



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
EXTENSIÓN LATACUNGA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN  
Y CONTROL DE MOVIMIENTO DEL SIMULADOR Y BANCO  
DE PRUEBAS PARA LLANTAS NEUMÁTICAS”

DANILO JAVIER ARMAS MONTEROS  
JULIO CÉSAR PAZMIÑO SALINAS

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Año 2012

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**  
**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Nosotros:** Danilo Javier Armas Monteros.  
Julio César Pazmiño Salinas.

**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN Y CONTROL DE MOVIMIENTO DEL SIMULADOR Y BANCO DE PRUEBAS PARA LLANTAS NEUMÁTICAS” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, diciembre del 2012.

---

Danilo Javier Armas Monteros

C.I. 1721035861

---

Julio César Pazmiño Salinas

C.I. 1804357620

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICADO**

Ing. Oscar Arteaga (DIRECTOR)

Ing. Stalin Mena (CODIRECTOR)

**CERTIFICAN:**

Que el trabajo titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN Y CONTROL DE MOVIMIENTO DEL SIMULADOR Y BANCO DE PRUEBAS PARA LLANTAS NEUMÁTICAS”, realizado por el señor Danilo Javier Armas Monteros y el señor Julio César Pazmiño Salinas, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la publicación de conocimientos y al desarrollo profesional. Si recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizan al señor Danilo Javier Armas Monteros y el señor Julio César Pazmiño Salinas que lo entreguen al Ing. Juan Castro, en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, diciembre del 2012.

---

Ing. Oscar Arteaga  
DIRECTOR

---

Ing. Stalin Mena  
CODIRECTOR

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

**Nosotros:** Danilo Javier Armas Monteros.  
Julio César Pazmiño Salinas.

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN Y CONTROL DE MOVIMIENTO DEL SIMULADOR Y BANCO DE PRUEBAS PARA LLANTAS NEUMÁTICAS”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, diciembre del 2012.

---

Danilo Javier Armas Monteros  
C.I. 1721035861

---

Julio César Pazmiño Salinas  
C.I. 1804357620

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo y cada meta cumplida en mi vida se lo dedico a mi familia José Javier, Gladys y Evelyn a quienes les debo todo lo que soy y por quienes seguiré creciendo y luchando por un futuro mejor.

**DANILO JAVIER**

## **AGRADECIMIENTO**

La meta conseguida a través de 5 años de estudios lejos de tu familia y ciudad de origen tomando la decisión de luchar por un sueño sin importar las dificultades que se presenten hubiese sido imposible lograrlo sin el apoyo de mis seres queridos.

Agradezco a Dios por todo lo bueno y lo malo; lo bueno por rodearme de personas que siempre estuvieron pendientes de mi bienestar apoyándome permanentemente a pesar de la distancia y lo malo porque de ello siempre se aprende en las dificultades y errores se forma tu carácter y te hace más fuerte para enfrentar los nuevos retos que se presentan en la vida.

A mis padres por todo su sacrificio y entrega para hacer de mí una buena persona y buen profesional culminando mi carrera universitaria.

A mi hermana quien es la principal motivación de ser el mejor ejemplo y demostración que con esfuerzo y dedicación se puede conseguir todos tus sueños y metas.

A mis profesores, amigos y compañeros que hicieron que el tiempo transcurrido en Latacunga realmente valiera la pena y permanezcan los buenos recuerdos guardados en mi memoria.

**DANILO JAVIER**

## **DEDICATORIA**

A mis padres César y María por todo su amor, entrega y comprensión, por darme una buena educación dentro y fuera de casa y por sus sabios consejos que me ayudan a superarme en lo personal y en lo profesional.

**JULIO CÉSAR**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la fuerza, la salud y la sabiduría para culminar mi carrera universitaria.

A mis padres por verme brindado todo su apoyo y por estar pendiente de mí en todo momento.

A mi esposa e hija que son la razón principal para mi superación profesional.

A mis hermanas por su cariño y apoyo contante.

A familiares y amigos que directa o indirectamente aportaron para mi formación académica.

**JULIO CÉSAR**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	ii
CERTIFICADO .....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTOS .....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	ix
LISTADOS DE FIGURAS Y TABLAS .....	xiv
RESUMEN.....	xix
SUMARRY .....	xx
PRESENTACIÓN.....	xxi
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 LAS LLANTAS NEUMÁTICAS EN LOS VEHÍCULOS .....	1
1.2 TIPOS DE CONSTRUCCIÓN DE LOS NEUMÁTICOS .....	2
1.2.1 Neumáticos Convencionales .....	2
1.2.2 Neumáticos Radiales .....	2
1.3 DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE NEUMÁTICOS .....	3
1.3.1 Relación de figura .....	4
1.4 ENEMIGOS DEL NEUMÁTICO .....	7
1.4.1 Físicos .....	8
1.4.2 Humanos .....	8

1.4.3	Medioambientales .....	9
1.4.4	Baja Presión o Presión Excesiva.....	9
1.5	TESTIGO DE DESGASTE. ....	10
1.6	TIPOS DE MOTORES .....	13
1.6.1	Motores de combustión interna (gasolina).....	13
1.6.2	Motores Trifásicos .....	18
1.6.3	Ventajas del motor trifásico frente al motor de combustión interna... 21	
1.7	SISTEMAS DE GENERACIÓN DE CARGA.....	22
1.7.1	Gata hidráulica de botella .....	22
1.7.2	Gata mecánica de tijeras .....	23
1.7.3	Gatas de Cremallera.....	24
1.7.4	Gatos de Tornillo .....	25
1.7.5	Ventajas y desventajas de los gatos hidráulicos vs. Mecánicos. ....	26
1.8	TIPOS DE MATERIALES PARA CARRETERAS .....	27
1.8.1	Asfalto.....	27
1.8.2	Concreto.....	29
1.8.3	Ventajas y desventajas .....	31
1.9	CHASIS .....	32
1.9.1	CARACTERÍSTICAS DE LOS CHASIS:.....	32
1.9.2	Construcción del chasis o bastidor.....	32
<b>CAPÍTULO 2.....</b>		<b>34</b>
<b>DISEÑO CONCEPTUAL DEL SIMULADOR DEL BANCO DE PRUEBAS..</b>		<b>34</b>
2.1	GENERACIÓN DE IDEAS.....	34
2.1.1	Marco Estructural .....	35

2.1.2	Anillo de Rodamientos .....	36
2.1.3	Pista de rodadura.....	40
2.1.4	Estructura Base de la Llanta Neumática .....	42
2.1.5	Motor y caja de cambios .....	42
2.1.6	Neumático motriz .....	43
2.1.7	Sistema de generación de carga .....	43
<b>CAPÍTULO 3.....</b>		<b>45</b>
<b>DISEÑO .....</b>		<b>45</b>
3.1	INTRODUCCIÓN .....	45
3.2	PARÁMETROS DE DISEÑO .....	45
3.3	CÁLCULOS PARA EL DISEÑO .....	46
3.3.1	Cálculo de la velocidad angular del neumático motriz.....	49
3.3.2	Cálculo de la fuerza de fricción de la pista de rodadura y del neumático motriz.....	50
3.3.3	Cálculo del trabajo generado por la pista de rodadura y del neumático motriz.....	52
3.3.4	Cálculo de la potencia generada por la pista de rodadura y del neumático motriz.....	53
3.3.5	Cálculo de la potencia total requerida para mover el neumático.....	54
3.4	SELECCIÓN DEL MOTOR .....	55
3.5	SELECCIÓN DE MATERIALES .....	56
3.6	MODELADO Y ENSAMBLAJE DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS DEL BANCO DE PRUEBAS.....	58
3.7	DISEÑO DEL SIMULADOR Y BANCO DE PRUEBAS PARA LLANTAS NEUMÁTICAS CON CARGAS Y VELOCIDAD MÁXIMA .....	64

3.7.1	Estructura del chasis .....	64
3.7.2	Platinas con rodamientos .....	68
3.7.3	Anillo de rodamientos.....	72
3.7.4	Pista de rodadura.....	76
3.7.5	Chumacera .....	80
3.7.6	Eje motriz.....	84
3.8	DISEÑO DEL SIMULADOR Y BANCO DE PRUEBAS PARA LLANTAS NEUMÁTICAS CON CARGAS Y CON EL NEUMÁTICO FRENADO.....	88
3.8.1	Cálculos para determinar la fuerza de frenado .....	88
3.8.2	Diseño de la estructura.....	90
3.9	SELECCIÓN DE RODAMIENTOS .....	94
3.9.1	Selección de rodamientos para el movimiento de la pista de rodadura .....	94
3.9.2	Selección de rodamientos para la chumacera del eje motriz .....	98
<b>CAPÍTULO 4.....</b>		<b>103</b>
<b>CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SIMULADOR Y BANCO DE PRUEBAS PARA LLANTAS NEUMÁTICAS.....</b>		<b>103</b>
4.1	<b>CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA BASE.....</b>	<b>103</b>
4.1.1	Objetivo.....	103
4.1.2	Herramientas a utilizarse. ....	103
4.1.3	Construcción de la estructura del chasis.....	104
4.1.4	Construcción marco estructural para la sujeción de la estructura base de la llanta neumática.....	105
4.2	<b>MONTAJE DE LA PISTA DE RODADURA .....</b>	<b>106</b>

4.2.1	Objetivo .....	106
4.2.2	Herramientas a utilizarse. ....	106
4.2.3	Ensamblaje del anillo de rodamientos.....	106
4.2.4	El anillo fijo. ....	107
4.2.4.1	Platinas con rodamientos .....	107
4.2.4.2	Eje central .....	109
4.2.5	Pista de rodadura.....	109
4.3	SISTEMA DE SUSPENSIÓN Y CARGA. ....	111
4.4	TABLERO DE CONTROL.....	112
4.5	PRUEBAS Y RESULTADOS .....	114
4.6	COSTO.....	115
<b>CAPÍTULO 5.....</b>		<b>116</b>
MANUAL DE OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.....		116
5.1	OBJETIVO.....	116
5.2	Procedimiento para operar el banco de pruebas.....	116
<b>CAPÍTULO 6.....</b>		<b>123</b>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		123
6.1	CONCLUSIONES .....	123
6.2	RECOMENDACIONES .....	124
BIBLIOGRAFÍA.....		125
ANEXOS		
ANEXO A MANUAL DEL VELOCÍMETRO		
ANEXO B PLANOS DEL SIMULADOR PARA LLANTAS NEUMÁTICAS		
ANEXO C ARTICULO REVISTA		

## LISTADOS DE FIGURAS Y TABLAS

### FIGURAS

Figura 1. 1 Llanta neumática.....	1
Figura 1. 2 Neumático Convencional .....	2
Figura 1. 3 Neumático radial.....	3
Figura 1. 4 Descripción e identificación de neumáticos .....	3
Figura 1. 5 Anchura del neumático .....	5
Figura 1. 6 Altura del neumático.....	5
Figura 1. 7 Diámetro del neumático.....	6
Figura 1. 8 Índice de carga aplicada a los neumáticos .....	6
Figura 1. 9 Índice de velocidad aplicada los neumáticos.....	7
Figura 1. 10 Enemigos del neumático.....	7
Figura 1. 11 Enemigos físicos del neumático .....	8
Figura 1. 12 Enemigos Humanos del neumático .....	8
Figura 1. 13 Tipos de presiones de inflado .....	10
Figura 1. 14 Testigos de desgaste en el neumático .....	11
Figura 1. 15 Desgaste mecánico en el neumático .....	11
Figura 1. 16 Desgaste asimétrico en el neumático.....	12
Figura 1. 17 Desgaste asimétrico en el centro.....	12
Figura 1. 18 Desgaste en los extremos.....	13
Figura 1. 19 Tiempos de un motor de combustión interna .....	15
Figura 1. 20 Curvas características del motor .....	16
Figura 1. 21 Motor Trifásico.....	21
Figura 1. 22 Gata hidráulica de botella .....	23
Figura 1. 23 Gata mecánica de tijeras .....	24
Figura 1. 24 Gatas mecánicas de cremallera.....	25
Figura 1. 25 Gata mecánica de tornillo .....	26
Figura 1. 26 Concreto y asfalto .....	32
Figura 1. 27 Chasis.....	33

Figura 2.1 Carrusel.....	34
Figura 2.2 Estructura base.....	35
Figura 2.3 Anillo de rodamientos .....	36
Figura 2.4 Anillo de fundición maleable.....	37
Figura 2.5 Platinas con rodamientos .....	38
Figura 2.6 Platina estabilizadora superior.....	38
Figura 2.7 Platina estabilizadora inferior .....	39
Figura 2.8 Eje central .....	39
Figura 2.9 Pista de rodadura .....	40
Figura 2.10 Pista de cemento .....	41
Figura 2.11 Anillo de caucho .....	41
Figura 2.12 Estructura base de la llanta neumática.....	42
Figura 2.13 motor y caja de cambios .....	42
Figura 2.14 Neumático motriz .....	43
Figura 2.15 Gata hidráulica de botella .....	43
Figura 3.1 Fuerza y radio .....	47
Figura 3. 2 Diámetros del banco .....	49
Figura 3. 3 Fuerza de fricción de la pista .....	51
Figura 3. 4 Fuerza de fricción del neumático motriz .....	51
Figura 3. 5 Trabajo de la pista.....	52
Figura 3. 6 Trabajo generado en el neumático motriz .....	53
Figura 3. 7 Motor Mazda 1500 cc.....	56
Figura 3. 8 Colocación del motor en el chasis .....	56
Figura 3. 9 Modelo y ensamblaje de la estructura base .....	59
Figura 3. 10 Modelo y ensamblaje del anillo de rodamientos .....	59
Figura 3. 11 Modelado y ensamblaje del neumático motriz .....	60
Figura 3. 12 Modelado y ensamblaje de las platinas con rodamientos.....	60
Figura 3. 13 Modelado y ensamblaje de la chumacera .....	61
Figura 3. 14 Modelado motor y caja .....	61
Figura 3. 15 Modelado y ensamblaje de la estructura base de la llanta neumática .....	62

Figura 3. 16 Modelado y ensamblaje de la pista de rodadura.....	62
Figura 3. 17 Modelado y ensamblaje del simulador y banco de pruebas para llantas neumáticas .....	63
Figura 3. 18 Sujeción y carga del chasis .....	65
Figura 3. 19 Tensión de Von Mises en la estructura del chasis .....	65
Figura 3. 20 Desplazamientos resultantes en la estructura del chasis.....	66
Figura 3. 21 Factor de seguridad en la estructura del chasis.....	67
Figura 3. 22 Sujeción y carga a las platinas con rodamientos .....	68
Figura 3. 23 Tensión de Von Mises en las platinas con rodamiento .....	69
Figura 3. 24 Desplazamientos resultantes en las platinas con rodamientos.....	70
Figura 3. 25 Factor de seguridad de las platinas de rodamientos.....	71
Figura 3. 26 Sujeción y cargas al anillo de rodamientos.....	72
Figura 3. 27 Tención de Von Mises del anillo de rodamientos .....	73
Figura 3. 28 Desplazamientos resultantes del anillo de rodamientos .....	74
Figura3. 29 Factor de seguridad del anillo de rodamientos .....	75
Figura 3. 30 Sujeción y carga a la pista de rodadura .....	76
Figura 3. 31 Tención de Von Mises de la pista de rodadura.....	77
Figura 3. 32 Desplazamientos resultantes de la pista de rodadura.....	78
Figura 3. 33 Factor de seguridad de la pista de rodadura.....	79
Figura 3. 34 Sujeción y carga a la chumacera.....	80
Figura 3. 35 Tención de von Mises de la chumacera.....	81
Figura 3. 36 Esfuerzos resultantes de la chumacera .....	82
Figura 3. 37 Factor de seguridad de la chumacera.....	83
Figura 3. 38 Sujeción y carga al eje motriz.....	84
Figura 3. 39 Tención de Von Mises del eje motriz .....	85
Figura 3. 40 Desplazamientos resultantes del eje motriz.....	86
Figura 3. 41 Factor de seguridad del eje motriz.....	87
Figura 3. 42 Sujeción y cargas al chasis .....	90
Figura 3. 43 Tensión de Von Mises de la estructura del chasis .....	91
Figura 3. 44 Desplazamientos resultantes de la estructura del chasis.....	92
Figura 3. 45 Factor de seguridad de la estructura del chasis.....	93

Figura 4. 1 Largueros de la estructura del chasis .....	104
Figura 4. 2 Construcción de la estructura del chasis .....	105
Figura 4. 3 Marco estructural de sujeción de la estructura base e la llanta neumática .....	105
Figura 4. 4 Anillo de fundición maleable.....	107
Figura 4. 5 Platina con rodamientos.....	108
Figura 4. 6 Ubicación de los rodamientos en el anillo.....	108
Figura 4. 7 Eje central con templadores.....	109
Figura 4. 8 Plancha de acero para la pista de rodadura.....	110
Figura 4. 9 Fundición de cemento en la pista.....	110
Figura 4. 10 Colocación del caucho en la pista.....	111
Figura 4. 11 Suspensión y carga .....	111
Figura 4. 12 Gata hidráulica.....	112
Figura 4. 13 Manómetro.....	113
Figura 4. 14 Velocímetro .....	114
Figura 5. 1 Riel del anillo.....	116
Figura 5. 2 Switch de encendido y palanca en neutro.....	117
Figura 5. 3 Acelerador.....	117
Figura 5. 4 Accionamiento del embrague .....	118
Figura 5. 5 Accionamiento de la dirección .....	118
Figura 5. 6 Gata hidráulica de botella .....	119
Figura 5. 7 Tablero de control.....	119
Figura 5. 8 Accionamiento del freno.....	120
Figura 5. 9 Protección del tubo de escape.....	121
Figura 5. 10 Protección de la pista .....	121
Figura 5. 11 Simulador y banco de pruebas para llantas neumáticas.....	122

## TABLAS

Tabla 1.1 Tecnología para neumáticos.....	4
Tabla 3. 1 Coeficientes de fricción .....	48
Tabla 3. 2 Datos técnicos del motor Mazda 323 .....	55
Tabla 3. 3 Propiedades mecánicas del acero ASTM A36.....	57
Tabla 3. 4 Propiedades mecánicas de la fundición maleable .....	57
Tabla 3. 5 Propiedades mecánicas del acero AISI 1020.....	58
Tabla 3. 6 Comparación de los tipos de rodamientos .....	94
Tabla 3. 7 Duración recomendada para rodamientos.....	96
Tabla 3.8 Datos para seleccionar rodamientos de una hilera de bolas y ranura profunda tipo Conrad .....	98
Tabla 3. 9 Comparación de los tipos de rodamientos .....	99
Tabla 3. 10 Duración recomendada para rodamientos.....	100
Tabla 3. 11 Datos para seleccionar rodamientos de una hilera de bolas y ranura profunda tipo Conrad .....	102
Tabla 4. 1 Relación marcha velocidad .....	114
Tabla 4. 2 Costo .....	115

## **RESUMEN**

En el sector automotriz uno de los factores importantes y eje principal son los neumáticos ya que de ellos depende que el vehículo se puedan desplazar a través de su superficie en contacto con los diferentes tipos de caminos.

En el presente trabajo se desarrolla la propuesta de un simulador de banco de pruebas para llantas neumáticas. Dicha simulación consiste en impulsar un neumático basándose en el mecanismo y funcionamiento de un carrusel; consta de un motor de combustión interna el cual será el encargado de impulsar la pista de rodadura donde entrará en contacto el neumático mediante una superficie de cemento simulando así el desplazamiento en condiciones reales.

En el simulador se pueden observar partes de un automóvil que a simple vista no se las puede apreciar en un vehículo.

En lo que respecta a la generación de movimiento para realizar la simulación los componentes del banco de pruebas se toma en cuenta los esfuerzos de tensión y desplazamientos a los que están sometidos todos los componente del banco de pruebas para que en función de ellos se pueda calcular el factor de seguridad y la potencia requerida en el motor.

Se elaboro un manual de funcionamiento para el simulador de llantas neumáticas, con la finalidad de evitar errores al momento de manipular el simulador, evitando de esta manera daños o peor aun accidentes.

## **SUMARRY**

In the automotive sector one of the important factors are the main axle and tires since they depend from the vehicle can move through its contact surface on different types of roads.

This paper develops a proposed test simulator for tires. This simulation is based on a tire drive mechanism and the operation of a carousel, consisting of a internal combustion engine which will be responsible for promoting the raceway where the tire come into contact with a surface simulating the displacement cement in real conditions.

In the simulator you can see parts of a car that the naked eye can not see in a car.

With respect to the generation of motion for the components of the simulation test takes into account the tensile stresses and displacements that are subject to every component of the test bench so that they function to calculate the safety factor and the power required by the motor.

A manual of operation for tires simulator, in order to avoid errors when handling the simulator, thus avoiding damage or worse accidents.

## **PRESENTACIÓN**

El proyecto, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN Y CONTROL DE MOVIMIENTO DEL SIMULADOR Y BANCO DE PRUEBAS PARA LLANTAS NEUMÁTICAS.” relaciona diversos conocimientos adquiridos durante el transcurso de nuestra formación académica. Este protocolo de información fue inspirado principalmente por la necesidad de contar con material de fácil entendimiento, tratando de que el técnico automotriz obtenga un conocimiento claro en operación de estos sistemas para poder manipularlos y dar solución a inconvenientes que se presenten.

El capítulo 1 Marco teórico.

El capítulo 2 Diseño conceptual del simulador del banco de pruebas.

El capítulo 3 Diseño.

El capítulo 4 Construcción y montaje del simulador y banco de pruebas para llantas neumáticas.

El capítulo 5 Manual de operación del banco de pruebas.

El capítulo 6 Conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 LAS LLANTAS NEUMÁTICAS EN LOS VEHÍCULOS

Según su función las ruedas de nuestro vehículo se clasifican en motrices que son aquellas que reciben el impulso del motor y originan el desplazamiento del vehículo o directrices que son aquellas que gracias a la dirección del vehículo permite desplazarlo en una trayectoria a voluntad.

Las ruedas están compuestas por la llanta y el neumático. La llanta es la parte metálica de la rueda sobre la que se monta el neumáticos ambos deben ser compatibles en sus dimensiones.

Las llantas no deben presentar señales de corrosión u oxido, ni deformaciones fisuras y abolladuras.

El neumático es la parte elástica de la rueda y el contacto del automóvil con el suelo. Soporta la masa del vehículo, están llenas de aire, proporcionan la adherencia necesaria para asegurar la buena función de la transmisión del vehículo y el frenado y absorbe los efectos de las irregularidades del terreno.

Es una pieza fundamental en la estabilidad del vehículo y una de las que mas influyen en la seguridad del automóvil.<sup>1</sup>



Figura 1. 1 Llanta neumática

Fuente: [http://www.bricopage.com/como\\_se\\_hace/automovil/ruedas.htm](http://www.bricopage.com/como_se_hace/automovil/ruedas.htm)

---

<sup>1</sup> [http://www.bricopage.com/como\\_se\\_hace/automovil/ruedas.htm](http://www.bricopage.com/como_se_hace/automovil/ruedas.htm)

## 1.2 TIPOS DE CONSTRUCCIÓN DE LOS NEUMÁTICOS

### 1.2.1 Neumáticos Convencionales

Este tipo de neumático se caracteriza por tener una construcción diagonal que consiste en colocar las capas de manera tal, que las cuerdas de cada capa queden inclinadas con respecto a línea del centro orientadas de ceja a ceja.

Este tipo de estructura brinda al neumático dureza y estabilidad que le permiten soportar la carga del vehículo.

La desventaja de este diseño es que proporciona al neumático una dureza que no le permite ajustarse adecuadamente a la superficie de rodamiento ocasionando un menor agarre, menor estabilidad en curvas y mayor consumo de combustible.



Figura 1. 2 Neumático Convencional

Fuente: [http:// www.fivit.cat/archivos\\_fivi/manual\\_llantas.pdf](http://www.fivit.cat/archivos_fivi/manual_llantas.pdf)

### 1.2.2 Neumáticos Radiales

En la construcción radial, las cuerdas de las capas del cuerpo van de ceja a ceja formando semiovalos. Son ellas las que ejercen la función de soportar la carga.

Sobre las capas del cuerpo, en el área de la banda de rodamiento, son montadas las capas estabilizadoras. Sus cuerdas corren en sentido diagonal y son ellas las que soportan la carga y mantiene la estabilidad del neumático.

Este tipo de construcción permite que el neumático sea más suave que el convencional lo que le permite tener mayor confort, manejabilidad, adherencia a

la superficie de rodamiento, tracción, agarre, y lo más importante contribuye a la reducción del consumo de combustible.<sup>2</sup>



Figura 1. 3 Neumático radial

Fuente: [http://www.fivit.cat/archivos\\_fivi/manual\\_llantas.pdf](http://www.fivit.cat/archivos_fivi/manual_llantas.pdf)

### 1.3 DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE NEUMÁTICOS

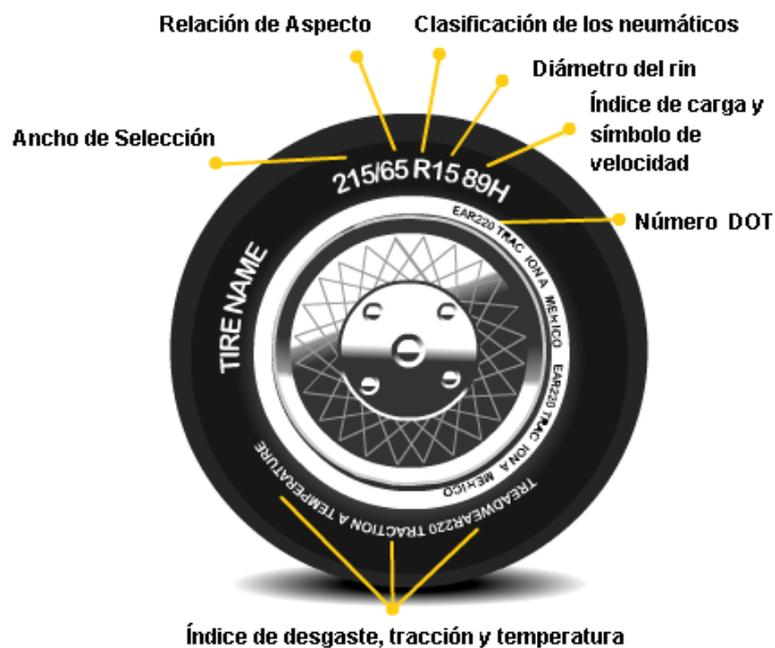


Figura 1. 4 Descripción e identificación de neumáticos

Fuente: [http://html.rincondelvago.com/neumaticos\\_1.html](http://html.rincondelvago.com/neumaticos_1.html)

<sup>2</sup> [http://www.fivit.cat/archivos\\_fivi/manual\\_llantas.pdf](http://www.fivit.cat/archivos_fivi/manual_llantas.pdf)

## Tecnología para neumáticos

Tabla 1.1 Tecnología para neumáticos

Fuente: <http://www.hankooktire-eu.com/es/tecnologia/dimensiones.html>

Terminología	Definición
Gran anchura	La distancia en línea recta entre los flancos incluyendo el rótulo y la línea de protección en el lateral del neumático cuando éste se encuentra encajado en una llanta, tiene la presión de aire adecuada y no tiene carga.
Anchura del neumático	La anchura sin la línea de protección en el lateral y el rótulo.
Anchura de la banda de rodamiento	La distancia a lo largo de la superficie de la banda de rodamiento sin carga.
Diámetro general	El diámetro de un neumático inflado sin ninguna carga.
Altura de sección	El diámetro del neumático menos el diámetro de la llanta dividido entre 2
Diámetro de la llanta	La distancia en línea recta desde la base de la llanta en contacto con la pestaña de la llanta (casi igual que el diámetro interior de un neumático)
Anchura de la llanta	La distancia entre los dos bordes opuestos interiores de las pestañas de la llanta
Altura de la pestaña de la llanta	Diámetro de la pestaña de la llanta menos el diámetro de la llanta dividido entre 2
Radio cargado estático	La distancia más corta entre el centro del eje y la superficie de la carretera; medido con el neumático inflado a la presión requerida y llevando una carga de régimen del 100%.
Espaciamiento de neumáticos gemelos	La distancia entre las líneas centrales de los neumáticos gemelos
Diámetro general	El diámetro de un neumático inflado sin carga alguna.

### 1.3.1 Relación de figura

El concepto de una serie de neumáticos es el mismo que el de la relación de figura. La relación de figura de un neumático es el porcentaje que resulta de la altura de sección dividido entre la anchura de sección multiplicada por 100. Cuanto más baja es la cifra, mayor es el ancho de sección de un neumático.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> <http://www.hankooktire-eu.com/es/tecnologia/dimensiones.html>

- Anchura



Figura 1. 5 Anchura del neumático

Fuente: [http://www.neumaticos24h.com/como\\_leer\\_un\\_neumatico/inicio.html](http://www.neumaticos24h.com/como_leer_un_neumatico/inicio.html)

- Altura



Figura 1. 6 Altura del neumático

Fuente: [http://www.neumaticos24h.com/como\\_leer\\_un\\_neumatico/inicio.html](http://www.neumaticos24h.com/como_leer_un_neumatico/inicio.html)

- Diámetro

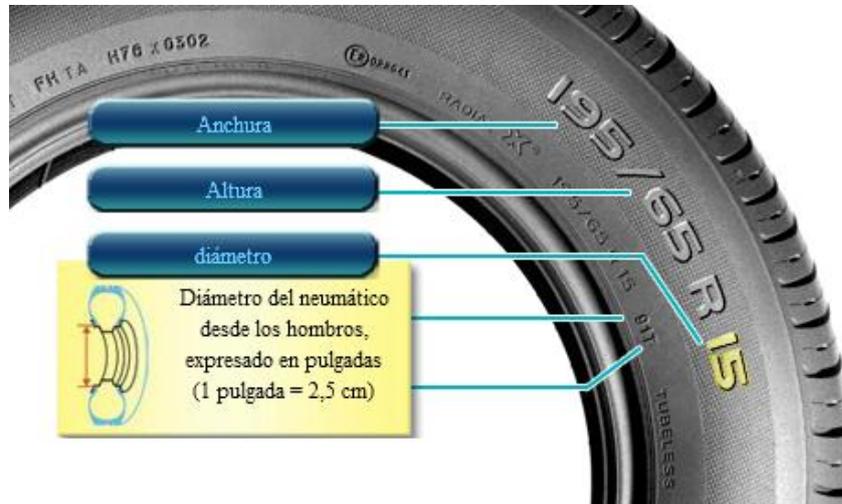


Figura 1. 7 Diámetro del neumático

Fuente: [http://www.neumaticos24h.com/como\\_leer\\_un\\_neumatico/inicio.html](http://www.neumaticos24h.com/como_leer_un_neumatico/inicio.html)

- Índice de Carga.



Figura 1. 8 Índice de carga aplicada a los neumáticos

Fuente: [http://www.neumaticos24h.com/como\\_leer\\_un\\_neumatico/inicio.html](http://www.neumaticos24h.com/como_leer_un_neumatico/inicio.html)

- Índice de Velocidad.



Figura 1. 9 Índice de velocidad aplicada los neumáticos

Fuente: [http://www.neumaticos24h.com/como\\_leer\\_un\\_neumatico/inicio.html](http://www.neumaticos24h.com/como_leer_un_neumatico/inicio.html)

## 1.4 ENEMIGOS DEL NEUMÁTICO

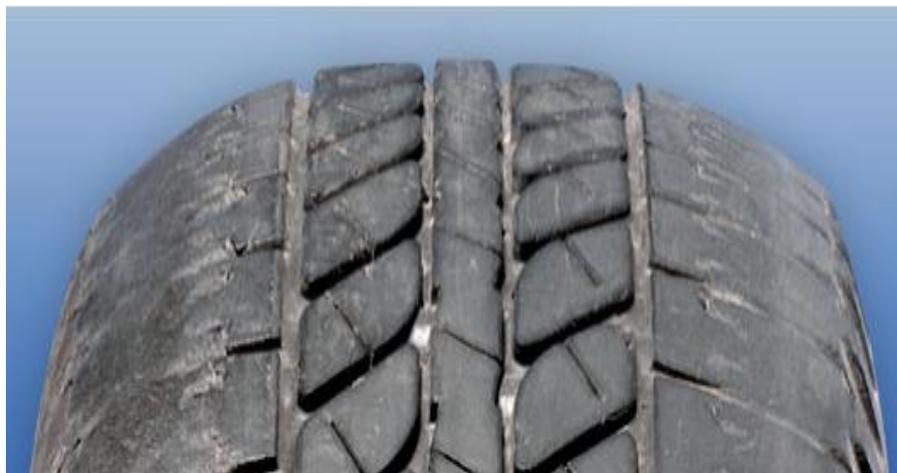


Figura 1. 10 Enemigos del neumático

Fuente: <http://www.michelin.es/neumaticos/consejos/guia-de-mantenimiento/enemigos-del-neumatico>

Hay tres enemigos principales del neumático: físicos, medioambientales y humanos. Entre los más comunes están: la presión de inflado, los daños por obstáculos en la carretera, la profundidad del dibujo, las condiciones climatológicas, la falta de mantenimiento, la carga, la velocidad, etc. Con tantos

enemigos es casi imposible predecir la duración de un neumático. Los neumáticos se han diseñado para recorrer miles de kilómetros y dar el mejor servicio. Si no se mantienen adecuadamente se verán sometidos a un mayor desgaste y posibles daños, disminuyendo la seguridad.

#### 1.4.1 Físicos

- El desgaste y los daños (pinchazos, cortes, impactos, grietas/fisuras de la goma de la escultura y los flancos, bultos y protuberancias, etc.).
- Los golpes con baches, bordillos, badenes, etc.



Figura 1. 11 Enemigos físicos del neumático

Fuente: <http://www.michelin.es/neumaticos/consejos/guia-de-mantenimiento/enemigos-del-neumatico>

#### 1.4.2 Humanos



Figura 1. 12 Enemigos Humanos del neumático

Fuente: <http://www.michelin.es/neumaticos/consejos/guia-de-mantenimiento/enemigos-del-neumatico>

- No comprobar habitualmente el desgaste y los daños del neumático.
- No mantener la presión de inflado correcta.
- No comprobar la profundidad del dibujo regularmente.
- Utilizar un neumático de emergencia circulando a más de 80 km/h.
- Mezclar distintos tipos de neumáticos.
- No llevar los neumáticos dañados a un profesional
- Estilo de conducción.
- No cambiar la válvula del neumático cuando se cambian.
- Utilizar neumáticos con llantas dañadas, deformadas o modificadas.
- Utilizar llantas y ruedas de distintas dimensiones.
- No equilibrar los neumáticos después de su montaje.
- Almacenamiento y rotación inadecuados de los neumáticos

### **1.4.3 Medioambientales**

- Temperaturas extremas.
- Aceite y grasa<sup>4</sup>

### **1.4.4 Baja Presión o Presión Excesiva**

Los neumáticos con baja presión o con una presión excesiva pueden influir negativamente en la duración, el confort de conducción, la adherencia y la frenada. La falta de presión genera una flexión excesiva de la cubierta, lo que provoca un sobrecalentamiento, una mayor resistencia a la rodadura y un desgaste prematuro. En casos extremos, la falta de presión puede provocar daños en los neumáticos. Asimismo, el exceso de inflado puede reducir la vida útil del neumático, reducir el agarre y producir un desgaste irregular.

---

<sup>4</sup> <http://www.michelin.es/neumaticos/consejos/guia-de-mantenimiento/enemigos-del-neumatico>

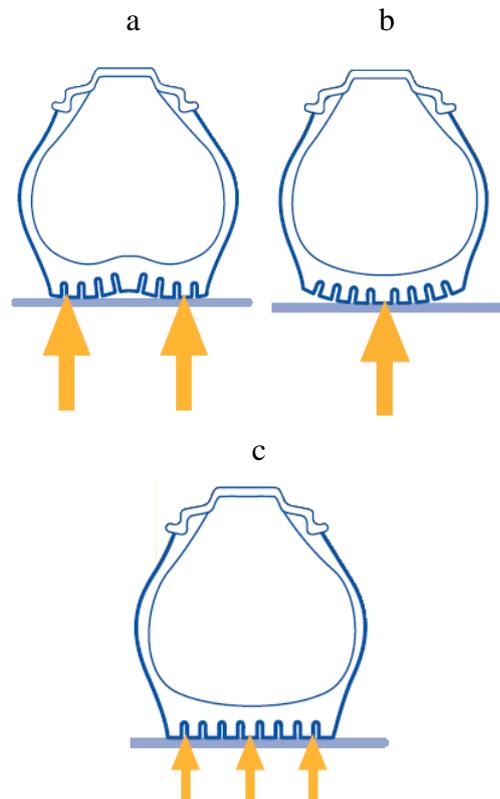


Figura 1. 13 Tipos de presiones de inflado. a) con poca presión b) con exceso de presión c) presión correcta

Fuente: <http://www.michelin.es/neumaticos/consejos/guia-de-mantenimiento/enemigos-del-neumatico>

## 1.5 TESTIGO DE DESGASTE.

Para medir el nivel de desgaste de sus neumáticos, cada uno de ellos está dotado de un testigo de desgaste, que le permite evaluar el nivel de desgaste legal de sus neumáticos.

- **Desgaste Legal**

Los testigos de desgaste son pequeñas protuberancias en el fondo de los surcos o de las esculturas. Cuando la altura de goma restante llega al nivel de esta protuberancia 1,6 mm, el neumático ha alcanzado su límite legal de utilización y debe cambiarse.

A partir de este límite, se encuentra en infracción.



Figura 1. 14 Testigos de desgaste en el neumático

Fuente: <http://www.michelin.es/neumaticos/consejos/guia-de-mantenimiento/problemas-con-los-neumaticos>

- **Desgastes en faceta**

Debe cambiar sus neumáticos cuando alcancen el nivel mínimo señalado por el testigo de desgaste. Sin embargo, sus neumáticos también pueden presentar trazas de desgaste anormal.

- **Desgaste en faceta: desgaste mecánico**

Este tipo de desgaste afecta casi siempre a los neumáticos delanteros. Puede deberse a un equilibrado incorrecto de las ruedas, pero también a un mal estado de los órganos de unión y de suspensión.



Figura 1. 15 Desgaste mecánico en el neumático

Fuente: <http://www.michelin.es/neumaticos/consejos/guia-de-mantenimiento/problemas-con-los-neumaticos>

- **Desgaste asimétrico en dientes de sierra en los hombros**

El desgaste en dientes de sierra en los hombros se debe al rozamiento anormal sobre la carretera, causado por un defecto de paralelismo. Un desgaste uniforme de la banda de rodadura es importante para garantizar las prestaciones de un neumático; así pues, es necesario verificar la geometría.



Figura 1. 16 Desgaste asimétrico en el neumático

Fuente: <http://www.michelin.es/neumaticos/consejos/guia-de-mantenimiento/problemas-con-los-neumaticos>

- **Desgaste asimétrico en el centro.**

Un sobreinflado se traduce por un desgaste más importante en el centro de la banda de rodadura, lo que disminuye la duración de vida útil del neumático. Verificar la presión de los neumáticos una vez al mes. Un desgaste anormal también puede ser causado por una alineación incorrecta o un problema mecánico.



