



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E  
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA REALIZAR  
ANÁLISIS DE ESFUERZOS EN MATERIALES UTILIZADOS EN  
EL CONFORT Y SEGURIDAD DEL ASIENTO DE UN  
VEHÍCULO TIPO M1**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**JUAN CARLOS MALDONADO NAREA**

**DIRECTOR: ING. EDUARDO CUEVA**

**Quito, febrero 2018**

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2018  
Reservados todos los derechos de reproducción

# FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

## PROYECTO DE TITULACIÓN

|                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b> | 1717990871                  |
| <b>APELLIDO Y NOMBRES:</b>  | Maldonado Narea Juan Carlos |
| <b>DIRECCIÓN:</b>           | Jardín del valle            |
| <b>EMAIL:</b>               | jcmn_110@hotmail.com        |
| <b>TELÉFONO FIJO:</b>       | 022602468                   |
| <b>TELÉFONO MOVIL:</b>      | 0995777876                  |

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
| <b>TITULO:</b>                                      | <b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA REALIZAR ANALISIS DE ESFUERZOS EN MATERIALES UTILIZADOS EN EL CONFORT Y SEGURIDAD DEL ASIENTO DE UN VEHÍCULO TIPO M1</b>  |                                   |
| <b>AUTOR O AUTORES:</b>                             | Juan Carlos Maldonado Narea  |                                   |
| <b>FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:</b> | 2018/02/20   |                                   |
| <b>DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:</b>         | Ing. Eduardo Cueva   |                                   |
| <b>PROGRAMA</b>                                     | PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/>   | POSGRADO <input type="checkbox"/> |
| <b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>                      | Ingeniero Automotriz   |                                   |
| <b>RESUMEN: Mínimo 250 palabras</b>                 | <p>En este proyecto se realizó el diseño y construcción de un equipo para desarrollar pruebas de cargas y fatigas a las que puede estar sometido un asiento de vehículo tipo M1. El primer paso fue revisar el estado del arte de trabajos similares y normativas para conocer cuáles eran los requisitos generales que debía tener el equipo, el número de pruebas a realizarse, la carga que se debía aplicar, el número de ciclos en cada prueba, etc. Se hizo un boceto mediante un software</p> |                                   |

de diseño mecánico, tomando en cuenta dimensiones de varios asientos de vehículo. Después se desarrolló el cálculo analítico de los esfuerzos existentes, y el cálculo analítico de los elementos neumáticos que forman parte del circuito. Con estos valores encontrados, se pudo seleccionar los materiales y elementos que conformarían el bastidor y la parte neumática. Para completar todo esto, se seleccionó un elemento electrónico con el que se podía escoger los parámetros requeridos para cada ensayo. Una vez apartados todos los elementos se procedió a armar el equipo, en primer lugar, el bastidor, siguiendo con el acople de los elementos neumáticos para finalmente colocar la parte electrónica. Con el equipo terminado se procedió a realizar ensayos reales, en donde se puso a prueba el funcionamiento de la máquina. Los ensayos que se llevaron a cabo fueron cuatro, en cada componente del asiento: primero en el apoyacabezas, una segunda prueba se realizó en el espaldar, la tercera prueba se desarrolló en la articulación del asiento, para finalizar en el asiento. Al final de cada prueba se observó el desempeño del equipo, sin que el mismo presentase fallas. Ya que el funcionamiento era el adecuado, se puso a prueba el asiento para ver si cumplía o no con la normativa dispuesta.

**PALABRAS CLAVES:**

Asientos de vehículo M1, Seguridad en el asiento, Pruebas en asientos de vehículos, Resistencia de asientos, Durabilidad de asientos

**ABSTRACT:**

This project was the design and construction of a device to develop test applying loads in M1 type vehicle seats. The first step was to review the state of art of similar projects and regulations, to know what were the general

requirements that the equipment should have, the number of tests to be carried out, the force that should be applied, the number of cycles in each test, etc. It was made a design with a software, considering the dimensions of several vehicles seats. Analytical calculations of existing efforts was done, and the analytical calculation of pneumatic elements of the circuit. With those calculations, it was possible to choose materials and elements that would form the frame and the pneumatic part. To complete all this, an electronic device, with the one it's possible to select the required parameters for each trial, was choose. Once all elements were selected, proceeded to assemble the device, at first place, the metallic frame, and later with the coupling of the pneumatic elements to finally place the electronic part. With the finished device, it was time to made real tests, to see how the machine works. The trials that were carried out were four, on each component of the seat: first in the headrest, a second test was performed on the backrest, the third test was developed in the articulation of the seat, to end up with the seat. At the end of each test the performance of the device was appreciated by an operator. Since the performance was correct, a seat was tested to watch if this is according to the normative.

**KEYWORDS**

M1 Vehicle seat, seats safety, seats durability test, vehicle seat test, seat durability

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



MALDONADO NAREA JUAN CARLOS

1717990871

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **MALDONADO NAREA JUAN CARLOS**, CI 1717990871 autor del proyecto titulado: **Diseño y construcción de un equipo para realizar análisis de esfuerzos en materiales utilizados en el confort y seguridad del asiento de un vehículo tipo M1** previo a la obtención del título de **INGENIERO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 20 de febrero de 2018



**MALDONADO NAREA JUAN CARLOS**

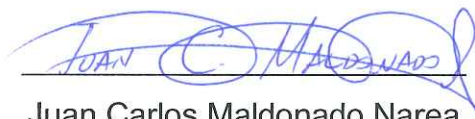
1717990871

Quito, 20 de febrero de 2018

## DECLARACIÓN

Yo **JUAN CARLOS MALDONADO NAREA**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



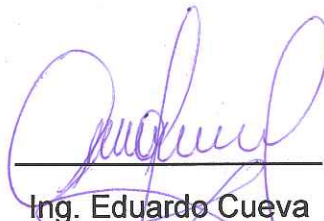
JUAN CARLOS MALDONADO NAREA

Juan Carlos Maldonado Narea

C.I. 1717990871

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Diseño y construcción de un equipo para realizar análisis de esfuerzos en materiales utilizados en el confort y seguridad del asiento de un vehículo tipo M1**”, que, para aspirar al título de **INGENIERO AUTOMOTRIZ** fue desarrollado por **JUAN CARLOS MALDONADO NAREA**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.



Ing. Eduardo Cueva

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

C.I. 1722636220



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  | <b>PÁGINA</b> |
|--|---------------|
| <b>RESUMEN</b>   | 1             |
| <b>ABSTRACT</b>  | 2             |
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b>                                   | 3             |
| <b>2. METODOLOGÍA</b>                                    | 12            |
| <b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>                         | 14            |
| 3.1. REQUISITOS GENERALES                                | 14            |
| 3.1.1. DIMENSIONES DEL BASTIDOR                          | 14            |
| 3.1.2. REQUISITOS DEL SISTEMA NEUMÁTICO                  | 17            |
| 3.1.3. REQUISITOS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO                | 17            |
| 3.2. SELECCIÓN DE COMPONENTES                            | 17            |
| 3.2.1. COMPONENTES NEUMÁTICOS                            | 17            |
| 3.2.1.1. Cilindro neumático                              | 17            |
| 3.2.1.2. Compresor                                       | 19            |
| 3.2.1.3. Electroválvula neumática                        | 20            |
| 3.2.1.4. Regulador de caudal                             | 20            |
| 3.2.1.5. Inductor de bobina                              | 20            |
| 3.2.1.6. Filtro regulador                                | 21            |
| 3.2.1.7. Silenciador                                     | 21            |
| 3.2.1.8. Racores   | 21            |
| 3.2.1.9. Tubo poliuretano                                | 21            |
| 3.2.2. COMPONENTES ELECTRÓNICOS                          | 22            |
| 3.3. CÁLCULO DE ESFUERZOS                                | 22            |
| 3.3.1. ANÁLISIS DEL ELEMENTO 1                           | 24            |
| 3.3.1.1. Cálculo de la fuerza cortante y momento flector | 24            |
| 3.3.1.2. Cálculo del esfuerzo cortante elemento 1        | 25            |
| 3.3.2. ANÁLISIS DEL ELEMENTO 2                           | 26            |
| 3.3.2.1. Cálculo del esfuerzo cortante elemento 2        | 27            |
| 3.3.3. ANÁLISIS DEL ELEMENTO 3                           | 28            |
| 3.3.3.1. Cálculo del esfuerzo cortante elemento 3        | 29            |
| 3.3.4. MÓDULO DE RESISTENCIA DEL MATERIAL                | 30            |
| 3.3.5. ESFUERZOS EN LOS PERNOS                           | 30            |
| 3.3.6. CARGAS EN INDENTADORES                            | 31            |
| 3.3.6.1. Disco de seguridad                              | 31            |
| 3.3.6.2. Indentador de la articulación                   | 32            |
| 3.3.6.3. Indentador del asiento                          | 33            |
| 3.4. SELECCIÓN DEL PERFIL DEL BASTIDOR                   | 35            |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 3.5.      | SELECCIÓN DE PERNOS                                | 36        |
| 3.6.      | SELECCIÓN DEL ESPESOR DISCOS METÁLICOS             | 36        |
| 3.7.      | SIMULACIONES EN EL BASTIDOR                        | 37        |
| 3.7.1.    | SIMULACIÓN DE PRUEBA DEL ASIENTO                   | 37        |
| 3.7.2.    | SIMULACIÓN EN EL SUJETA ASIENTOS                   | 38        |
| 3.7.3.    | SIMULACIÓN DE PRUEBA EN EL ESPALDAR                | 39        |
| 3.8.      | INDENTADORES                                       | 40        |
| 3.8.1.    | SIMULACIONES EN INDENTADORES                       | 42        |
| 3.9.      | SOPORTE DEL CILINDRO                               | 46        |
| 3.10.     | CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO                            | 46        |
| 3.10.1.   | CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR                          | 46        |
| 3.10.2.   | INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES NEUMÁTICOS          | 48        |
| 3.10.3.   | INSTALACIÓN DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS            | 49        |
| 3.10.4.   | EQUIPO TERMINADO                                   | 50        |
| 3.11.     | PRUEBAS DEL EQUIPO                                 | 51        |
| 3.12.     | PRUEBAS EN LOS COMPONENTES                         | 52        |
| 3.12.1.   | PRUEBAS EN EL APOYACABEZAS                         | 52        |
| 3.12.2.   | PRUEBAS EN EL ASIENTO                              | 54        |
| 3.12.3.   | PRUEBAS EN EL ESPALDAR                             | 55        |
| 3.12.4.   | PRUEBAS EN LA ARTICULACIÓN DEL ASIENTO             | 56        |
| 3.13.     | COMPROBACIÓN DE COMPONENTES                        | 57        |
| 3.13.1.   | COMPROBACIÓN EN EL APOYACABEZAS                    | 57        |
| 3.13.2.   | COMPROBACIÓN EN EL ASIENTO                         | 58        |
| 3.13.3.   | COMPROBACIÓN EN EL ESPALDAR                        | 59        |
| 3.13.4.   | COMPROBACIÓN EN LA ARTICULACIÓN                    | 60        |
| 3.13.5.   | COMPROBACIÓN DE COMPONENTES EN DIFERENTES ASIENTOS | 60        |
| 3.14.     | MATERIALES EMPLEADOS EN ASIENTOS                   | 61        |
| 3.15.     | CÁLCULO DE LA CONSTANTE ELÁSTICA DEL RESPALDO      | 63        |
| <b>4.</b> | <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>              | <b>64</b> |
| 4.1.      | CONCLUSIONES                                       | 64        |
| 4.2.      | RECOMENDACIONES                                    | 65        |
| <b>5.</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA</b>                                | <b>66</b> |
| <b>6.</b> | <b>ANEXOS</b>                                      | <b>68</b> |

# ÍNDICE DE TABLAS

|  | <b>PÁGINA</b> |
|--|---------------|
| <b>Tabla 1.</b> Especificaciones para cada tipo de ensayo              | 14            |
| <b>Tabla 2.</b> Dimensiones de los asientos delanteros de vehículos.   | 15            |
| <b>Tabla 3.</b> Dimensiones del bastidor                               | 16            |
| <b>Tabla 4.</b> Propiedades del material preseleccionado (IPAC, 2018). | 23            |
| <b>Tabla 5.</b> Especificación de los elementos del bastidor           | 24            |
| <b>Tabla 6.</b> Propiedades mecánicas acero A36                        | 36            |
| <b>Tabla 7.</b> Propiedades de la madera (colorado)                    | 41            |
| <b>Tabla 8.</b> Dimensiones de las probetas                            | 41            |
| <b>Tabla 9.</b> Cálculo de la fuerza en función de la presión          | 52            |
| <b>Tabla 10.</b> Pruebas de materiales de asientos                     | 61            |
| <b>Tabla 11.</b> Densidad y dureza de espumas (ThemesMagazine, s.f.)   | 62            |

# ÍNDICE DE FIGURAS

|   | <b>PÁGINA</b> |
|---|---------------|
| <b>Figura 1.</b> Circuito neumático del equipo para probar asientos.            | 11            |
| <b>Figura 2.</b> Partes de dónde se tomaron las medidas de los asientos         | 15            |
| <b>Figura 3.</b> Dimensiones del bastidor y agujero oblongo                     | 16            |
| <b>Figura 4.</b> Componentes del bastidor.                                      | 23            |
| <b>Figura 5.</b> Diagrama de cuerpo libre del bastidor                          | 23            |
| <b>Figura 6.</b> Diagrama de cuerpo libre del elemento 1                        | 24            |
| <b>Figura 7.</b> Fuerza cortante y momento flector                              | 25            |
| <b>Figura 8.</b> Diagrama de cuerpo libre elemento 2                            | 26            |
| <b>Figura 9.</b> Fuerza cortante y momento flector                              | 27            |
| <b>Figura 10.</b> Diagrama de cuerpo libre elemento 5                           | 28            |
| <b>Figura 11.</b> Fuerza cortante y momento flector                             | 29            |
| <b>Figura 12.</b> Pieza metálica para protección de indentadores                | 31            |
| <b>Figura 13.</b> Indentador para ensayo de articulación del asiento.           | 32            |
| <b>Figura 14.</b> Indentador para ensayo de asiento                             | 33            |
| <b>Figura 15.</b> DCL del indentador de asiento y perfil de la pletina          | 33            |
| <b>Figura 16.</b> Propiedades del tubo estructural cuadrado (IPAC, 2018)        | 35            |
| <b>Figura 17.</b> Lista de pernos y sus grados (La Casa del Perno, 2018)        | 36            |
| <b>Figura 18.</b> Análisis estructural, carga aplicada al asiento.              | 37            |
| <b>Figura 19.</b> Análisis de tensiones, carga aplicada al asiento              | 38            |
| <b>Figura 20.</b> Análisis de tensiones del sujeta asientos.                    | 38            |
| <b>Figura 21.</b> Deformación máxima del sujeta asientos.                       | 38            |
| <b>Figura 22.</b> Análisis estructural, carga aplicada al espaldar              | 39            |
| <b>Figura 23.</b> Análisis de tensiones, carga aplicada al espaldar             | 39            |
| <b>Figura 24.</b> Indentador para ensayo de espaldar, diferentes vistas.        | 40            |
| <b>Figura 25.</b> Indentador para ensayos de apoyacabezas, diferentes vistas.   | 41            |
| <b>Figura 26.</b> Análisis estructural probeta para ensayo del asiento          | 42            |
| <b>Figura 27.</b> Análisis de tensión de la probeta para ensayos en el asiento. | 42            |
| <b>Figura 28.</b> Análisis estructural probeta para ensayo en la articulación   | 43            |
| <b>Figura 29.</b> Análisis de tensión, probeta para ensayos de la articulación  | 43            |
| <b>Figura 30.</b> Análisis de tensión indentador esférico                       | 44            |
| <b>Figura 31.</b> Deformación máxima probeta para ensayos en apoyacabezas       | 44            |
| <b>Figura 32.</b> Tensión máxima probeta para pruebas en el espaldar            | 45            |
| <b>Figura 33.</b> Deformación máxima probeta para ensayos en el espaldar        | 45            |
| <b>Figura 34.</b> Soporte del cilindro  | 46            |
| <b>Figura 35.</b> Corte del tubo cuadrado                                       | 47            |
| <b>Figura 36.</b> Aplicación de suelda  | 47            |
| <b>Figura 37.</b> Bastidor terminado  | 48            |
| <b>Figura 38.</b> Colocación de elementos neumáticos                            | 48            |
| <b>Figura 39.</b> Colocación del cilindro                                       | 49            |
| <b>Figura 40.</b> Conexión de los elementos electrónicos                        | 49            |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 41.</b> Instalación de componentes electrónicos                   | 50  |
| <b>Figura 42.</b> Equipo terminado  | 50  |
| <b>Figura 43.</b> Equipo terminado  | 51  |
| <b>Figura 44.</b> Manómetro   | 52  |
| <b>Figura 45.</b> Retroceso del cilindro en prueba del apoyacabezas         | 53  |
| <b>Figura 46.</b> Aplicación de carga en el apoyacabezas                    | 53  |
| <b>Figura 47.</b> Cilindro en reposo en prueba de asiento                   | 54  |
| <b>Figura 48.</b> Ensayo del asiento  | 54  |
| <b>Figura 49.</b> Cilindro en reposo ensayo del espaldar                    | 55  |
| <b>Figura 50.</b> Aplicación de fuerza prueba en el espaldar                | 55  |
| <b>Figura 51.</b> Cilindro en reposo prueba de la articulación del asiento. | 56  |
| <b>Figura 52.</b> Aplicación de fuerza en la articulación                   | 56  |
| <b>Figura 53.</b> Apoyacabezas antes de la prueba                           | 57  |
| <b>Figura 54.</b> Apoyacabezas después de la prueba                         | 57  |
| <b>Figura 55.</b> Asiento antes de la prueba                                | 58  |
| <b>Figura 56.</b> Asiento después de realizar la prueba                     | 58  |
| <b>Figura 57.</b> Asiento después del ensayo                                | 58  |
| <b>Figura 58.</b> Espaldar antes de la prueba                               | 59  |
| <b>Figura 59.</b> Espaldar después de la prueba                             | 59  |
| <b>Figura 60.</b> Articulación antes de la prueba                           | 60  |
| <b>Figura 61.</b> Articulación después de la prueba                         | 60  |
| <b>Figura 62.</b> Bloques de espuma (ThemesMagazine, s.f.)                  | 62  |
| <b>Figura 63.</b> Prueba en asiento (Volkswagen Gol)                        | 103 |
| <b>Figura 64.</b> Prueba en espaldar (Volkswagen Gol)                       | 103 |
| <b>Figura 65.</b> Prueba en apoyacabezas (Volkswagen Gol)                   | 104 |
| <b>Figura 66.</b> Prueba en articulación (Volkswagen Gol)                   | 104 |
| <b>Figura 67.</b> Prueba en asiento (Chevrolet Vitara)                      | 105 |
| <b>Figura 68.</b> Prueba en espaldar (Chevrolet Vitara)                     | 105 |
| <b>Figura 69.</b> Prueba en apoyacabezas (Chevrolet Vitara)                 | 106 |
| <b>Figura 70.</b> Prueba en articulación (Chevrolet Vitara)                 | 106 |
| <b>Figura 71.</b> Prueba en respaldo (Chevrolet Spark)                      | 107 |
| <b>Figura 72.</b> Prueba en respaldo (Chevrolet Spark)                      | 107 |
| <b>Figura 73.</b> Prueba en apoyacabezas (Chevrolet Spark)                  | 108 |
| <b>Figura 74.</b> Prueba en articulación (Chevrolet Spark)                  | 108 |

# ÍNDICE DE ANEXOS

|   | <b>PÁGINA</b> |
|---|---------------|
| <b>Anexo 1.</b> Gráfica de selección de diámetro de cilindro        | 68            |
| <b>Anexo 2.</b> Hoja de datos del cilindro.                         | 69            |
| <b>Anexo 3.</b> Hoja de datos de la válvula.                        | 70            |
| <b>Anexo 4.</b> Hoja de datos del regulador de caudal.              | 71            |
| <b>Anexo 5.</b> Hoja de datos inductor de bobina.                   | 72            |
| <b>Anexo 6.</b> Hoja de datos del filtro regulador.                 | 73            |
| <b>Anexo 7.</b> Hoja de datos del silenciador.                      | 74            |
| <b>Anexo 8.</b> Hoja de datos del racor.                            | 75            |
| <b>Anexo 9.</b> Hoja de datos del tubo de poliuretano.              | 76            |
| <b>Anexo 10.</b> Programación del microcontrolador.                 | 77            |
| <b>Anexo 11.</b> Manual de usuario del equipo                       | 82            |
| <b>Anexo 12.</b> Esquema disco de seguridad                         | 88            |
| <b>Anexo 13.</b> Esquema indentador para articulación               | 89            |
| <b>Anexo 14.</b> Esquema indentador para asiento                    | 90            |
| <b>Anexo 15.</b> Esquema indentador para espaldar                   | 91            |
| <b>Anexo 16.</b> Esquema indentador apoyacabezas                    | 92            |
| <b>Anexo 17.</b> Soporte del cilindro                               | 93            |
| <b>Anexo 18.</b> Placa del soporte                                  | 94            |
| <b>Anexo 19.</b> Esquema lista de piezas                            | 95            |
| <b>Anexo 20.</b> Esquema elemento 1                                 | 96            |
| <b>Anexo 21.</b> Esquema elemento 2                                 | 97            |
| <b>Anexo 22.</b> Esquema elemento 3                                 | 98            |
| <b>Anexo 23.</b> Esquema elemento 4                                 | 99            |
| <b>Anexo 24.</b> Esquema elemento 5                                 | 100           |
| <b>Anexo 25.</b> Esquema elemento 6                                 | 101           |
| <b>Anexo 26.</b> Esquema elemento 7                                 | 102           |
| <b>Anexo 27.</b> Pruebas de componentes de asiento Volkswagen Gol   | 103           |
| <b>Anexo 28.</b> Pruebas de componentes de asiento Chevrolet Vitara | 105           |
| <b>Anexo 29.</b> Pruebas de componentes de asiento Chevrolet Spark  | 107           |

## RESUMEN

En este proyecto se realizó el diseño y construcción de un equipo para desarrollar pruebas de cargas y fatigas a las que puede estar sometido un asiento de vehículo tipo M1. El primer paso fue revisar el estado del arte de trabajos similares y normativas para conocer cuáles eran los requisitos generales que debía tener el equipo, el número de pruebas a realizarse, la carga que se debía aplicar, el número de ciclos en cada prueba, etc. Se hizo un boceto mediante un software de diseño mecánico, tomando en cuenta dimensiones de varios asientos de vehículo. Después se desarrolló el cálculo analítico de los esfuerzos existentes, y el cálculo analítico de los elementos neumáticos que forman parte del circuito. Con estos valores encontrados, se pudo seleccionar los materiales y elementos que conformarían el bastidor y la parte neumática. Para completar todo esto, se seleccionó un elemento electrónico con el que se podía escoger los parámetros requeridos para cada ensayo. Una vez apartados todos los elementos se procedió a armar el equipo, en primer lugar, el bastidor, siguiendo con el acople de los elementos neumáticos para finalmente colocar la parte electrónica. Con el equipo terminado se procedió a realizar pruebas reales, en donde se puso a prueba el funcionamiento de la máquina. Los ensayos que se llevaron a cabo fueron cuatro, en cada componente del asiento: primero en el apoyacabezas, una segunda prueba se realizó en el espaldar, la tercera prueba se desarrolló en la articulación del asiento, para finalizar en el asiento. Al final de cada prueba se observó el desempeño del equipo, sin que el mismo presentase fallas. Ya que el funcionamiento era el adecuado, se puso a prueba el asiento para ver si cumplía o no con la normativa dispuesta.

**PALABRAS CLAVE:** Asientos de vehículo M1, Seguridad en el asiento, Pruebas en asientos de vehículos, Resistencia de asientos, Durabilidad de asientos

## **ABSTRACT**

This project was the design and construction of a device to develop test applying loads in M1 type vehicle seats. The first step was to review the state of art of similar projects and regulations, to know what were the general requirements that the equipment should have, the number of tests to be carried out, the force that should be applied, the number of cycles in each test, etc. It was made a design with a software, considering the dimensions of several vehicles seats. Analytical calculations of existing efforts were done, and the analytical calculation of pneumatic elements of the circuit. With those calculations, it was possible to choose materials and elements that would form the frame and the pneumatic part. To complete all this, an electronic device, with the one it's possible to select the required parameters for each trial, was choose. Once all elements were selected, proceeded to assemble the device, at first place, the metallic frame, and later with the coupling of the pneumatic elements to finally place the electronic part. With the finished device, it was time to made real tests, to see how the machine works. The trials that were carried out were four, on each component of the seat: first in the headrest, a second test was performed on the backrest, the third test was developed in the articulation of the seat, to end up with the seat. At the end of each test the performance of the device was appreciated by an operator. Since the performance was correct, a seat was tested to watch if this is according to the normative.

**KEYWORDS:** M1 Vehicle seat, Seats safety, Seats durability test, Vehicle seat test, Seat durability



# 1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador no se cuenta actualmente con equipos que realicen análisis de esfuerzos en asientos automotrices, por ejemplo, Chevrolet realiza pruebas en los asientos, pero únicamente los ensayos de desgaste de los componentes, es decir, solo realiza las pruebas cíclicas y esto se debe a que en el país no se fabrican todos los componentes de un vehículo, sino que algunos son importados, por lo que esta homologación se la hace tomando como referencia normas internacionales.

Para comprobar que el diseño y la construcción de asientos sean realizados de una manera correcta, es decir que cumplan con la normativa dispuesta para su empleo en vehículos, es necesario contar con un equipo que sea capaz de recrear de manera real las condiciones y el desgaste al que se encuentran sometidos los asientos por el uso diario. Además, se busca con la realización de estas pruebas, mejorar la seguridad que les brindan a las personas y se trata de mejorar los materiales ya existentes o de encontrar nuevos materiales con el fin de ofrecer una mayor durabilidad y una mejor adaptación al cuerpo.

Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, en su norma NTE INEN 2656 "Clasificación Vehicular" del año 2012, un vehículo tipo M1 es aquel de ocho o menos asientos, sin contar el asiento del conductor. (NTE INEN 2656:2012 "Clasificación Vehicular", 2012).

El objetivo general propuesto en este proyecto es diseñar y construir un equipo para realizar análisis de esfuerzos en materiales utilizados en el confort y seguridad del asiento de un vehículo tipo M1.

Para cumplir con este objetivo se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Revisar el estado del arte, el confort, la seguridad y las normativas que rigen en vehículos tipo M1.
- Diseñar un equipo para analizar los esfuerzos en materiales utilizados en el confort y seguridad del asiento del vehículo.
- Construir un equipo para analizar los esfuerzos en materiales utilizados en el confort y seguridad del asiento del vehículo.
- Realizar pruebas de funcionamiento del equipo y analizar los esfuerzos en materiales del asiento del vehículo.

De acuerdo al Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 034 "Elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores" del año 2013 se establece que para homologar asientos automotrices es necesario tener referencias, las mismas que se encuentran especificadas mediante normas o estándares, que los fabricantes se ven obligados a cumplir, con el fin de ofrecer un mayor grado de confort a los usuarios, así como también entregar mayor seguridad en caso de que ocurra alguna colisión.

Respecto a la homologación, los asientos deben cumplir con lo establecido en el Reglamento N°17 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas “Prescripciones uniformes sobre la aprobación de vehículos en lo que concierne a los asientos, a sus anclajes y a los apoyacabezas”, con el objetivo de cuidar la vida e integridad de las personas y el ambiente. Este reglamento aplica a todo vehículo que ingrese al parque automotor ecuatoriano a excepción de los prototipos, transporte ferroviario, equipo caminero, agrícola, vehículos de competencia deportiva, clásicos, históricos y de colección.

En el caso de los apoyacabezas también deberán cumplir con normativas, según lo establecido en la Reglamentación Técnica UNECE 25 “Disposiciones Relativas Uniformes a la aprobación de apoyacabezas (reposacabezas), incorporados o no en asientos de vehículos”, además deben cumplir con lo establecido en el Reglamento Técnico Global GTR 7 “Apoyacabezas”. (RTE INEN 034 “Elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores”, 2013)

Como en la normativa para los ensayos de asientos no se detalla alguna especificación para la elección del cilindro neumático, esta elección queda a consideración de la persona que realiza el proyecto basando su elección en varios parámetros que se deben tomar en cuenta, como la fuerza máxima que se aplicará en los ensayos, el diámetro del émbolo necesario para aplicar la carga deseada, el tipo de actuador, es decir de simple o doble efecto dependiendo del tipo de trabajo que realice el mismo, etc. Aunque existen otras normas, en lo que respecta a cilindros neumáticos, se emplearán la norma ISO: 15522:2004.

Los ensayos a realizarse en el asiento son: ensayo de resistencia del respaldo y su sistema de regulación, donde se debe aplicar una carga orientada hacia atrás en la parte superior de la estructura del asiento, de tal manera que se simule la espalda, empleando para esto un indentador cuya descripción y medidas se encuentran más adelante; ensayo del rendimiento del apoyacabezas, aplicando una carga orientada hacia atrás en la posición más alta del apoyacabezas con el fin de simular un impacto en esa zona, empleando un indentador esférico de diámetro definido que aparenta una cabeza humana; ensayo de la durabilidad en el extremo delantero en donde se aplica una carga en puntos equidistantes del asiento, primero aplicando una carga relativamente baja en ciclos elevados, finalmente se aplica una carga grande en un número de ciclos pequeño, con esta prueba se trata de recrear las condiciones de uso cotidiano de un asiento; ensayo de durabilidad del espaldar, donde se aplica una carga cíclica perpendicular al espaldar del asiento, tratando de simular las condiciones de uso diario a las que está sometido este componente. En ninguno de estos ensayos el asiento presentará daños el operador debe cerciorarse, que el asiento se encuentra en óptimas condiciones para su uso, caso contrario no es apto para ser utilizado en un vehículo. Además para cada ensayo se requiere de un indentador especial, este indentador es el elemento que entra en contacto

directamente con el asiento al momento de realizar cada prueba y estos están especificados en el Reglamento N°17 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas “Prescripciones uniformes sobre la aprobación de vehículos en lo que concierne a los asientos, a sus anclajes y a los apoyacabezas” y adicionalmente, de acuerdo a la misma, como especificaciones generales aplicadas a todos los ensayos, el asiento tendrá una posición inclinada hacia atrás, lo más cercano a 25° respecto al eje vertical Y. En el caso de los apoyacabezas, los ensayos se realizarán en la posición más desfavorable, es decir la más alta en caso de ser regulable.

En su trabajo “diseño y construcción de un banco de pruebas de durabilidad para asientos de vehículo” Paredes y Guarnizo (2014) mencionan que básicamente el equipo para realizar análisis de esfuerzos en asientos de vehículo está compuesto por tres sistemas que son: sistema bastidor, sistema neumático y sistema electrónico. Para elegir los materiales más adecuados, es necesario plantear varias alternativas de diseño que facilitarán la elección de componentes.

