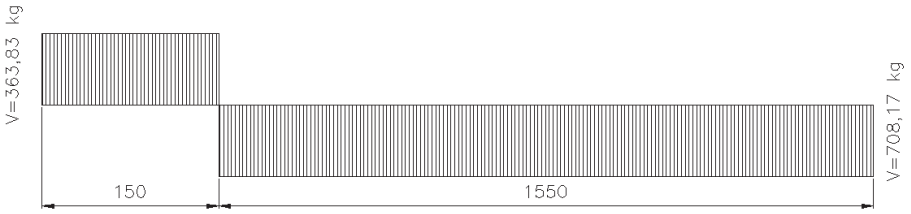


Figura 78. Diagrama de fuerza cortante de la base de transporte.
(Fuente: Elaborado por los autores)

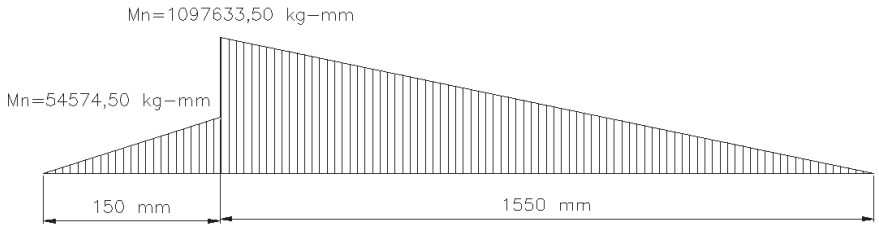


Figura 79. Diagrama de momento flector de la base de transporte.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Este elemento también está sometido a flexión pura, por lo que se analizará de la misma forma a los anteriores casos, y el material a usar es acero ASTM A-36 con factor de seguridad a la fluencia de 3.

Se considera un elemento cuya sección transversal se indica en la figura 80.

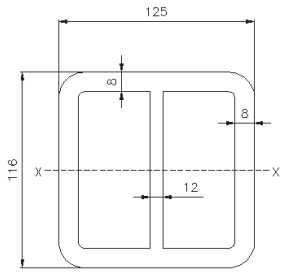


Figura 80. Sección transversal de la base de transporte.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Para este elemento:

$$\frac{b}{t_f} = 11.63 < 55{,}06$$

El elemento es compacto en el patín.

$$\frac{h}{t_w} = 10{,}50 < 280{,}21$$

El elemento es compacto en el alma.

El módulo de sección requerido es:

$$Z_{req} = 129830{,}91 \text{ mm}^3$$

Y el módulo de sección del perfil propuesto es:

$$Z_{xx} = 130816{,}00 \text{ mm}^{3.}$$

Cómo $Z_{xx} > Z_{req}$, se escoge el perfil.

3.1.20. Diseño del pasador de la rueda

El pasador de la rueda está sometido al estado de cargas indicado en la figura 81.

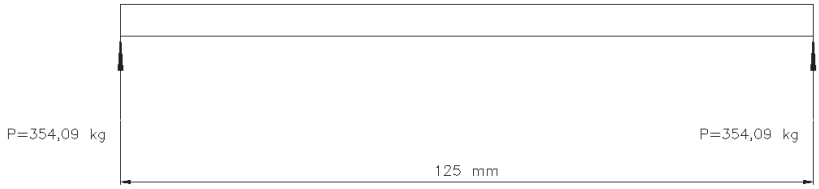


Figura 81. Estado de cargas del pasador de la rueda.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Este elemento está sometido a esfuerzos de corte, el esfuerzo cortante máximo viene dado por la siguiente expresión: (Budynas G. & Nisbett)

$$\tau_{max} = \frac{4 * V}{3 * A}$$

Donde:

τ_{max} :	Esfuerzo cortante máximo	kg/mm^2
V:	Fuerza cortante	kg
A:	Area transversal del elemento.	

Según la AISC el esfuerzo cortante debe ser:

$$\tau_{max} \leq 0{,}6\ F_y$$

Donde:

F_y :	Esfuerzo permisible	kg/mm^2

El material del eje es acero SAE 1018, S_y = 31 kg/mm^2, y factor de seguridad de 3, por lo que F_y = 10 kg/mm^2.

Al reemplazar valores se encuentra que es suficiente un elemento de diámetro 9,85 mm, por cuestiones constructivas se selecciona un eje de diámetro 21 mm.

3.1.21. Selección de rodamientos

Se selecciona un rodamiento rígido de bolas tipo 6005-2Z, capacidad de carga estática de 668 kg.

3.1.22. Rueda de transporte

La rueda de transporte se fabricará de duralón de diámetro 100 mm.

3.1.23. Gato de transporte

El gato de transporte sirve para desplazar el equipo y no soporta carga sino sólo la del equipo, durante el trabajo la parte posterior del equipo se asienta al piso para evitar desplazamientos. Este gato no se fabrica se lo compra en el mercado.

3.1.24. Selección de pernos de la placa soporte del sistema de elevación

Se decide que los pernos superiores que sujetan la placa soporte del sistema de elevación se colocan a 600 mm del centro de la viga principal de elevación.

De lo expuesto, los pernos están sometidos al siguiente estado de cargas:

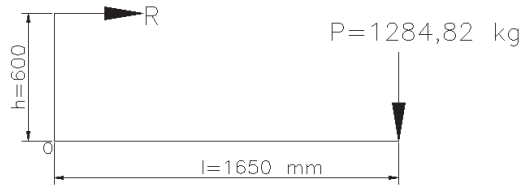


Figura 82. Cargas sometidas a los pernos.
(Fuente: Elaborado por los autores)

La carga “R” es la que soportan los dos pernos de la parte superior de la placa.
Aplicando momentos respecto al punto “O”, se encuentra que la reacción “R” es:

$$R = \frac{1650 * 1284{,}62}{600} = 3533{,}25\ [kg]$$

Cada perno soporta una fuerza de tracción de:

R=1766,62 [kg]

Se escoge un tornillo M-10, cuya área de esfuerzo es 58 [mm^2]. (Budynas G. & Nisbett)

Y su resistencia limite a la tensión es: 380 [MPa] , [38,77 kg/mm^2] (Budynas G. & Nisbett)

La fuerza de resistencia del perno viene dada por:

$$R = \sigma * A$$

Reemplazando valores, la resistencia mínima de perno M-10 es:

R=2284,98 [kg]

Por lo tanto, se escogen pernos M-10, grado 5,8 y se los coloca cada 150 mm.

3.1.25. Diseño de soldadura

En la unión de la columna con la placa base se tiene la parte más crítica unida por medio de soldadura, en esta sección se tiene que la soldadura está sometida a un estado de flexión.

La figura 65 representa la geometría de unión por soldadura de estos elementos.

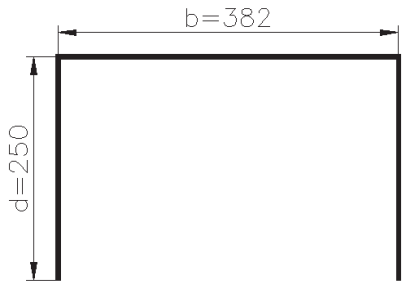


Figura 83. Geometría de unión por soldadura.
(Fuente: Elaborado por los autores)

Para una unión soldada sometida a flexión, se tiene que el esfuerzo cortante y el esfuerzo de flexión viene dado por:

$$\tau = \sigma = \frac{M\,c}{I}$$ (Budynas G. & Nisbett)

Donde:

τ: Esfuerzo cortante

σ: Esfuerzo a flexión

M: Momento flector

c: Distancia del centro de gravedad al extremo

I: Segundo momento de área basado en la garganta de la junta.

$$c = \frac{d^2}{b+2d}$$ (Budynas G. & Nisbett)

Reemplazando valores:

c = 78,86 mm

$$I = 0{,}707\ h\ I_u$$ (Budynas G. & Nisbett)

Donde:

I_u: Momento de área unitario.

De acuerdo a (Budynas G. & Nisbett), para este caso de unión, el momento de área unitario viene dado por:

$$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2c + (b+2d)c^2$$ (Budynas G. & Nisbett)

Reemplazando valores:

I_u=6044236,11 mm^3

h: altura de garganta, en este caso 3 mm

Reemplazando valores en la ecuación:

I= 12819824,80 mm^3

Ahora al reemplazar todos los valores en la ecuación se tiene que:

$$\tau = \sigma = 12.83\ \frac{kg}{mm^2}$$

El electrodo a usarse es del tipo E-6011 marca Indura cuyo límite de fluencia Sy= 43,26 Kg/mm^2 (424 Mpa), por lo que el factor de seguridad es de: 3,37.

3.2. Funciones y características del equipo

- El cilindro hidráulico está oculto dando un aspecto elegante y de ingeniería.
- Diseñado tomando como referencia los estándares de utilización internacional (norma ANSI/ALI AL CTV: 2011), satisface los requerimientos de talleres oficiales y garajes.
- Sistema de posicionamiento fijo durante el trabajo, tipo manual, consiste de un seguro tipo trinquete.
- Sistema de descenso guiado eléctricamente para mayor sencillez y seguridad.
- El sistema de doble cadena de acero para seguridad y estabilidad durante la operación.
- La baja altura de los brazos de anclaje de sólo 120mm permite reparar vehículos con chasis rebajados, así como coches deportivos.

3.2.1. Especificaciones Técnicas:

Capacidad del equipo: 1,75 Toneladas
Carrera de elevación: 1800 mm
Largo mínimo libre automotor: 1400 mm
Ancho mínimo automotor: 1000 mm
Ancho máximo del automotor: 1600 mm
Velocidad de ascenso: 50 mm/s
Potencia del motor: 3,5 Hp
Voltaje de trabajo: 220 Vac
Fases: 3Φ
Peso: 650 Kg

3.3. Proceso de fabricación

Para comprender y visualizar de mejor manera el proceso de fabricación del elevador se utilizará el diagrama de flujo haciendo referencia a los conceptos básicos, en forma general; y se detallarán los componentes del mismo para su realización.

a) Conceptos Básicos

3.3.1 Concepto

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de un proceso. Cada paso del proceso es representado por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso. Los símbolos gráficos del flujo del proceso están unidos entre sí con flechas que indican la dirección de flujo del proceso.

Según otra definición: “El diagrama de flujo ofrece una descripción visual de las actividades implicadas en un proceso mostrando la relación secuencial ente ellas, facilitando la rápida comprensión de cada actividad y su relación con las demás, el flujo de la información y los materiales, las ramas en el proceso, la existencia de bucles repetitivos, el número de pasos del proceso, las operaciones de interdepartamentales… Facilita también la selección de indicadores de proceso.” (García, 2014)

3.3.2 Beneficios

- Facilita la obtención de una visión transparente del proceso, mejorando su comprensión.
- Permiten definir los límites de un proceso.
- Proporciona un método de comunicación más eficaz
- Ayuda a establecer el valor agregado de cada una de las actividades que componen el proceso.
- Constituye una excelente referencia para establecer mecanismos de control y medición de los procesos, así como de los objetivos concretos para las distintas operaciones llevadas a cabo.

- Facilita el estudio y aplicación de acciones que redunden en la mejora de las variables tiempo y costes de actividad e incidir, por consiguiente, en la mejora de la eficacia y la eficiencia.
- Constituye el punto de comienzo indispensable para acciones de mejora, rediseño o reingeniería.

3.3.3 Símbolos

Una de las características de los flujo-gramas es la utilización de símbolos para representar las diversas etapas del proceso, las personas o sectores implicados, la secuencia de las operaciones y la circulación de documentos y de datos. Entre los símbolos más comunes se destacan:

- Elipse-límites (identifica el inicio y el fin de un proceso)
- Rectángulo-operaciones (representa una etapa del proceso; tanto el nombre de la etapa como de quien se encarga de ejecutarla, se inscriben dentro del símbolo)
- Cuadrado recortado por debajo-documentos (documento que resulta de la correspondiente operación; en el interior se anota el nombre que corresponda)
- Rombo-decisión (representa al punto del proceso en el cual hay que tomar una decisión. La pregunta se inscribe dentro del rombo y dos flechas que salen del mismo enseñan la dirección del proceso en función de la respuesta real.

Existen diversos tipos de flujo grama: de acuerdo a la forma (vertical, horizontal, panorámico o arquitectónico), por el propósito (de forma, de labor, de método, analítico, de espacio, combinado).

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Determina el punto de partida del algoritmo
	Finaliza el algoritmo, o permite definir el inicio de una subrutina
	Representa la captura de información a través de cualquier medio o dispositivo de entrada.
	Representa la visualización de información a través de cualquier medio o periférico de salida.
	Permite diseñar condicionales
	Permite estructurar el desarrollo de una operación aritmética o lógica.
	Indica el sentido en el que se ejecutan las instrucciones

Figura 84. Símbolos diagrama de flujo.

(Fuente: Elaborado por los autores)

b) Elaboración del diagrama del proceso de fabricación del elevador y actividades definidas

Considerando los conceptos antes mencionados, se procede a realizar el diagrama de flujo del proceso de fabricación del elevador:

Proceso de fabricación del elevador de autos

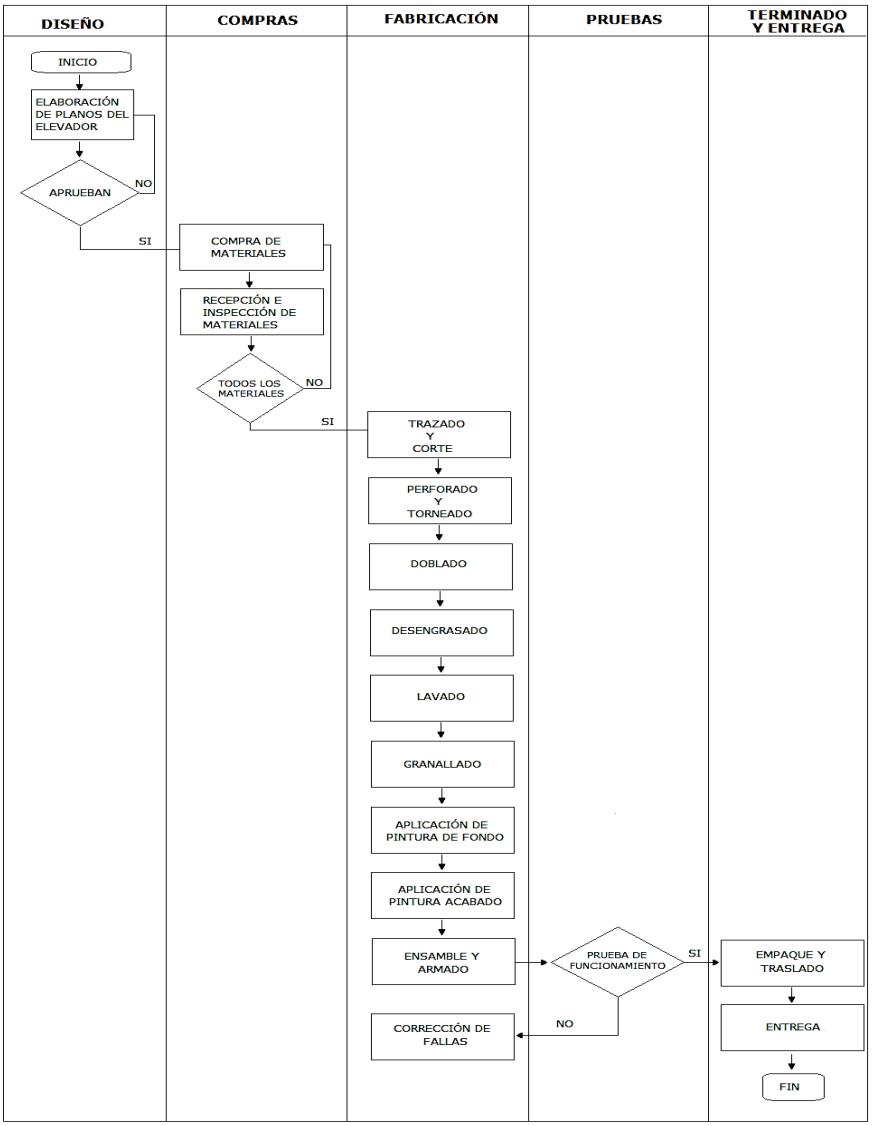


Figura 85. Diagrama de flujo proceso de fabricación del elevador.
(Fuente: Elaborado por los autores)

El flujo grama consta de cinco procesos cada uno con diferentes actividades a realizar:

1. **Diseño:** en el diseño se elaboran los planos del elevador y se define la aprobación o la modificación de los mismos para proceder a la compra de materiales.

2. **Compras:** se adquiere los materiales conforme se especifica en el capítulo de los costos, luego se recepta los materiales y se determina si están

completos de ser el caso se procede a la fabricación del elevador caso contrario se verifica y se adquiere los faltantes.

3. **Fabricación:** la primera actividad consiste en trazar y cortar las piezas las mismas que serán ensambladas y utilizadas en el elevador de autos, después de ser cortadas son perforadas y tornadas de acuerdo a la norma utilizada, las bases para ser ensambladas son dobladas de acuerdo a los requerimientos, aplicando las políticas y estándares de calidad de acuerdo a la norma. Todas las piezas son desengrasadas con químicos especiales para el posteriormente lavarlas con agua y detergente. Se realiza la limpieza para alisar o eliminar materiales contaminantes o residuos que se presenten las piezas. Se Aplica la pintura de fondo y acabado de las piezas, y materiales acuerdo a la norma y especificaciones de auspiciante. Luego de esto se arma y ensamblan todas las piezas en el taller se calibra y se envía a realizar pruebas de funcionamiento, durabilidad, estabilidad, terminado y acoplamiento. En el caso de existir algún inconveniente en la prueba se procede a corregir las fallas u observaciones arrojadas. Luego de pasar por las pruebas y posibles correcciones se procede a empacar y trasladar el elevador para la entrega al auspiciante.

IV. ANÁLISIS DE COSTOS

4.1. Costos del proyecto para la construcción del elevador de autos

Para comprender la forma de determinar los costos de la máquina, se hace referencia a los conceptos básicos, en forma general; y se detalla el componente de la misma para la realización del presente proyecto y la forma como se financió el mismo.

4.1.1. Conceptos básicos de los costos

4.1.1.1. Concepto

El costo se identifica como toda erogación de recursos necesarios para elaborar un bien como por ejemplo el elevador de este proyecto de investigación; y se caracteriza por ser inventariable. Por otro lado, el gasto no es inventariable.

Según otra definición: “El costo es el valor monetario de los recursos que se entregan o prometen entregar a cambio de bienes o servicios que se adquieren.” (García, 2014)

4.1.1.2. Clasificación de los costos

Para clasificar a los costos se debe tomar en cuenta el enfoque que se de; por lo tanto se detallan los principales:

a) **Función en que se incurre**

- Costos de Producción
- Costos de Venta
- Costos de Administración
- Costos Financieros

b) **Identificación:**

- Costos Directos
- Costos Indirectos

c) **Periodo en el que se llevan al Estado de Resultados**

- Costos del producto o inventariables
- Costos del periodo o no inventariables

d) **Comportamiento respecto al volumen de producción o venta de artículos terminados**

- Costos Fijos
- Costos variables
- Costos semi fijos, semi variables o mixtos" (García, 2014)

4.1.1.3. Elementos del costo

Para hablar de los elementos del costo es necesario tener un concepto general de cada elemento, esto es: los materiales directos, que constituyen los insumos o bienes que adquiere la industria para transformar en otro bien, se considera como un elemento principal y que se puede identificar fácilmente. La mano de obra directa es el esfuerzo físico o intelectual que realiza el personal de una industria para transformar un bien. Los costos indirectos de fabricación son bienes o servicios no considerados en los elementos anteriores y que forman parte del producto principal como accesorios.

El costo de fabricar un producto o prestar un servicio se compone de tres elementos básicos:

1. **Materiales directos. -** Aquellos materiales que forman parte integral del producto o servicio y que pueden identificarse de manera adecuada en el mismo.
2. **Mano de obra directa. -** Aquellos costos laborales que pueden ser físicamente asignados a la producción de bienes y servicios y pueden ser seguidos sin costos o dificultades adicionales.
3. **Costos indirectos de fabricación. -** Denominados también costos generales de fabricación, se definen simplemente como todos los costos de producción, excepto los materiales directos y la mano de obra directa." (Cuevas, 2010)

4.1.1.4. Costos de producto. - son los recursos involucrados en la manufactura de los artículos fabricados: materiales directos, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación." (Cuevas, 2010)

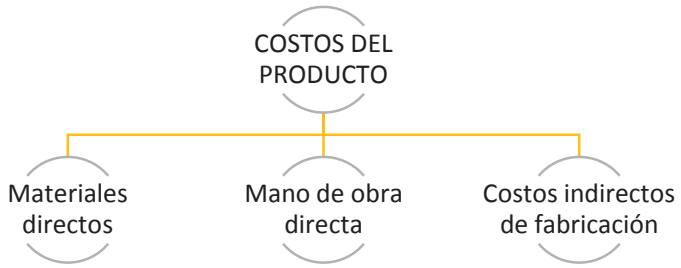


Figura 86. Clasificación de los Costos.
(Fuente: Contabilidad de Costos Carlos Cuevas)

4.2. Determinación de los costos para la elaboración del elevador

Considerando los conceptos antes mencionados, para determinar el costo del elevador se observan los elementos del costo y la clasificación según la identificación de los componentes en el producto.

Para establecer el valor de cada componente se hizo necesario un análisis técnico en cuanto a las especificaciones de los materiales y accesorios como, por ejemplo, el largo, ancho, espesor, peso, cantidad, costo unitario, costo total, tiempo de elaboración, esto es: preparación, corte, asistencia técnica e instalación y finalmente los accesorios o complementos considerados como costos indirectos de fabricación

Por otra parte, para establecer el valor comercial de la maquinaria se toma como base el costo y a ello se agrega un margen de utilidad (35%).

Para el caso del elevador los costos se han clasificado de la siguiente manera considerando los componentes principales:

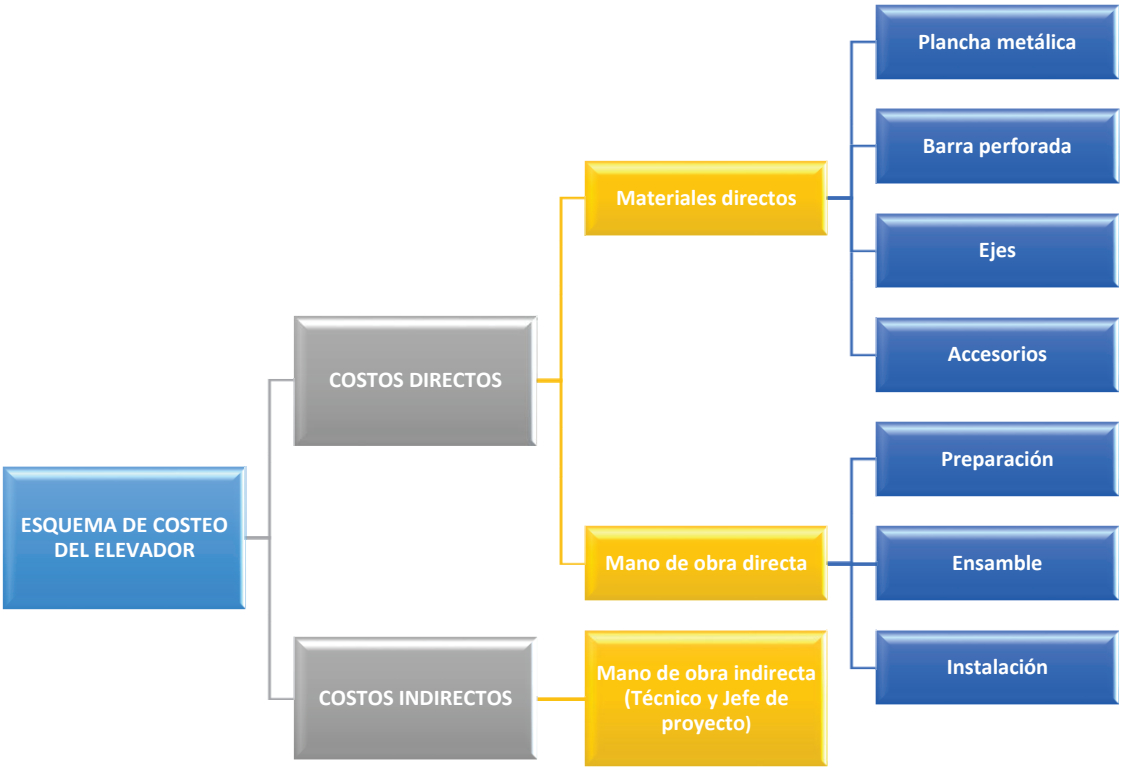


Figura 87. Esquema de Costeo del Elevador.
(Fuente: elaborado por los autores)

A continuación se establecen los costos para elaborar un elevador de autos en forma detallada:

4.2.1. Materiales directos

Plancha metálica

DETALLE	LARGO	ANCHO	ESPESOR	PESO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	PESO TOTAL
	mm	mm	mm	kg		US$/kg	US$/kg	kg
Tubo principal de la base	1800	442	8	49,96	2	0,62	61,95	51,96
Transversal largo de la base	1276	378	5	18,93	1	0,62	11,74	19,93
Transversal corto de la base	480	378	5	7,12	1	0,62	4,42	8,12
Tapa base	120	116	3	0,33	2	0,85	0,56	2,33
Refuerzo interno de base	1596	100	12	15,03	2	0,62	18,64	17,03
Placa inclinada base	1335	557	3	17,51	2	0,62	21,71	19,51
Disco base de caucho	125	125	12	1,47	4	0,62	3,65	5,47
Brazo deslizable frontal	224	500	6	5,28	2	0,62	6,54	7,28
Brazo pivote frontal	276	490	8	8,49	2	0,62	10,53	10,49
Canal frontal viga principal de elevación	396	300	8	7,46	1	0,62	4,63	8,46
Brazo principal viga principal de elevación	572	1500	10	67,35	1	0,62	41,76	68,35
Canal transversal posterior viga principal de elevación	320	1176	8	23,63	1	0,62	14,65	24,63
Placa soporte viga principal de elevación	350	708	10	19,45	1	0,62	12,06	20,45
Nervio viga principal de elevación	300	550	5	6,48	1	0,62	4,02	7,48
Brazo deslizable posterior	204	420	6	4,04	2	0,62	5,00	6,04
Brazo deslizable horizontal posterior	132	407	6	2,53	2	0,62	3,14	4,53
Guía brazo deslizable horizontal posterior	220	150	5	1,30	2	0,62	1,61	3,30
Placas brazo deslizable horizontal posterior	150	150	6	1,06	4	0,62	2,63	5,06
Tope fijo brazo frontal	60	60	12	0,34	2	0,62	0,42	2,34
Contra tope brazo frontal	40	40	12	0,15	2	0,62	0,19	2,15
Tapa superior deslizador	224	56	5	0,49	4	0,62	1,22	4,49
Canal deslizador	206	500	6	4,85	2	0,62	6,02	6,85
Placa lateral deslizador	224	500	6	5,28	2	0,62	6,54	7,28
Angulo deslizador	121	500	6	2,85	2	0,62	3,53	4,85
Placa frontal deslizador	350	708	8	15,56	1	0,62	9,65	16,56
Tapa de columna	450	320	1,4	1,58	1	0,62	0,98	2,58
Seguro cadena en columna	230	80	25	3,61	1	0,62	2,24	4,61
Placa guía resorte	110	50	10	0,43	2	0,62	0,54	2,43
Anillo guía base cilindro	230	50	5	0,45	1	0,62	0,28	1,45
Cartela columna	100	360	10	2,83	2	0,62	3,50	4,83
Placa base columna	355	482	12	16,12	1	0,62	9,99	17,12
Perfil de columna	1032	2440	5	98,83	1	0,62	61,28	99,83
Placa seguro	166	900	6	7,04	1	0,62	4,36	8,04
Guia eje seguro	40	40	25	0,31	4	0,62	0,78	4,31
Seguro de emergencia	100	60	12	0,57	1	0,62	0,35	1,57
					SUBTOTAL PLANCHA METÁLICA		341,10	481,72

Tabla 6. Componentes de Plancha metálica.