Figura 1. 17 Desgaste asimétrico en el centro

Fuente: <http://www.michelin.es/neumaticos/consejos/guia-de-mantenimiento/problemas-con-los-neumaticos>

- **Desgaste en los extremos.**

Un subinflado provoca frecuentemente un desgaste más pronunciado en los hombros del neumático. Cuando se circula con neumáticos subinflados, se reduce la duración de vida útil del neumático y también se aumenta el consumo de carburante debido a una mayor resistencia a la rodadura (los neumáticos blandos hacen trabajar más a su vehículo). Un desgaste anormal también puede deberse a un paralelismo incorrecto o a un problema mecánico.<sup>5</sup>



Figura 1. 18 Desgaste en los extremos

Fuente: <http://www.michelin.es/neumaticos/consejos/guia-de-mantenimiento/problemas-con-los-neumaticos>

## **1.6 TIPOS DE MOTORES**

### **1.6.1 Motores de combustión interna (gasolina)**

El motor de combustión interna (o motor de explosión) es un mecanismo destinado a transformar la energía calorífica en trabajo. La combustión tiene lugar en el cilindro mismo de la máquina, lo que permite un mayor rendimiento en la transformación.

El motor de explosión de cuatro tiempos es utilizado en la mayor parte de los automóviles. En su funcionamiento se suceden cuatro tiempos o fases distintas, que se repiten continuamente mientras opera el motor. A cada uno de estos

---

<sup>5</sup> <http://www.michelin.es/neumaticos/consejos/guia-de-mantenimiento/problemas-con-los-neumaticos>

tiempos le corresponde una carrera del pistón y, por tanto, media vuelta del cigüeñal.

En el primer tiempo, llamado de admisión, el pistón se encuentra en el punto muerto superior y empieza a bajar. En ese instante se abre la válvula de admisión, permaneciendo cerrada la de escape. Al ir girando el cigüeñal, el codo va ocupando distintos puntos de su recorrido giratorio, y, por medio de la biela, hace que el pistón vaya bajando y provocando una succión en el carburador a través del conducto que ha abierto la válvula de admisión, arrastrando una cantidad de aire y gasolina, que se mezclan y pulverizan en el carburador. Estos gases van llenando el espacio vacío que deja el pistón al bajar. Cuando ha llegado al punto muerto inferior, se cierra la válvula de admisión y los gases quedan encerrados en el interior del cilindro. Durante este recorrido del pistón, el cigüeñal ha girado media vuelta.

Al comenzar el segundo tiempo, llamado de compresión, el pistón se encuentra en el punto muerto inferior y las dos válvulas están cerradas. El cigüeñal sigue girando y, por tanto, la biela empuja al pistón, que sube. Los gases que hay en el interior del cilindro van ocupando un espacio cada vez más reducido a medida que el pistón se acerca al punto muerto superior. Cuando alcanza este nivel, los gases ocupan el espacio de la cámara de compresión y, por tanto, están comprimidos y calientes por efecto de la compresión. Al elevarse la temperatura, se consigue la vaporización de la gasolina y la mezcla se hace más homogénea, por lo que existe un contacto más próximo entre la gasolina y el aire. Durante esta nueva carrera del pistón, el cigüeñal ha girado otra media vuelta.

El tercer tiempo es el llamado de explosión. Cuando el pistón se encuentra en el punto muerto superior después de acabada la carrera de compresión, salta una chispa en la bujía, que inflama la mezcla de aire y gasolina ya comprimida y caliente, la cual se quema rápidamente. Esta combustión rápida recibe el nombre de explosión y provoca una expansión de los gases ya quemados, que ejercen una

fuerte presión sobre el pistón, empujándolo desde el punto muerto superior hasta el inferior. A medida que el pistón se acerca al punto muerto inferior, la presión va siendo menor, al ocupar los gases un mayor espacio. En este nuevo tiempo, el pistón ha recibido un fuerte impulso, que transmite al cigüeñal, que por inercia seguirá girando hasta recibir un nuevo impulso. Cuando el pistón llega al punto muerto inferior, se abre la válvula de escape, y permanece cerrada la de admisión.

Durante esta nueva carrera del pistón, denominada motriz por ser la única en que se desarrolla trabajo, el cigüeñal ha girado otra media vuelta.

Al comenzar el cuarto tiempo, llamado de escape, el pistón se encuentra en el punto muerto inferior, y la válvula de escape se ha abierto, por lo que los gases quemados en el interior del cilindro escapan rápidamente al exterior a través de ella, por estar sometidos a mayor presión que la atmosférica. El cigüeñal sigue girando y hace subir al pistón, que expulsa los gases quemados al exterior. Cuando llega al punto muerto superior, se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión. Durante el tiempo de escape, el pistón ha realizado una nueva carrera y el cigüeñal ha girado otra media vuelta. Acabado el tiempo de escape, el ciclo se repite.<sup>6</sup>

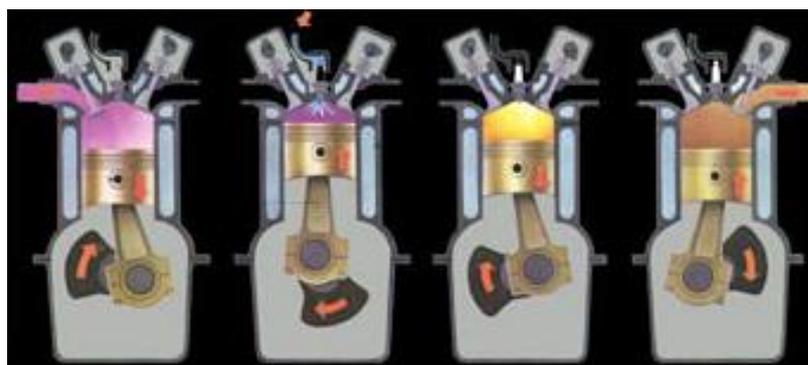


Figura 1. 19 Tiempos de un motor de combustión interna

Fuente: [http://www.portalplanetasedna.com.ar/motor\\_explosion.htm](http://www.portalplanetasedna.com.ar/motor_explosion.htm)

<sup>6</sup> [http://www.portalplanetasedna.com.ar/motor\\_explosion.htm](http://www.portalplanetasedna.com.ar/motor_explosion.htm)

- **Curvas Características del motor**

Los índices principales del motor de combustión interna no son constantes para todo su rango de trabajo.

Aunque estos índices varían un tanto dependiendo del tipo y naturaleza del motor, en reglas generales en los motores de combustión interna se comportan como se indica en el gráfico.

El eje horizontal representa el crecimiento de la velocidad de rotación, mientras que el vertical, el crecimiento de la potencia, par motor o torque y el consumo específico de combustible.

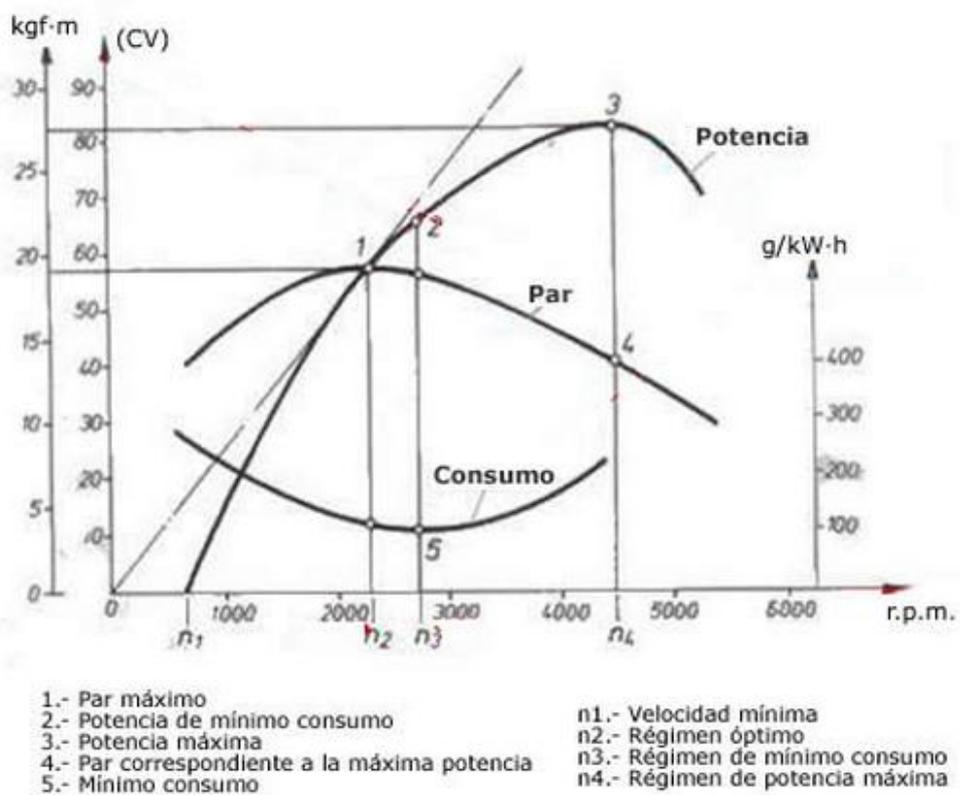


Figura 1. 20 Curvas características del motor

Fuente: [http://aficionadosalamecanica.com/cur\\_mec\\_cilindrada.htm](http://aficionadosalamecanica.com/cur_mec_cilindrada.htm)

- Potencia

La potencia en el motor de combustión interna crece todo el tiempo con el aumento de la velocidad de rotación, hasta un máximo en el valor de la velocidad nominal, a partir de la cual comienza a decrecer drásticamente.

- Par motor

Los motores de combustión interna tienen muy bajo torque a bajas y altas velocidades de rotación, según se muestra en el gráfico. Los valores altos del par motor se obtienen a las velocidades medias con un máximo en un punto que depende del tipo y naturaleza del motor, cuando un motor tiene el par máximo a bajas velocidades de rotación, se dice que es un motor elástico, ya que puede adaptarse mejor a los cambios de carga bajando la velocidad y aumentando el torque; por ejemplo: subiendo una colina.

Los motores de gasolina tienen el punto de velocidad de par máximo en un valor más bajo del rango de trabajo que los motores Diesel.

Para el motor de gasolina, el punto de par máximo será más bajo a medida que aumente la carrera del pistón. Como durante el desarrollo del motor de gasolina, cada vez la carrera se ha ido haciendo más pequeña, puede decirse que: los modernos motores tienen el par máximo en un punto más alto que los antiguos.

- Consumo específico de combustible

El consumo de combustible para producir la potencia se comporta en el motor de gasolina como se muestra en la curva, puede apreciarse que hay un punto con el consumo de combustible mínimo, y un relativo ancho rango donde se mantiene muy próximo al mínimo, cambiando drásticamente al alza, para las bajas velocidades y especialmente para las altas.

De este comportamiento se desprende, que si quiere ahorrarse gasolina, deben evitarse las altas velocidades.<sup>7</sup>

### **1.6.2 Motores Trifásicos**

Es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. Los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras realizan a menudo ambas tareas, si se los equipa con frenos regenerativos.

Son ampliamente utilizados en instalaciones industriales, comerciales y particulares. Pueden funcionar conectados a una red de suministro eléctrico o a baterías. Así, en automóviles se están empezando a utilizar en vehículos híbridos para aprovechar las ventajas de ambos.

Los motores eléctricos trifásicos, se fabrican en las mas diversas potencias, desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos de fuerza (HP), se los construye para prácticamente, todas las tensiones y frecuencias (50 y 60 Hz) normalizadas y muy a menudo, están equipados para trabajar a dos tensiones nominales distintas. Se emplean para accionar máquinas-herramienta, bombas, montacargas, ventiladores, grúas, maquinaria elevada, sopladores, etc.

- **Principio de funcionamiento**

Cuando la corriente atraviesa los arrollamientos de las tres fases del motor, en el estator se origina un campo magnético que induce corriente en las barras del rotor. Dicha corriente da origen a un flujo que al reaccionar con el flujo del campo magnético del estator, originará un par motor que pondrá en movimiento al rotor.

---

<sup>7</sup> <http://www.sabelotodo.org/automovil/curvasmotor.html>

Dicho movimiento es continuo, debido a las variaciones también continuas, de la corriente alterna trifásica.

Solo debe hacerse notar que el rotor no puede ir a la misma velocidad que la del campo magnético giratorio. Esto se debe a que a cada momento recibe impulsos del campo, pero al cesar el empuje, el rotor se retrasa. A este fenómeno se le llama deslizamiento.

Después de ese momento vendrá un nuevo empuje y un nuevo deslizamiento, y así sucesivamente. De esta manera se comprende que el rotor nunca logre alcanzar la misma velocidad del campo magnético giratorio.

Es por lo cual recibe el nombre de asíncrono o asincrónico. El deslizamiento puede ser mayor conforme aumenta la carga del motor y lógicamente, la velocidad se reduce en una proporción mayor.

Los motores de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos

hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha.<sup>8</sup>

- **Partes y funcionamiento del motor trifásico**

Independientemente del tipo de motor trifásico del que se trate, todos los motores trifásicos convierten la energía eléctrica en energía mecánica.

- a) **El estator:** está constituido por un enchapado de hierro al silicio, introducido generalmente a presión, entre una carcasa de hierro colado. El enchapado es ranurado, lo cual sirve para insertar allí las bobinas, que a su vez se construyen con alambre de cobre, de diferentes diámetros.
- b) **El rotor:** es la parte móvil del motor. Está formado por el eje, el enchapado y unas barras de cobre o aluminio unidas en los extremos con tornillos. A este tipo de rotor se le llama de jaula de ardilla o en cortocircuito porque el anillo y las barras que son de aluminio, forman en realidad una jaula.
- c) **Los escudos:** están hechos con hierro colado (la mayoría de veces). En el centro tienen cavidades donde se incrustan cojinetes de bolas sobre los cuales descansa el eje del rotor. Los escudos deben estar siempre bien ajustados con respecto al estator, porque de ello depende que el rotor gire libremente, o que tenga "arrastres" o "fricciones".<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> <http://es.scribd.com/doc/53041413/57/MOTOR-ELECTRICO>

<sup>9</sup> <http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

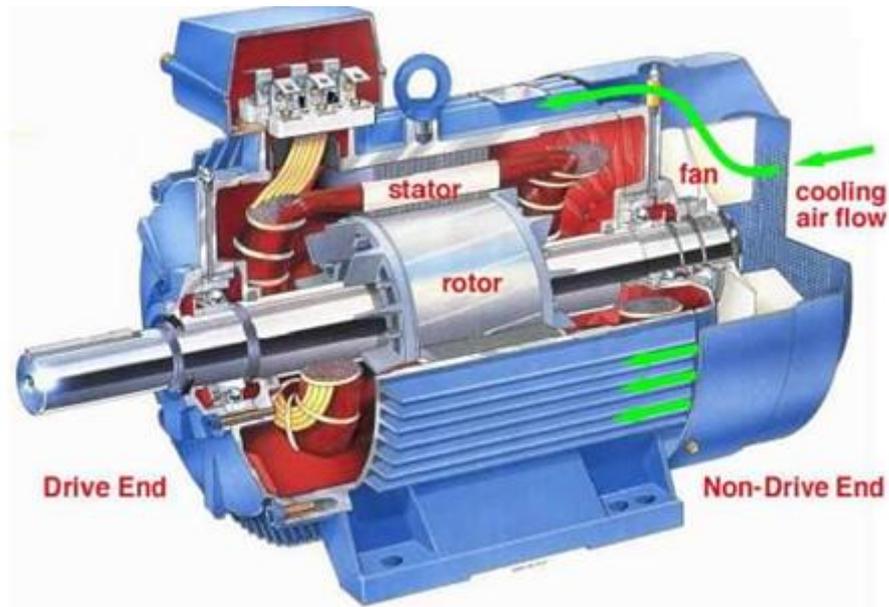


Figura 1. 21 Motor Trifásico

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/53041413/57/MOTOR-ELECTRICO>

### 1.6.3 Ventajas del motor trifásico frente al motor de combustión interna

En diversas circunstancias presenta muchas ventajas respecto a los motores de combustión:

- A igual potencia, su tamaño y peso son más reducidos.
- Se pueden construir de cualquier tamaño.
- Tiene un par de giro elevado y, según el tipo de motor, prácticamente constante.
- Su rendimiento es muy elevado (típicamente en torno al 75%, aumentando el mismo a medida que se incrementa la potencia de la máquina).
- Este tipo de motores no emite contaminantes, aunque en la generación de energía eléctrica de la mayoría de las redes de suministro si emiten contaminantes.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> [http://www.enreparaciones.com.ar/electricidad/motor\\_elect.php](http://www.enreparaciones.com.ar/electricidad/motor_elect.php)

## **1.7 SISTEMAS DE GENERACIÓN DE CARGA**

### **1.7.1 Gata hidráulica de botella**

El funcionamiento del gato hidráulico responde al principio de Pascal, que establece que la presión en un contenedor cerrado es siempre la misma en todos sus puntos.

Se le da el nombre de gato “hidráulico” por la utilización de un líquido, generalmente un aceite, para ejercer presión sobre un cilindro que empujará a otro de diferente tamaño para lograr la elevación del brazo.

Cuando el fluido, que en este caso es un aceite, es impulsado hacia un cilindro por acción de una bomba, se somete a una fuerza como la presión.

Para ejercer la presión se “inyecta” aire al aceite para desplazarlo y el cilindro de menor tamaño empujará al de mayor tamaño. Así, la presión ejercida sobre el primero será igual en el segundo, con la diferencia de que el mayor tamaño de éste logrará un incremento de la fuerza para que el brazo lleve a cabo la elevación.

Esta forma de trabajar del gato hidráulico es muy similar a la que tiene una jeringa que impulsa su contenido por acción de la presión a la que es sometido.

La presión del aceite permite que el brazo del gato hidráulico se eleve a una determinada altura, esto permitirá maniobrar debajo del aparato o cuerpo que se quiera elevar.

Los gatos hidráulicos cuentan con un seguro que impedirá la entrada del aire si no se está utilizando el gato o que la facilitarán para invertir el proceso y hacer que descienda el brazo.

## Las partes del gato hidráulico

En general, los gatos hidráulicos constan de las siguientes partes:

- **Depósito:** Es el lugar donde se contiene el aceite o fluido.
- **Bomba:** Crea la presión para mover el aceite.
- **Válvula de retención:** Permite que el líquido llegue al cilindro principal.
- **Cilindro principal:** Recibe la presión del fluido y empuja al cilindro secundario.
- **Cilindro secundario:** Acciona el brazo de elevación.
- **Brazo de elevación:** Como su nombre indica, eleva el cuerpo que se le coloca encima.
- **Válvula de liberación:** Libera el aire para liberar la presión y revertir el proceso de elevación.<sup>11</sup>



Figura 1. 22 Gata hidráulica de botella

Fuente: <http://www.quiminet.com/articulos/gato-hidraulico-funcionamiento-y-tipos-2650085.htm>

### 1.7.2 Gata mecánica de tijeras

El de tijera suele ser el más común en los coches de carretera y funciona como un mecanismo de tornillo. Su popularidad se debe a su capacidad para generar una gran ventaja mecánica, es decir, una gran amplificación de la fuerza a partir de un brazo manual.

---

<sup>11</sup> <http://www.quiminet.com/articulos/gato-hidraulico-funcionamiento-y-tipos-2650085.htm>

El mecanismo de este tipo de gatos se compone de dos piezas: una tijera similar a la de los espejos extensibles que se usan para el baño y un tornillo central con auto bloqueo. Estos dos elementos combinados no sólo permiten levantar el vehículo cuando se extiende el mecanismo de tijera, sino que también lo mantienen levantado gracias a la resistencia del tornillo, sin el cual el gato volvería a doblarse automáticamente.

El tornillo central también es la parte que hace que el gato se mueva. Tiene un anillo colocado en el extremo, diseñado para ser usado con un brazo metálico tipo llave Allen. Al insertar el brazo y girarlo en el sentido de las agujas del reloj, el tornillo hace que se mueva la rosca del pivote central, lo que a su vez extiende la tijera y levanta el coche. Al girar en sentido contrario, la rosca recorre la tijera y el coche baja.<sup>12</sup>



Figura 1. 23 Gata mecánica de tijeras

Fuente: <http://salutip.blogspot.com/2012/09/como-funciona-el-gato-de-tijera.html>

### 1.7.3 Gatas de Cremallera

Los gatos mecánicos, de cremallera (o husillo) son adecuados para la elevación de pesos pequeños.

---

<sup>12</sup> <http://salutip.blogspot.com/2012/09/como-funciona-el-gato-de-tijera.html>

Suelen constar de dos brazos articulados en el centro y unidos en los extremos, que se desplazan sobre un tornillo, alejando y acercando los centros, elevamos o bajamos el coche. Su mayor ventaja es la ligereza y su desventaja la inestabilidad. La cremallera es un dispositivo dentado perteneciente a los diversos tipos de engranajes Piñón y cremallera.

#### Características

- Las cajas de los gatos son de acero soldado con tratamiento de relajación de tensiones y chorro de arena.
- El tornillo sin fin es de aleación de acero y está rectificado completamente.
- La rueda helicoidal (tornillo patrón) se fabrica utilizando un Bronce de características elevadas antifricción.



Figura 1. 24 Gatas mecánicas de cremallera

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/72173123/GATAS-Informe-Final>

#### 1.7.4 Gatos de Tornillo

Los gatos de tornillo del engranaje proporcionan una mayor eficiencia y mayor velocidad que otros gatos de tornillo mecánico. Los gatos de tornillo cuentan con una tuerca de bola con rodamientos de bolas integrales que recirculan a lo largo de

la superficie del tornillo de la bola. Se extienden de tamaño a partir de 1/4 tonelada a 350 toneladas.



Figura 1. 25 Gata mecánica de tornillo

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/72173123/GATAS-Informe-Final>

### 1.7.5 Ventajas y desventajas de los gatos hidráulicos vs. Mecánicos.

El de botella (hidráulica)

- Ventajas:  
Son de un tamaño pequeño por lo cual caben en cualquier lugar (debajo del asiento o en la guantera)
- Desventajas:  
El de botella tiene que estar siempre sobre una superficie totalmente plana de lo contrario puedes sufrir algún accidente.

El de tijera (mecánico)

- Ventajas:  
Al igual que el de patín lo puedes poner casi en cualquier superficie y es más ligero que este.
- Desventajas:  
Su uso requiere el doble de esfuerzo físico que cualquier modelo anterior y ocupa casi el mismo espacio que un gato de patín.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> <http://es.scribd.com/doc/72173123/GATAS-Informe-Final>

## 1.8 TIPOS DE MATERIALES PARA CARRETERAS

### 1.8.1 Asfalto

El asfalto es una sustancia negra, pegajosa, sólida o semisólida según la temperatura ambiente; a la temperatura de ebullición del agua tiene consistencia pastosa, por lo que se extiende con facilidad. Se utiliza para revestir carreteras, impermeabilizar estructuras, como depósitos, techos o tejados, y en la fabricación de baldosas, pisos y tejas. No se debe confundir con el alquitrán, que es también una sustancia negra, pero derivada del carbón, la madera y otras sustancias.

#### Usos más comunes del Asfalto

- **Concreto Asfáltico.** Es una mezcla en caliente, de alta calidad y perfectamente controlada, de cemento asfáltico y agregados de buena calidad bien gradados, que se debe compactar perfectamente para formar una masa densa y uniforme.
- **Sello con Lechada de Emulsión Asfáltica.** Es una mezcla de asfalto emulsionado de rotura lenta, agregado fino y un mineral de relleno, a la que se le añade agua para darle consistencia de lechada.
- **Sello Negro de Asfalto.** Es una aplicación ligera de emulsión asfáltica de rotura lenta diluida en agua. Se utiliza para renovar superficies asfálticas viejas y para sellar grietas y pequeños vacíos de la superficie.
- **Carpeta Asfáltica de Nivelación.** Es una capa (mezcla de agregado y asfalto) de espesor variable utilizada para eliminar irregularidades de la superficie existente antes de cubrirla con un tratamiento nuevo o con una carpeta de recubrimiento.

- **Carpeta Asfáltica de Recubrimiento.** Consiste en una o más capas asfálticas aplicadas sobre el pavimento existente. La carpeta de recubrimiento generalmente consiste de una carpeta de nivelación, para corregir las irregularidades del pavimento viejo, seguida por una o varias carpetas de grosor uniforme, hasta obtener el espesor total necesario.
- **Pavimentos Asfálticos.** Son pavimentos compuestos por una capa superficial de agregado mineral recubierto y aglomerado con cemento asfáltico, colocada sobre superficies de apoyo tales como bases asfálticas, piedra triturada o grava; o sobre un pavimento de concreto de cemento Portland, de ladrillo o bloques.
- **Capa de Imprimación Asfáltica.** Se llama así a la aplicación de un asfalto líquido de baja viscosidad a una superficie absorbente. Se suele utilizar para preparar una base no tratada que baya a ser recubierta con una carpeta asfáltica.
- **Capa de Sello Asfáltico.** Es un tratamiento superficial consistente en la aplicación de una capa delgada de asfalto para impermeabilizar y mejorar la textura de la carpeta asfáltica superficial.
- **Tratamientos Asfálticos Superficiales.** Son aplicaciones a cualquier tipo de carretera, superficie o pavimento, de materiales asfálticos con o sin recubrimiento de agregado mineral, de espesor no mayor de 25 cm.
- **Capa de Pega Asfáltica.** Es una aplicación muy ligera de asfalto líquido sobre una superficie de cemento portland. El tipo de asfalto preferido es la emulsión asfáltica diluida en agua. Se emplea para asegurar la adhesión de la nueva carpeta de la superficie que se va a pavimentar.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> [http://html.rincondelvago.com/asfalto\\_1.html](http://html.rincondelvago.com/asfalto_1.html)

## 1.8.2 Concreto

El Concreto Hidráulico es una mezcla de Cemento Pórtland, agua, agregado grueso que se denomina grava, agregado fino ó arena, aditivos químicos y aire. Algunas veces también se incluyen en la mezcla adiciones minerales como la ceniza volante o los colorantes. En estado fresco, es una mezcla fluida que se puede moldear hasta varias horas después de elaborado, cuando se presenta el fraguado inicial del concreto a partir del cual, el concreto sigue endureciendo y ganando resistencia con el tiempo.

La mezcla se podrá elaborar en plantas centrales o en camiones mezcladores. En el caso de plantas centrales, los dispositivos para la dosificación por peso de los diferentes ingredientes deberán ser automáticos, con presión superior al (1%) para el cemento y al dos por ciento (2%) para los agregados. Los camiones mezcladores, que se pueden emplear tanto para la mezcla como para el agitado, podrán ser de tipo cerrado con tambor giratorio; o de tipo abierto provisto de paletas. En cual quiera de los dos casos deberán proporcionar mezcla uniforme y descargar su contenido sin que se produzcan segregaciones; además, estarán equipados con cuentarrevoluciones.

Además de cumplir con resistir los esfuerzos normales y tangenciales transmitidos por los neumáticos y su constitución estructural, bien construida (Gran Resistencia a la Flexo-Tracción, a la Fatiga y elevado Modulo de Elasticidad), debe tener el espesor suficiente que permita introducir en los casos mas desfavorables solo depresiones débiles a nivel del suelo del terreno de fundación y cada nivel estructural apto para resistir los esfuerzos a los que está sometido. Debe cumplir con satisfacer también las características principales del Pavimento de Concreto Hidráulico (PCH):<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> <http://www.slideshare.net/rogerjob/dosificacion-o-diseo-de-mezclas-del-concreto>

## Consideraciones de diseño

- a) Consideraciones ambientales: Los cambios en la temperatura y en la humedad inducen movimientos de la losa, resultando en concentraciones de esfuerzos y en alabeos.
- b) Espesor de losa: El espesor del pavimento afecta los esfuerzos de torsión y las deflexiones para la transferencia de carga.
- c) Transferencia de carga: La transferencia de carga varía para cada tipo de junta, por lo que el tipo y el tamaño de las barras influyen en el diseño de las juntas.
- d) Transito: La clasificación, canalización y el predominio de cargas en el borde influyen significativamente en los requerimientos de transferencia de carga para el comportamiento a largo plazo.
- e) Características del concreto: Los componentes de los materiales afectan la resistencia del concreto y los requerimientos de juntas, los materiales seleccionados para el concreto determinan las contracciones de la losa.
- f) Tipo de terreno de apoyo: Los valores de soporte y las características de fricción en la interface del pavimento con el terreno de apoyo para diferentes tipos de suelos afectan los movimientos y el soporte de las losas.
- g) Características del sellador: El espaciamiento de las juntas influye en la selección del tipo de sellador.
- h) Apoyo lateral: El tipo de acotamiento afecta el soporte de la orilla del pavimento y la habilidad de las juntas centrales para realizar la transferencia de carga.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> <http://es.scribd.com/doc/96852061/41Juntas-en-Losas-Pavimento>

### 1.8.3 Ventajas y desventajas

#### Pavimentar con asfalto

- Resulta más económico en su construcción inicial.
- Por su baja rugosidad y flexibilidad, el usuario siente el manejo de su vehículo con mayor comodidad (se desliza con suavidad y silenciosamente)
- Tiene un periodo de vida útil de entre 10 a 15 años (con mantenimiento adecuado)
- Las cargas pesadas producen roderas, dislocamientos del asfalto, agrietamientos por fatiga (tipo piel de cocodrilo), lo que representa peligro al usuario.

#### Pavimentar con concreto hidráulico

- Es más caro en su construcción inicial.
- Por su rigidez y sistema de juntas, el usuario puede sentir menor comodidad al manejar su vehículo (en ciertos casos y a ciertas velocidades).
- Su periodo de vida útil varía entre 20 y 40 años (con mínimo mantenimiento).
- Las cargas pesadas no producen roderas, dislocamientos del asfalto o agrietamientos por fatiga.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> <http://www.enconcreto.com.sv/pavimentar.html>



Figura 1. 26 Concreto y asfalto

Fuente: <http://www.enconcreto.com.sv/pavimentar.html>

## 1.9 CHASIS

Es el elemento estructural, encargado de soportar los esfuerzos estáticos y dinámicos que tiene el vehículo.

### 1.9.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS CHASIS:

- Es el soporte de todos los órganos mecánicos.
- Puede rodar sin carrocería.
- Un mismo tipo de chasis puede adaptarse a varios tipos de carrocería.
- Un mismo tipo de chasis puede alargarse o cortarse según los gustos del cliente.
- Es totalmente duro y rígido.

### 1.9.2 Construcción del chasis o bastidor.

Hay tres diseños principales de los largueros (viga) del bastidor. Estos son:

- Canal C
- Caja cerrada
- Canal U

### 1. Canal C

El bastidor de canal, en forma de C, es fuerte pero flexible; se emplea en camiones y en zonas de automóviles convencionales donde se necesita resistencia y cierto grado de flexión y además es muy difícil de romper.

### 2. Caja cerrada

La construcción de caja se emplea en muchos bastidores convencionales, en especial cuando se necesita resistencia adicional; la sección de caja se construye con dos secciones de canal en forma de C. Los largueros de caja del bastidor son soldadas dos vigas en ambos extremos para formar un tubo rectangular.

### 3. Canal U

El diseño de canal en forma de U, por lo general en lata más ligera, se utiliza en las carrocerías unitarias tipo monocasco, para formar los largueros inferiores, que se hacen al soldar por puntos un canal con cejas en el piso de la carrocería o en el panel interno del pasarueda. En los diversos travesaños se pueden utilizar complementos tubulares y viguetas.<sup>18</sup>



Figura 1. 27 Chasis

Fuente: <http://html.rincondelvago.com/chasis.html>

---

<sup>18</sup> <http://html.rincondelvago.com/chasis.html>

## **CAPÍTULO 2**

### **DISEÑO CONCEPTUAL DEL SIMULADOR DEL BANCO DE PRUEBAS**

En el presente capítulo se expone las ideas o conceptos base en los cuales se fundamenta el diseño y aplicación del banco de pruebas, se expondrá también los argumentos que sustenten la confiabilidad y utilidad del mismo para los fines propuestos inicialmente.

#### **2.1 GENERACIÓN DE IDEAS**

El simulador de banco de pruebas para llantas neumáticas se encuentra basado en el funcionamiento de un carrusel el cual está impulsado por un motor de combustión interna o por un motor eléctrico.



Figura 2.1 Carrusel

Fuente: <http://ilespace-ileana.blogspot.com/2009/06/carrusel.html>

Las principales ideas generadas consideran básicamente el empleo de un marco de soporte para la pista de rodadura y para la llanta, así como los mecanismos de accionamiento que simulan la movilidad de la llanta. Estos aspectos, en conjunto,

conceptualizan la configuración general del banco, tomando en cuenta la integración de los movimientos básicos y la aplicación de la carga. Lo anterior implica una completa compatibilidad de operación de estos movimientos, de manera que no se presenten interferencias entre componentes cuando varios movimientos se realicen de manera simultánea.

El motor de combustión interna es el encargado de generar la impulsión a través de un eje donde se halla conectado una rueda la cual es la encargada de transmitir el movimiento a la pista en la cual estará asentado el neumático simulando así el desplazamiento del neumático sobre una superficie de contacto permanente.

La pista de rodadura es de material metálico cubierto por una capa de cemento emulando las condiciones en las cuales se desplaza el neumático en su operación cotidiana a través de los diferentes tipos de camino a los cuales se encuentra expuesto.

La aplicación de la carga se la genera a través de un gato hidráulico simulando el peso del vehículo.

### 2.1.1 Marco Estructural

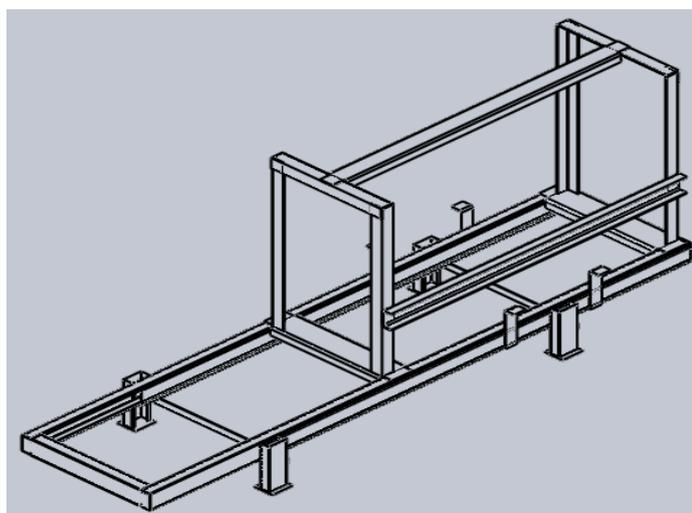


Figura 2.2 Estructura base

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

El marco estructural es la base la cual servirá de soporte para todos los sistemas diseñados con el fin de simular el funcionamiento de las llantas neumáticas.

El marco estructural en su gran mayoría se encuentra unido a través de soldadura de acuerdo a la necesidad del sistema que va alojar.

Considerando factores como resistencia y reducción de flexión de los elementos superiores debido a la fuerzas de reacción de los elementos estructurales bajo la aplicación de cargas sobre el neumático, se propone una estructura poligonal conformada de varios perfiles estructurales adecuada para el sistema que va a soportar.

El diseño del marco estructural no necesita de un soporte en cimentación ya que es transportable.

### 2.1.2 Anillo de Rodamientos

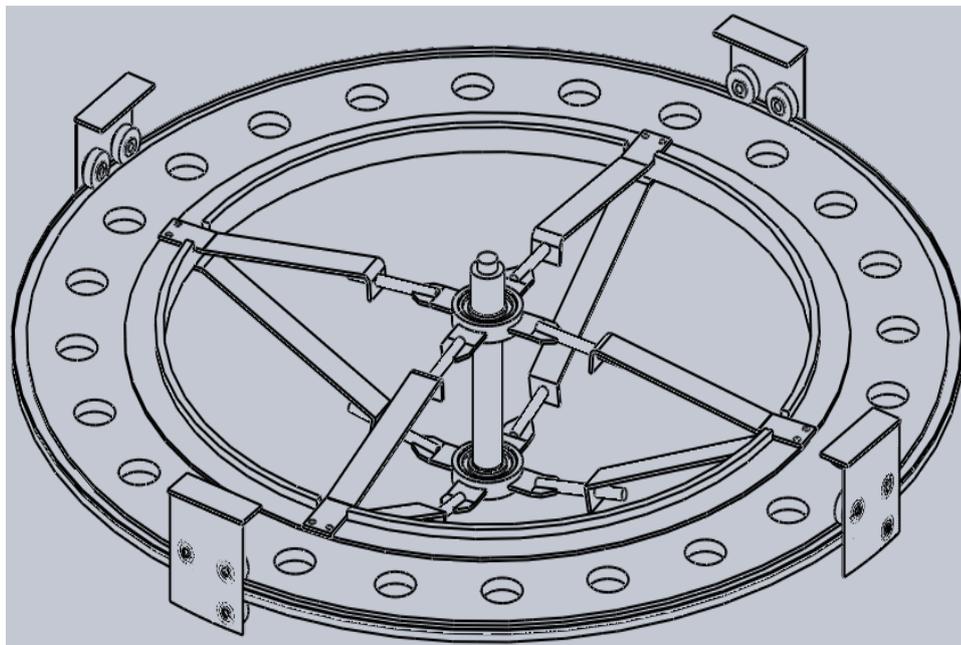


Figura 2.3 Anillo de rodamientos

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

El anillo de rodamientos se divide en cuatro partes:

La primera parte es el anillo fijo el cual servirá de guía para el sistema rodamientos que transmiten el movimiento giratorio para impulsar la pista superior y de esta manera el neumático pueda desplazarse.

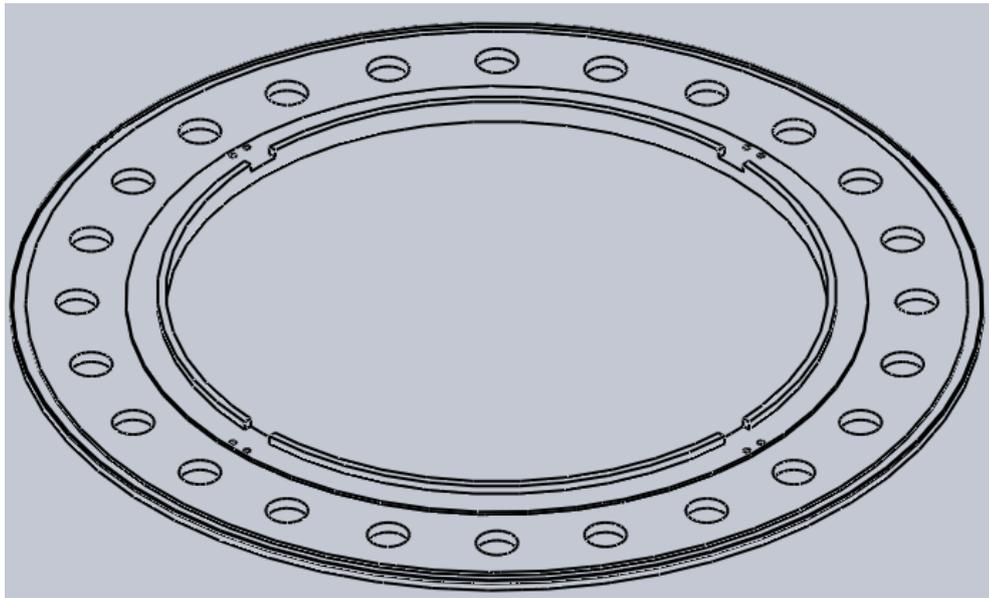


Figura 2.4 Anillo de fundición maleable

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

El anillo fijo consta de cuatro platinas con una ligera curvatura en las cuales cada una tiene 2 rodamientos superiores y 1 inferior. Dichas platinas están ubicadas a una separación uniforme con el fin de equilibrar el peso de la plancha superior y distribuir de mejor manera la carga cuando el banco se encuentra en operación.