El bastidor es el encargado de mantener sujetos todos los elementos neumáticos, así como el componente electrónico, que en este caso es el microcontrolador; también es en donde se asegura el asiento del vehículo para realizar las respectivas pruebas a las que este será sometido. El bastidor debe ser lo suficientemente resistente para soportar el peso de los componentes y las fuerzas aplicadas por el elemento neumático al momento de realizar los ensayos. Para su construcción se necesita realizar previamente su análisis estructural y análisis de tensión con el fin de garantizar que el bastidor soporte las cargas sin deformarse o romperse. Esto se hace con el fin de encontrar más adelante, conforme avance el proyecto, un material adecuado que cumpla de manera correcta con las exigencias requeridas. Dependiendo de los resultados obtenidos de los análisis realizados en computador, se elegirá el diseño final que tendrá el mismo, así como el tipo de acero que se empleará para su construcción. (Guarnizo, 2014)

Los componentes que conforman el sistema neumático son: cilindro neumático, que es el elemento que se encargan de convertir la energía que llega del aire comprimido en energía mecánica lineal. Debido a que el trabajo del cilindro en los ensayos debe realizarse en una sola dirección, se podría emplear un cilindro de simple efecto, pero dado que los cilindros de simple efecto tienden a tener carreras cortas y su fuerza teórica es menor a la de los cilindros de doble efecto, en el presente proyecto se utilizará el segundo mencionado.

La elección del mismo viene dada por su diámetro, la presión de trabajo y la fuerza a aplicar.

De acuerdo a lo que dice el Reglamento N°17 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas “Prescripciones uniformes sobre la homologación de vehículos en lo que concierne a los asientos, a sus anclajes y a los apoyacabezas” la presión de trabajo y fuerza máxima durante los

ensayos son conocidas, entonces con estos datos es posible calcular el diámetro del émbolo con los siguientes pasos y mediante el empleo de las ecuaciones a continuación mencionadas:

En primer lugar, es necesario encontrar el área del émbolo, según se expresa en la ecuación 1.

$$A_e = \frac{F_m}{P_T} \quad [1]$$

Donde:

$A_e$ : área del émbolo [ $\text{cm}^2$ ]

$F_m$ : fuerza máxima [N]

$P_T$ : presión de trabajo [ $\text{N}/\text{cm}^2$ ]

Una vez obtenida el área del émbolo, es posible calcular su diámetro, si se emplea la ecuación 2.

$$D_e = \sqrt{\frac{4 * A_e}{\pi}} \quad [2]$$

Donde:

$D_e$ : diámetro del émbolo [cm]

$A_e$ : área del émbolo [ $\text{cm}^2$ ]

Para calcular el diámetro del vástago, dato necesario para el encontrar el caudal del cilindro, se aplica la ecuación 3.

$$F_{\text{avance}} = \pi \frac{D_{\text{cilindro}}^2}{4} * \frac{p}{10}$$

$$d_v = \sqrt{D_c^2 - \frac{4 * 10 F_r}{p * \pi}} \quad [3]$$

Donde:

$d_v$ : diámetro del vástago [mm]

$D_c$ : diámetro del cilindro [mm]

$F_r$ : fuerza de retroceso [N]

$p$ : presión de trabajo [bar]

Con el diámetro del émbolo calculado se procede a buscar en la gráfica de selección de cilindros, un actuador que presente el diámetro más aproximado al valor teórico obtenido, tomando en consideración los parámetros que se piden en la gráfica como la fuerza que se va a aplicar y la presión de trabajo, que en este caso será la presión máxima de trabajo más porcentaje adicional debido a rozamientos existentes. De acuerdo a Cruz y Amboya (2011) en su

proyecto “Diseño y construcción de un equipo de ensayos para pruebas de deformación y resistencia de asientos y espaldares de poliuretano para autobuses” el caudal de aire del cilindro ayuda a determinar las dimensiones de las válvulas a emplear, las velocidades de trabajo, diámetro de tuberías y además permite conocer cuál es el volumen necesario que debe tener el compresor. Dicho caudal se calcula de acuerdo a la fórmula planteada en la ecuación 4. (Cruz, D., Amboya, F., 2011)

$$Q = (A_e - A_R) * L * N * Z \frac{P_{abs}}{P_o} \quad [4]$$

Donde:

Q: caudal de aire [l/min]

$A_e$ : área del émbolo [cm<sup>2</sup>]

$A_R$ : diferencia área del émbolo y área del vástago [cm<sup>2</sup>]

L: longitud de la carrera [cm]

N: número de ciclos por minuto [ciclos/min]

Z: número de cilindros iguales

$P_{abs}$ : presión absoluta [N/cm<sup>2</sup>]

$P_o$ : presión atmosférica [N/cm<sup>2</sup>]

Este consumo de aire obtenido, es de carácter teórico, además es común que el sistema presente una reducción de la energía útil debido al rozamiento del aire con las paredes de la tubería, valor que oscila entre el 5% y el 10%. del valor teórico para presiones entre 4 y 8 bares, por lo que al valor de la ecuación 4 se aumentará el 10% para compensar dichas pérdidas.

Otro de los componentes neumáticos necesarios en el sistema, es el compresor, que es el encargado de suministrar el fluido. De las Heras (2003) afirma que la elección del mismo se realiza de acuerdo al caudal que se va a suministrar al actuador, así como de la presión de trabajo. (de las Heras, 2003) Para la selección del compresor, se lo hace a través de la ecuación 5 y ecuación 6:

$$P_{abs} = P_{man} + P_o \quad [5]$$

Donde:

$P_{abs}$ : presión absoluta [kg/cm<sup>2</sup>]

$P_{man}$ : presión manométrica [kg/cm<sup>2</sup>]

$P_o$ : presión atmosférica [kg/cm<sup>2</sup>]

$$P_{me} = \frac{\gamma_e}{\gamma_e - 1} P_o * \ln \frac{P_{abs}}{P_o} * Q \quad [6]$$

Donde:

$P_{me}$ : potencia media efectiva [kg\*cm/min]  
 $n_e$ : coeficiente de expansión adiabático  
 $P_o$ : presión atmosférica [kg/cm<sup>2</sup>]  
 $P_{abs}$ : presión absoluta [kg/cm<sup>2</sup>]  
Q: consumo de aire [cm<sup>3</sup>/min]

Para el cálculo de las reacciones en el sistema, se emplea la ecuación 7.

$$\sum F_y = 0 \quad [7]$$

Donde:

$\sum F_y$ : sumatoria de fuerzas en el eje Y

Para obtener el momento flector se aplica la ecuación 8.

$$M = \int V \, dx \quad [8]$$

Donde:

M: momento flector [Nm]

V: esfuerzo cortante [N]

Para hallar el esfuerzo y la deflexión se necesita encontrar el área del tubo con la ecuación 9.

$$A_T = A_E - A_I \quad [9]$$

Donde:

$A_T$ : área total del tubo cuadrado [m<sup>2</sup>]

$A_E$ : área externa del tubo cuadrado [m<sup>2</sup>]

$A_I$ : área interna del tubo cuadrado [m<sup>2</sup>]

El esfuerzo máximo se lo obtiene mediante la ecuación 10.

$$\tau = V / A / 10^6 \quad [10]$$

Donde:

$\tau$ : esfuerzo cortante [MPa]

F: fuerza cortante [N]

A: área [m<sup>2</sup>]

El cálculo de la resistencia a la fluencia se lo realiza mediante la ecuación 11.

$$S_y = \tau * n \quad [11]$$

Donde:

$S_y$ : resistencia a la fluencia [MPa]

$\tau$ : esfuerzo [MPa]

$n$ : factor de diseño bajo cargas dinámicas = 2

El cálculo del factor de seguridad se obtiene mediante la ecuación 12.

$$n = \frac{S_{ym\acute{a}x}}{S_{yp}} \quad [12]$$

Donde:

$n$ : factor de seguridad

$S_{ym\acute{a}x}$ : resistencia a la fluencia máxima [Pa]

$S_{yp}$ : resistencia a la fluencia permisible [Pa]

Para obtener el módulo de resistencia del material se aplica la ecuación 13.

$$W_x = M_{m\acute{a}x} / \tau_p \quad [13]$$

Donde:

$W_x$ : módulo de resistencia del material [cm<sup>3</sup>]

$M_{m\acute{a}x}$ : momento flector máximo [kNm]

$\tau_p$ : esfuerzo permisible [MPa]

Para obtener el espesor de los discos metálicos se aplica la ecuación 14.

$$e = \frac{P * D}{2 * \tau_p} * 1000 \quad [14]$$

Donde:

$e$ : espesor del disco [mm]

$P$ : presión aplicada por el cilindro [Pa]

$D$ : diámetro del disco [m]

$\tau_p$ : esfuerzo permisible [Pa]

El momento de inercia se calcula con la ecuación 15.

$$I = \frac{1}{12} b * h^3 \quad [15]$$

Donde:

$I$ : momento de inercia [m<sup>4</sup>]

b: base [m]

h: altura [m]

Para obtener el espesor de una placa rectangular se aplica la ecuación 16.

$$\tau_p = \frac{F * A\bar{y}}{I * e} \quad [16]$$

Donde:

$\tau_p$ : esfuerzo permisible [Pa]

F: fuerza aplicada [N]

A: área [m<sup>2</sup>]

$\bar{y}$ : centroide [m]

I: momento de inercia [m<sup>4</sup>]

e: espesor [m]

Para el cálculo de la constante elástica de la articulación del asiento se emplea la ecuación 17.

$$\tau = \frac{d^4 * E}{10.8 * D * N} \quad [17]$$

Donde:

k: constante elástica [N/m]

d: diámetro equivalente de un rectángulo

E: módulo de elasticidad del material

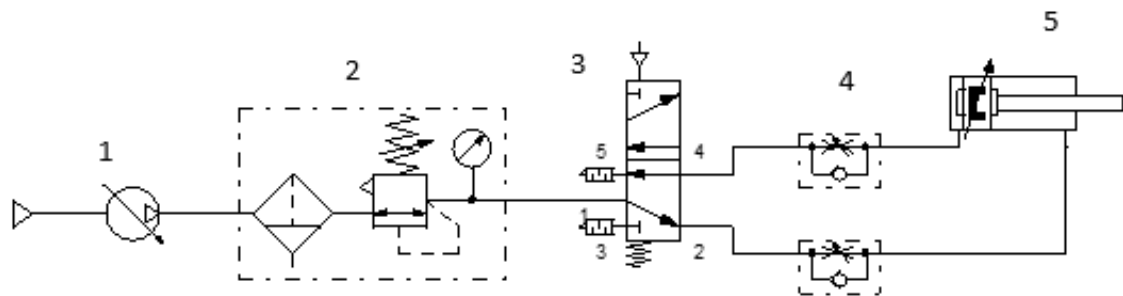
D: diámetro del resorte

N: número de vueltas del resorte

El resto de componentes neumáticos son: unidad de mantenimiento, que combina un filtro de aire, regulador de caudal y manómetro. El filtro de aire tiene como función detener todas las impurezas que pueda tener el aire que entra en el sistema. Antes de que este alimente a todos los elementos neumáticos debe ser tratado para asegurarse de que se encuentra libre de partículas de polvo, restos de óxido, vapor de agua, etc. El regulador de caudal permite controlar la cantidad de aire que pasa al sistema. Finalmente, el manómetro permite conocer cuál es la presión de aire que ingresa al sistema con el fin de poder controlarlo a conveniencia. Adicionalmente este sistema contará con una electroválvula que será la encargada de permitir o restringir el paso del fluido a través del circuito accionada mediante una bobina. Las válvulas antirretorno estranguladoras que poseen una restricción que permiten controlar el caudal de aire que se dirige al cilindro, mediante el ajuste de un tornillo. Además, con este elemento es posible controlar la velocidad de



controlarse la velocidad del actuador en un sentido. Finalmente se cuenta con un cilindro neumático de doble efecto, que es el encargado de aplicar la carga necesaria dependiendo el tipo de ensayo que se requiera realizar. El circuito neumático y sus componentes deben estar conformados como se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Circuito neumático del equipo para probar asientos.

A continuación, se detalla cada componente del sistema:

- 1: Compresor
- 2: Filtro regulador
- 3: Electroválvula 5/2
- 4: Válvula antirretorno estranguladora
- 5: Cilindro neumático de doble efecto

Para el sistema electrónico se empleará un microcontrolador, con el que el operador del equipo podrá elegir varios parámetros tales como el número de ciclos en cada prueba y el tiempo que demorará cada ciclo. Todos estos parámetros van a poder ser visualizados a través de una pantalla LCD.

## 2. METODOLOGÍA

Para iniciar se hizo una investigación del estado del arte, es decir, una revisión de proyectos similares y artículos científicos que contribuyeron con la parte teórica, además de una investigación de la normativa que rige los ensayos en los asientos de los vehículos tipo M1 con la que se determinó cuáles eran las cargas que deben aplicarse en cada prueba.

Se tomaron mediciones de asientos delanteros de vehículos tipo M1, en una mecánica ubicada en el Valle de Los Chillos. Esto se hizo con el fin de determinar qué medida debía tener el bastidor, considerando además un espacio adicional para trabajar fácilmente, y tomando en cuenta que el bastidor tiene ciertos elementos internos que, son necesarios, pero reducen el espacio disponible para el asiento.

Se realizó el diseño del equipo con la ayuda de un software de diseño mecánico. Con esta herramienta fue posible observar el equipo terminado sin que hubiera la necesidad de haberlo construido, lo que permitió realizar los cambios necesarios hasta conseguir el diseño adecuado.

Se desarrollaron los cálculos de esfuerzos en el bastidor, esto con el fin de poder encontrar un material que cumpla con dichos requerimientos. También se realizaron cálculos de los componentes neumáticos para determinar las características que debían tener estos componentes; con esta información se determinó qué tipo de válvula se empleó, en el caso del actuador se halló el diámetro del émbolo, la presión de trabajo, la carga máxima que aplicaba el mismo, el tipo de cilindro que se requirió, se calculó la potencia necesaria del compresor para el funcionamiento óptimo del sistema neumático, además se determinó el diámetro necesario de las tuberías con la ayuda de gráficas y analíticamente, y se determinó mediante la normativa las especificaciones de los indentadores para cada tipo de ensayo a realizarse.

Una vez calculados los valores anteriores se eligió el material adecuado, tanto del bastidor como de los sistemas neumáticos y electrónico.

Después se prosiguió con la simulación en el software de diseño mecánico con el fin de comprobar que el material elegido para el bastidor era el propicio. De esta manera también quedó definido el diseño ya que los análisis garantizaban el correcto comportamiento del bastidor a la aplicación de cargas. Para la elección del material se tomó en cuenta varios aspectos como costos, disponibilidad del material o elemento en el medio, resistencia mecánica, parte estética, facilidad del material para trabajar, acabado final, etc. que quedaron a elección del diseñador para proceder con su adquisición. Para la elección del material de los indentadores, se consideraron varios puntos como la resistencia de dicho material frente a la aplicación de cargas, el costo del material, la facilidad con la que se puede mecanizar, etc. La madera tuvo que pasar por un proceso de mecanizado en torno y en fresa respectivamente para obtener la forma y dimensiones deseadas. Se incluyó

un elemento metálico para los indentadores de madera, con el fin de que este les sirva de protección y evite una posible ruptura de los elementos mencionados.

Después se realizó la compra de los elementos, primeramente, los que conforman el bastidor. Su construcción se hizo con tres tubos cuadrados cuyo perfil tenía de dimensiones 40 mm x 40 mm x 3 mm y una longitud de seis metros. La cantidad exacta del tubo que se requería comprar se calculó mediante el software de diseño de manera directa, lo que ahorra tener que hacer el cálculo de manera manual, herramienta sobre todo útil cuando son estructuras grandes y con gran número de piezas. Se realizó la compra del asiento, tomando en cuenta que este debía tener las partes originales en todos sus mecanismos y que estos estén funcionando perfectamente. Se compró el resto de elementos de los sistemas neumático como cilindro, válvula, filtro, reguladores de caudal, tubo, etc. Y también la parte electrónica que corresponde al microcontrolador, teclado, LCD, leds, switch, etc. Una vez hecho esto se procedió a la construcción del equipo, se realizó la parte del bastidor en primer lugar, ya que este es el elemento que sostiene a todas las demás partes. Se realizó una comprobación de los elementos neumáticos antes de instalarlos para comprobar que no tengan ningún desperfecto, una vez realizado este paso se prosiguió con la instalación de los elementos neumáticos. Finalmente se desarrolló la programación del microcontrolador, y se instaló el sistema electrónico en el equipo. Una vez concluido el paso anterior se procedió a realizar pruebas reales en el sistema. Se probó el funcionamiento del equipo realizando pruebas en los componentes de cuatro diferentes asientos de vehículo. Las pruebas consistieron en aplicar una carga cíclica al apoyacabezas, respaldo, asiento y articulación del asiento, con el fin de observar el comportamiento de los componentes al desgaste al que están expuestos en su vida útil.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. REQUISITOS GENERALES

De acuerdo a lo expuesto en la introducción, el equipo consta de un bastidor, un sistema neumático y un sistema electrónico. Cada elemento del banco de pruebas, posee ciertos requisitos y especificaciones que debe cumplir y deben ser tomados en cuenta al momento de realizar el diseño. De esto depende la selección de cada componente, así como también las dimensiones del equipo y el material con el que va a ser construido.

Entre algunos de los requisitos se tiene que el dispositivo de pruebas debe ser capaz de trabajar según lo que referido en la norma INEN RTE 034; además este equipo debe ser apto para realizar pruebas a cualquier tipo de asiento delantero de vehículo, sin importar el peso que este tenga o las dimensiones del mismo, para esto el banco de pruebas debe tener las dimensiones adecuadas en caso de que tener un extremo en las dimensiones del asiento, es decir que este sea demasiado grande o muy pequeño, esto con el fin de no tener inconvenientes al momento de realizar las pruebas respectivas.

El sistema neumático debe ser apto para realizar todos los ensayos independientemente de la fuerza que se requiera para cada prueba, este debe ser capaz de resistir los ensayos que se realizan aplicando las cargas máximas, así como también debe resistir a la aplicación de cargas cíclicas por periodos prolongados de tiempo.

En la tabla 1 se observa la carga aplicada y el número de ciclos para cada ensayo.

**Tabla 1.** Especificaciones para cada tipo de ensayo

| Prueba                         | Carga aplicada  | Ciclos       |
|--------------------------------|---|--------------|
| Resistencia de la articulación | 80 kgf  | 150000       |
| Resistencia del apoyacabezas   | 100 kgf en el punto más alto del apoyacabezas<br>50 kgf | 10<br>10000  |
| Durabilidad del asiento        | 30 kgf<br>100 kgf                                       | 140000<br>10 |
| Durabilidad del espaldar       | 10 kgf-m respecto a la articulación del asiento         | 28000        |

##### 3.1.1. DIMENSIONES DEL BASTIDOR

El material del bastidor, tiene que soportar tanto la fuerza aplicada por el cilindro, como el resto de los componentes, es decir, todo el sistema neumático, sistema electrónico y además el asiento donde se realizan las

pruebas. Para determinar las dimensiones del bastidor, es necesario tomar mediciones de varios asientos delanteros de vehículos tipo M1, que se encuentran en el mercado nacional, para encontrar el valor máximo, mínimo y el promedio. A continuación, en la figura 2 y en la tabla 2 se detallan las dimensiones de cada componente de los asientos y la marca de vehículo a la que pertenecen.



**Figura 2.** Partes de dónde se tomaron las medidas de los asientos

**Tabla 2.** Dimensiones de los asientos delanteros de vehículos.

| Marca      | Modelo       | Tipo de vehículo | a (mm) | b (mm) | c (mm) |
|------------|--------------|------------------|--------|--------|--------|
| Mazda      | BT-50        | Pick Up          | 540    | 540    | 1030   |
| Nissan     | Navara       | Pick Up          | 540    | 600    | 1020   |
| Nissan     | Sentra       | Sedan            | 550    | 550    | 940    |
| Nissan     | Patrol       | Utilitario       | 580    | 600    | 1020   |
| Nissan     | X Trail      | Utilitario       | 580    | 580    | 1130   |
| Chevrolet  | Jimny        | Utilitario       | 500    | 580    | 970    |
| Chevrolet  | D-max        | Pick Up          | 570    | 570    | 1000   |
| Chevrolet  | Grand Vitara | Utilitario       | 540    | 570    | 1020   |
| Chevrolet  | Sail         | Sedan            | 520    | 590    | 1080   |
| Chevrolet  | Optra LT     | Sedan            | 540    | 580    | 1000   |
| Chevrolet  | Rodeo        | Utilitario       | 580    | 600    | 920    |
| Renault    | Logan        | Sedan            | 570    | 560    | 1000   |
| Renault    | Megane       | Sedan            | 570    | 560    | 1010   |
| Kia        | Picanto ex   | Hatchback        | 540    | 580    | 1020   |
| Volkswagen | Gol          | Sedan            | 570    | 580    | 1030   |

**Nota:** Los datos tomados son de vehículos encontrados dentro de una mecánica ubicada en el Valle de Los Chillos.

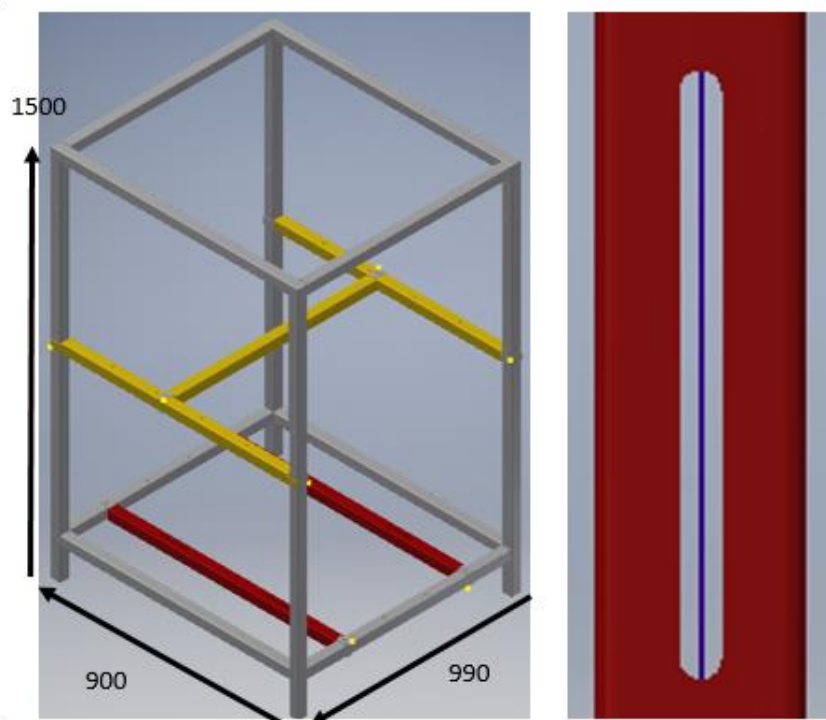
Valor máximo a (mm): 580, valor mínimo a: 520, valor promedio a: 552.67  
 Valor máximo b (mm): 600, valor mínimo b: 540, valor promedio b: 576  
 Valor máximo c (mm): 1080, valor mínimo c: 940, valor promedio c: 1012.67  
 Además, se debe tomar en cuenta que debe poseer espacio necesario para ciertos elementos internos del bastidor que sirven para el anclaje del asiento, y para que exista un lugar amplio y adecuado de trabajo, sin importar el tamaño del asiento que se escoja para realizar las pruebas. Es por eso que se decidió que el bastidor tenga las dimensiones mostradas a continuación en la tabla 3.

**Tabla 3.** Dimensiones del bastidor

| Alto (c)<br>[mm] | Profundidad (b)<br>[mm] | Ancho (a)<br>[mm] |
|------------------|-------------------------|-------------------|
| 1500             | 990                     | 900               |

**Nota:** a, b y c se refiere a las dimensiones mostradas en la figura 2.

Los tubos internos del bastidor, los que sostienen al cilindro neumático, marcados en la figura 3 de color amarillo, y los tubos que sujetan al asiento, marcados en la figura 3 de color rojo, deben ser capaces de desplazarse ya sea horizontal o verticalmente, los primeros con el fin de ajustarlos a la altura que se requiera para cada tipo de prueba, mientras que los segundos, deben desplazarse para ajustarse a la geometría del asiento para que el operador pueda sujetarlo al bastidor. Para ello se debe realizar una serie de agujeros alargados o agujeros oblongos, como se muestra a continuación.



**Figura 3.** Dimensiones del bastidor y agujero oblongo

### **3.1.2. REQUISITOS DEL SISTEMA NEUMÁTICO**

Dentro de los requisitos que debe cumplir el sistema neumático se tiene que sea capaz de aplicar cargas variables desde 30 kgf, hasta los 100 kgf, valor máximo con el que se trabaja en los ensayos. Además, debe poder cumplir con los exigentes ciclos de trabajo; debe trabajar hasta los 150000 ciclos sin sufrir desperfectos o averías. Cada ciclo de trabajo debe tener una duración de 3 segundos. El sistema neumático debe presentar todas las garantías necesarias para no poner en riesgo la seguridad del operador del equipo.

### **3.1.3. REQUISITOS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO**

El sistema electrónico debe ser capaz de realizar cambios de los parámetros dependiendo del tipo de ensayo que se realice, todo esto de una manera fácil y que no cause mayor complicación al operador. Este sistema se debe poder conectar a la red eléctrica doméstica en Ecuador, 110 voltios, a una frecuencia de 60 Hz.

## **3.2. SELECCIÓN DE COMPONENTES**

### **3.2.1. COMPONENTES NEUMÁTICOS**

#### **3.2.1.1. Cilindro neumático**

Para la selección del cilindro neumático, es necesario emplear la ecuación 1 para determinar el diámetro necesario del émbolo, conociendo que industrialmente las presiones de trabajo se encuentran entre un rango de 4 a 6 bares. En el caso de este proyecto se va a trabajar dentro de ese rango, para cálculos se emplea una presión de trabajo de 6 bares y la fuerza máxima a aplicarse en el equipo es de 100 kgf. A estas presiones de trabajo, en la práctica, la fuerza teórica se ve reducida entre un 10 – 15%, debido a que existen fuerzas de rozamiento, por lo que se va a considerar a la fuerza máxima de trabajo, aumentada en un 10%.

$$A_e = \frac{F_m}{P_T}$$

$$A_e = \frac{1079.1 \text{ [N]}}{60 \text{ [N/cm}^2\text{]}}$$

$$A_e = 18 \text{ cm}^2$$

Una vez obtenida el área del émbolo, se calcula su diámetro empleando la ecuación 2.

$$D_e = \sqrt{\frac{4 \cdot A_e}{\pi}}$$

$$D_e = \sqrt{\frac{4 \cdot 18 \text{ [cm}^2\text{]}}{\pi}}$$

$$D_e = 4.79 \text{ cm}$$

Con el valor del diámetro del émbolo calculado se procede a buscar en la gráfica de selección de cilindros (ver anexo 1), el que posea el diámetro más aproximado al valor teórico obtenido. De acuerdo a este anexo se observa que el diámetro de cilindro adecuado para obtener una fuerza máxima de 1079.1 N a una presión de trabajo de 6 bares es 50 mm. Comercialmente este diámetro de 50mm está disponible, se trata de un cilindro de doble efecto que tiene una fuerza teórica de avance de 1178 N, tiene una carrera de 200 mm, su presión de funcionamiento va de 0.4 a 12 bares. El resto de sus características se encuentran en el anexo 2.

Para encontrar la dimensión del diámetro del vástago, se emplea la ecuación 3, tomando en cuenta el anexo 2 para encontrar la fuerza de retroceso teórica.

$$d_v = \sqrt{D_c^2 - \frac{4 \cdot 10 \cdot F_r}{p \cdot \pi}}$$

$$d_v = \sqrt{50^2 \text{ [mm}^2\text{]} - \frac{4 \cdot 10 \cdot 990 \text{ [N]}}{6 \text{ [bares]} \cdot \pi}}$$

$$d_v = 20 \text{ mm}$$

Para el cálculo del caudal de aire del cilindro, que permite seleccionar la válvula de dirección, se debe aplicar la ecuación 4, considerando que, en este caso al tratarse de un sistema cerrado, la presión absoluta es igual a la manométrica.

$$Q = (A_e - A_R) \cdot L \cdot N \cdot Z \cdot \frac{P_{abs}}{P_o}$$

$$Q = \left( 18 + \frac{\pi}{4} (5^2 - 2^2) \right) \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 20 \text{ [cm]} \cdot 20 \text{ [ciclos/min]} \cdot 1 \cdot \frac{60 \text{ [N/cm}^2\text{]}}{7.29 \text{ [N/cm}^2\text{]}}$$



$$Q = 113558.39 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$Q = 113.56 \text{ l/min}$$

Por concepto de fugas que existe en todo sistema, se debe corregir el cálculo anterior tomando en consideración un valor del 10%.

$$Q = 113.56 \text{ l/min} * 10\%$$

$$Q = 124.91 \text{ l/min}$$

### 3.2.1.2. Compresor

Para obtener la potencia del compresor, es necesario conocer la presión absoluta mediante la ecuación 5.

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{man}} + P_o$$

$$P_{\text{abs}} = 6.12 \text{ kg/cm}^2 + 0.74 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{\text{abs}} = 6.86 \text{ kg/cm}^2$$

Una vez obtenida la presión es posible calcular la potencia del compresor empleando la ecuación 6.

$$P_{\text{me}} = \frac{\gamma_e}{\gamma_e - 1} P_o * \ln \frac{P_{\text{abs}}}{P_o} * Q$$

$$P_{\text{me}} = \frac{1.4}{1.4 - 1} 0.74 \text{ [kg/cm}^2] * \ln \frac{6.86}{0.74} \text{ [kg/cm}^2] * 113558.39 \text{ [cm}^3/\text{min]}$$

$$P_{\text{me}} = 6.55 * 10^5 \frac{\text{kg*cm}}{\text{min}}$$

$$P_{\text{me}} = 6.55 * 10^5 \frac{\text{kg*cm}}{\text{min}} * \frac{9.81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}$$

$$P_{\text{me}} = 1070.83 \text{ Nm/s} = \text{J/seg} = \text{Watt}$$

$$P_{\text{me}} = 1070.83 \text{ Watt} * \frac{1 \text{ Hp}}{746 \text{ Watt}} = 1.44 \text{ Hp}$$

La potencia mínima necesaria del compresor es de 1.5 Hp. Sin embargo, por disponibilidad, para realizar las pruebas de funcionamiento se realizó con un compresor de 2 Hp.

### **3.2.1.3. Electroválvula neumática**

Para seleccionar el tipo de electroválvula, es necesario conocer el caudal de aire que consume el actuador, valor que se calculó anteriormente, además hay que saber el diámetro de los orificios de entrada y salida de aire del cilindro. En el caso del cilindro seleccionado, el diámetro de los orificios es de 1/4 de pulgada, por lo que la electroválvula debe tener el mismo tipo de conexión. Es posible emplear indistintamente una electroválvula 4/2 o una 5/2, la única deferencia que tienen es que esta última, tiene 2 conexiones de escape en lugar de 1. Por motivos de disponibilidad se escogió la electroválvula 5/2. Esta posee un accionamiento eléctrico, tiene un caudal nominal de 1000 l/min, el rango de presión con la que es capaz de funcionar está entre los 2.2 bares a 8 bares, tiene retorno por muelle mecánico, posee un accionamiento manual auxiliar con enclavamiento. El resto de las características se encuentran en el anexo 3.