(Fuente: elaborado por los autores)

Barra perforada

DETALLE	LARGO	ANCHO	ESPESOR	PESO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	PESO TOTAL
	mm	mm	mm	kg		US$/kg	US$/kg	kg
Tuerca base carrocería	60	32	75	1,19	4	2,5	11,91	4,76
					SUBTOTAL BARRA PERFORADA		11,91	4,76

Tabla 7. Componentes de Barra perforada.

(Fuente: elaborado por los autores)

Ejes

DETALLE	DIAMETRO	LONGITUD	PESO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	PESO TOTAL
	mm	mm	kg		US$	US$	kg
Bocín de la base	38	20	0,18	2	1,45	0,52	2,18
Tornillo apoyo carrocería	28	125	0,60	4	1,45	3,50	4,60
Pasador pivote frontal	25	110	0,42	2	1,45	1,23	2,42
Pasador tope	16	110	0,17	1	1,45	0,25	1,17
Soporte cadena en deslizador	25	50	0,19	2	1,45	0,56	2,19
Eje seguro parada de seguridad	19	120	0,27	2	1,45	0,77	2,27
Eje seguro de emergencia	14	120	0,15	2	1,45	0,42	2,15
Palanca parada emergencia	14	180	0,22	1	1,45	0,32	1,22
				SUBTOTAL EJES		7,57	18,20

Tabla 8. Componentes de los Ejes.

(Fuente: elaborado por los autores)

Accesorios

DETALLE	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
		US$	US$
Acople 3/8" Hypress Hembra	1	2,93	2,93
Acople 3/8" Hypress Macho	1	1,59	1,59
Acople de manguera 3/8"	1	1,58	1,58
Adapatador industrial 6MJ-6MP	1	1,45	1,45
Adapatador industrial 8MJ-8MP	1	1,48	1,48
Adapatador industrial 8MJ-8MP90	1	4,84	4,84
Anillo elástico exterior 13	4	0,50	2,00
Anillo elástico exterior 14	1	0,50	0,50
Anillo elástico exterior 25	2	0,50	1,00
Arandela plana M 12	28	0,04	1,12
Arandela plana M 8	16	0,02	0,38
Arandela plana M10	2	0,25	0,50
Barra duralón 50x50x500	4	29,25	117,00
Base de caucho	4	4,00	16,00
Bloque auxiliar 2NA+2NC	1	18,50	18,50
Bornera riel 8AWG	1	1,60	1,60
Bornera riel 12AWG	1	1,50	1,50
Braker riel 3x20	1	20,00	20,00
Canaleta ranurada 33x33 mm	1	5,85	5,85
Centralina hidráulica	1	531,27	531,27
Cilindro simple efecto 70/90x900	1	450,00	450,00
Contactor 25A, 24 V	1	72,00	72,00
Enchufe 2 puntos, 220 V	1	6,90	6,90
Ferrula 3/8"	2	1,17	2,34
Gabinete metálico 30x30x20	1	23,17	23,17
Interruptor 3P ON-OFF	1	45,00	45,00
Luz piloto roja 220 V	1	1,90	1,90
Manguera hidráulica 3/8" 5290 PSI/metro	1	12,28	12,28
Perno allen M6x20	4	0,50	2,00
Perno M12x40	20	0,45	9,00
Perno M6x19	8	0,11	0,88
Perno M8x38 mm	12	0,15	1,80
Prensa estopa	1	2,50	2,50
Puente rectificador	1	5,00	5,00
Pulsador emergencia	1	2,20	2,20
Pulsador verde EBC	1	23,17	23,17
Relé térmico 12-18 A	1	54,60	54,60
Resorte parada emergencia	1	5,00	5,00
Servicio de corte por chorro de agua	1	119,00	119,00
Sistema de transporte y elevación hidráulico	1	232,14	232,14
Toma corriente 2 puntos 220 v	1	12,98	12,98
Transformador 220-24 V	1	30,00	30,00
Tuerca inserto de nylon M12	8	0,20	1,60
Tuerca M6x0,75	12	0,28	3,36
	SUBTOTAL ACCESORIOS		**1849,91**

Tabla 9. Componentes de costos indirectos de fabricación.

(Fuente: elaborado por los autores)

4.2.2. Mano de obra directa

OPERACIÓN	TIEMPO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
	minuto	US$/min	US$/min
Preparación de materiales	2027	0,052	105,404
Corte de material con plasma	164	0,052	8,528
Ensamble	3770	0,052	196,04
Instalación eléctrica	720	0,052	37,44
Instalación hidráulica	480	0,052	24,96
Pintura	300	0,052	15,6
Operación de torno	300	0,052	15,6
TOTAL MANO DE OBRA	**7761**		**403,57**

Tabla 10. Componentes de Mano de obra directa.

(Fuente: elaborado por los autores)

4.2.3. Costos indirectos de fabricación

Mano de obra indirecta

OPERACIÓN	TIEMPO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
	minuto	US$/min	US$/min
Asistencia técnica	1530	0,052	79,56
Ingeniería	320	0,2	64
TOTAL MANO DE OBRA	**1850**		**143,56**

Tabla 11. Componentes de Mano de obra indirecta.

(Fuente: elaborado por los autores)

4.3. Resumen del costo para fabricar el elevador

MATERIAL DIRECTO	Plancha Metálica	$ 341,10
	Barra perforada	$ 11,91
	Ejes	$ 7,57
	Accesorios	$ 1.849,91
	TOTAL	$ 2.210,49
MANO DE OBRA DIRECTA	Mano obra	$ 403,57
	TOTAL	$ 403,57
	Mano obra indirecta	$ 143,56
	TOTAL	$ 143,56
COSTO TOTAL		**$ 2.757,62**
UTILIDAD (35%)		**$ 965,17**
VALOR COMERCIAL		**$ 3.722,79**

Tabla 12. Resumen de los costos.
(Fuente: elaborado por los autores)

En base a los conceptos de costos y la participación técnica se establece la forma de cómo determinar el costo para fabricar un elevador de autos considerando cada componente y así determinar el valor comercial.

Para realizar el presente trabajo de einvestigaciónj fue necesario el financiamiento propio y auspicio de la Escuela Politécnica Nacional como parte del proyecto de vinculación de la Institución con la sociedad establecidos en la Ley Orgánica de Educacion Superior.

V. PROTOCOLO DE PRUEBAS

El protocolo de pruebas es un documento que se debe seguir para determinar el correcto funcionamiento de un mecanismo bajo la realización de distintas pruebas que permitan validar la fiabilidad del diseño.

Una vez diseñado y fabricado el elevador de autos de una columna se constituye el protocolo para efectuar distintas pruebas de campo que garanticen las especificaciones técnicas solicitadas, con la finalidad de verificar los parámetros estructurales y funcionales del sistema elevador.

5.1. Proceso protocolo de pruebas

Nombre del proceso: Ensayo sistema elevador.

Objetivo. - Verificar bajo las especificaciones técnicas los siguientes aspectos:

Tiempo de ascenso

Tiempo de descenso

Estabilidad del sistema

Funcionamiento del sistema hidráulico

Funcionamiento sistema mecánico

Funcionamiento sistema eléctrico

Funcionamiento sistema de seguridad

Fiabilidad total del elevador.

Dueño del proceso: Operador

Conjunto de Actividades. - estas actividades se realizan tanto con carga y sin carga.

- Colocar el elevador sobre una superficie plana; o llevar el elevador donde el automotor se encuentre.
- Centrar las bases de los brazos móviles en la parte inferior del automotor.
- Conectar alimentación eléctrica a 220 VAC.
- Encender sistema elevador.
- Presionar pulsador de ascenso.
- Tomar tiempo de ascenso.
- Tomar tiempo en estado de carga.
- Presionar pulsador de descenso.
- Tomar tiempo de descenso.
- Al momento de bajar o subir el automotor con el elevador presionar el botón de paro de emergencia.
- Verificar visualmente y auditivamente la seguridad mecánica.
- Al momento que el automotor se encuentre apoyado en el suelo apagar el sistema eléctricamente.
- Recoger brazos móviles.
- Retirar sistema elevador y/o automotor.

5.2. Tipos de trabajos a realizar en el automotor una vez elevado:

- Cambio de ruedas.
- Chequeo de sistema de frenos.
- Cambio de aceite de caja y motor.
- Inspección visual total de la parte inferior del automotor.
- Chequeo y mantenimiento del sistema de escape.
- Chequeo y mantenimiento del sistema de suspensión.
- Chequeo y mantenimiento de barras de dirección.

5.3. Pruebas

Con lo expuesto anteriormente se procede a realizar las pruebas de campo en el elevador de autos de una columna tanto con carga y sin carga.

5.3.1. Sin carga

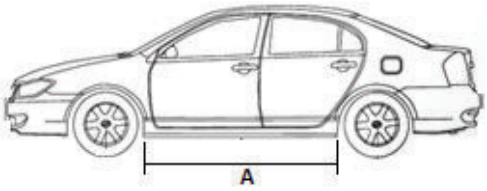
PRUEBAS ELEVADOR DE AUTOS SIN CARGA	
Peso del elevador	650 Kg
Peso máximo a elevar	1750 kg
Tiempo de Ascenso	50 seg.
Tiempo de Descenso	25 seg.
Altura a elevar	1800 mm
Funcionamiento del sistema hidráulico	100%
Funcionamiento del sistema mecánico	100%
Funcionamiento del sistema eléctrico	100%
Funcionamiento del sistema de seguridad (mecánico / eléctrico paro de emergencia)	100%
Fiabilidad total del elevador	100%

Tabla 13. Pruebas elevador de autos sin carga.

(Fuente: elaborado por los autores)

5.3.2. Con carga

PRUEBAS ELEVADOR DE AUTOS CON CARGA	
Peso del elevador	650 Kg
Peso máximo a elevar	1750 Kg
Marca del vehículo	TOYOTA
Peso del vehículo	1370 Kg
Longitud del vehículo	4265 mm
Ancho del vehículo	1785 mm
Altura del vehículo	1705 mm
Espacio libre interior (A)	1650 mm
Ancho exterior (B)	1700 mm
Altura desde el piso al nivel del automotor (C)	230 mm
Color	AZUL
Placa	PGI0595
Año de fabricación	2002
Tiempo promedio de ascenso	42 seg.
Tiempo en estado de carga	24 Hrs
Estabilidad de la estructura	90%
Tiempo promedio de descenso	20 seg.
Funcionamiento del sistema hidráulico	100%
Funcionamiento del sistema mecánico	100%
Funcionamiento del sistema eléctrico	100%
Funcionamiento del sistema de seguridad (mecánico / eléctrico paro de emergencia)	100%
Fiabilidad total del elevador	100%



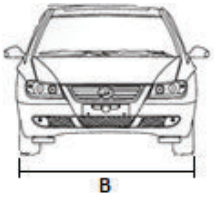


Tabla 14. Pruebas elevador de autos con carga.
(Fuente: elaborado por los autores)

Como se puede observar en las tablas 13 y 14 el elevador de autos de una columna cumple con el diseño y especificaciones propuestas.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

1. La alternativa seleccionada de acuerdo al criterio de Diseño Concurrente propuesto por el autor Carles Riba; resultó ser el elevador de una columna electro-hidraulico debido a que se comprueba las ventajas como aprovechamiento de espacio físico, versatilidad y facilidad de operación.

2. Se diseño y construyo un sistema elevador de autos de 1750 kg de capacidad de una columna, que se utilizará en el laboratorio de Sistemas Automotrices con fines didacticos.

3. El costo de fabricación del sistema elevador de autos localmente es de 2757,62 usd y el costo de un sistema similar importado es de 3092 usd lo que significaq que hay un ahorro del 12% en fabricarlo localmente; considerando que el sistema hidráulico se importo para la fabricación ya que construirlo lo encarecía.

4. Se valido el sistema elevador de autos en las instalaciones de la Escuela Politécnica Nacional verificando que su funcionamiento concordó con las especificaciones de diseño.

5. Este tipo de elevador no es muy utilizado en la industria automotriz, por lo que no se descarta la idea de que se lo pueda fabricar en serie y comercializarlo.

6.2. Recomendaciones

1. Para bajar costos de producción se recomienda utilizar materiales de mejores propiedades mecánicas, actualmente el mercado nacional ofrece aunque en pocas cantidades.

2. Se recomienda dar un mantenimiento preventivo, para prolongar el tiempo de vida útil del equipo.

3. Se recomienda no sobrepasar el peso a elevar que es de 1750 kg.
4. Se recomienda realizar un estudio de mercado para ver la factibilidad de producción en serie de este tipo de equipos.

5. Aplicar el método de elementos finitos para el diseño óptimo de las partes de este equipo.

6. Se recomienda diseñar y fabricar este tipo de equipos bajo los estandares de normas.

ANEXOS

Anexo1: Fotografías: Proceso de fabricación

Preparación de materiales, corte y doblado

Doblado de columna y brazos.

(Fuente: Elaborado por los autores)

Doblado de columna y brazos.

(Fuente: Elaborado por los autores)

Doblado de columna y brazos.

(Fuente: Elaborado por los autores)

Doblado de columna y brazos.

(Fuente: Elaborado por los autores)

Ensamble en crudo

Ensamble del elevador en crudo.

(Fuente: Elaborado por los autores)

Ensamble del elevador en crudo.

(Fuente: Elaborado por los autores)

Ensamble del elevador en crudo.

(Fuente: Elaborado por los autores)

Proceso de pintura

Granallado

Aplicación de capa pintura base, fondeo.

(Fuente: Elaborado por los autores)

Aplicación de capa pintura base, fondeo.

(Fuente: Elaborado por los autores)

Aplicación de pintura de acabado.

(Fuente: Elaborado por los autores)

Aplicación de pintura de acabado.

(Fuente: Elaborado por los autores)

Anexo 2: Protocolo de pruebas

Llegada del equipo.

(Fuente: Elaborado por los autores)

Pruebas de elevación.

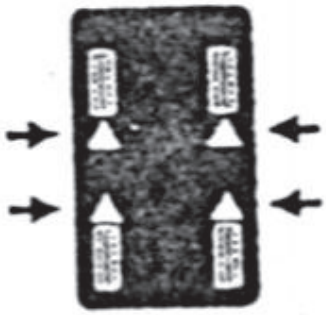
(Fuente: Elaborado por los autores)

Anexo 3. Manual de operación

Etiquetas explicativas de peligrosidad:

Lea el manual de funcionamiento y seguridad antes de usar el elevador.

Use los puntos de elevación marcados por el fabricante.



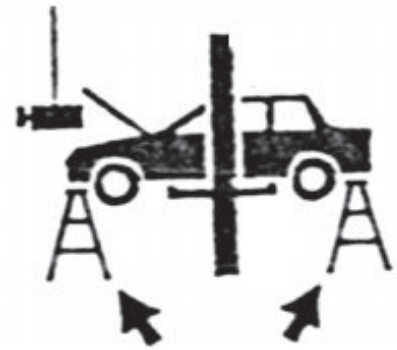
No utilice el elevador si está dañado o roto.

Este equipo debe ser utilizado únicamente por personal cualificado.

No permita personal no autorizado dentro del área de trabajo y funcionamiento.

Es necesario realizar las tareas de inspección y mantenimiento periódicamente para mantener las condiciones de seguridad del equipo.

Utilice burrillas o sistemas de sujeción en los casos en los que retire elementos cruciales del vehículo que pudieran afectar a la estabilidad del mismo.



Los adaptadores auxiliares pueden reducir la capacidad de elevación del equipo.

Deje el área despejada si hay riesgo de caída.

Posicione el vehículo con el centro de gravedad en el medio de los brazos de soporte.

Deje libre el área de trabajo cuando el elevador este subiendo o bajando.

Evite mover bruscamente el vehículo cuando este subido el elevador.

No manipule los sistemas de anclaje de seguridad ni el motor del equipo.

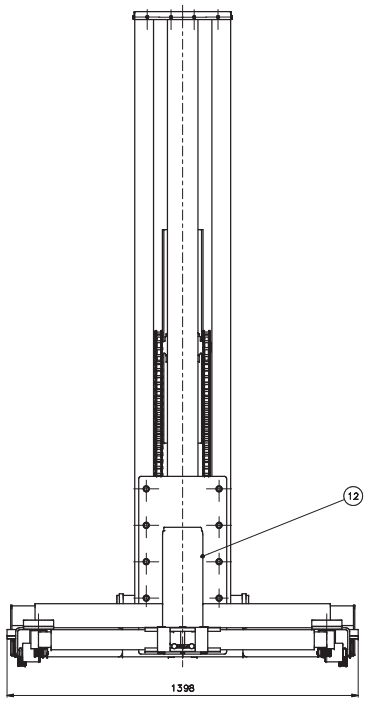
Aparte los pies del área de trabajo cuando el elevador esté bajando.

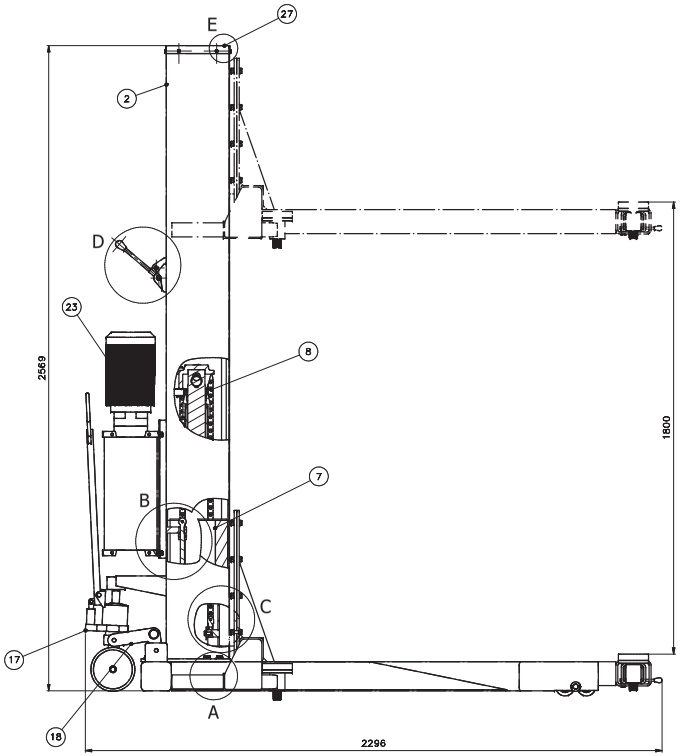
No se apoye o suba al brazo del elevador durante las operaciones de subida y bajada.

Cuando esté trabajando con el elevador protéjase utilice tapones auditivos y casco de seguridad.

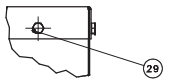
Este elevador de autos ha sido diseñado y fabricado para subir diferentes tipos de automotores de tamaño pequeño y mediano, cuyo peso sea igual o inferior a 1800 Kg. dentro del laboratorio de Sistemas Automotrices de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

Anexo 4: Planos de taller

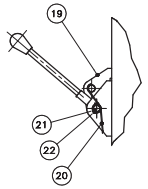


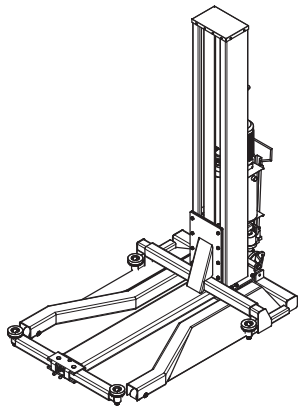


DETALLE E
ESCALA (1 : 2.5)



DETALLE D
ESCALA (1 : 5)

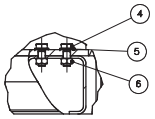




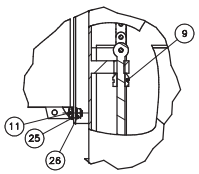
ESPECIFICACIONES TECNICAS

CAPACIDAD DE LEVANTE:	1750 kg
ALTURA DE TRABAJO	1800 mm
LARGO/ANCHO MINIMO LIBRE AUTOMOTOR	1400/1100 mm
ANCHO MAXIMO AUTOMOTOR	1600 mm
VELOCIDAD DE ASCENSO	50 mm/s
POTENCIA DEL MOTOR	3,5 hp
VOLTAJE DEL MOTOR	220 v
# FASES	3
PESO ELEVADOR	650 kg

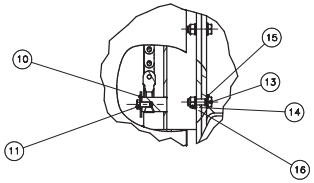
DETALLE A
ESCALA (1 : 5)

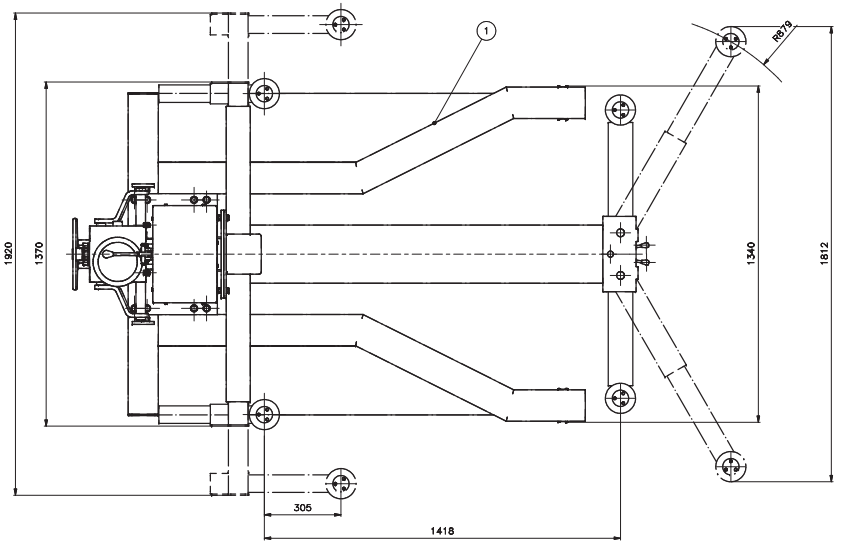


DETALLE B
ESCALA (1 : 5)



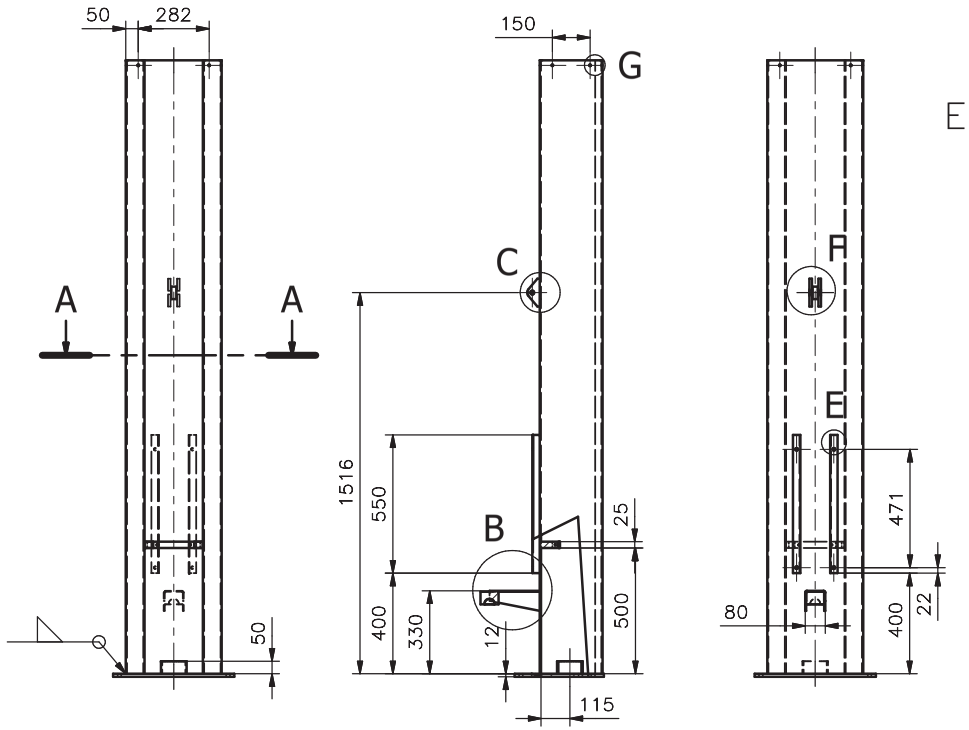
DETALLE C
ESCALA (1 : 5)