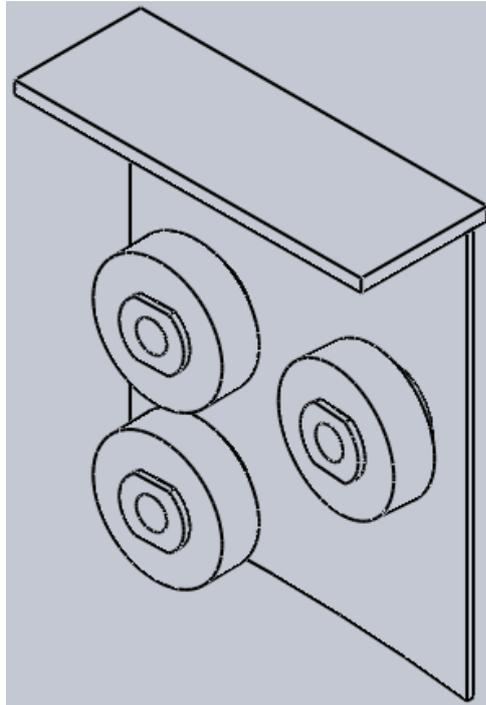


Figura 2.5 Platinas con rodamientos

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

El anillo fijo en su parte central cuenta con un conjunto de estabilizadores los cuales absorben las vibraciones y oscilaciones que se generan al momento de poner en marcha el motor ya que en su centro común se encuentra el eje de la pista superior.



Figura 2.6 Platina estabilizadora superior

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

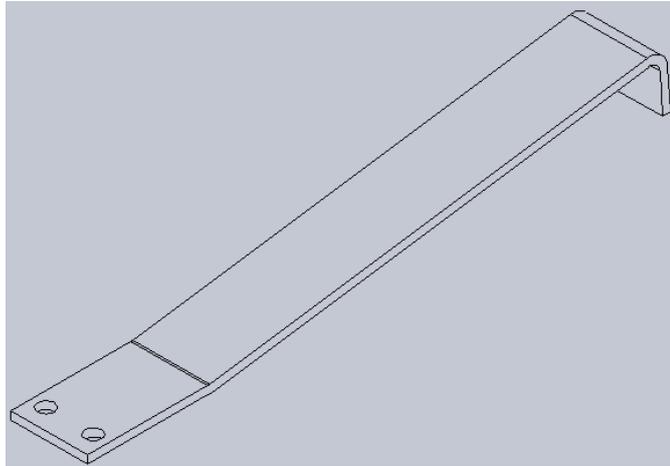


Figura 2.7 Platina estabilizadora inferior

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

El eje central consta de 2 rodamientos ubicados a cierta altura, permitiendo que el eje se centre con los estabilizadores y se centre con la pista de rodadura, de esta manera se consigue balancear la pista, caso contrario si no existiera el eje, el centro de la pista no seria el correcto creando vibraciones e inestabilidad excesiva de la maquina.

Cabe mencionar que el eje central no esta sometido a cargas, ya que el peso se distribuye uniformemente a las cuatro platinas con rodamientos

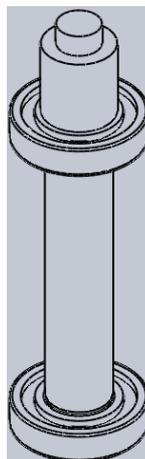


Figura 2.8 Eje central

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

### 2.1.3 Pista de rodadura

La pista de rodadura es la encargada de transmitir el torque del motor y poner en contacto el neumático con la placa de concreto.

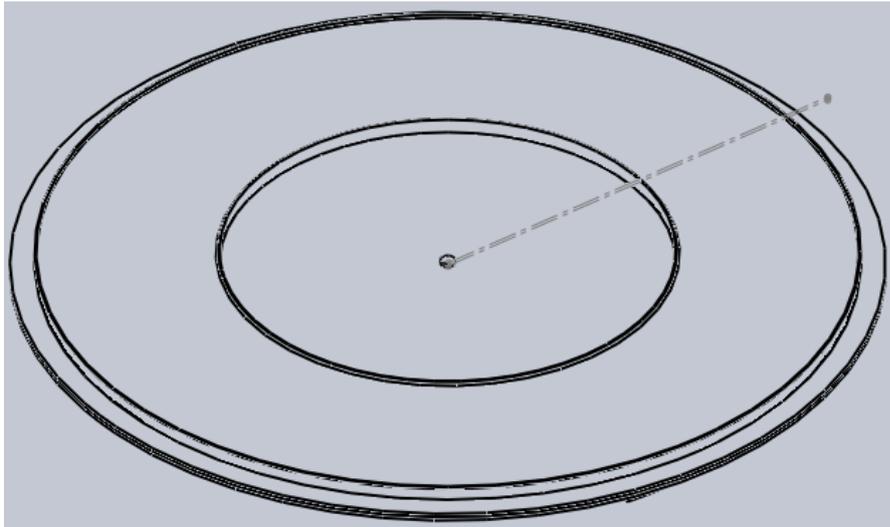


Figura 2.9 Pista de rodadura

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

La pista de rodadura cuenta con dos anillos los cuales están designados de la siguiente manera:

El anillo superior es una capa de cemento donde estará en contacto el neumático simulando así las condiciones reales de rodadura de una llanta neumática común.

El anillo de cemento que va en la pista tiene un grosor de 20mm, el cual es muy frágil para someterlo a grandes cargas y peor aun si tiene una fuerza centrífuga.

Todos estos factores limitan el funcionamiento del simulador.

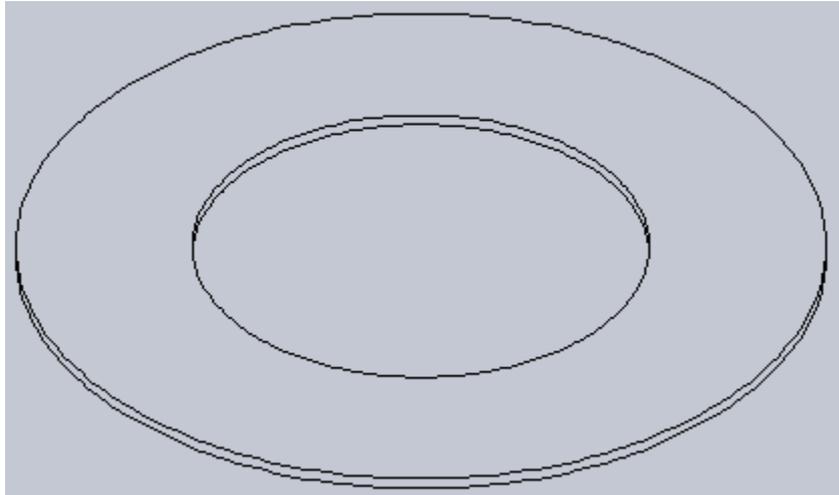


Figura 2.10 Pista de cemento

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

El anillo inferior es material de caucho el cual es el encargado de generar la tracción con la rueda motriz que sale del motor ya que al ser de goma necesita una superficie compatible a esta para transmitir la impulsión de mejor manera dicho material se lo considero así tomando en cuenta que la pista es metálica y no generaba tracción.

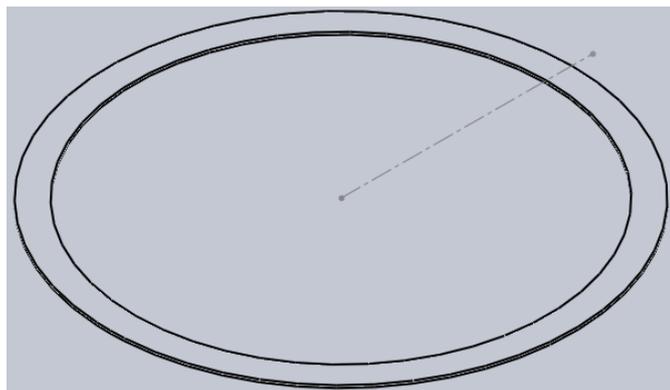


Figura 2.11 Anillo de caucho

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

#### 2.1.4 Estructura Base de la Llanta Neumática

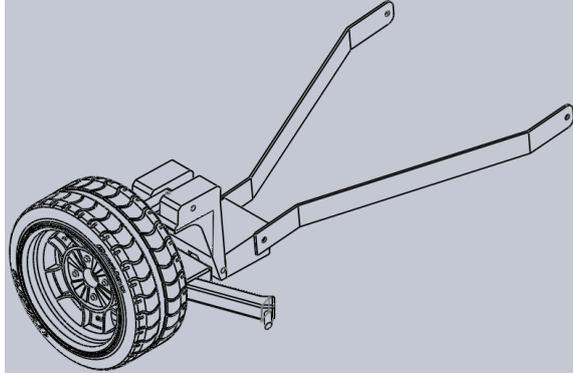


Figura 2.12 Estructura base de la llanta neumática

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

Para montar la llanta neumática en la posición adecuada de forma que se pueda aplicar carga y de esta manera simular sus condiciones de funcionamiento real se baso en la suspensión convencional utilizando todos sus componentes originales añadiendo los elementos estructurales con la finalidad de emular el chasis y brindar soporte a la estructura.

#### 2.1.5 Motor y caja de cambios

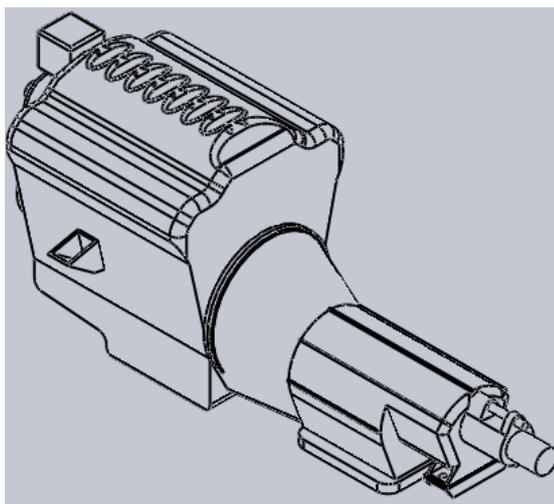


Figura 2.13 motor y caja de cambios

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

El motor es el encargado de generar la potencia necesaria para girar la pista de rodadura a través de la caja de cambios que es el elemento encargado de dar el par motor suficiente para poner en movimiento, y una vez en marcha obtener un par suficiente para vencer las resistencias al avance.

### 2.1.6 Neumático motriz

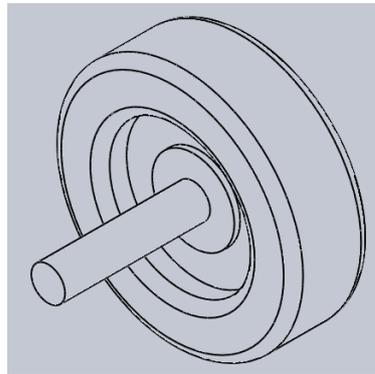


Figura 2.14 Neumático motriz

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

El neumático motriz está formado por un eje que engrana directamente con la brida de salida de la caja de cambios y por la llanta neumática de uso industrial, la cual crea tracción con el anillo de caucho colocado en la parte inferior de la pista de rodadura generando el movimiento.

### 2.1.7 Sistema de generación de carga

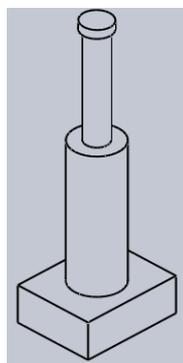


Figura 2.15 Gata hidráulica de botella

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

Consta de una gata hidráulica tipo botella que simula un peso en condiciones limitadas para la maquina. Esto permite que la llanta ejerza una fuerza sobre la pista tal como ocurre en la realizad con un automóvil en movimiento.

## **CAPÍTULO 3**

### **DISEÑO**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

Para establecer los principales requerimientos para el diseño de un banco de ese tipo, es necesario recurrir a información de diversas fuentes. Una fuente la constituyen normas y métodos de prueba existentes. Con base en estos, se establecen las características funcionales y de desempeño del banco de pruebas.

#### **3.2 PARÁMETROS DE DISEÑO**

Existen distintos parámetros que intervienen en el simulador y banco de pruebas para llantas neumáticas, los cuales involucran tanto las necesidades como sus limitaciones, teniendo presente durante el proceso de diseño.

Dentro de los parámetros de diseño tenemos:

- Velocidad de avance

La velocidad de avance máxima que el neumático del simulador debe alcanzar es de 50 km/h.

Este valor se considero de la velocidad promedio que alcanza un vehículo de turismo.

- Tipo o tamaño de neumático

El simulador tiene la capacidad de simular neumáticos rin 13 solamente. Este tamaño del neumático fue escogido por ser uno de los más comunes en los vehículos de turismo.

- ¿Qué debe medir?

Al tratarse de un banco de pruebas su principal objetivo es cuantificar. En este caso el banco mide la velocidad de avance del neumático y la presión ejercida por la gata hidráulica mediante un sensor de velocidad y un manómetro respectivamente

- Factor de diseño

El factor de diseño es una medida de seguridad relativa de una maquina bajo la acción de carga. Para determinar el factor de diseño del simulador se ha tomado en cuenta lo siguiente para materiales dúctiles:

De 2.5 a 4.0 diseño de estructuras estáticas o elementos de maquinas bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.<sup>19</sup>

Para el simulador se ha considerado un factor de diseño de 3.7 por ser un valor que este acorde con la descripción anteriormente mencionada.

- Fuerza a aplicarse

La fuerza que se aplicara en el neumático será de 715 N (160.74 lbf), esta fuerza la generara la gata hidráulica de botella.

Esta fuerza es limitada debido al factor de diseño que ha sido seleccionada para el simulador y banco de pruebas para llantas neumáticas, con esto se garantiza la seguridad de los operarios y de la misma maquina.

### **3.3 CÁLCULOS PARA EL DISEÑO**

Para poder calcular la potencia requerida en la operación de movimiento es necesario tomar en cuenta los parámetros de funcionamiento de la máquina:

---

<sup>19</sup> MOTT, Robert: “Diseño de Elementos de Máquinas” pag. 185, cuarta edición, 2006, México, Editorial Pearson Education

- Presión máxima (P)

Esta presión es regulada por medio de la gata hidráulica de botella que es controlada por el manómetro que viene dado en psi, la cual transmite la presión a la suspensión convencional y la misma a la llanta neumática.

Datos:

$$r_g = 11.5 \text{ mm} = 0.0115\text{m}$$

$$F = 715 \text{ N}$$

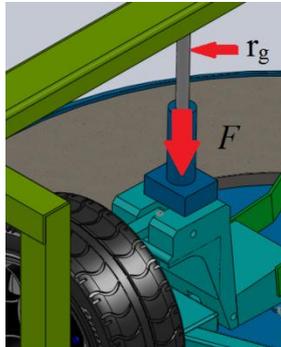


Figura3.1 Fuerza y radio

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$A = \pi * r_g^2 \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$A = \pi * (0.0115\text{m})^2 = 0.0004152\text{m}^2$$

$$P = \frac{715 \text{ N}}{0.0004152 \text{ m}^2} = 1722182.08 \text{ Pa} = 249.78 \text{ psi}$$

Donde:

$r_g$  = el radio del cilindro de la gata hidráulica

F = la fuerza que ejerce la gata hidráulica

A = área del cilindro

P = la presión que actúa en el neumático

- Coeficiente de rozamiento ( $\mu$ )

La fricción que se produce entre el neumático y la pista de rodadura, que en este caso es entre el caucho y el cemento.

En la tabla se observa que el coeficiente de rozamiento caucho-cemento es.

Tabla 3. 1 Coeficientes de fricción

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Fricci%C3%B3n>

<b>Materiales en contacto</b>	$\mu_e$	$\mu_d$
Articulaciones humanas	0,02	0,003
Acero // Hielo	0,028	0,09
Acero // Teflón	0,04	0,04
Teflón // Teflón	0,04	0,04
Hielo // Hielo	0,1	0,03
Esquí (encerado) // Nieve (0 °C)	0,1	0,05
Acero // Acero	0,15	0,09
Vidrio // Madera	0,25	0,2
Caucho // Cemento (húmedo)	0,3	0,25
Madera // Cuero	0,5	0,4
Caucho // Madera	0,7	0,6
Acero // Latón	0,5	0,4
Madera // Madera	0,7	0,4
Madera // Piedra	0,7	0,3
Vidrio // Vidrio	0,9	0,4
<b>Caucho // Cemento (seco)</b>	<b>1</b>	<b>0,8</b>
Cobre // Hierro (fundido)	1	0,3

- Relación transmisión (i)

La relación de transmisión quiere decir cuantos giros da un diámetro en relación a otro diámetro. El diámetro del neumático es de 0.52m, el diámetro de la pista de rodadura donde se encuentra en contacto con el neumático es de 1.04m y el diámetro del neumático motriz es de 0.25m

### 3.3.1 Cálculo de la velocidad angular del neumático motriz

Datos:

$$V_n = 50 \text{ Km/h} = 833.33 \text{ m/min}$$

$$D_n = 0.52 \text{ m}$$

$$D_{p1} = 1.04 \text{ m}$$

$$D_{p2} = 1.36 \text{ m}$$

$$D_{nm} = 0.25 \text{ m}$$

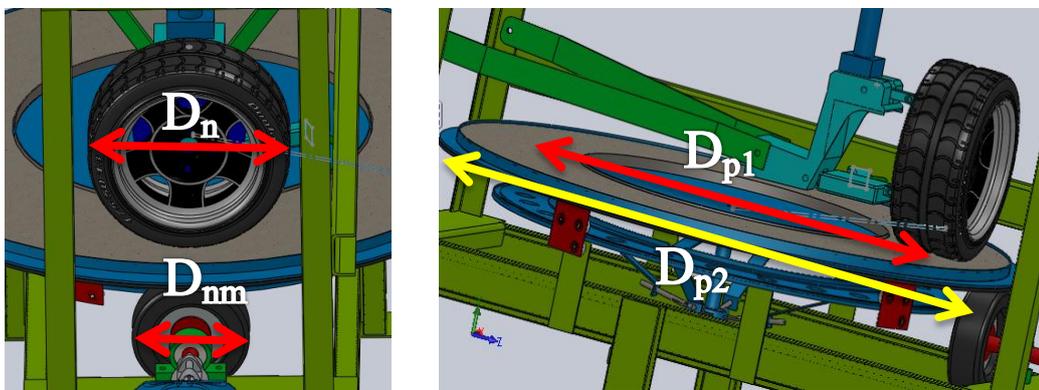


Figura 3. 2 Diámetros del banco

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

$$\omega_n = \frac{V_n}{r_n} \tag{Ec. 3.1}$$

$$\omega_n = \frac{833.33 \text{ m}}{0.26 \text{ m min}} = 3205.13 \text{ rev/min}$$

$$\frac{\omega_n}{\omega_p} = \frac{D_{p1}}{D_n} \tag{Ec. 3.4}$$

$$\frac{3205.13}{\omega_p} = \frac{1.04 \text{ m}}{0.52 \text{ m}}$$

$$\omega_p = 1602.56 \text{ rev/min}$$

$$\frac{\omega_{nm}}{\omega_p} = \frac{D_{p2}}{D_{nm}} \quad \text{Ec. 3.5}$$

$$\frac{\omega_{nm}}{1602.56} = \frac{1.36m}{0.25m}$$

$$\omega_{nm} = 8717.92 \text{ rev}/\text{min}$$

Donde:

$V_n$  = velocidad del neumático

$D_n$  = diámetro del neumático

$D_{p1}$  = diámetro de la pista medida desde el centro al punto de contacto con el neumático.

$D_{p2}$  = diámetro de la pista medida desde el centro al punto de contacto con el neumático motriz.

$D_{nm}$  = diámetro del neumático motriz.

$\omega_n$  = velocidad angular del neumático

$\omega_p$  = velocidad angular de la pista

$\omega_{nm}$  = velocidad angular del neumático motriz

### **3.3.2 Cálculo de la fuerza de fricción de la pista de rodadura y del neumático motriz.**

Datos:

$$N = 715 \text{ N}$$

$$\mu_p = 0.8 \text{ (caucho-cemento)}$$

$$m_p = 127.2 \text{ Kg}$$

$$\mu_{nm} = 0.5 \text{ (caucho-caucho)}$$

Fuerza de fricción generada en la pista de rodadura

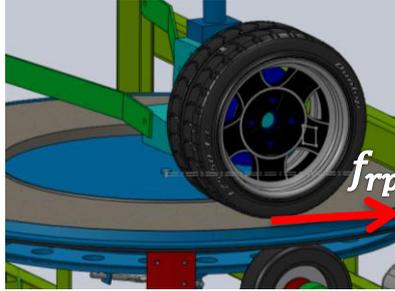


Figura 3. 3 Fuerza de fricción de la pista

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

$$f_{rp} = \mu_p * N \quad \text{Ec. 3.6}$$

$$f_{rp} = 0.8 * 715 N = 572 N$$

Fuerza de fricción generada en el neumático motriz

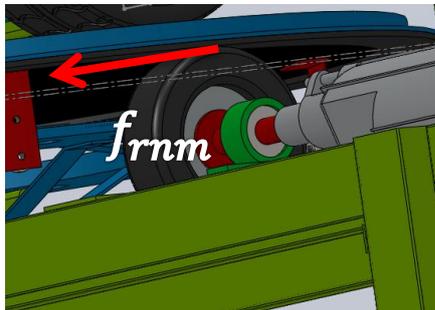


Figura 3. 4 Fuerza de fricción del neumático motriz

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

$$f_{rnm} = \mu_{nm} * g * m_p \quad \text{Ec. 3.7}$$

$$f_{rnm} = 0.5 * 9.81 \frac{m}{s^2} * 127.2Kg = 623.91 N$$

Donde:

N= fuerza que genera la gata hidráulica

$m_p$  = masa de la pista de rodadura.

$g$  = gravedad

$\mu_p$  = coeficiente de fricción dinámico entre cemento-caucho

$\mu_{nm}$  = coeficiente de fricción dinámico entre caucho-caucho

$f_{rp}$  = fuerza de fricción de la pista de rodadura

$f_{nm}$  = fuerza de fricción del neumático motriz

### 3.3.3 Cálculo del trabajo generado por la pista de rodadura y del neumático motriz.

Datos:

$$f_{rp} = 572 \text{ N}$$

$$f_{nm} = 623.91 \text{ N}$$

$$r_p = 0.52 \text{ m}$$

$$r_{nm} = 0.125 \text{ m}$$

Trabajo generada en la pista de rodadura

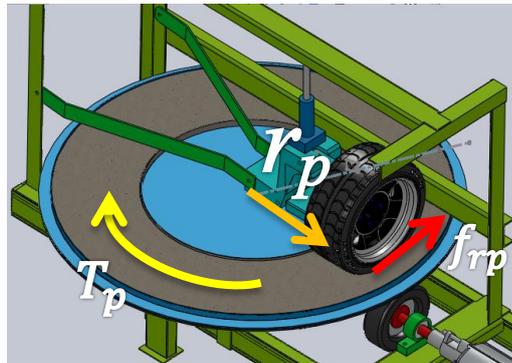


Figura 3. 5 Trabajo de la pista

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

$$T_p = f_{rp} * r_p \quad \text{Ec. 3.8}$$

$$T_p = 572 \text{ N} * 0.52 \text{ m} = 297.44 \text{ J}$$

Trabajo generada en el neumático motriz

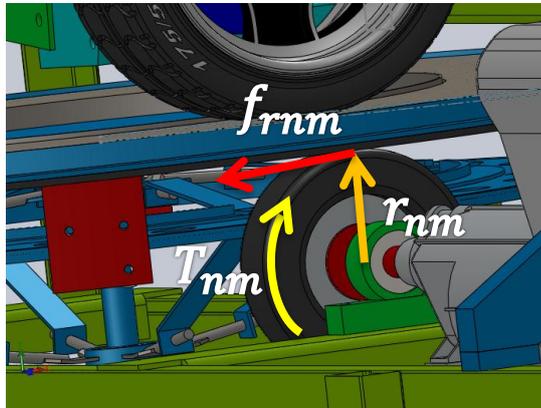


Figura 3. 6 Trabajo generado en el neumático motriz

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

$$T_{nm} = f_{rnm} * r_{nm} \quad \text{Ec. 3.9}$$

$$T_{nm} = 623.91N * 0.125m = 77.98 J$$

Donde:

$r_p$  = radio de la pista

$r_{nm}$  = radio de neumático motriz

$T_p$  = trabajo generado en la pista de rodadura

$T_{nm}$  = trabajo generado en el neumático motriz

### 3.3.4 Cálculo de la potencia generada por la pista de rodadura y del neumático motriz.

**Datos:**

$$T_p = 297.44 J$$

$$T_{nm} = 77.98 J$$

$$\omega_{nm} = 8717.92 \text{ rev/min} = 145.3 \text{ rev/seg}$$

$$\omega_p = 1602.56 \text{ rev/min} = 26.70 \text{ rev/seg}$$

Potencia generada en la pista de rodadura

$$P_p = T_p * \omega_p \quad \text{Ec. 3.10}$$

$$P_p = 297.44J * 26.70^{rev}/seg = 7941.648 W = 10.65HP$$

Potencia generada en el neumático motriz

$$P_{nm} = T_{nm} * \omega_{nm} \quad \text{Ec. 3.11}$$

$$P_{nm} = 77.98J * 145.3^{rev}/seg = 11330.5 W = 15.2HP$$

Donde:

$P_p$  = potencia requerida en la pista de rodadura

$P_{nm}$  = potencia requerida en el neumático motriz

### 3.3.5 Cálculo de la potencia total requerida para mover el neumático

Datos:

$P_p = 10.65$  HP

$P_{nm} = 15.2$ HP

$$P_T = P_p + P_{nm} \quad \text{Ec. 3.12}$$

$$P_T = 10.65HP + 15.2HP$$

$$P_T = 25.85 HP$$

Donde:

$P_T$  = potencia total requerida

### 3.4 SELECCIÓN DEL MOTOR

Bajo las condiciones carga, velocidad lineal, peso, relación de vuelta, se obtuvo la potencia que se requiere para el funcionamiento del simulador. En base a ello se ha seleccionado un motor de combustión interna a gasolina de las siguientes características:

Tabla 3. 2 Datos técnicos del motor Mazda 323

Fuente: <http://www.carinf.com/es/247046878.html>

Motor	I4
Código del motor	E5
Combustible	Petrol (gasolina)
Alimentación	Carburador Aisan 26 – 30
Situación	Transversal
Tracción	Trasera
Cilindrada	1490 cc (90.9 cu - in )
Diámetro x carrera	77.0 x 80.0 mm (3.03 x 3.15 in)
Válvulas	8 válvulas
Sobre alimentación	N/A
Relación de compresión	9.0
Potencia	75PS (74hp)(55KW)@5500rpm
Par máximo	115Nm (84lb.ft)@3500rpm
Caja de cambios	5 velocidades manual



Figura 3. 7 Motor Mazda 1500 cc

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

El motor se sujeta al chasis por medio de las bases originales del motor, por lo cual facilita su montaje y desmontaje y permite la absorción de vibraciones producidas por el mismo.



Figura 3. 8 Colocación del motor en el chasis

Fuente: Armas D/ Pazmiño J

### **3.5 SELECCIÓN DE MATERIALES**

Para seleccionar el material de la estructura base que es el chasis se ha optado por un acero fácil y seguro para trabajar como es el ASTM A36. Que ofrece una amplia gama de perfiles y planchas útiles para el uso mecánico.

Este material es el resultado de la composición de elementos químicos, siendo el más importante el hierro y el de menos presencia el carbón, el cual, no supera el 1,2% en peso de la composición, por lo general, alcanza porcentajes entre el 0,2% y el 0,3%, lo que facilita el proceso de moldeo de este acero.

Tabla 3. 3 Propiedades mecánicas del acero ASTM A36

Fuente: Biblioteca de materiales de Solidworks

<b>Propiedades</b>	
<b>Nombre:</b>	ASTM A36 Acero
<b>Límite elástico:</b>	2.5e+008 N/m <sup>2</sup>
<b>Límite de tracción:</b>	4e+008 N/m <sup>2</sup>
<b>Módulo elástico:</b>	2e+011 N/m <sup>2</sup>
<b>Coefficiente de Poisson:</b>	0.26
<b>Densidad:</b>	7850 kg/m <sup>3</sup>
<b>Módulo cortante:</b>	7.93e+010 N/m <sup>2</sup>

El material del anillo de rodamientos es de fundición maleable. La obtención del anillo se la obtuvo en un centro de acopio de material reciclable.

Las fundiciones maleables se moldean primero como fundiciones blancas (Cementita + Perlita, contienen grandes cantidades de hierro y sin grafito). Las fundiciones blancas son demasiado duras y frágiles, por lo que, se las somete a un tratamiento térmico, donde se las calienta en un horno de maleabilización para disociar el carburo de hierro de la fundición blanca en hierro y grafito.

Tabla 3. 4 Propiedades mecánicas de la fundición maleable

Fuente: Biblioteca de materiales de Solidworks

<b>Propiedades</b>	
<b>Nombre:</b>	Fundición maleable
<b>Límite elástico:</b>	2.75742e+008 N/m <sup>2</sup>
<b>Límite de tracción:</b>	4.13613e+008 N/m <sup>2</sup>
<b>Módulo elástico:</b>	1.9e+011 N/m <sup>2</sup>
<b>Coefficiente de Poisson:</b>	0.27
<b>Densidad:</b>	7300 kg/m <sup>3</sup>
<b>Módulo cortante:</b>	8.6e+010 N/m <sup>2</sup>
<b>Coefficiente de dilatación térmica:</b>	1.2e-005 /Kelvin

Tabla 3. 5 Propiedades mecánicas del acero AISI 1020

Fuente: Biblioteca de materiales de Solidworks

<b>Propiedades</b>	
<b>Nombre:</b>	AISI 1020 Acero laminado en frío
<b>Tipo de modelo:</b>	Isotrópico elástico lineal
<b>Criterio de error predeterminado:</b>	Desconocido
<b>Límite elástico:</b>	3.5e+008 N/m <sup>2</sup>
<b>Límite de tracción:</b>	4.2e+008 N/m <sup>2</sup>
<b>Módulo elástico:</b>	2.05e+011 N/m <sup>2</sup>
<b>Coefficiente de Poisson:</b>	0.29
<b>Densidad:</b>	7870 kg/m <sup>3</sup>
<b>Módulo cortante:</b>	8e+010 N/m <sup>2</sup>
<b>Coefficiente de dilatación térmica:</b>	1.2e-005 /Kelvin

Todos los ejes que conforman el simulador son de acero AISI 1020.

Es un acero clasificado en el grupo de los aceros bajo carbono. Su composición química le permite entregar un mejor desempeño en sus propiedades mecánicas, soldabilidad y maquinabilidad que otros aceros del mismo grupo. Tiene un rango de maquinabilidad de alrededor del 76%. Fácil de ser soldado por los procedimientos más comunes entregando resultados de una excelente calidad.

### **3.6 MODELADO Y ENSAMBLAJE DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS DEL BANCO DE PRUEBAS**

Basado en el diseño conceptual, así como la geometría y dimensiones de la estructura base y demás componentes, se modelaron en SolidWorks el cual es un programa de diseño mecánico asistido por computadora que utiliza el método de Elemento Finito (FEM), modelamos las diferentes piezas que componen el banco de pruebas para determinar los diferentes esfuerzos, desplazamientos y factores de seguridad que tiene cada elemento del simulador.

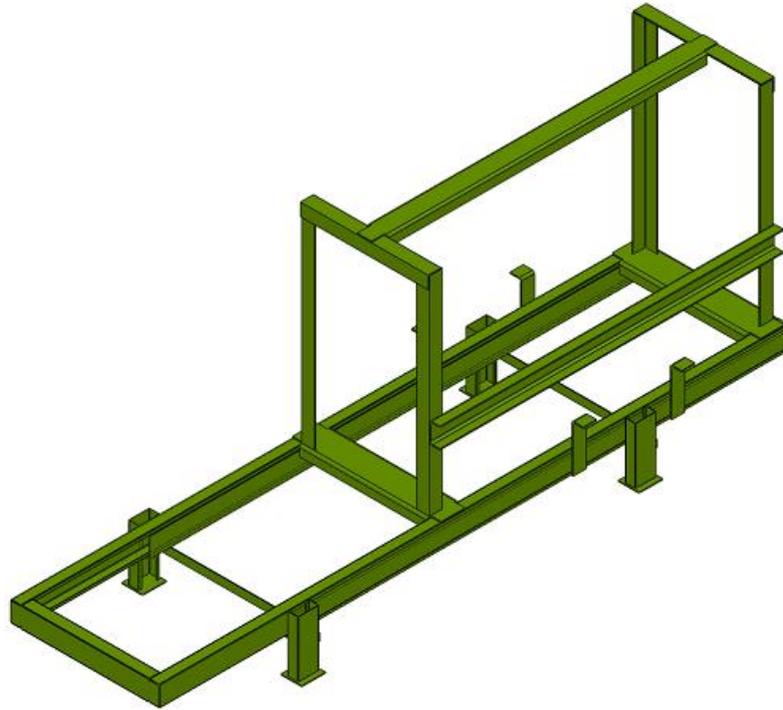


Figura 3. 9 Modelo y ensamblaje de la estructura base

Fuente: Armas D / Pazmiño J

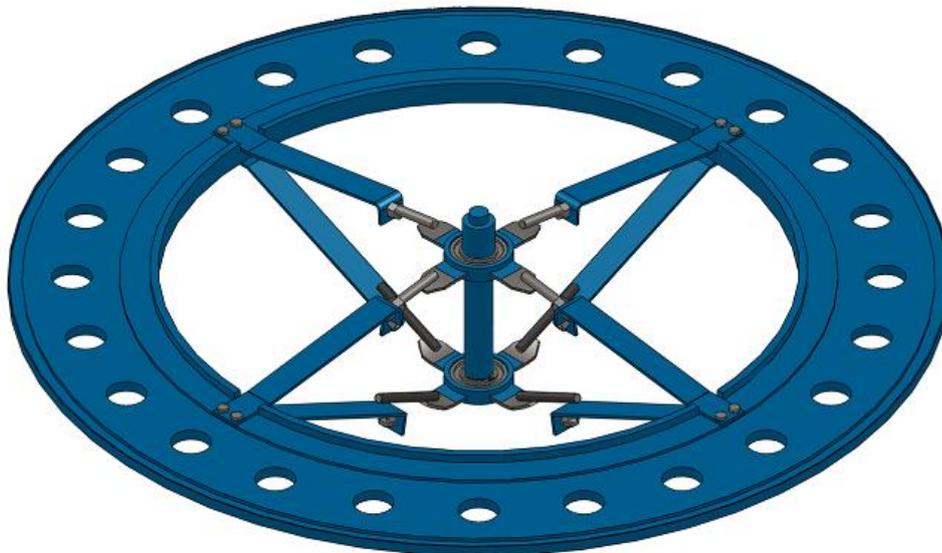


Figura 3. 10 Modelo y ensamblaje del anillo de rodamientos

Fuente: Armas D / Pazmiño J



Figura 3. 11 Modelado y ensamblaje del neumático motriz

Fuente: Armas D / Pazmiño J

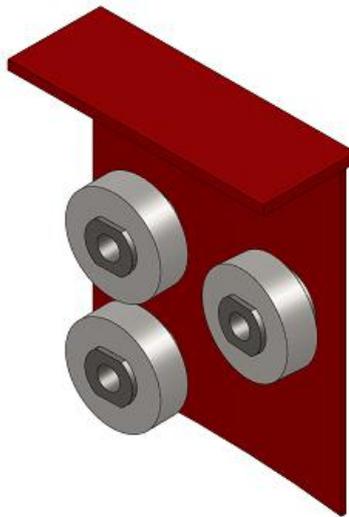


Figura 3. 12 Modelado y ensamblaje de las platinas con rodamientos

Fuente: Armas D / Pazmiño J

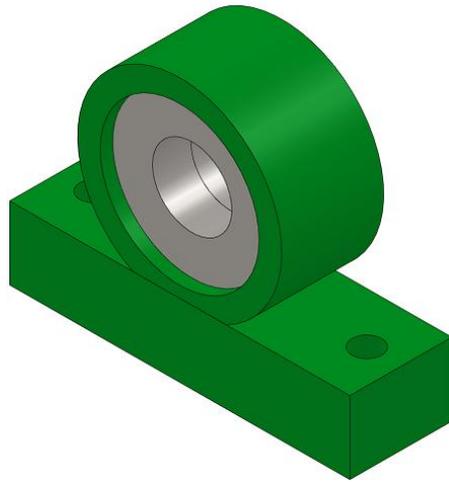


Figura 3. 13 Modelado y ensamblaje de la chumacera

Fuente: Armas D / Pazmiño J

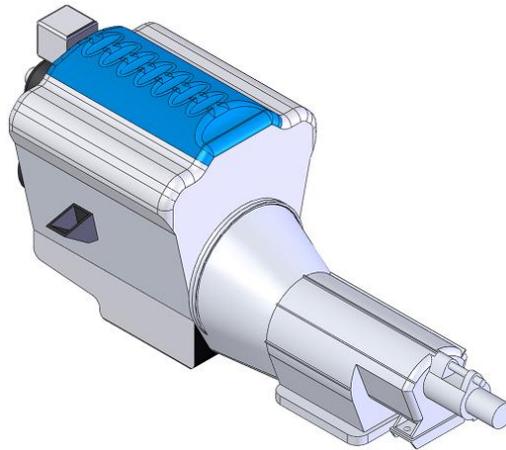


Figura 3. 14 Modelado motor y caja

Fuente: Armas D / Pazmiño J

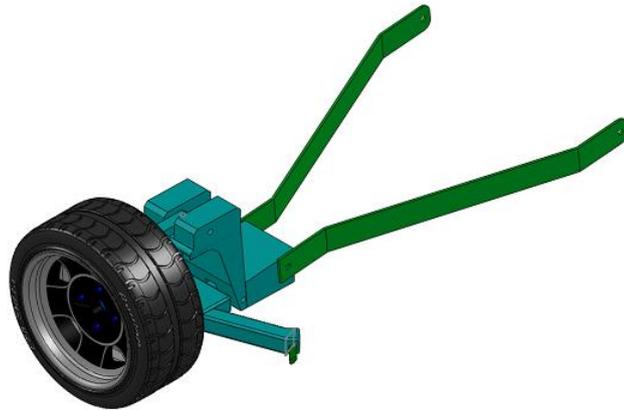


Figura 3. 15 Modelado y ensamblaje de la estructura base de la llanta neumática

Fuente: Armas D / Pazmiño J

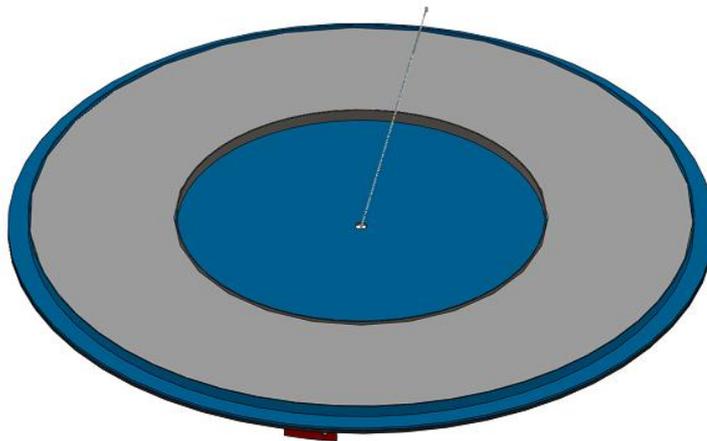


Figura 3. 16 Modelado y ensamblaje de la pista de rodadura

Fuente: Armas D / Pazmiño J

Una vez ya modelado los diferentes componentes mecánicos del banco de pruebas para llantas neumáticas se realiza el ensamblaje del mismo mediante la utilización de las diferentes relaciones de posición y restricciones existentes en SolidWorks.