### **3.2.1.4. Regulador de caudal**

Para elegir este elemento, se lo hace también en función del consumo de aire del actuador y del tipo de conexión que el cilindro neumático presente. En el caso del proyecto se eligieron dos reguladores iguales, colocados uno a la entrada del actuador y otro a la salida del mismo, con caudal nominal en sentido de la estrangulación de 475 l/min, caudal nominal en el sentido del antirretorno de 325 – 500 l/min, trabaja en un rango de temperatura de -10 a 60 °C, puede trabajar entre un rango de presiones de 0.2 a 10 bares, es ligero, la masa del elemento es de 42 g, su conexión se realiza a través de manguera de 1/4 de pulgada y la fijación con el cilindro es de tipo atornillable, la regulación del caudal se la realiza mediante un tornillo ajustable. El resto de sus características se hallan en el anexo 4.

### **3.2.1.5. Inductor de bobina**

Este elemento es el que permite que se realice la interacción entre la válvula y el microcontrolador. El microcontrolador envía una señal eléctrica para energizar la bobina, y básicamente realiza la función de un interruptor eléctrico, se abre o se cierra permitiendo o restringiendo el paso del aire al cilindro. Este elemento se elige dependiendo del tipo de electroválvula que se haya determinado. Su funcionamiento es con 110 V AC, 50/60 Hz, es capaz de funcionar entre un rango de temperaturas que van desde los -5 °C hasta los 40 °C. La masa del producto es de 55 g, el material de la bobina magnética

es de cobre, material que se caracteriza por su excelente conductividad eléctrica. El resto de sus características se ven en el anexo 5.

#### **3.2.1.6. Filtro regulador**

Estos elementos son los encargados de mantener el sistema libre de impurezas, como también regular la cantidad de aire que circula por el circuito. En la actualidad esta vendría a ser la unidad de mantenimiento, sin tomar en cuenta el lubricador ya que las partes móviles que deben ser lubricadas, cuentan ya con su propio sistema de lubricación interna por lo que no es necesaria la implementación de este elemento en el proyecto. Se eligió un filtro regulador capaz de funcionar en un rango de presiones de 1 a 16 bares, internamente cuenta con una válvula antirretorno, el tipo de conexiones al igual que todos los componentes es de 1/4 de pulgada, tiene una masa de 460 g, y el caudal nominal de 1400 l/min se encuentra dentro del valor calculado que debe circular por el sistema. Para observar el resto de sus características dirigirse al anexo 6.

#### **3.2.1.7. Silenciador**

Este elemento se emplea para disminuir el nivel de ruidos en las conexiones de escape de circuitos neumáticos. Su presión de funcionamiento va de 0 a 10 bares y se utiliza con un rango de temperaturas que van desde los -40 °C hasta los 80 °C. Para el proyecto es necesario contar con dos silenciadores, para cada salida de aire de la electroválvula. Sus características están presentadas en el anexo 7.

#### **3.2.1.8. Racores**

Son piezas metálicas que permiten que se pueda conectar el tubo de poliuretano con el resto de elementos neumáticos de una manera simple. Sin embargo, deben cumplir con algunos requisitos como funcionar dentro del valor de presión con la que se va a trabajar, en este caso el racor se utiliza a presiones de hasta 6 bares. El tipo de conexión debe ser igual al del resto de componentes, es decir 1/4 de pulgada. Para revisar el resto de sus características, ver el anexo 8.

#### **3.2.1.9. Tubo poliuretano**

La tubería en muchos casos es uno de los elementos en sistemas neumáticos que se pasan por alto, pero se trata de una parte importante del sistema, es por donde circula el aire a todo el circuito. El diámetro del tubo depende del cilindro que se vaya a emplear, ya que cuando se elige el cilindro, su entrada y salida de aire tiene una dimensión ya establecida de fábrica por lo que la

dimensión del tubo tiene que ser específica para ese cilindro. Para el proyecto el tubo a utilizarse es de un diámetro exterior de 8 mm, diámetro interior de 5.7 mm, tiene un radio máximo de curvatura de 24 mm y una presión de funcionamiento de hasta 10 bares, es decir que cumple con los requisitos necesarios del sistema. Más información disponible de sus características en el anexo 9.

### **3.2.2. COMPONENTES ELECTRÓNICOS**

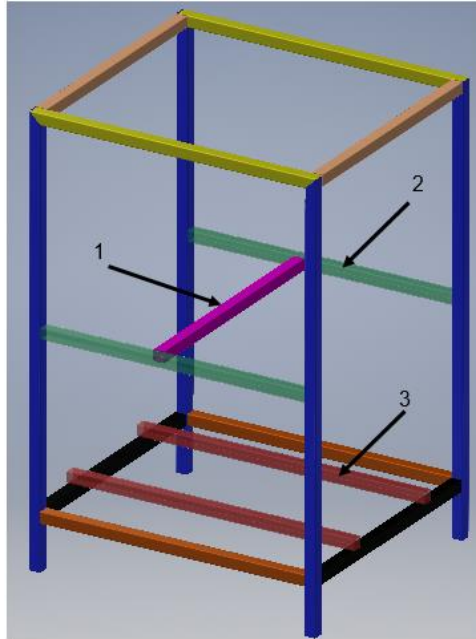
Existen varios sistemas integrados, capaces de cumplir con los requerimientos que este proyecto, pero al ser una plataforma para programar de una manera más simple y versátil se utilizó el Arduino Mega que es la mejor alternativa de microcontrolador. Posee una cantidad de pines suficientes para todas las entradas que se necesita. Este es el elemento que tiene conexión directa con la electroválvula. Con la programación se configura el tiempo y el número de veces que la bobina de la válvula se activa, todo esto lo realiza mediante el envío de una señal eléctrica hacia la bobina o solenoide que posee la electroválvula que al ser excitada cambia su posición para permitir el paso del flujo de aire. Para facilitar su operación, se debe emplear una botonera y una pantalla LCD en donde se muestren todas las opciones disponibles. Su programación se detalla en el anexo 10.

### **3.3. CÁLCULO DE ESFUERZOS**

Es necesario determinar qué pasa con cada elemento del bastidor al momento de aplicar la carga, comprobar analíticamente si el material es capaz de soportar la fuerza que se le aplicará. Para efectos de cálculos de esfuerzos, momento flector, etc. se va a suponer el uso de un tubo cuadrado de 30 x 30 x 2 [mm]. El material se supone de acero A36, debido a que se encuentra entre los aceros más comunes y utilizados para estructuras de acero, por sus propiedades físicas y por su costo relativamente bajo. La tabla 4 muestra las propiedades del material preseleccionado, información tomada del catálogo digital de la distribuidora de aceros (IPAC, 2018). Además, hay que identificar cada componente del bastidor y realizar su análisis. En la figura 4 se muestra mediante una identificación de colores, cada componente que forma parte del bastidor. Señalados con una flecha y un número que los distingue, están las partes a las que se les va a realizar el estudio analítico. Las otras partes no se consideran para este estudio ya que no están sometidas a una aplicación de carga directa, la única fuerza a la que están sometidas es a la de su propio peso. Se entiende que, si la parte crítica del bastidor resiste a la carga aplicada, el resto de componentes al ser del mismo material, e igual perfil en todo el bastidor, resistirán las cargas que se transmiten. Las partes críticas son las vigas donde va sujeto el cilindro neumático en la parte central, y las vigas donde se sujeta el asiento en la parte inferior del bastidor.

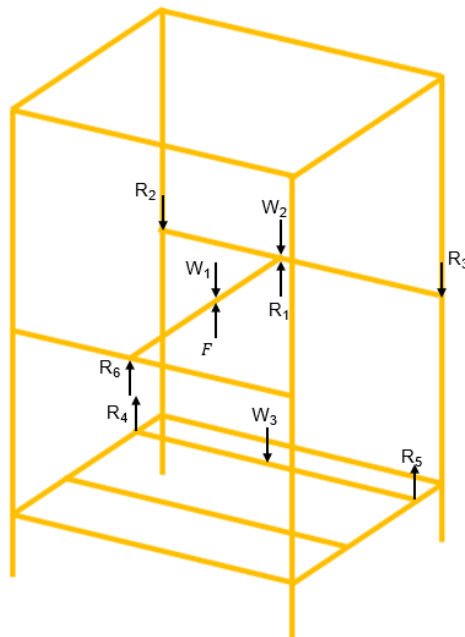
**Tabla 4.** Propiedades del material preseleccionado (IPAC, 2018).

| Material  | Denominación  | Dimensión del perfil (mm) | Resistencia a la fluencia (MPa) | Módulo de resistencia $W$ (cm <sup>3</sup> ) |
|-----------|---------------|---------------------------|---------------------------------|--|
| Acero A36 | Tubo cuadrado | 30 x 30 x 2               | 250                             | 1.82   |



**Figura 4.** Componentes del bastidor.

A continuación, en la figura 5 se muestra el diagrama de cuerpo libre del bastidor.



**Figura 5.** Diagrama de cuerpo libre del bastidor

La tabla 5 muestra la longitud de los elementos antes descritos.

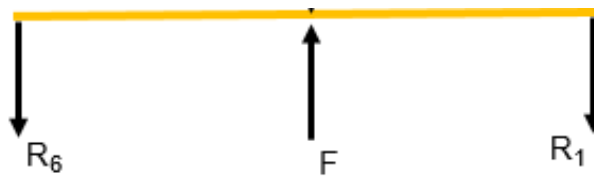
**Tabla 5.** Especificación de los elementos del bastidor

| Elemento | Longitud (mm) |
|----------|---------------|
| 1        | 820           |
| 2        | 920           |
| 3        | 820           |

### 3.3.1. ANÁLISIS DEL ELEMENTO 1

#### 3.3.1.1. Cálculo de la fuerza cortante y momento flector

En la figura 6 se muestra el diagrama de cuerpo libre del elemento. La fuerza máxima que va a aplicar el cilindro es de 100 kgf. Hay que tomar en cuenta que el bastidor es simétrico, por lo que no es necesario realizar el cálculo en todos los elementos. Este elemento tiene una longitud de 0.82 m



**Figura 6.** Diagrama de cuerpo libre del elemento 1

Aplicando la ecuación 7 se hallan las reacciones del elemento 1.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_6 + R_1 - F = 0; R_1 = R_6$$

$$R_1 = 1000/2 \text{ [N]} = 500 \text{ [N]} = R_6$$

El valor de 500 [N] corresponde a la fuerza cortante. Para calcular el momento flector se aplica la ecuación 8.

$$M = \int V \, dx$$

$$M = Vx$$

$$M = 500 \text{ [N]} x$$

Se calcula el valor del momento por secciones.

Sección 1:  $0 \leq x \leq 0.41$

$$M_0 = 500 \text{ [N]} * (0) = 0$$

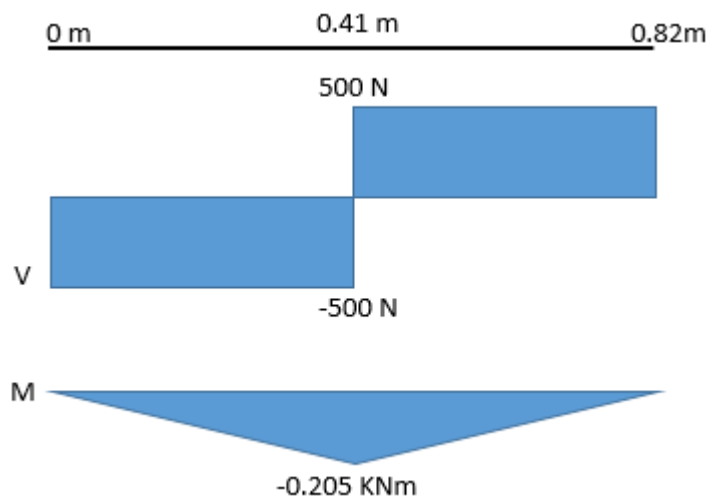
$$M_{0.41} = 500 \text{ [N]} * (0.41) \text{ [m]} = 205 \text{ [Nm]}$$

Sección 2: de derecha a izquierda:  $0 \leq x \leq 0.41$

$$M_0 = 500 \text{ [N]} (0) = 0$$

$$M_{0.41} = 500 \text{ [N]} * (0.41) \text{ [m]} = 205 \text{ [Nm]}$$

Con estos valores se construye el diagrama de fuerza cortante y momento flector como se ve en la figura 7.



**Figura 7.** Fuerza cortante y momento flector

### 3.3.1.2. Cálculo del esfuerzo cortante elemento 1

Se halla el área del perfil con la ecuación 9.

$$A_T = A_E - A_I$$

$$A_T = 0.03^2 - 0.026^2 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_T = 2.24 \times 10^{-4} \text{ [m}^2\text{]}$$

Se calcula el esfuerzo con la ecuación 10.

$$\tau = V / A / 10^6$$

$$\tau = 500 \text{ [N]} / 2.24 \times 10^{-4} \text{ [m}^2\text{]} / 10^6$$

$$\tau = 2.23 \text{ [MPa]}$$

Se aplica la ecuación 11 para hallar la resistencia a la fluencia del material.

$$S_y = \tau * n$$

$$S_y = 2.23 \text{ [MPa]} * 2$$

$$S_y = 4.46 \text{ [MPa]}$$

Aplicando la ecuación 12 se obtiene la resistencia a la fluencia permisible, si para eso se aplica un factor de seguridad de 3.

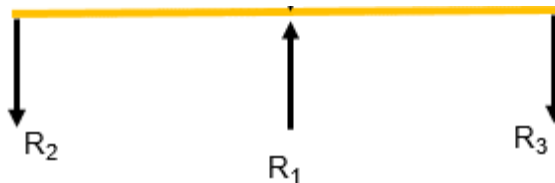
$$n = \frac{S_{y\text{máx}}}{S_{yp}}$$

$$S_{yp} = \frac{250 \text{ [MPa]}}{3}$$

$$S_{yp} = 83.33 \text{ [MPa]}$$

### 3.3.2. ANÁLISIS DEL ELEMENTO 2

En la figura 8 se encuentra el diagrama de cuerpo libre del elemento. Para el diseño de esta pieza es necesario conocer que el material tiene una longitud de 910 mm.



**Figura 8.** Diagrama de cuerpo libre elemento 2

Aplicando la ecuación 7 se calculan sus reacciones.

$$\sum F_y = 0$$

$$- R_1 + R_2 + R_3 = 0 ; R_2 = R_3$$

$$2R_2 = R_1$$

$$R_2 = 500 / 2 \text{ [N]} = 250 \text{ [N]} = R_3$$

Para calcular el momento flector se aplica la ecuación 8.



$$M = \int V dx ; V = R_2$$

$$M = Vx$$

$$M = 250 [N] x$$

Se calcula el valor del momento por secciones.

Sección 1:  $0 \leq x \leq 0.455$

$$M_0 = 250 [N] (0) = 0$$

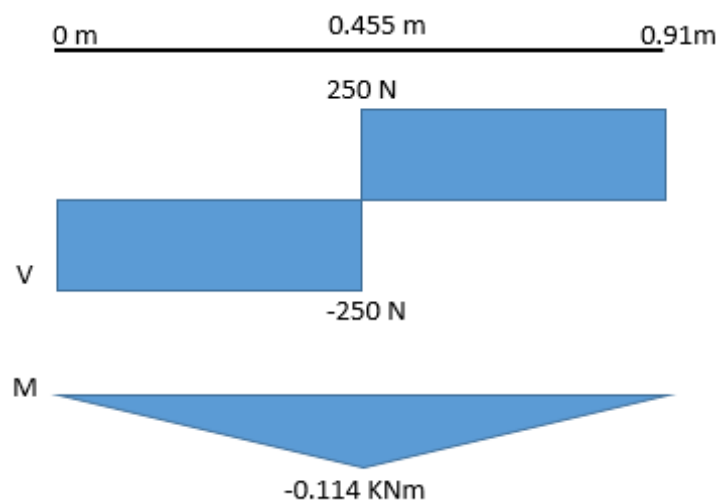
$$M_{0.41} = 250 [N] (0.455)[m] = 113.75 [Nm]$$

Sección 2: de derecha a izquierda:  $0 \leq x \leq 0.455$

$$M_0 = 500 [N] (0) = 0$$

$$M_{0.41} = 500 [N] (0.455)[m] = 113.75 [Nm]$$

Con estos valores se construye el diagrama de esfuerzo cortante y momento flector como se observa en la figura 9.



**Figura 9.** Fuerza cortante y momento flector

### 3.3.2.1. Cálculo del esfuerzo cortante elemento 2

El área del perfil se determinó en el paso anterior con la ecuación 9. Se calcula el esfuerzo con la ecuación 10.

$$\tau = V / A / 10^6$$

$$\tau = 250 [N] / 2.24 \times 10^{-4} [m^2] / 10^6$$

$$\tau = 1.12 \text{ [MPa]}$$

Se aplica la ecuación 11 para hallar la resistencia a la fluencia del material.

$$S_y = \tau * n$$

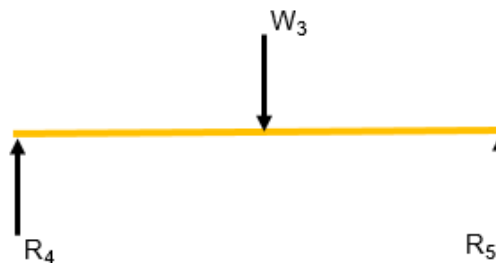
$$S_y = 1.12 \text{ [MPa]} * 2$$

$$S_y = 2.24 \text{ [MPa]}$$

Al ser el mismo material se considera la resistencia a la fluencia permisible como la calculada anteriormente que de 83.33 MPa.

### 3.3.3. ANÁLISIS DEL ELEMENTO 3

La figura 10 muestra el diagrama de cuerpo libre del elemento. Para el diseño de esta pieza se conoce que el material tiene una longitud de 1000. Además  $W_3$  representa la mitad de la fuerza que aplica el cilindro neumático, debido a que hay 2 elementos en donde se distribuye la carga que aplica el mismo.



**Figura 10.** Diagrama de cuerpo libre elemento 5

Aplicando la ecuación 7 se calculan sus reacciones.

$$\sum F_y = 0$$

$$W_3 - R_4 - R_5 = 0 ; R_4 = R_5$$

$$2R_4 = W_3$$

$$R_3 = (500)/2 \text{ [N]} = 250 \text{ [N]} = R_5$$

Para calcular el momento flector se aplica la ecuación 8.

$$M = \int V \, dx ; V = R_2$$

$$M = Vx$$

$$M = 250 [N] x$$

Se calcula el valor del momento por secciones.

Sección 1:  $0 \leq x \leq 0.50$

$$M_0 = 250 [N] (0) = 0$$

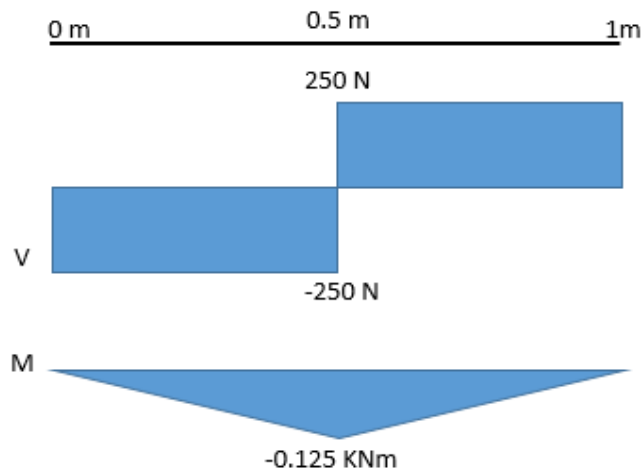
$$M_{0,41} = 250 [N] (0.50)[m] = 125 [Nm]$$

Sección 2: de derecha a izquierda:  $0 \leq x \leq 0.50$

$$M_0 = 500 [N] (0) = 0$$

$$M_{0,41} = 500 [N] (0.50)[m] = 125 [Nm]$$

Con estos valores se construye el diagrama de esfuerzo cortante y momento flector como se ve en la figura 11.



**Figura 11.** Fuerza cortante y momento flector

### 3.3.3.1. Cálculo del esfuerzo cortante elemento 3

El área del perfil se determinó en el paso anterior con la ecuación 9 y se calcula el esfuerzo con la ecuación 10.

$$\tau = V / A / 10^6$$

$$\tau = 250 [N] / 2.24 \times 10^{-4} [m^2] / 10^6$$

$$\tau = 1.12 [MPa]$$

Se aplica la ecuación 11 para hallar la resistencia a la fluencia del material.

$$S_y = \tau * n$$

$$S_y = 1.12 \text{ [MPa]} * 2$$

$$S_y = 2.24 \text{ [MPa]}$$

Al ser el mismo material se considera la resistencia a la fluencia permisible como la calculada anteriormente, es decir 83.33 MPa.

### 3.3.4. MÓDULO DE RESISTENCIA DEL MATERIAL

Debido a que el análisis se hace en las partes críticas del bastidor, se entiende que, si el material se comporta de manera adecuada en estas zonas, con mucha más seguridad lo hará sobre los elementos donde no se aplica ninguna carga, y que están sometidas únicamente a la acción de su propio peso, al ser estas del mismo material que el de los componentes calculados, pueden resistir sin sufrir daños ni deformaciones. Aplicando la ecuación 13 se obtiene el módulo de resistencia del material, tomando en cuenta el valor máximo de los momentos calculados.

$$W_x = M_{\text{máx}} / \tau_p$$

$$W_x = 0.205 \text{ [kNm]} / 83.33 \text{ [MPa]}$$

$$W_x = 2.46 * 10^{-6} \text{ [m}^3\text{]} = 2.46 \text{ [cm}^3\text{]}$$

### 3.3.5. ESFUERZOS EN LOS PERNOS

Los pernos se deben ubicar en los extremos de los segmentos móviles del bastidor señalados en la figura 3. Se supone para realizar los cálculos que el diámetro de los pernos es de 1/4 de pulgada o 6.35 mm, con estos datos se halla el esfuerzo que se produce, aplicando la ecuación 9.

$$\tau = F / A$$

$$\tau = 500 \text{ [N]} / \{(\pi * (0.00635 \text{ [m]})^2) / 4\}$$

$$\tau = 1.58 * 10^7 \text{ [Pa]}$$

A este esfuerzo hallado se le otorga un grado de seguridad de 3 y aplicando la ecuación 12 se obtiene el esfuerzo permisible.

$$n = \tau_{\text{máx}} / \tau_p$$

$$\tau_p = 1.58 \times 10^7 \text{ [Pa]} / 3$$

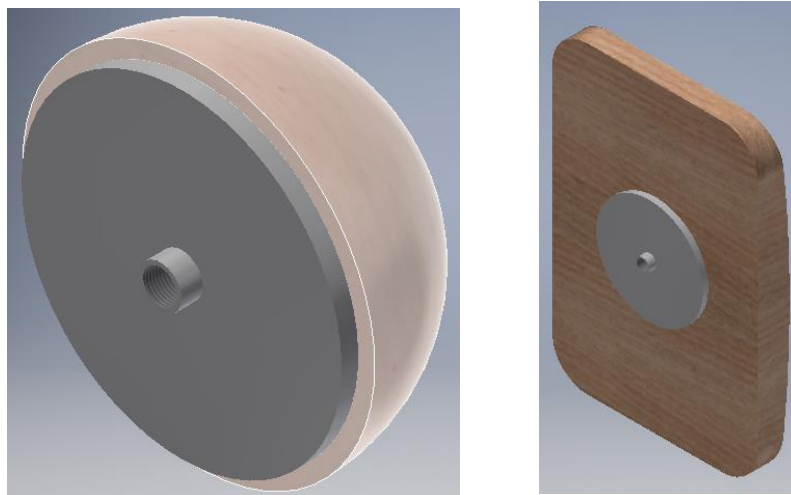
$$\tau_p = 5.27 \text{ [MPa]}$$

### 3.3.6. CARGAS EN INDENTADORES

El indentador es el elemento que está en contacto directo con el asiento y es aquel que transmite la carga desde el cilindro neumático. Es por eso que para los indentadores que no son construidos en acero, se tenga una protección adicional con el fin de que la carga se aplique de una manera distribuida y no puntualmente sobre el material, lo que evitará que llegue a deformarse o romperse.

#### 3.3.6.1. Disco de seguridad

Este disco de acero será el encargado de proteger a los indentadores de cabeza y del espaldar, con el fin de que la fuerza que aplica el cilindro neumático se distribuya a través de este y no directamente sobre los elementos indentadores como muestra la figura 12. Debe tener un diámetro de al menos 150 mm para que cubra la mayor parte de la superficie de ambos elementos. Se calcula con la fuerza máxima aplicada en los ensayos que es de 1000 N.



**Figura 12.** Pieza metálica para protección de indentadores

Para este disco se realiza el cálculo de su espesor, suponiendo que se emplea un acero A36, con un factor de seguridad de 3. El factor de seguridad se lo obtiene a partir de la ecuación 12. Es conocido, además que el esfuerzo máximo del material es de 250 MPa. El espesor del disco se lo calcula

mediante la ecuación 14. El cálculo del esfuerzo permisible del acero A36, con factor de seguridad 3, se realizó en pasos anteriores. Reemplazando en la ecuación 14:

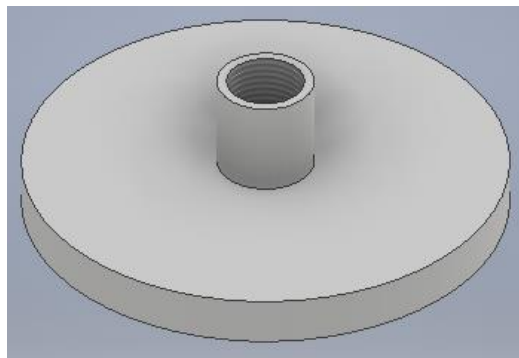
$$e = \frac{\frac{1000 \text{ [N]}}{\pi * 0.016^2 / 4 \text{ [m}^2\text{]}} \times 0.15 \text{ [m]}}{2 * 8.33 * 10^7 \text{ [Pa]}} * 1000$$

$$e = 4.47 \text{ mm}$$

El espesor mínimo que debe tener el disco metálico es de 4.47 mm tomando en cuenta que se aplica una carga de 1000 N.

### 3.3.6.2. Indentador de la articulación

En la figura 13 se observa el indentador para realizar la prueba en la articulación del asiento. Este indentador tiene forma circular, de diámetro 100 mm. Su construcción se supone en acero de construcción A36, el mismo que se considera en varias partes del proyecto por sus características físicas y mecánicas. Posee un agujero roscado para conexión rápida con el cilindro neumático.



**Figura 13.** Indentador para ensayo de articulación del asiento.

Se conoce que el esfuerzo máximo del acero A36, es 250 MPa y el cálculo se lo realiza con la fuerza máxima que se aplica en los ensayos, es decir, 1000 N y además se emplea un factor de seguridad de 3. Para obtener el espesor necesario del disco, se toma en cuenta el valor del esfuerzo permisible para este tipo de acero, calculado anteriormente y también empleando la ecuación 14 tal como se realizó en el procedimiento anterior.

$$e = \frac{\frac{1000 \text{ [N]}}{\pi * 0.016^2 / 4 \text{ [m}^2\text{]}} \times 0.10 \text{ [m]}}{2 * 8.33 * 10^7 \text{ [Pa]}} * 1000$$

$$e = 2.98 \text{ mm}$$

El espesor mínimo que debe tener el disco es de 3 mm si la fuerza que se aplica es de 1000 N.

### 3.3.6.3. Indentador del asiento

En la figura 14 se observa el indentador para el ensayo de asiento, este consta de dos probetas circulares de diámetro 100 mm, estos son equidistantes y para efectos de cálculo se supone su fabricación en acero de construcción A36. Ambas probetas están conectadas a través de una pletina metálica, suponiendo un ancho de 30 mm para hallar el espesor a emplearse. En un extremo cuenta con su respectivo agujero roscado para conectarse de manera fácil con el cilindro neumático. Para realizar los respectivos cálculos se sabe que el esfuerzo máximo del material es 250 MPa, la máxima carga aplicada es de 1000 N y el factor de seguridad es 3 debido a que se expone a cargas cíclicas en intervalos de tiempo amplios.

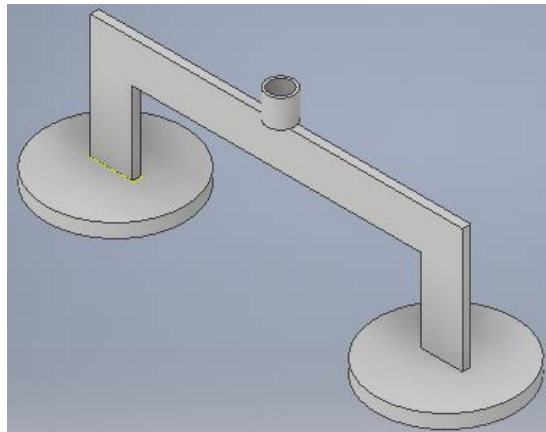


Figura 14. Indentador para ensayo de asiento

Para el cálculo de los elementos de este indentador, es necesario realizar el diagrama de cuerpo libre del mismo (figura 15) para encontrar las reacciones que se producen en los extremos. El espesor de los discos se lo obtiene de igual manera que el cálculo de en los indentadores anteriores.