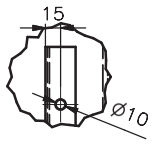


POS	ZON	DENOMINACION	CANT	MATERIAL	NORMA/DIBUJO	NOTAS
29		Tornillo hexagonal M6x12	10	Acero	DIN 933	
28		Cobertor frontal	1	Acero	ELE-108	
27		Tapa columna	1	Acero	ELE-107	
26		Tuerca hexagonal M10x1,25	4	Acero	DIN 934	
25		Arandela plana 10,5	8	Acero	DIN 125-A	
23		Centralina	1			
22		Anillo elástico exterior M-14	2	Acero	ANSI B27.7 M	
21		Pasador seguro	1	Acero	ELE-106	
20		Resorte seguro	1	Acero	ELE-105	
19		Seguro emergencia	1	Acero	ELE-006	
18		Acople gato transporte	1	Acero	ELE-104	
17		Gato de transporte	1			
16		Tuerca hexagonal M12x1,5	8	Acero	DIN 934	
15		Arandela plana A 13	8	Acero	DIN 125	
14		Arandela de presión A-12	8	Acero	DIN-127	
13		Tornillo hexagonal M12x1,5x40	8	Acero	DIN-933	
12		Sistema de elevación	1	Acero	ELE-005	
11		Tornillo hexagonal M10x1,5x20	6	Acero	DIN 933	
10		Disco tope de cadena	2	Acero	ELE-103	
9		Tuerca de cadena	2	Acero	ELE-102	
8		Cadena Nr 16-B	2	Acero	ISO-606	
7		Deslizador	1	Acero	ELE-004	
6		Tuerca hexagonal M14x1,5	8	Acero	DIN 934	
5		Arandela plana A 15	8	Acero	DIN 125	
4		Tornillo hexagonal M14x1,5x35	8	Acero	DIN 933	
3		Cilindro	1	Acero	ELE-003	
2		Columna	1	Acero	ELE-101	
1		BASE DE TRANSPORTE	1	Acero	ELE-002	

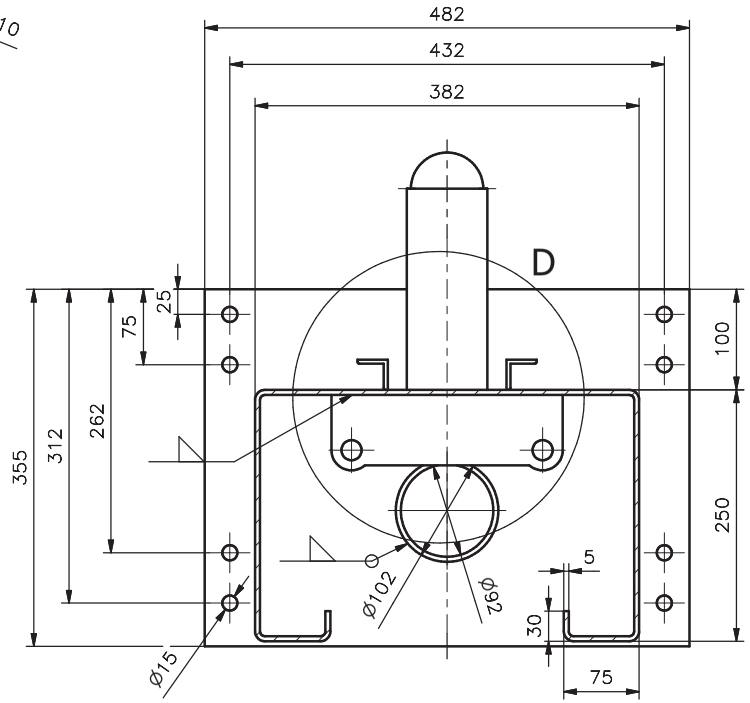
E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	DIB. Novoa-Rodriguez DIS. Novoa-Rodriguez REV. Ing. Iván Zambrano	ESCALA 1:10
ELEVADOR DE AUTOS		ELE-001	FECHA 09/01/2017



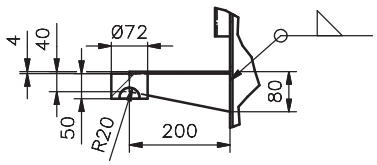
DETALLE E
ESCALA (1 : 5)



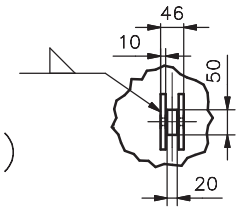
CORTE A–A
ESCALA (1 : 5)



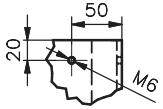
DETALLE B
ESCALA (1 : 10)



DETALLE F
ESCALA (1 : 10)

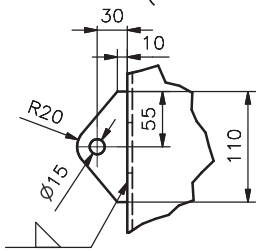


DETALLE G
ESCALA (1 : 5)

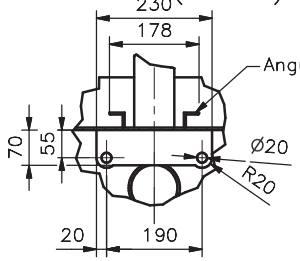


NOTA:
Soldar con E–6011

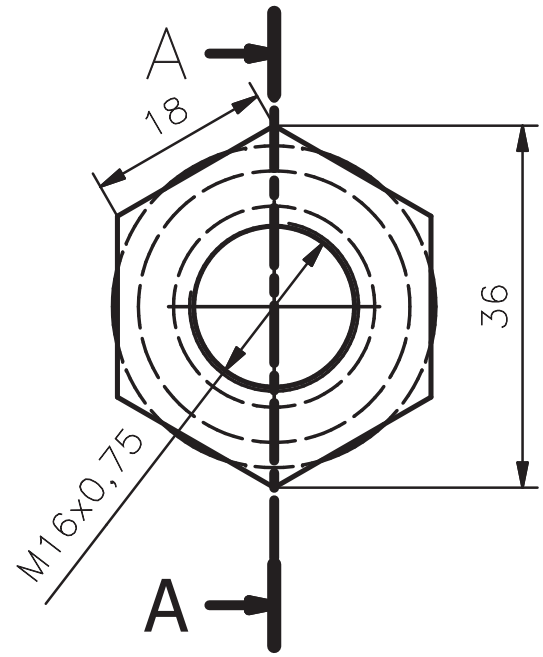
DETALLE C
ESCALA (1 : 5)



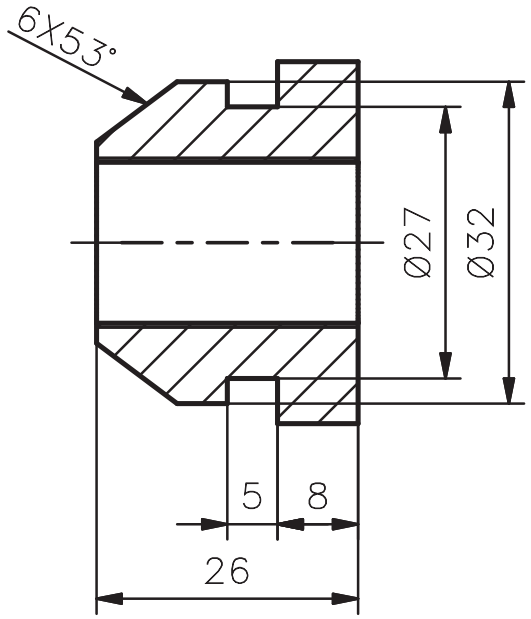
DETALLE D
ESCALA (1:10)

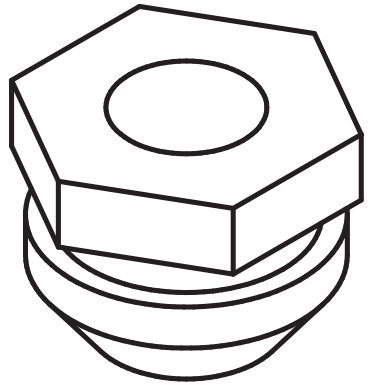


TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		
RECUBRIMIENTO	NINGUNO				
NUMER. PIEZAS	1				
MATERIAL ACERO ASTM A-36	Tol. Gral. ±0,5	ESCALA 1:20	DIB.	Novoa-Rodríguez	
			DIS.	Novoa-Rodríguez	
			REV.	Ing. Iván Zambrano	
COLUMNA		ELE-101	FECHA 10/01/2017		

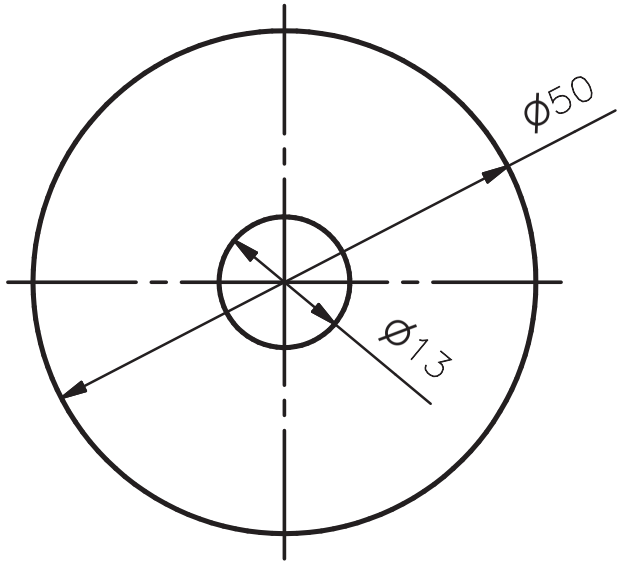


CORTE A–A
ESCALA (1 : 1)





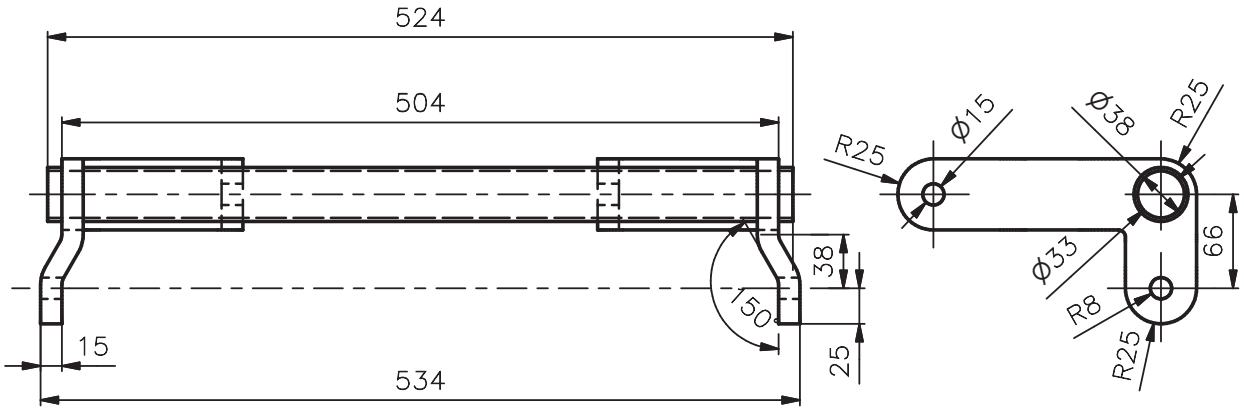
TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMER. PIEZAS	2			
MATERIAL ACERO AISI 1018	Tol. Gral. ± 0,2	ESCALA 1:1	DIB.	Novoa-Rodríguez
			DIS.	Novoa-Rodríguez
			REV.	Ing. Iván Zambrano
TUERCA DE CADENA		ELE-102	FECHA 11/01/2017	

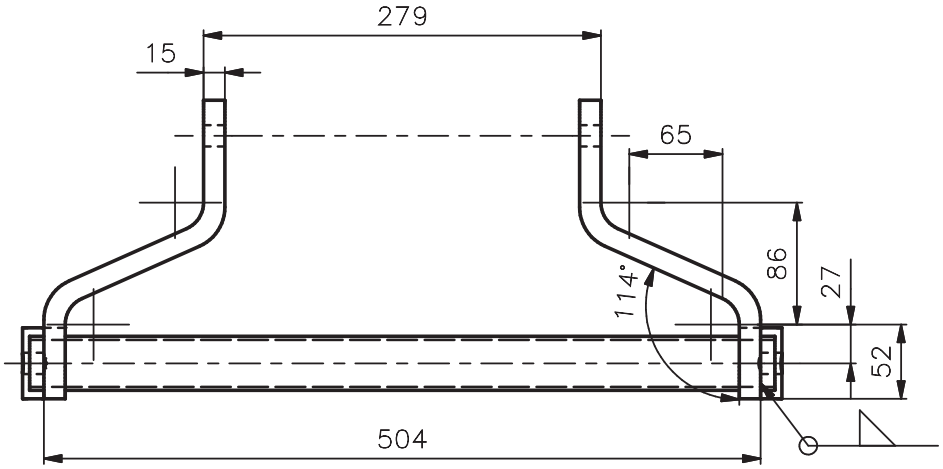


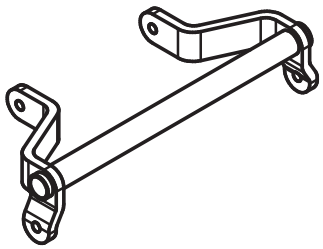
N7

e = 3 mm

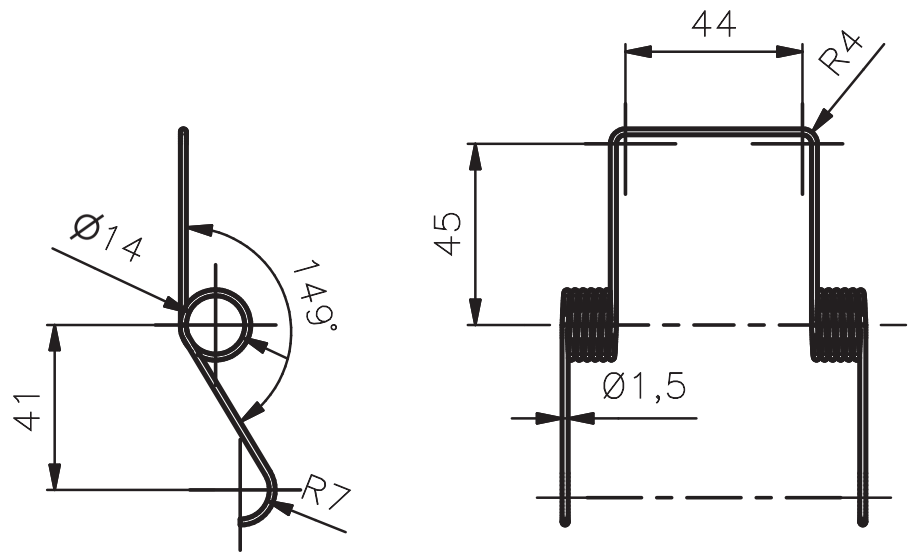
TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		
RECUBRIMIENTO	NINGUNO				
NUMER. PIEZAS	2				
MATERIAL ACERO ASTM A-36	Tol. Gral. 0,2	ESCALA ±1:1	DIB.	Novoa-Rodríguez	
			DIS.	Novoa-Rodríguez	
			REV.	Ing. Iván Zambrano	
DISCO TOPE DE CADENA		ELE-103	FECHA 11/01/2017		



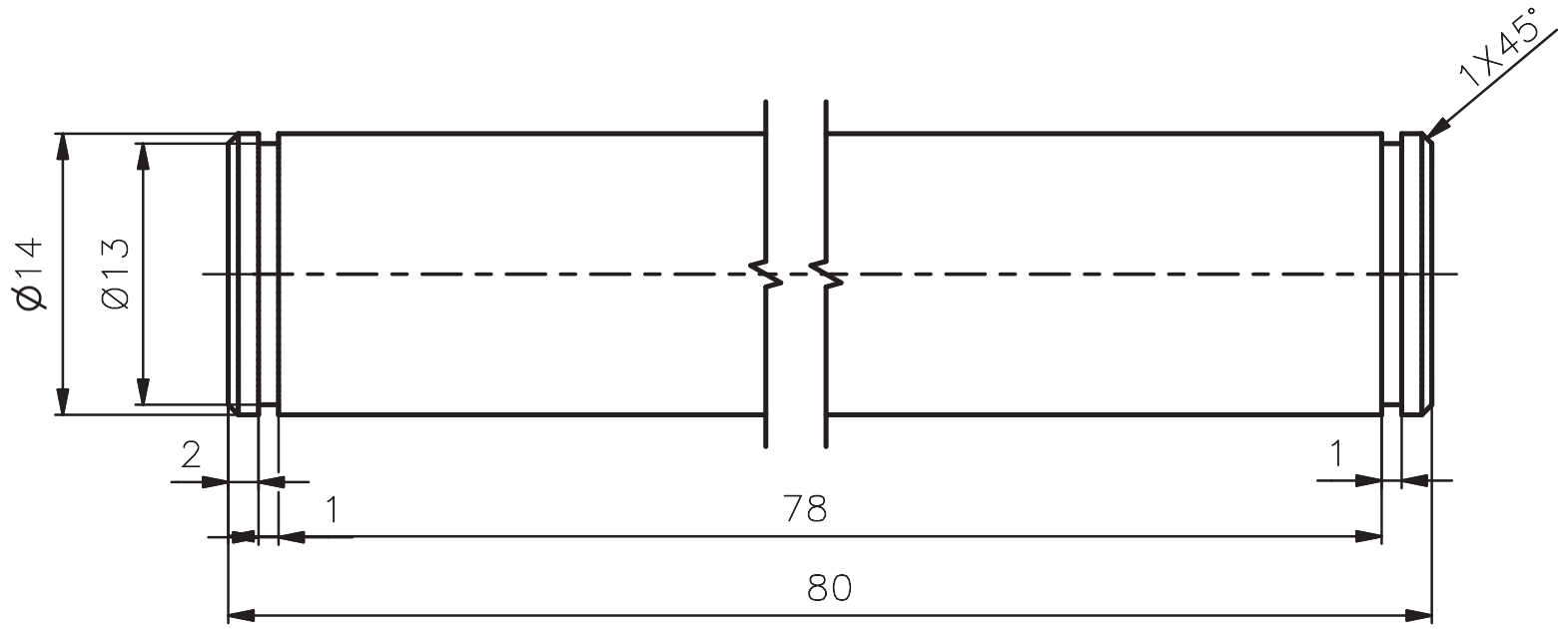




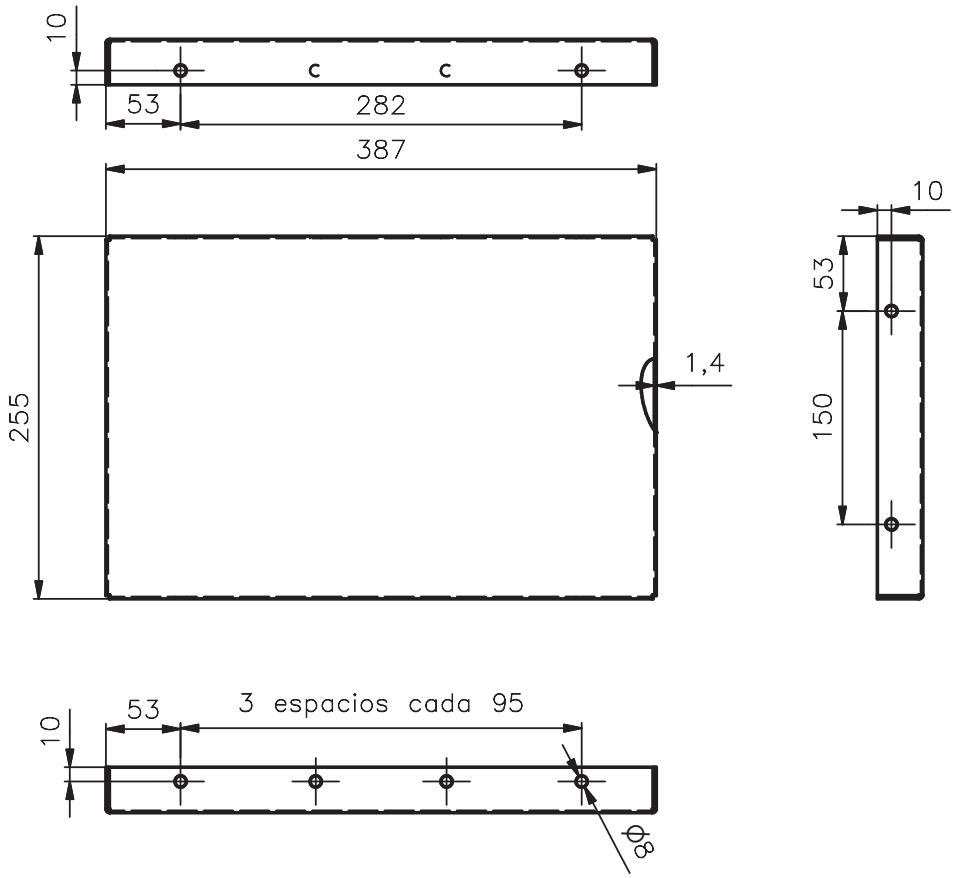
TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		
RECUBRIMIENTO	NINGUNO				
NUMER. PIEZAS	1				
MATERIAL ACERO ASTM A-36	Tol. Gral. ±0,5	ESCALA 1:5	DIB.	Novoa-Rodríguez	
			DIS.	Novoa-Rodríguez	
			REV.	Ing. Iván Zambrano	
ACOPLE GATO TRANSPORTE		ELE-104	FECHA 18/01/2017		



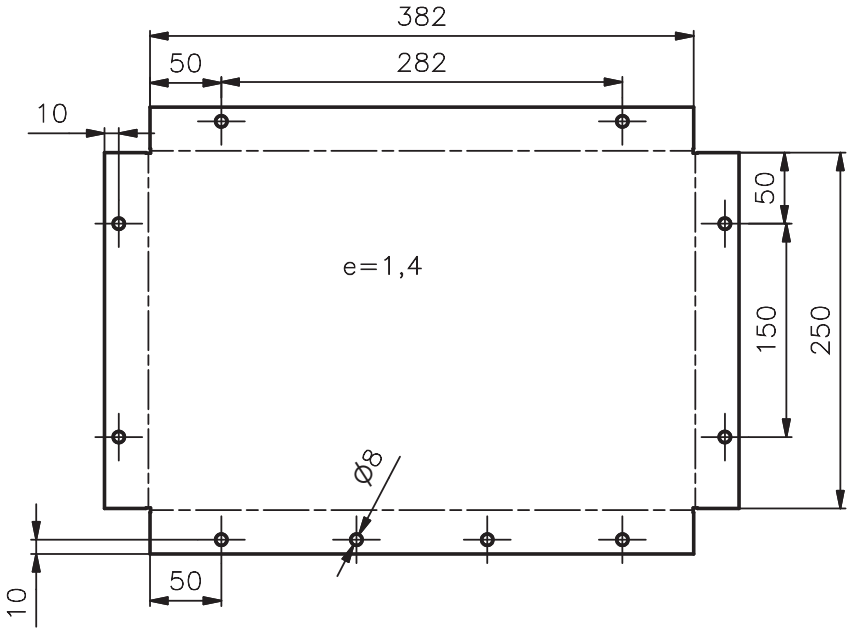
TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMER. PIEZAS	1			
MATERIAL ACERO AISI 1085	Tol. Gral. ±0,2	ESCALA 1:2,5	DIB.	Novoa-Rodríguez
			DIS.	Novoa-Rodríguez
			REV.	Ing. Iván Zambrano
RESORTE SEGURO		ELE-105	FECHA 18/01/2017	



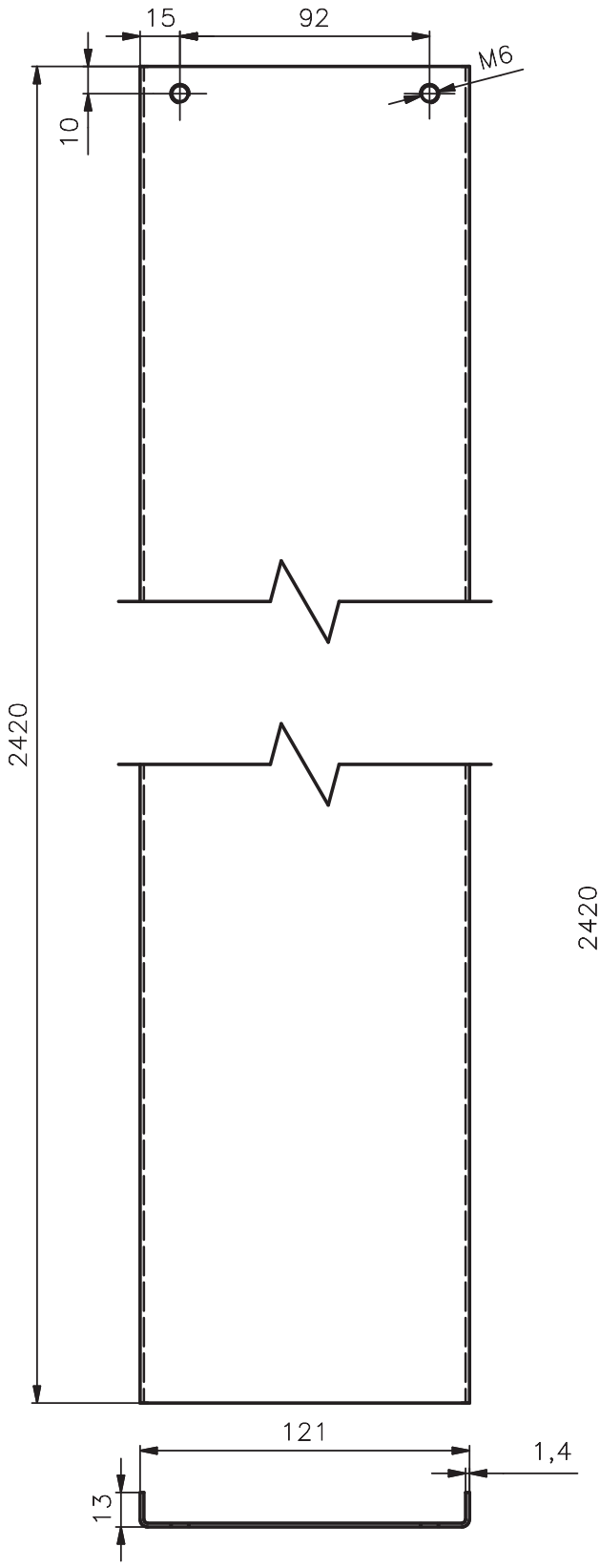
TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMER. PIEZAS	1			
MATERIAL ACERO AISI 1018	Tol. Gral. ± 0,2	ESCALA 2:1	DIB.	Novoa-Rodríguez
			DIS.	Novoa-Rodríguez
			REV.	Ing. Iván Zambrano
PASADOR SEGURO		ELE-106	FECHA 18/01/2017	