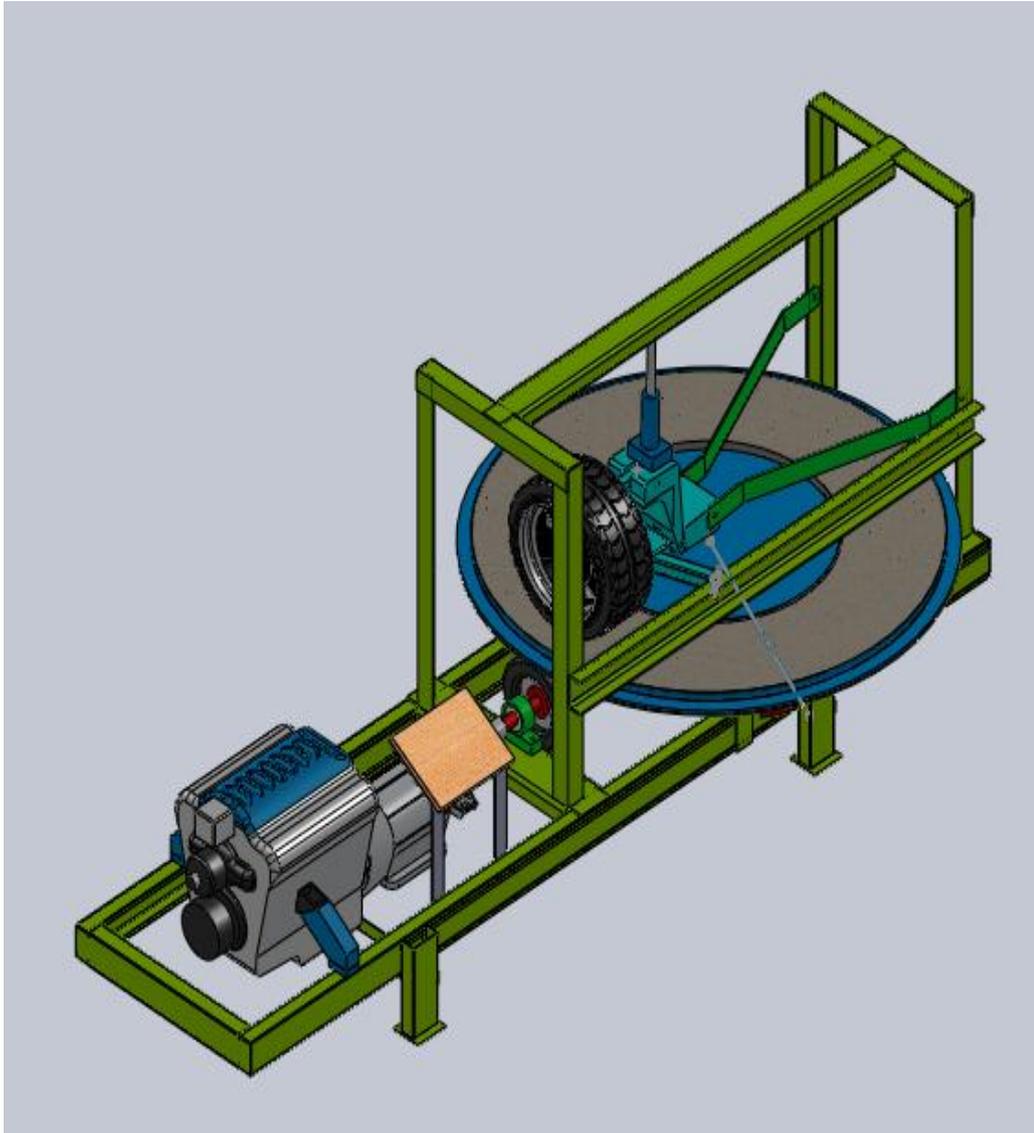


Figura 3. 17 Modelado y ensamblaje del simulador y banco de pruebas para llantas neumáticas

Fuente: Armas D / Pazmiño J

### 3.7 DISEÑO DEL SIMULADOR Y BANCO DE PRUEBAS PARA LLANTAS NEUMÁTICAS CON CARGAS Y VELOCIDAD MÁXIMA

Una vez realizado el cálculo de las fuerzas y velocidades que intervienen en el funcionamiento del simulador, se procederá al análisis del mismo en el programa SolidworksSimulation. De esta manera obtendremos una visión más amplia de lo que pasa en la estructura y en el resto de componentes.

#### 3.7.1 Estructura del chasis

- **Asignación de cargas y sujeciones**

De acuerdo con los cálculos encontrados en la sección 3.3, cuando el simulador se encuentra a una velocidad y a una fuerza máximas, el chasis debe soportar las ciertas cargas, sin embargo las platinas que sostiene el anillo de rodamientos son las que reciben toda la carga producida por el simulador, dicha carga es la suma del peso del anillo, el peso de la pista con el cemento y la fuerza producida por la gata hidráulica dividida por cuatro.

$$F_{gata} = 715 \text{ N (lila)}$$

$$F_{platinas} = 627.845 \text{ kg (azul)}$$

$$f_{rp} = 572 \text{ N (rojo)}$$

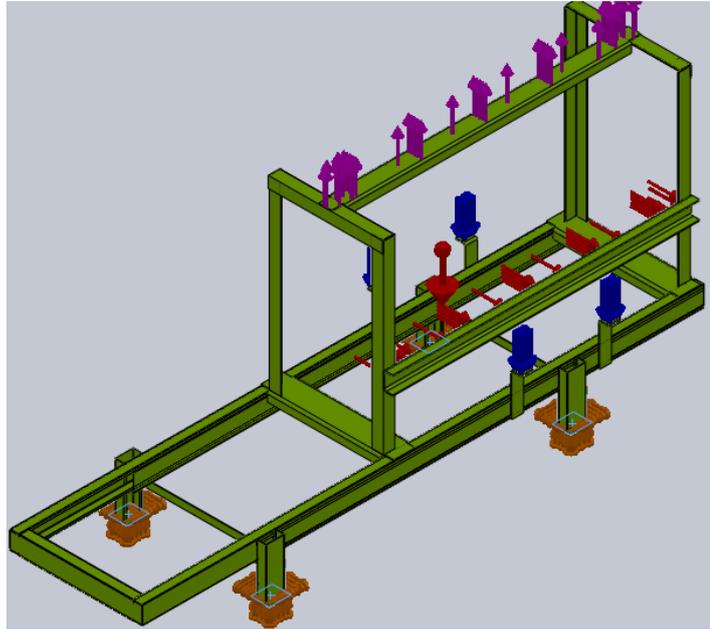


Figura 3. 18 Sujeción y carga del chasis

Fuente: Armas D / Pazmiño J

- Esfuerzos de Von Mises

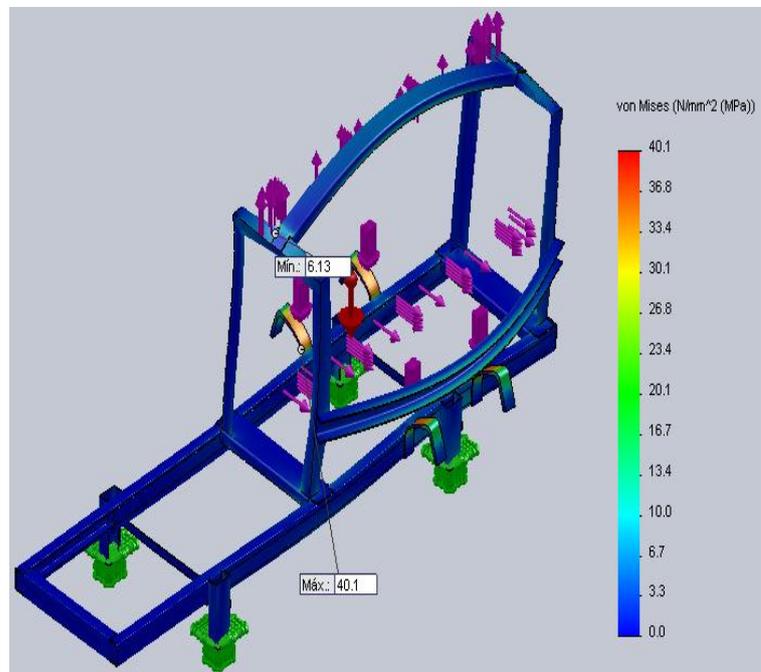


Figura 3. 19 Tensión de Von Mises en la estructura del chasis

Fuente: Armas D / Pazmiño J

Se observa que la máxima tensión de Von Mises en el chasis es de 40.1 MPa y se produce en la platina de sujeción del anillo de rodamientos, sin embargo ésta tensión es menor que el límite de elástico del acero ASTM A36 que es de 250 MPa, por lo tanto, se puede concluir que el chasis puede resistir los esfuerzos producidos cuando el simulador entra en funcionamiento.

- Desplazamientos resultantes

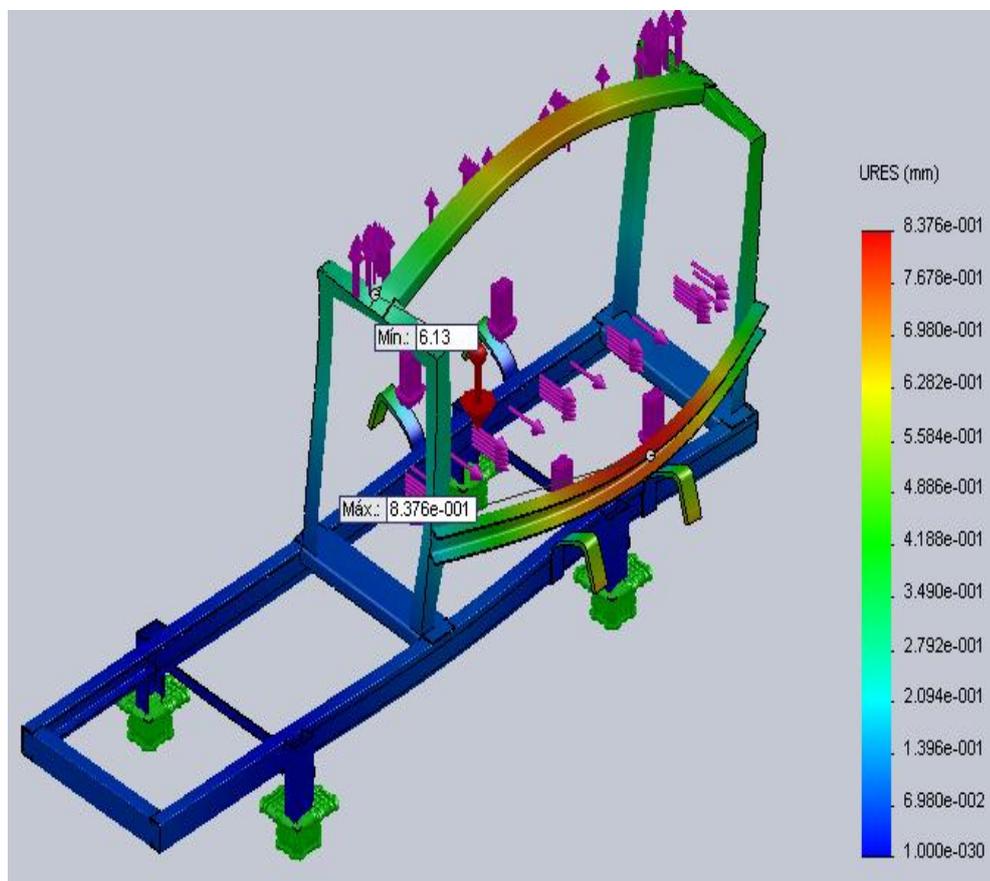


Figura 3. 20 Desplazamientos resultantes en la estructura del chasis

Fuente: Armas D / Pazmiño J

En la figura se observa que en el chasis los desplazamientos máximos ocurren en el perfil horizontal, que es el apoyo de la mesa del y su valor máximo es de 8.376e-001mm, por lo que se considera que éste desplazamiento no afecta al funcionamiento normal y seguro del simulador de neumáticos.

- **Factor de seguridad**

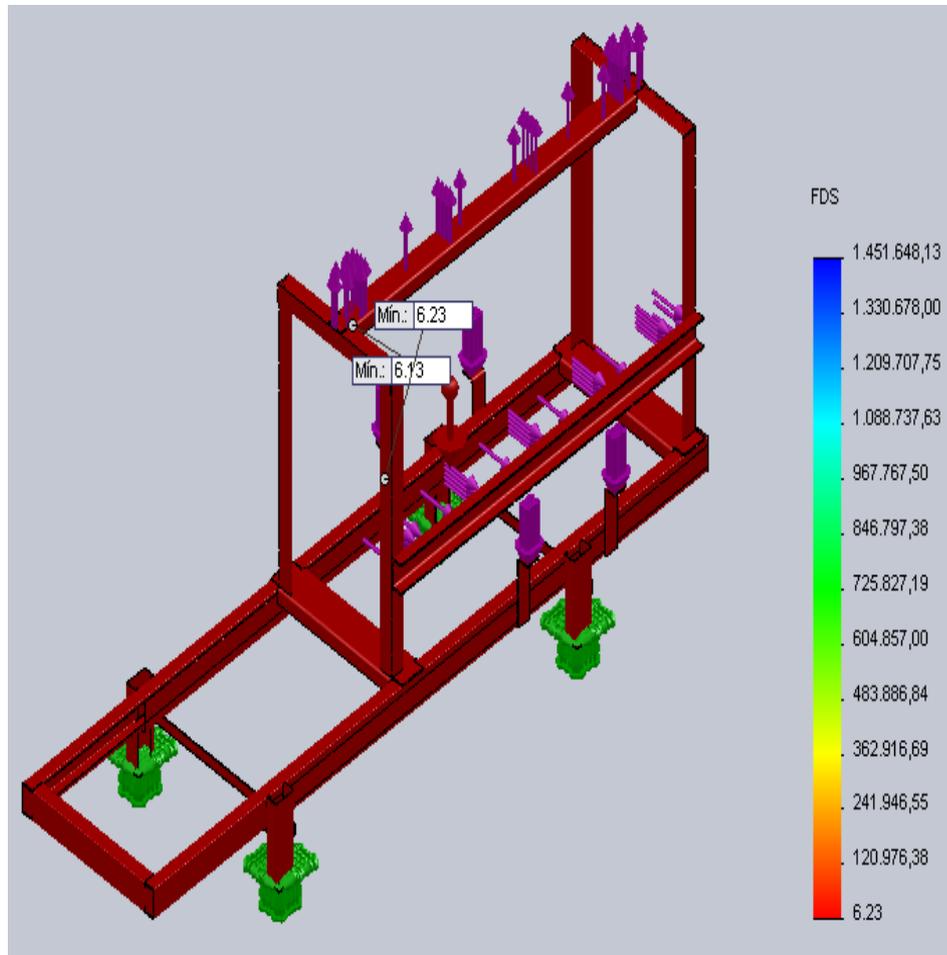


Figura 3. 21 Factor de seguridad en la estructura del chasis

Fuente: Armas D / Pazmiño J

Respecto al factor de seguridad del chasis se observa que es de 6.23. Para factores de diseño el factor de seguridad nos indica que el chasis resiste mas carga y velocidad de la que se esta aplicando, pero cabe volver a mencionar que el riesgo de desprendimiento del concreto de la pista de rodadura a mayor carga y velocidad aumenta debido al grosor de la losa la cual no es la suficiente para resistir grandes cargas.

En resumen la estructura del chasis cumple con las necesidades del simulador.

### 3.7.2 Platinas con rodamientos

- **Asignación de cargas y sujeciones**

Al contar el simulador con 4 conjuntos de platinas con rodamientos, las cargas siendo estas el peso de la pista con la capa de cemento mas la fuerza que ejerce la gata sobre el neumático, se dividen para 4, por consiguiente el valor de la carga es de:

$$F = 490.39 \text{ N}$$

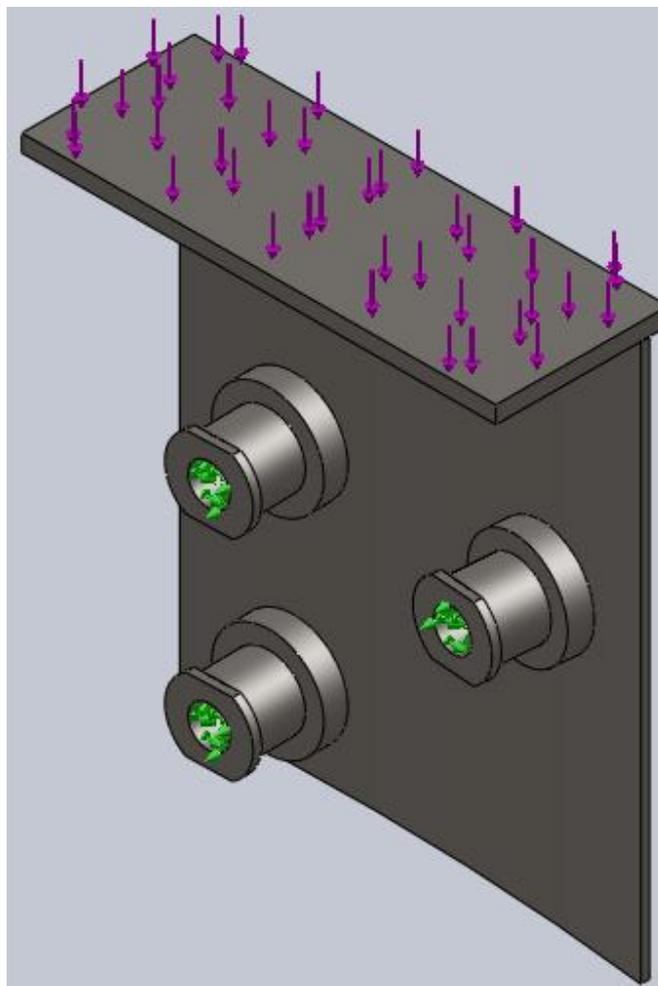


Figura 3. 22 Sujeción y carga a las platinas con rodamientos

Fuente: Armas D / Pazmiño J

- Esfuerzos de Von Mises

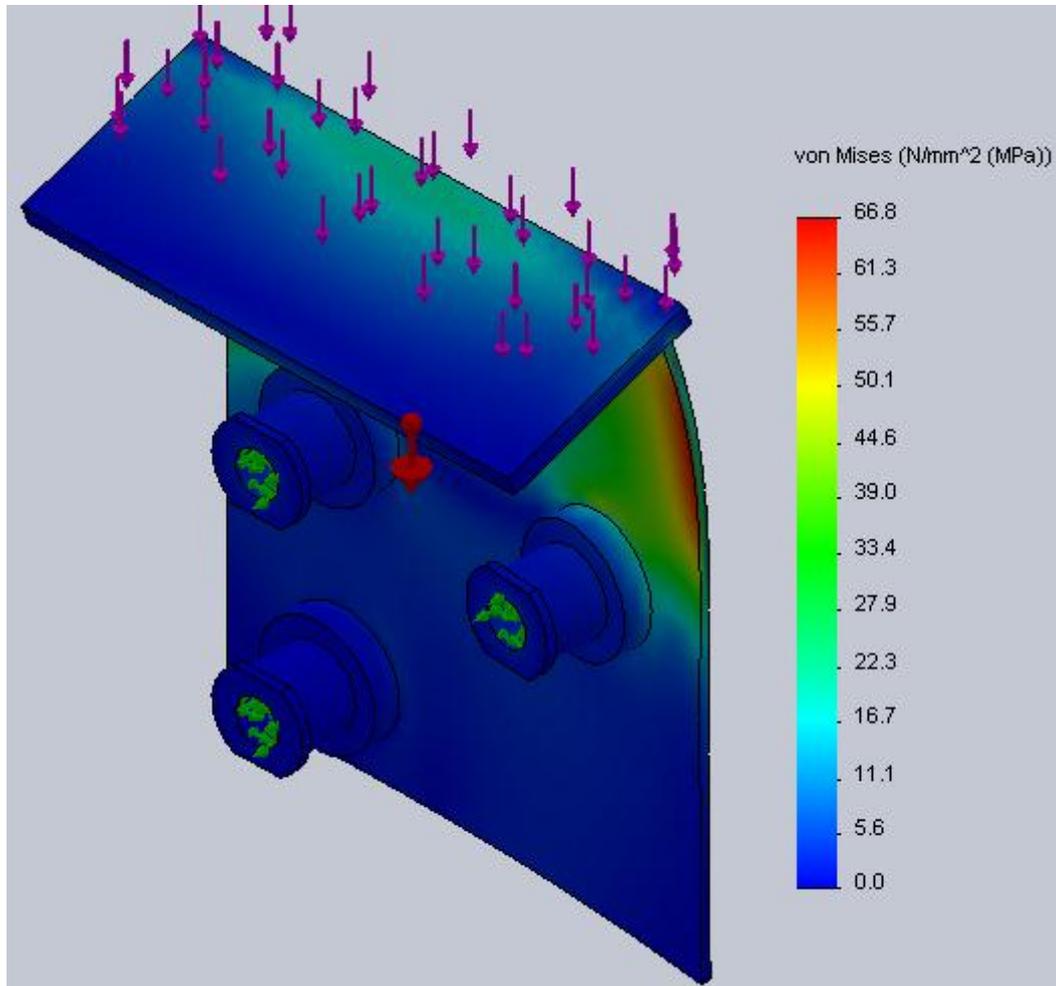


Figura 3. 23 Tensión de Von Mises en las platinas con rodamiento

Fuente: Armas D / Pazmiño J

Se observa que la máxima tensión de Von Mises en la platina con rodamientos es de 66.8MPa, sin embargo ésta tensión es menor que el límite de elástico del acero ASTM A36 que es de 250 MPa, por lo tanto, se puede concluir que las platinas puede resistir los esfuerzos producidos cuando el simulador entra en funcionamiento.

- Desplazamientos resultantes

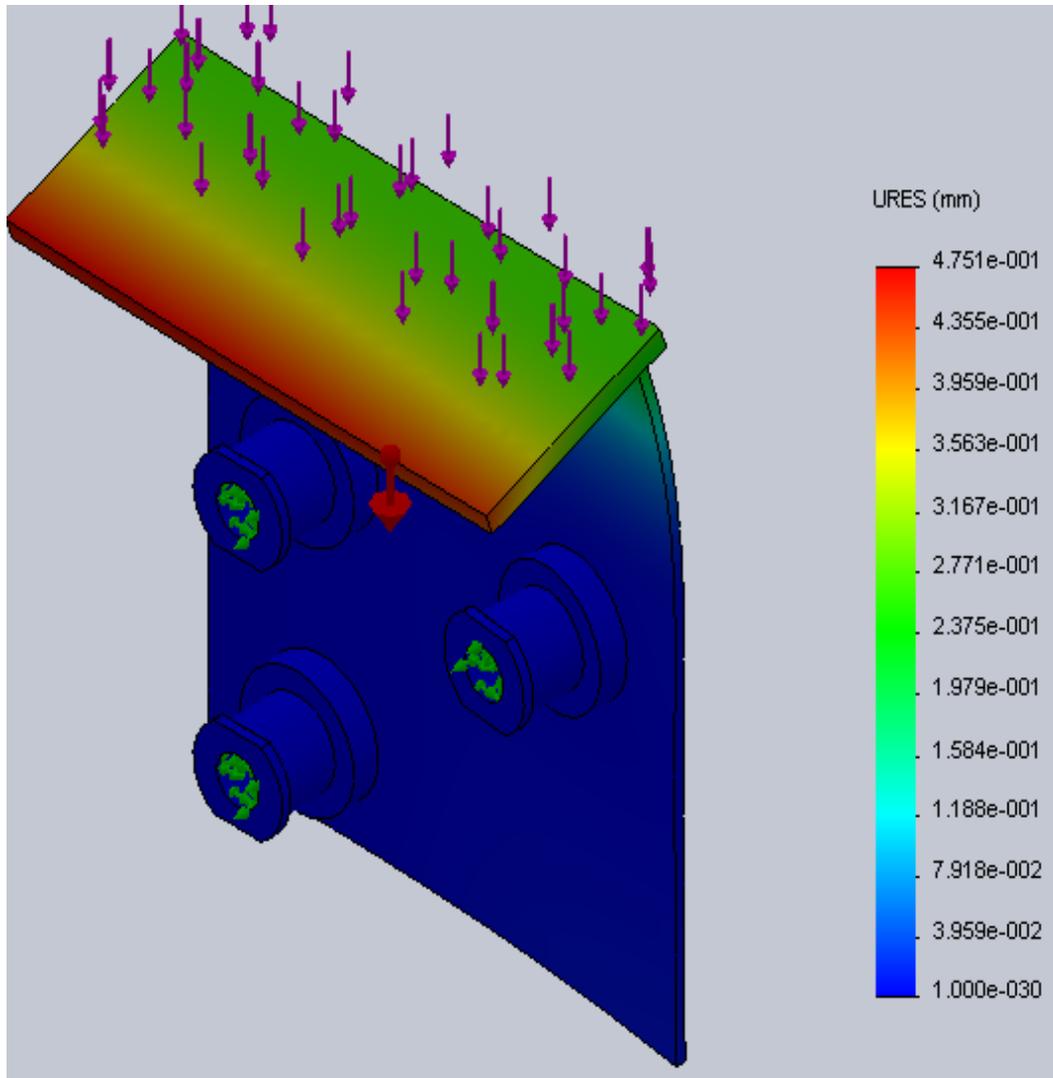


Figura 3. 24 Desplazamientos resultantes en las platinas con rodamientos

Fuente: Armas D / Pazmiño J

En la figura se observa que las platinas con rodamientos, los desplazamientos máximos son de 4.751e-001mm, por lo que se considera que éste desplazamiento no afecta al funcionamiento normal y seguro del simulador de neumáticos.

- Factor de seguridad

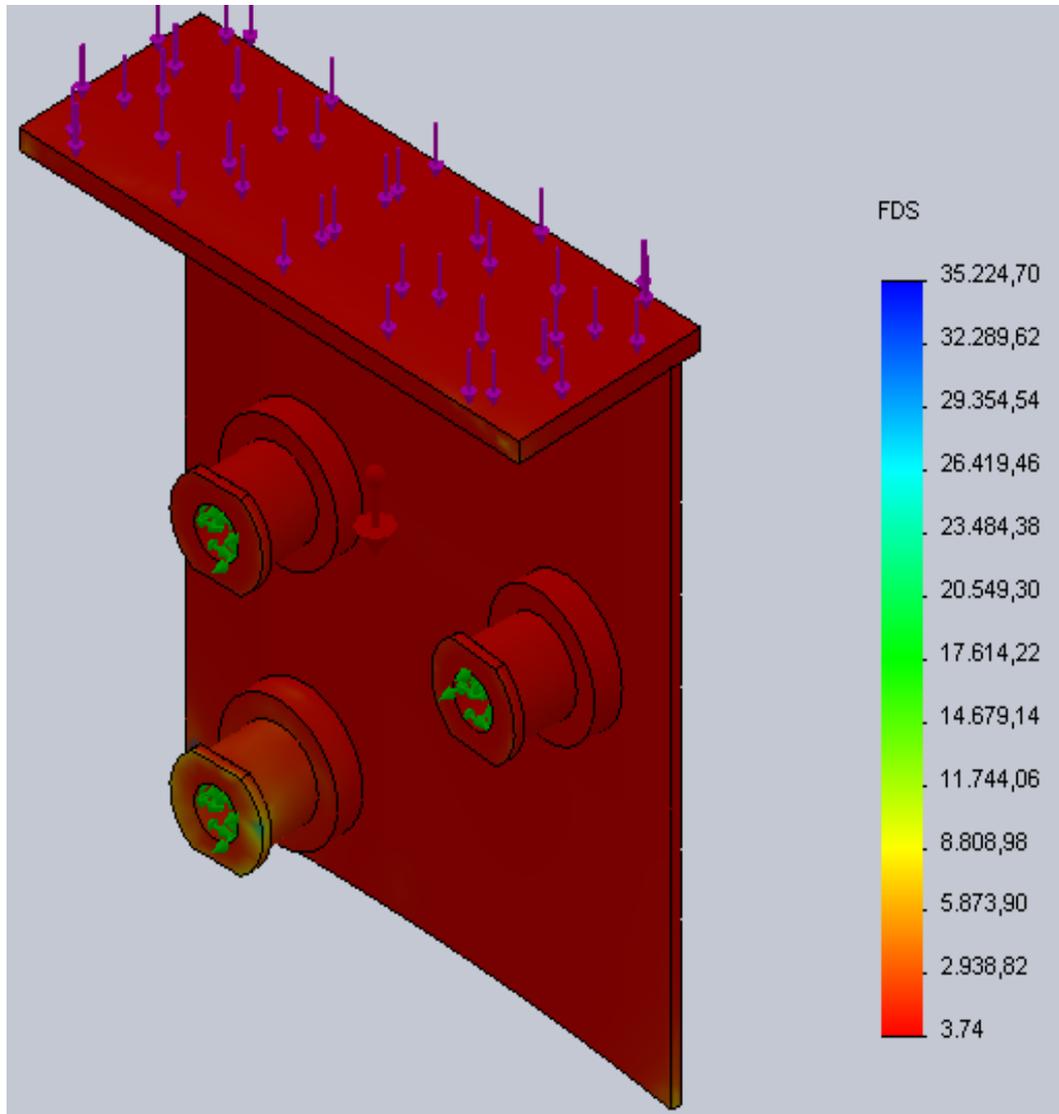


Figura 3. 25 Factor de seguridad de las platinas de rodamientos

Fuente: Armas D / Pazmiño J

El factor de seguridad para las platinas con rodamientos es de 3.74, el cual nos garantiza seguridad en el funcionamiento de la maquina.

### 3.7.3 Anillo de rodamientos

- **Asignación de cargas y sujeciones**

La carga que soporta el anillo es la suma del peso de la pista mas el cemento más la fuerza que ejerce la gata hidráulica.

$$F_{anillo} = 1961.36 N$$

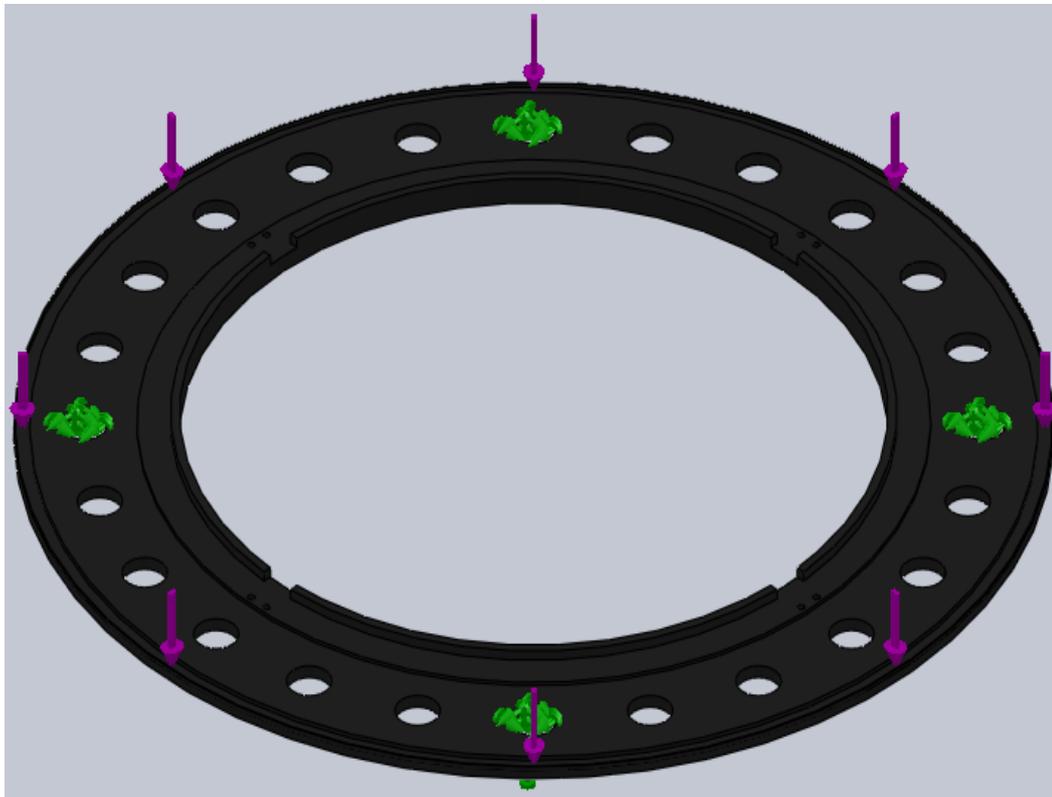


Figura 3. 26 Sujeción y cargas al anillo de rodamientos

Fuente: Armas D / Pazmiño J

- Esfuerzos de Von Mises

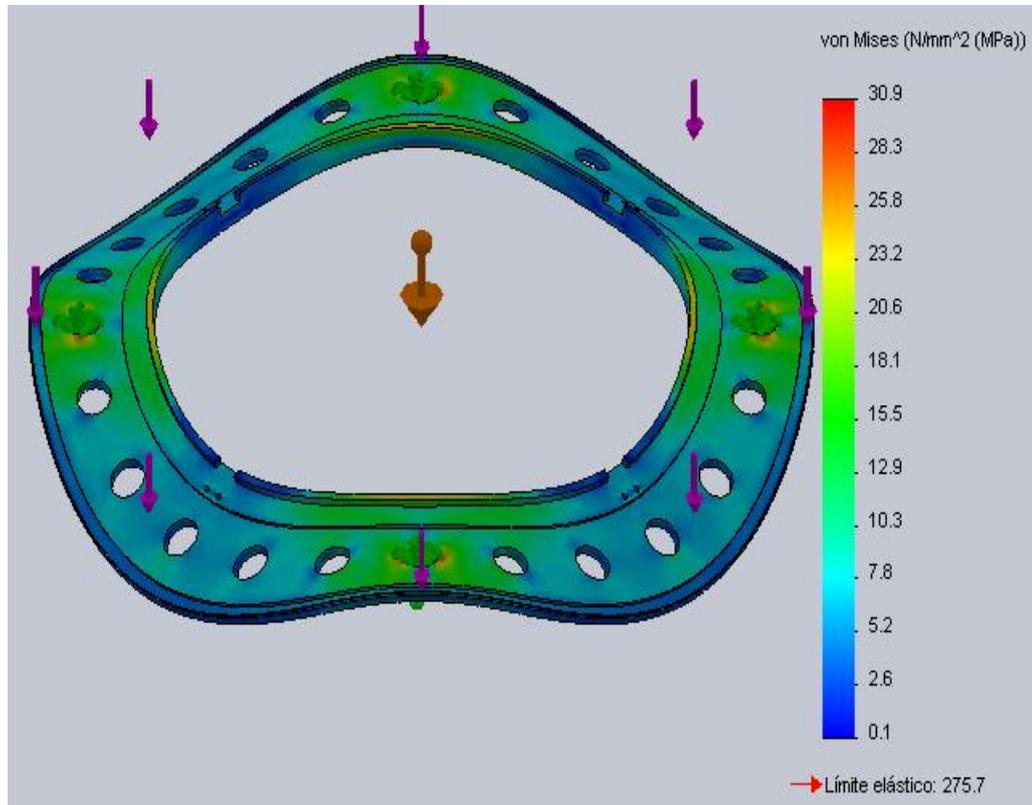


Figura 3. 27 Tensión de Von Mises del anillo de rodamientos

Fuente: Armas D / Pazmiño J

Se observa que la máxima tensión de Von Mises en el anillo de rodamientos es de 30.9MPa, sin embargo ésta tensión es menor que el límite de elástico de la fundición maleable que es de 275.7 MPa, por lo tanto, se puede concluir que el anillo de rodamientos puede resistir los esfuerzos producidos cuando el simulador entra en funcionamiento.