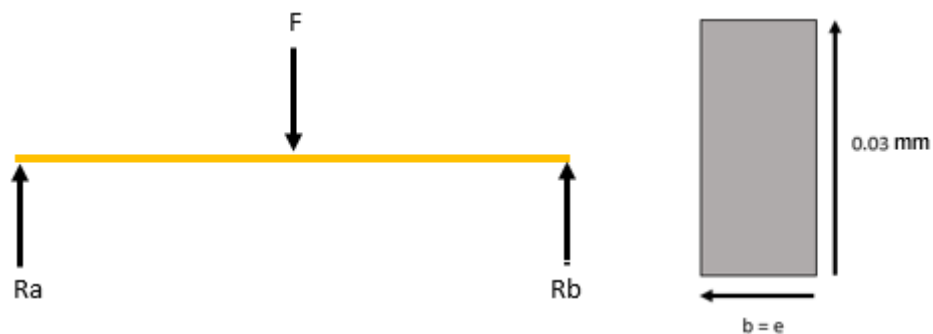


Figura 15. DCL del indentador de asiento y perfil de la pletina

Aplicando la ecuación 7 se calculan sus reacciones.

$$\sum F_y = 0$$

$$F - R_a - R_b = 0; R_a = R_b$$

$$2R_a = F$$

$$R_a = (1000)/2 \text{ [N]} = 500 \text{ [N]} = R_b$$

Para el cálculo del momento de inercia de la pletina se emplea la ecuación 15.

$$I = \frac{1}{12} b * h^3$$

$$I = \frac{1}{12} b * (0.03)^3 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$I = 2.25 * 10^{-6} b \text{ [m}^3\text{]}$$

Para el cálculo del espesor de la pletina se emplea la ecuación 16.

$$\tau_p = \frac{F * A\bar{y}}{I * e}; \text{ espesor} = \text{base}$$

$$8.33 * 10^7 \text{ [Pa]} = \frac{1000 \text{ [N]} * (b * 0.03) \text{ [m]} * 0.015 \text{ [m]}}{2.25 * 10^{-6} b \text{ [m}^3\text{]} * b}$$

$$b = \frac{0.45 \text{ [N m}^2\text{]}}{2.25 * 10^{-6} \text{ [m}^3\text{]} * 8.33 * 10^7 \text{ [N/m}^2\text{]}}$$

$$b = 2.40 * 10^{-3} \text{ [m]} = 2.40 \text{ [mm]}$$

De acuerdo al cálculo anterior, la pletina debe tener un espesor de al menos 2.40 mm cuando se aplica 1000 N de carga. Finalmente se realiza el cálculo de los discos tal como se desarrolló en pasos anteriores con un factor de seguridad de 3, aplicando la ecuación 12 y ecuación 14.

$$e = \frac{\frac{500 \text{ [N]}}{\pi * 0.016^2 / 4 \text{ [m}^2\text{]}} * 0.10 \text{ [m]}}{2 * 8.33 * 10^7 \text{ [Pa]}} * 1000$$

$$e = 1.49 \text{ mm}$$



De acuerdo al cálculo, cada disco para realizar las pruebas en el asiento, deben tener un espesor de por lo menos 1.49 mm cuando se requiere aplicar una carga en cada extremo de 500 N. Queda en consideración del diseñador emplear el material que crea conveniente, siempre y cuando estos cumplan los requerimientos mínimos calculados.

### 3.4. SELECCIÓN DEL PERFIL DEL BASTIDOR

Los valores de resistencia a la fluencia en los elementos 1, 2 y 3 fueron 4.46 MPa, 2.24 MPa y 2.24 MPa respectivamente. El valor de la resistencia a la fluencia permisible del material preseleccionado es 83.33 MPa, con un factor de seguridad 3, debido a que el equipo debe soportar cargas cíclicas por periodos prolongados de tiempo. El uso de acero A36 es correcto.

Comparando el valor obtenido del módulo de resistencia del material ( $W = 2.46 \text{ cm}^3$ ), con el de la figura 16 proporcionado por la página web de IPAC, para el material preseleccionado (recuadro verde,  $W = 1.39 \text{ cm}^3$ ), se ve que el material no cumple con el valor mínimo.

| Designaciones | Área | Peso            | Propiedades Estáticas |                       |                 |      |
|---------------|------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|------|
|               |      |                 | Eje x-x = y-y         |                       |                 |      |
|               |      |                 | Momento de inercia    | Módulo de resistencia | Radio de giro   |      |
| B             | e    | A               | P                     | I                     | W               | i    |
| mm            | mm   | cm <sup>2</sup> | kg/m                  | cm <sup>4</sup>       | cm <sup>3</sup> | cm   |
| 20            | 1,40 | 0,99            | 0,78                  | 0,56                  | 0,56            | 0,75 |
|               | 1,50 | 1,05            | 0,83                  | 0,58                  | 0,58            | 0,75 |
|               | 1,80 | 1,23            | 0,96                  | 0,66                  | 0,66            | 0,73 |
|               | 2,00 | 1,34            | 1,05                  | 0,70                  | 0,70            | 0,72 |
| 25            | 1,40 | 1,27            | 1,00                  | 1,16                  | 0,93            | 0,95 |
|               | 1,50 | 1,35            | 1,06                  | 1,22                  | 0,97            | 0,95 |
|               | 1,80 | 1,59            | 1,25                  | 1,39                  | 1,11            | 0,94 |
|               | 2,00 | 1,74            | 1,36                  | 1,49                  | 1,19            | 0,93 |
| 30            | 1,40 | 1,55            | 1,22                  | 2,08                  | 1,39            | 1,16 |
|               | 1,50 | 1,65            | 1,30                  | 2,20                  | 1,47            | 1,15 |
|               | 1,80 | 1,95            | 1,53                  | 2,53                  | 1,68            | 1,14 |
|               | 2,00 | 2,14            | 1,68                  | 2,73                  | 1,82            | 1,13 |
| 40            | 1,40 | 2,11            | 1,66                  | 5,18                  | 2,59            | 1,57 |
|               | 1,50 | 2,25            | 1,77                  | 5,49                  | 2,75            | 1,56 |
|               | 1,80 | 2,67            | 2,09                  | 6,39                  | 3,19            | 1,55 |
|               | 2,00 | 2,94            | 2,31                  | 6,95                  | 3,47            | 1,54 |
|               | 2,50 | 3,59            | 2,82                  | 8,23                  | 4,12            | 1,51 |
|               | 3,00 | 4,21            | 3,30                  | 9,36                  | 4,68            | 1,49 |
| 4,00          | 5,35 | 4,20            | 11,18                 | 5,59                  | 1,45            |      |

Figura 16. Propiedades del tubo estructural cuadrado (IPAC, 2018)

En ese caso se debe seleccionar un perfil cuyo módulo de resistencia sea igual o mayor a  $2.46 \text{ cm}^3$ . Hay que considerar algunos parámetros adicionales para seleccionar el material como la disponibilidad, el costo, su facilidad para soldar, la estética, facilidad para cortar el material, la variedad de medidas que se encuentran disponibles en el mercado y que resista las cargas máximas a las que va a estar sometido durante las pruebas. De todas estas consideraciones la que más peso tiene es la dificultad que representa soldar espesores muy pequeños. Debido a esto se decidió emplear el tubo estructural cuadrado de 40 x 40 x 3 [mm] (recuadro azul), que de igual manera

cumple con todas las especificaciones necesarias que requiere el equipo, incluso es capaz de trabajar a cargas mayores en caso de ser necesario. A continuación, se muestran las características principales del material elegido en la tabla 6. Los esquemas de todos los elementos del bastidor se encuentran detallados desde los anexos 18 al 25.

**Tabla 6.** Propiedades mecánicas acero A36

| Material                          | Acero estructural A36  |
|-----------------------------------|------------------------|
| Dimensiones                       | 40 x 40 x 3            |
| Densidad                          | 7.85 g/cm <sup>3</sup> |
| Esfuerzo último de tensión        | 400 – 550 MPa          |
| Esfuerzo de fluencia en tensión   | 250 MPa                |
| Esfuerzo de fluencia a compresión | 152 MPa                |

### 3.5. SELECCIÓN DE PERNOS

De acuerdo a los cálculos, el esfuerzo que debían soportar los pernos era de 47.4 MPa, por criterio de diseño se eligió un diámetro de 1/4". La figura 17 muestra una lista de pernos clasificados de acuerdo a la ASTM, del catálogo digital de la Casa del Perno, con su respectivo esfuerzo de ruptura. Los pernos de grado A307, cumplen con los requerimientos para el bastidor. Su esfuerzo de ruptura se encuentra entre 60 – 74 kpsi lo que viene a ser 413.69 - 510.21 MPa. Comparando con el cálculo obtenido, el esfuerzo de ruptura del perno A307, sobrepasa de gran manera al valor requerido. En consecuencia, para el bastidor se requieren de 10 pernos de 1/4 de pulgada de grado A307.

| ASTM: American Society for Testing and Materials |   |                        |                            |
|--|---|------------------------|----------------------------|
| NUMERO DE GRADO                                  | MATERIAL  | CARGA DE PRUEBA (KPSI) | ESFUERZO DE RUPTURA (KPSI) |
| A307   | Acero de bajo carbono                                   | 55 - 33                | 74 - 60                    |
| A325 tipo 1                                      | Acero al carbono, templado y revenido                   | 85 - 74                | 120 - 105                  |
| A325 tipo 2                                      | Acero de bajo carbono martensítico, templado y revenido | 85 - 74                | 120 - 105                  |
| A325 tipo 3                                      | Acero recubierto templado y revenido                    | 85 - 74                | 120 - 105                  |

**Figura 17.** Lista de pernos y sus grados (La Casa del Perno, 2018)

### 3.6. SELECCIÓN DEL ESPESOR DISCOS METÁLICOS

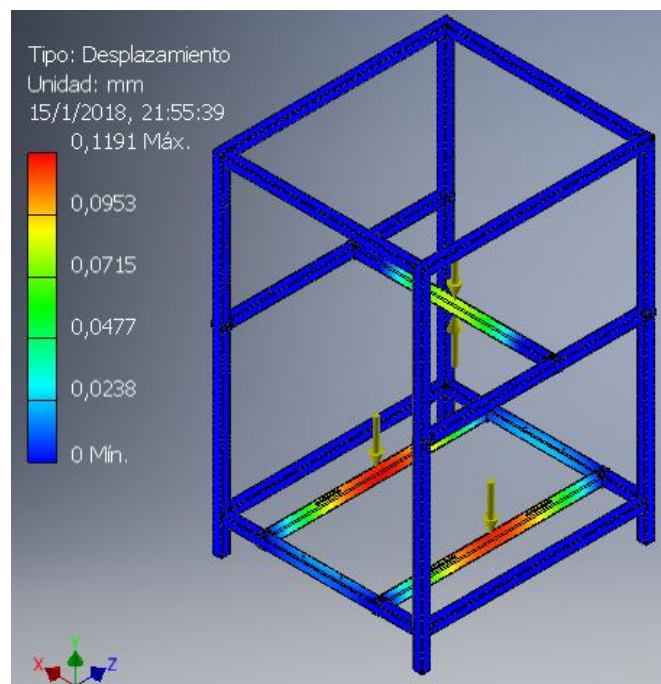
De acuerdo a los cálculos realizados, el espesor calculado de los discos variaba entre 1.49 mm, 2.98 mm y 4,47 mm, sin embargo, el espesor de las placas de acero A36 empleado fue de 8mm. Esto debido a la disponibilidad de dicho material. Una vez establecido el espesor del disco y de la pletina,

calculados anteriormente, es posible realizar los esquemas para el disco de seguridad (anexo 12); esquema del indentador para la articulación (anexo 13) y esquema del indentador del asiento (anexo 14).

### 3.7. SIMULACIONES EN EL BASTIDOR

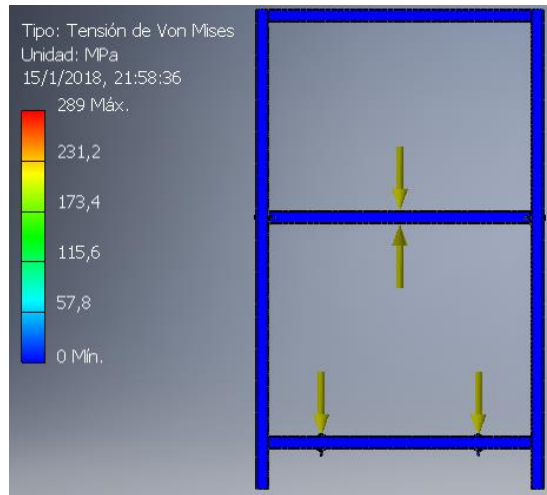
#### 3.7.1. SIMULACIÓN DE PRUEBA DEL ASIENTO

Una vez se ha elegido el material con el que se va a construir el bastidor, se realiza el análisis estructural y el análisis de tensiones, mediante el uso de un software de diseño mecánico. En el caso de este proyecto, el software empleado es Autodesk Inventor 2018. En las siguientes figuras se presentan los análisis mencionados, considerando para eso la máxima carga que se debe aplicar en los ensayos que es de 100 kgf. De acuerdo a la figura 18, el desplazamiento máximo obtenido en el bastidor, aplicando la mayor carga de 100 kgf, es de 0.1191 mm para el ensayo del asiento.



**Figura 18.** Análisis estructural, carga aplicada al asiento.

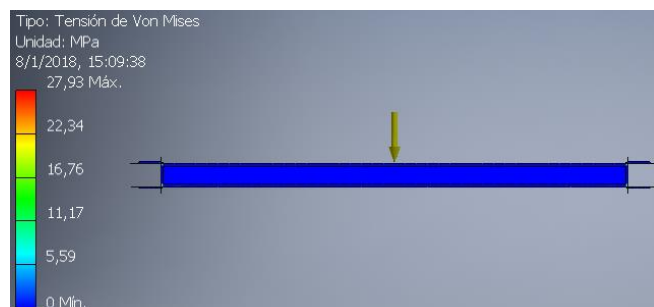
En la figura 19, se observa en la simulación, que el bastidor soporta las tensiones máximas obtenidas, aplicando la mayor carga de 100 kgf para el ensayo en el asiento. Además, se muestra que los tubos cuadrados empleados para la sujeción del asiento cumplen de igual manera su objetivo que es soportar las cargas sin llegar a deformarse. Se puede apreciar que la tensión máxima en las zonas se encuentra entre un rango de 0 a 57.8 MPa, comparando este valor con los 250 MPa de la resistencia a la fluencia del acero A36, se entiende que el material resiste bien a la carga aplicada.



**Figura 19.** Análisis de tensiones, carga aplicada al asiento

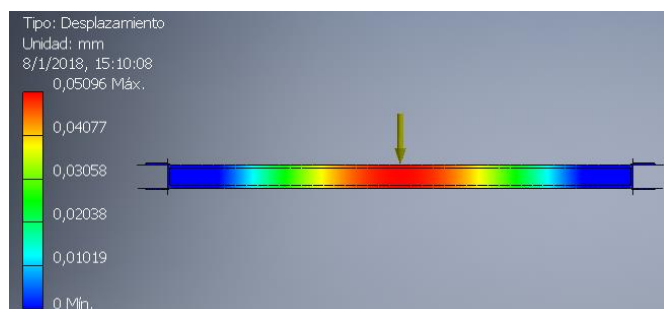
### 3.7.2. SIMULACIÓN EN EL SUJETA ASIENTOS

En la figura 20, en el análisis de tensiones, se observa que la tensión máxima puede alcanzar un valor de 27.93 MPa, este valor se lo debe comparar con los 250 MPa que resiste el material empleado por lo que es posible decir que soporta sin problemas la carga aplicada.



**Figura 20.** Análisis de tensiones del sujeta asientos.

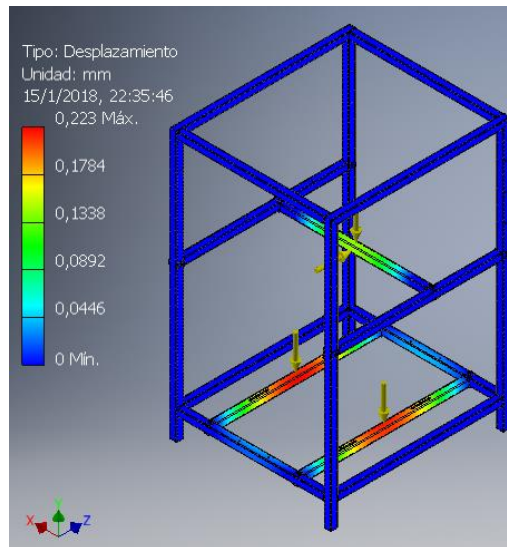
La figura 21 muestra la deformación máxima que de este elemento al aplicarle la carga necesaria. El valor es de apenas 0.05 mm es decir que el material se comporta de manera adecuada y resiste sin inconvenientes la carga aplicada.



**Figura 21.** Deformación máxima del sujeta asientos.

### 3.7.3. SIMULACIÓN DE PRUEBA EN EL ESPALDAR

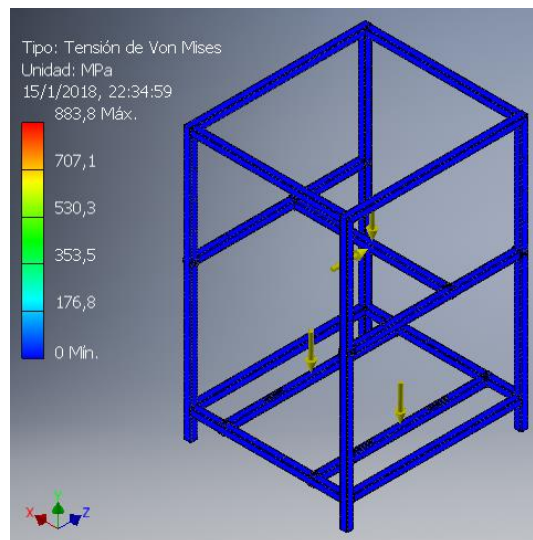
En la figura 22, en el análisis estructural, se observa que la selección del material es adecuado y suficiente para las cargas que se van a aplicar. El desplazamiento máximo obtenido en el bastidor, aplicando la mayor carga de 100 kgf, es de 0.223 mm



**Figura 22.** Análisis estructural, carga aplicada al espaldar

Por ello se estima que tanto la selección del material como el diseño del bastidor, aseguran que, en su uso, los elementos no tengan deformaciones ni lleguen a romperse. Las simulaciones se hacen con la máxima carga a la que será sometido el asiento, es decir con 1000 N, aun cuando no se requiera esa cantidad para realizar el ensayo.

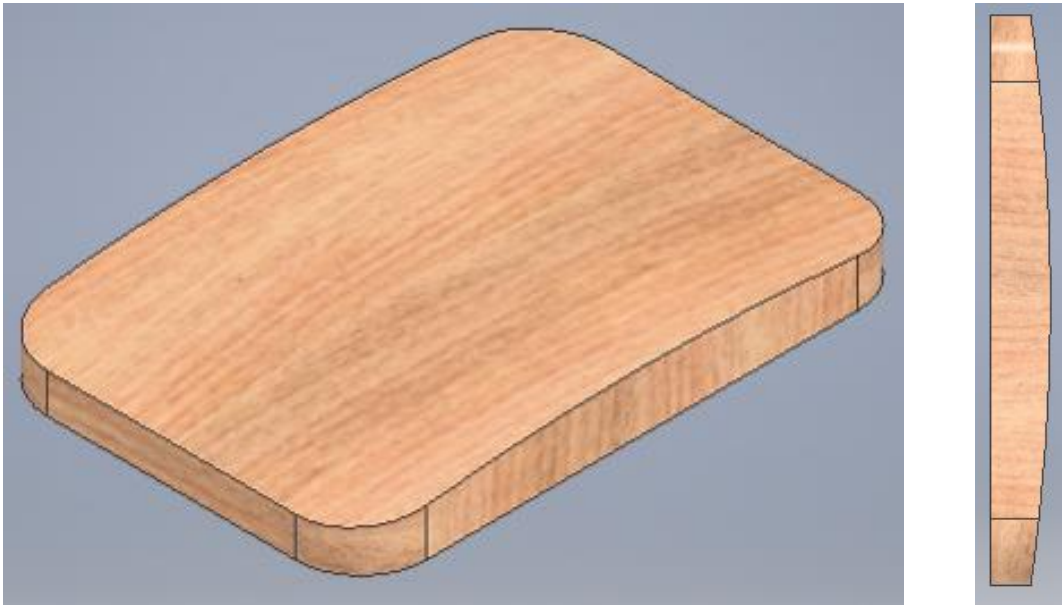
En la figura 23, se observa la tensión máxima obtenida, aplicando la mayor carga de 100 kgf, es inferior a los 176.8 MPa, valor menor a la resistencia a la fluencia del material (250 MPa).



**Figura 23.** Análisis de tensiones, carga aplicada al espaldar

### 3.8. INDENTADORES

Para realizar las pruebas se necesita contar con varios tipos de indentadores dependiendo del ensayo que vaya a realizarse. El indentador es el elemento que entra en contacto directo con el asiento y aplica la fuerza requerida para que se produzca la deformación en el mismo. Estos elementos no soportan directamente las cargas transmitidas por el actuador neumático, sino que tienen un disco metálico que absorbe la fuerza aplicada, ilustrada en la figura 12. En su trabajo “Diseño y construcción de un banco de pruebas de durabilidad para asientos de vehículo” Paredes y Guarnizo (2014), se mencionan en total cuatro moldes indentadores con sus respectivas medidas, cuyas imágenes se presentan a continuación, seguido de las propiedades de sus materiales y sus dimensiones indicadas en las respectivas tablas. En la figura 24 se muestra el indentador para el ensayo del espaldar del asiento, sus propiedades se especifican en la tabla 7 y su esquema en el anexo 15.



**Figura 24.** Indentador para ensayo de espaldar, diferentes vistas.

Posee un centro agujereado y roscado con la medida del vástago del cilindro neumático (M16 x 1.5) con el fin de poder unir los dos elementos. De perfil se observa que tiene una saliente, esto con el objetivo de simular de mejor y de manera más realista la espalda humana y su apoyo con el asiento en los puntos exactos donde lo realizaría una persona. Por su tamaño, peso y costo que representaría fabricar esta pieza, se desistió emplear acero para su construcción, por lo que el material escogido para esta probeta es de madera, específicamente la *Schinopsis balansae* (conocida también como colorado) es una madera muy dura, muy pesada, se producen contracciones moderadas al aplicarle una carga; material que no solo se mecaniza de una manera más

rápida y fácil que el acero, sino que también presenta características mecánicas y físicas útiles para este proyecto.

**Tabla 7.** Propiedades de la madera (colorado)

| Material                      | Madera                     |
|-------------------------------|----------------------------|
| Flexión Módulo de rotura      | 1400 kg/cm <sup>2</sup>    |
| Flexión Módulo de elasticidad | 154.000 kg/cm <sup>2</sup> |
| Compresión Módulo de rotura   | 855 kg/cm <sup>2</sup>     |

La figura 25 muestra el indentador para ensayos de apoyacabezas, es un elemento esférico cuyo material, al igual que la anterior probeta, es de madera colorado; esto debido a que es más conveniente usarlo en lugar del acero que tiene mayor costo, mayor peso, el tiempo de trabajo es mayor, etc. Presenta en el centro un agujero roscado para poder conectar el indentador con el cilindro neumático. Su esquema se encuentra en el anexo 16.



**Figura 25.** Indentador para ensayos de apoyacabezas, diferentes vistas.

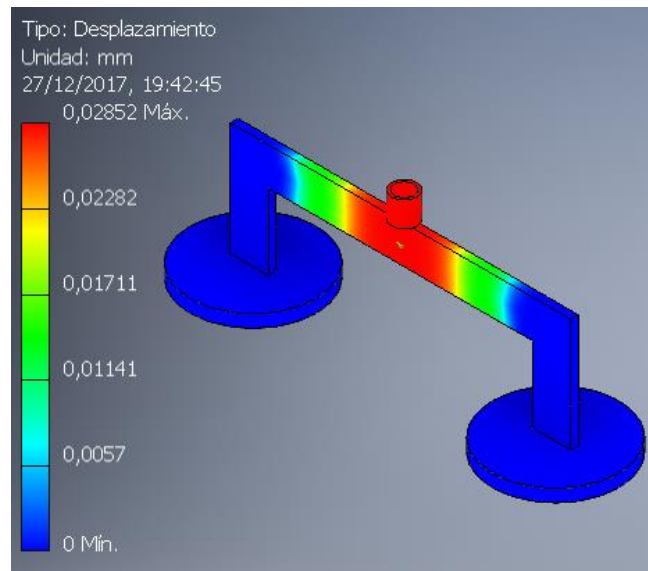
Las dimensiones y el material empleado en la construcción de las probetas descritas anteriormente se muestran en la tabla 8.

**Tabla 8.** Dimensiones de las probetas

|   | Material  | Dimensiones |            |              |               |
|---|-----------|-------------|------------|--------------|---------------|
|   |           | Largo (mm)  | Ancho (mm) | Espesor (mm) | Diámetro (mm) |
| Indentador para ensayo del espaldar     | Madera    | 430         | 230        | 50           | -             |
| Indentador para ensayo del apoyacabezas | Madera    | -           | -          | -            | 150           |
| Indentador para ensayo de asiento       | Acero A36 | -           | -          | 8            | 100           |
| Indentador para ensayo de articulación  | Acero A36 | -           | -          | 8            | 100           |

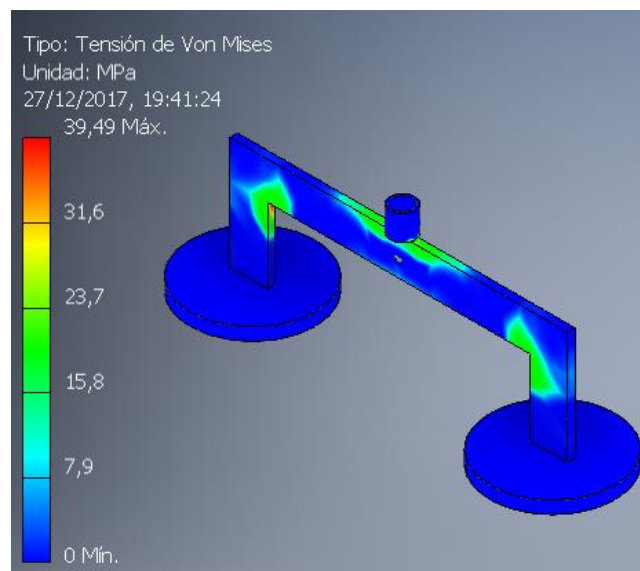
### 3.8.1. SIMULACIONES EN INDENTADORES

Es necesario realizar el análisis estructural y de tensiones de las probetas de acero, estas se muestran a continuación. En la figura 26 se observa que, de acuerdo al análisis estructural, al aplicarle una carga de 100 kgf a la probeta, esta tiene una deformación máxima de 0.02852 mm. Esta deformación se considera como aceptable y se garantiza que la probeta resistirá la carga aplicada sin sufrir deformaciones ni rotura.



**Figura 26.** Análisis estructural probeta para ensayo del asiento

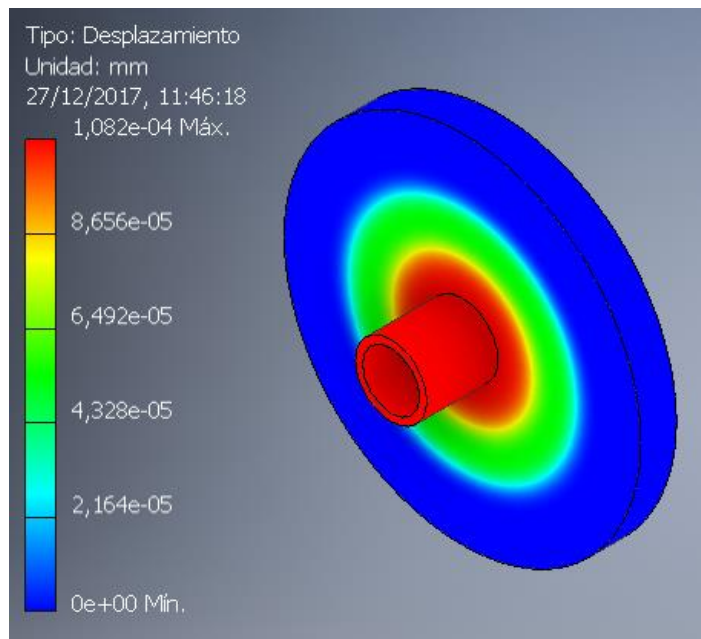
La figura 27 muestra el esfuerzo máximo de la probeta para realizar pruebas en el asiento, dando como resultado 39.49 MPa. Este valor se encuentra por debajo del valor del esfuerzo máximo del material (250 MPa) por lo que es adecuado para su utilización.



**Figura 27.** Análisis de tensión de la probeta para ensayos en el asiento.

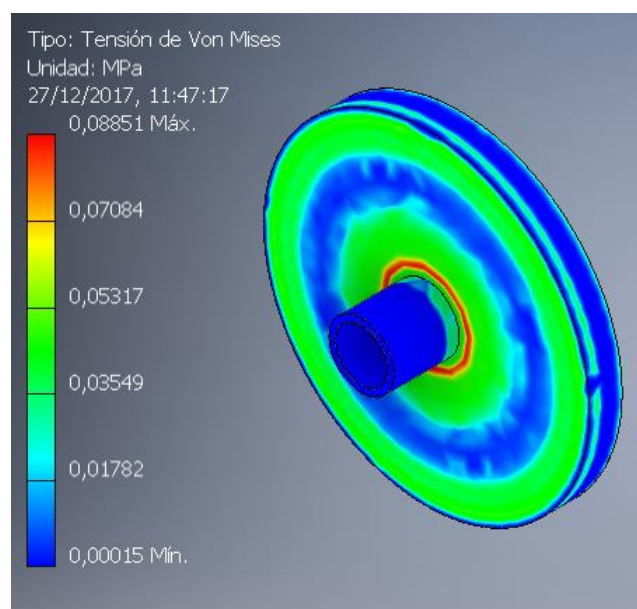


La figura 28 muestra el análisis estructural de la probeta para ensayos en la articulación del asiento, al aplicarle una carga de 100 kgf, esta resiste de manera adecuada, deformándose un máximo de  $1.08 \times 10^{-4}$  mm. Al ser mínima esta deformación se concluye que el material y el diseño son adecuados para el correcto funcionamiento.



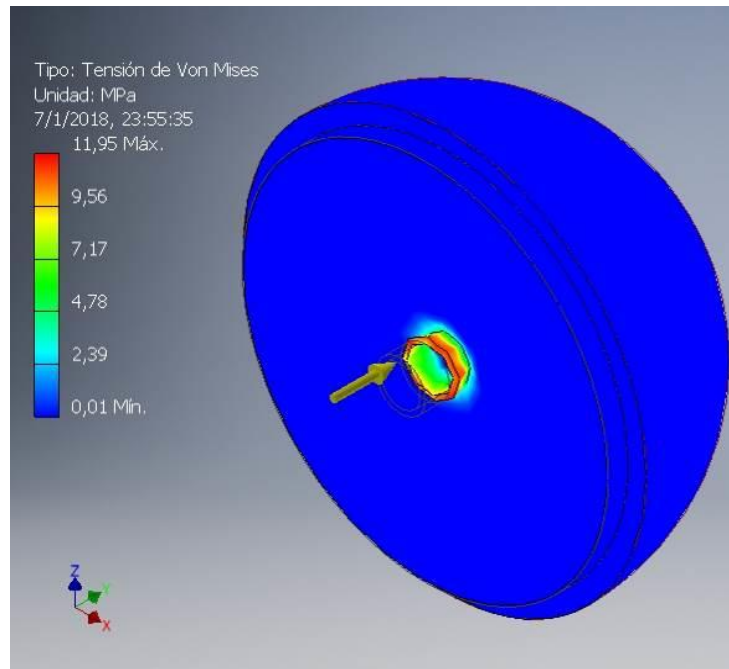
**Figura 28.** Análisis estructural probeta para ensayo en la articulación

La figura 29 muestra el cálculo del esfuerzo máximo de la probeta, dando como resultado 0.08851 MPa. Este valor se encuentra por debajo del valor del esfuerzo máximo del material (250 MPa) por lo que es adecuado para su utilización



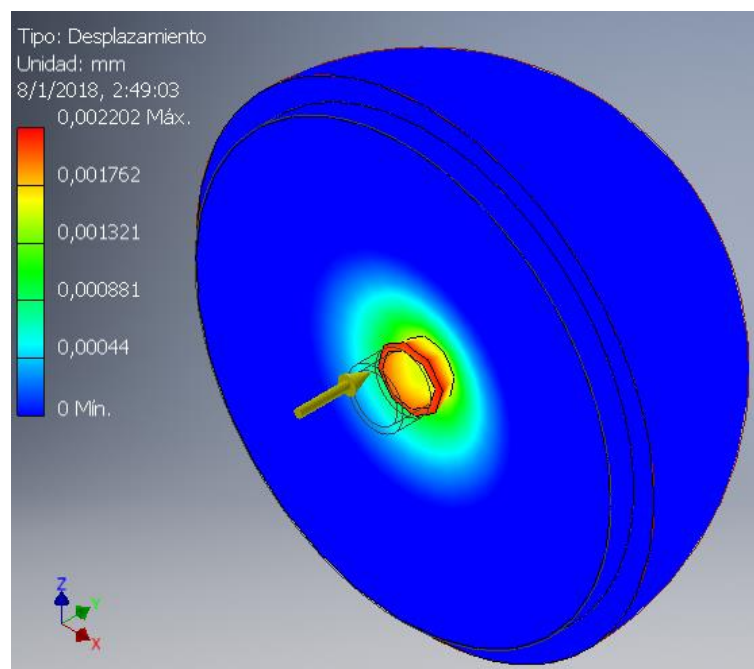
**Figura 29.** Análisis de tensión, probeta para ensayos de la articulación

La figura 30 muestra el cálculo del esfuerzo máximo de la probeta para prueba en el apoyacabezas, dando como resultado una tensión máxima de 11.95 MPa. Este valor se encuentra dentro del rango permitido por lo que es adecuado para su utilización.