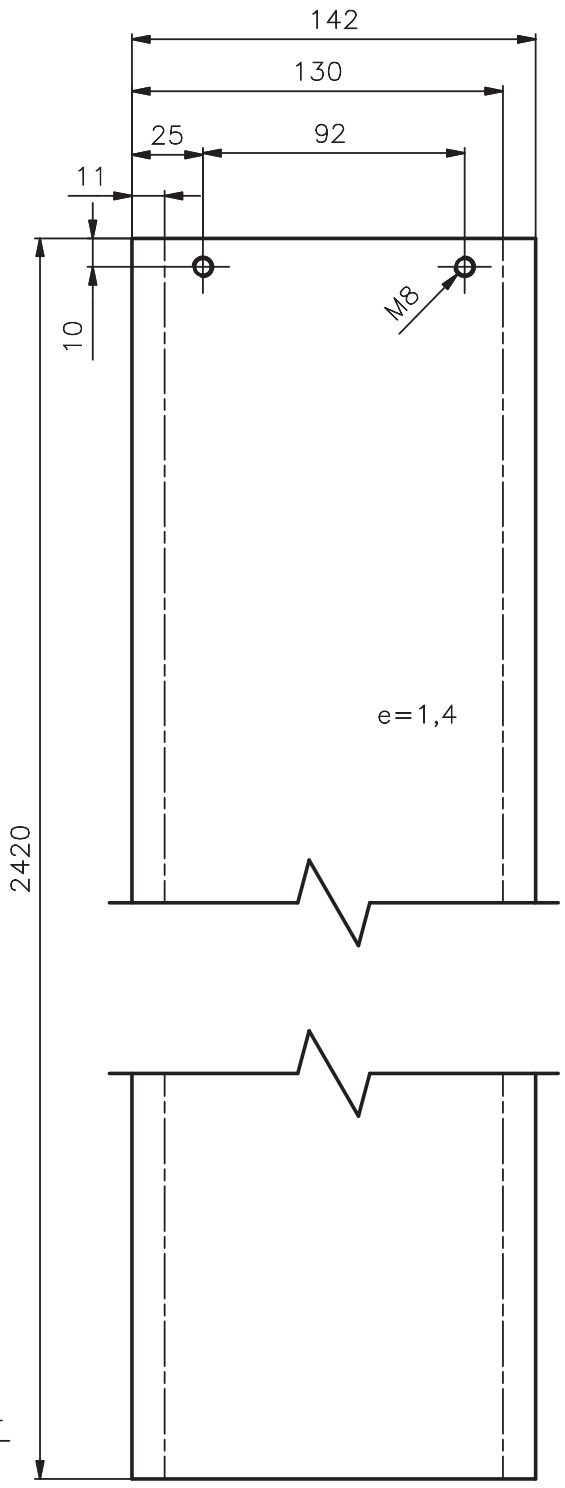
DESARROLLO



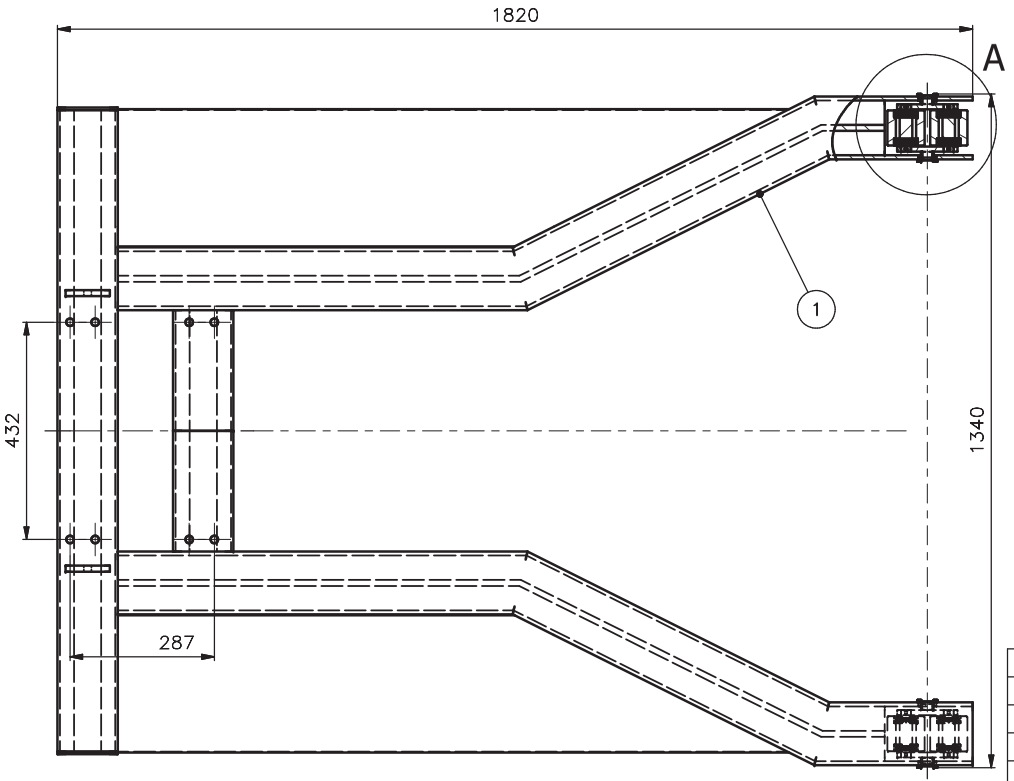
TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMER. PIEZAS	1			
MATERIAL ACERO ASTM A-36	Tol. Gral. ±0,2	ESCALA 1:2,5	DIB. DIS. REV.	Novoa-Rodríguez Novoa-Rodríguez Ing. Iván Zambrano
TAPA COLUMNA		ELE-107	FECHA 18/01/2017	



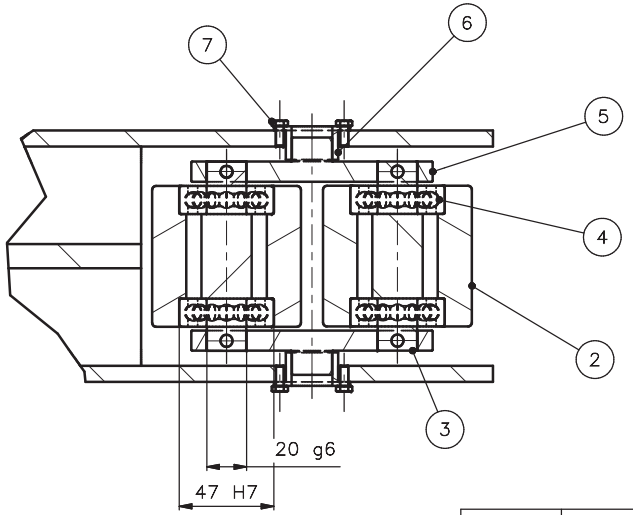
DESARROLLO



TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMER. PIEZAS	1			
MATERIAL ACERO ASTM A-36	Tol. Gral. ± 0,5	ESCALA 1:2,5	DIB.	Novoa-Rodríguez
			DIS.	Novoa-Rodríguez
			REV.	Ing. Iván Zambrano
COBERTOR FRONTAL		ELE-108	FECHA 18/01/2017	



DETALLE A
ESCALA (1 :2,5)

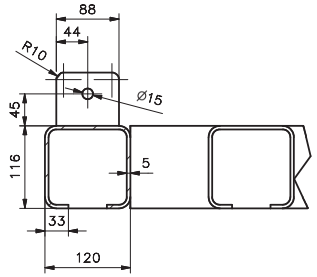


Ø47 H7	47,025
	47,000
Ø20 g6	19,703
	19,780

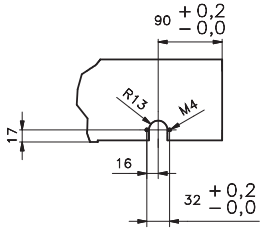
POS	ZON	DENOMINACION	CANT	MATERIAL	NORMA/DIBUJO	NOTAS
7		Tornillo hexagonal M4x10	8	Acero	DIN-933	
6		Bocín rueda	4	Acero	ELE-205	
5		Conector llanta	4	Acero	ELE-204	
4		Rodamiento rigido de bolas	8	Acero	6204-2Z	
3		Pasador rueda	4	Acero	ELE-203	
2		Rueda frontal	4	Poliuretano	ELE-202	
1		ESTRUCTURA DE LA BASE DE TRANSPORTE	1	Acero	ELE-201	

E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	DIB. Novoa-Rodriguez DIS. Novoa-Rodríguez REV. Ing. Iván Zambrano	ESCALA 1:10
BASE DE TRANSPORTE		ELE-002	FECHA 09/01/2017

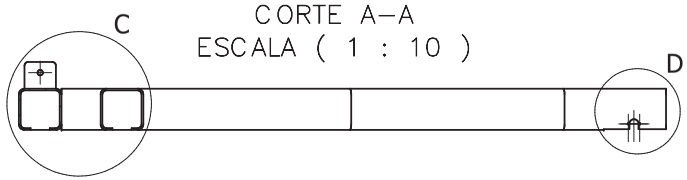
DETALLE C
ESCALA (1 : 5)



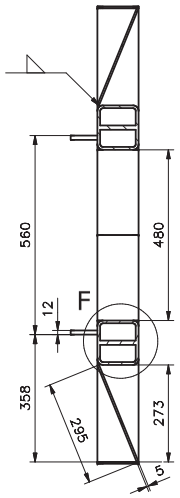
DETALLE D
ESCALA (1 : 5)

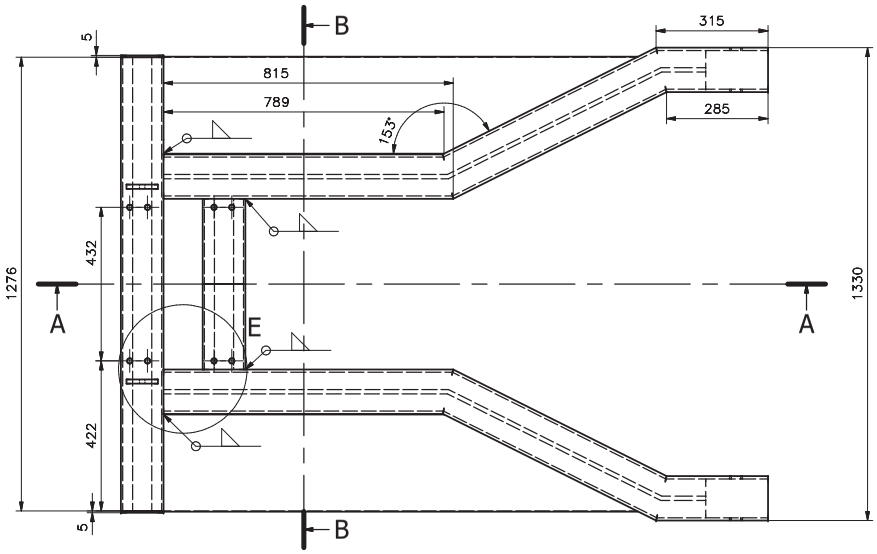


CORTE A–A
ESCALA (1 : 10)

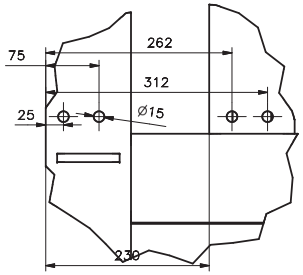


CORTE B–B
ESCALA (1 : 10)

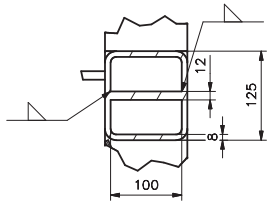




DETALLE E
ESCALA (1 : 5)



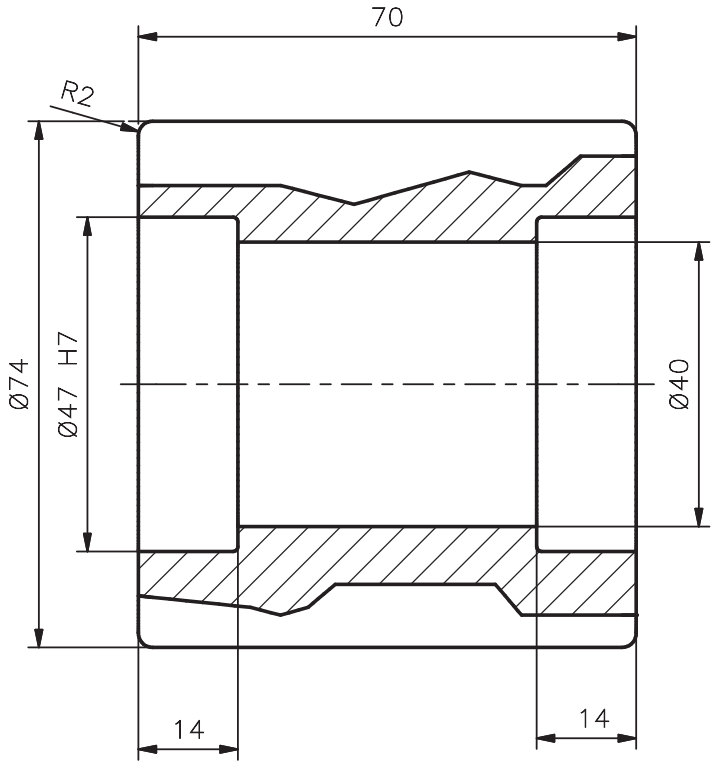
DETALLE F
ESCALA (1 : 5)



TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		
RECUBRIMIENTO	ESMALTE SINTETICO				
NUMER. PIEZAS	1				
MATERIAL	Tol. Gral.	ESCALA	DIB.	Novoa-Rodríguez	
ACERO ASTM A-36	± 0,5	1:10	DIS.	Novoa-Rodríguez	
			REV.	Ing. Iván Zambrano	
ESTRUCTURA DE LA BASE DE TRANSPORTE		ELE-201	FECHA	09/01/2017	

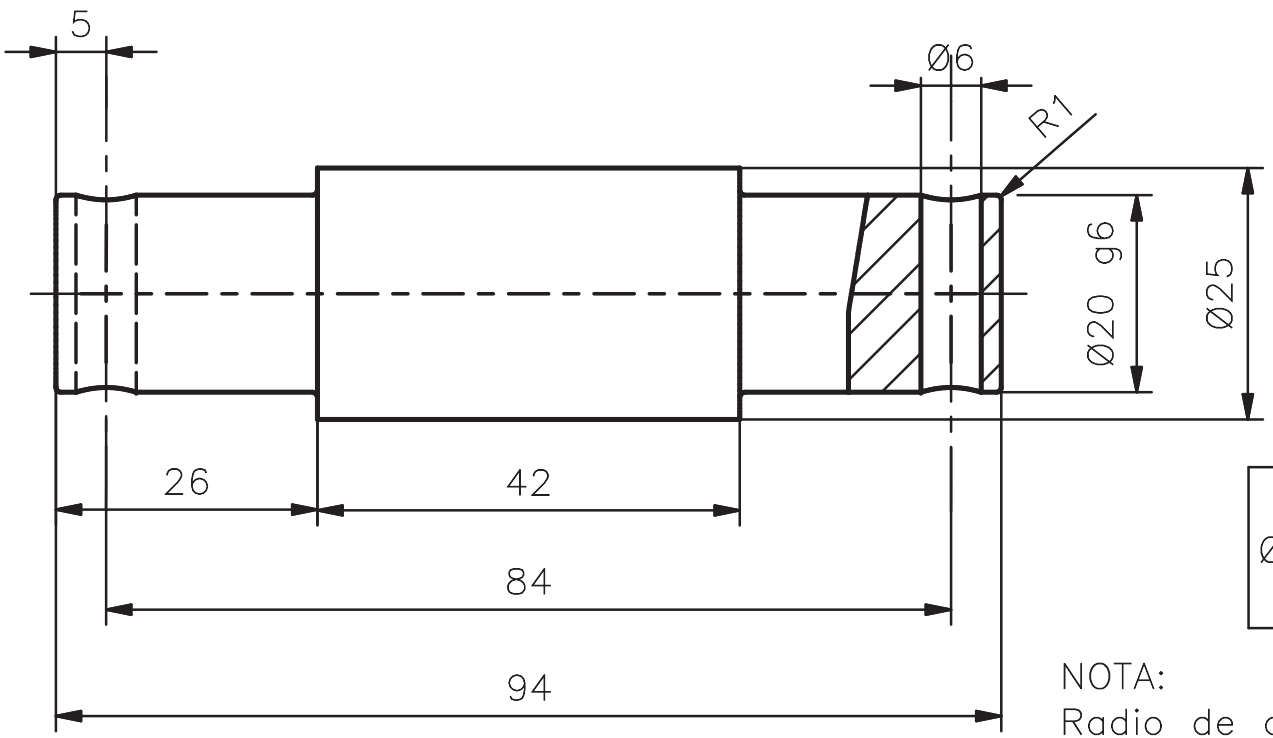
N7

Ø47 H7	47,025
	47,000



NOTAS:
Radio de acuerdo 0,5 mm

TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		
RECUBRIMIENTO	NINGUNO				
NUMER. PIEZAS	4				
MATERIAL POLIURETANO	Tol. Gral. ±0,5	ESCALA 1:2,5	DIB.	Novoa-Rodríguez	
			DIS.	Novoa-Rodríguez	
			REV.	Ing. Iván Zambrano	
RUEDA FRONTAL		ELE-202	FECHA 09/01/2017		

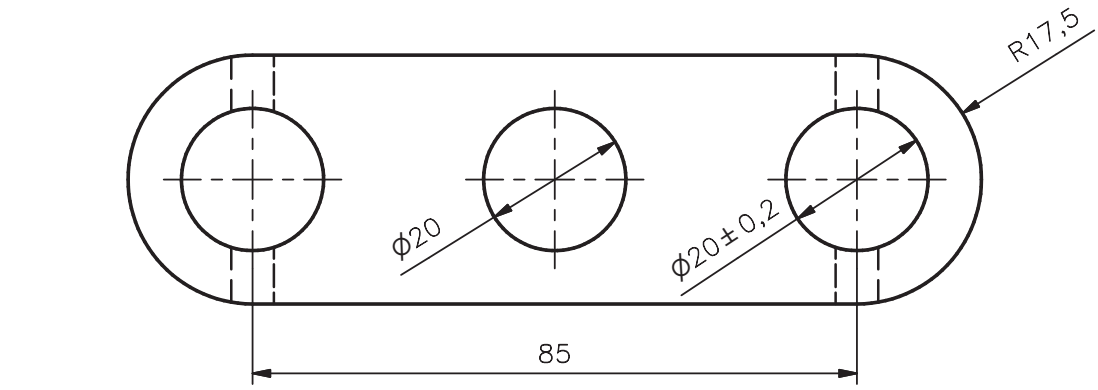


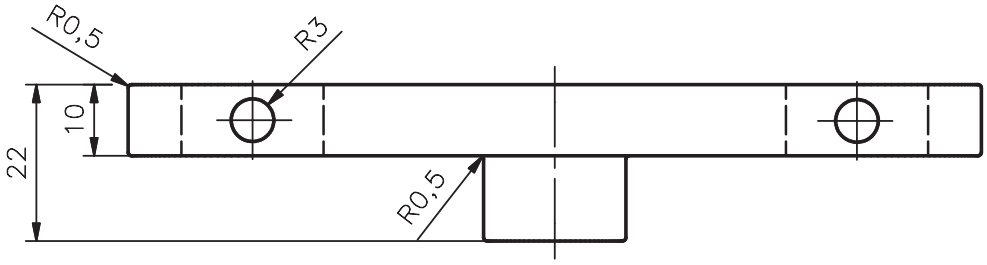
Ø20 g6	19,703
	19,780

NOTA:
Radio de acuerdo 0,5 mm

TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMER. PIEZAS	4			
MATERIAL ACERO AISI 1018	Tol. Gral. ± 0,1	ESCALA 1:1	DIB.	Novoa Rodríguez
			DIS.	Novoa Rodríguez
			REV.	Ing. Iván Zambrano
PASADOR RUEDA		ELE-203	FECHA 10/01/2017	

N7

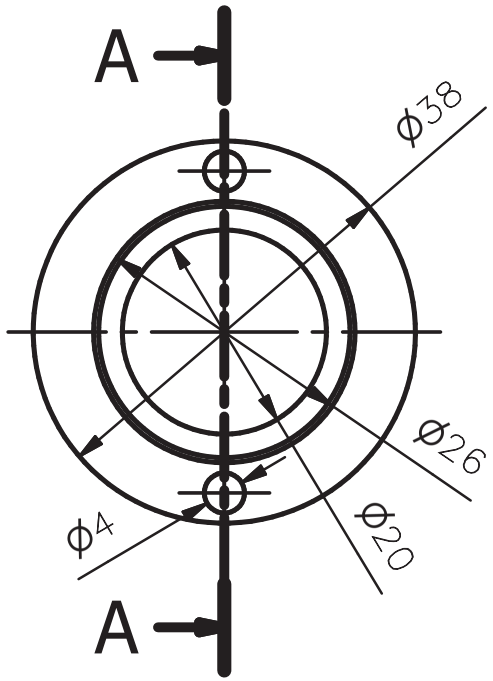


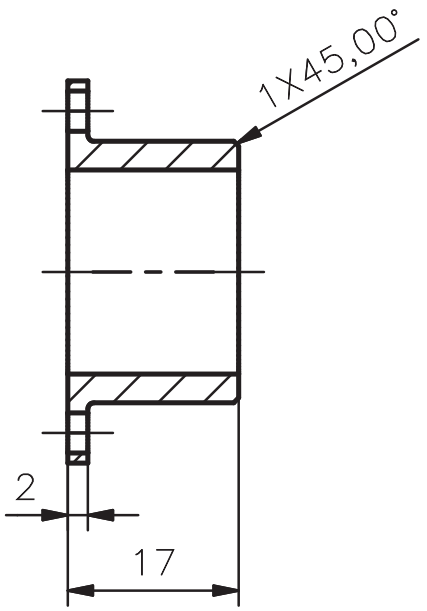


TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMER. PIEZAS	4			
MATERIAL FUNDICION GRIS	Tol. Gral. ± 0,5	ESCALA 1:1	DIB.	Novoa-Rodríguez
			DIS.	Novoa-Rodriguez
			REV.	Ing. Iván Zambrano
CONECTOR LLANTA		ELE-204	FECHA 10/01/2017	

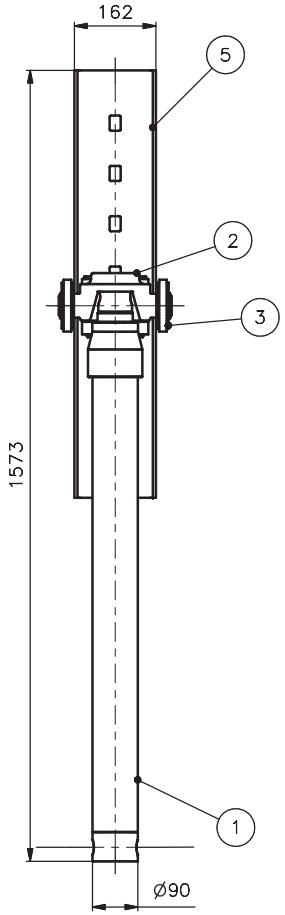
CORTE A–A
ESCALA (1 : 1)

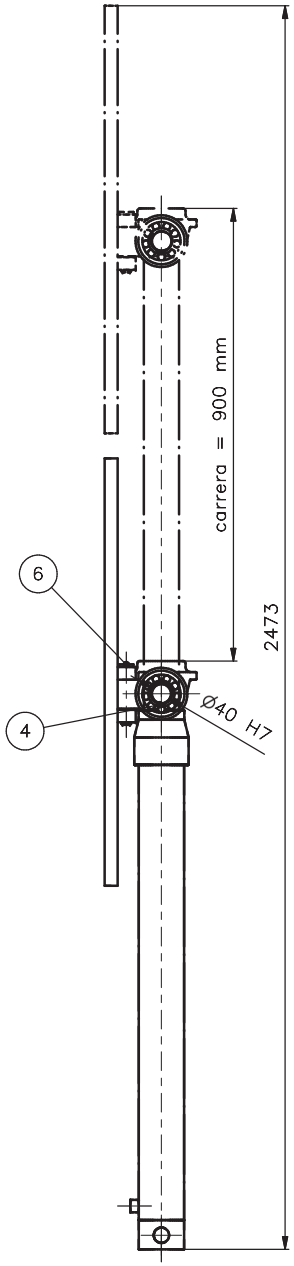
N7

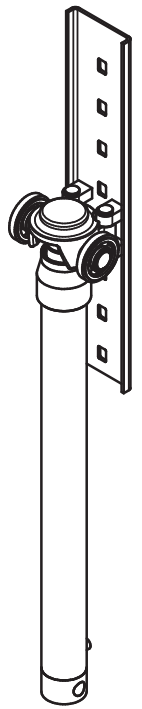




TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMER. PIEZAS	4			
MATERIAL ACERO AISI 1018	Tol. Gral. ±0,2	ESCALA 1:1	DIB.	Novoa-Rodríguez
			DIS.	Novoa-Rodríguez
			REV.	Ing. Iván Zambrano
BOCIN RUEDA		ELE-205	FECHA 10/01/2017	