- Desplazamientos resultantes

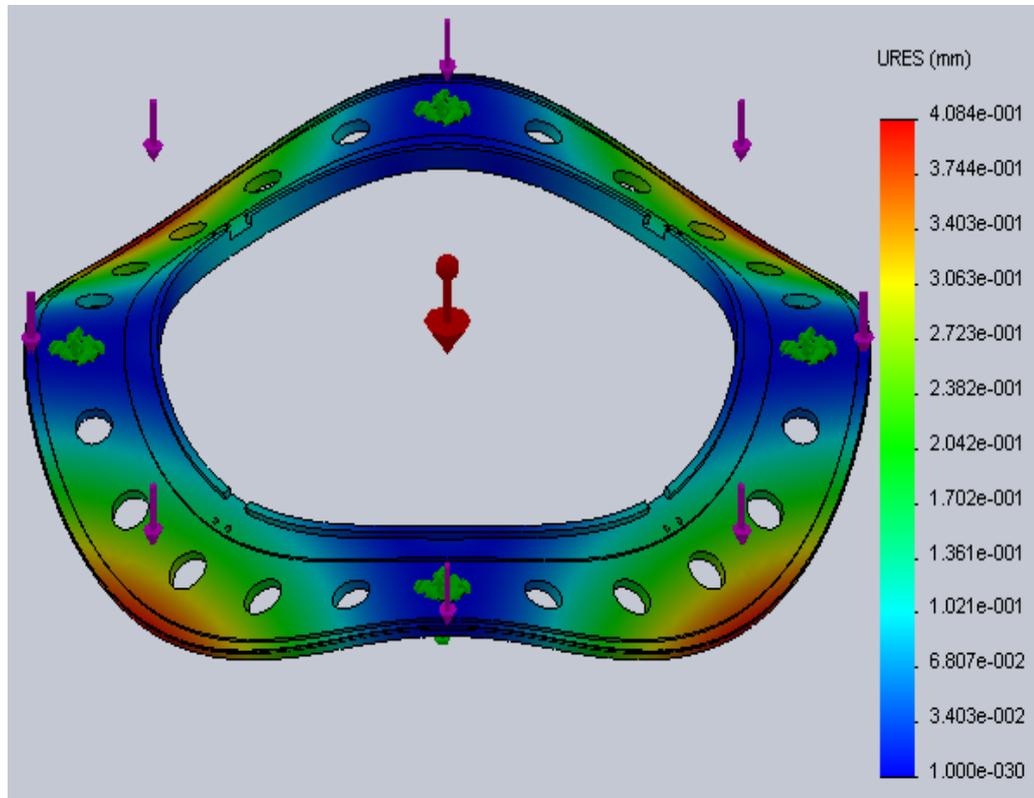


Figura 3. 28 Desplazamientos resultantes del anillo de rodamientos

Fuente: Armas D / Pazmiño J

En la figura se observa que el anillo de rodamientos, los desplazamientos máximos son de 4.084e-001mm, por lo que se considera que éste desplazamiento no afecta al funcionamiento normal y seguro del simulador de neumáticos.

- Factor de seguridad

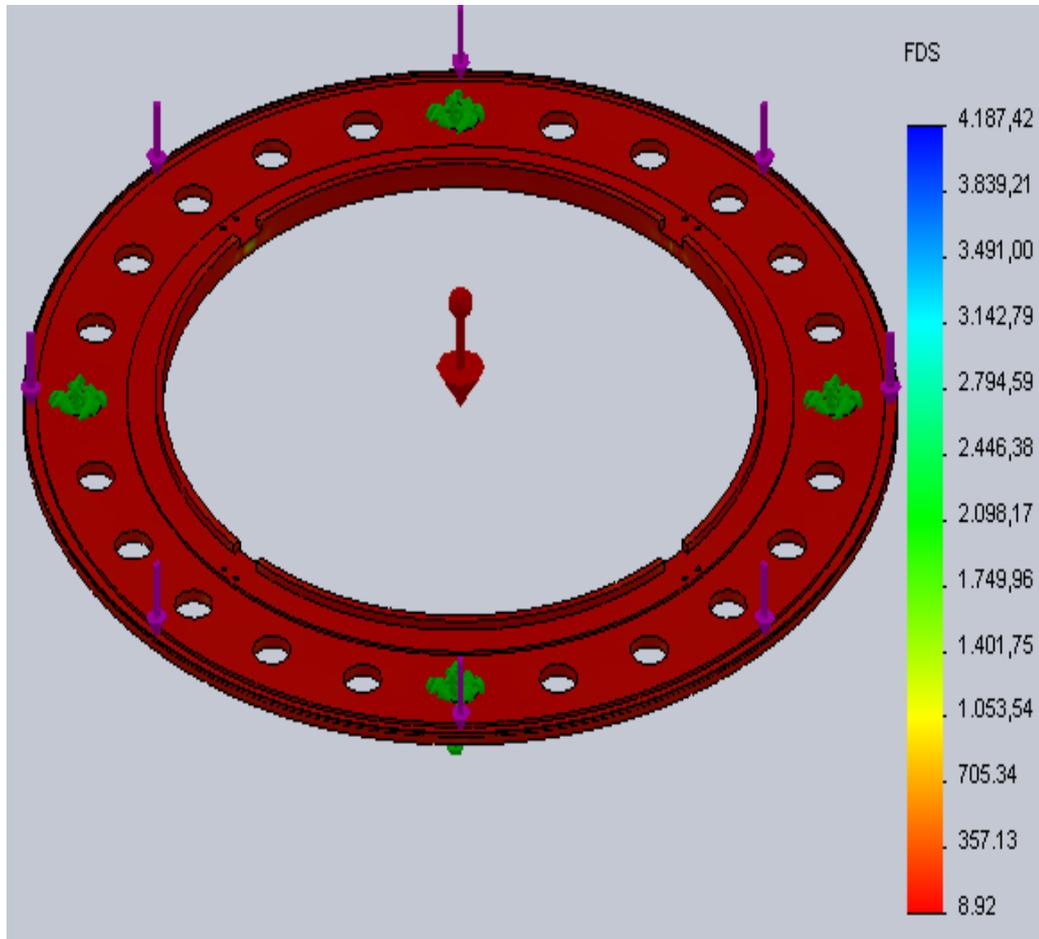


Figura3. 29 Factor de seguridad del anillo de rodamientos

Fuente: Armas D / Pazmiño J

El factor de seguridad para el anillo de rodamientos es de 8.92, de igual manera el factor de seguridad es elevada, pudiendo resistir mayor carga. Este anillo proviene de una maquina de altas prestaciones por lo consecuente el alto factor de seguridad.

### 3.7.4 Pista de rodadura

- Asignación de cargas y sujeción

Las cargas que se producen en las pista de rodadura son producidas por la fuerza que ejerce la gata hidráulica a través del neumático. Dicha carga es de:

$$F_{pista} = 715 \text{ N}$$

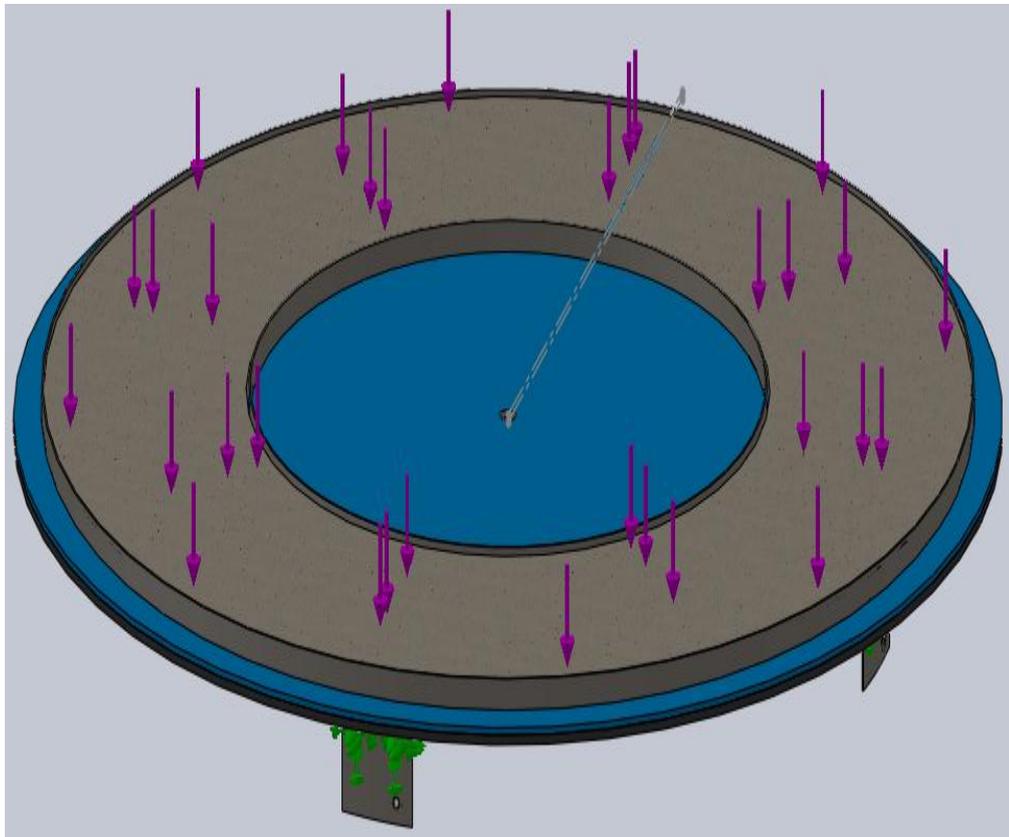


Figura 3. 30 Sujeción y carga a la pista de rodadura

Fuente: Armas D / Pazmiño J

- Esfuerzos de Von Mises

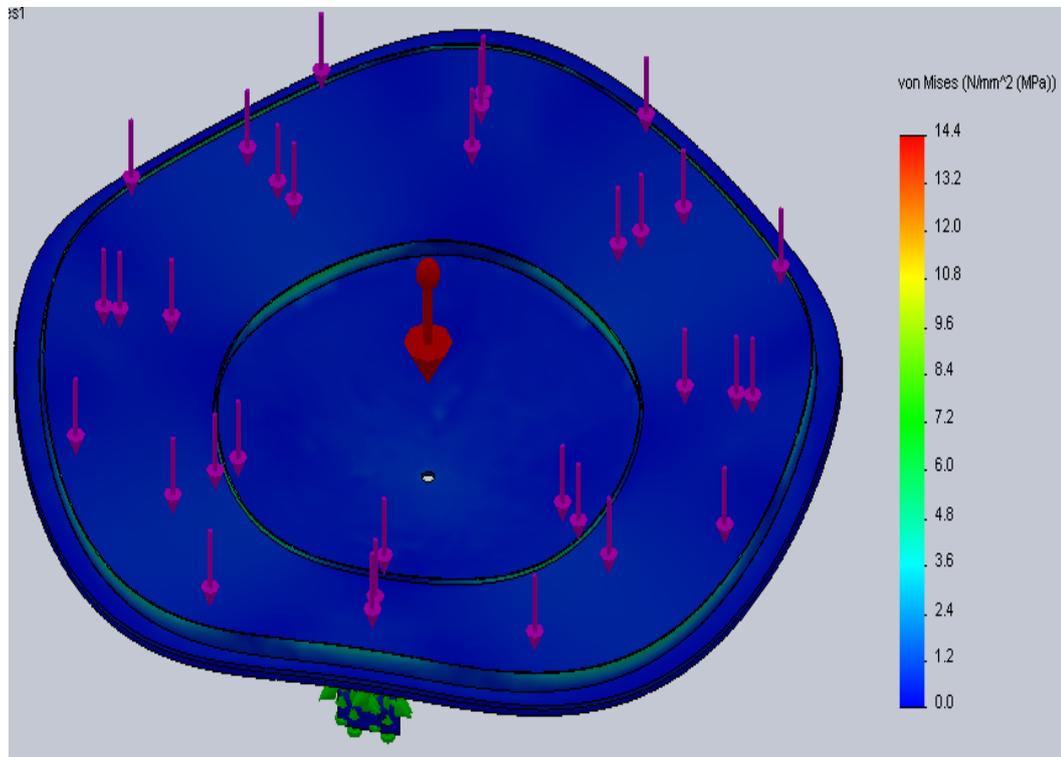


Figura 3. 31 Tensión de Von Mises de la pista de rodadura

Fuente: Armas D / Pazmiño J

Se observa que la máxima tensión de Von Mises en la pista de rodadura es de 14.4MPa, sin embargo ésta tensión es menor que el límite de elástico del acero ASTM A36 que es de 250 MPa, por lo tanto, se puede concluir que la pista de rodadura puede resistir los esfuerzos producidos cuando el simulador entra en funcionamiento.

- Desplazamientos resultantes

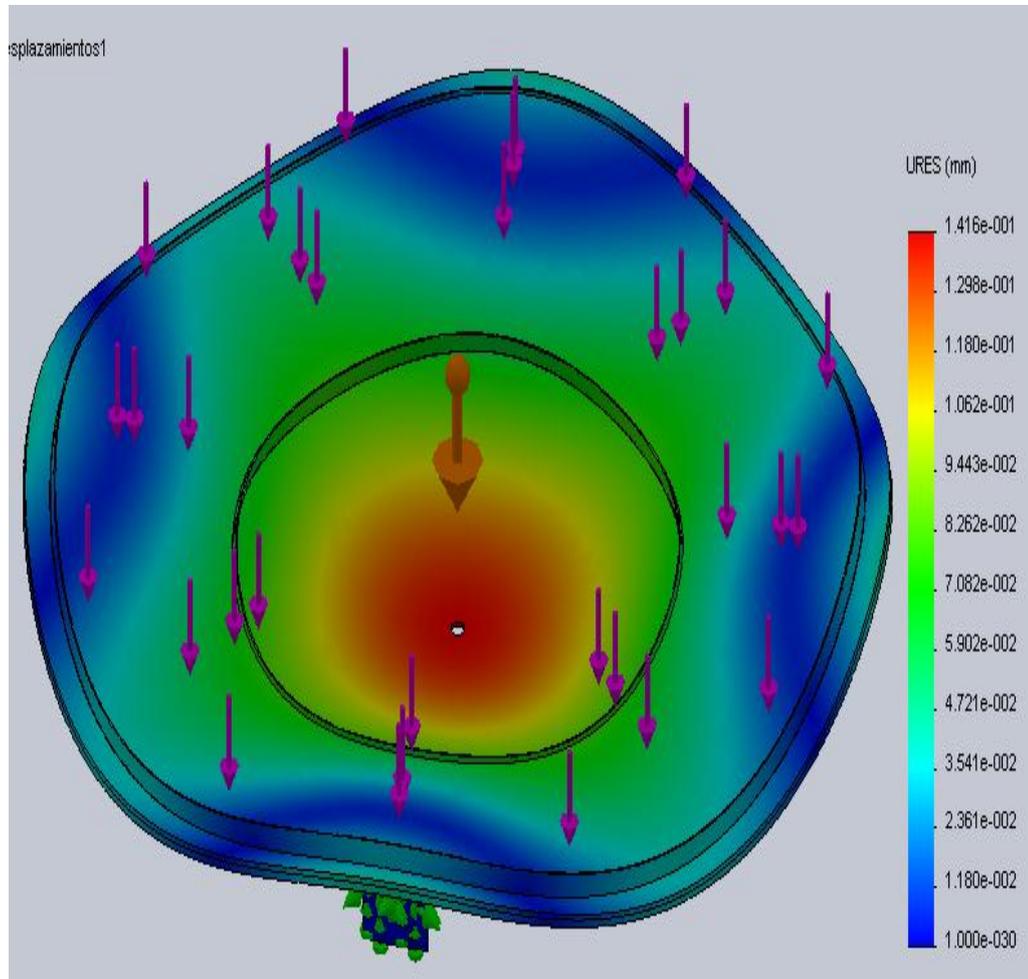


Figura 3. 32 Desplazamientos resultantes de la pista de rodadura

Fuente: Armas D / Pazmiño J

En la figura se observa que la pista de rodadura, los desplazamientos máximos son de 1.416e-001mm, por lo que se considera que éste desplazamiento no afecta al funcionamiento normal y seguro del simulador de neumáticos.

- Factor de seguridad

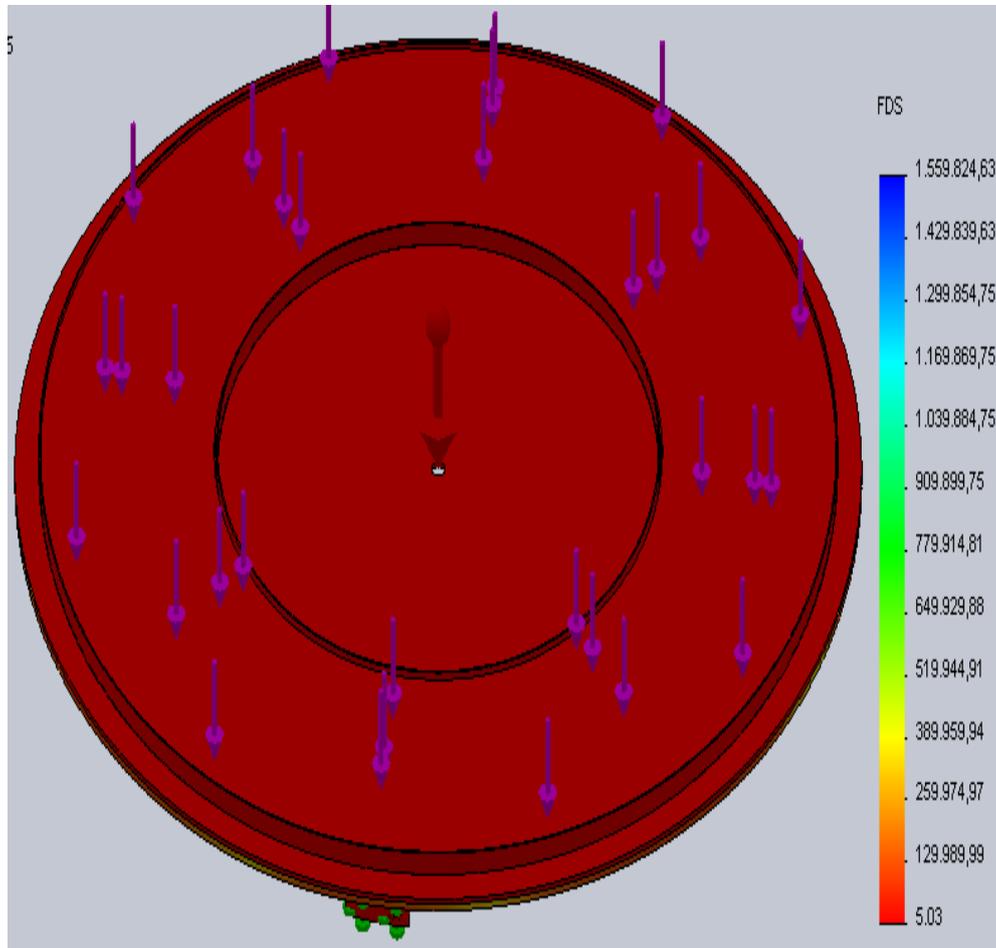


Figura 3. 33 Factor de seguridad de la pista de rodadura

Fuente: Armas D / Pazmiño J

El factor de seguridad para la pista de rodadura es de 5.03, el cual nos garantiza seguridad en el funcionamiento de la maquina.

### 3.7.5 Chumacera

- Asignación de cargas y sujeciones

La carga que actúa en la chumacera son la suma de la fuerza de fricción de la pista de rodadura y la fuerza de fricción del neumático motriz, la fuerza es de:

$$F_{chumacera} = 1195.91 \text{ N}$$

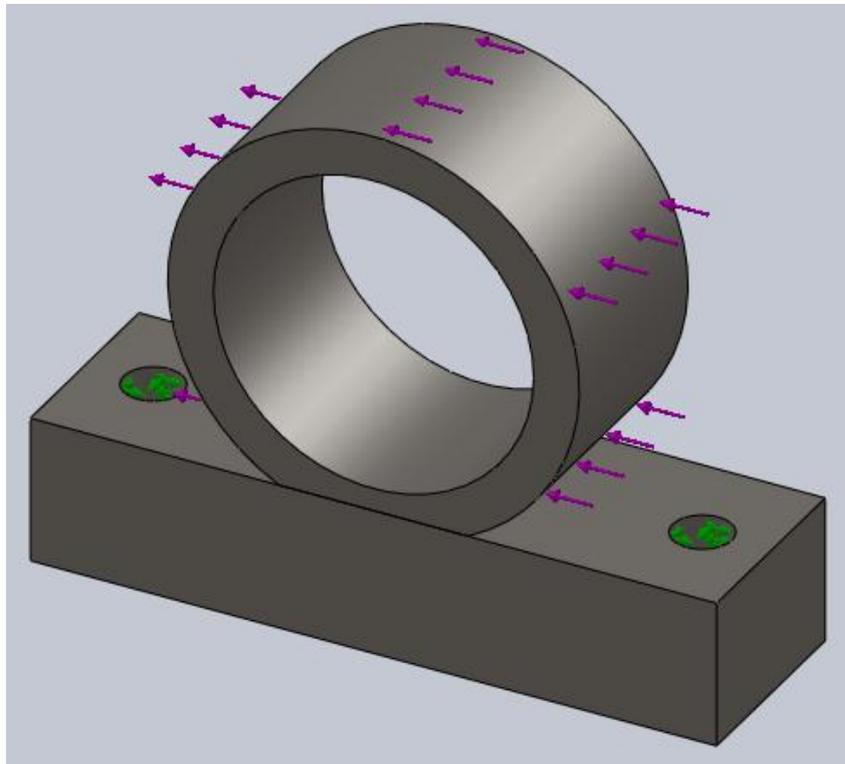


Figura 3. 34 Sujeción y carga a la chumacera

Fuente: Armas D / Pazmiño J

- Esfuerzos de Von Mises

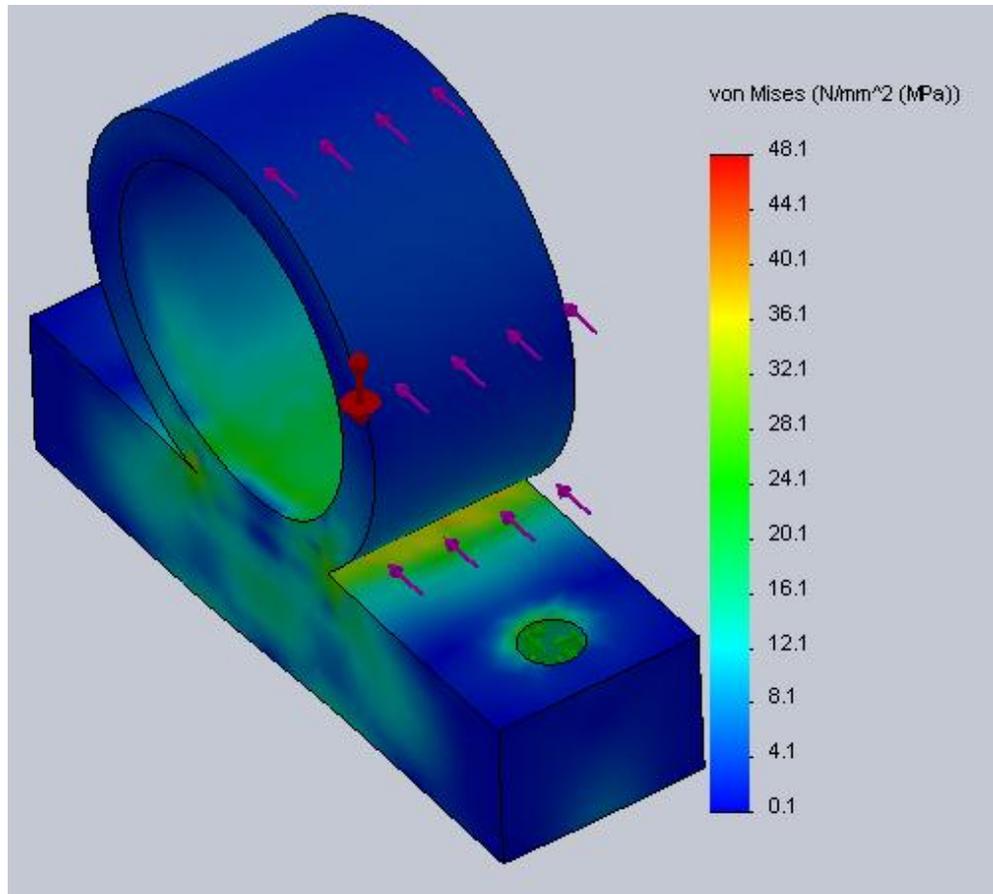


Figura 3. 35 Tensión de von Mises de la chumacera

Fuente: Armas D / Pazmiño J

Se observa que la máxima tensión de Von Mises en la chumacera es de 48.1MPa, sin embargo ésta tensión es menor que el límite de elástico del acero ASTM A36 que es de 250 MPa, por lo tanto, se puede concluir que la chumacera puede resistir los esfuerzos producidos cuando el simulador entra en funcionamiento.

- Desplazamientos resultantes

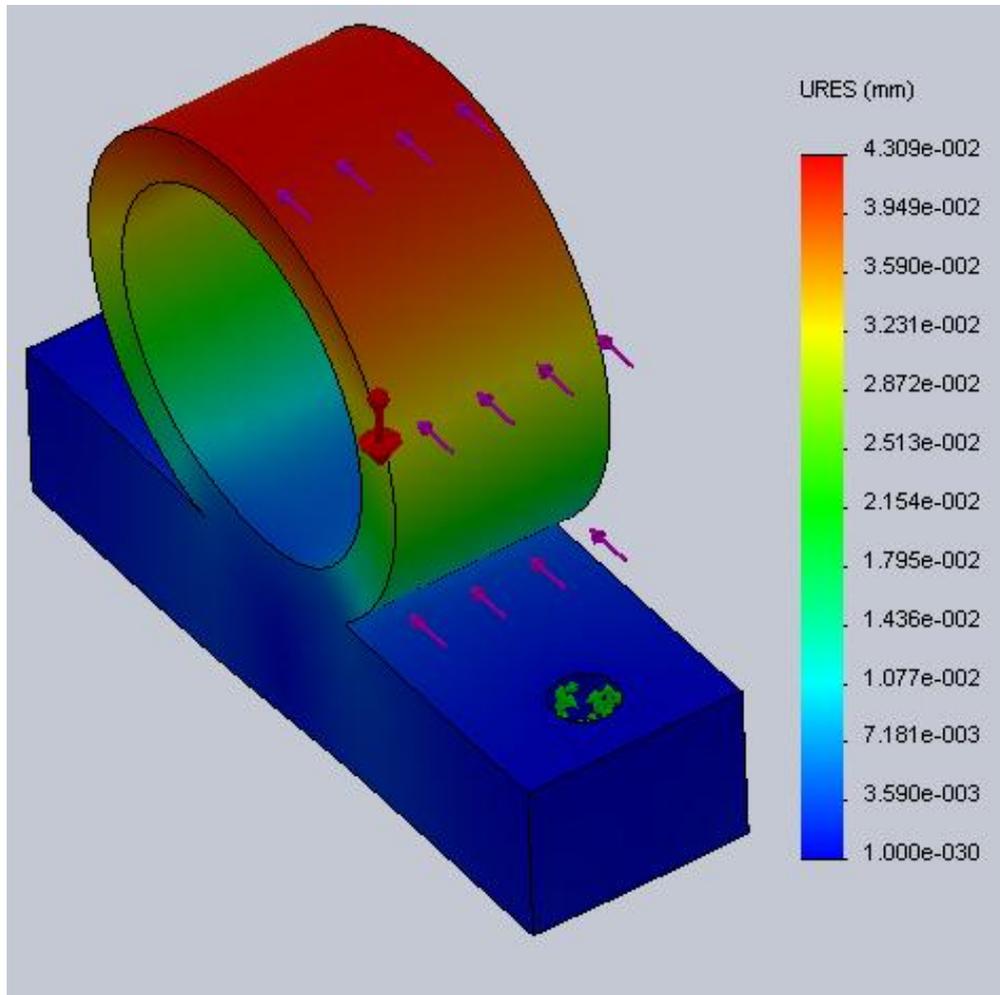


Figura 3. 36 Esfuerzos resultantes de la chumacera

Fuente: Armas D / Pazmiño J

En la figura se observa que chumacera, los desplazamientos máximos son de  $4.309e-002$ mm, por lo que se considera que éste desplazamiento no afecta al funcionamiento normal y seguro del simulador de neumáticos.

- Factor de seguridad

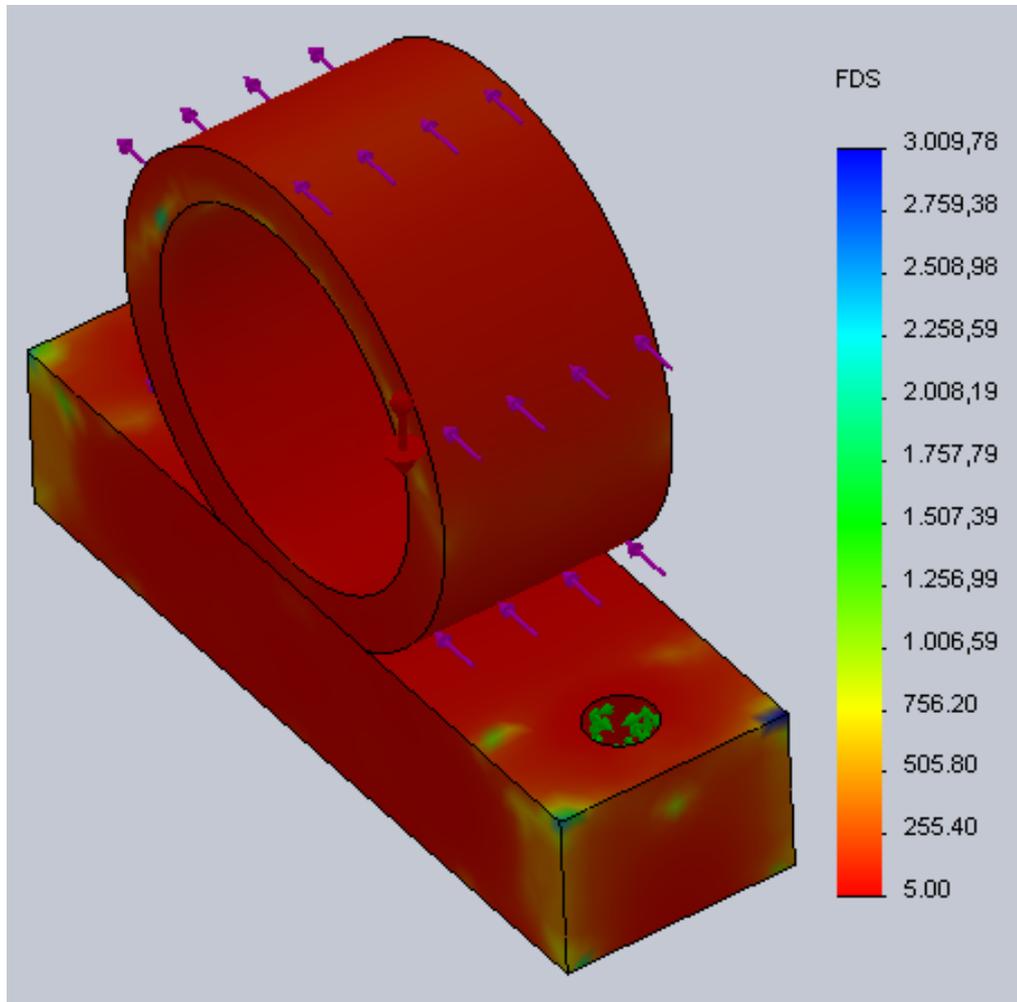


Figura 3. 37 Factor de seguridad de la chumacera

Fuente: Armas D / Pazmiño J

El factor de seguridad para la chumacera es de 5, el cual nos garantiza seguridad en el funcionamiento de la maquina.

### 3.2.4 Eje motriz

- Asignación de cargas y sujeción

La carga de torsión que se produce en el eje motriz es el resultado de la suma del torque producido por la pista de doradura y por el neumático motriz respectivamente. Dicha torsión es de:

$$T_{ejemotriz} = 375.42 \text{ N-m}$$

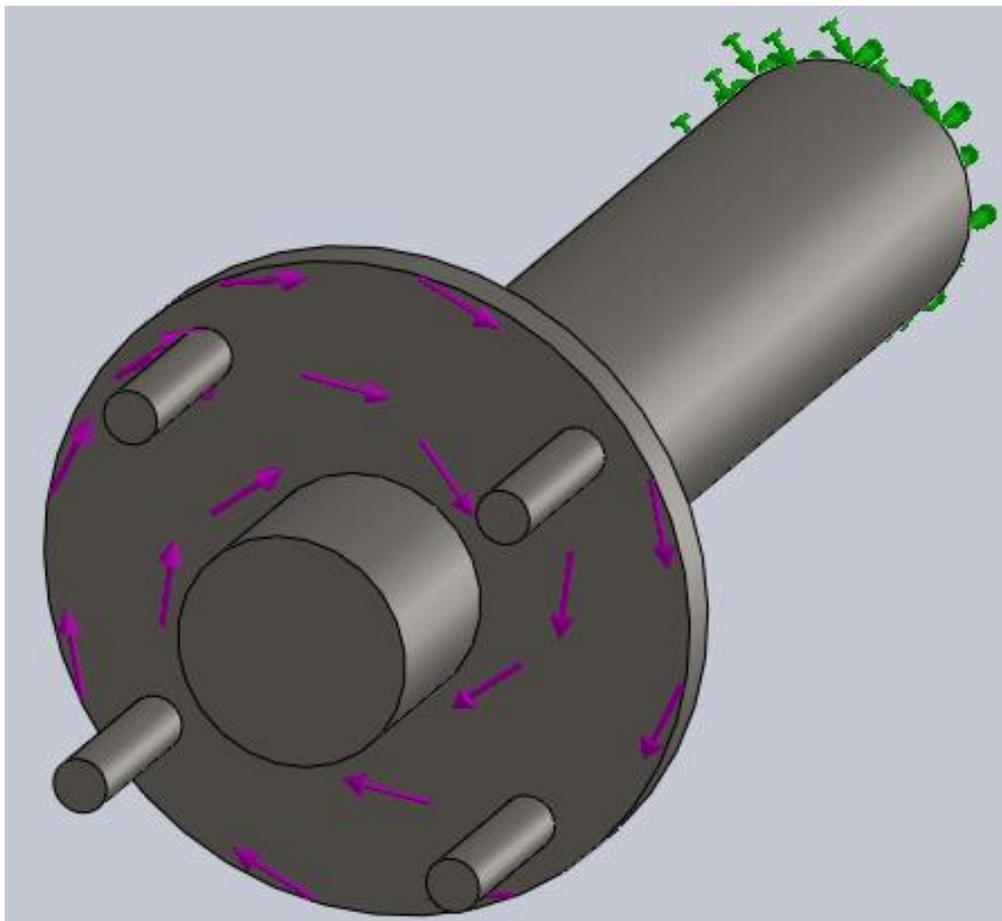


Figura 3. 38 Sujeción y carga al eje motriz

Fuente: Armas D / Pazmiño J

- Esfuerzos de Von Mises

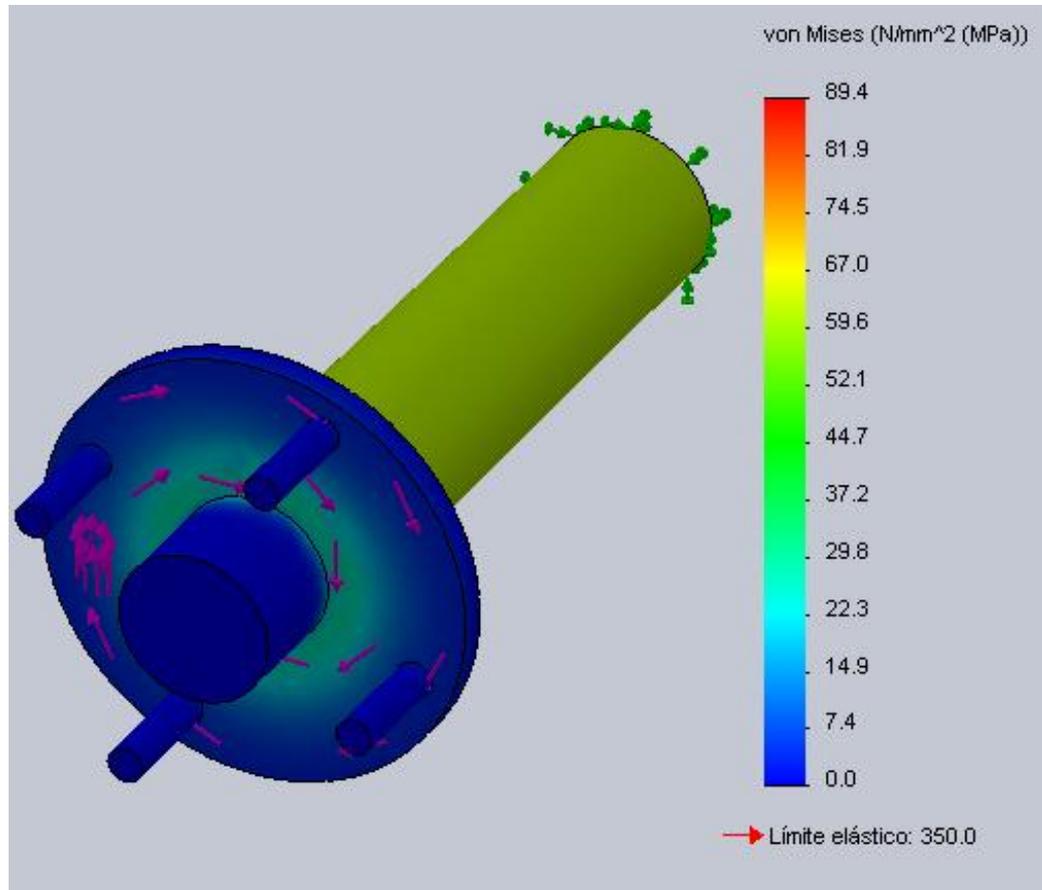


Figura 3. 39 Tensión de Von Mises del eje motriz

Fuente: Armas D / Pazmiño J

Se observa que la máxima tensión de Von Mises en el eje motriz es de 89.4MPa, sin embargo ésta tensión es menor que el límite de elástico del acero AISI 1020 que es de 350 MPa, por lo tanto, se puede concluir que la chumacera puede resistir los esfuerzos producidos cuando el simulador entra en funcionamiento.