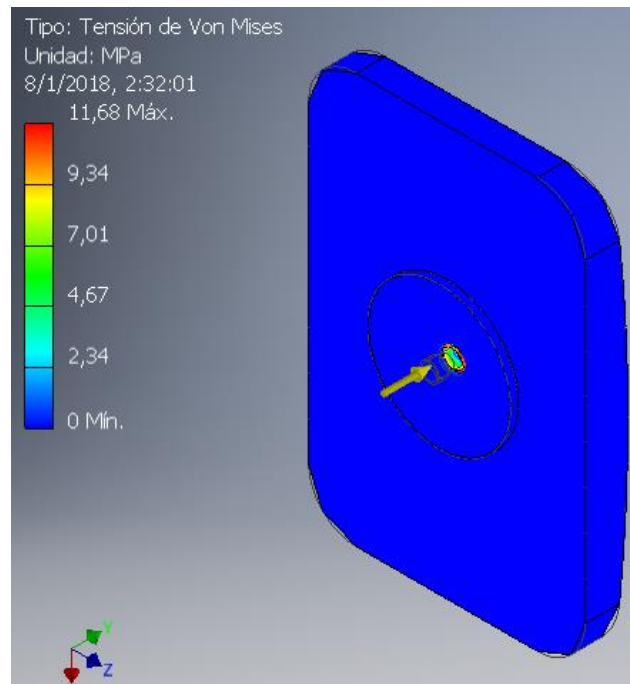
**Figura 30.** Análisis de tensión indentedor esferic

En la figura 31 se observa la deformación que sufre la probeta para ensayos en el apoyacabezas. Se observa que la deformación es mínima, apenas de 0.002mm.



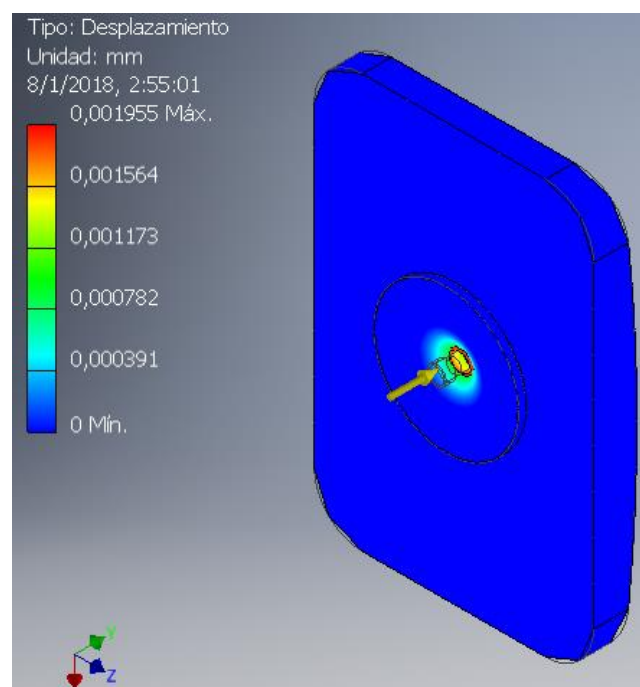
**Figura 31.** Deformación máxima probeta para ensayos en apoyacabezas

En la figura 32 se encuentra el análisis de tensiones de la probeta para realizar pruebas en el espaldar. La tensión máxima que se genera es de 11.68 MPa, por lo que es posible emplear estos materiales sin inconvenientes.



**Figura 32.** Tensión máxima probeta para pruebas en el espaldar

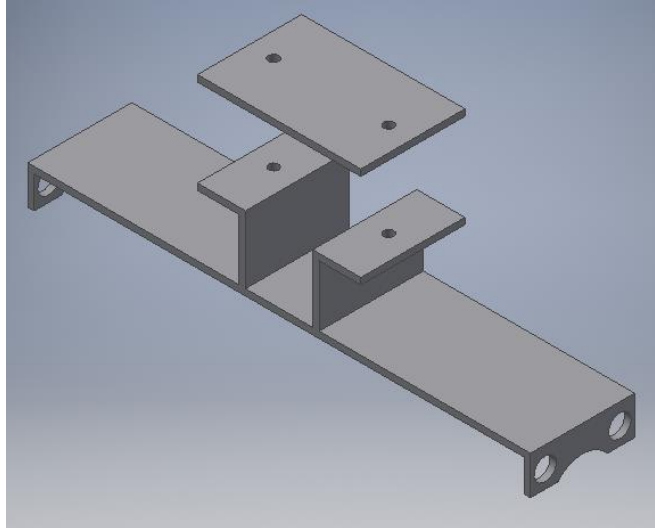
En la figura 33 se ve la máxima deformación de la probeta para realizar pruebas en el espaldar. Este valor es de 0.0019 mm, por lo que es posible emplear estos materiales sin peligro de que se rompan o deformen.



**Figura 33.** Deformación máxima probeta para ensayos en el espaldar

### 3.9. SOPORTE DEL CILINDRO

Este elemento es el encargado de sujetar al cilindro mientras se lleva a cabo cada una de las pruebas. El análisis realizado en la placa de seguridad, demostraba que un acero A36 de espesor 4.47 mm, es capaz de soportar la fuerza del cilindro aplicada directamente, por lo que para este soporte ya no es necesario realizar dicho cálculo. Por motivos de disponibilidad del material se emplea una placa de 6mm. En la figura 34 se muestra dicho elemento.



**Figura 34.** Soporte del cilindro

Por su geometría es capaz de adaptarse fácilmente al tubo del bastidor mediante pernos, dos pernos que unen las placas superiores, los cuales están sometidos a una fuerza cortante. El proceso de cálculo de pernos sometidos a fuerza cortante se realizó en pasos anteriores, por lo que ya no es necesario realizar su cálculo nuevamente. Además, cuatro pernos laterales permiten que se sujete de manera directa con el cilindro. El cilindro neumático cuenta con roscas métricas M8 de fábrica, con un paso de 1.5, por lo que el cálculo de estos elementos no es necesario realizar. Su esquema puede verse en el anexo 17 y 18.

### 3.10. CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

#### 3.10.1. CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR

Para construir el bastidor, fueron necesarios 3 tubos cuadrados de 40 x 40 x 3 [mm], con una longitud de 6 metros por cada tubo. La cantidad de tubos se determinó mediante el software de diseño. Todos los tubos deben ser cortados a la medida, de acuerdo a las especificaciones de los esquemas realizado previamente (anexos 19 al 26). Para soldar los tubos, por facilidad

de uso y por disponibilidad del equipo se utiliza una soldadora de arco eléctrico. El electrodo con el que se va a soldar es E6011 y el amperaje adecuado está entre 60 y 90 amperios. Es necesario pulir el exceso de suelda, tapar las imperfecciones más visibles con masilla, lijar los restos y aplicar una capa de pintura para evitar que el metal se oxide y para darle un mejor acabado estético. En las figuras 35, 36 y 37 se ve el proceso del armado del bastidor.



**Figura 35.** Corte del tubo cuadrado



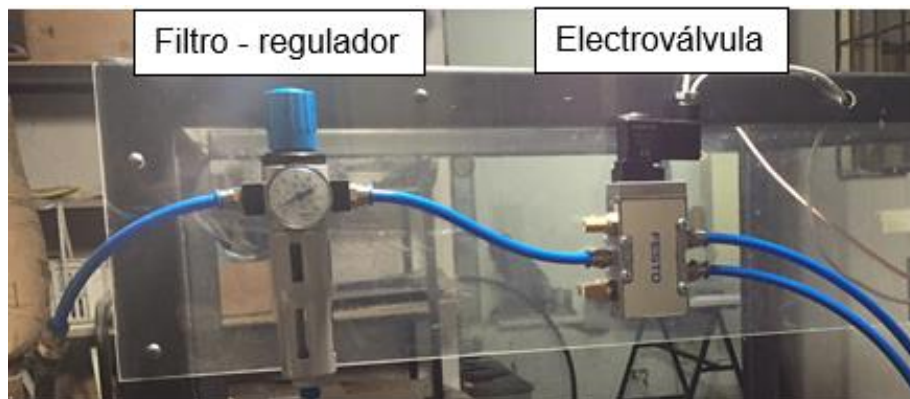
**Figura 36.** Aplicación de suelda



**Figura 37.** Bastidor terminado

### **3.10.2. INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES NEUMÁTICOS**

Una vez que se tiene el bastidor armado, se colocan los componentes neumáticos tal como se explica en la figura 1. Estas partes deben quedar bien sujetas a la estructura. El cilindro va rodeado de una carcasa metálica lo que permite sujetarlo de manera más fácil al travesaño del bastidor. Se debe tener cuidado al momento de montar estos elementos, y revisar que todos tengan su espacio adecuado, sobre todo con el elemento móvil ya que este cuando esté en funcionamiento puede causar enredos o golpearse con algún elemento próximo. Igualmente hay que tener cuidado especial con el tubo ya que este no debe ser doblado de una manera exagerada ya que impediría el flujo normal del aire. La figura 38 y 39 muestran la colocación de estos elementos.



**Figura 38.** Colocación de elementos neumáticos

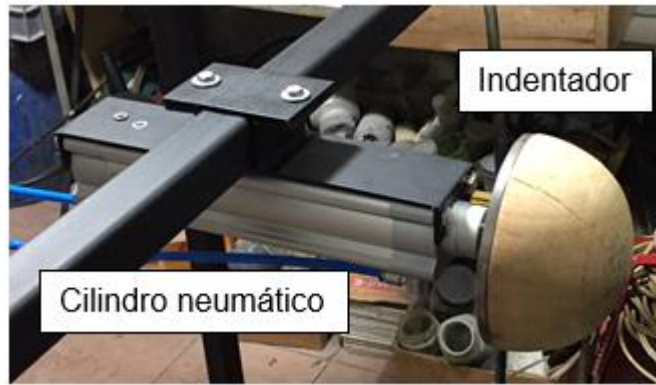


Figura 39. Colocación del cilindro

### 3.10.3. INSTALACIÓN DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Estos elementos se fijan a una placa de acrílico de 900 x 200 x 4 mm, de manera que el operador tenga un acceso fácil y rápido a estos elementos. Los componentes electrónicos ubicados en el acrílico son: teclado, botón de encendido – apagado, botón de emergencia, potenciómetro, placa Arduino, que es alimentado con un adaptador de 12 V, módulo de relé y la pantalla LCD de información. La figura 40, muestra la conexión de los elementos al microcontrolador, mientras que en la figura 41 se observan los elementos colocados.

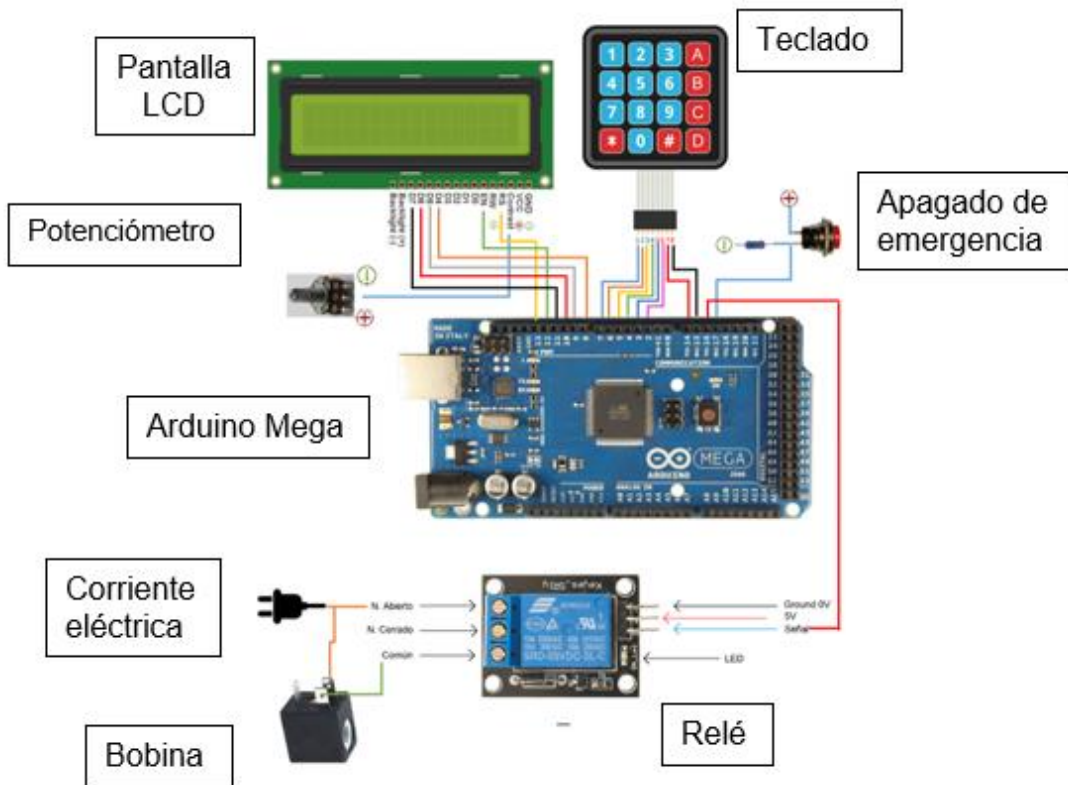
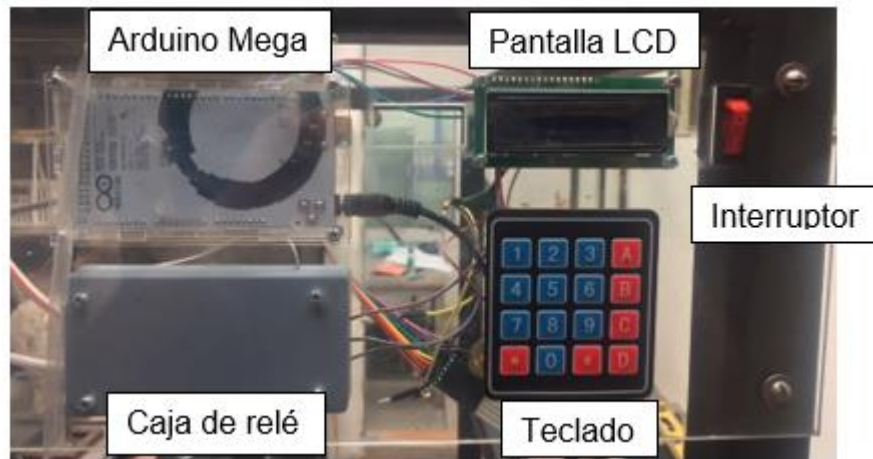


Figura 40. Conexión de los elementos electrónicos



**Figura 41.** Instalación de componentes electrónicos

#### **3.10.4. EQUIPO TERMINADO**

La figura 42 y 43 muestra cómo quedó finalmente el equipo después de colocar todos los elementos. Para que el equipo sea fácilmente desplazable se le agregaron garruchas a cada extremo del bastidor, tomando en cuenta que el peso del equipo es de alrededor 80 kg. Cada una de las garruchas soporta un peso de 55 kg. Una vez realizado esto, la máquina está lista para someterse a pruebas de funcionamiento y, por último, realizar los ensayos en el asiento.



**Figura 42.** Equipo terminado





**Figura 43.** Equipo terminado

### **3.11. PRUEBAS DEL EQUIPO**

Es preciso comprobar que todas las partes hayan sido instaladas de manera correcta. El primer paso fue revisar que los componentes electrónicos y neumáticos funcionen adecuadamente antes de desarrollar la prueba en el asiento. Para esto se conectó la placa Arduino a la corriente eléctrica, se realizó un control de la botonera, digitando todo el teclado, cuyo valor debía reflejarse en la pantalla LCD. Después se realizó una comprobación del equipo trabajando de prueba en prueba, se tomó como valor máximo 1000 ciclos debido al tiempo que tomaría llevar a cabo la prueba con los valores reales. Este ensayo sirvió para observar el comportamiento de componentes como pantalla, módulo de relé, electroválvula y cilindro. Una vez realizado esto se sujetó el asiento para desarrollar las pruebas. La selección de la fuerza que se aplica se la obtiene mediante el regulador de caudal, de acuerdo para cada tipo de prueba según lo expresado en la tabla 9. Antes se debe calcular el área de aplicación de la fuerza. De acuerdo al anexo 2, a una presión de 6 bares, se obtiene una fuerza máxima de 1178 N. con estos valores se obtiene el área de  $19.63 \text{ cm}^2$ . El manómetro adquirido tiene una escala de 0.2 bares como se observa en la figura 44; aplicando presiones sucesivas desde 0.2 bares, que es la escala inferior, hasta los 6 bares, que es la presión máxima con la que el sistema va a trabajar, junto al área determinada previamente de  $19.63 \text{ cm}^2$ , es posible hallar la fuerza que se aplica en función de la presión como se ve a continuación. Para la operación del equipo, revisar el manual del usuario en el anexo 11.



**Figura 44.** Manómetro

**Tabla 9.** Cálculo de la fuerza en función de la presión

| Presión (kgf/cm <sup>2</sup> ) | Fuerza (kgf) | Presión (kgf/cm <sup>2</sup> ) | Fuerza (kgf) |
|--------------------------------|--------------|--------------------------------|--------------|
| 0.20                           | 4.00         | 3.20                           | 64.07        |
| 0.40                           | 8.01         | 3.40                           | 68.07        |
| 0.60                           | 12.01        | 3.60                           | 72.08        |
| 0.80                           | 16.02        | 3.80                           | 76.08        |
| 1.00                           | 20.02        | 4.00                           | 80.09        |
| 1.20                           | 24.03        | 4.20                           | 84.09        |
| 1.40                           | 28.03        | 4.40                           | 88.10        |
| 1.60                           | 32.03        | 4.60                           | 92.10        |
| 1.80                           | 36.04        | 4.80                           | 96.10        |
| 2.00                           | 40.04        | 5.00                           | 100.11       |
| 2.20                           | 44.05        | 5.20                           | 104.11       |
| 2.40                           | 48.05        | 5.40                           | 108.12       |
| 2.60                           | 52.06        | 5.60                           | 112.12       |
| 2.80                           | 56.06        | 5.80                           | 116.13       |
| 3.00                           | 60.07        | 6.00                           | 120.13       |

## 3.12. PRUEBAS EN LOS COMPONENTES

### 3.12.1. PRUEBAS EN EL APOYACABEZAS

Para esta prueba se colocó el asiento en el bastidor sujeto de cada extremo. Se reguló la altura del apoyacabezas, que debe ser la máxima altura posible, su inclinación debe ser cercana a los 25° respecto a la vertical. Se montó el

indentador esférico junto con la placa de seguridad, siguiendo con la regulación de la altura del indentador y la distancia hacia el asiento. Se aseguró que los tubos de poliuretano se encuentren bien ajustados para que las fugas sean mínimas, se retiraron los objetos que no se requieran usar en la prueba como herramientas o cualquier objeto que pueda interferir con el desarrollo normal del ensayo. Se encendió el equipo y se digitaron los datos necesarios para iniciar. Esta prueba se la realizó en una primera parte aplicando una fuerza de 50 kgf durante 1000 ciclos. Enseguida se aplicó una fuerza de 100 kgf durante 10 ciclos. El tiempo de duración de esta prueba, desde la preparación del indentador, ajuste de distancias, etc. tomó alrededor de 90 minutos. Al final de la prueba se hizo una inspección del equipo, dando como resultado que se encontraba en óptimas condiciones para continuar con el siguiente ensayo. La figura 45 y 46 muestra cómo se realizó esta prueba.



**Figura 45.** Retroceso del cilindro en prueba del apoyacabezas



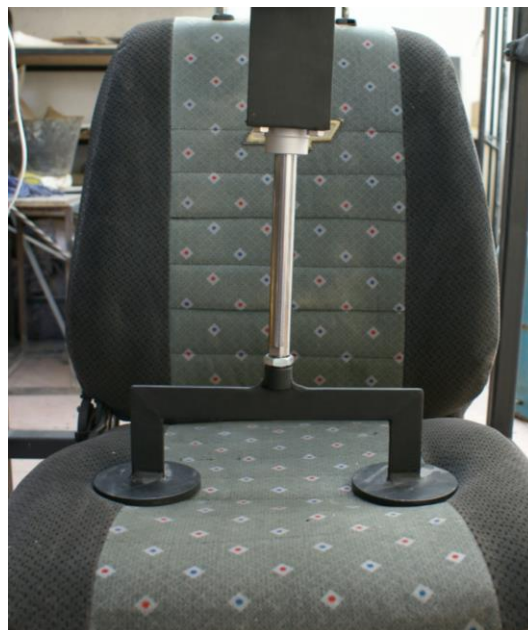
**Figura 46.** Aplicación de carga en el apoyacabezas

### 3.12.2. PRUEBAS EN EL ASIENTO

Se colocó el indentador metálico para pruebas en el asiento, este golpeó al asiento por 1000 ciclos aplicando una carga de 30 kgf, para posteriormente aplicar una carga de 100 kgf durante 10 ciclos. Después del ensayo, que duró un aproximado de 90 minutos considerando los ajustes previos, se realizó una inspección del equipo, al igual que en la primera prueba se encontraba en excelente estado y se prosiguió con la tercera prueba. La figura 47 y 48 muestra la realización de esta prueba.



**Figura 47.** Cilindro en reposo en prueba de asiento



**Figura 48.** Ensayo del asiento

### 3.12.3. PRUEBAS EN EL ESPALDAR

En este ensayo se empleó el indentador de madera junto al disco de seguridad. La prueba consistió en golpear al espaldar durante 1000 ciclos, aplicando una carga de 10 kgf-m respecto a la articulación del asiento. En esta prueba el asiento debe estar a 90 grados respecto a la horizontal. La longitud del asiento desde la articulación del asiento es de 540 mm. Para el ensayo se colocó el indentador en la mitad de esta medida, por lo que la aplicación de fuerza en ese punto respecto a la articulación fue de 37 kgf. El ensayo duró alrededor de 90 minutos con los respectivos ajustes previos. Al final, se hizo la inspección del equipo y como este se encontraba sin ningún problema, se continuó con la cuarta parte. En la figura 49 y 50 se observa cómo se realizó la prueba.



**Figura 49.** Cilindro en reposo ensayo del espaldar



**Figura 50.** Aplicación de fuerza prueba en el espaldar

### 3.12.4. PRUEBAS EN LA ARTICULACIÓN DEL ASIENTO

Para esta prueba se aplicó una carga de 80 kgf durante 1000 ciclos, empleando para ello el indentador adecuado y ubicándolo a una distancia no menor a 300 mm desde la articulación. Este ensayo al igual que los demás, tuvo una duración aproximada de 90 minutos, considerando los ajustes previos. Una vez realizado este ensayo se observó que el equipo estaba en perfectas condiciones y que no sufrió daños en ninguna de las pruebas. La figura 51 y 52 muestra la realización de esta prueba.



**Figura 51.** Cilindro en reposo prueba de la articulación del asiento.



**Figura 52.** Aplicación de fuerza en la articulación

### 3.13. COMPROBACIÓN DE COMPONENTES

Las pruebas en el asiento se desarrollaron de acuerdo a lo especificado en la tabla 1.

#### 3.13.1. COMPROBACIÓN EN EL APOYACABEZAS

A continuación, están disponibles las figuras 53 y 54 donde se muestra el apoyacabezas antes y el después de la prueba. Se observa que no hay daños visibles, además el mismo podía desplazarse verticalmente sin ningún inconveniente.



**Figura 53.** Apoyacabezas antes de la prueba



**Figura 54.** Apoyacabezas después de la prueba

### 3.13.2. COMPROBACIÓN EN EL ASIENTO

En las figuras 55, 56 y 57 se muestra la imagen del asiento previo y después a la realización de la prueba. Como se aprecia, el mismo no sufre de deformación o daño alguno en su estructura o en el material del que está cubierto.



**Figura 55.** Asiento antes de la prueba



**Figura 56.** Asiento después de realizar la prueba



**Figura 57.** Asiento después del ensayo



### 3.13.3. COMPROBACIÓN EN EL ESPALDAR

A continuación, en las figuras 57 y 58 se muestra la imagen del espaldar antes y después de realizar el ensayo. El mismo no sufrió de deformación o daño.



**Figura 58.** Espaldar antes de la prueba



**Figura 59.** Espaldar después de la prueba

#### **3.13.4. COMPROBACIÓN EN LA ARTICULACIÓN**

Finalmente, a continuación, en las figuras 59 y 60 se muestra la imagen de la articulación antes y después de realizar el ensayo. La misma no sufrió de deformación o daño y su función para reclinar el asiento estaba intacta.



**Figura 60.** Articulación antes de la prueba



**Figura 61.** Articulación después de la prueba

#### **3.13.5. COMPROBACIÓN DE COMPONENTES EN DIFERENTES ASIENTOS**

La tabla 10 muestra los resultados obtenidos en las pruebas realizadas a componentes de asientos delanteros de los vehículos Volkswagen Gol, Chevrolet Vitara y Chevrolet Spark. Se realizaron pruebas en estos asientos debido a la disponibilidad de los mismos, además de ser vehículos altamente comerciales. Posteriormente en los anexos 27, 28 y 29 se muestran imágenes de la realización de dichas pruebas en los diferentes asientos.

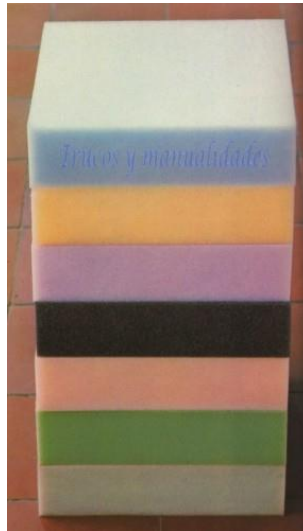
**Tabla 10.** Pruebas de materiales de asientos

|                     | Asiento         | Espaldar        | Apoyacabezas    | Articulaciones  | Observ.  |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|
|                     | Daño<br>Si / No | Daño<br>Si / No | Daño<br>Si / No | Daño<br>Si / No |          |
| Volkswagen<br>Gol   | No              | No              | No              | No              | Aprobado |
| Chevrolet<br>Vitara | No              | No              | No              | No              | Aprobado |
| Chevrolet<br>Spark  | No              | No              | No              | No              | Aprobado |

Los componentes de los asientos una vez realizadas las pruebas, no demostraron daño ni deformación visible alguna. En el caso de los apoyacabezas, su funcionalidad estaba intacta, es decir que se desplazaban fácilmente para regular su altura. El mismo caso ocurre con las articulaciones, que no presentaron desperfectos y su funcionamiento fue comprobado varias veces al terminar la prueba. Todos los asientos son aptos para su uso en vehículos.

### 3.14. MATERIALES EMPLEADOS EN ASIENTOS

En su proyecto, “Diseño y construcción de un banco de pruebas de durabilidad para asientos de vehículos” Guarnizo y Paredes mencionan los componentes más utilizados en asientos en la industria automotriz. Para el armazón del asiento es empleado el acero 1018, gracias a sus propiedades mecánicas y debido a que no están sometidos a grandes esfuerzos. Como propiedades mecánicas este acero tiene una dureza de 126 HB, esfuerzo de fluencia 370MPa, esfuerzo máximo 440 MPa, elongación máxima 15%, módulo de elasticidad 205 GPa y dentro de las propiedades físicas su densidad es de 7.87 g/cm<sup>3</sup>. Para el relleno de los asientos, generalmente se emplea espuma de poliuretano, debido a que es un material muy versátil, se puede moldear a la forma deseada y variando su densidad se puede obtener una espuma más blanda o dura de acuerdo a los requerimientos, en algunos casos se logra una espuma tan dura que se prescinde del armazón. En la industria automotriz se emplean espuma de poliuretano con base de poliéster, ya que se obtienen espumas más compactas, empleadas en lugares donde se debe soportar mayor carga y donde se exige mayor resistencia. En la figura 62 se muestra varios tipos de espuma que se pueden conseguir en el mercado, todas ellas con diferente densidad y dureza dependiendo de su color, mientras que en la tabla 11 se muestra la densidad y dureza de las mencionadas espumas a base de poliéster. Hoy en día es común el uso de espumas de color gris que ofrecen mayor densidad y dureza, aunque todavía en ciertos vehículos se emplea la espuma de color amarilla.



**Figura 62.** Bloques de espuma (ThemesMagazine, s.f.)

**Tabla 11.** Densidad y dureza de espumas (ThemesMagazine, s.f.)

| Color    | Densidad (kg/m <sup>3</sup> ) | Dureza (kPa) |
|----------|-------------------------------|--------------|
| Azul     | 22                            | 1.9          |
| Amarillo | 25                            | 3.8          |
| Lila     | 30                            | 3.4          |
| Negro    | 35                            | 3.4          |
| Rosa     | 37                            | 2.4          |
| Verde    | 40                            | 3            |
| Gris     | 80                            | 8.5          |

Para la tapicería es posible elegir entre varias opciones, que dependiendo de la que se elija, transmitirá un mayor o menor confort y calidad. El cuero es más empleado en vehículos de gama alta, debido a que es el material que más perdura entre todas las opciones, es capaz de aguantar temperaturas altas y bajas, resistente a la gran mayoría de manchas y sustancias o productos que puedan verterse. Además, este es un material al que se lo puede limpiar con facilidad, aunque requiere de cuidados especiales para que se mantenga en óptimas condiciones. Este material es costoso comparándolo con el vinil y la tela.

La tela es uno de los materiales más empleados en tapicería para vehículos, también es capaz perdurar mucho tiempo, pero es más susceptible a desteñirse o desgastarse y absorber malos olores. La limpieza puede tornarse complicada en muchos casos, en especial cuando ha pasado mucho tiempo en uso.