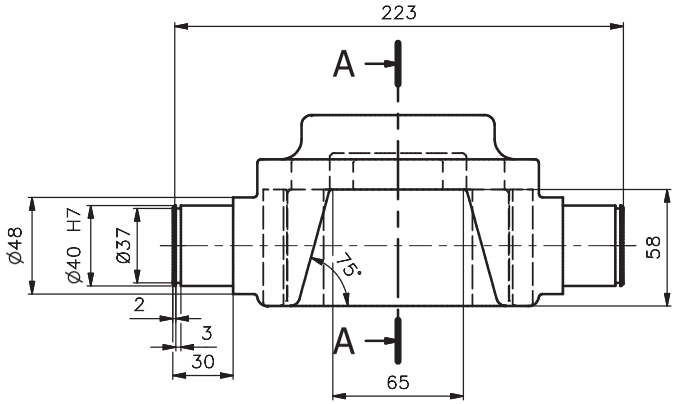


Ø40 H7	40,025
	40,000

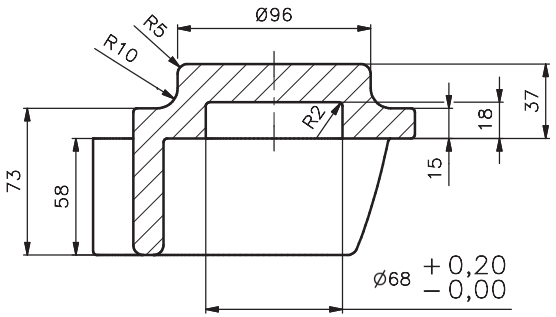
POS	ZON	DENOMINACION	CANT	MATERIAL	NORMA/DIBUJO	NOTAS
6		Pasador	2	Acero	ELE−303	
5		Placa seguro	1	Acero	ELE−302	
4		Anillo elástico exterior M−40	2	Acero	ANSI B 27.7M	
3		Rodamiento	2	Acero	6212−2Z	
2		Soporte rodamientos	1	Fundición	ELE−301	
1		Cilindro 70X75X900	1	Acero		CICROSA

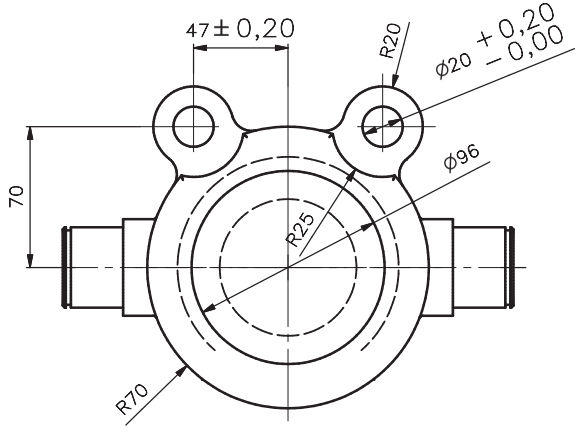
E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	DIB. Novoa−Rodfríguez DIS. Novoa−Rodríguez REV. Ing. Iván Zambrano	ESCALA 1:10
CILINDRO		ELE−003	FECHA 23/01/2017

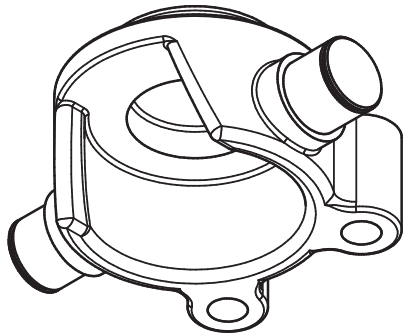
Ø40 H7	40,025
	40,000



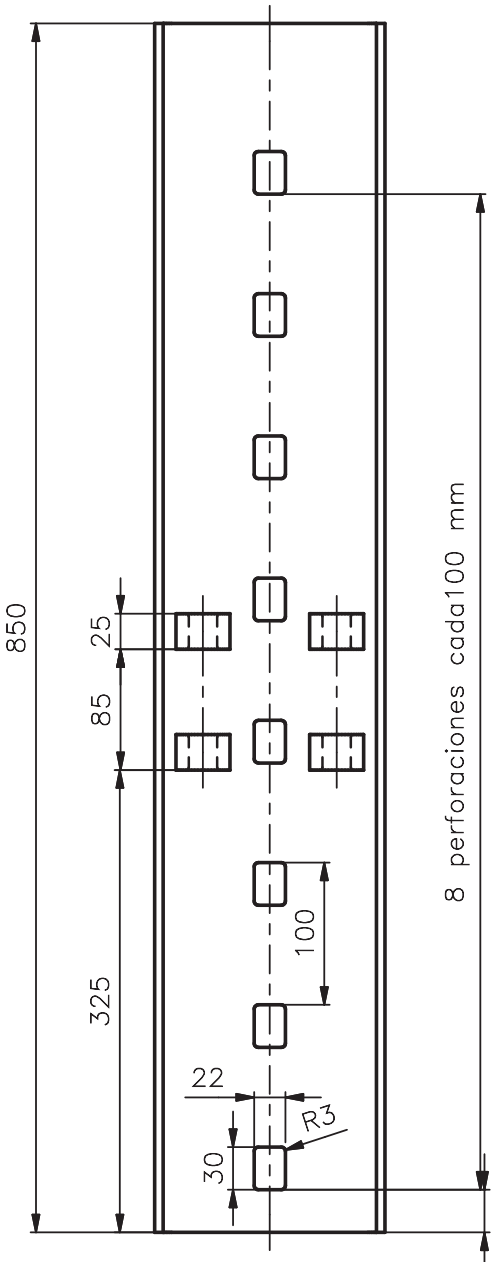
CORTE A–A
ESCALA (1 : 2,5)

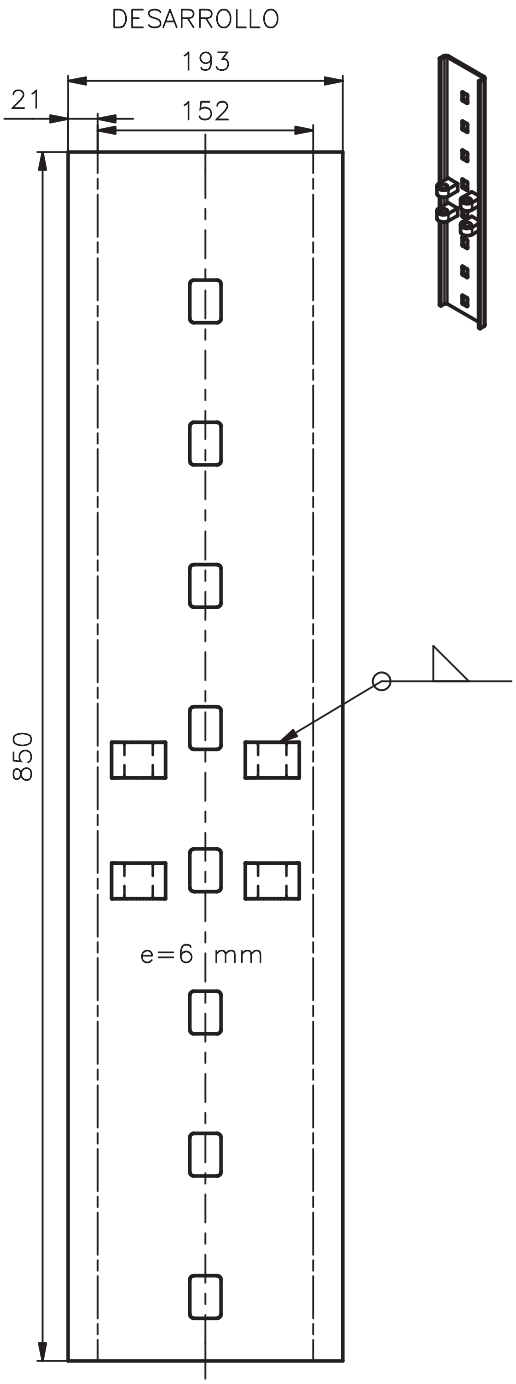


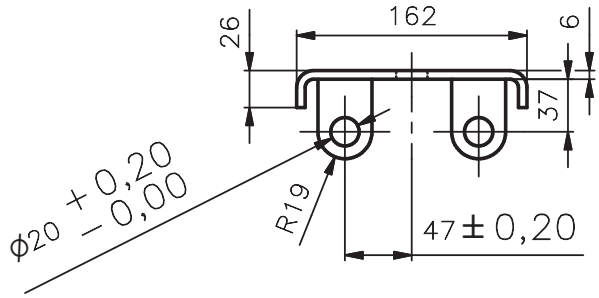




TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		
RECUBRIMIENTO	NINGUNO				
NUMER. PIEZAS	1				
MATERIAL: fundicion gris	Tol. Gral. ±0,5	ESCALA 1:2,5	DIB.	Novoa-Rodríguez	
			DIS.	Novoa-Rodríguez	
			REV.	Ing. Iván Zambrano	
SOPORTE RODAMIENTO		ELE-301	FECHA 24/01/2017		



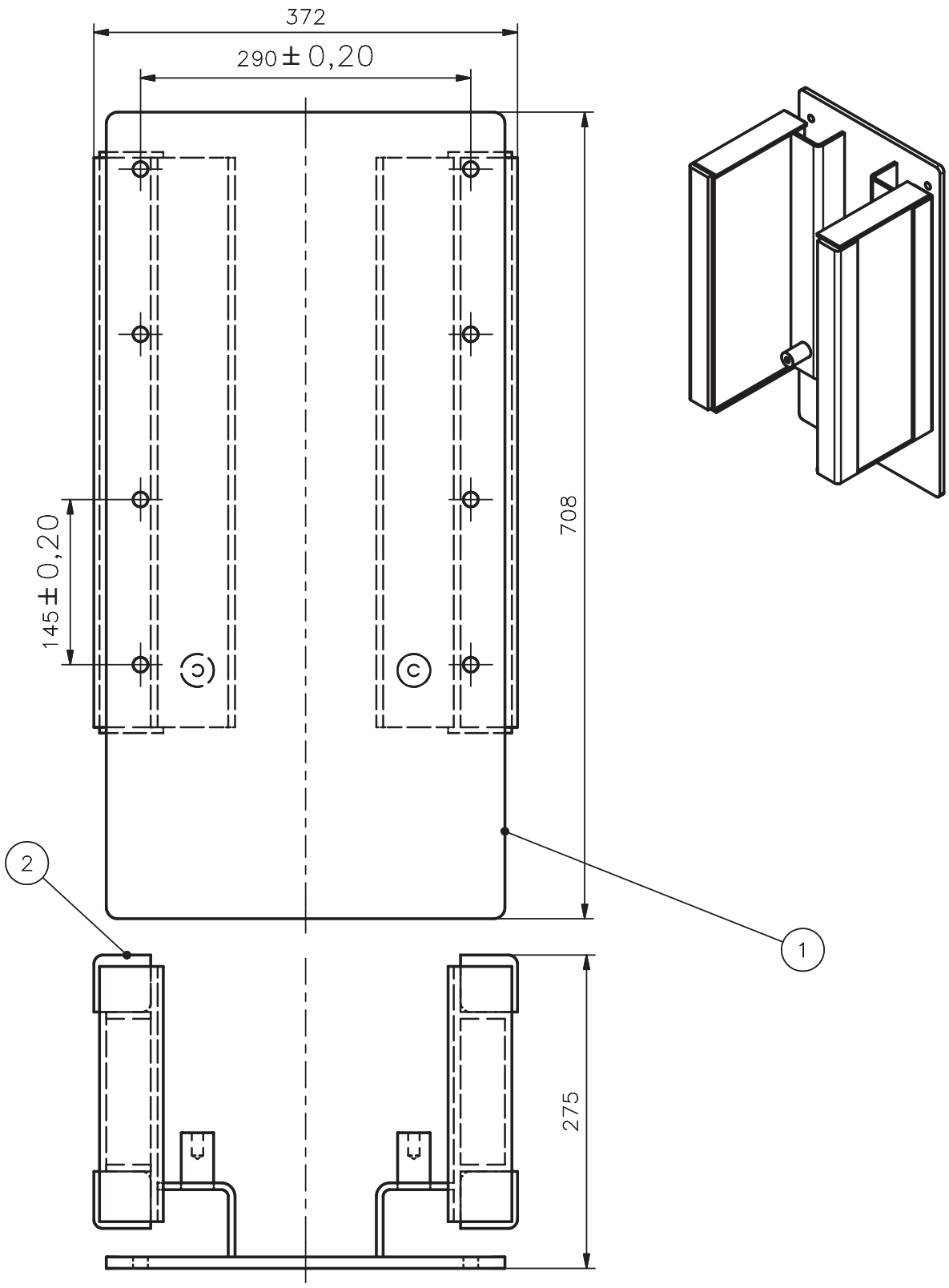




Soldadura con electrodo E6011

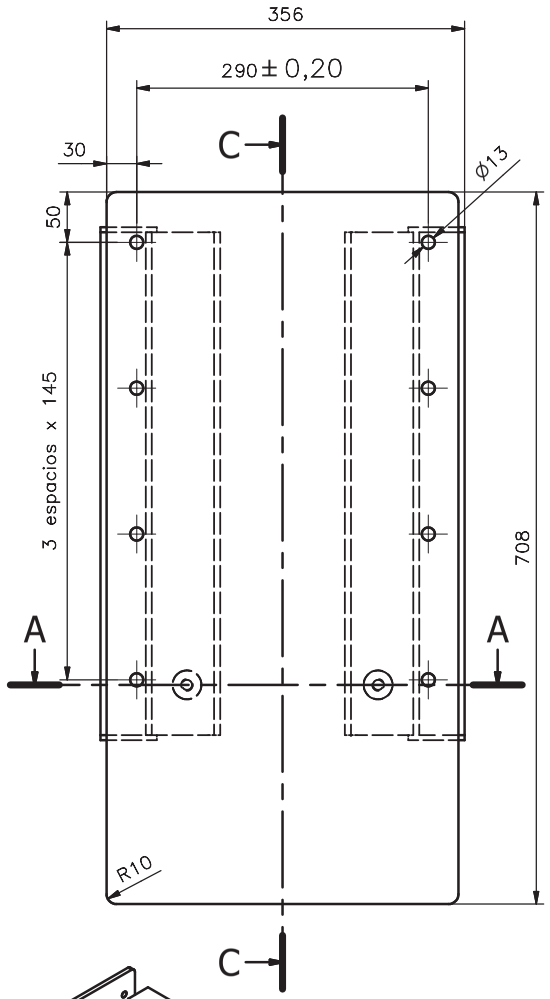
TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMER. PIEZAS	1			
MATERIAL ACERO ASTM A-36	Tol. Gral. ± 0,5	ESCALA 1:5	DIB.	Novoa-Rodríguez
			DIS.	Novoa.Rodríguez
			REV.	Ing. Iván Zambrano
PLACA SEGURO		ELE-302	FECHA 24/01/2017	

TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMER. PIEZAS	2			
MATERIAL ACERO AISI 1018	Tol. Gral. ±0,2	ESCALA 1:1	DIB.	novoa-Rodríguez
			DIS.	Novoa-Rodríguez
			REV.	Ing. Iván Zambrano
PASADOR		ELE-303	FECHA 24/01/2017	

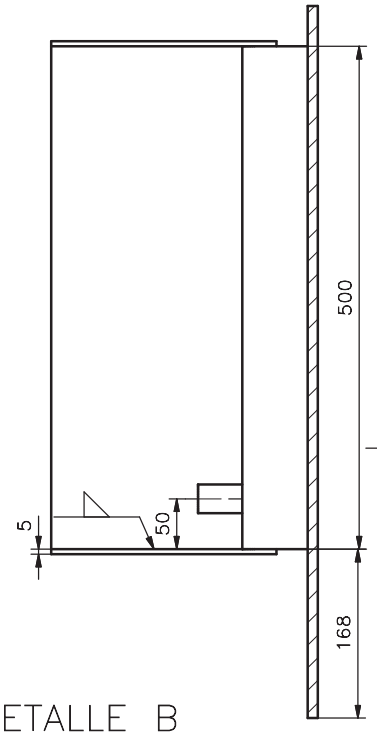


POS	ZON	DENOMINACION	CANT	MATERIAL	DENOMINACION	NOTAS
2		Barra duralon	4	Poliuretano	ELE−402	
1		Cuerpo del deslizador	1	Acero	ELE−401	

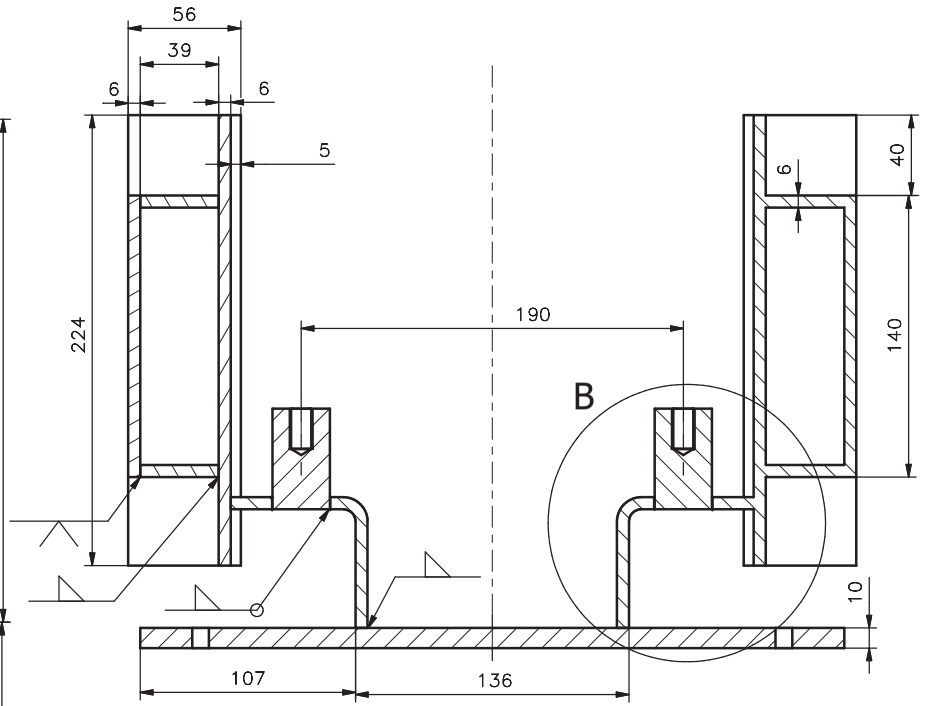
E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	DIB. Novoa-Rodríguez DIS. Novoa-Rodríguez REV. Ing. Iván Zambrano	ESCALA 1:5
DESLIZADOR	ELE-004		FECHA 10/01/2017



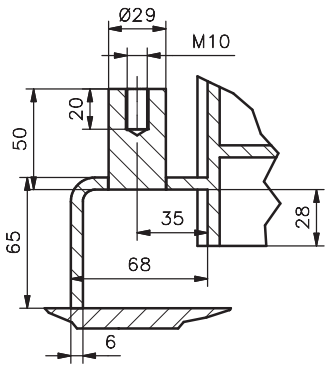
CORTE C – C
ESCALA (1:5)

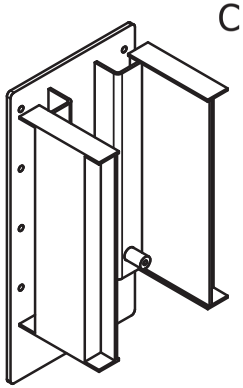


CORTE A – A
ESCALA (1:2,5)

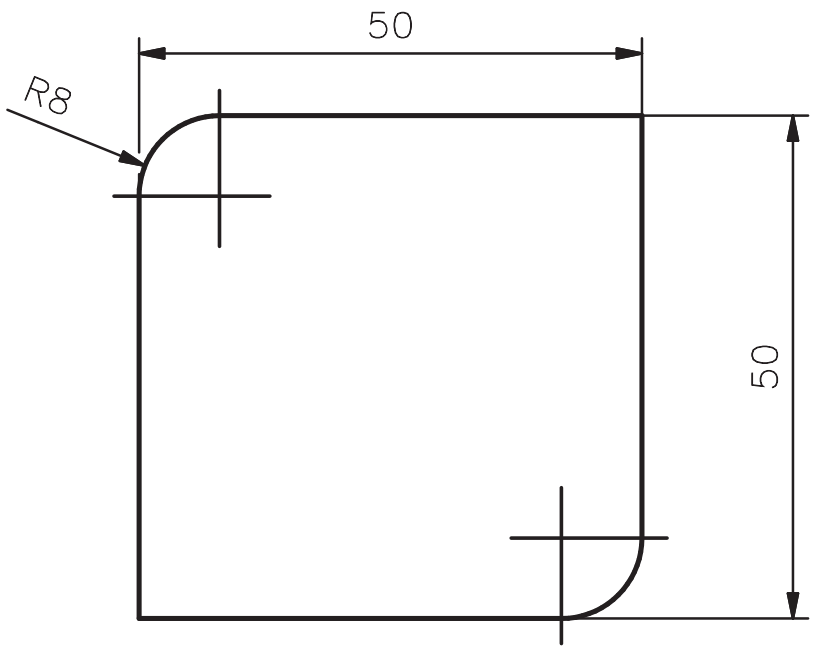


DETALLE B
ESCALA (1:2,5)





TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		
RECUBRIMIENTO	NINGUNO				
NUMER. PIEZAS	1				
MATERIAL ACERO ASTM A-36	Tol. Gral. ±0,5	ESCALA 1:5	DIB.	Novoa-Rodríguez	
			DIS.	Novoa.Rodríguez	
			REV.	Ing. Iván Zambrano	
CUERPO DEL DESLIZADOR		ELE-401	FECHA 10/01/2017		

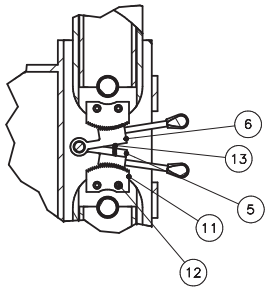


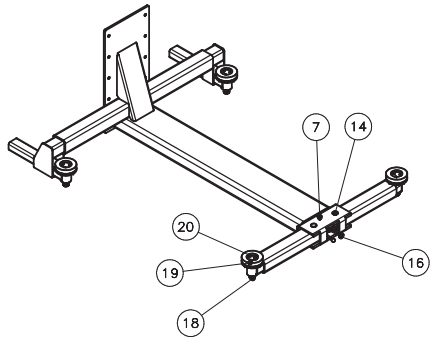
N7 Fresado

NOTA:
Alto 500 mm

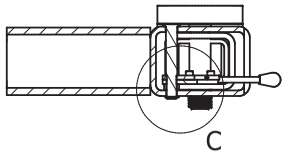
TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMER. PIEZAS	4			
MATERIAL DURALON	Tol. Gral. ±0,5	ESCALA 1:1	DIB.	Novoa-Rodríguez
			DIS.	Novoa-Rodríguez
			REV.	Ing. Iván Zambrano
BARRA DURALON		ELE-402	FECHA 10/01/2017	

DETALLE A
ESCALA (1 : 5)

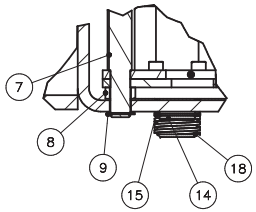


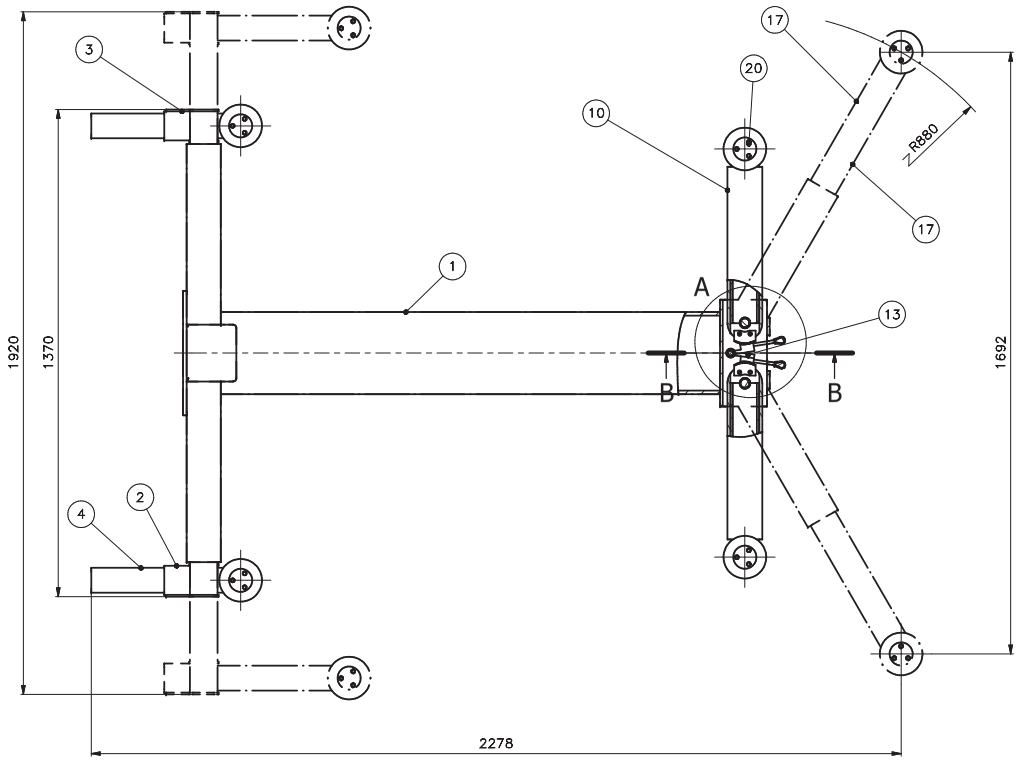


CORTE B–B
ESCALA (1:5)