- Desplazamientos resultantes

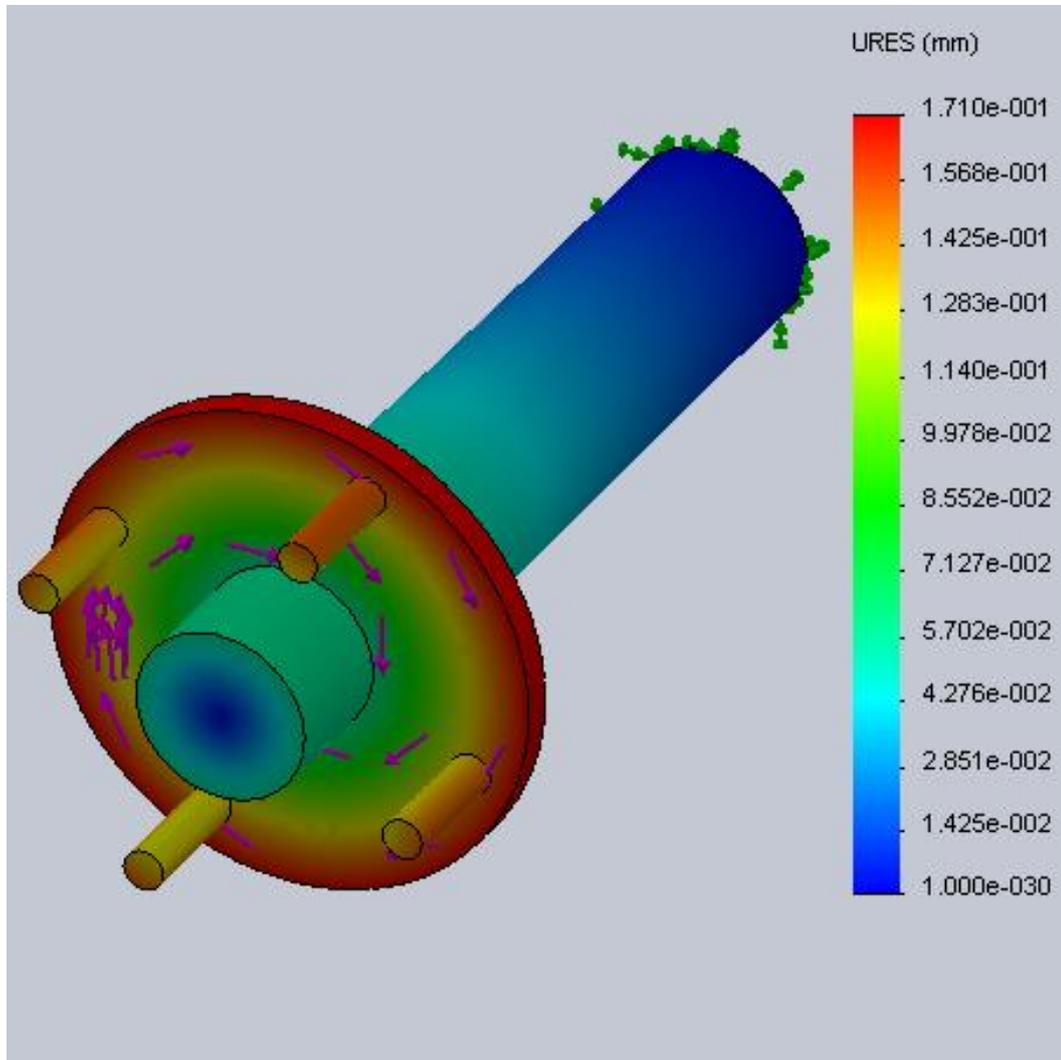


Figura 3. 40 Desplazamientos resultantes del eje motriz

Fuente: Armas D / Pazmiño J

En la figura se observa que en el eje motriz, los desplazamientos máximos son de  $1.71e-001$ mm, por lo que se considera que éste desplazamiento no afecta al funcionamiento normal y seguro del simulador de neumáticos.

- Factor de seguridad

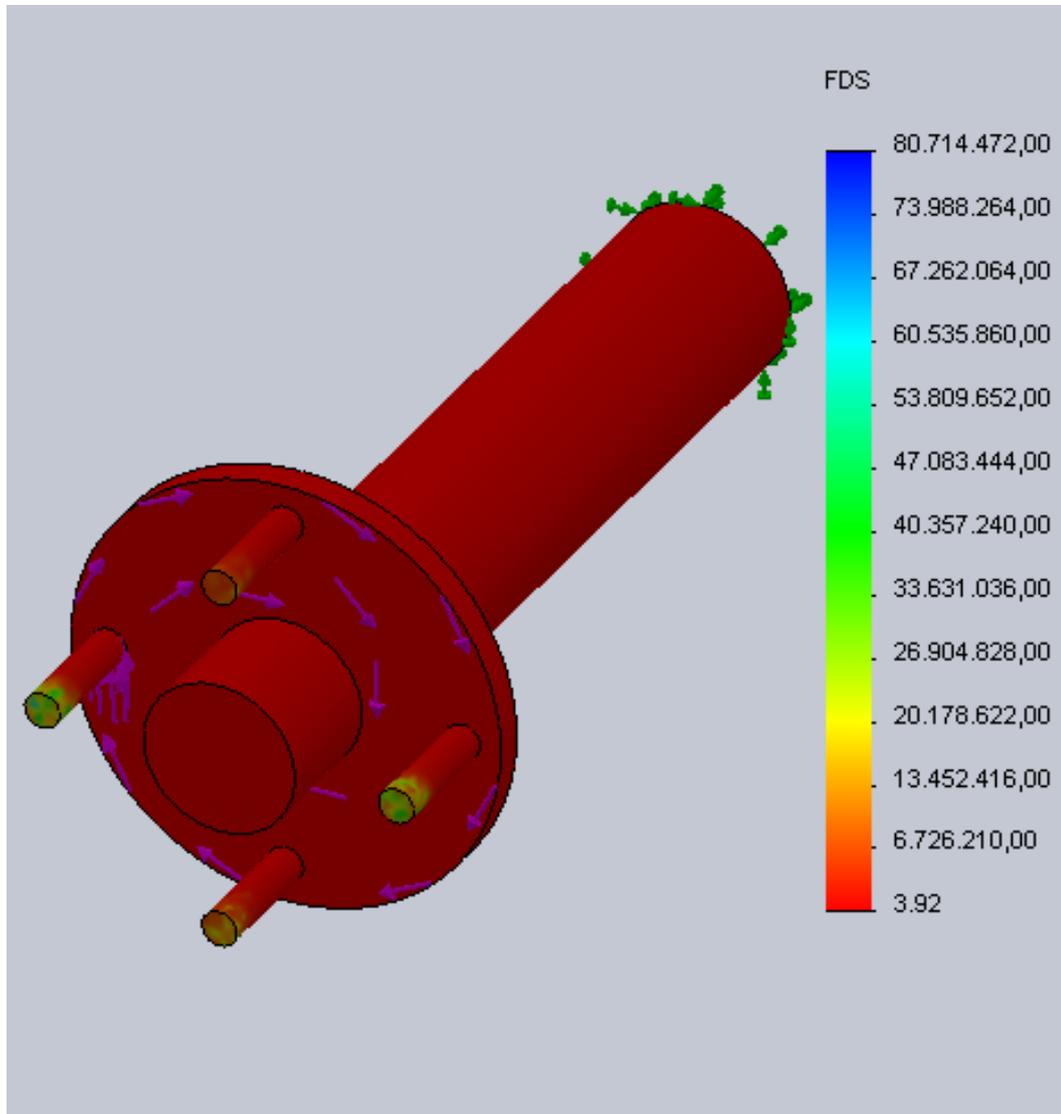


Figura 3. 41 Factor de seguridad del eje motriz

Fuente: Armas D / Pazmiño J

El factor de seguridad del eje motriz es de 3.92, el cual nos garantiza seguridad en el funcionamiento de la maquina.

### 3.8 DISEÑO DEL SIMULADOR Y BANCO DE PRUEBAS PARA LLANTAS NEUMÁTICAS CON CARGAS Y CON EL NEUMÁTICO FRENADO.

El simulador cuenta con un dispositivo de frenado. Que es el mismo empleado en vehículos convencionales.

El freno detiene al neumático y por efectos de carga y fricción el neumático detiene a la pista de rodadura en un tiempo no mayor a 1.5 segundos.

#### 3.8.1 Cálculos para determinar la fuerza de frenado

Datos:

$$m_p = 127.2 \text{ Kg}$$

$$v = 0 \text{ Km/h}$$

$$v_0 = 50 \text{ Km/h} = 13.88 \text{ m/s}$$

$$t = 1.5 \text{ s}$$

$$f_{rp} = 572.04 \text{ N}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t} \quad \text{Ec. 3.13}$$

$$a = \frac{0 - 13.88 \text{ m}}{1.5 \text{ s}} = -9.25 \text{ m/s}^2$$

A continuación, mediante un análisis cinético de la pista de rodadura se procede a calcular de la fuerza de fricción requerida para detener la pista.

$$\sum F = m * a \quad \text{Ec. 3.14}$$

$$-F_{rr} = 127.5 \text{ Kg} (-9.25 \text{ m/s}^2)$$

$$F_{rr} = 1179.37 \text{ N}$$

La fuerza de frenada es de:

$$F_{rf} = F_{rp} + F_{rr} \quad \text{Ec. 3.15}$$

$$F_{rf} = 572.04 \text{ N} + 1179.37 \text{ N} = 1751.41 \text{ N}$$

Donde:

$m_p$  = masa de la pista de rodadura

$v$  = velocidad final

$v_0$  = velocidad inicial

$t$  = tiempo de frenado

$f_{rp}$  = fuerza de fricción de la pista

$f_{rr}$  = fuerza de fricción requerida para detener la pista

### 3.8.2 Diseño de la estructura

- Asignación de cargas y sujeciones

De igual manera que en la sección 3.8.1 las sujeciones y las fuerzas aplicadas son las mismas a diferencia que la fuerza aplicada en el perfil horizontal (fuerza roja) es mayor, debido a que esta sometida a la fuerza de frenado. Dicha carga es de:

$$F_{frenado} = 1751.41 N$$

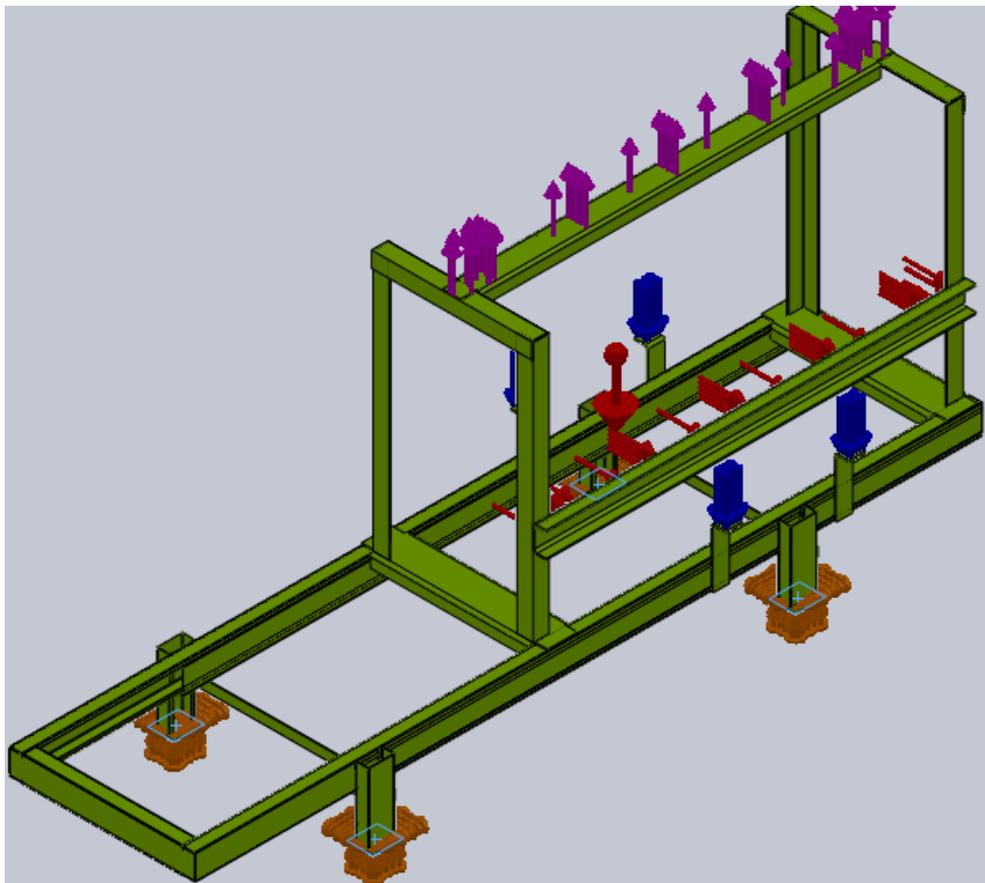


Figura 3. 42 Sujeción y cargas al chasis

Fuente: Armas D / Pazmiño J

- Esfuerzos de Von Mises

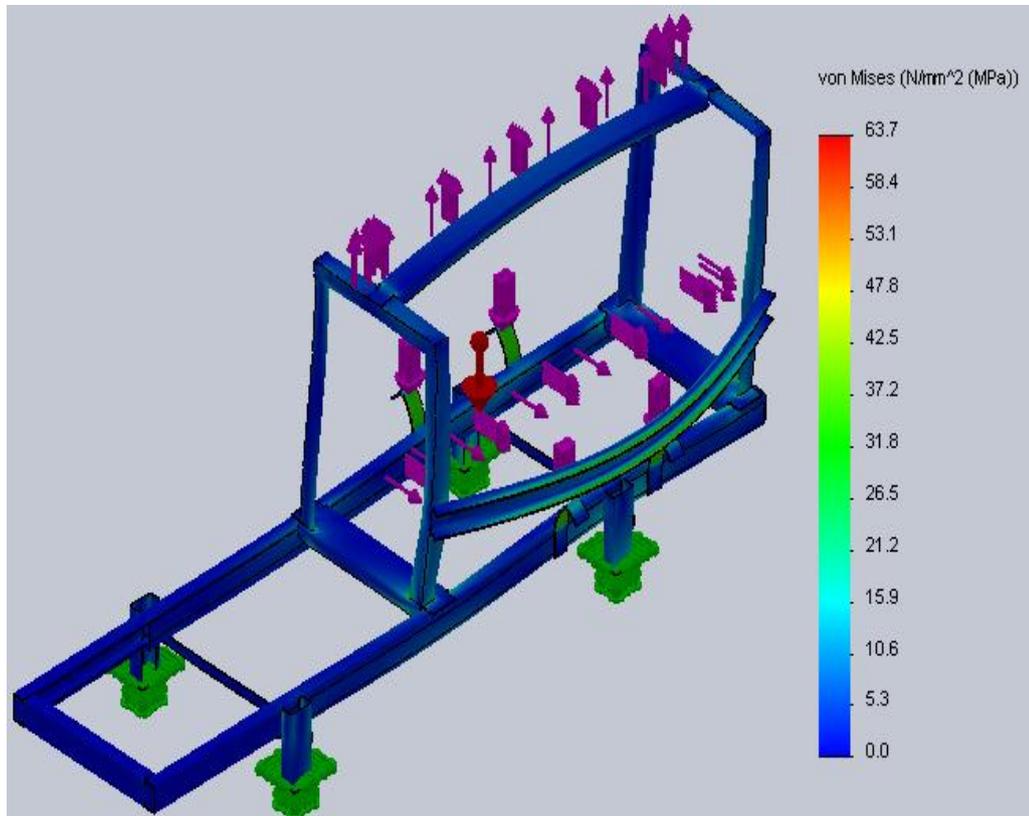


Figura 3. 43 Tensión de Von Mises de la estructura del chasis

Fuente: Armas D / Pazmiño J

Se observa que la máxima tensión de Von Mises en el chasis es de 63.7 MPa, 23.6 MPa mas que el resultado anterior (sección 3.8.1) sin embargo se encuentra dentro del limite elástico del acero ASTM A36 que es de 250 MPa, por lo tanto, se puede concluir que el chasis puede resistir los esfuerzos producidos cuando el simulador es sometido a una frenada brusca.

- Desplazamientos resultantes

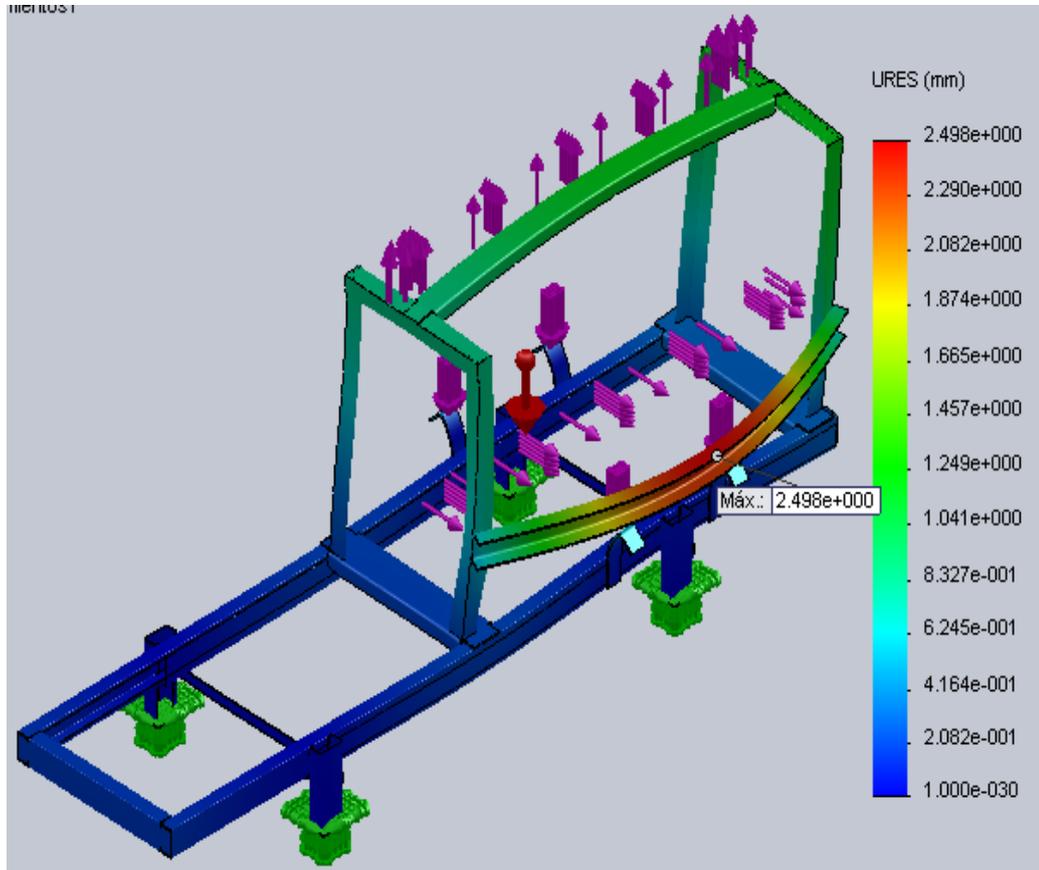


Figura 3. 44 Desplazamientos resultantes de la estructura del chasis

Fuente: Armas D / Pazmiño J

En la figura se observa que en el chasis los desplazamientos máximos ocurren en el perfil horizontal, que es el apoyo de la mesa, lo cual es lógico por ser la parte donde revive toda la fuerza de frenado. Su valor máximo es de 2.498 mm, por lo que se considera que éste desplazamiento no afecta al funcionamiento normal y seguro del simulador de neumáticos.

- Factor de seguridad

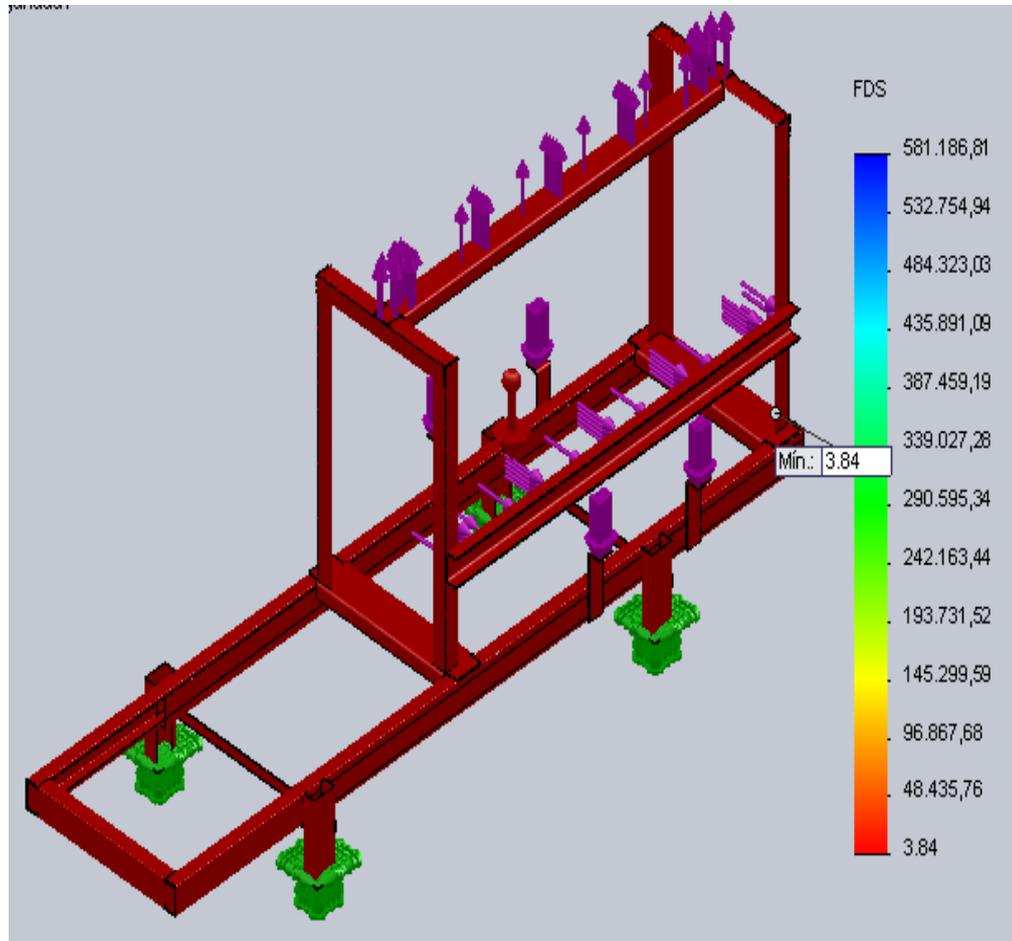


Figura 3. 45 Factor de seguridad de la estructura del chasis

Fuente: Armas D / Pazmiño J

Respecto al factor de seguridad del chasis se observa que es de 3.84, 2.39 menos que en el caso anterior. Sin embargo el diseño sigue siendo muy seguro para el funcionamiento y para la seguridad de los operarios y de las personas que lo rodean.

### 3.9 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

El simulador y banco de pruebas para llantas neumáticas esta conformado por varios rodamientos los cuales permiten el movimiento de la pista como el del neumático motriz.

Para poder seleccionar correctamente lo rodamientos, utilizaremos los resultados obtenidos en la sección 3.3

#### 3.9.1 Selección de rodamientos para el movimiento de la pista de rodadura

Para poder seleccionar el rodamiento adecuado se tomara en cuenta los siguientes parámetros:

- El rodamiento será de una hilera de bolas y ranura profunda por tener una buena capacidad de carga radial.<sup>20</sup>

Tabla 3. 6 Comparación de los tipos de rodamientos

Fuente: MOTT, Robert: "Diseño de Elementos de Máquinas" pag. 600, cuarta edición

Tipo de rodamiento	Capacidad de carga radial	Capacidad de carga de empuje	Capacidad desalineamiento
Una hilera de bolas, con ranura profunda	Buena	Regular	Regular
Doble hilera de bolas, con ranura profunda	Excelente	Buena	Regular
Contacto angular	Buena	Excelente	Mala
Rodillos cilíndricos	Excelente	Mala	Regular
Agujas	Excelente	Mala	Mala
Rodillos esfericos	Excelente	Regular a buena	Excelente
Rodillos conicos	Excelente	Excelente	Mala

<sup>20</sup> MOTT, Robert: "Diseño de Elementos de Máquinas" pag. 600, cuarta edición, 2006, México, Editorial Pearson Education

- El rodamiento deberá soportar una carga de 245.19 N (55.11 lb), debido a que la carga total (1961.56 N) se divide para el número de rodamientos que en este caso son 8.
- El rodamiento gira a 41666.56 rpm, por la relación de transmisión que existe entre el diámetro de la pista de rodadura (1.04m) y el diámetro asumido para el rodamiento (0.04m).

$$\frac{\omega_r}{\omega_p} = \frac{D_p}{D_r} \quad \text{Ec. 3.16}$$

$$\frac{\omega_r}{1602.56} = \frac{1.04m}{0.04m}$$

$$\omega_r = 41666.56 \text{ rev}/\text{min}$$

Donde:

$D_p$  = diámetro de la pista de rodadura

$D_r$  = diámetro asumido del rodamiento

$\omega_p$  = velocidad angular de la pista

$\omega_r$  = velocidad angular del rodamiento

- El rodamiento será montado en un eje cuyo diámetro mínimo aceptable es de 16mm. Cabe mencionar que la pista exterior del rodamiento es la que gira.
- Las horas de funcionamiento recomendadas para el rodamiento es de 5000 horas.<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> MOTT, Robert: "Diseño de Elementos de Máquinas" pag. 612, cuarta edición, 2006, México, Editorial Pearson Education

Tabla 3.7 Duración recomendada para rodamientos

Fuente: MOTT, Robert: "Diseño de Elementos de Máquinas" pag. 612, cuarta edición

Aplicación	Duración de Diseño $L_{10}$ , h
Electrodomésticos	1000 - 2000
Motores de aviación	1000 - 4000
Automotores	1500 - 5000
Equipo agrícola	3000 - 6000
Elevadores, ventiladores industriales, transmisiones de usos múltiples	8000 - 15000
Motores eléctricos, sopladores industriales, maquinas industriales en general	20000 - 30000
Bombas y compresores	40000 - 60000
Equipo critico en funcionamiento durante 24h	100000 - 200000

### Cálculos:

- Carga equivalente

Como anteriormente se menciona la pista del exterior del rodamiento es la gira por lo tanto el factor de rotación ( $V$ ) es de  $1.2^{22}$

$$P = VR \quad \text{Ec. 3.17}$$

$$P = 1.2 * 55.11 \text{ lb}$$

$$P = 66.132 \text{ lb}$$

Donde:

$P$  = carga equivalente

$V$  = factor de rotación

$R$  = carga radial aplicada

- Numero de revoluciones de diseño para el rodamiento.

Viene dada por la siguiente formula.

$$L_d = h * rpm * 60 \text{ min}/h \quad \text{Ec. 3.18}$$

<sup>22</sup> MOTT, Robert: "Diseño de Elementos de Máquinas" pag. 613, cuarta edición, 2006, México, Editorial Pearson Education

$$L_d = 5000h * 41666.56 \text{ rev}/\text{min} * 60 \text{ min}/h$$

$$L_d = 1.25 * 10^{10} \text{ rev}$$

Donde:

h = horas de funcionamiento

rpm = revoluciones del rodamiento

- Capacidad de carga dinámica básica requerida

Es la carga con la cual pueden funcionar los rodamientos para alcanzar una duración nominal ( $L_{10}$ ) de un millón de revoluciones (rev).<sup>23</sup>

$$C = P_d \left( \frac{L_d}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}} \quad \text{Ec. 3.18}$$

$$C = 66.132 \text{ lb} \left( \frac{1.25 * 10^{10} \text{ rev}}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C = 1534.78 \text{ lb}$$

Donde:

$P_d$  = carga equivalente

k = 3 para los rodamientos de bolas

Una vez realizado los cálculos correspondientes, se procede a seleccionar el rodamiento adecuado mediante la siguiente tabla.<sup>24</sup>

---

<sup>23</sup> MOTT, Robert: "Diseño de Elementos de Máquinas" pag. 611, cuarta edición, 2006, México, Editorial Pearson Education

<sup>24</sup> MOTT, Robert: "Diseño de Elementos de Máquinas" pag. 607, cuarta edición, 2006, México, Editorial Pearson Education

Tabla 3.8 Datos para seleccionar rodamientos de una hilera de bolas y ranura profunda tipo Conrad

Fuente: MOTT, Robert: "Diseño de Elementos de Máquinas" pag. 607, cuarta edición

Número de rodamiento	Dimensiones nominales del rodamiento							Diámetro de escalón preferido		Peso del rodamiento lb	Capacidad básica de carga estática $C_0$ lb	Capacidad básica de carga dinámica $C$ lb
	d		D		B		r	Eje	caja			
	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	pulg	pulg	pulg			
6200	10	0.39	30	1.18	9	0.35	0.024	0.50	0.98	0.07	520	885
6201	12	0.47	32	1.25	10	0.39	0.024	0.57	1.06	0.08	675	1180
6202	15	0.59	35	1.37	11	0.43	0.024	0.70	1.18	0.10	790	1320
6203	17	0.66	40	1.57	12	0.47	0.024	0.78	1.38	0.14	1010	1660
6204	20	0.78	47	1.85	14	0.55	0.039	0.90	1.61	0.23	1400	2210
6205	25	0.9	52	2.04	15	0.59	0.039	1.17	1.81	0.29	1610	2430
6206	30	1.18	62	2.44	16	0.62	0.039	1.40	2.20	0.44	2320	3350
6207	35	1.37	72	2.83	17	0.66	0.039	1.61	2.55	0.64	3150	4450
6208	40	1.57	80	3.14	18	0.70	0.039	1.81	2.87	0.82	3650	5050

El rodamiento seleccionado es el 6203 por ser el más seco a los parámetros y a los cálculos obtenidos.

- Resumen de datos para el rodamiento seleccionado

Numero de rodamiento: 6203, de una hilera de bolas, ranura profunda

Barrero:  $d = 17\text{mm}$  (0.6693pulg)

Diámetro exterior:  $D = 40\text{mm}$  (1.5748pulg)

Ancho:  $B = 12\text{mm}$  (0.4724pulg)

Radio máximo de chaflán:  $r = 0.024\text{pulg}$

Capacidad de carga dinámica básica:  $C = 1660\text{ lb}$

### 3.9.2 Selección de rodamientos para la chumacera del eje motriz

Para poder seleccionar el rodamiento adecuado se tomara en cuenta los siguientes parámetros:

- El rodamiento será de una hilera de bolas y ranura profunda por tener una buena capacidad de carga radial.

Tabla 3. 9 Comparación de los tipos de rodamientos

Fuente: MOTT, Robert: “Diseño de Elementos de Máquinas” pag. 600, cuarta edición

Tipo de rodamiento	Capacidad de carga radial	Capacidad de carga de empuje	Capacidad desalineamiento
Una hilera de bolas, con ranura profunda	Buena	Regular	Regular
Doble hilera de bolas, con ranura profunda	Excelente	Buena	Regular
Contacto angular	Buena	Excelente	Mala
Rodillos cilíndricos	Excelente	Mala	Regular
Agujas	Excelente	Mala	Mala
Rodillos esféricos	Excelente	Regular a buena	Excelente
Rodillos cónicos	Excelente	Excelente	Mala

- El rodamiento deberá soportar una carga de 1195.91 N (268.85 lb), por ser la carga que se aplica en la chumacera.
- El rodamiento gira a 8717.92 rpm, por ser la misma del neumático motriz
- El rodamiento será montado en un bocín con un diámetro de 72mm y un eje cuyo diámetro mínimo aceptable es de 34mm. Cabe mencionar que la pista interior del rodamiento es la que gira.
- Las horas de funcionamiento recomendadas para el rodamiento es de 5000 horas.

Tabla 3. 10 Duración recomendada para rodamientos

Fuente: MOTT, Robert: "Diseño de Elementos de Máquinas" pag. 612, cuarta edición

Aplicación	Duración de Diseño $L_{10}$ h
Electrodomésticos	1000 - 2000
Motores de aviación	1000 - 4000
Automotores	1500 - 5000
Equipo agrícola	5000 - 8000
Elevadores, ventiladores industriales, transmisiones de usos múltiples	8000 - 15000
Motores eléctricos, sopladores industriales, maquinas industriales en general	20000 - 30000
Bombas y compresores	40000 - 60000
Equipo crítico en funcionamiento durante 24h	100000 - 200000

### Cálculos:

- Carga equivalente

Como anteriormente se menciona, la pista del interior del rodamiento es la gira por lo tanto el factor de rotación ( $V$ ) es de 1

$$P = VR$$

$$P = 1 * 268.85 \text{ lb}$$

$$P = 268.85 \text{ lb}$$

Donde:

$P$  = carga equivalente

$V$  = factor de rotación

$R$  = carga radial aplicada

- Numero de revoluciones de diseño para el rodamiento.

Viene dada por la siguiente formula.

$$L_d = h * rpm * 60 \text{ min/h}$$

$$L_d = 5000h * 8717.92 \text{ rev}/\text{min} * 60 \text{ min}/h$$

$$L_d = 2.615 * 10^9 \text{ rev}$$

Donde:

h = horas de funcionamiento

rpm = revoluciones del rodamiento

- Capacidad de carga dinámica básica requerida

Es la carga con la cual pueden funcionar los rodamientos para alcanzar una duración nominal ( $L_{10}$ ) de un millón de revoluciones (rev).

$$C = P_d \left( \frac{L_d}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}}$$

$$C = 268.85 \text{ lb} \left( \frac{2.615 * 10^9 \text{ rev}}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C = 3704.02 \text{ lb}$$

Donde:

$P_d$  = carga equivalente

k = 3 para los rodamientos de bolas

Una vez realizado los cálculos correspondientes, se procede a seleccionar el rodamiento adecuado mediante la siguiente tabla.

Tabla 3. 11 Datos para seleccionar rodamientos de una hilera de bolas y ranura profunda tipo Conrad

Fuente: MOTT, Robert: "Diseño de Elementos de Máquinas" pag. 607, cuarta edición

Número de rodamiento	Dimensiones nominales del rodamiento							Diámetro de escalón preferido		Peso del rodamiento lb	Capacidad básica de carga estática $C_0$ lb	Capacidad básica de carga dinámica $C$ lb
	d		D		B		r	Eje	caja			
	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	pulg	pulg	pulg			
6200	10	0.39	30	1.18	9	0.35	0.024	0.50	0.98	0.07	520	885
6201	12	0.47	32	1.25	10	0.39	0.024	0.57	1.06	0.08	675	1180
6202	15	0.59	35	1.37	11	0.43	0.024	0.70	1.18	0.10	790	1320
6203	17	0.66	40	1.57	12	0.47	0.024	0.78	1.38	0.14	1010	1660
6204	20	0.78	47	1.85	14	0.55	0.039	0.96	1.61	0.23	1400	2210
6205	25	0.9	52	2.04	15	0.59	0.039	1.17	1.81	0.29	1610	2430
6206	30	1.18	62	2.44	16	0.62	0.039	1.40	2.20	0.44	2320	3350
6207	35	1.37	72	2.83	17	0.66	0.039	1.61	2.55	0.64	3150	4450
6208	40	1.57	80	3.14	18	0.70	0.039	1.81	2.87	0.82	3650	5050

El rodamiento seleccionado es el 6207 por ser el más seco a los parámetros y a los cálculos obtenidos.

- Resumen de datos para el rodamiento seleccionado

Numero de rodamiento: 6207, de una hilera de bolas, ranura profunda

Barrero:  $d = 35\text{mm}$  (1.3780pulg)

Diámetro exterior:  $D = 72\text{mm}$  (2.8346pulg)

Ancho:  $B = 17\text{mm}$  (0.6693pulg)

Radio máximo de chaflán:  $r = 0.039\text{pulg}$

Capacidad de carga dinámica básica:  $C = 4450\text{ lb}$

## **CAPÍTULO 4**

### **CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SIMULADOR Y BANCO DE PRUEBAS PARA LLANTAS NEUMÁTICAS**

#### **4.1 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA BASE**

##### **4.1.1 Objetivo.**

Construir la estructura base tiene como finalidad soportar el peso total de todos los sistemas y componentes que constituyen el simulador.

##### **4.1.2 Herramientas a utilizarse.**

- Suelda eléctrica tic
- Electrodo 6011
- Pulidora
- Sierra
- Arco para sierra
- Flexómetro
- Calibrador pie de rey
- Esmeril
- Juego de brocas
- Escuadras
- Rayadores
- Perfil en C de 100 x 50 x 15 x 2
- Perfil en C 150 x 50 x 6
- Playo de presión
- Taladro
- Pernos
- Chumacera
- Cepillo de alambre.

#### 4.1.3 Construcción de la estructura del chasis.

La estructura base está diseñada basada en la figura que forma el chasis del vehículo en forma de escalera; básicamente está dividido en dos partes la primera soporta el motor y la segunda soporta la pista de rodadura.



Figura 4. 1 Largueros de la estructura del chasis

Fuente: Armas D / Pazmiño J



Figura 4. 2 Construcción de la estructura del chasis

Fuente: Armas D / Pazmiño J

#### **4.1.4 Construcción marco estructural para la sujeción de la estructura base de la llanta neumática.**

La estructura donde se alojará la estructura base de llanta neumática y el sistema de generación de carga, básicamente es un cuadrante formado por varios perfiles estructurales de uso mecánico. Esta estructura se une al chasis por medio de suelda eléctrica.



Figura 4. 3 Marco estructural de sujeción de la estructura base e la llanta neumática

Fuente: Armas D / Pazmiño J

## **4.2 MONTAJE DE LA PISTA DE RODADURA**

### **4.2.1 Objetivo**

Generar la superficie de contacto para analizar las condiciones de funcionamiento del neumático a través de la pista de rodadura.

### **4.2.2 Herramientas a utilizarse.**

- Torno
- Rodamientos
- Sierra
- Arco de sierra
- Rayadores
- Punto
- Martillo
- Pernos
- Brocas
- Taladro
- Esmeril
- Calibrador pie de rey
- Flexómetro
- Escuadra
- Cepillo de alambre

### **4.2.3 Ensamblaje del anillo de rodamientos.**

Para el ensamblaje del conjunto del anillo de rodamientos debemos tomar en cuenta tres partes principales:

- El anillo fijo.
- Las platinas con rodamientos

- Los templadores con el eje central.

#### **4.2.4 El anillo fijo.**

El anillo fijo constituye el riel donde se desplazarán las platinas con rodamientos. Va sujeta al chasis por medio de cuatro platinas las cuales se empernan al anillo fijándolo e impidiendo su movimiento.



Figura 4. 4 Anillo de fundición maleable

Fuente: Armas D / Pazmiño J

##### **4.2.4.1 Platinas con rodamientos**

Las platinas con rodamientos son un componente vital en la constitución del banco de pruebas ya que ellos son los encargados de guiar, equilibrar y permitir el giro de la pista de rodadura a través del anillo fijo.



Figura 4. 5 Platina con rodamientos

Fuente: Armas D / Pazmiño J

La pista de rodadura cuenta con 4 platinas con sus respectivos rodamientos en total son tres; constan de dos superiores y uno inferior.



Figura 4. 6 Ubicación de los rodamientos en el anillo

Fuente: Armas D / Pazmiño J

#### 4.2.4.2 Eje central

Al ser una pista giratoria está sometida a fuerzas centrífugas que se generan al momento de acelerar o frenar la pista de rodadura; cuando generamos condiciones de giro constantes la pista tiende a perder balance y salirse de sus guías por ende es necesario el conjunto de templadores los cuales tienen como finalidad absorber oscilaciones, balancear y alojar al eje central de la pista de rodadura para de esta manera tener un sistema equilibrado.



Figura 4. 7 Eje central con templadores

Fuente: Armas D / Pazmiño J

#### 4.2.5 Pista de rodadura.

La pista de rodadura es la encargada de generar el área de contacto para que el neumático pueda ser sometido a las condiciones de operación cotidiana.



Figura 4. 8 Plancha de acero para la pista de rodadura

Fuente: Armas D / Pazmiño J

La pista de rodadura cuenta con dos superficies diferentes dependiendo de su aplicación; en la parte superior cuenta con una superficie de cemento la cual es la encargada de generar el área donde el neumático se va a desgastar por ende a evidenciar lo que sucede al transitar por diferentes caminos y estilos de conducción.



Figura 4. 9 Fundición de cemento en la pista

Fuente: Armas D / Pazmiño J

En la parte inferior de la pista de rodadura hay una capa de caucho debido que en esta área se genera la tracción de la rueda motriz por ende son del mismo material y de esta manera transmitir el torque con la menor cantidad de perdidas.