Otra opción que se suele emplear es el vinilo. Es el material intermedio entre el cuero y la tela. Dura menos que el cuero, pero más duradero que la tela, ya

que soporta mejor el desgaste. Este material es de fácil limpieza, y en cuanto a precio resulta más barato que el cuero, pero un poco más caro que la tela.

### 3.15. CÁLCULO DE LA CONSTANTE ELÁSTICA DEL RESPALDO

Empleando la ecuación 17, es posible calcular la constante elástica del resorte del asiento. Como se mencionó antes, el tipo de acero empleado es el 1018, cuyo módulo de elasticidad es de 29732.7 psi. El valor del resto de variables se obtiene realizando una medición en dicho componente.

$$k = \frac{(4A/P)^4 * E}{10.8 * D * N}$$

$$k = \frac{29732.7 * \left\{ \frac{4(0.197*0.787)}{(0.197*2)+(0.787*2)} \right\}^4}{10.8*1.97*5}$$

$$k = 2.76 \text{ lb / 360 grados}$$

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- Se revisó el estado el arte, de proyectos similares y normativas, determinando que se necesitaba un equipo para realizar ensayos en el apoyacabezas, espaldar, articulación y asiento, aplicando una carga máxima de 100 kgf.
- Utilizando Autodesk Inventor se diseñó un equipo de dimensiones 1500 mm de alto, 990 mm de profundidad y 900 mm de ancho, esto después de haber realizado mediciones en asientos y habiendo calculado valores máximos, mínimos y promedio.
- Se construyó un equipo empleando tubo cuadrado de 40 x 40 x 3 [mm], de acero A36, el cual es capaz de soportar la máxima carga requerida de 100 kgf y para resistencia a la fluencia máxima de 4.46 MPa. Según los cálculos realizados, los pernos de acero A307 soportan de buena manera la aplicación de cargas en el equipo.
- Fue empleado un cilindro de doble efecto de 50 mm de diámetro de émbolo, que puede aplicar una fuerza máxima de 1178 N a 6 bares de presión. Los componentes neumáticos como filtro regulador y electroválvula, dependen del cálculo de consumo de aire del cilindro para su selección, en este caso el consumo calculado fue de 113.56 l/min. De acuerdo a los cálculos, la mínima potencia que debía tener el compresor era de 1.44 Hp
- Se empleó acero A36 de un espesor de 8 mm para la construcción de indentadores y disco de seguridad, mismo que es apto para soportar la carga de 100 kgf, sin sufrir deformaciones.
- Se realizaron varias pruebas de funcionamiento al equipo, alrededor de 6 horas ininterrumpidas, después de las cuales el mismo no presentó ningún inconveniente en su actividad. Además, también se comprobó el estado del asiento y cabe decir que en ninguna de las pruebas presentó daño o deformación visible o permanente.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- Es posible adaptar el equipo, complementando su programación para que a su vez sea capaz de realizar pruebas de impacto en los asientos.
- Se recomienda realizar pruebas en asientos de varios modelos de vehículos con el fin de comprobar si el equipo puede adaptarse a la geometría de los mismos.
- De igual manera es recomendable realizar ensayos en varios modelos de vehículos para asegurarse de que estos cumplen con la normativa dispuesta y sean aptos para su uso.
- Realizando modificaciones como integrar un sistema de medición en el equipo para comprobar deformaciones, permitiría realizar pruebas en asientos de poliuretano para buses.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

Appold, Feiler, Reinharh, Schmidt. (2005). *Tecnología de los metales para profesionales técnico-mecánicas*. Barcelona: Reverté, S.A.

Bosch. (2005). *Sistemas de inyección diésel por acumulador Common Rail*.

Castillo, R. (2011). *Montaje y reparación de sistemas neumáticos e hidráulicos de equipo y máquinas industriales*. Málaga: IC.

Creus, A. (2011). *Neumática e Hidráulica*. Barcelona.

Cruz, D., Amboya, F. (2011). *Diseño y construcción de un equipo de ensayo para pruebas de deformación y resistencia de asientos y espaldares de poliuretano para autobuses*. Quito.

de las Heras, S. (2003). *Instalaciones neumáticas*. Barcelona: UOC.

Diario Oficial de la Unión Europea. (12 de 11 de 2008). *Disposiciones uniformes relativas a la homologación de apoyacabezas (reposacabezas)*,. Obtenido de incorporados o no en asientos de vehículos:  
<http://www.afac.org.ar/archivos/LEGINTERNACIONAL/NUREG25.pdf>

Diario Oficial de la Unión Europea. (22 de 07 de 2009). *Prescripciones uniformes sobre la homologación de vehículos en lo que concierne a los asientos, a*. Obtenido de sus anclajes y a los apoyacabezas:  
[https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1059856](https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1059856)

Gómez, Navarro, Águeda, García. (2011). *Estructuras del vehículo*. Madrid: Paraninfo.

Guarnizo, J. (2014). *Diseño y construcción de un banco de pruebas de durabilidad de asientos de vehículo*. Quito.

Honeywell. (s.f.). Obtenido de <https://products.ecc.emea.honeywell.com/spain/pdf/vr300-et-sp01r0508.pdf>

Mandado, Menéndez, Fernández, López. (2007). *Microcontroladores PIC. Sistema integrado para el aprendizaje*. Barcelona.

Martos, López, Velasco, Del Castillo. (2004). *Temario Jurídico y de Mecánica para bomberos-conductores*. Sevilla: MAD.

Mott, R. (2006). *Mecánica de Fluidos*. Pearson Educación .

Navarro, Gómez, García, Águeda. (2010). *Elementos amovibles y fijos no estructurales*. Madrid: Paraninfo.



NTE INEN 2656:2012 "Clasificación Vehicular". (11 de 2012). Obtenido de <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/2656.pdf>

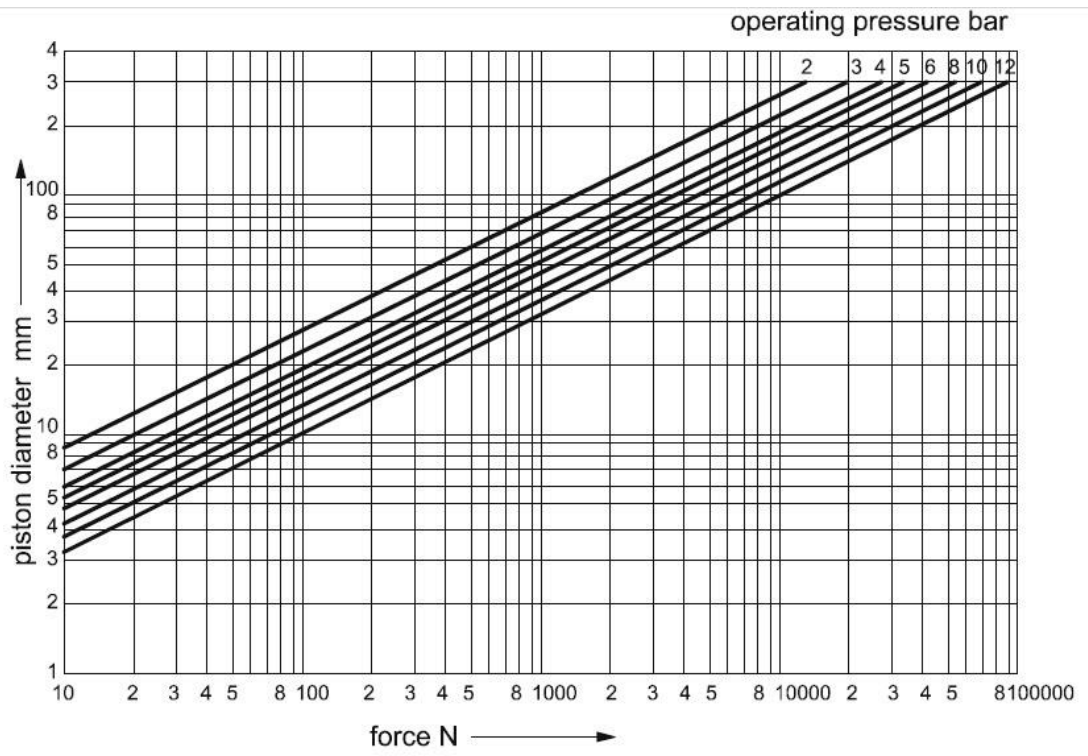
RTE INEN 034 "Elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores". (14 de 05 de 2013). *INEN*. Obtenido de [http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/prte\\_%20034\\_3R\\_2013\\_08\\_23.pdf](http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/prte_%20034_3R_2013_08_23.pdf)

Santamaría, E. (1993). *Electrónica digital y microprocesadores*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.

Serrano, A. (2009). *Neumática*. Zaragoza: Paraninfo.

## 6. ANEXOS

### Anexo 1. Gráfica de selección de diámetro de cilindro



## Anexo 2. Hoja de datos del cilindro.

| Característica  | Valor   |
|---|---|
| Fecha de envío  | → Indicación  |
| Carrera   | 200 mm  |
| Diámetro del émbolo                                       | 50 mm   |
| Rosca del vástago   | M16x1,5   |
| Amortiguación   | PPV: amortiguación neumática regulable a ambos lados                                |
| Posición de montaje                                       | indistinto  |
| Corresponde a la norma                                    | ISO 15552   |
| Extremo del vástago                                       | Rosca exterior  |
| Construcción  | Émbolo<br>Vástago<br>Tubo perfilado   |
| Detección de la posición                                  | para sensores de proximidad   |
| Variantes   | vástago simple  |
| Presión de funcionamiento                                 | 0,4 ... 12 bar  |
| Modo de funcionamiento                                    | de doble efecto   |
| Fluido  | Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]                                       |
| Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando | Opción de funcionamiento con lubricación (necesaria en otro modo de funcionamiento) |
| Clase de resistencia a la corrosión KBK                   | 2 - riesgo de corrosión moderado  |
| Temperatura ambiente                                      | -20 ... 80 °C   |
| Energía del impacto en las posiciones finales             | 1 J   |
| Carrera de amortiguación                                  | 22 mm   |
| Fuerza teórica con 6 bar, retroceso                       | 990 N   |
| Fuerza teórica con 6 bar, avance                          | 1.178 N   |
| Masa móvil con carrera de 0 mm                            | 365 g   |
| Peso adicional por 10 mm de carrera                       | 56 g  |
| Peso básico con carrera de 0 mm                           | 1.190 g   |
| Masa adicional por 10 mm de carrera                       | 25 g  |
| Tipo de fijación  | a elegir:<br>con rosca interior<br>con accesorios                                   |
| Conexión neumática  | G1/4  |
| Indicación sobre el material                              | Conforme con RoHS   |
| Material de la culata                                     | Fundición inyectada de aluminio recubierto  |
| Material de las juntas                                    | TPE-U(PU)   |
| Material del vástago                                      | Acero de aleación fina  |
| Material de la camisa del cilindro                        | Aleación forjable de aluminio<br>Anodizado deslizante                               |

### Anexo 3. Hoja de datos de la válvula.

| Característica  | Valor   |
|---|---|
| Fecha de envío  | → Indicación  |
| Función de las válvulas                                   | 5/2 monoestable   |
| Tipo de accionamiento                                     | eléctrico   |
| Tamaño de las válvulas                                    | 30,5 mm   |
| Ancho   | 30,5 mm   |
| Caudal nominal normal                                     | 1.000 l/min   |
| Presión de funcionamiento                                 | 2,2 ... 8 bar   |
| Construcción  | asiento de plato  |
| Tipo de reposición  | muelle mecánico   |
| Tipo de protección  | IP65  |
| Homologación  | c UL us - Recognized (OL)   |
| Diámetro nominal  | 7 mm  |
| Patrón  | 32 mm   |
| Función de escape   | Estrangulable   |
| Principio de hermetización                                | blando  |
| Posición de montaje                                       | indistinto  |
| Accionamiento manual auxiliar                             | con enclavamiento   |
| Tipo de control   | prepiloto   |
| Sentido del flujo   | no reversible   |
| Holgura de sobreposición                                  | no  |
| Valor B   | 0,19  |
| Valor C   | 4,49 l/sbar   |
| Tiempo de conmutación a la desconexión                    | 29 ms   |
| Tiempo de conmutación a la conexión                       | 9 ms  |
| Máx. impulso de prueba positivo con señal 0               | 2.200 µs  |
| Máx. impulso de prueba negativo con señal 1               | 3.700 µs  |
| Valores característicos de las bobinas                    | Consultar bobina; pedir por separado  |
| Fluido  | Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]                                       |
| Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando | Opción de funcionamiento con lubricación (necesaria en otro modo de funcionamiento) |
| Clase de resistencia a la corrosión KBK                   | 1 - riesgo de corrosión bajo  |
| Temperatura de almacenamiento                             | -20 ... 60 °C   |
| Temperatura del medio                                     | -10 ... 60 °C   |
| Temperatura ambiente                                      | -5 ... 40 °C  |
| Peso del producto   | 290 g   |
| Conexión eléctrica  | a través de bobina F, pedir por separado  |
| Tipo de fijación  | a elegir:<br>Sobre regleta de bornes<br>con taladro pasante                         |
| Conexión del aire de escape de pilotaje 84                | M5  |
| Conexión neumática 1                                      | G1/4  |
| Conexión neumática 2                                      | G1/4  |
| Conexión neumática 3                                      | G1/4  |
| Conexión neumática 4                                      | G1/4  |
| Conexión neumática 5                                      | G1/4  |
| Indicación sobre el material                              | Conforme con RoHS   |
| Material de las juntas                                    | NBR   |
| Material de la carcasa                                    | Fundición inyectada de aluminio   |

## Anexo 4. Hoja de datos del regulador de caudal.

| Característica   | Valor   |
|--|---|
| Fecha de envío   | → Indicación  |
| Función de las válvulas  | Válvula reguladora de caudal, antirretorno del escape                               |
| Conexión neumática 1   | QS-8  |
| Conexión neumática 2   | G1/4  |
| Elemento de ajuste   | Tornillo con cabeza ranurada  |
| Tipo de fijación   | atomillable   |
| Caudal nominal normal en sentido de la estrangulación          | 475 l/min   |
| Caudal nominal normal en el sentido del antirretorno           | 325 ... 500 l/min   |
| Temperatura ambiente   | -10 ... 60 °C   |
| Posición de montaje  | indistinto  |
| Presión de funcionamiento en todo el margen de temperatura     | 0,2 ... 10 bar  |
| Caudal estándar en sentido de regulación del flujo: 6 -> 0 bar | 720 l/min   |
| Caudal estándar en sentido de bloqueo: 6 -> 0 bar              | 610 ... 760 l/min   |
| Fluido   | Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]                                       |
| Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando      | Opción de funcionamiento con lubricación (necesaria en otro modo de funcionamiento) |
| Temperatura del medio  | -10 ... 60 °C   |
| Clasificación marítima   | véase el certificado  |
| Par de apriete nominal   | 5 Nm  |
| Tolerancia para el par de apriete nominal                      | ± 10 %  |
| Peso del producto  | 42 g  |
| Material de los pivotes roscados                               | Aleación forjable de aluminio   |
| Indicación sobre el material                                   | Conforme con RoHS   |
| Material de las juntas   | NBR   |
| Material del anillo extractor                                  | POM   |
| Material del tornillo de regulación                            | latón   |
| Material de la conexión orientable                             | Fundición inyectada de cinc cromado   |

## Anexo 5. Hoja de datos inductor de bobina.

| Característica                                 | Valor   |
|--|---|
| Fecha de envío                                 | → Indicación  |
| Posición de montaje                            | indistinto  |
| Indicación de la posición de conmutación       | no  |
| Tiempo mínimo de mantenimiento                 | 10 ms   |
| Factor de utilización                          | 100%  |
| Factor de rendimiento $\cos(\phi)$             | 0,7   |
| Valores característicos de las bobinas         | 110 V AC: 50/60 Hz, potencia de arranque de 9 VA, potencia de retención de 7 VA |
| variaciones de frecuencia admisibles           | +/- 5 %   |
| Fluctuación de tensión permisible              | +/- 10 %  |
| Marca CE (ver declaración de conformidad)      | según la normativa UE de baja tensión   |
| Tipo de protección                             | IP65  |
| Temperatura ambiente                           | -5 ... 40 °C  |
| Par de apriete máximo del conector tipo zócalo | 0,4 Nm  |
| Peso del producto                              | 55 g  |
| Conexión eléctrica                             | Clavijas para MSSD-F<br>3 contactos   |
| Tipo de fijación                               | con tuerca moleteada  |
| Indicación sobre el material                   | Conforme con RoHS   |
| Material de la bobina magnética                | Duroplast<br>cobre<br>Acero   |
| Material del bobinado                          | cobre   |

## Anexo 6. Hoja de datos del filtro regulador.

| Característica  | Valor   |
|---|---|
| Fecha de envío  | → Indicación  |
| Tamaño  | Mini  |
| Serie   | D   |
| Asegurar el accionamiento                                 | Botón giratorio con enclavamiento   |
| Posición de montaje                                       | vertical +/- 5°   |
| Grado de filtración                                       | 40 µm   |
| Purga del condensado                                      | giro manual   |
| Construcción  | Filtro regulador con manómetro  |
| Cantidad máxima del condensado                            | 22 cm <sup>3</sup>  |
| Funda de protección                                       | Funda protectora metálica con manómetro   |
| Indicación de la presión                                  | con manómetro   |
| Presión de funcionamiento                                 | 1 ... 16 bar  |
| Margen de regulación de la presión                        | 0.5 ... 12 bar  |
| Histéresis máxima de la presión                           | 0.2 bar   |
| Caudal nominal normal                                     | 1.400 l/min   |
| Fluido  | Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [-:9:-]<br>Gases inertes                      |
| Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando | Opción de funcionamiento con lubricación (necesaria en otro modo de funcionamiento) |
| Clase de resistencia a la corrosión KBK                   | 2 - riesgo de corrosión moderado  |
| Temperatura de almacenamiento                             | -10 ... 60 °C   |
| Clase de pureza del aire en la salida                     | Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:8:4]<br>Gases inertes                      |
| Temperatura del medio                                     | -10 ... 60 °C   |
| Temperatura ambiente                                      | -10 ... 60 °C   |
| Clasificación marítima                                    | véase el certificado  |
| Peso del producto   | 460 g   |
| Tipo de fijación  | a elegir:<br>Montaje del conducto con accesorios                                    |
| Conexión neumática 1                                      | G1/4  |
| Conexión neumática 2                                      | G1/4  |
| Indicación sobre el material                              | Conforme con RoHS   |
| Material de la carcasa                                    | Fundición inyectada de cinc   |
| Material de la funda                                      | PC  |

## Anexo 7. Hoja de datos del silenciador.

| Característica  | Valor   |
|---|---|
| Fecha de envío  | → Indicación                                  |
| Posición de montaje                                       | indistinto                                    |
| Tamaño del depósito                                       | 20  |
| Presión de funcionamiento                                 | 0 ... 10 bar                                  |
| Caudal contra atmósfera                                   | 3.140 l/min                                   |
| Fluido  | Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:-:-] |
| Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando | Opción de funcionamiento con lubricación      |
| Clase de resistencia a la corrosión KBK                   | 1 - riesgo de corrosión bajo                  |
| Nivel de ruido  | 83 dB(A)                                      |
| Temperatura ambiente                                      | -40 ... 80 °C                                 |
| Peso del producto   | 13 g  |
| Conexión neumática  | G1/4  |
| Material del amortiguador                                 | Bronce  |
| Material de los pivotes roscados                          | latón   |
| Indicación sobre el material                              | Conforme con RoHS                             |



## Anexo 8. Hoja de datos del racor.

| Característica   | Valor  |
|--|--|
| Fecha de envío   | → Indicación   |
| Tamaño   | Estándar   |
| Diámetro nominal   | 7 mm   |
| Tipo de junta del eje atornillable                         | Recubrimiento  |
| Posición de montaje  | indistinto   |
| Tamaño del depósito  | 10   |
| Construcción   | Principio Push-Pull  |
| Presión de funcionamiento en todo el margen de temperatura | -0.95 ... 6 bar  |
| Presión de funcionamiento en función de la temperatura     | -0.95 ... 14 bar   |
| Fluido   | Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:-:-]<br>Agua según declaración del fabricante en <a href="http://www.festo.com">www.festo.com</a> |
| Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando  | Opción de funcionamiento con lubricación   |
| Clase de resistencia a la corrosión KBK                    | 1 - riesgo de corrosión bajo   |
| Temperatura ambiente                                       | -10 ... 80 °C  |
| Clasificación marítima                                     | véase el certificado   |
| Peso del producto  | 14 g   |
| Conexión neumática 1                                       | Rosca exterior R1/4  |
| Conexión neumática 2                                       | Para diámetro exterior del tubo flexible de 8 m  |
| Color del anillo extractor                                 | azul   |
| Indicación sobre el material                               | Conforme con RoHS  |
| Material de la carcasa                                     | latón<br>níquelado   |
| Material del anillo extractor                              | POM  |
| Material de la junta del tubo flexible                     | NBR  |
| Material del segmento de aprisionamiento del tubo flexible | Acero inoxidable de aleación fina  |

## Anexo 9. Hoja de datos del tubo de poliuretano.

| Característica   | Valor   |
|--|---|
| Fecha de envío   | → Indicación  |
| Diámetro exterior                                      | 8 mm  |
| Radio de flexión relevante para el caudal              | 37 mm   |
| Diámetro interior                                      | 5,7 mm  |
| Radio máximo de curvatura                              | 24 mm   |
| Presión de funcionamiento en función de la temperatura | -0,95 ... 10 bar  |
| Fluido   | Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:-:-]   |
| Control de inflamabilidad del material                 | UL94 HB   |
| Temperatura ambiente                                   | -35 ... 60 °C   |
| Homologación   | TUV   |
| Peso del producto según la longitud                    | 0,0302 kg/m   |
| Conexión neumática                                     | para conector tipo clavija con diámetro exterior de 8 mm<br>para boquilla con diámetro interior de 6 mm, con tuerca<br>für Stecknippel Innen-Ø 6 mm |
| Color  | azul  |
| Dureza Shore   | D 52 +/-3   |
| Indicación sobre el material                           | Exento de cobre y PTFE<br>Conforme con RoHS   |
| Material del tubo flexible                             | TPE-U(PU)   |

## Anexo 10. Programación del microcontrolador.

```
int pruebaA = 1000;
int pruebaB = 1000;
int pruebaC = 1000;
int pruebaD = 1000;

int tiempoON = 2000;
int tiempoOFF = 2000;

int onled = HIGH ;
int offled = LOW ;

//-----
#include <Keypad.h>
#include <LiquidCrystal.h>
String palabra="";
char vector[10];
char dato='v';
int cuadro = 0;
int val = 0;
int cont = 1;
int paro = 0;
const int rs = 13, en = 12, d4 = 8, d5 = 9, d6 = 10, d7 = 11;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
////////////////////////////////////
const byte Filas = 4;      //Cuatro filas
      const byte Cols = 4;      //Cuatro columnas

byte Pins_Filas[] = { 7, 6, 5, 4}; //Pines Arduino para las filas
byte Pins_Cols[] = {3, 2, 14, 15}; // Pines Arduino para las columnas
char Teclas [ Filas ][ Cols ] =
  {
    {'1','2','3','A'},
    {'4','5','6','B'},
    {'7','8','9','C'},
    {'*','0','#','D'}
  };
Keypad Teclado1 = Keypad(makeKeymap(Teclas), Pins_Filas,
Pins_Cols, Filas, Cols);
////////////////////////////////////

void setup() {
  pinMode(16,OUTPUT);
  pinMode(17,INPUT);
  digitalWrite(16,offled);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(6,0);
  lcd.print("UTE");
  delay(2000);
```

```

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("JUAN MALDONADO");
    delay(2000);
    lcd.clear();

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("BANCO DE PRUEBAS");
    delay(2000);
    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("ING. AUTOMOTRIZ");
    delay(2000);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("ELEGIR PRUEBA");
    delay(3000);
    lcd.clear();
}

void loop() {
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("NUMERO DE CICLOS");

    char tecla = Teclado1.getKey();
    if (tecla == '*'){
        lcd.clear();
        cuadro =0;
        palabra.toCharArray(vector,10);
        val = atoi(vector);
        ////////////
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("CICLOS =");
        lcd.setCursor(9,0);
        lcd.print(val);
        lcd.setCursor(5,1);
        lcd.print(cont);
        for (cont = 1; cont <= val; cont +=1){
            paro = digitalRead(17);
            if (paro == HIGH){
                cont = val;
            }
        }
        lcd.setCursor(5,1);
        digitalWrite(16,onled);
        delay(tiempoON);
        digitalWrite(16,offled);
        delay(tiempoOFF);
    }
}

```

```

lcd.print(cont+1);
}
lcd.clear();
//////////
palabra = "";
val = 0;
cont = 1;
}
if (tecla != 0 && tecla != '*' && tecla != 'A' && tecla != 'B' && tecla != 'C' && tecla
!= 'D'){
  lcd.setCursor(cuadro,1);
  lcd.print(tecla);
  cuadro++;
  dato=tecla;
  palabra+=dato;
}
if (tecla == '#'){
  lcd.clear();
  cuadro =0;
  palabra = "";
  val = 0;
}
if (tecla == 'A'){
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(2,0);
  lcd.print("APOYACABEZAS");
  lcd.setCursor(5,1);
  lcd.print(cont);

  for (cont = 1; cont <= pruebaA; cont +=1){
    paro = digitalRead(17);
    if (paro == HIGH){
      cont = pruebaA;
    }
    lcd.setCursor(5,1);
    digitalWrite(16,onled);
    delay(tiempoON);
    digitalWrite(16,offled);
    delay(tiempoOFF);
    lcd.print(cont+1);
  }
  lcd.clear();
  lcd.clear();
  //////////
  palabra = "";
  val = 0;
  cont = 1;
}
if (tecla == 'B'){
  lcd.clear();

```

```

    lcd.setCursor(4,0);
    lcd.print("ESPALDAR");
    lcd.setCursor(5,1);
    lcd.print(cont);

    for (cont = 1; cont <= pruebaB; cont +=1){
        paro = digitalRead(17);
        if (paro == HIGH){
            cont = pruebaB;
        }
        lcd.setCursor(5,1);
        digitalWrite(16,onled);
        delay(tiempoON);
        digitalWrite(16,offled);
        delay(tiempoOFF);
        lcd.print(cont+1);
    }
    lcd.clear();
    lcd.clear();
    ////////////
    palabra = "";
    val = 0;
    cont = 1;
}
if (tecla == 'C'){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(2,0);
    lcd.print("ARTICULACION");
    lcd.setCursor(5,1);
    lcd.print(cont);

    for (cont = 1; cont <= pruebaC; cont +=1){
        paro = digitalRead(17);
        if (paro == HIGH){
            cont = pruebaC;
        }
        lcd.setCursor(5,1);
        digitalWrite(16,onled);
        delay(tiempoON);
        digitalWrite(16,offled);
        delay(tiempoOFF);
        lcd.print(cont+1);
    }
    lcd.clear();
    lcd.clear();
    ////////////
    palabra = "";
    val = 0;
    cont = 1;
}

```

```

if (tecla == 'D'){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(4,0);
    lcd.print("ASIENTO");
    lcd.setCursor(5,1);
    lcd.print(cont);

    for (cont = 1; cont <= pruebaD; cont +=1){
        paro = digitalRead(17);
        if (paro == HIGH){
            cont = pruebaD;
        }
        lcd.setCursor(5,1);
        digitalWrite(16,onled);
        delay(tiempoON);
        digitalWrite(16,offled);
        delay(tiempoOFF);
        lcd.print(cont+1);
    }
    lcd.clear();
    lcd.clear();
    ////////////
    palabra = "";
    val = 0;
    cont = 1;
}
}

```

## **1. ESPECIFICACIONES**

### **1.1. DATOS ENERGÉTICOS**

Tensión: 110 V

Frecuencia: 60 Hz

### **1.2. DATOS TÉCNICOS**

#### **1.2.1. CILINDRO**

Carrera: 200 mm

Diámetro del émbolo: 50 mm

Rosca del vástago: M16x1.5

Tipo de cilindro: neumático de doble efecto

Fuerza teórica de avance a 6 bares: 1178 N

Fuerza teórica de retroceso: 990 N

Conexión neumática: G1/4

#### **1.2.2. VÁLVULA**

Tipo de válvula: neumática 5/2

Tipo de accionamiento: eléctrico

Caudal nominal normal: 1000 l/min

Presión de funcionamiento: 2.2 a 8 bares

Conexiones neumáticas: G1/4

#### **1.2.3. REGULADOR DE CAUDAL**

Función de las válvulas: reguladora de caudal, antirretorno del escape

Caudal nominal en sentido de la estrangulación: 475 l/min

Caudal nominal en sentido del antirretorno: 325... 500 l/min

Fluido: aire comprimido

Temperatura del medio: -10 °C a 60 °C

#### **1.2.4. FILTRO REGULADOR**

Presión de funcionamiento: 1 a 16 bares

Margen de regulación de la presión: 0.5 a 12 bares

Caudal nominal normal: 1400 l/min

Fluido: aire comprimido



Temperatura del medio: -10 °C a 60 °C

### **1.2.5. SILENCIADOR**

Presión de funcionamiento: 1 a 10 bares

Conexión neumática: G1/4

Material del amortiguador: bronce

### **1.2.6. RACOR**

Diámetro nominal: 7 mm

Presión de funcionamiento en todo el margen de temperatura: - 0.95 a 6 bares

Fluido: aire comprimido

Temperatura ambiente: -10 °C a 80 °C

Conexión neumática 1: rosca exterior R1/4

Conexión neumática 2: para diámetro exterior del tubo de 8 mm

### **1.2.7. TUBO DE POLIURETANO**

Diámetro exterior: 8 mm

Radio de flexión relevante para el caudal: 37 mm

Diámetro interior: 5.7 mm

Radio máximo de curvatura: 24 mm

Fluido: aire

### **1.2.8. COMPONENTE ELECTRÓNICO**

Tipo: Arduino Mega

## **1.3. DIMENSIONES**

Frente: 990 mm

Alto: 1500 mm

Fondo: 900 mm

Peso neto: 80 kg

## **1.4. EQUIPAMIENTO Y ACCESORIOS**

Número de indentadores: 4

Indentador para pruebas del apoyacabezas: 1

Indentador para pruebas de espaldar: 1

Indentador para pruebas de asiento: 1

Indentador para pruebas de la articulación del asiento: 1



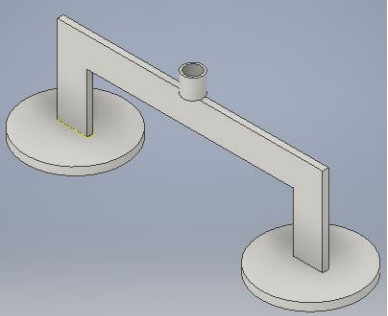
## 1.5. OBSERVACIONES IMPORTANTES

Se debe hacer conocer al usuario acerca de:

- La inconveniencia de colocar objetos cerca del cilindro cuando este esté realizando las pruebas.
- La importancia de no permanecer cerca del equipo cuando este se encuentre trabajando.
- Lo importante de realizar los ajustes necesarios para cada prueba con el equipo desconectado de la corriente eléctrica.