DETALLE C
ESCALA (1 : 2,5)

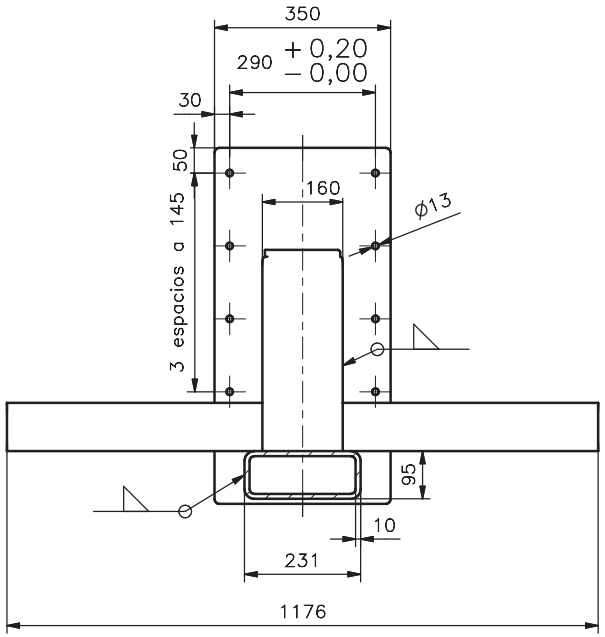


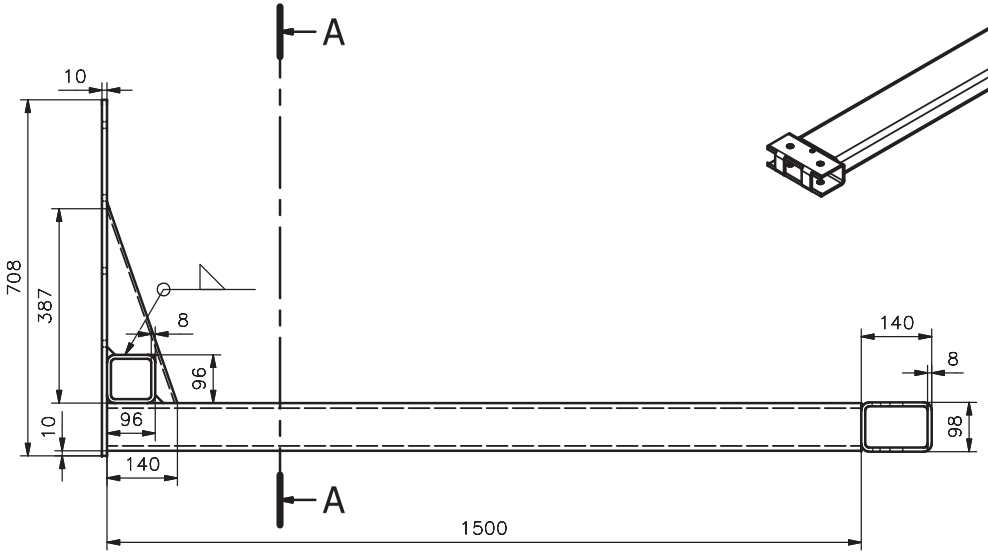


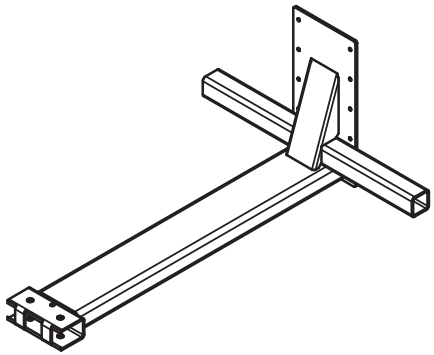
POS	ZON	DENOMINACION	CANT	MATERIAL	NORMA/DIBUJO	NOTAS
20		Tornillo hexagonal M6x25	12	Acero	DIN–933	
19		Base de caucho	4	Caucho	ELE–516	
18		Tornillo soporte de carga	4	Acero	ELE–515	
17		Brazo deslizable frontal	2	Acero	ELE–514	
16		Perilla	2	Acero	ELE–513	
15		Anillo elástico exterior 25	2	Acero	ANSI B–27.7	
14		Pasador pivote	2	Acero	ELE–512	
13		Resorte	1	Acero	ELE–511	
12		Tornillo alen M6x20	4	Acero	DIN 912	
11		Seguro fijo	2	Acero	ELE–510	
10		Brazo pivote frontal	2	Acero	ELE–509	
9		Anillo elástico exterior14	1	Acero	ANSI B–27.7	
8		Bocín seguro	1	Acero	ELE–508	
7		Pasador tope	1	Acero	ELE–507	
6		Seguro rueda derecho	1	Acero	ELE–506	
5		Seguro rueda izquierdo	1	Acero	ELE–505	
4		Brazo deslizable transversal posterior	2	Acero	ELE–504	
3		Brazo deslizable longitudinal posterior izquierdo	1	Acero	ELE–503	
2		Brazo deslizable longitudinal posterior derecho	1	Acero	ELE–502	
1		Viga principal de elevación	1	Acero	ELE–501	

E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	DIB.	Novoa-Rodríguez	ESCALA
		DIS.	Novoa-Rodríguez	1:10
		REV.	Ing. Iván Zambrano	
SISTEMA DE ELEVACION		ELE-005		FECHA 11/01/2017

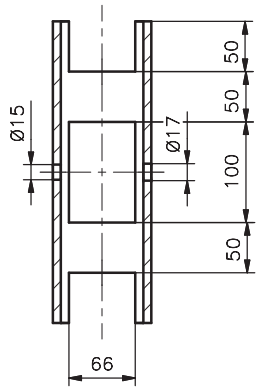
CORTE A–A
ESCALA (1:10)

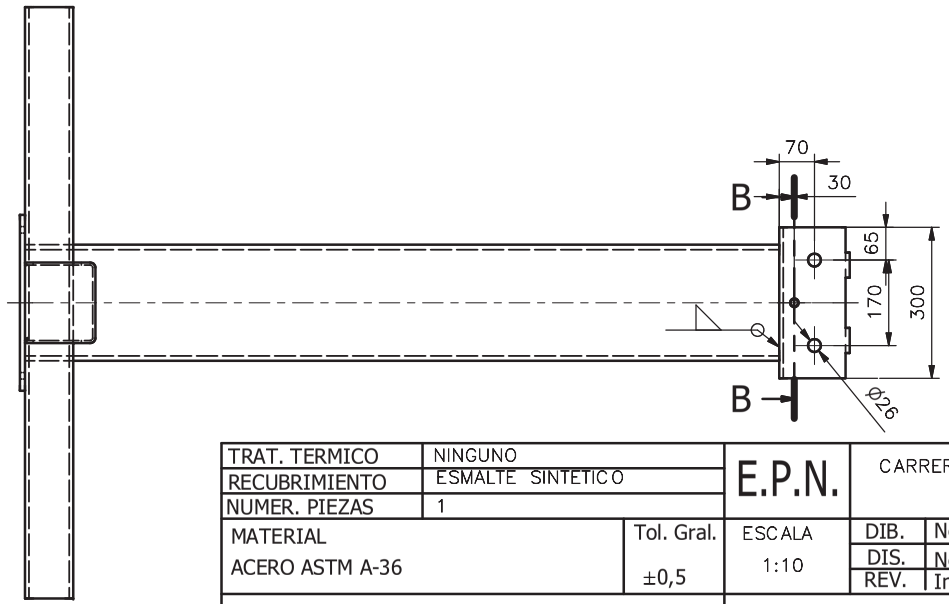




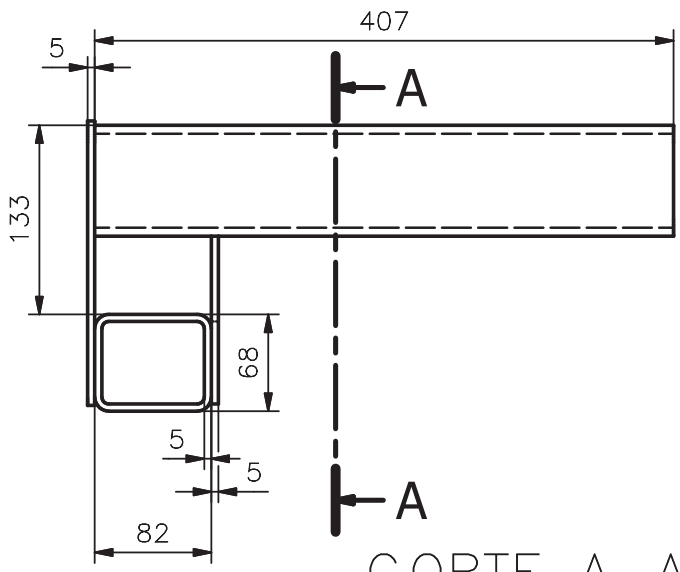


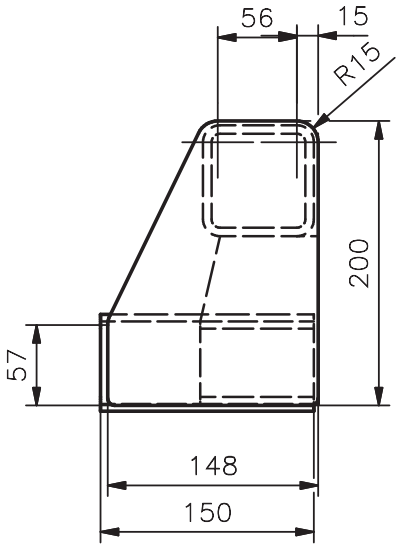
CORTE B–B
ESCALA (1:5)





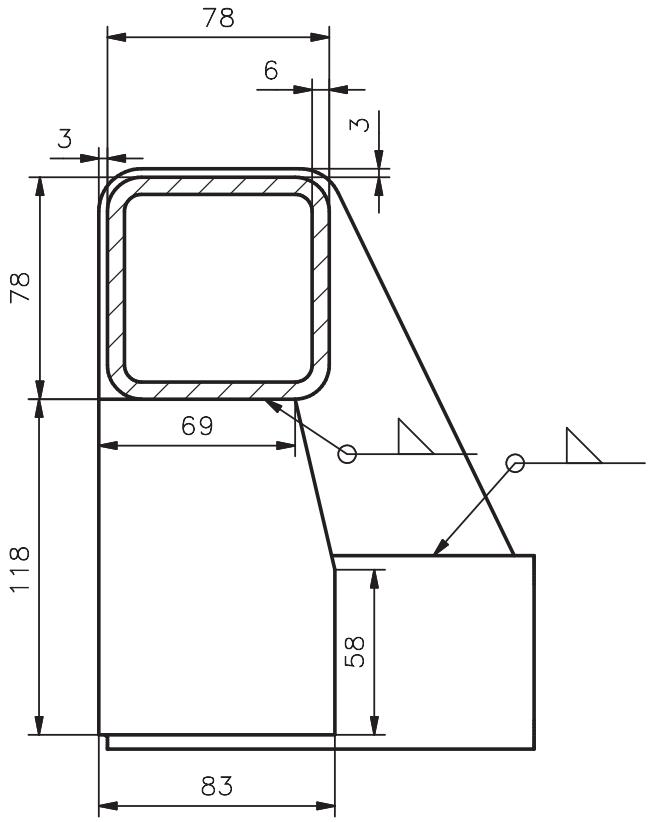
TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		
RECUBRIMIENTO	ESMALTE SINTETICO				
NUMER. PIEZAS	1				
MATERIAL ACERO ASTM A-36	Tol. Gral. ±0,5	ESCALA 1:10	DIB.	Novoa-Rodríguez	
			DIS.	Novoa-Rodríguez	
			REV.	Ing. Iván Zambrano	
VIGA PRINCIPAL DE ELEVACION		ELE-501	FECHA 11/01/2017		

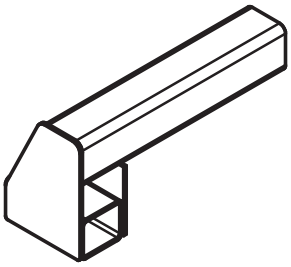




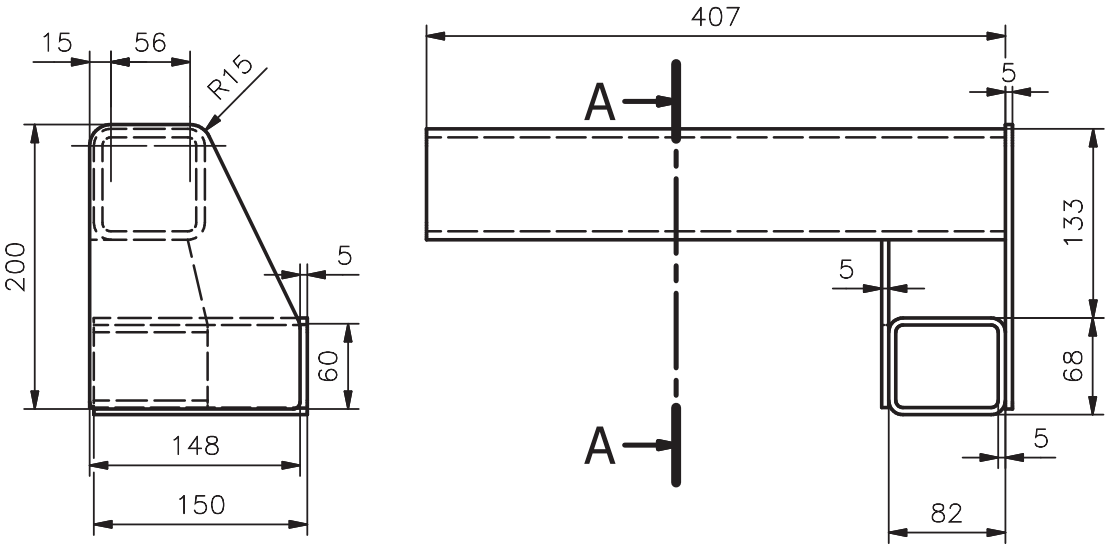
CORTE A–A

ESCALA (1 :2,5)

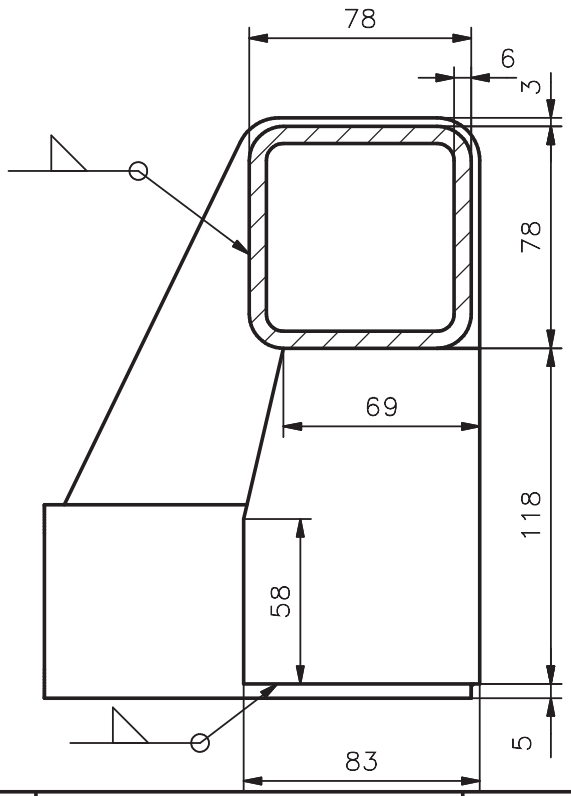


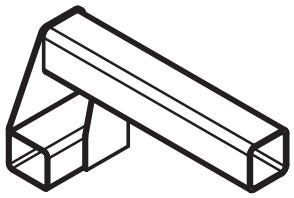


TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	ESMALTE. SINT. AUTOMOTRIZ			
NUMER. PIEZAS	1			
MATERIAL ACERO ASTM A-36	Tol. Gral. ± 0,5	ESCALA 1:5	DIB.	Novoa-Rodríguez
			DIS.	Novoa-Rodríguez
			REV.	Ing. Iván Zambrano
BRAZO DESL. LONG. POSTERIOR DERECHO		ELE-502	FECHA 12/01/2017	



CORTE A–A
ESCALA (1 :2,5)

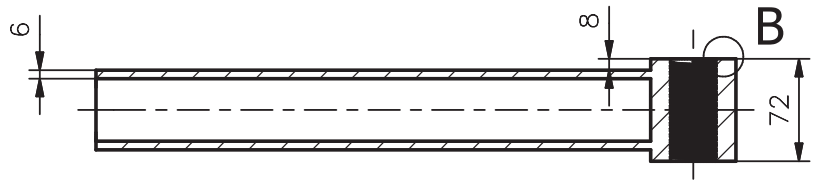


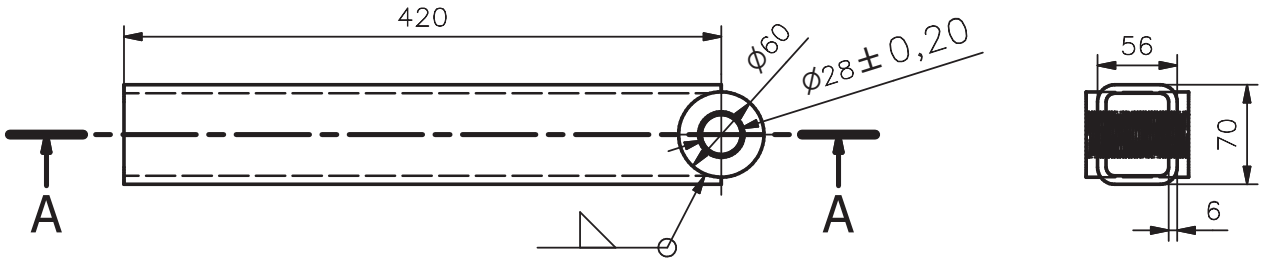


Soldadura E–6011

TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		
RECUBRIMIENTO	ESMALTE SINT. AUTOMOTRIZ				
NUMER. PIEZAS	1				
MATERIAL ACERO ASTM A-36	Tol. Gral. ± 0,5	ESCALA 1:5	DIB.	Novoa-Rodríguez	
			DIS.	Novoa-Rodríguez	
			REV.	Ing. Iván Zambrano	
BRAZO DESL. LONG. POSTERIOR IZQUIERDO		ELE-503	FECHA 12/01/2017		

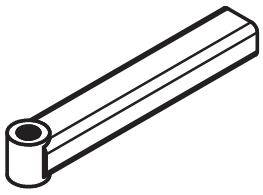
CORTE A–A
ESCALA (1 : 5)

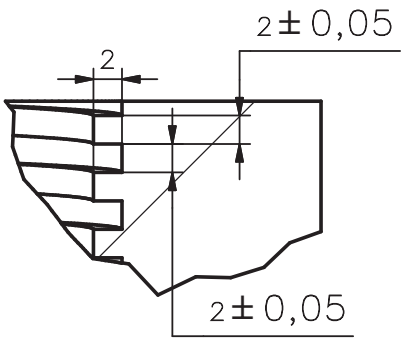




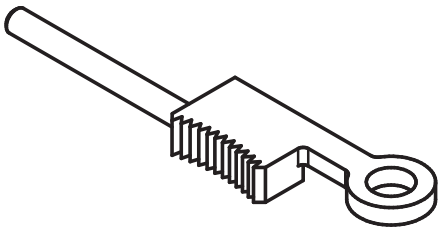
DETALLE B
ESCALA (2 : 1)

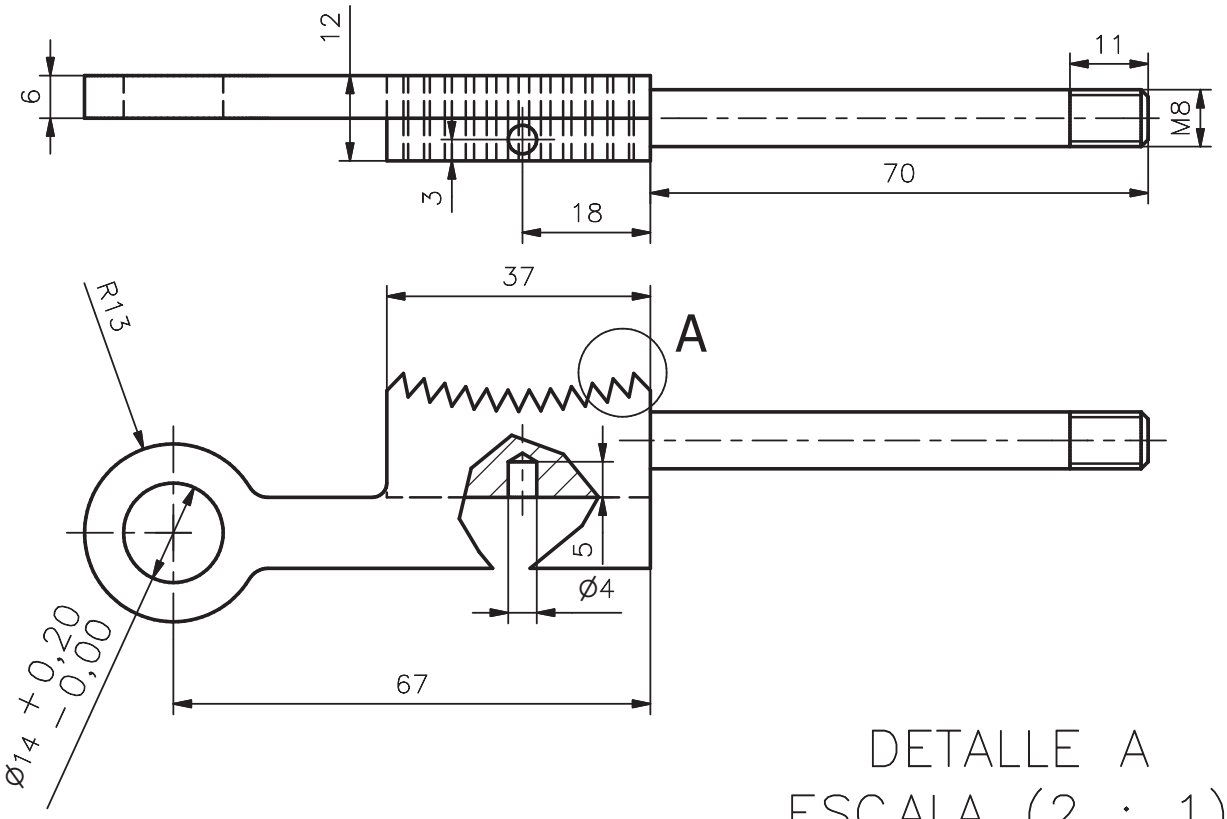
ROSCA CUADRADA



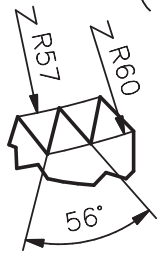


TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		
RECUBRIMIENTO	ESMALTE SINT. AUTOMOTRIZ				
NUMER. PIEZAS	1				
MATERIAL ACERO ASTM A-36	Tol. Gral. ± 0,5	ESCALA 1:5	DIB.	Novoa-Rodríguez	
			DIS.	Novoa-Rodríguez	
			REV.	Ing. Iván Zambrano	
BRAZO DESLIZABLE TRANSVERSAL POSTERIOR		ELE-504	FECHA 12/01/2017		

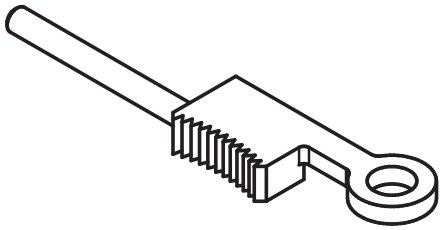


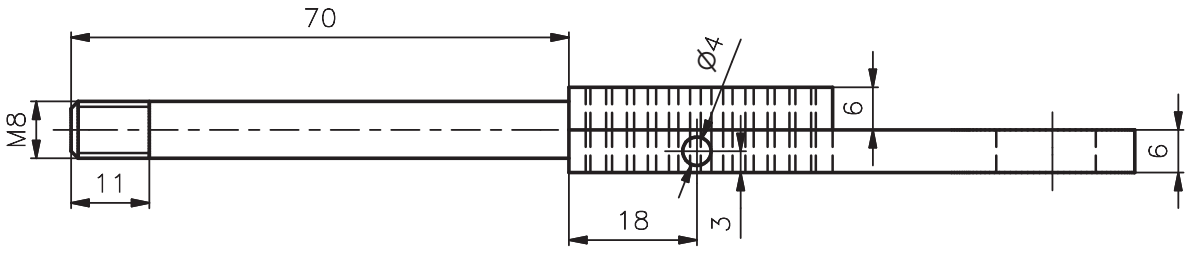


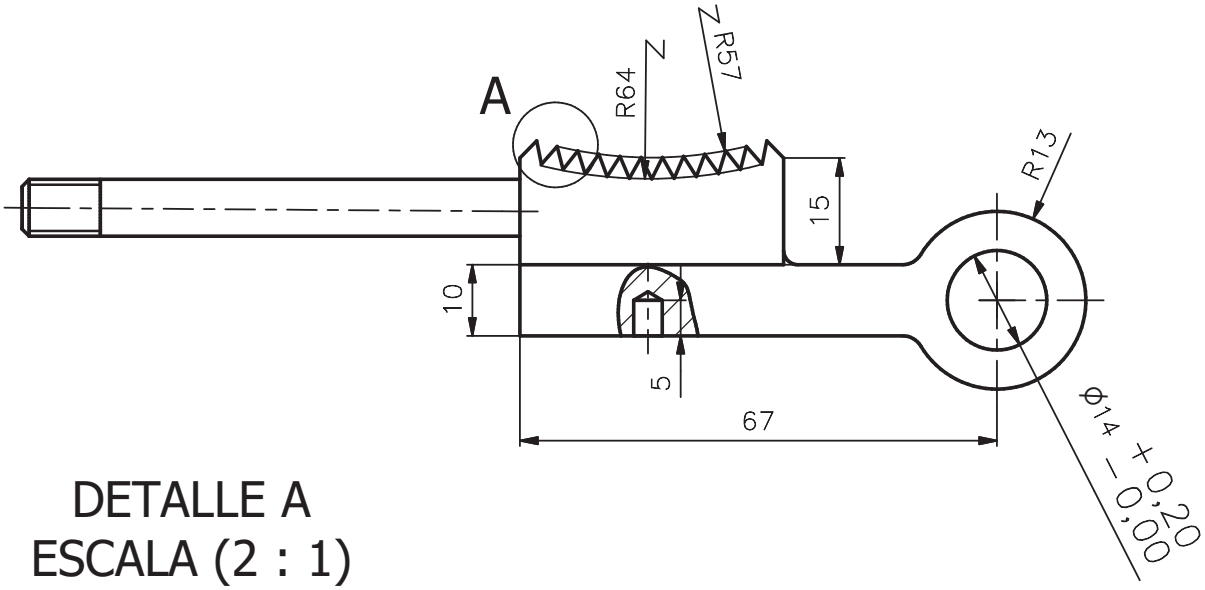
DETALLE A
ESCALA (2 : 1)