Figura 4. 10 Colocación del caucho en la pista

Fuente: Armas D / Pazmiño J

### 4.3 SISTEMA DE SUSPENSIÓN Y CARGA.

Para el sistema de suspensión se utilizo la suspensión convencional, por tratarse de un tipo de suspensión sencilla y fácil de usar.



Figura 4. 11 Suspensión y carga

Fuente: Armas D / Pazmiño J

Para aplicar la carga en el sistema de suspensión y de esta manera simular condiciones de peso con relación a los ocupantes y diferentes componentes del automóvil se utilizó un gato hidráulico mediante el cual se genera dicho objetivo y así someter a las pruebas pertinentes el neumático.



Figura 4. 12 Gata hidráulica

Fuente: Armas D / Pazmiño J

#### **4.4 TABLERO DE CONTROL**

En el tablero de control de la máquina se encuentran los dispositivos de medición, como son el manómetro y el velocímetro.

El manómetro marca en dos escalas de lectura, en psi y en pascales. Siendo la presión máxima que marque el manómetro 250 psi con una tolerancia de +5psi.



Figura 4. 13 Manómetro

Fuente: Armas D / Pazmiño J

El velocímetro que cuenta el simulador es digital el cual incorpora un sensor en el neumático.

El velocímetro marca en Km/h y permite determinar el recorrido ejecutado por el neumático a través del odómetro.

El velocímetro cuenta con un manual de funcionamiento, el cual indica los pasos necesarios para la programación del mismo (Anexo A).



Figura 4. 14 Velocímetro

Fuente: Armas D / Pazmiño J

Los planos del simulador y banco de pruebas para llantas neumáticas se las encuentra en el anexo B.

## 4.5 PRUEBAS Y RESULTADOS

Mediante la caja de cambios se logra alcanzar diferentes velocidades que se demuestran en la siguiente tabla.

Tabla 4. 1 Relación marcha velocidad

Fuente: Armas D / Pazmiño J

<b>Marcha</b>	<b>Velocidad (km/h)</b>
1	25
2	38
3	50
4	70

La marcha recomendada para el buen desempeño del simulador es la tercera, por se la que entrega la velocidad recomendada.

En cambio la cuarta marcha entrega una velocidad muy elevada, la cual resulta altamente peligrosa, por lo que se recomienda jamás utilizar este cambio.

## 4.6 COSTO

Tabla 4. 2 Costo

Fuente: Armas D / Pazmiño J

MATERIALES	\$
1. Anillo para rodamientos	53,00
2. Rodamientos	39,00
3. Planchas	175,89
4. Ejes	13,53
5. Perfiles estructurales	133,04
6. Trabajos en tornos	155,00
7. Motor y caja	350,00
8. Electroodos	27,17
9. Platinas	103,98
10. Rueda neumática 10''	18,56
11. Pernos, tuercas y seguros	51,80
12. Radiador	20,00
13. Garruchas y llantas	117,95
14. Tapones para el block	5,50
15. Pintura y acabados	40,00
16. 6m de caucho	10,00
17. Cemento	8,00
18. Cañerías, abrazaderas	7,00
19. Malla de seguridad	12,96
20. Escape para el motor	80,00
21. Punta del neumático	75,00
22. Tablero de control	90,00
23. Trabajos en metal mecánica	50,00
24. Otros	300,00
TOTAL	1.820,44

## CAPÍTULO 5

### MANUAL DE OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

#### 5.1 OBJETIVO

Elaborar un manual de operación en el cual se detalle las consideraciones a tomar en cuenta con el fin de optimizar el mejor desempeño del simulador de pruebas de llantas neumáticas a través del operador.

#### 5.2 Procedimiento para operar el banco de pruebas

1. Se debe inspeccionar que no exista suciedad en el simulador, en especial en el canal del anillo de rodamiento y en la pista de cemento. El canal del anillo debe estar engrasado.



Figura 5. 1 Riel del anillo y pista

Fuente: Armas D / Pazmiño J

2. Al tratarse de un motor de combustión interna debemos encenderlo de la misma manera que en un motor convencional lo primero que debemos tomar en cuenta es que la marcha se encuentre en neutro y poder dar arranque al motor.



Figura 5. 2 Switch de encendido y palanca en neutro

Fuente: Armas D / Pazmiño J

3. Una vez arrancado el motor tenemos una palanca la cual permite acelerar el motor a las revoluciones que consideremos necesarias para realizar la simulación, lo recomendable es empezar secuencialmente, sin la necesidad de revolucionar el motor innecesariamente.



Figura 5. 3 Acelerador

Fuente: Armas D / Pazmiño J

4. Obteniendo ya las revoluciones adecuadas en el motor el siguiente paso es ingresar la primera marcha en la caja de cambios para lo cual se cuenta con una palanca que manipula el embrague conectándolo e ingresando la primera marcha y luego soltándolo suavemente tal cual se lo realiza en un

vehículo convencional y de esta manera dependiendo las necesidades incrementar el par motor en proporción a la marcha que le corresponde.



Figura 5. 4 Accionamiento del embrague

Fuente: Armas D / Pazmiño J

5. Ya contando con la transmisión impulsando a la pista de rodadura se puede observar el desplazamiento y el contacto del neumático con la superficie de cemento, una de las capacidades del banco es el sistema de dirección el cual consta de un varillaje que a través de una palanca transmite el giro simulando así la entrada a una curva.

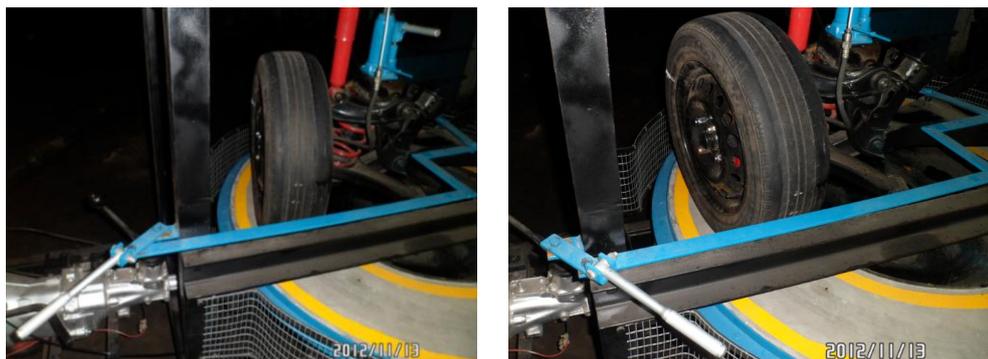


Figura 5. 5 Accionamiento de la dirección

Fuente: Armas D / Pazmiño J

6. Para generar la carga al neumático se utiliza la gata hidráulica, la cual se encuentra en la parte superior del simulador, la carga puede ser activada antes o después de la activación del motor.



Figura 5. 6 Gata hidráulica de botella

Fuente: Armas D / Pazmiño J

7. Tanto como la fuerza que ejerce la gata hidráulica como la velocidad del neumático son cuantificadas por el manómetro de presión y por el sensor de velocidad respectivamente. La presión no debe sobrepasar de 250psi (+3psi) y la velocidad no debe pasar de 50 Km/h (+5Km/h).



Figura 5. 7 Tablero de control

Fuente: Armas D / Pazmiño J

8. El banco de pruebas está basado en todos los sistemas automotrices y dentro de ellos se encuentra el más importante que es el de frenado; el sistema utilizado es el de frenos de disco el cual se acciona a través de una palanca que aplica presión a la bomba de frenos enviando flujo a través de sus cañerías y de esta manera accionando las mordazas para bloquear el disco, como consecuencia disminuyendo la velocidad del neumático.



Figura 5. 8 Accionamiento del freno

Fuente: Armas D / Pazmiño J

9. Considerando el estilo de manejo en el vehículo hay tres maneras de disminuir la velocidad hasta detener la pista; la primera es dejar de acelerar, la segunda es utilizar las diferentes relaciones de marcha de la caja de cambios y la tercera es utilizando el sistema de frenos.
10. Un factor a tomar en cuenta es el sistema de escape, al tratarse de un motor de combustión interna producirá gases quemados que serán expulsados al ambiente a temperaturas considerables razón por lo cual hay que tener mucho cuidado en no acercarse y mucho menos tocar el tubo de escape que se encuentra dispuesto verticalmente al lado izquierdo del panel de control.



Figura 5. 9 Protección del tubo de escape

Fuente: Armas D / Pazmiño J

11. Uno de los mecanismos de seguridad de la pista es la malla que cubre el contorno de la pista de rodadura con el fin de evitar el contacto del operador o las personas que se encuentren a su alrededor observando la simulación del banco de pruebas.



Figura 5. 10 Protección de la pista

Fuente: Armas D / Pazmiño J

12. El banco de pruebas cuenta con una caja de cambios 4 marchas lo recomendable es utilizar la marcha 1, 2 y 3 que plenamente nos permitirá observar el comportamiento del neumático en operación normal; la marcha 4 alcanza altas revoluciones que no deben ser utilizadas, ya que la

estructura del banco no cuenta con una cabina que encierre a todo el sistema y precautelar así la seguridad de los estudiantes.

Hay que recordar que es un simulador de banco de pruebas el cual su finalidad es didáctico y no para realizar pruebas de condiciones extremas.



Figura 5. 11 Simulador y banco de pruebas para llantas neumáticas

Fuente: Armas D / Pazmiño J

## **CAPÍTULO 6**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 CONCLUSIONES**

- Las condiciones reales de funcionamiento de los neumáticos no se las puede palpar desde el interior del vehículo al momento de conducir; mediante la simulación del banco de pruebas se puede evidenciar el comportamiento del neumático al entrar en contacto con la capa de cemento impulsado por el motor de combustión interna.
- El simulador y banco de pruebas para llantas neumáticas consta de varios mecanismos, los cuales permiten controlar y generar el movimiento del neumático.
- El programa de computación SolidWorks es una herramienta muy útil para el análisis de estructuras y piezas, facilitando la obtención de resultados mediante diagramas de esfuerzos, desplazamientos, factor de seguridad, etc.
- Mediante el motor de combustión interna, el embrague y la caja de cambios se puede obtener un desarrollo armónico del simulador, de igual manera que sucede en un vehículo de turismo.
- El banco de pruebas es un prototipo en fase de simulación su investigación a fondo permitirá a la comunidad politécnica en un futuro obtener datos utilizando herramientas electrónicas para analizar y comprender todos los factores que influyen el comportamiento de los neumáticos.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- El banco de pruebas logra alcanzar altas velocidades en su fase de simulación por ende es necesario no utilizar bajo condiciones extremas de aceleración.
- Al tratarse de un motor de combustión interna genera gases de escape nocivos para la salud por ende la ubicación del banco de prueba deberá tener una correcta ventilación en pro de la integridad de los estudiantes.
- La carga aplicada por el gato hidráulico es un factor muy crítico en la simulación del banco de pruebas si llega a un punto extremo; la fuerza aplicada debe ser la recomendada en el capítulo de operación del banco.
- La correcta utilización del banco de pruebas será de mucha utilidad para la comunidad politécnica siempre y cuando se le de los cuidados y mantenimiento necesarios para extender su vida útil.
- El diseño aquí exhibido puede servir como base para el desarrollo de futuros bancos de pruebas que permitan analizar los distintos componentes o sistemas que intervienen en simulador de una manera mas detallada, así como de ampliar la gama de su aplicación dentro de la universidad o fuera de ella.

## BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS.

- Manual de SolidWorks2011.
- MOTT, Robert: “Diseño de Elementos de Máquinas”, cuarta edición, 2006, México, Editorial Pearson Education
- Normas INEN. Código de Dibujo Técnico – Mecánico. 1981

### NETGRAFIA.

- Ruedas y neumáticos. Disponible en Bricopage (2003). Consultado el 10 de julio de 2012, en:
  - ✓ [http://www.bricopage.com/como\\_se\\_hace/automovil/ruedas.htm](http://www.bricopage.com/como_se_hace/automovil/ruedas.htm)
- Manual de información técnica de neumaticos. Disponible en Fivit (1995). Consultado el 10 de julio de 2012, en:
  - ✓ [http://www.fivit.cat/archivos\\_fivi/manual\\_llantas.pdf](http://www.fivit.cat/archivos_fivi/manual_llantas.pdf)
- Tecnología para neumáticos. Disponible en Hankooktire-eu (2005). Consultado el 12 de julio de 2012, en:
  - ✓ <http://www.hankooktire-eu.com/es/tecnologia/dimensiones.html>
- Guía de mantenimiento. Disponible en Michelin (2012). Consultado el 13 de julio de 2012, en:
  - ✓ <http://www.michelin.es/neumaticos/consejos/guia-de-mantenimiento/enemigos-del-neumatico>
- Guía de mantenimiento. Disponible en Michelin (2012). Consultado el 13 de julio de 2012, en:

- ✓ <http://www.michelin.es/neumaticos/consejos/guia-de-mantenimiento/problemas-con-los-neumaticos>
- El Motor explosión. Disponible en portalplanetasedna (2012). Consultado el 16 de julio de 2012, en:
  - ✓ [http://www.portalplanetasedna.com.ar/motor\\_explasion.htm](http://www.portalplanetasedna.com.ar/motor_explasion.htm)
- Curvas características del motor. Disponible en Sabelotodo (2011). Consultado el 16 de julio de 2012, en:
  - ✓ <http://www.sabelotodo.org/automovil/curvasmotor.html>
- Motor eléctrico. Disponible en scribd (2010). Consultado el 30 de julio de 2012, en:
  - ✓ <http://es.scribd.com/doc/53041413/57/MOTOR-ELECTRICO>
- Motor eléctrico trifásico. Disponible en monografias (2011). Consultado el 06 de agosto de 2012, en:
  - ✓ <http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>
- Electricidad. Disponible en reparaciones (2011). Consultado el 07 de agosto de 2012, en:
  - ✓ [http://www.enreparaciones.com.ar/electricidad/motor\\_elect.php](http://www.enreparaciones.com.ar/electricidad/motor_elect.php)
- Gato hidráulico funcionamiento y tipos. Disponible en quiminet (2012). Consultado el 15 de agosto de 2012, en:
  - ✓ <http://www.quiminet.com/articulos/gato-hidraulico-funcionamiento-y-tipos-2650085.htm>
- Como funciona el gato de tijeras. Disponible en blogspot (2012). Consultado el 22 de agosto de 2012, en:

- ✓ <http://salutip.blogspot.com/2012/09/como-funciona-el-gato-de-tijera.html>
- Gatas. Disponible en scribd (2012). Consultado el 05 de septiembre de 2012, en:
  - ✓ <http://es.scribd.com/doc/72173123/GATAS-Informe-Final>
- Asfalto. Disponible en el rincón del vago (1998). Consultado el 25 de septiembre de 2012, en:
  - ✓ [http://html.rincondelvago.com/asfalto\\_1.html](http://html.rincondelvago.com/asfalto_1.html)
- Dosificación y diseño de la mezcla del concreto. Disponible en slideshare (2012). Consultado el 10 de octubre del 2012, en:
  - ✓ <http://www.slideshare.net/rogerjob/dosificacion-o-diseo-de-mezclas-del-concreto>
- Juntas en losas. Disponible en scribd. Consultado el 24 de octubre de 2012, en:
  - ✓ <http://es.scribd.com/doc/96852061/41Juntas-en-Losas-Pavimento>  
16
- Ventajas y desventajas de materiales para la pavimentación. Disponible en enconcreto (2012). Consultado el 28 de octubre del 2012, en:
  - ✓ <http://www.enconcreto.com.sv/pavimentar.html>
- Chasis. Disponible en rincon del vago (2012). Consultado el 31 de octubre de 2012, en:
  - ✓ <http://html.rincondelvago.com/chasis.html>

**ANEXOS A: MANUAL DEL VELOCÍMETRO**

Gracias por adquirir nuestro equipo de ciclo.

Cada equipo individual ha sido probado antes de ser embarcado para asegurarse de que está en perfectas condiciones de funcionamiento. Por favor, lea atentamente estas instrucciones y siga cada paso para asegurar una conexión sin problemas del dispositivo.

## SECCIÓN 1 - Instalación

### 1) Monte el imán en la rueda

Ponga el imán en la rueda delantera y coloque el tornillo que se incluye entre los dos radios. Ver fig.1

### 2) Montaje del sensor de rueda

Monte el sensor de la rueda libremente alrededor del tenedor de frente. Utilice uno de los tacos de goma para asegurar un buen ajuste. Ver fig.2

### 3) La alineación de la rueda del sensor y del imán

Alinear el sensor y el imán de acuerdo con la fig. 3 & 4. Importante: su fracaso para hacerlo causará un mal funcionamiento. Puede ser necesario ajustar el imán y el sensor para averiguar el lugar más adecuado para la alineación apropiada.

El imán debe pasar por el sensor de la rueda con no más de 2mm de espacio.

Apriete todos los equipos para eliminar todos los posibles movimientos durante el ciclismo.

### 4) Montaje del soporte del manubrio

Coloque el soporte del manubrio con el tornillo de 3x15 previsto el orificio (A). Ver figura 5. El soporte es ajustable 360°. Ajuste el soporte a un ángulo deseado, inserte el fijador del ángulo en el orificio (B) y fije el soporte con el tornillo 2x14 proporcionado. Ver fig. 6

### 5) Fijar el cable

Use una correa para el exceso de cable en la horquilla, usando las ataduras de cables proporcionadas. Ver fig.8 Asegúrese de que el cable no toque la rueda o interrumpa la dirección.

### 6) Instalación de la batería

Inserte la batería de litio (CR 2032) asegurándose de que el positivo (+) polo este mirando hacia arriba. Coloque sello tipo O en la unidad principal (esto es para asegurar que su equipo sea resistente al agua).

Coloque el resorte en la tapa de la batería y que encaje de forma segura utilizando una moneda a la unidad principal (el resorte asegura que la batería no se suelte durante el ciclo). Ver fig.9

### 7) Montaje de la unidad principal

Alinee la unidad principal, como fig. 7 y deslícelo en el soporte hasta que encaje en su lugar. Cuando las dos clavijas de metal a la inversa de la unidad principal se ajusten en los contactos de metal (dos resortes) en el soporte, éstos reciben la señal del sensor a la unidad principal. Importante: siempre mantener estos puntos de contacto limpios.

Si desea mover el ordenador alejado de soporte, simplemente empuje la palanca en la parte inferior del soporte para llevarse el ordenador a cabo. Ver la fig. 7

Una vez que haya completado los pasos anteriores, recorte el sujeta cables que este en exceso a continuación, pasar a la siguiente sección.

## SECCIÓN 2 – Programación

### 1) Prueba

Cuando la batería este instalada, la potencia se aplica inmediatamente. Ver fig.10 Pulse la tecla MODE para la siguiente configuración.

### 2) Opción KM / H o millas / h

Pulse ST / SP para decidir unidad de grabación en KM / H o millas / h, pulse la tecla MODE nuevamente para siguiente opción.

### 3) Ajuste de la circunferencia de la rueda

203 cm esta pre-establecido. Ver fig.11 Pulse ST / SP, si usted desea revisar en el número correcto, refiérase a la tabla. Ver fig.12 Rango 100 a 240 cm. Si el tamaño de la rueda no aparece en la tabla, utilice el método siguiente para determinar la circunferente de la rueda de su bicicleta.

1. Establecer la bicicleta sobre el suelo y meda el radio R (fig.13)

2. El número circunferencia C (cm) es  
 $C = 2 \times 3.1416 \times R$  (en cm)  
 $= 2 \times 3.1416 \times R$  (en pulgadas)  $\times 2,54$

Pulsar la tecla MODE para la siguiente pantalla.

### 4) Ajuste del reloj 24 horas

Pulse la tecla Modo hasta que encuentre símbolo del reloj para el ajuste.

Pulse Mode & ST / SP clave al mismo tiempo, a continuación, sección de la hora parpadeará.

Pulse ST / SP para seleccionar el número correcto y pulse MODE & ST / SP

establecer. A continuación, la sección minutos parpadea. De nuevo Empuje ST / SP para la selección y pulse la tecla Mode & ST / SP para el ajuste final.

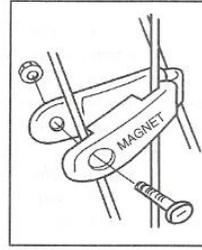


FIG. 1

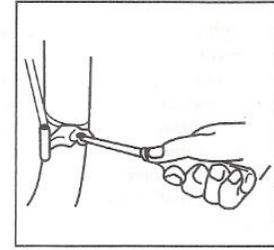


FIG. 2

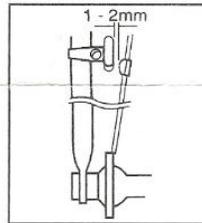


FIG. 3

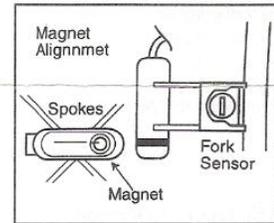


FIG. 4

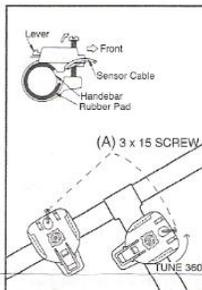


FIG. 5

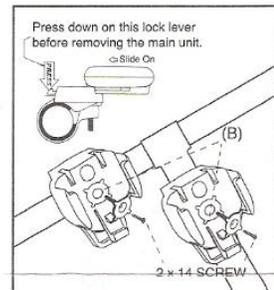


FIG. 6

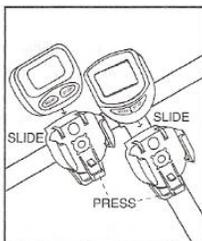


FIG. 7

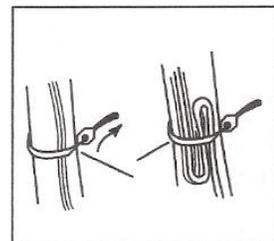


FIG. 8

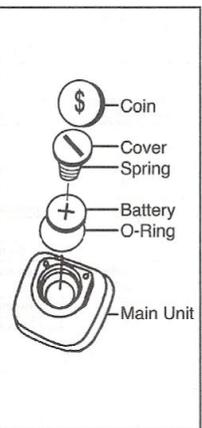


FIG. 9

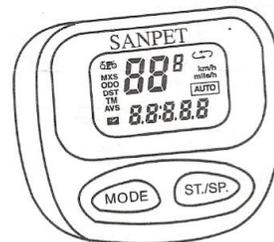


FIG.10

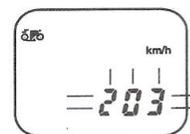


FIG.11

**5) Ajuste automático**

El ajuste automático opcional permite a la computadora grabar información automáticamente cuando la bicicleta está en movimiento. De lo contrario, pueden solicitar ST / SP para registrar la información cuando se desee que la computadora funcione. Para darle un ejemplo real:

Cuando el ordenador está en el ajuste AUTO, detiene la grabación cuando se detiene en los semáforos sin embargo, si en configuración normal, el ordenador continuará su grabación y afecta la velocidad media con el tiempo.

Bajo la pantalla, pulse el modo ODO & ST / SP simultáneamente las teclas de la pantalla de la circunferencia de la rueda actual que estableció. Pulse ST / SP para activar / desactivar la función AUTO.

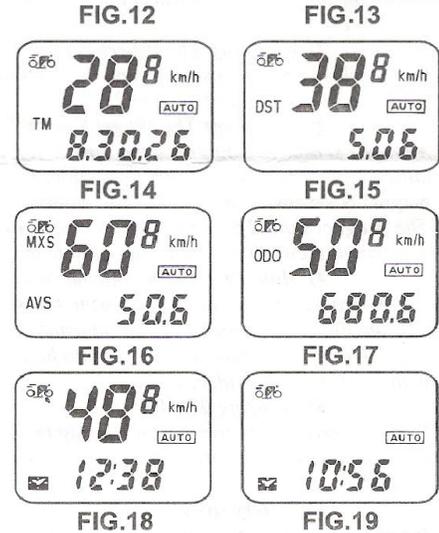
En la pantalla AUTO, TM dejará de contar si no se suministra señales de velocidad durante 2 segundos.

**Compruebe la Circunferencia actual:**

En la pantalla ODO, Pulse MODE & ST / SP al mismo tiempo, la circunferencia actual se mostrará en la línea inferior.

Cm esta prediseñado, si usted está usando KM / H modo, el número es igual a su valor, si usted está usando millas / h modo, el número sería cambiado. Consulte fig.12. Por ejemplo: En KM / H modo, cuando se establece 203cm, la circunferencia actual se muestra en la pantalla es 203. En MILE / H modo, cuando se establece 203cm, la circunferencia actual aparece en la pantalla será 126. Si establece 216cm, la pantalla mostrará 134. consulte fig.12

WHEEL SIZE	(CM)	NO	WHEEL SIZE	(CM)	NO
24x3/4 Tubular	178	110	26x2.125	211	131
24x1	179	111	27x1	214	132
24x1-1/8 Tubular	179	111	27x1-1/8	218	134
24x1-1/4	191	118	27x1-1/4	218	135
24x1-7/8	189	117	27x1-3/8	221	137
24x2.00	192	119	650x35A	209	129
24x2.125	196	121	650x38A	212	131
26x1	195	121	650x38B	211	131
26x1-1/8 Tubular	197	122	700x18C	207	128
26x1-3/8	207	128	700x19C	209	129
26x1-1/2	210	130	700x20C	211	131
26x1.40	200	124	700x25C	212	131
26x1.50	203	126	700x28C	214	132
26x1.75	205	127	700x30C	217	134
26x1.95	211	131	700x32C	216	134
26x2.00	208	129	700C Tubular	213	132



**SECCIÓN 3 - Guía de Operación**

**1) Velocidad actual - SPD**

Es la velocidad actual cuando la bicicleta está montando, esto se muestra en la línea superior.

**2) Distancia Recorrida - DST**

Mide la distancia de viaje. Que se auto-cero cuando el rango es por encima del límite 999.99 kilómetros (millas) y empezar a calcular de nuevo. el AVS mostrará "error" en este Momento (fig. 15)

**3) El tiempo transcurrido - TM**

Tiempos tu viaje. Este será de auto-cero cuando el rango está por encima del límite de 9:59 '59 "y empezar a calcular de nuevo. AVS mostrará el mensaje "error" en este Momento (fig. 14)

**4) Normal Velocidad-AVS**

Calcula la velocidad media por viaje. Se mostrará figuras TM cuando está contando hasta 10 segundos. (fig. 16)

**5) Velocidad máxima - MXS**

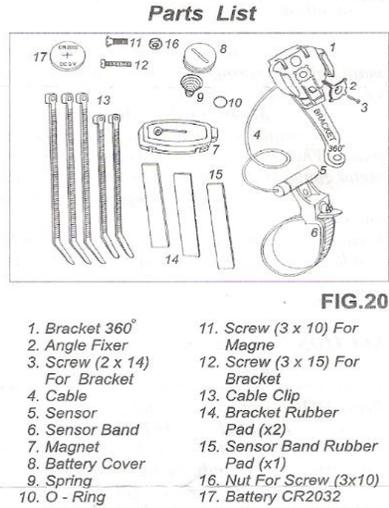
Mide tu velocidad máxima. Esto se muestra en la línea superior. (fig. 16)

**6) Distancia Total - ODO**

Registro permanente de kilometraje. Este será de auto-cero cuando el rango está por encima del límite de 9999.9 km (millas) y empezar a calcular de nuevo. (fig.17)

**7) Reloj 24HR - CLK**

La pantalla LCD Rema en el tiempo sólo si no hay señal recibida durante aproximadamente 256 segundos. (fig.19) Pulse la tecla o en montar condición. LCD volverá a la última pantalla que se vio. (fig.18) experimente con las funciones utilizando la tecla MODE para encontrar el que está adecuado para usted durante el ciclismo.



**IMPORTANTE REINICIO**

Pulse MODE & ST / SP teclas simultáneamente, se puede limpiar y matar a todas las datos de DST, TM columna, MXS y AVS, con la excepción de ODO y datos CLK.

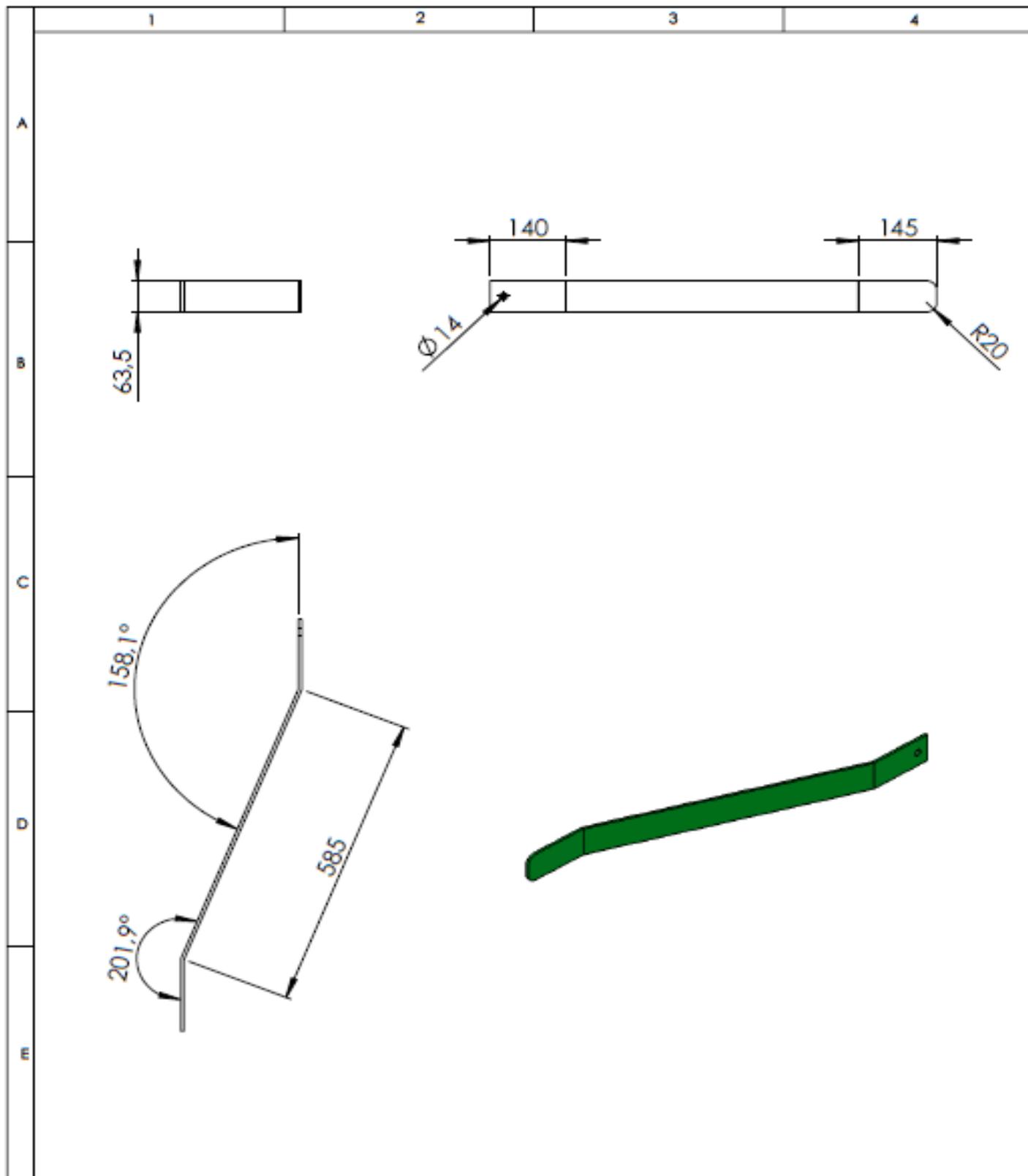
El símbolo de rayo es cuando el equipo está grabando información.

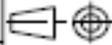
Los usuarios pueden dejar una película protectora en su lugar o quitarlo para ver más claramente la pantalla.

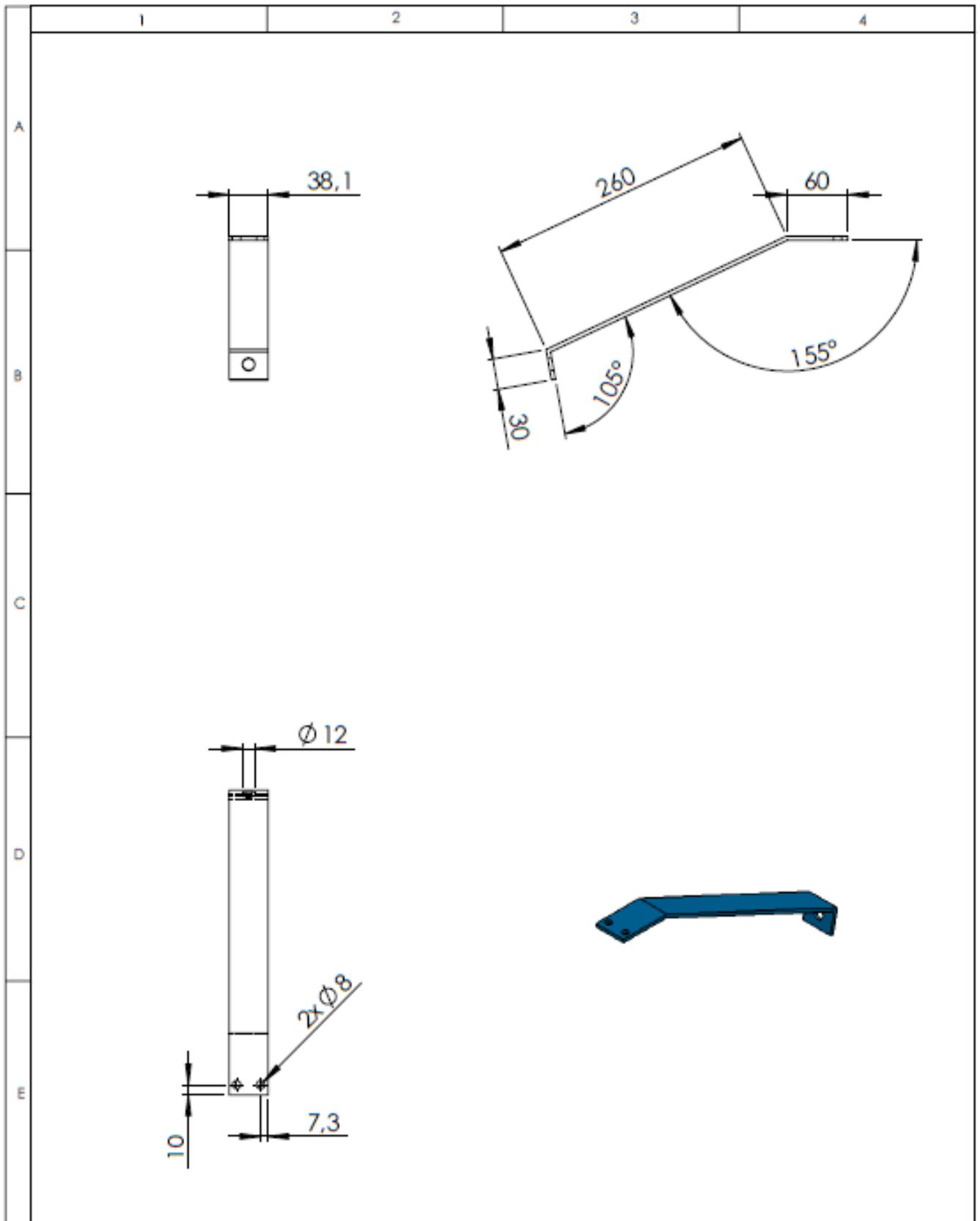
Por favor, compruebe que todas las piezas que se muestran son incluidos con el ordenador, (fig.20)

PROBLEMA	VERIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS	SOLUCIÓN
La velocidad perdida o circunferencia de la rueda		h, mientras que no se muestre, a continuación, poner de nuevo la batería.
La pantalla de cristal líquido esta oscura y de forma inusual se ve donde no debería	o durante mucho tiempo bajo la luz solar directa más de 176 F (80 C)?	ido normal, dejándolo en la sombra.
La pantalla se muestra de forma inversa		adverso en los datos.
La pantalla se muestra muy lentamente.	o temperatura baja de menos de 32 F (0 C)?	u estado normal cuando la temperatura aumenta.
La pantalla se muestra incorrecta, aparece o no el botón de acción.		h, mientras que no se muestre, a continuación, poner de nuevo la batería.
La pantalla se muestra incorrecta.	o la unidad principal se ha agotado?	va batería (3V/DC).
La pantalla se muestra incorrecta o no aparece.	o contacto de la unidad principal o del soporte?	cto.
	o entre el sensor y el imán demasiado lejos?	ción "Instalación Fig.3" y volver a ajustar correctamente.
	o el punto de marcado del sensor y el centro del imán alineadas?	ción "Instalación Fig.4" y volver a ajustar correctamente.
	o la pantalla se muestra incorrecta?	ir la bandeja de soporte y sensor por uno nuevo.
	o la pantalla se muestra incorrecta?	h, mientras que no se muestre, a continuación, poner de nuevo la batería.
	o los muelles en el soporte empujado hacia abajo y llegan a ser demasiado planos?	omillador de precisión menos para tirar de los muelles hasta una posición
	o la pantalla se muestra incorrecta?	de nuevo he aquí el soporte y vuelva a intentarlo.