## 1.6. PREPARACIÓN DEL EQUIPO

Tipo de indentadores: de acuerdo a la prueba que se vaya a realizar se debe elegir uno de los siguientes indentadores.

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Indentador del apoyacabezas |   |
| Indentador del espaldar     |  |
| Indentador de asiento       |  |



## 1.7. AJUSTE DEL ASIENTO

El bastidor cuenta con un par de travesaños, los cuales tienen agujeros oblongos para la sujeción del asiento, misma que se realiza con pernos.



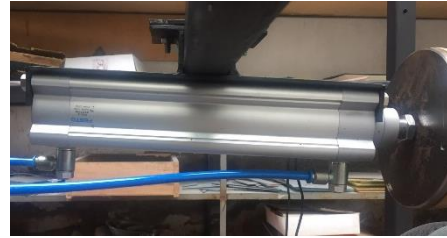
## 1.8. AJUSTE DE LOS TRAVESAÑOS DEL BASTIDOR

El bastidor posee varios agujeros a lo largo de su estructura, los cuales sirven para acomodar el cilindro en una posición adecuada para realizar las pruebas. En otras palabras, es posible variar la altura, y la proximidad del cilindro a cada parte del asiento donde se vaya a efectuar la prueba.



## 1.9. COLOCACIÓN DEL CILINDRO

El cilindro neumático se sujeta del bastidor por medio de un soporte, los cuales se aseguran mediante pernos. Se debe asegurar de que estos se encuentren bien ajustados.



## 1.10. PREPARACIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

Conectar el suministro de aire, es decir el compresor al circuito neumático del equipo. Conectar a través de tubos de poliuretano los demás componentes neumáticos. Asegurarse de que todos los tubos ingresen completamente dentro de los racores. Encender el compresor y esperar que la carga del mismo se complete. Regular el caudal a 6 bares.



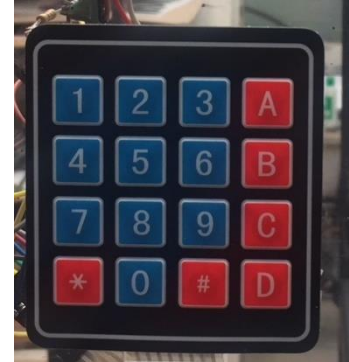
## 1.11. ENCENDER EL EQUIPO

Conectar el microcontrolador y la electroválvula a la corriente eléctrica. Presionar el switch de encendido, ubicado al lado derecho de la pantalla LCD.



## 1.12. ELEGIR PRUEBA

La selección de cada prueba se la realiza a través del teclado. Las teclas del 0 al 9 son para elegir los ciclos de manera manual, mientras que las letras A, B, C, D tienen programadas las pruebas que se van a realizar. La tecla asterisco sirve para ingresar la información, es decir un botón de enter y la tecla numeral sirve para limpiar el texto en la pantalla en caso de que se haya ingresado una información incorrecta a través del teclado.



Esperar a que la pantalla acabe de desplegar la información (hasta que aparezca el mensaje “Número de ciclos”)

Elija A en el teclado para la prueba del apoyacabezas

Elija B en el teclado para la prueba del espaldar

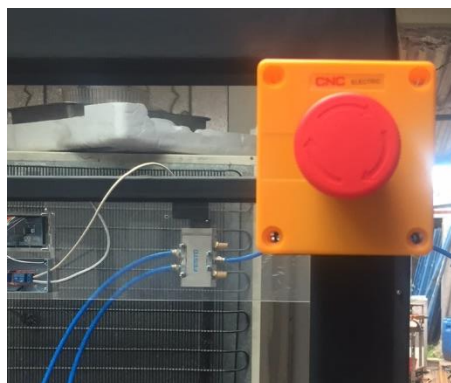
Elija C en el teclado para la prueba en la articulación

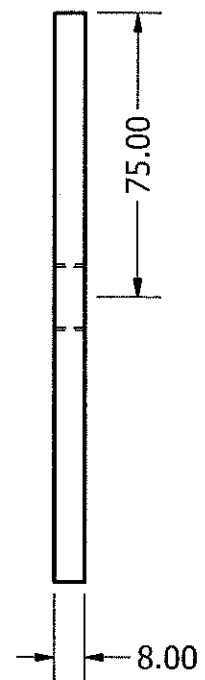
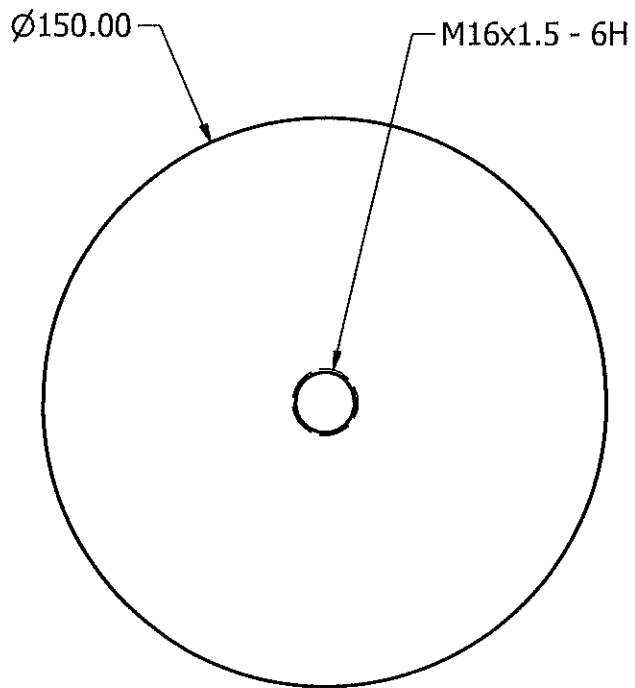
Elija D en el teclado para la prueba en el asiento

Si se desea realizar una prueba aplicando un número diferente de ciclos, presionar directamente en el teclado el número de ciclos deseados, seguido de la tecla asterisco “\*”

## 1.13. PARADA DE EMERGENCIA

En caso de que se requiera apagar el equipo de manera inmediata, se lo debe hacer por medio del pulsador ubicado en la parte trasera del equipo





UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Ingeniería Automotriz

Realizado por:  
Juan C. Maldonado

Revisado por:  
Ing. Eduardo Cueva

Fecha de creación  
6/1/2018

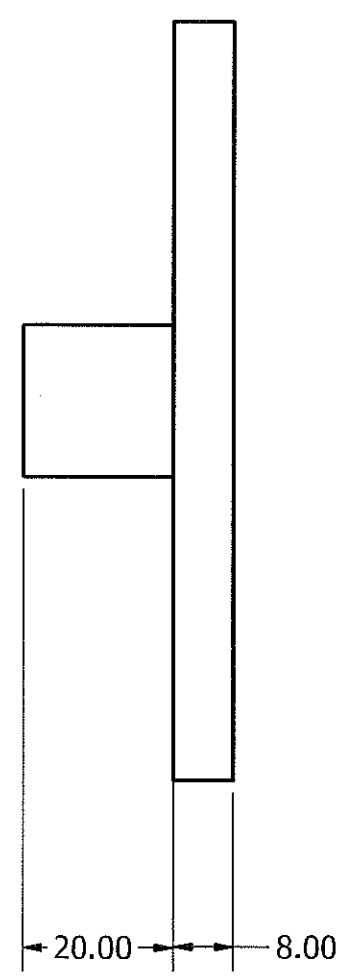
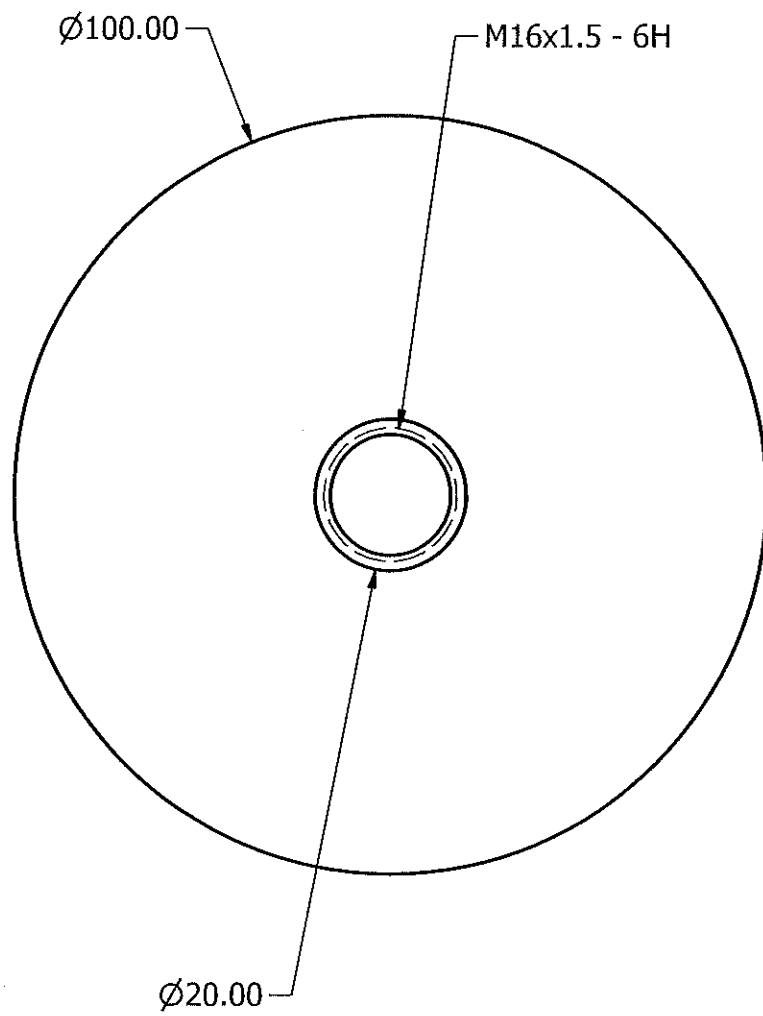
Material  
Acero A36

Escala

Anexo 12 - Esquema disco de seguridad

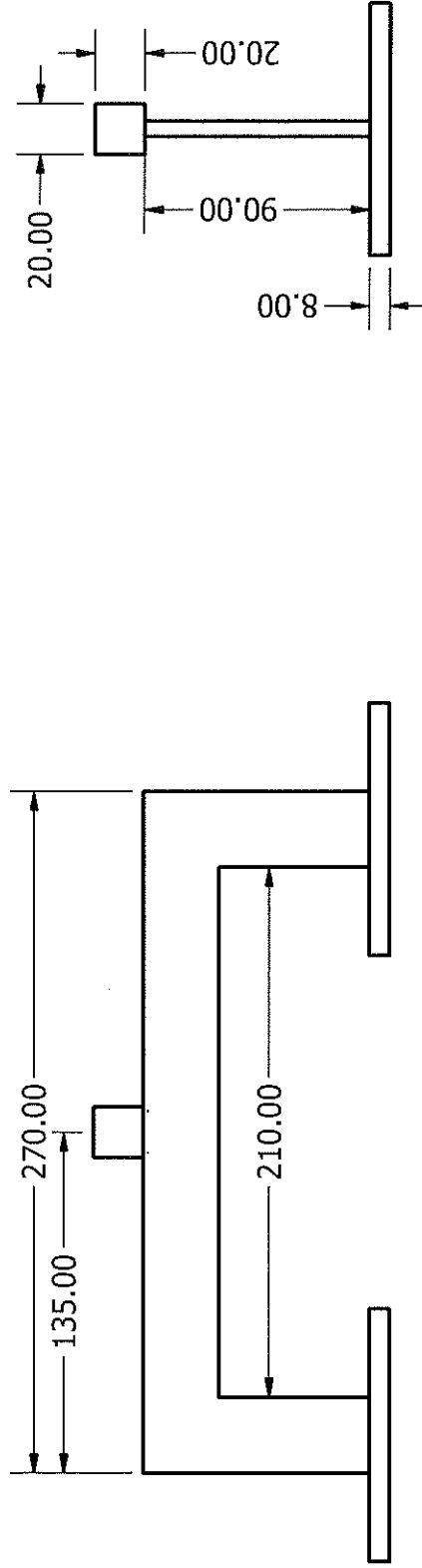
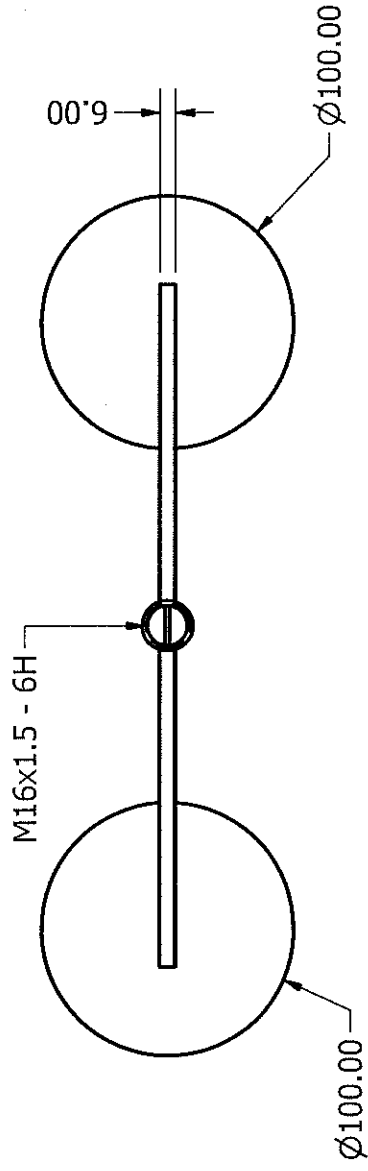


1:2



|   |                                 |                                     |               |
|---|---------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL             |                                 |                                     |               |
| Ingeniería Automotriz                           |                                 | Realizado por:<br>Juan C. Maldonado |               |
| Revisado por:<br>Ing. Eduardo Cueva             | Fecha de creación<br>27/12/2017 | Material<br>Acero A36               | Escala<br>1:1 |
| Anexo 13 - Esquema indentador para articulación |                                 |                                     |               |

W



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Ingeniería Automotriz

Revisado por:  
Ing. Eduardo Cueva

Fecha de creación  
27/12/2017

Realizado por:  
Juan C. Maldonado

Material  
Acero A36

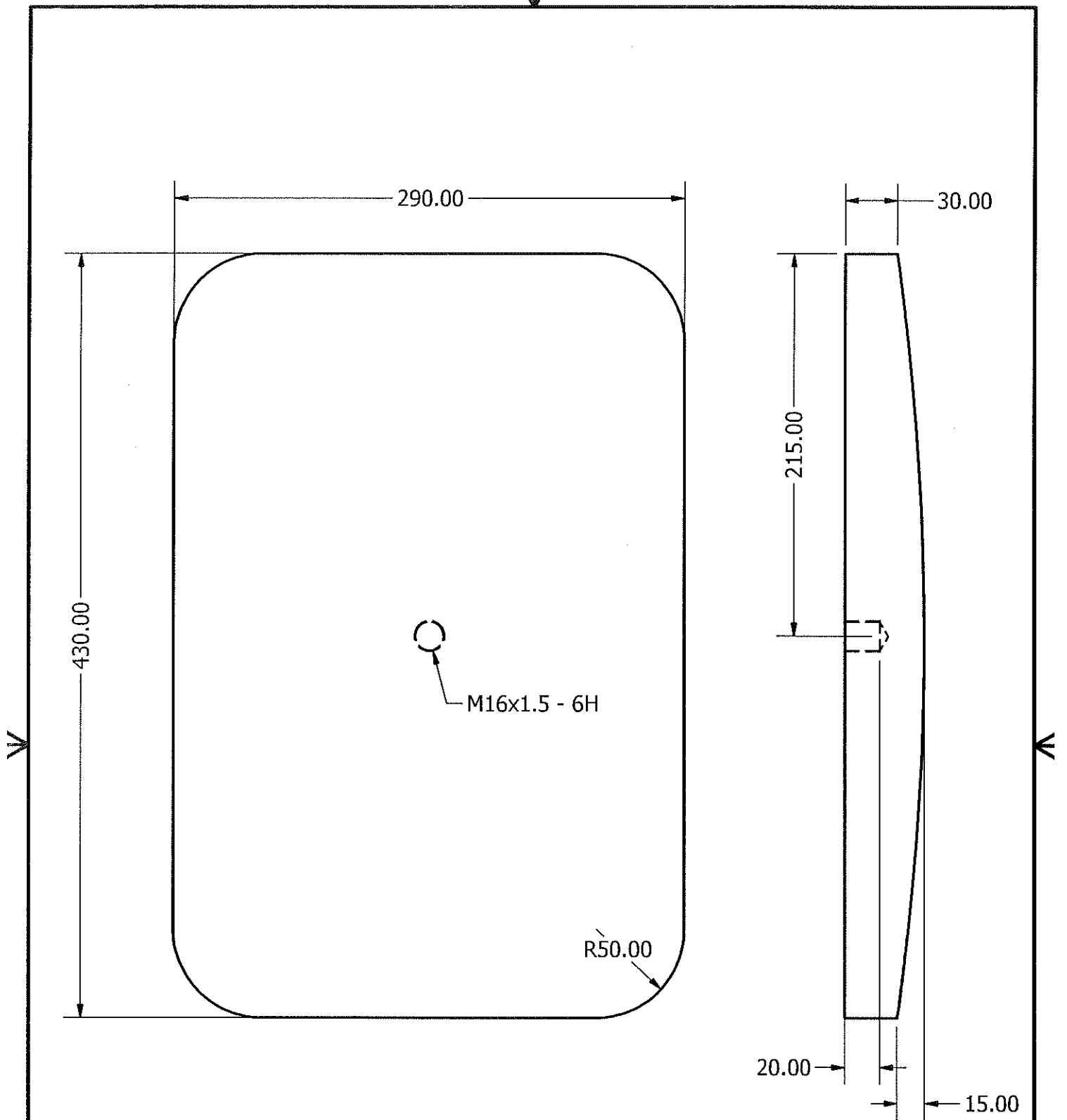
Escala  
1:3

Anexo 14 - Esquema indentador para asiento

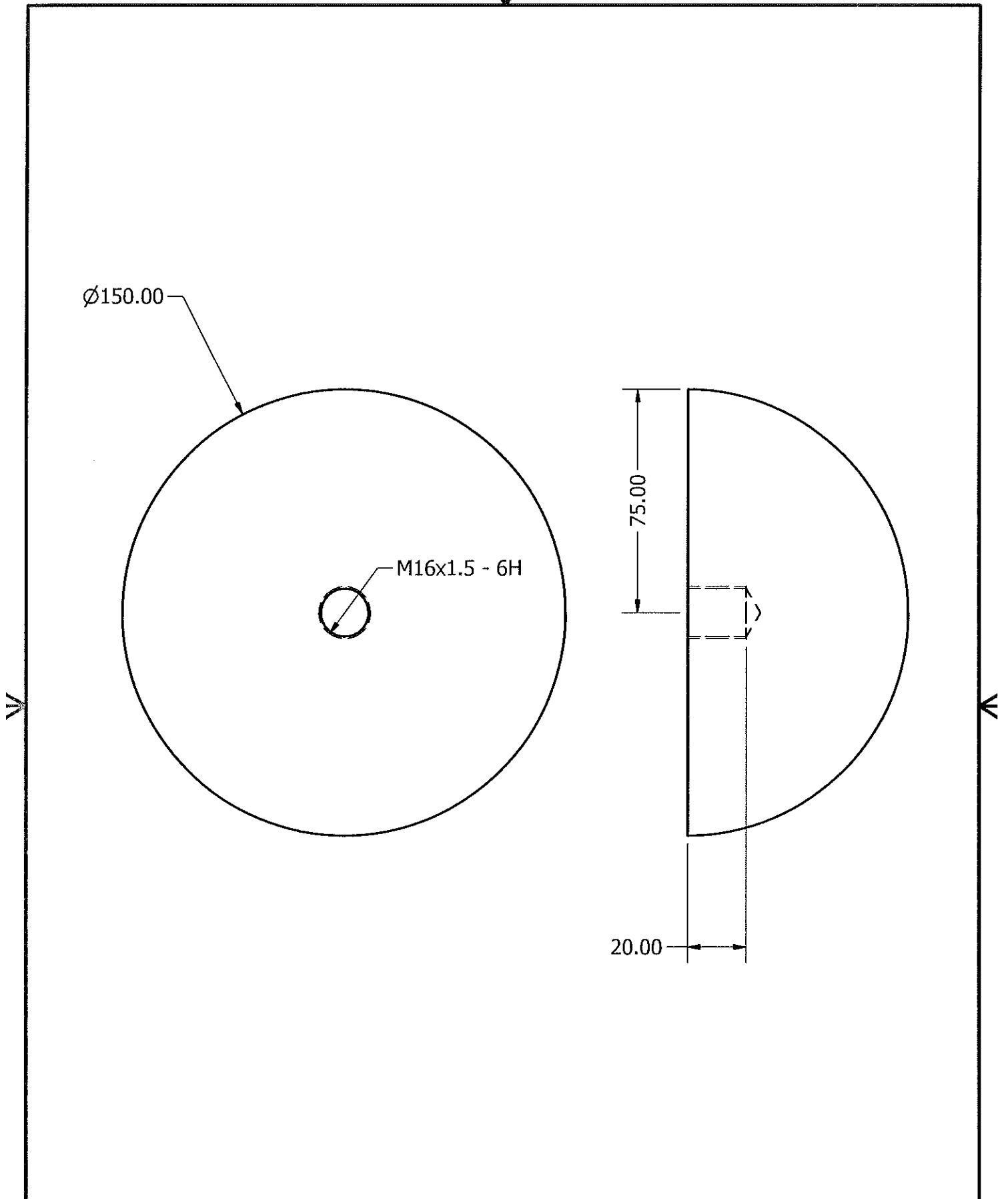


W

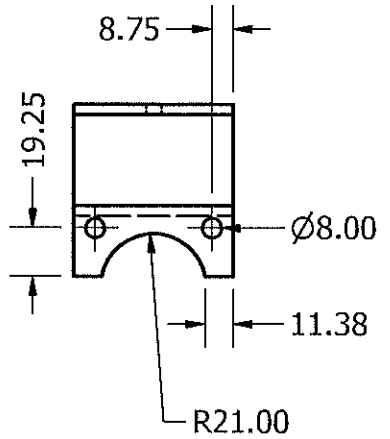
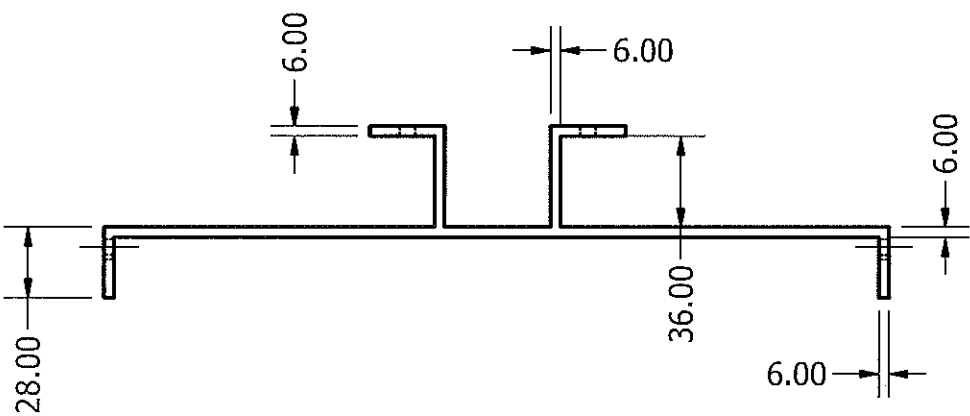
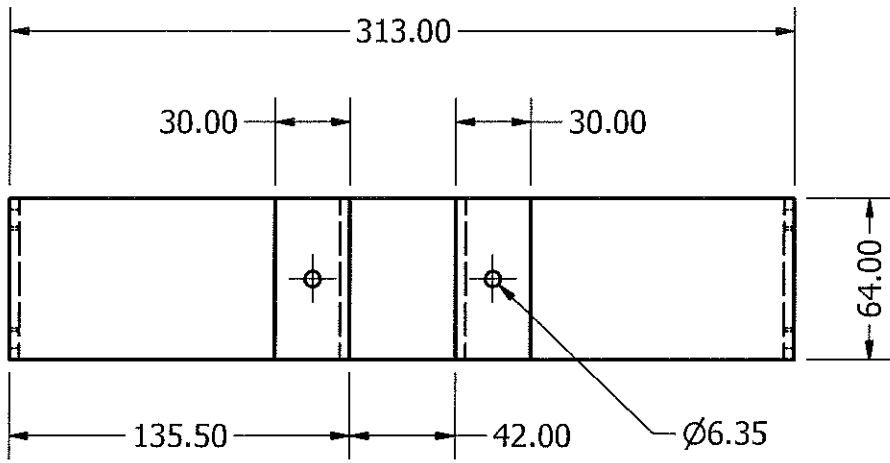




|   |                                 |                                     |               |
|---|---------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL         |                                 |                                     |               |
| Ingeniería Automotriz                       |                                 | Realizado por:<br>Juan C. Maldonado |               |
| Revisado por:<br>Ing. Eduardo Cueva         | Fecha de creación<br>27/12/2017 | Material<br>Madera (Colorado)       | Escala<br>1:3 |
| Anexo 15 - Esquema indentador para espaldar |                                 |                                     |               |



|  |                                 |                                     |        |
|--|---------------------------------|-------------------------------------|--------|
| UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL        |                                 |                                     |        |
| Ingeniería Automotriz                      |                                 | Realizado por:<br>Juan C. Maldonado |        |
| Revisado por:<br>Ing. Eduardo Cueva        | Fecha de creación<br>27/12/2017 | Material<br>Madera (Colorado)       | Escala |
| Anexo 16 - Esquema indentador apoyacabezas |                                 | ⊕ □                                 | 1:1.7  |



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Ingeniería Automotriz

Realizado por:  
Juan C. Maldonado

Revisado por:  
Ing. Eduardo Cueva

Fecha de creación  
22/1/2018

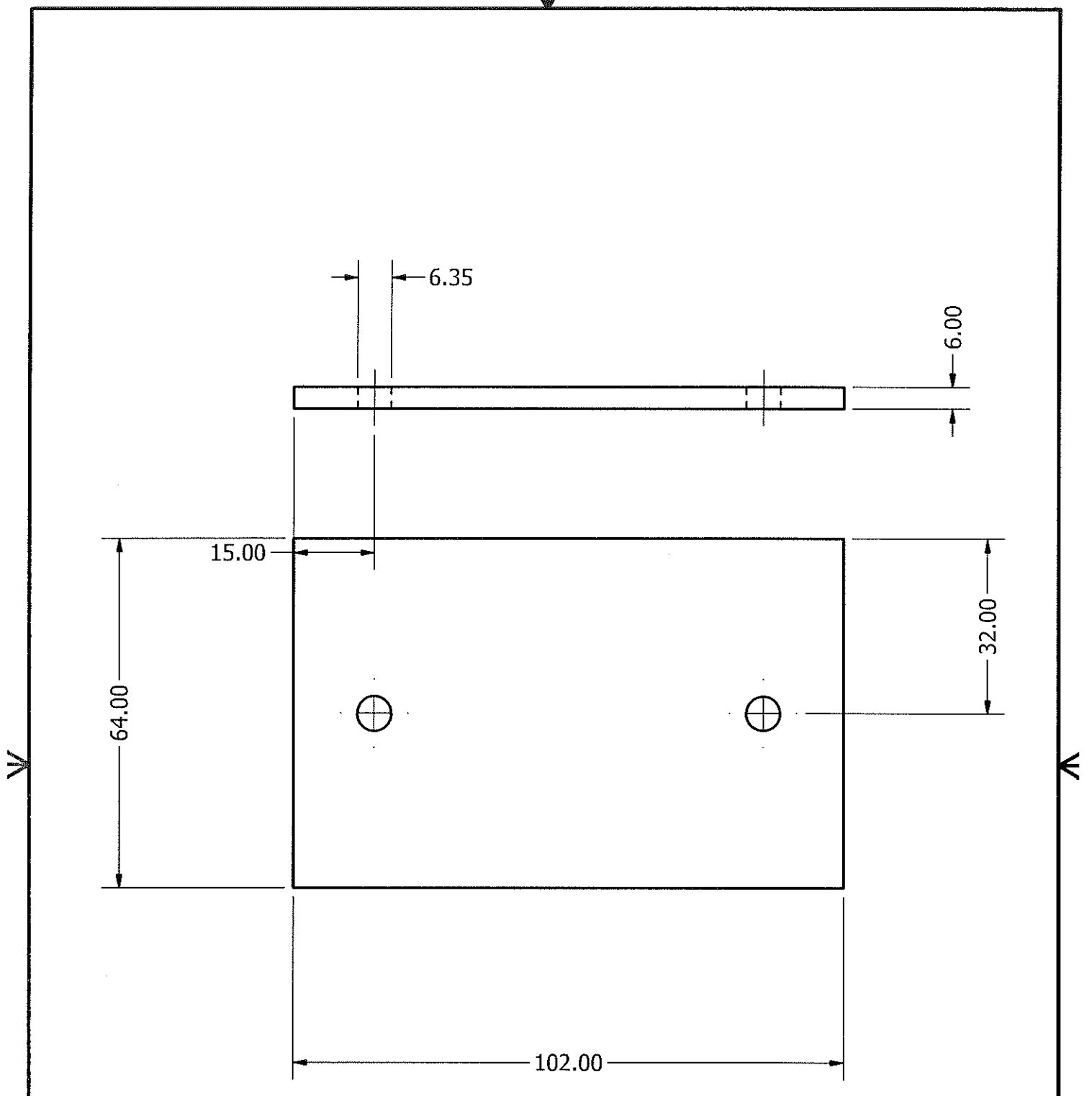
Material  
Acero A36

Escala

Anexo 17 - Esquema soporte del cilindro



1:3



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Ingeniería Automotriz

Realizado por:  
Juan C. Maldonado

Revisado por:  
Ing. Eduardo Cueva

Fecha de creación  
21/1/2018

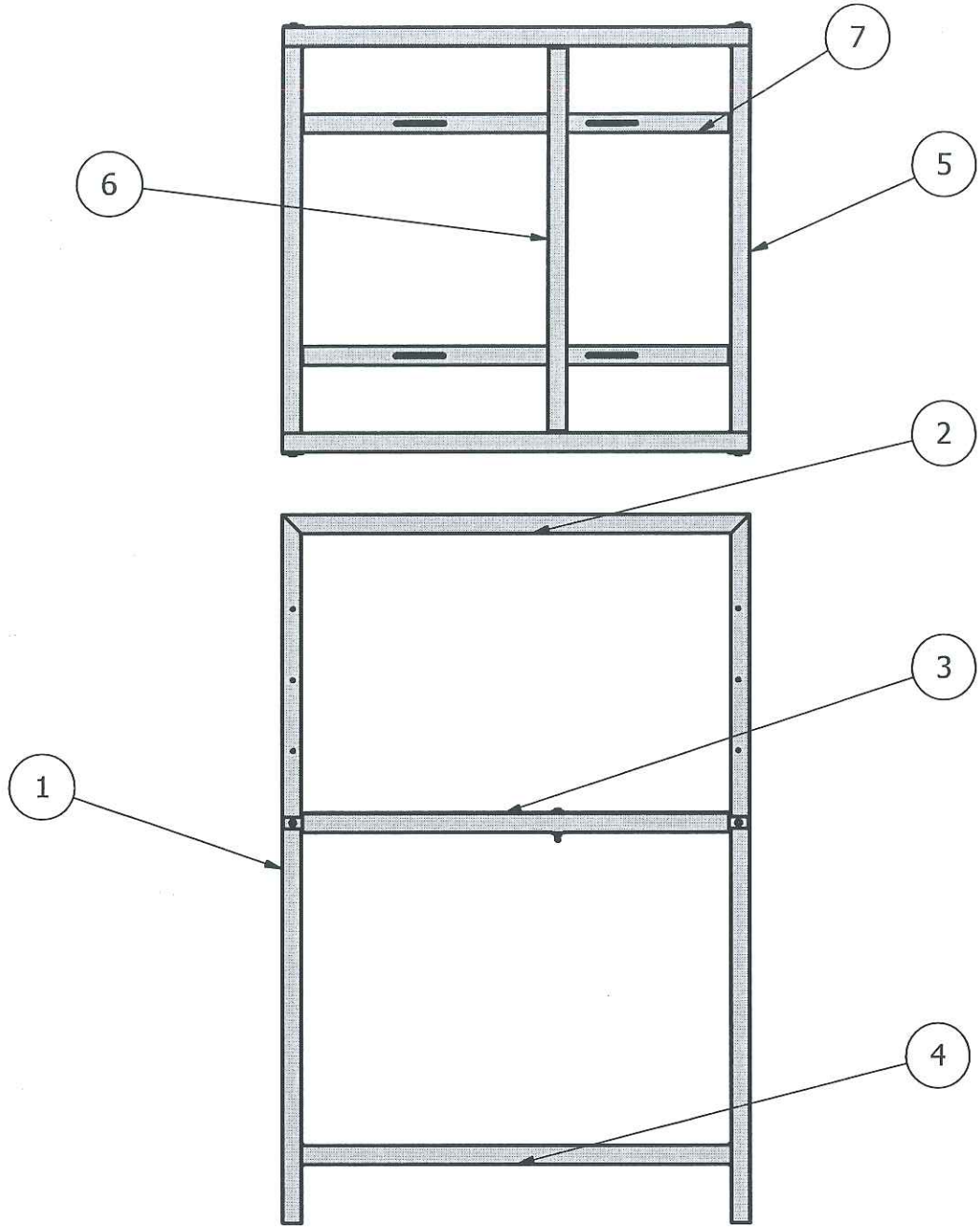
Material  
Acero A36

Escala

Anexo 18 - Esquema placa del soporte



1:1



LISTA DE PIEZAS

| ELEMENTO | CANTIDAD | MATERIAL  | DESCRIPCIÓN           |
|----------|----------|-----------|-----------------------|
| 1        | 4.00     | ACERO A36 | Tubo cuadrado 40x40x3 |
| 2        | 2.00     | ACERO A36 | Tubo cuadrado 40x40x3 |
| 3        | 2.00     | ACERO A36 | Tubo cuadrado 40x40x3 |
| 4        | 2.00     | ACERO A36 | Tubo cuadrado 40x40x3 |
| 5        | 4.00     | ACERO A36 | Tubo cuadrado 40x40x3 |
| 6        | 1.00     | ACERO A36 | Tubo cuadrado 40x40x3 |
| 7        | 2.00     | ACERO A36 | Tubo cuadrado 40x40x3 |