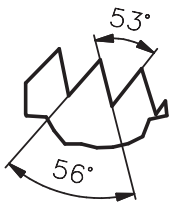
TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		
RECUBRIMIENTO	NINGUNO				
NUMER. PIEZAS	1				
MATERIAL ACERO ASTM A-36	Tol. Gral. ± 0,2	ESCALA 1:1	DIB.	Novoa.Rodríguez	
			DIS.	Novoa-Rodríguez	
			REV.	Ing. Iván Zambrano	
SEGURO RUEDA IZQUIERDO		ELE-505	FECHA 12/01/2017		



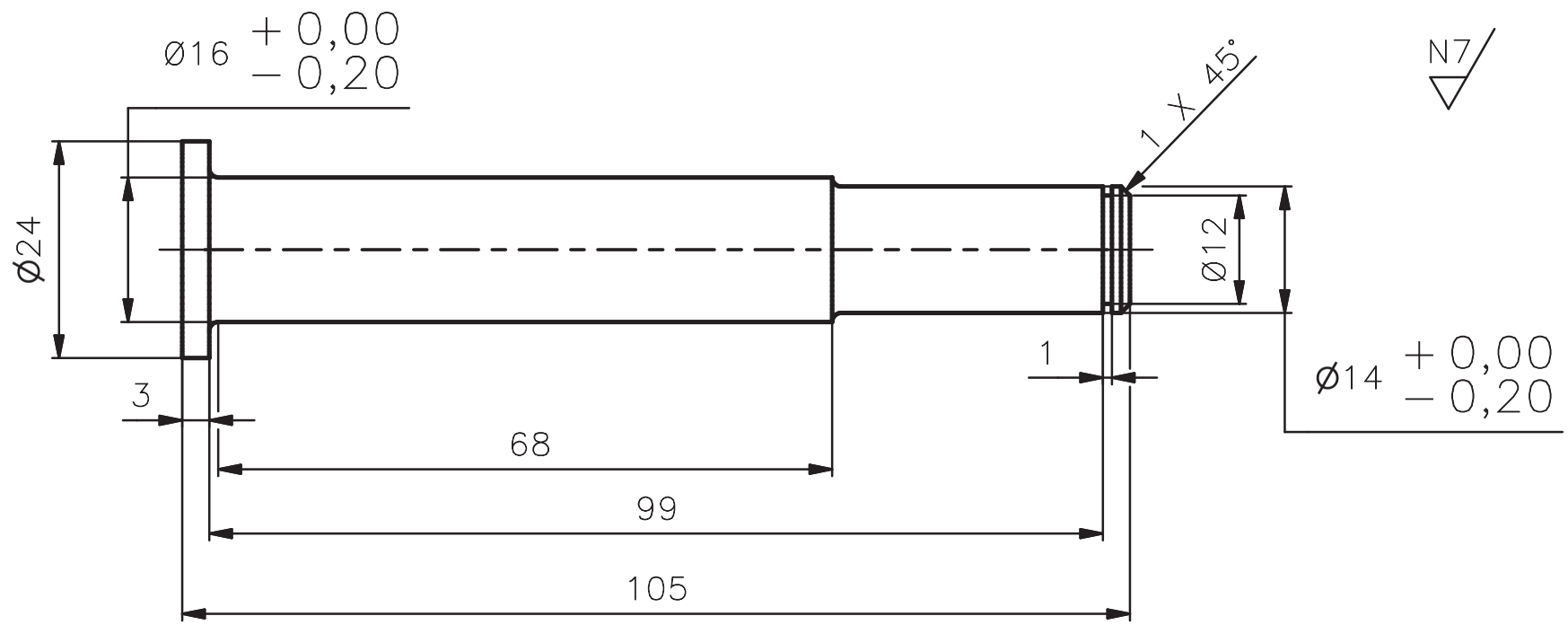




DETALLE A
ESCALA (2 : 1)

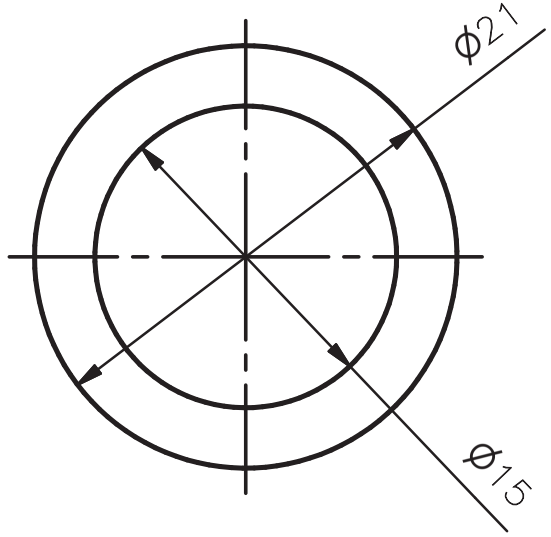


TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		
RECUBRIMIENTO	NINGUNO				
NUMER. PIEZAS	1				
MATERIAL ACERO ASTM A-36	Tol. Gral. ± 0,2	ESCALA 1:1	DIB.	Novoa-Rodríguez	
			DIS.	Novoa-Rodríguez	
			REV.	Ing. Iván Zambrano	
SEGURO RUEDA DERECHO		ELE-506	FECHA 17/01/2017		

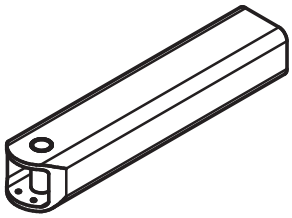


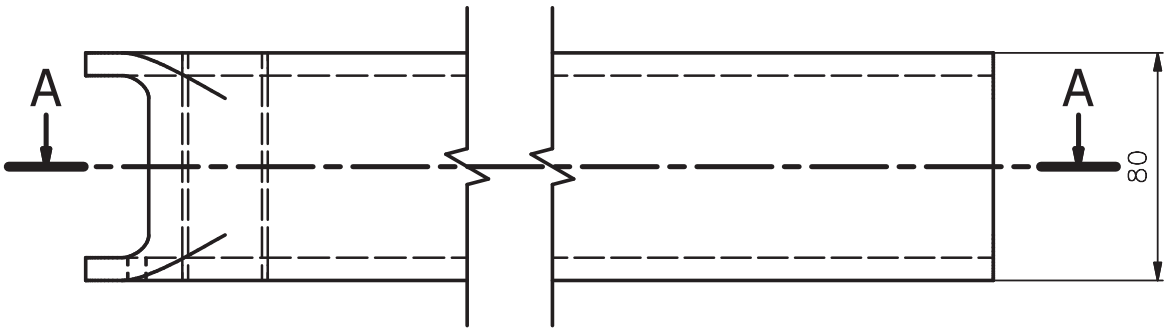
Radios de acuerdo 1mm

TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		
RECUBRIMIENTO	NINGUNO				
NUMER. PIEZAS	1				
MATERIAL ACERO AISI 1018	Tol. Gral. ±0,2	ESCALA 1:1	DIB.	Novoa-Rodríguez	
			DIS.	Novoa.Rodríguez	
			REV.	Ing. Iván Zambrano	
PASADOR TOPE		ELE-507	FECHA 17/01/2017		

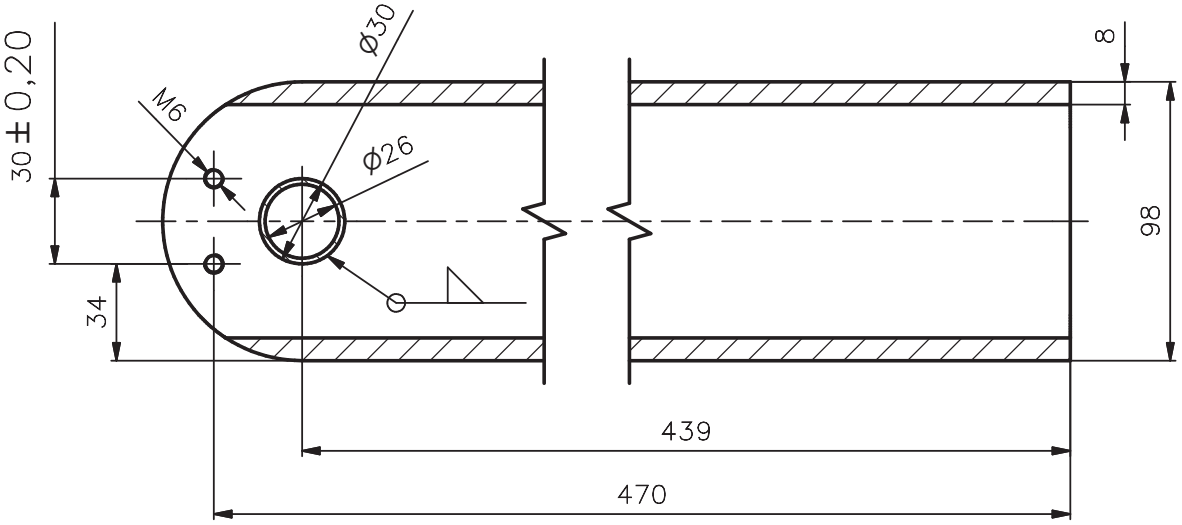


TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMER. PIEZAS	1			
MATERIAL ACERO ASTM A-36	Tol. Gral. ±0,2	ESCALA 2:1	DIB.	Novoa-Rodríguez
			DIS.	Novoa Rodríguez
			REV.	Ing. Iván Zambrano
BOCIN SEGURO		ELE-508	FECHA 17/01/2017	

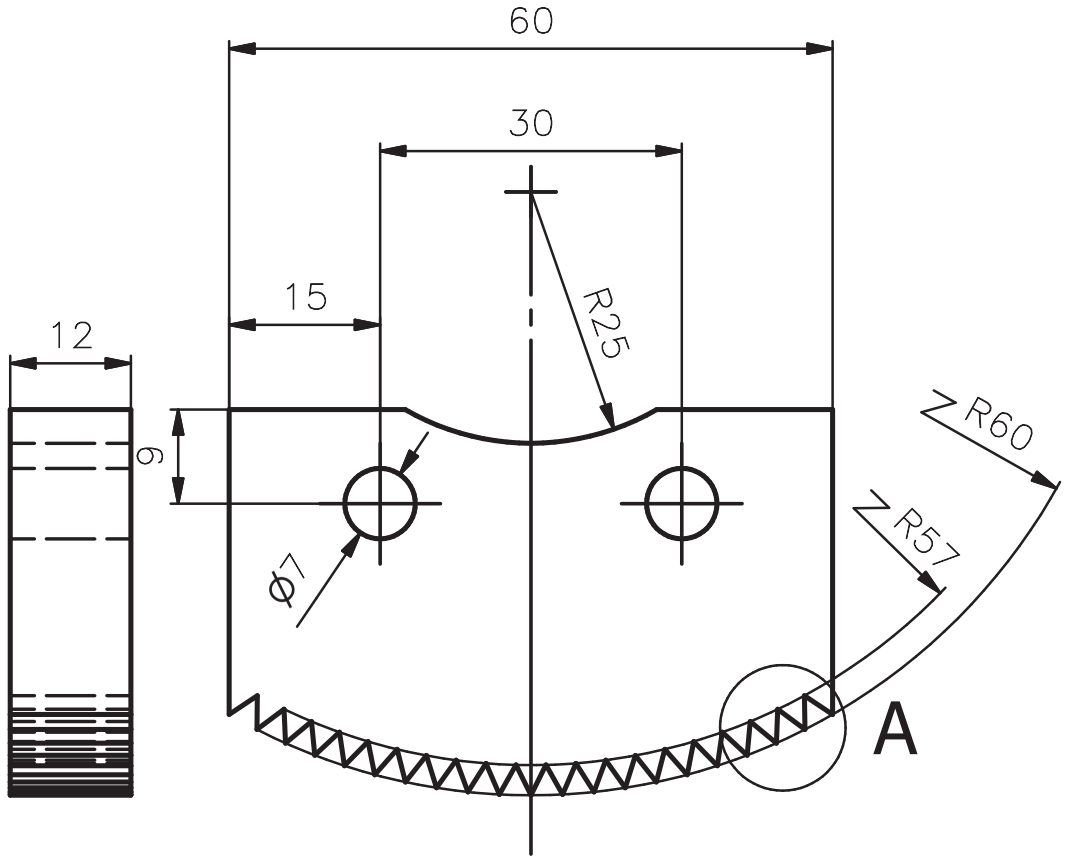


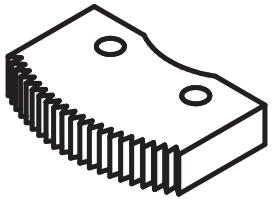


CORTE A–A
ESCALA (1:2,5)

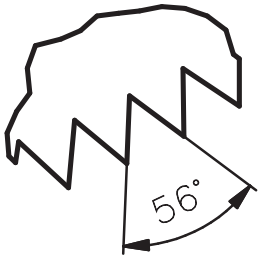


TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		
RECUBRIMIENTO	NINGUNO				
NUMER. PIEZAS	1				
MATERIAL ACERO ASTM A-36	Tol. Gral. ± 0,5	ESCALA 1:2,5	DIB.	Novoa-Rodríguez	
			DIS.	Novoa-Rodríguez	
			REV.	Ing. Iván Zambrano	
BRAZO PIVOTE FRONTAL		ELE-509	FECHA 17/01/2017		

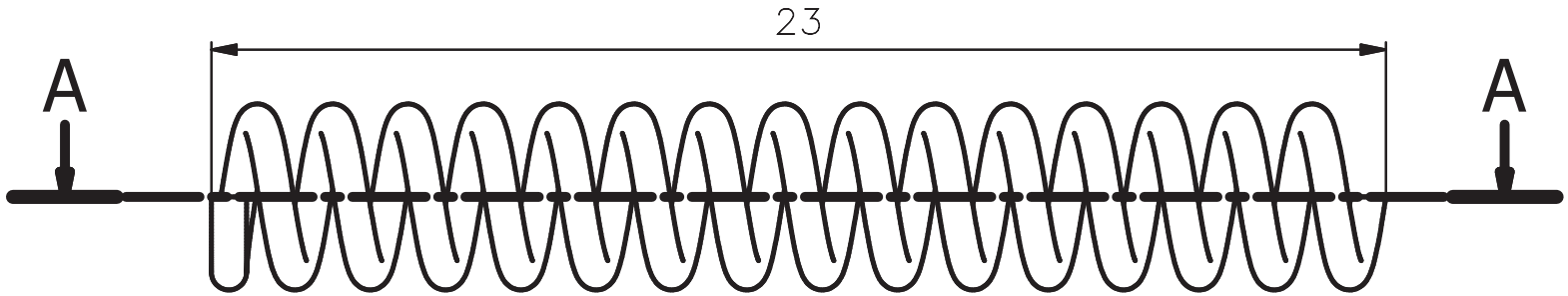




DETALLE A
ESCALA (2 : 1)

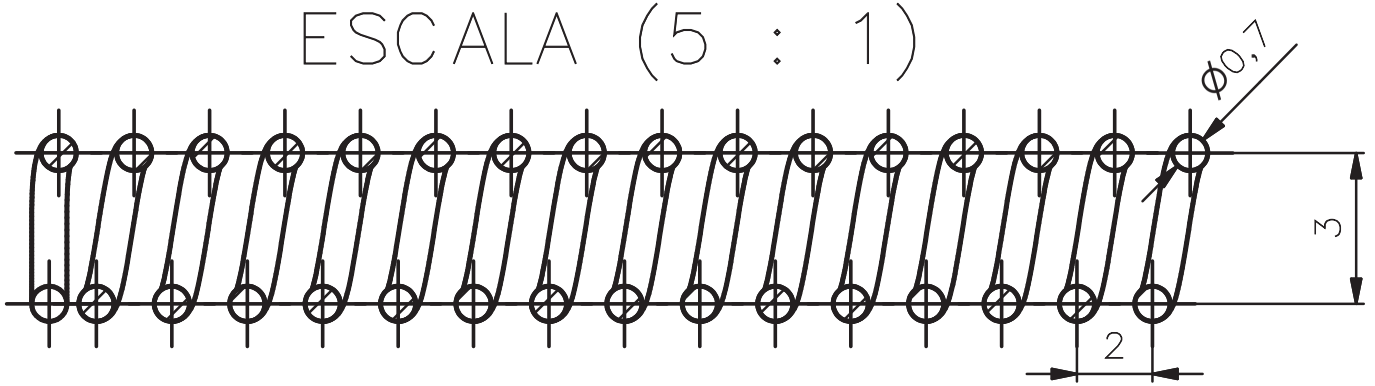


TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMER. PIEZAS	2			
MATERIAL ACERO ASTM A-36	Tol. Gral. ± 0,2	ESCALA 1:1	DIB.	Novoa-Rodríguez
			DIS.	Novoa-Rodríguez
			REV.	Ing. Iván Zambrano
SEGURO FIJO		ELE-510	FECHA 17/01/2017	

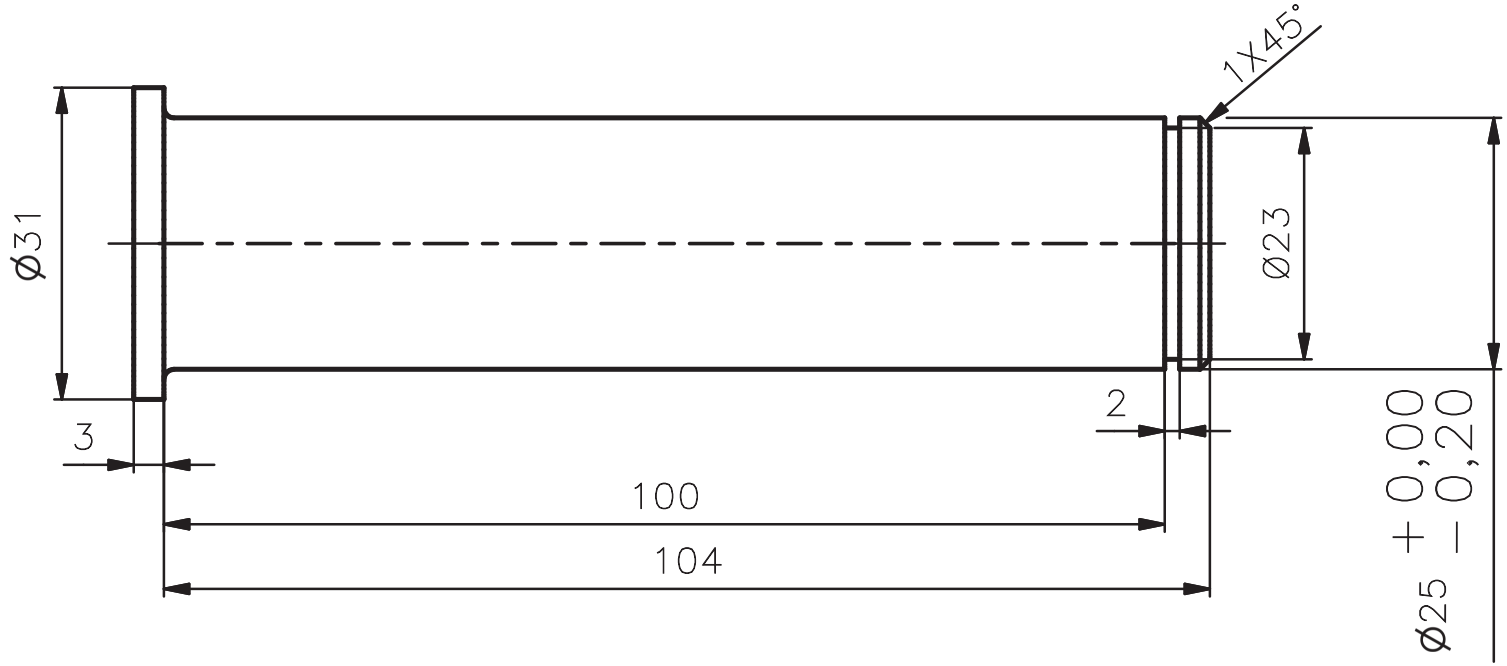


CORTE A–A

ESCALA (5 : 1)

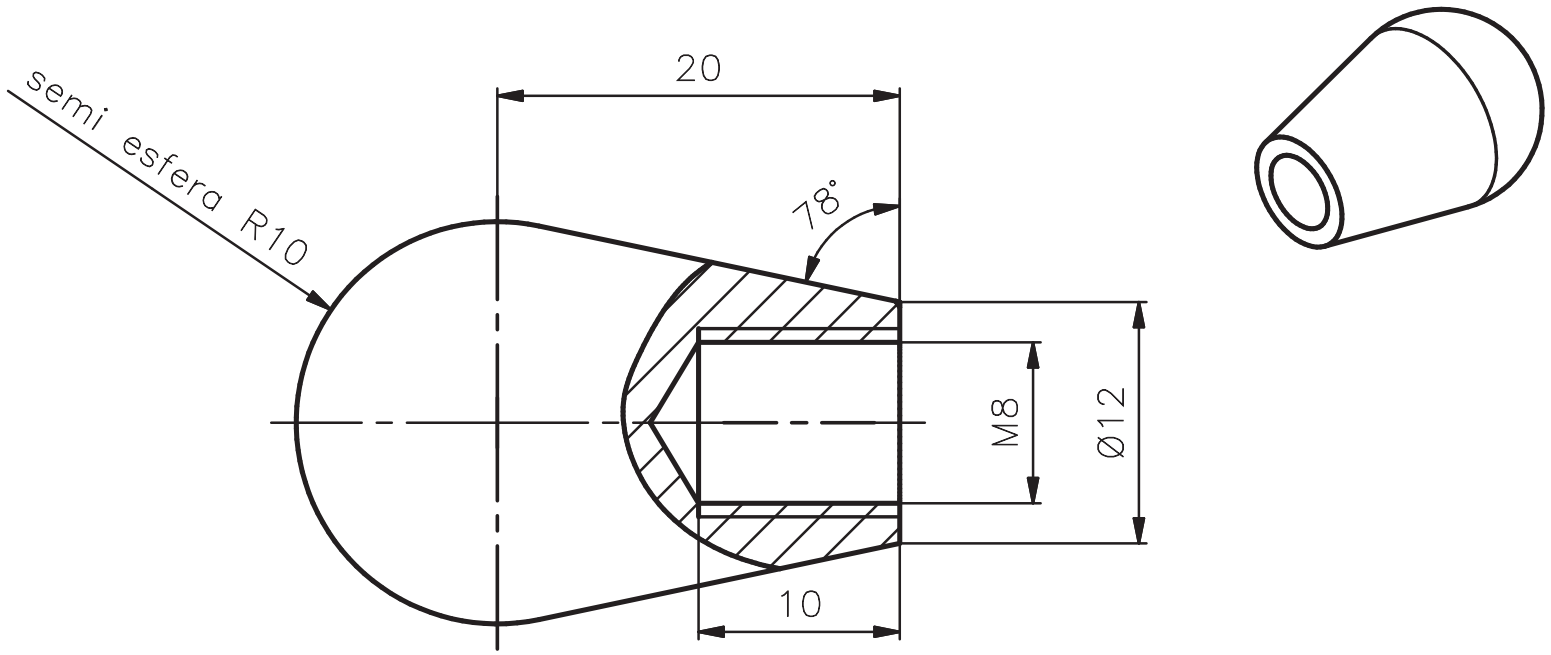


TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMER. PIEZAS	1			
MATERIAL ACERO DE RESORTE	Tol. Gral. ±0,1	ESCALA 5:1	DIB.	Npvpa-Rodríguez
			DIS.	Novoa-Rodríguez
			REV.	Ing. Iván Zambrano
RESORTE		ELE-511	FECHA 17/01/2017	