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Ingeniería Automotriz

Realizado por:  
Juan C. Maldonado

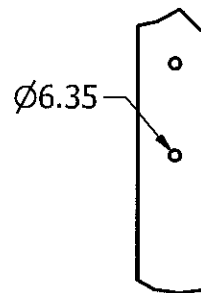
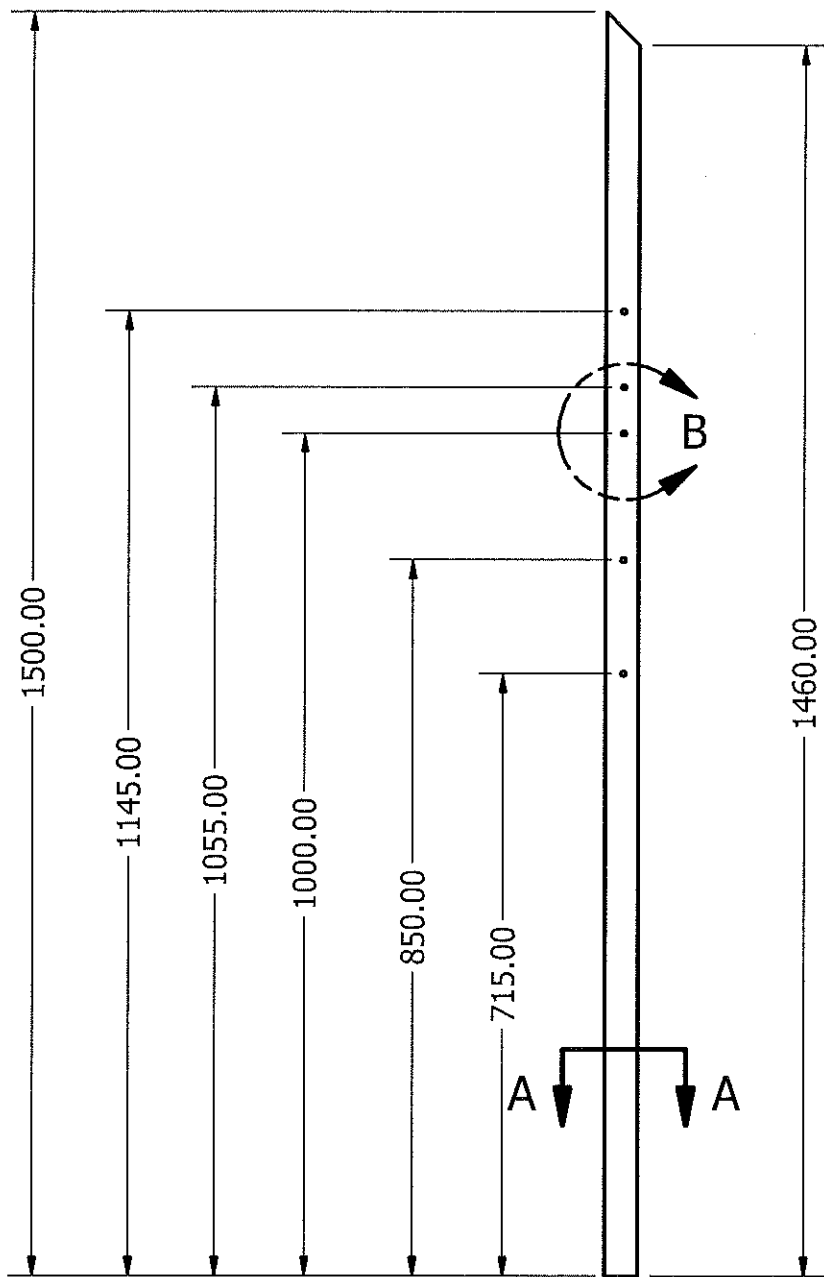
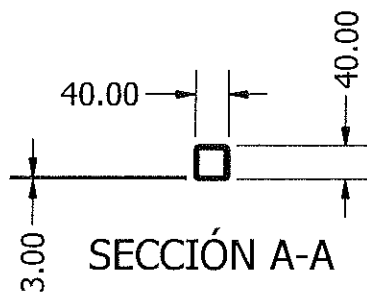
Revisado por:  
Ing. Eduardo Cueva

Fecha de creación  
19/12/2017



Escala  
1:15

Anexo 19 - Esquema lista de piezas



DETALLE B  
ESCALA 0,22 : 1

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Ingeniería Automotriz

Realizado por:  
Juan C. Maldonado

Revisado por:  
Ing. Eduardo Cueva

Fecha de creación  
19/12/2017

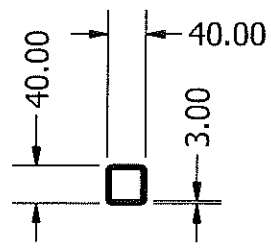
Material  
Acero A36

Escala

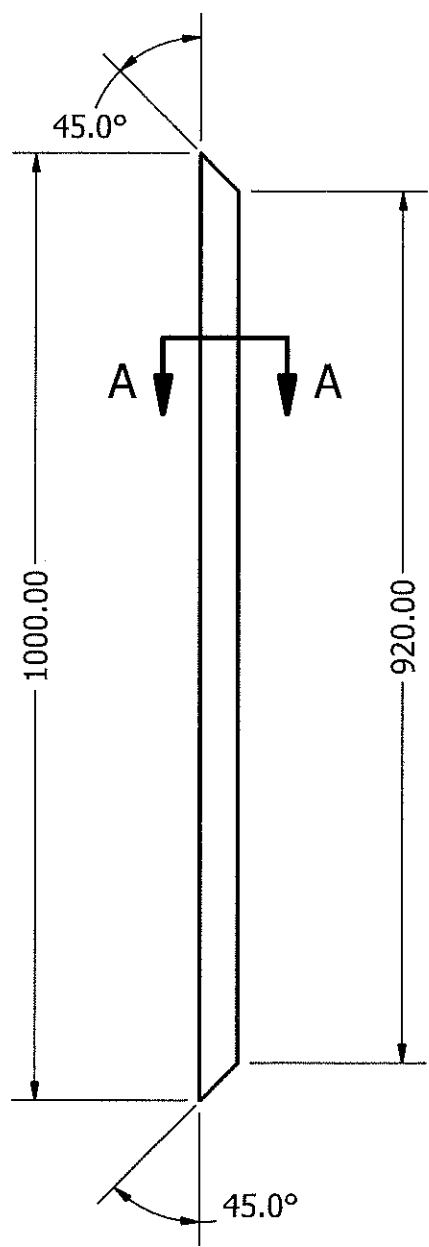
Anexo 20 - Esquema elemento 1



1:8

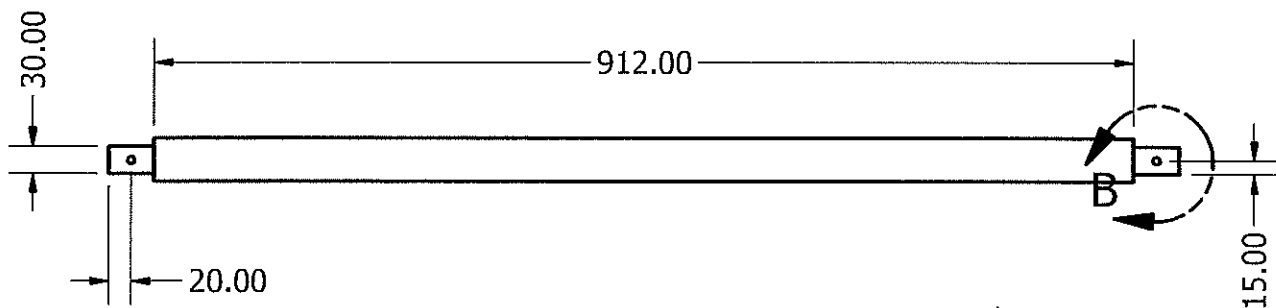
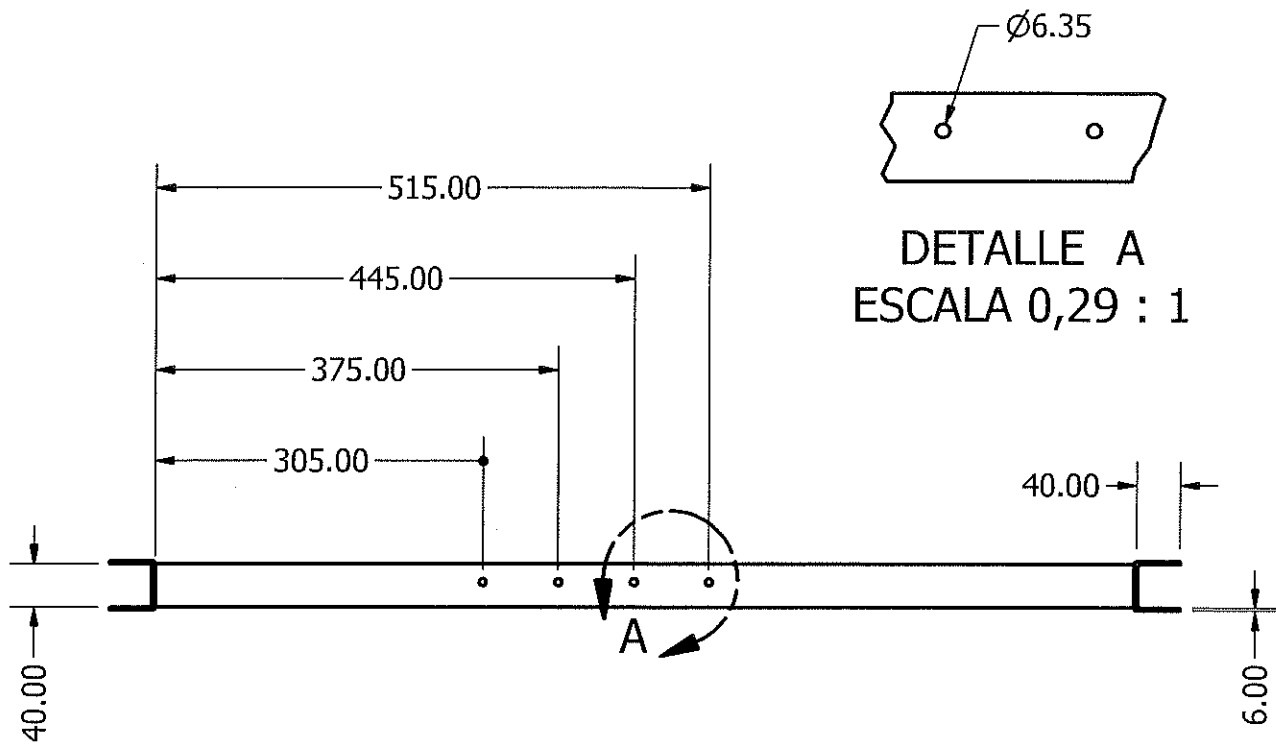


SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 / 8



|                                     |                                 |                                     |               |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL |                                 |                                     |               |
| Ingeniería Automotriz               |                                 | Realizado por:<br>Juan C. Maldonado |               |
| Revisado por:<br>Ing. Eduardo Cueva | Fecha de creación<br>19/12/2017 | Material<br>Acero A36               | Escala<br>1:7 |
| Anexo 21 - Esquema elemento 2       |                                 | ⊕ □                                 |               |

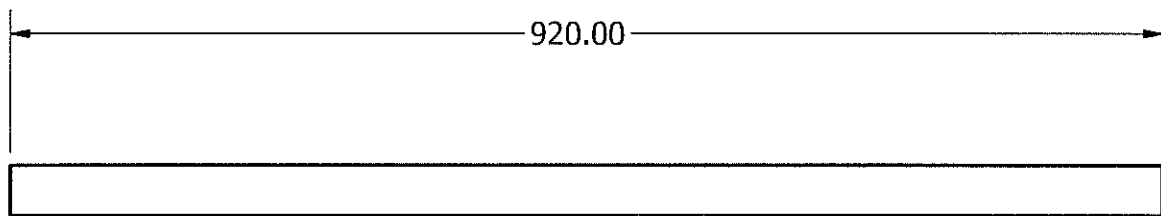




NOTA: La sección del tubo se encuentra en el anexo 20

|                                     |                                 |                                     |               |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL |                                 |                                     |               |
| Ingeniería Automotriz               |                                 | Realizado por:<br>Juan C. Maldonado |               |
| Revisado por:<br>Ing. Eduardo Cueva | Fecha de creación<br>19/12/2017 | Material<br>Acero A36               | Escala<br>1:7 |
| Anexo 22 - Esquema elemento 3       |                                 |                                     |               |

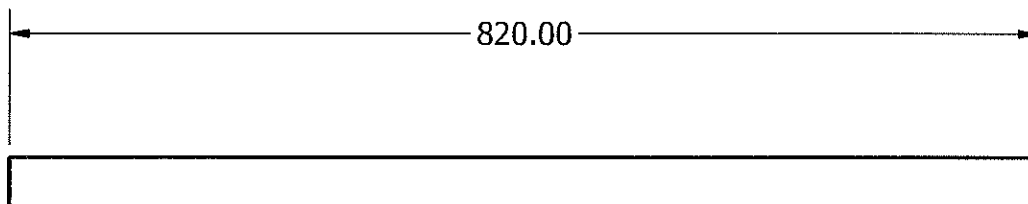




NOTA: La sección del tubo se encuentra en el anexo 20

|  |                                 |                                     |               |
|--|---------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL<br>Ingeniería Automotriz |                                 | Realizado por:<br>Juan C. Maldonado |               |
|  |                                 | Material<br>Acero A36               | Escala<br>1:6 |
| Revisado por:<br>Ing. Eduardo Cueva                          | Fecha de creación<br>19/12/2017 | ⊕ □                                 |               |
| Anexo 23 - Esquema elemento 4                                |                                 |                                     |               |

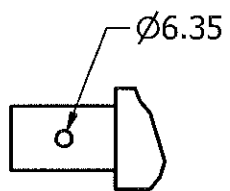




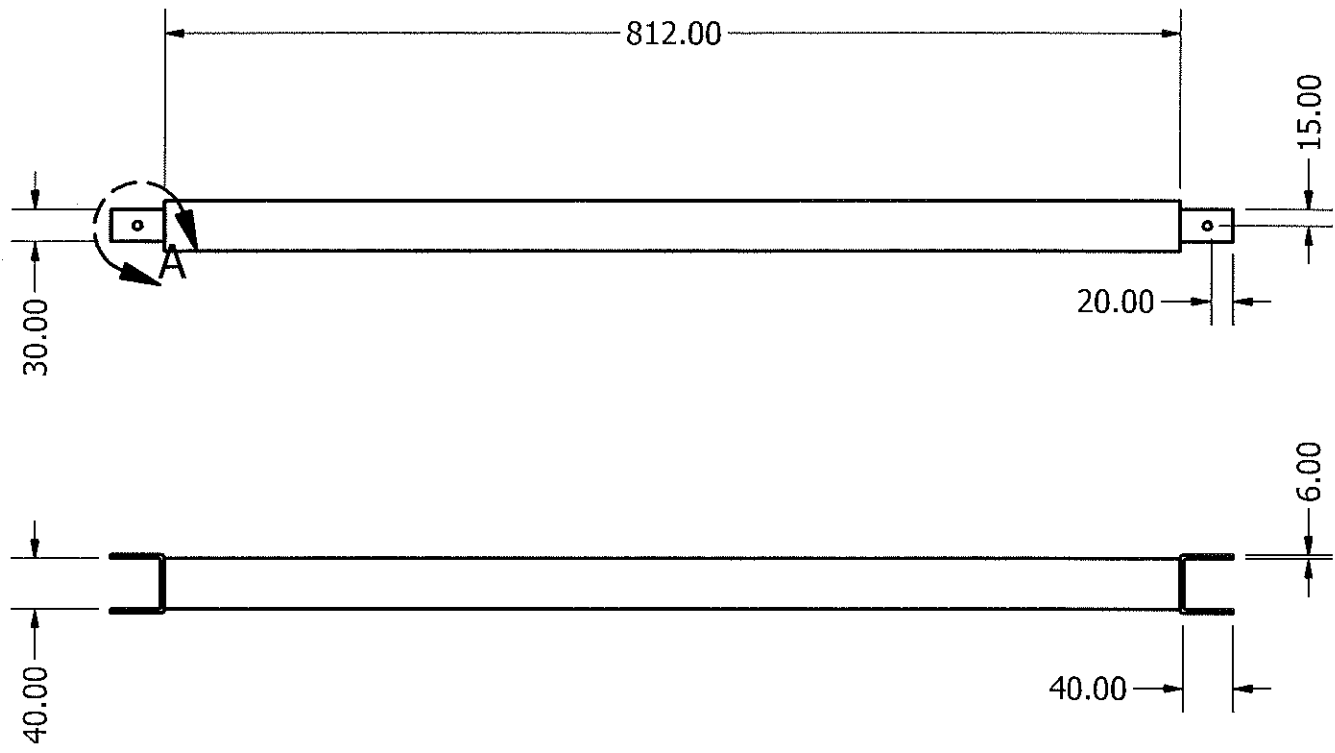
NOTA: La sección del tubo se encuentra en el anexo 20

|                                     |                                 |                                     |        |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------|
| UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL |                                 |                                     |        |
| Ingeniería Automotriz               |                                 | Realizado por:<br>Juan C. Maldonado |        |
| Revisado por:<br>Ing. Eduardo Cueva | Fecha de creación<br>19/12/2017 | Material<br>Acero A36               | Escala |
| Anexo 24 - Esquema elemento 5       |                                 |                                     | 1:6    |



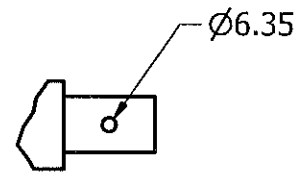
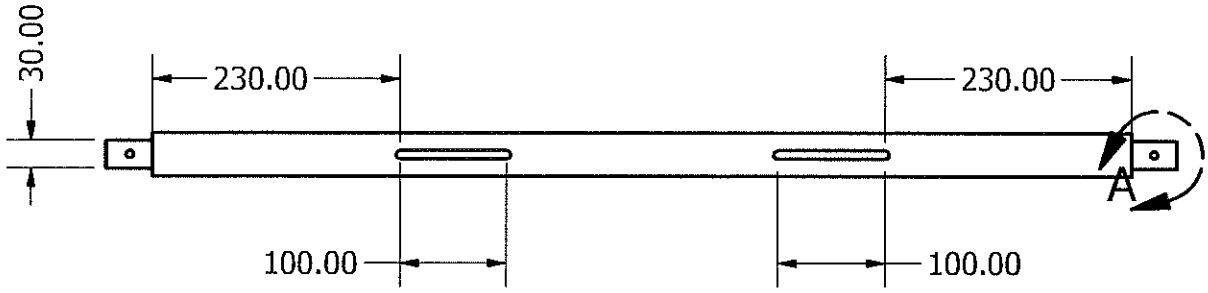
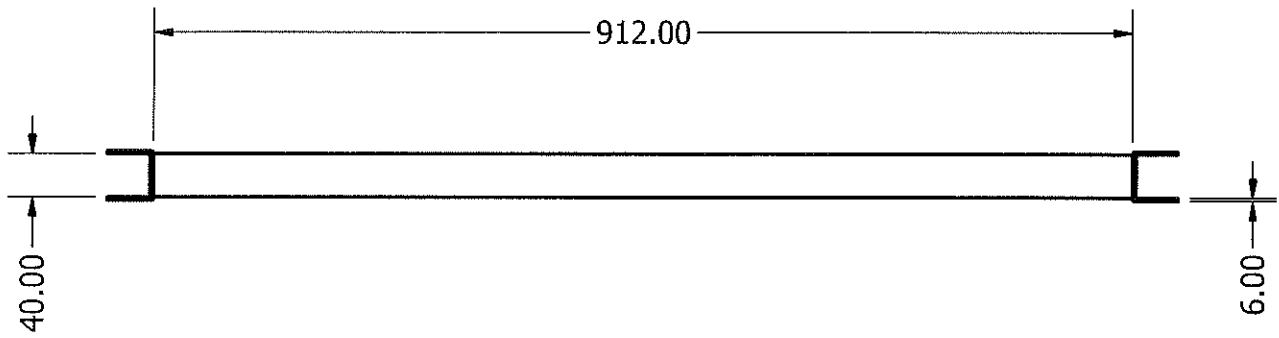


DETALLE A  
ESCALA 1 / 3



NOTA: La sección del tubo se encuentra en el anexo 20

|                                     |                                 |                                     |               |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL |                                 |                                     |               |
| Ingeniería Automotriz               |                                 | Realizado por:<br>Juan C. Maldonado |               |
| Revisado por:<br>Ing. Eduardo Cueva | Fecha de creación<br>19/12/2017 | Material<br>Acero A36               | Escala<br>1:6 |
| Anexo 25 - Esquema elemento 6       |                                 |                                     |               |



DETALLE A  
ESCALA 0,29 : 1

NOTA: La sección del tubo se encuentra en el anexo 20

|                                     |                                 |                                     |               |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL |                                 |                                     |               |
| Ingeniería Automotriz               |                                 | Realizado por:<br>Juan C. Maldonado |               |
| Revisado por:<br>Ing. Eduardo Cueva | Fecha de creación<br>19/12/2017 | Material<br>Acero A36               | Escala<br>1:7 |
| Anexo 26 - Esquema elemento 7       |                                 |                                     |               |

**Anexo 27.** Pruebas de componentes de asiento Volkswagen Gol



**Figura 63.** Prueba en asiento (Volkswagen Gol)



**Figura 64.** Prueba en espaldar (Volkswagen Gol)

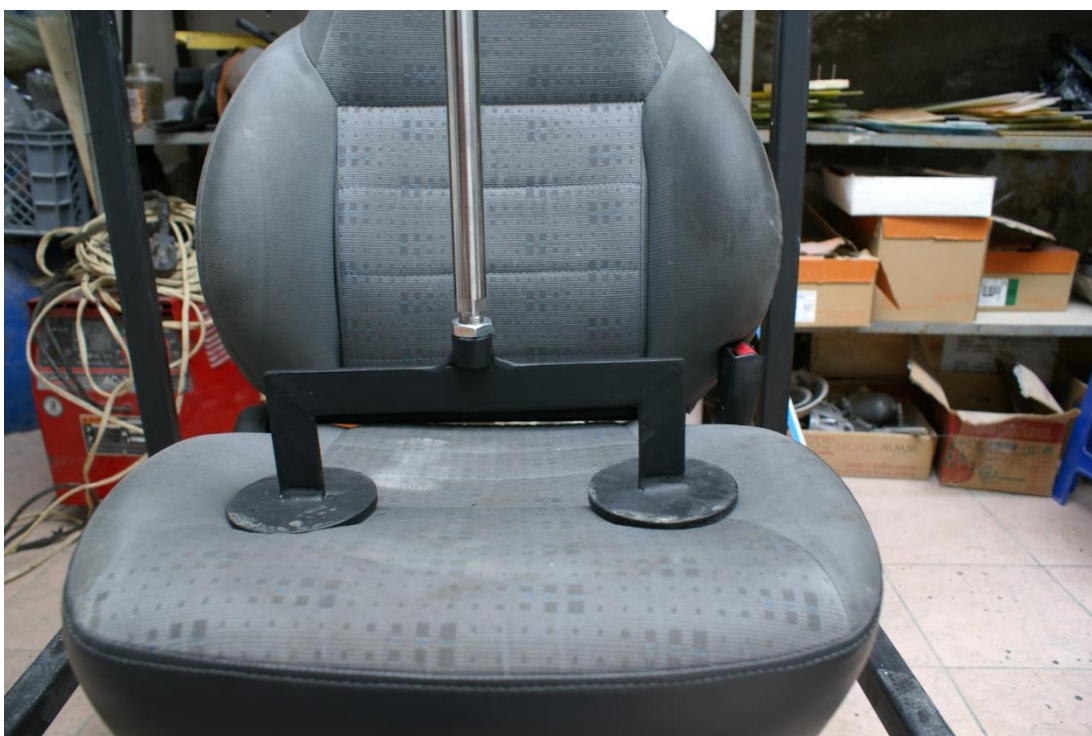


**Figura 65.** Prueba en apoyacabezas (Volkswagen Gol)



**Figura 66.** Prueba en articulación (Volkswagen Gol)

**Anexo 28.** Pruebas de componentes de asiento Chevrolet Vitara



**Figura 67.** Prueba en asiento (Chevrolet Vitara)



**Figura 68.** Prueba en espaldar (Chevrolet Vitara)



**Figura 69.** Prueba en apoyacabezas (Chevrolet Vitara)



**Figura 70.** Prueba en articulación (Chevrolet Vitara)



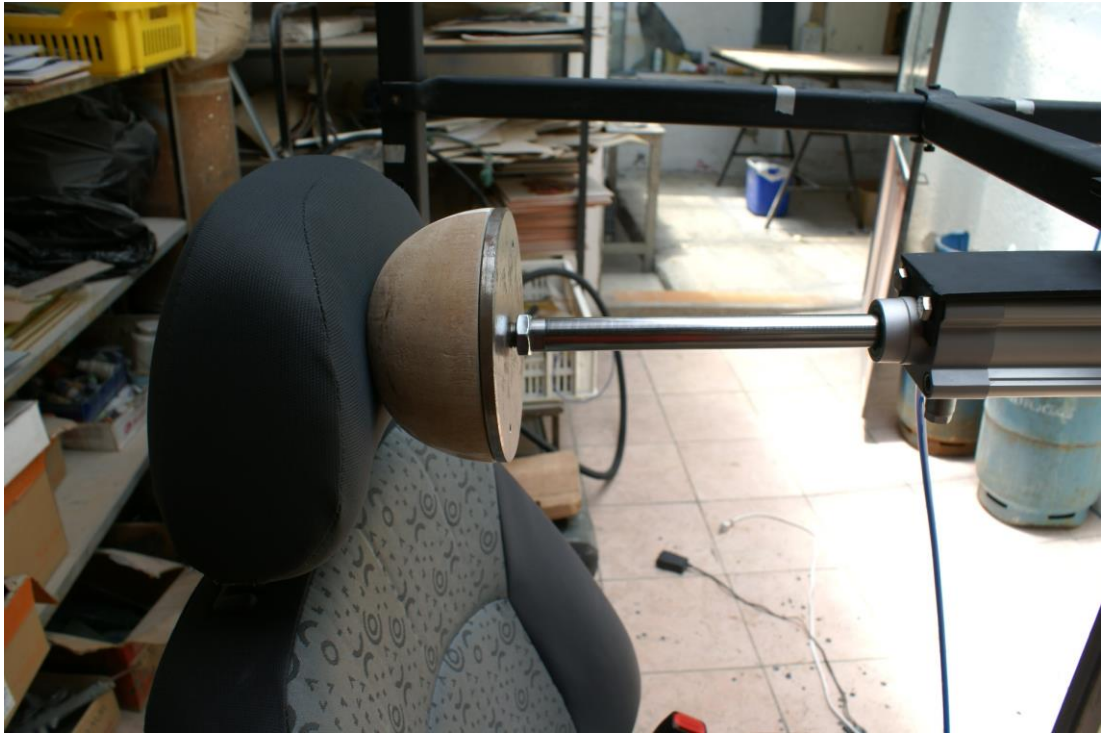
**Anexo 29.** Pruebas de componentes de asiento Chevrolet Spark



**Figura 71.** Prueba en respaldo (Chevrolet Spark)



**Figura 72.** Prueba en respaldo (Chevrolet Spark)



**Figura 73.** Prueba en apoyacabezas (Chevrolet Spark)



**Figura 74.** Prueba en articulación (Chevrolet Spark)