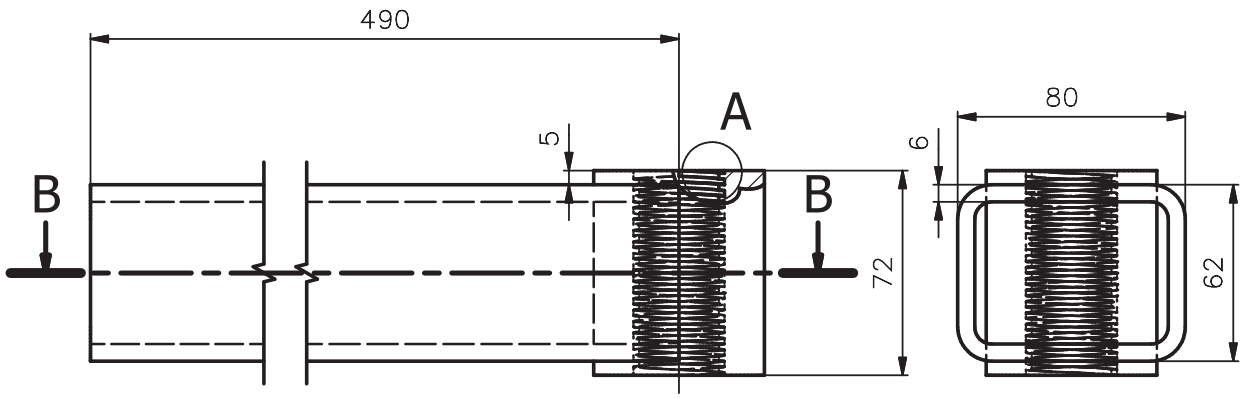


Radio de acuerdo 1 mm

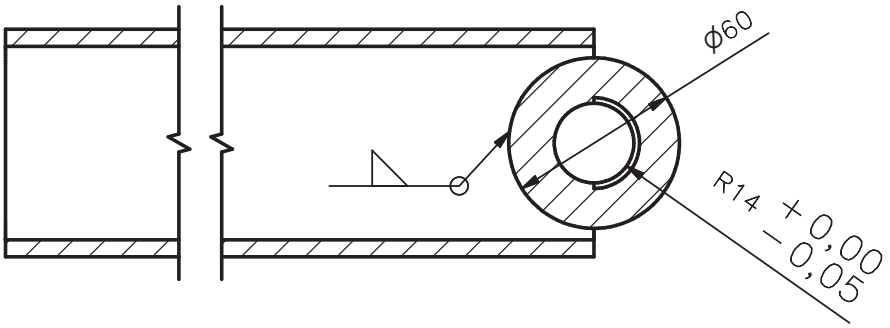
TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMER. PIEZAS	1			
MATERIAL ACERO AISI 1018	Tol. Gral. ± 0,2	ESCALA 1:10	DIB.	Novoa-Rodríguez
			DIS.	Novoa-Rodríguez
			REV.	Ing. Iván Zambrano
PASADOR PIVOTE		ELE-512	FECHA 17/01/2017	

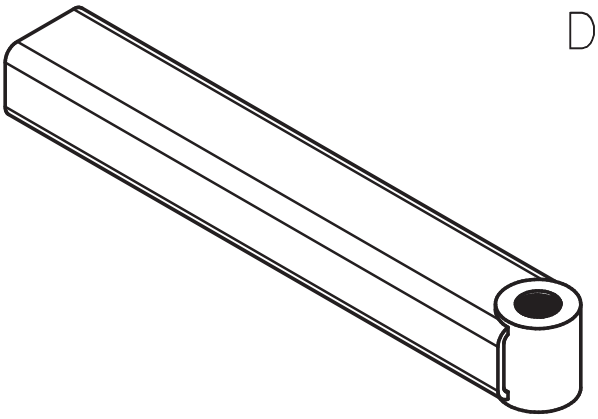


TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		
RECUBRIMIENTO	NINGUNO				
NUMER. PIEZAS	2				
MATERIAL ACERO AISI 1018	Tol. Gral. ±0,2	ESCALA 2:1	DIB.	Novoa-Rodríguez	
			DIS.	Novoa-Rodríguez	
			REV.	Ing. Iván Zambrano	
PERILLA		ELE-513	FECHA 17/01/2017		

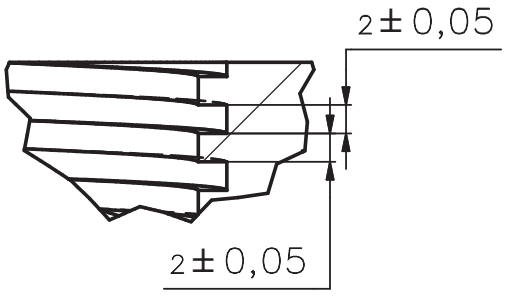


CORTE B–B
ESCALA (1:2,5)

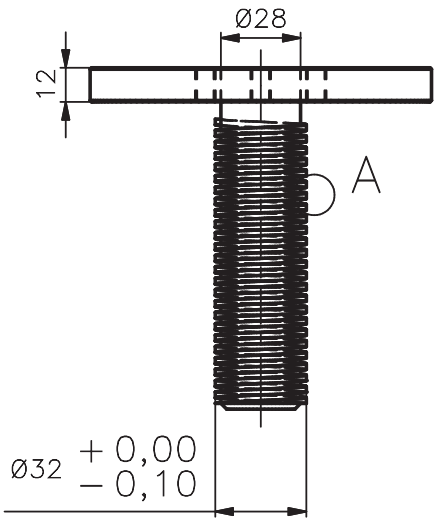


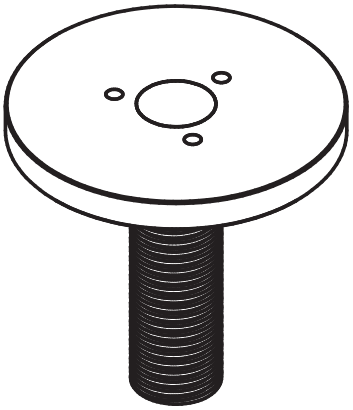


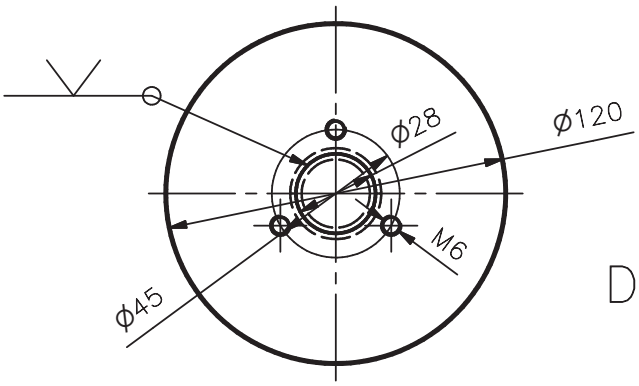
DETALLE DE ROSCA A
ESCALA (2:1)



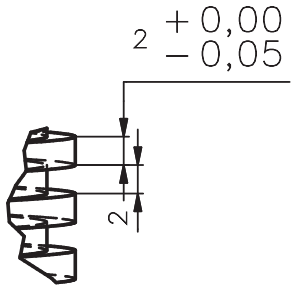
TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		
RECUBRIMIENTO	NINGUNO				
NUMER. PIEZAS	2				
MATERIAL ACERO ASTM A-36	Tol. Gral. ±0,5	ESCALA 1:2,5	DIB.	Novoa-Rodríguez	
			DIS.	Novoa-Rodríguez	
			REV.	Ing. Iván Zambrano	
BRAZO DESLIZABLE FRONTAL		ELE-514	FECHA 17/01/2017		





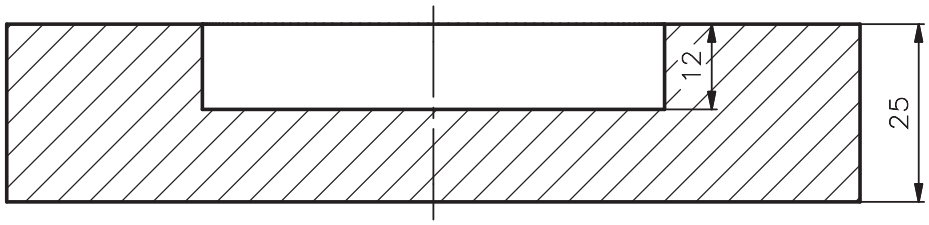


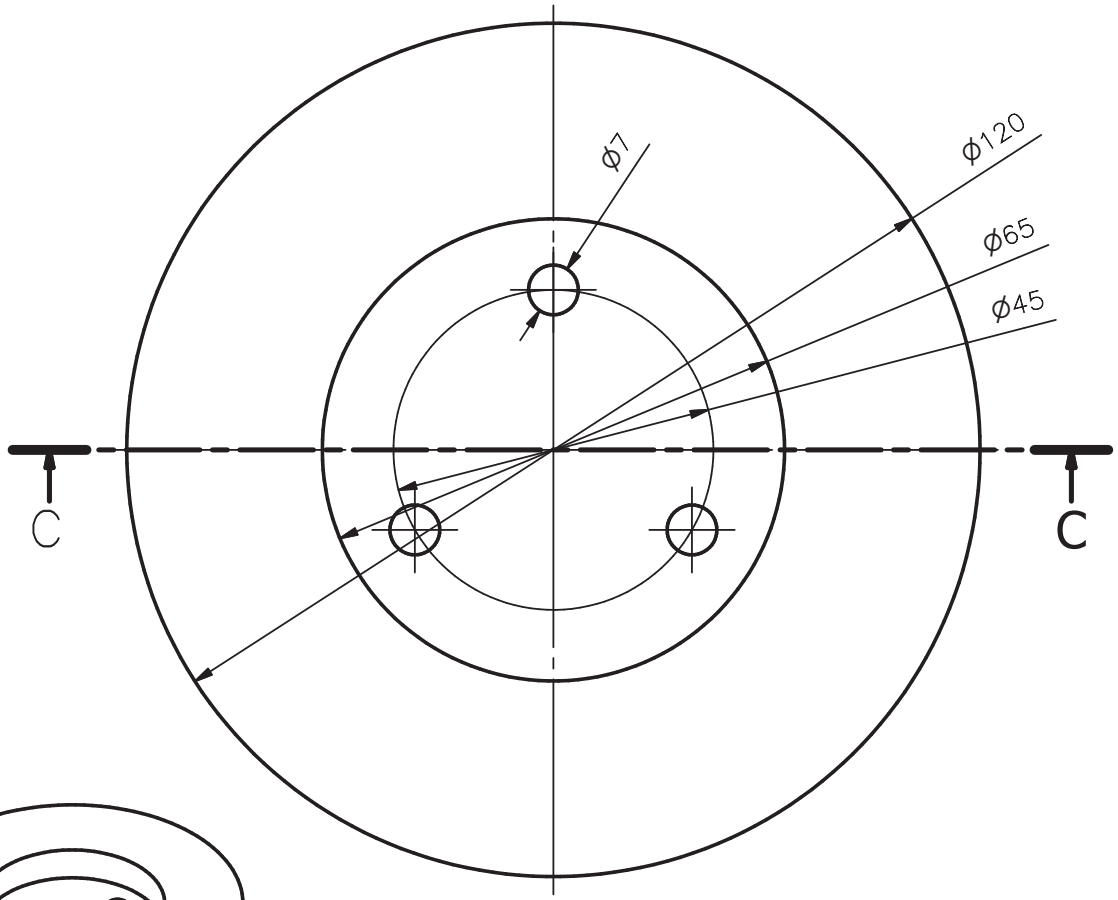
DETALLEDE ROSCA A
ESCALA (2 : 1)

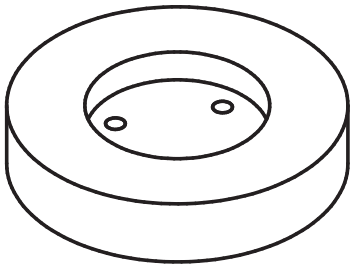


TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		
RECUBRIMIENTO	NINGUNO				
NUMER. PIEZAS	4				
MATERIAL ACERO AiSi 1018	Tol. Gral. ± 0,2	ESCALA 1:2,5	DIB.	Novoa-Rodríguez	
			DIS.	Novoa-Rodríguez	
			REV.	Ing. Iván Zambrano	
TORNILLO SOPORTE DE CARGA		ELE-515	FECHA 17/01/2017		

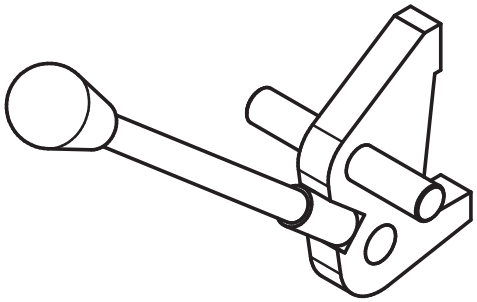
CORTE C – C
ESCALA (1 : 1)

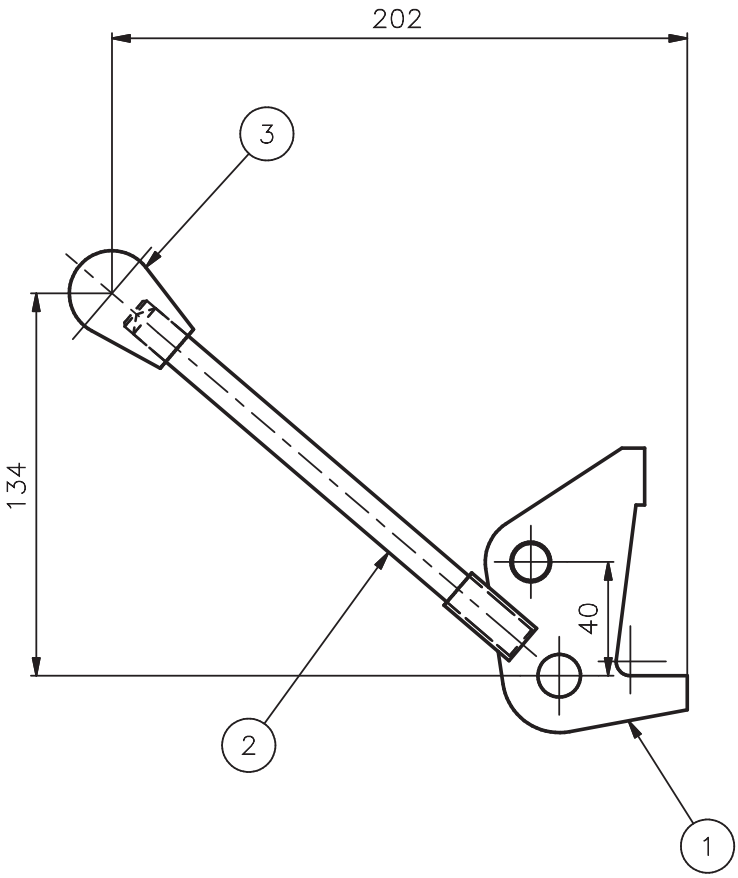


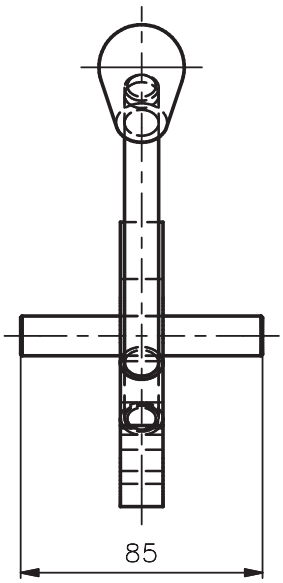




TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMER. PIEZAS	4			
MATERIAL CAUCHO VULCANIZADO	Tol. Gral. ± 0,5	ESCALA 1:1	DIB.	Novoa-Rodríguez
			DIS.	Novoa-Rodríguez
			REV.	Ing. Iván Zambrano
BASE DE CAUCHO		ELE-516	FECHA 17/01/2017	

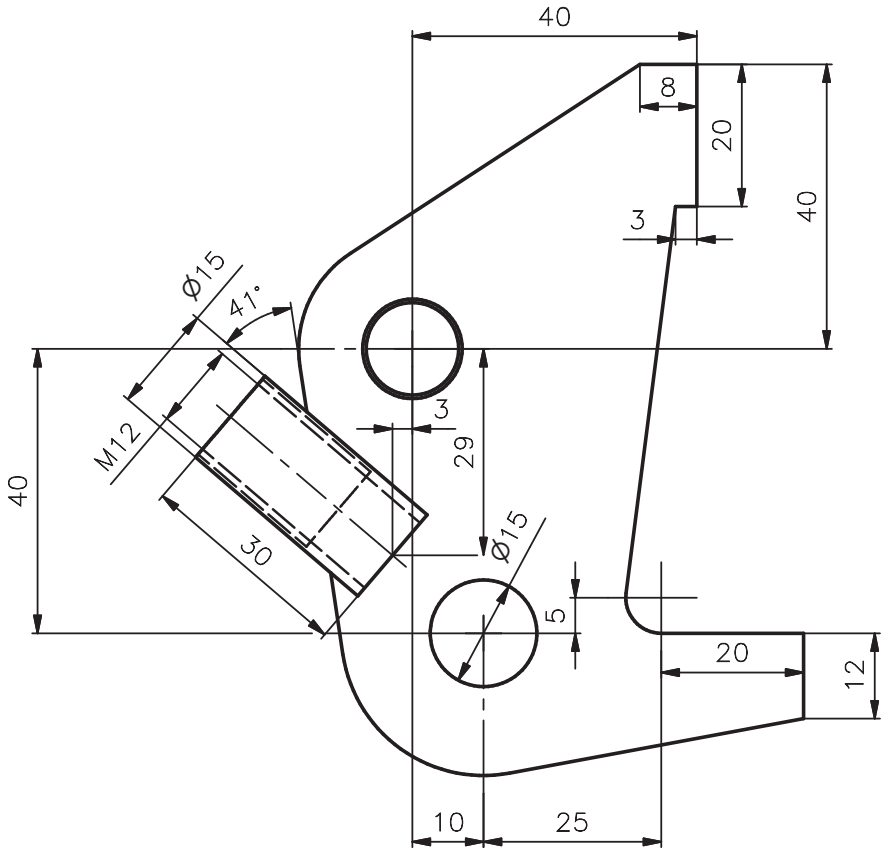


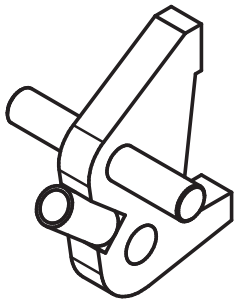


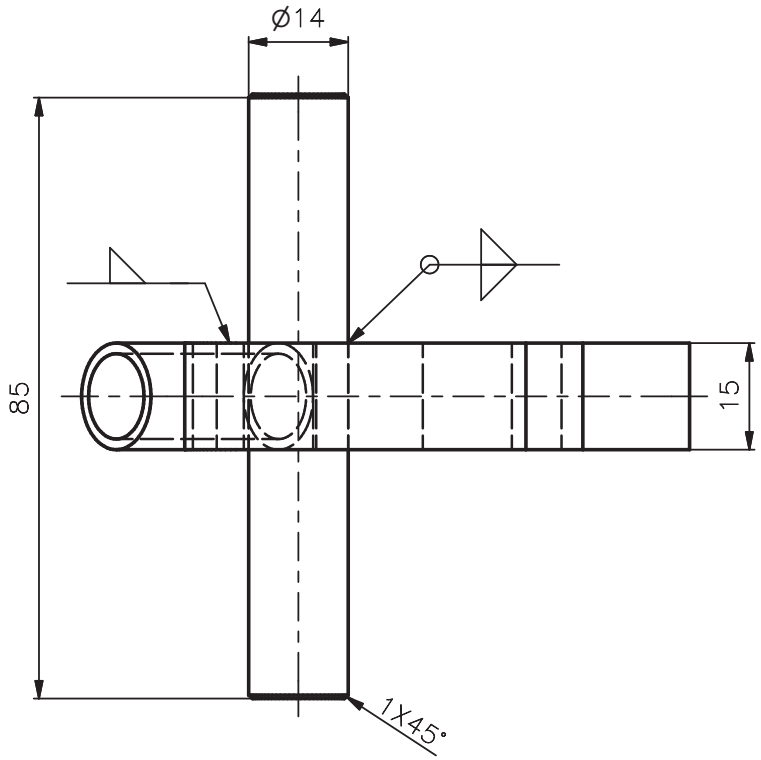


ITEM	ZON	DENOMINACION	CANT	MATERIAL	NORMA/DIBUJO	NOTAS
3		Perilla	1	Acero	ELE−513	
2		Palanca	1	Acero	ELE−602	
1		Seguro pivote	1	Acero	ELE−601	

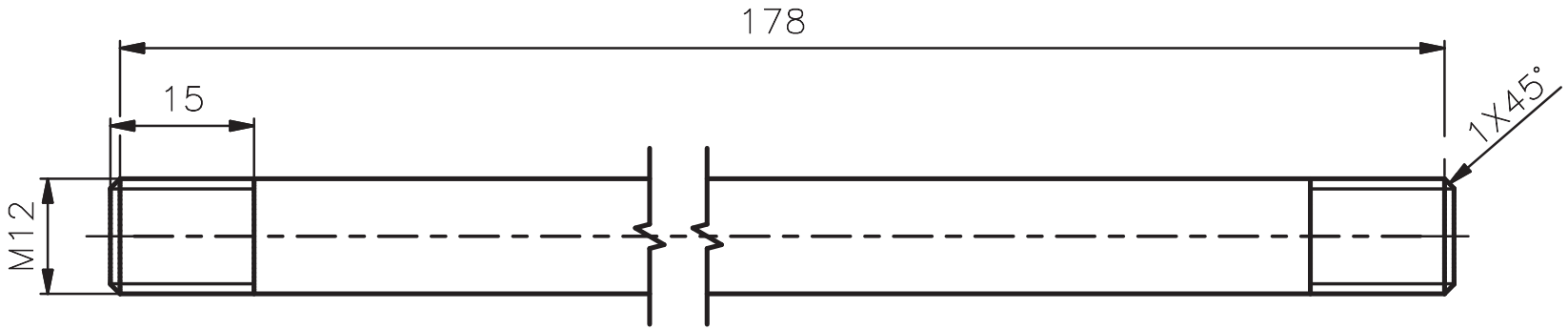
E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	DIB. Novoa-Rodríguez DIS. Novoa-Rodríguez REV. Ing. Iván Zambrano	ESCALA 1:2,.5
SEGURO EMERGENCIA	ELE-006		FECHA 18/01/2017







TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMER. PIEZAS	1			
MATERIAL ACERO ASTM A-36	Tol. Gral. ±0,2	ESCALA 1:2,5	DIB.	Novoa-Rodríguez
			DIS.	Novoa-Rodríguez
			REV.	Ing. Iván Zambrano
SEGURO PIVOTE		ELE-601	FECHA 18/01/2017	



TRAT. TERMICO	NINGUNO	E.P.N.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO			
NUMER. PIEZAS	1			
MATERIAL ACERO AISI 1018	Tol. Gral. ±0,5	ESCALA 1:1	DIB.	Novoa-Rodríguez
			DIS.	Novoa-Rodríguez
			REV.	Ing. Iván Zambrano
PALANCA		ELE-602	FECHA 18/01/2017	

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSI/AISC 360-05. (2005). *Specification for Structural Steel Buildings.* Chicago: American Institute of Steel Construction, Inc.

Budynas G., R., & Nisbett, J. K. (s.f.). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley.* México D.F: Mc Graw Hill Interamericana.

Catálogo SKF. (1989). *4000 SP.* Torino: Stamperia Artistica Nazionale Corso Siracusa, 37.

Cuevas, C. (2010). Contabilidad de Costos. En C. Cuevas, *Contabilidad de Costos* (págs. 14-15). Bogotá: Pearson Educación de Colombia Limitada.

**. (s.f.).

García, J. (2014). Contabilidad de Costos. En J. García, *Contabilidad de Costos* (pág. 9). México: McGRAW-HILL.

Gere M, J., & Timoshenko P, S. (1986). *Mecánica de materiales.* México D.F: Iberoamérica, S.A. de C.V.

http://hipermaq.liderafx.com/image/cache/data/id_5630FP_Elevador%204%20columnas%20REFORZADO%203500kg-500x500.jpg. (s.f.).

http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut212/fig1tut212.jpg. (s.f.).

http://www.areatecnología.com/NEUMÁTICA_archivos/circuito-neumático.PNG. (s.f.).

http://www.arreolaequiposyservicios.com/categoria.php?cate=RAMPAS%20AUTOMOTRICES&fil=Precio%20de%20mayor%20a%20menor. (s.f.).

http://www.arreolaequiposyservicios.com/cwpanel/uploads/RLT008.jpg. (s.f.).

http://www.aulafacil.com/uploads/cursos/710/editor/dinamica-2-fisica-lecc-40_clip_image010.es.jpg. (s.f.).

http://www.bartolisrl.com/IMAGES/elev-KPN-306-c2.gif. (s.f.).

http://www.restaurandounmini.com/wp-content/uploads/2012/09/elevador_tijera.jpg. (s.f.).

http://www.rsf-maquinaria.com/images/elevadores/2columnas/hp-40a/hp-40.jpg. (s.f.).

https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRqt1r_wbPvF_0RT2ek_FbherS1Dn8he7lgDNRZflMMHx5IiVg7. (s.f.).

https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTKOaybnEUKmlt5KztMfPZ8n5gaEq0kFTEV_2hSh0GmCKbQQ3zX. (s.f.).

https://es.scribd.com/document/236718007/ELEVADOR-2-COLUMNAS. (s.f.).

https://es.scribd.com/document/272967508/Criterios-de-Diseno. (s.f.).

https://http2.mlstatic.com/elevador-de-1-columna-movil-25-toneladas-qjym2500y-D_NQ_NP_710111-MLU20456193739_102015-F.jpg. (s.f.).

https://images.ssstatic.com/elevador-electrohidraulico-de-4-columnas-con-capacidad-para-4-5-toneladas-5568266z0-10212167.jpg. (s.f.).

https://spanish.alibaba.com/product-detail/single-post-car-lift-in-ground-pneumatic-and-hydraulic-lift-saving-space-60019653901.html. (s.f.).

https://www.equipotaller.es/img_productos/z_QJY230B-E_EQT(1).jpg. (s.f.).

Ivan Bohman Cia. Ltda. (2010). *Materiales de Ingeniería.* Guayaquil.

Riba, C. (2002). *Diseño Concurrente.* Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, 2002.

Standard, A. N. (2011). *Safety Requirements For Construction, Testing, and Validation.* New York.

Twin Busch. (España 30-01-2012). Katalogo Twin Busch.

www.bartolisrl.com/herramientas/ELEV4COL.HTM. (s.f.).

www.bartolisrl.com/herramientas/elevtijbajaaltura.htm. (s.f.).

www.twin-shop.de/es/Katalog/Katalog-Spain-30-01-2012.pdf. (s.f.).