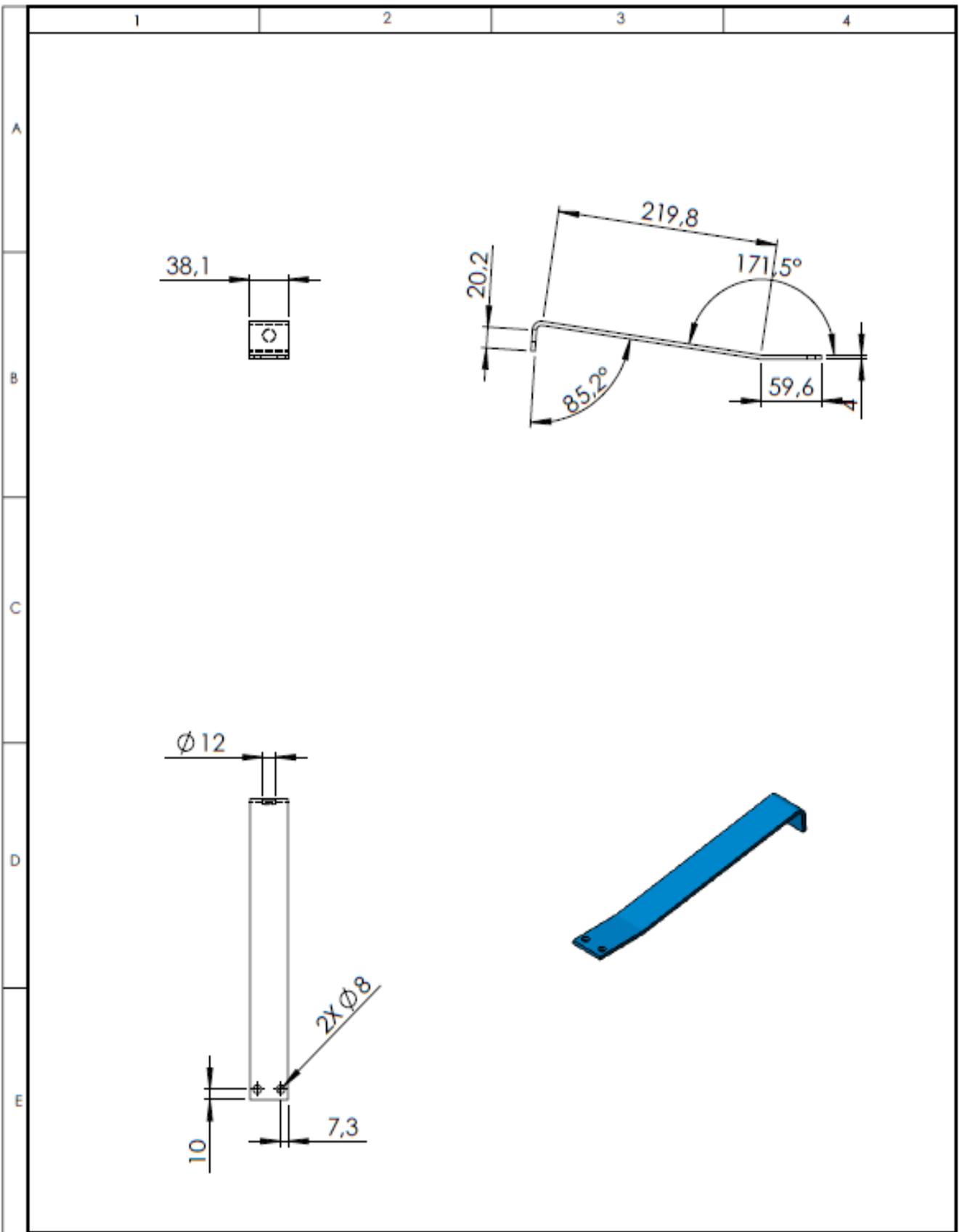
**ANEXOS B: PLANOS DEL SIMULADOR Y BANCO DE PRUEBAS PARA  
LLANTAS NEUMÁTICAS**



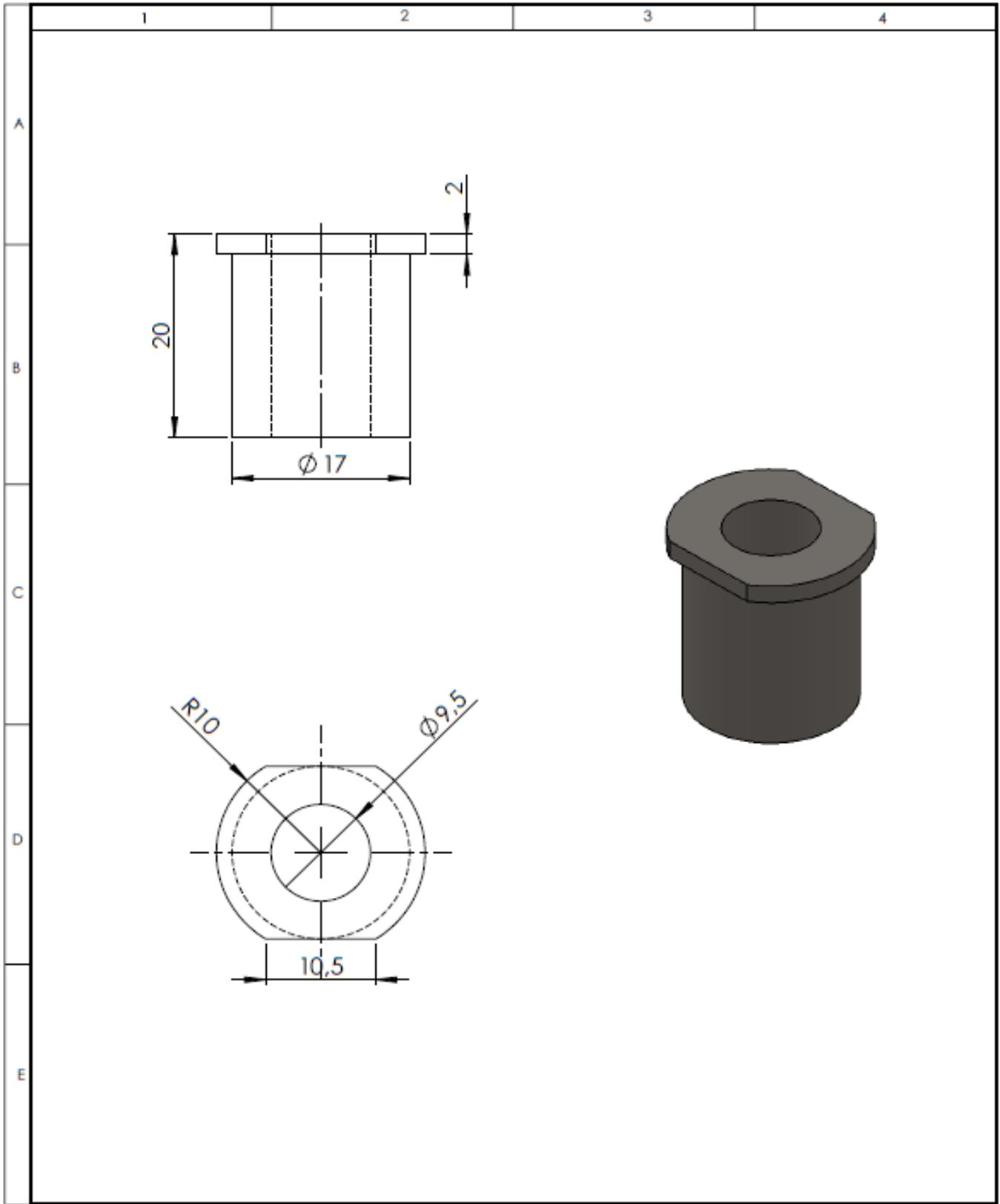
				<b>Tolerancias</b>	<b>Peso</b>	<b>ACERO ASTM A36</b>	
				± 0.1	2.586kg		
				Fecha	Nombre	<b>PLATINA SOPORTA MESA</b>	
				Dib. 01/12/12	Arturo J/Pazmiño J		
				Rev. 01/12/12	Arturo C/Mena S		
				Apro. 01/12/12	Arturo C/Mena S	<b>Escala:</b> 1:10	
				<b>ESPE-L AUTOMOTRIZ</b>		<b>N: 01</b>	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



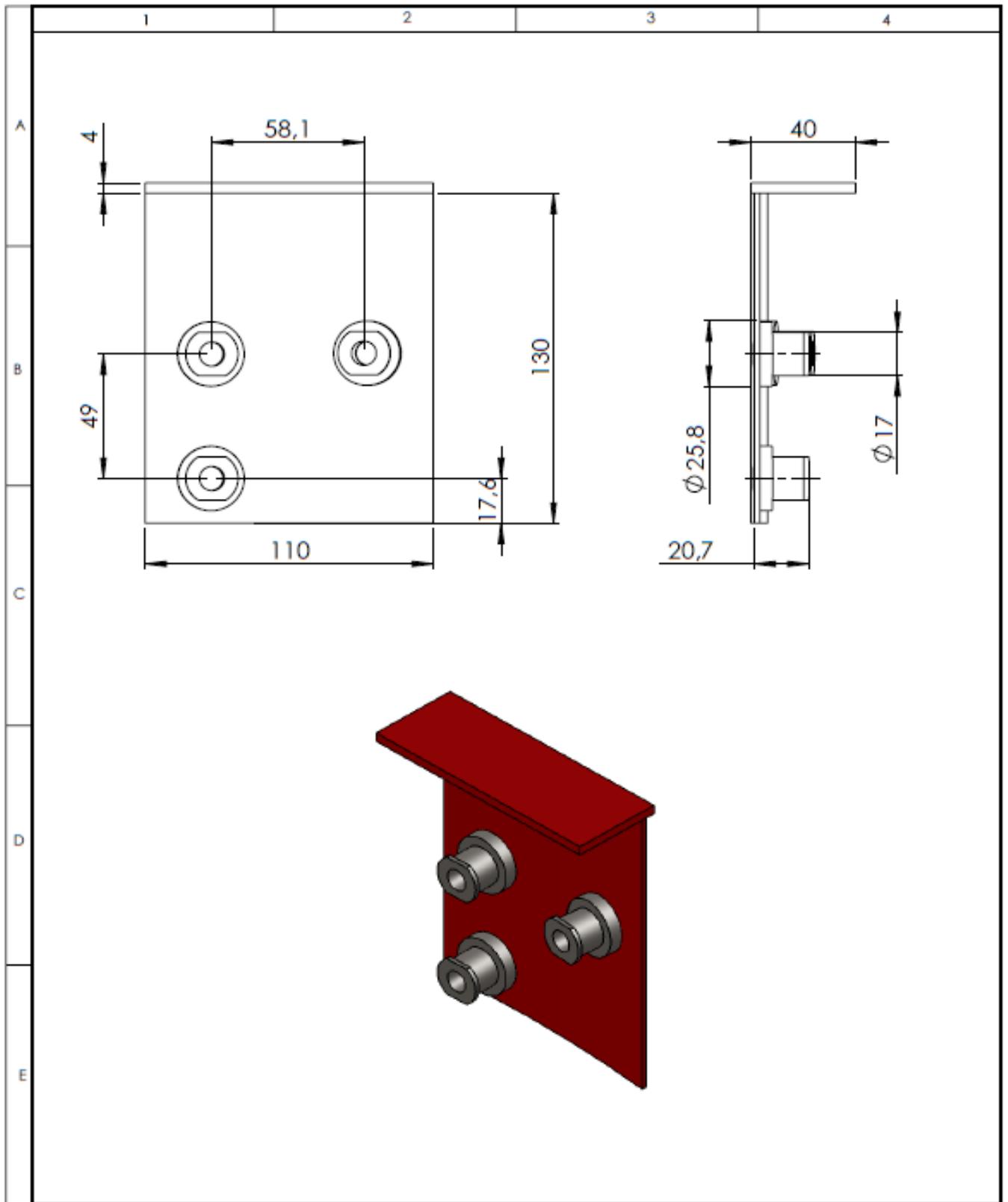
				Tolerancias	Peso	ACERO ASTM A36	
				± 0.1	0.407kg		
				Fecha	Nombre	PLATINA INFERIOR DEL ANILLO DE RODAMIENTOS	
				Dib. 01/12/12	Armas J/Pazmiño J		
				Rev. 01/12/12	Añeaga O/Mena S		
				Apro. 01/12/12	Añeaga O/Mena S	Escala: 1:5	
				ESPE-L AUTOMOTRIZ		N: 02	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre				



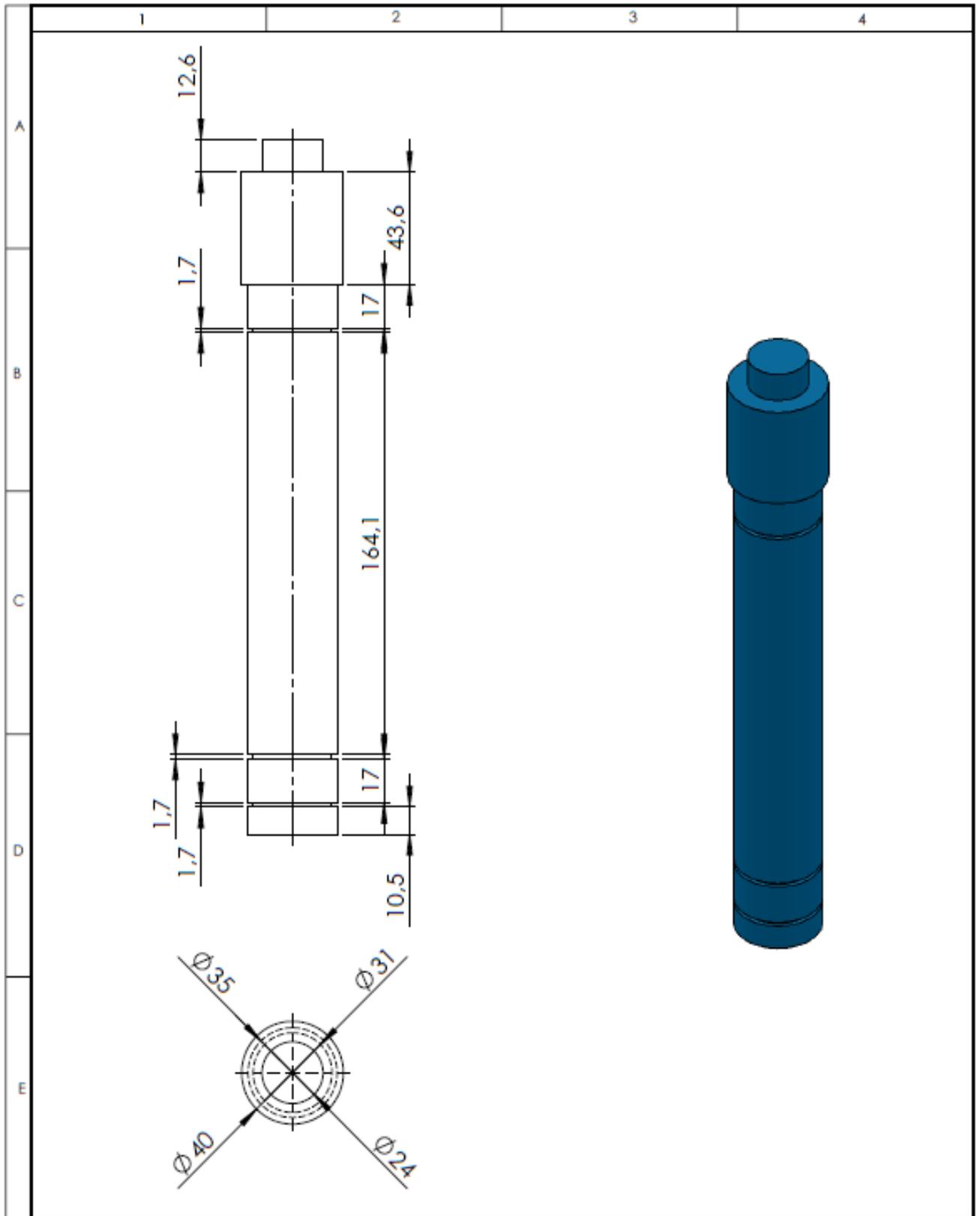
				Tolerancias	Peso	<b>ACERO ASTM A36</b>	
				± 0.1	0.366kg		
				fecha	Nombre	<b>PLATINA SUPERIOR DEL ANILLO DE RODAMIENTOS</b>	Escala: 1:5
			Dib.	01/12/12	Artega J/Pazmiño J		
			Rev.	01/12/12	Artega O/Mena S		
			Apro.	01/12/12	Artega O/Mena S		
				<b>ESPE-L AUTOMOTRIZ</b>		N: 03	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre				



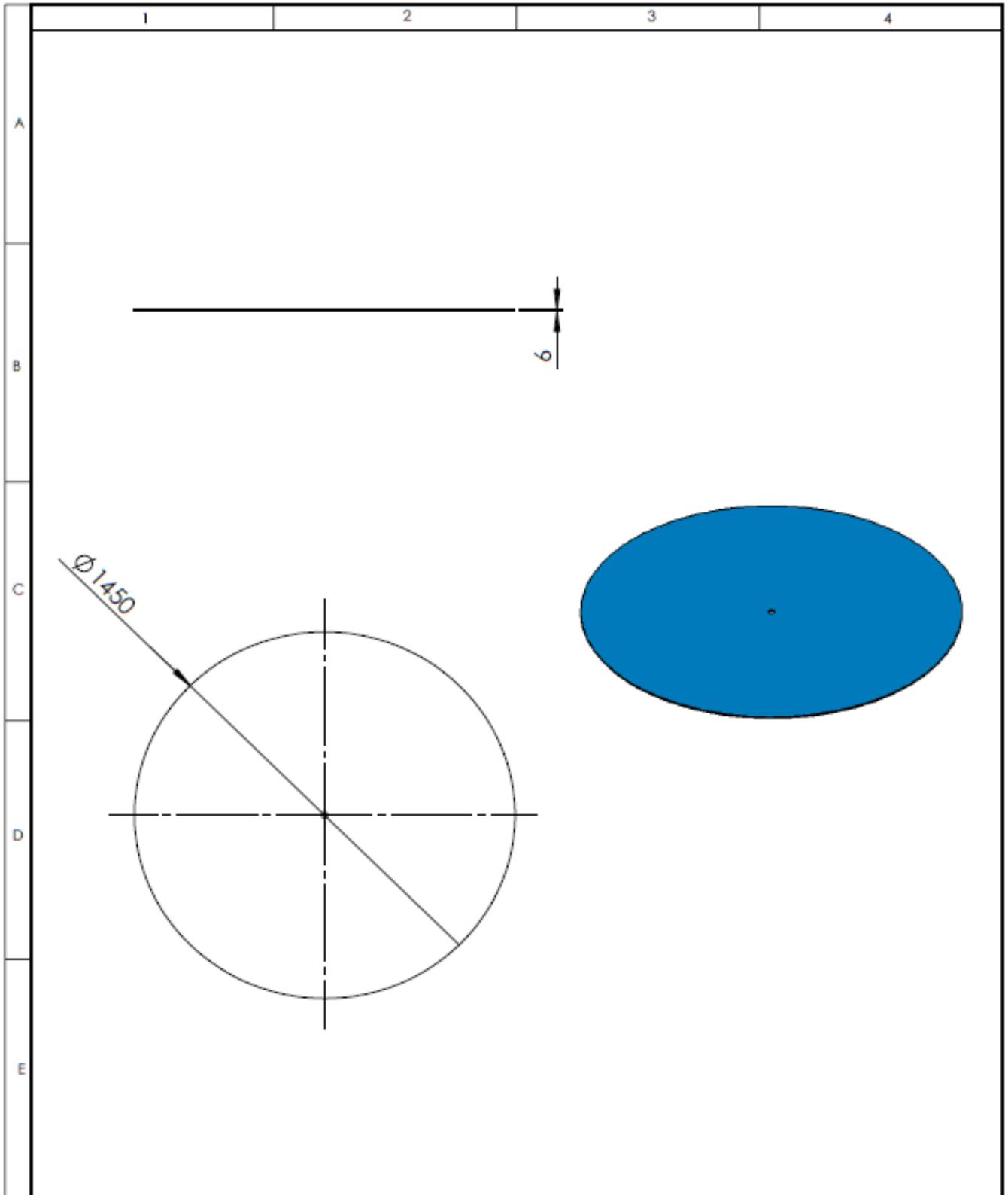
				Tolerancias	Peso	<b>ACERO AISI 1015</b>	
				± 0.1	0.025kg		
				Fecha	Nombre	<b>EJE PARA RODAMIENTOS 6203</b>	
				Dib. 01/12/12	Armas J/Pastrillo J		
				Rev. 01/12/12	Arteaga O/Mena S		
				Apro. 01/12/12	Arteaga O/Mena S	Escala: 2:1	
				<b>ESPE-L AUTOMOTRIZ</b>		N: 04	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



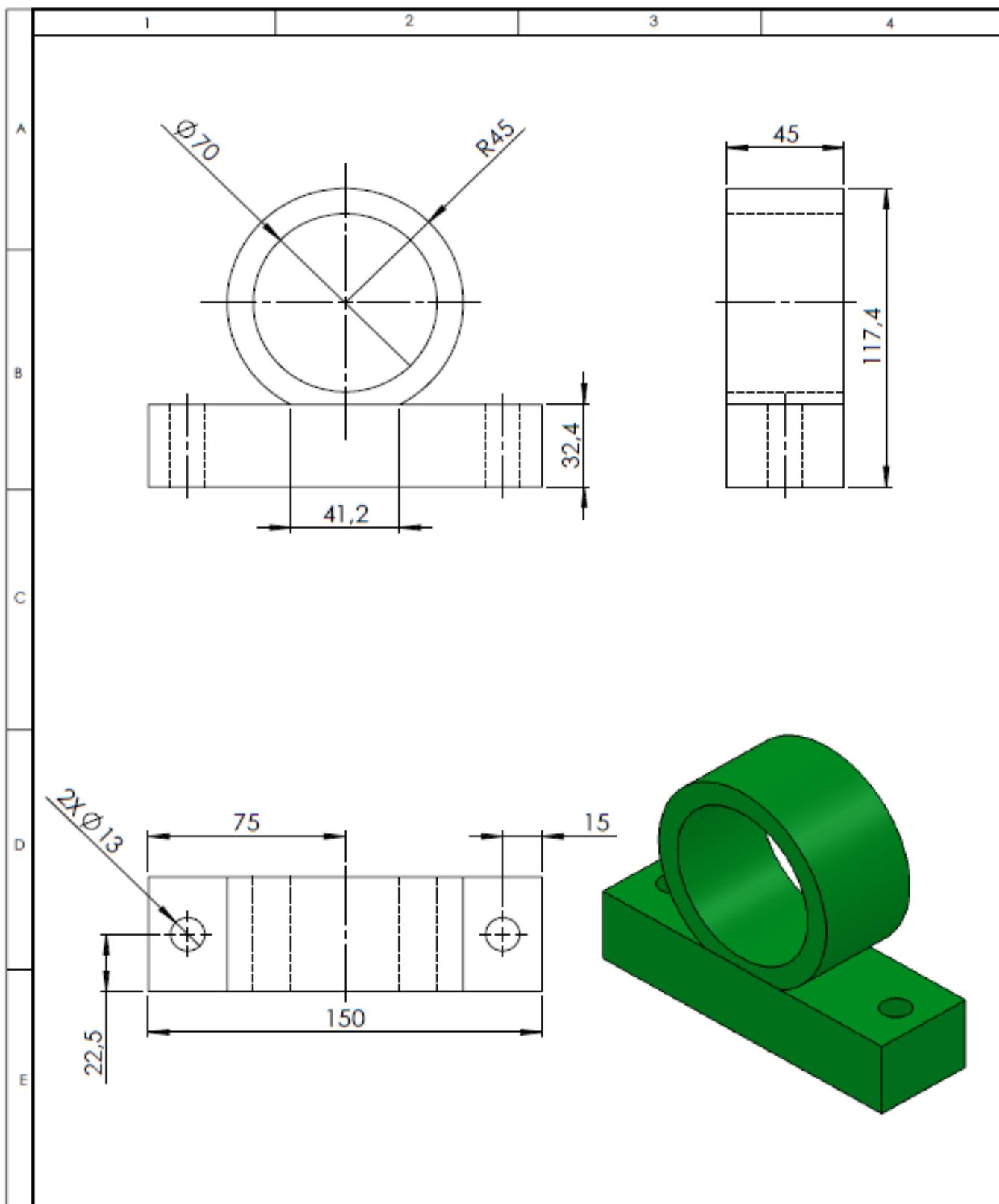
				Tolerancias	Peso	ACERO ASTM A36	
				$\pm 0.1$	0.763 Kg		
					Fecha	Nombre	Escala:
				Dib.	01/12/12	Armas J/Pastrillo J	1:2
				Rev.	01/12/12	Arteaga O/Mena S	
				Apro.	01/12/12	Arteaga O/Mena S	
				ESPE-L AUTOMOTRIZ		N: 05	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



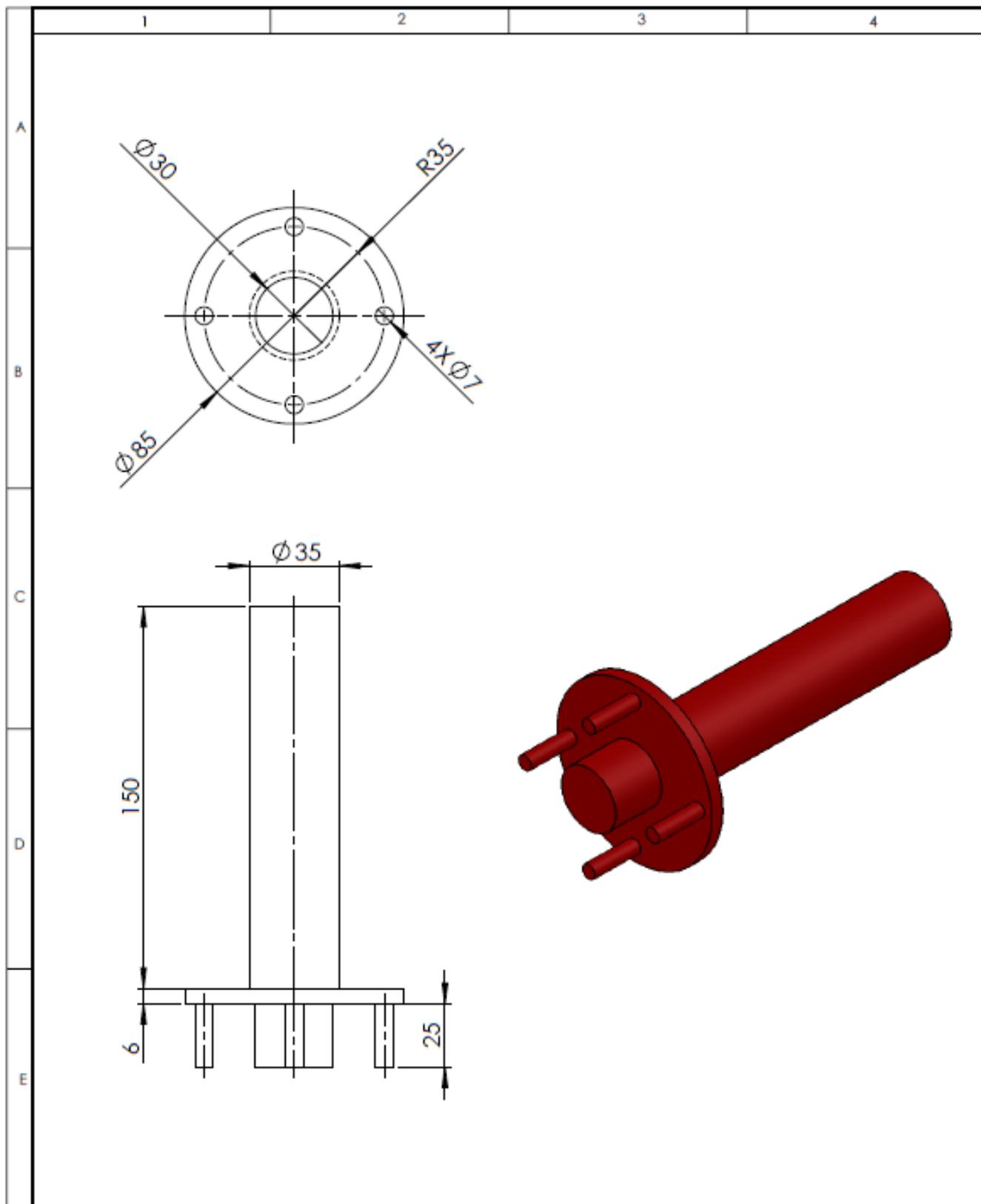
				Tolerancias	Peso	ACERO AISI 1015	
				± 0.1	2.08 kg		
				Fecha	Nombre	EJE PARA RODAMIENTOS 6207	
				Dib. 01/12/12	Armas J/Pazmiño J		
				Rev. 01/12/12	Arteaga O/Mena S		
				Apro. 01/12/12	Arteaga O/Mena S	Escala: 1:2	
				ESPE-L AUTOMOTRIZ		N: 06	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre				



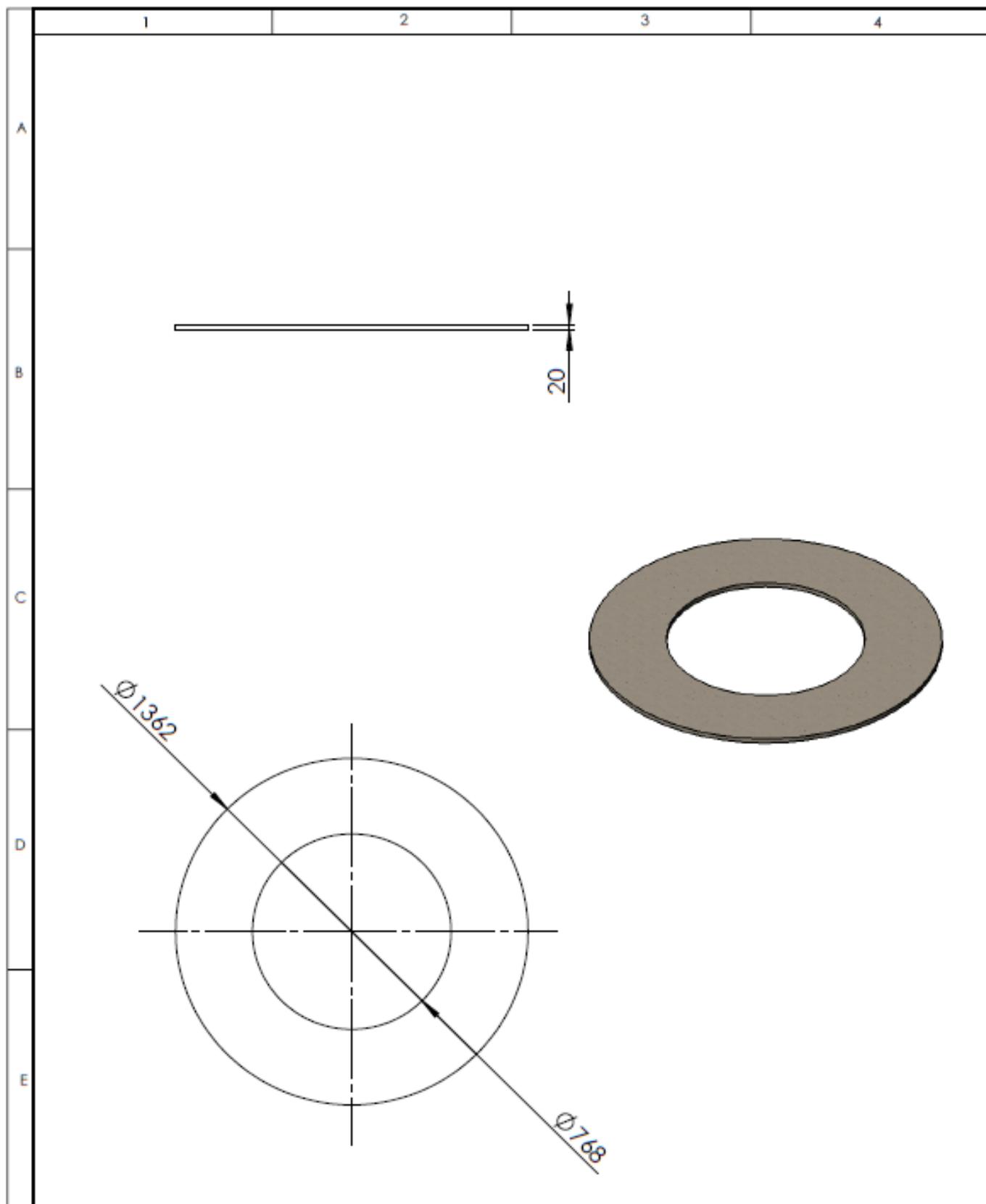
				Tolerancias	Peso	ACERO ASTM A36	
				± 0.1	77.75kg	PISTA DE RODADURA	
					Fecha	Nombre	Escala:
				Dib.	01/12/12	Armas J./Ramiro J.	1:20
				Rev.	01/12/12	Arleaga O/Mena S	
				Apro.	01/12/12	Arleaga O/Mena S	
				ESPE-L AUTOMOTRIZ		N: 07	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre				



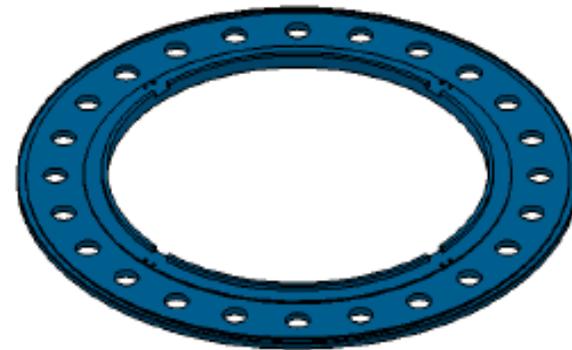
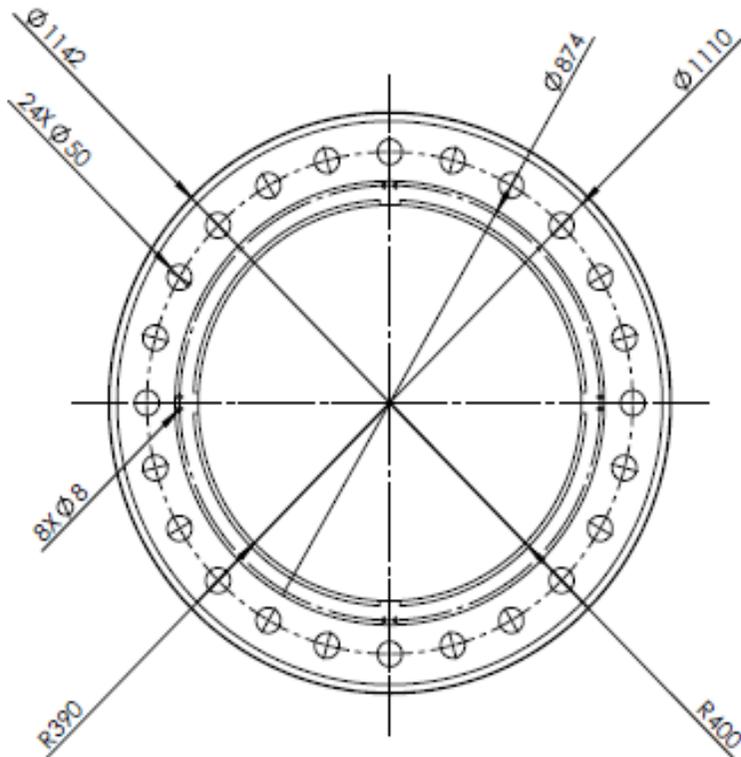
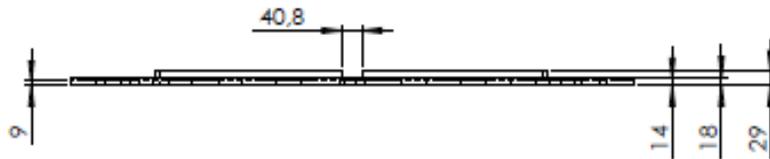
				Tolerancias	Peso	ACERO ASTM A36	Escala: 1:2
				$\pm 0,1$	3,319kg		
				Fecha	Nombre	CHUMACERA	N: 08
				Dib. 01/12/12	Artega O/Mena S		
				Rev. 01/12/12	Artega O/Mena S		
				Apro. 01/12/12	Artega O/Mena S		
				ESPE-L AUTOMOTRIZ			
Ed- ción	Modificación	Fecha	Nombre				



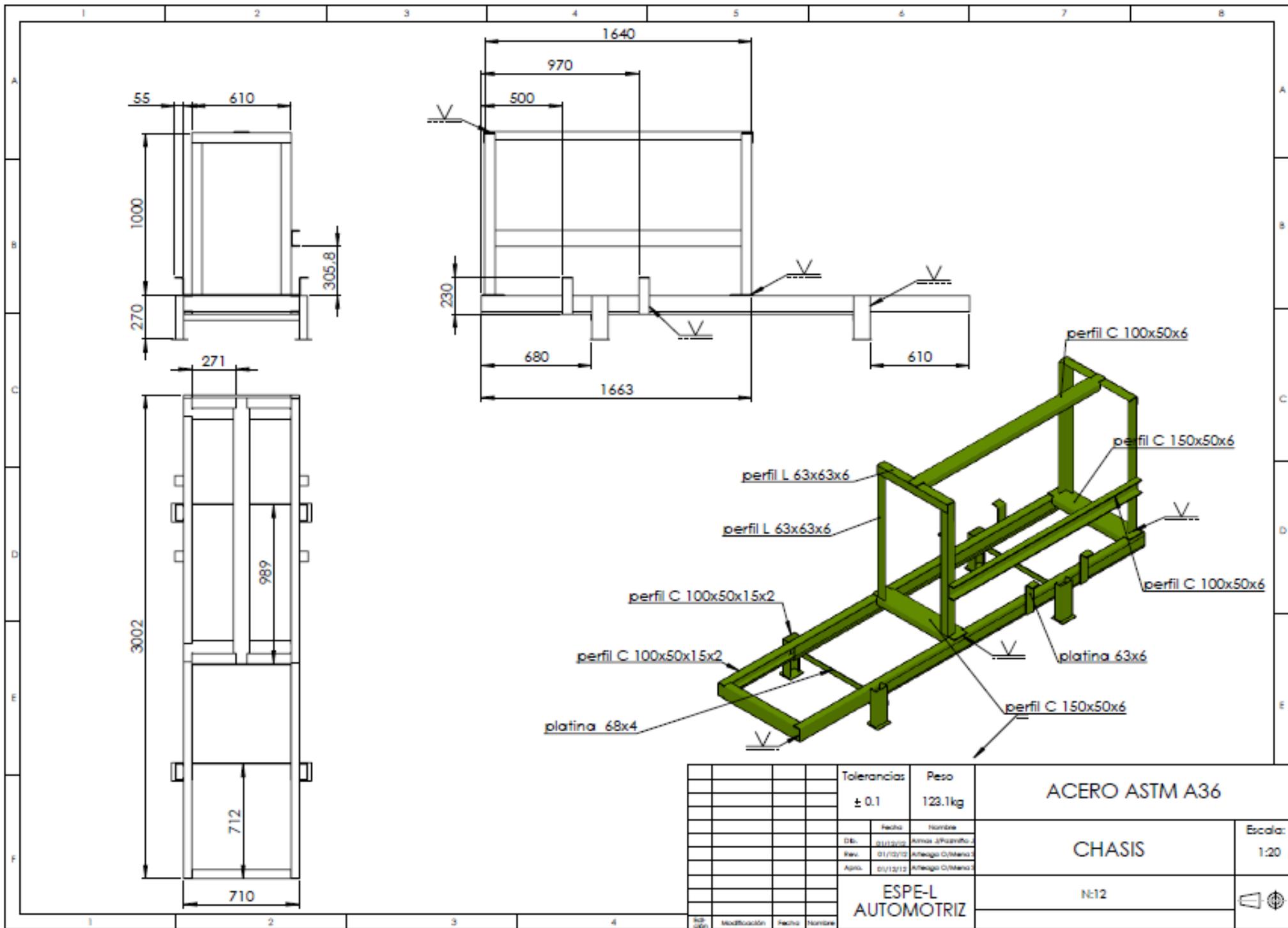
				Tolerancias	Peso	ACERO AISI 1015	
				± 0.1	2.08 kg	EJE PARA CHUMACERA	
					Fecha	Nombre	Escala:
				Dib.	01/12/12	Armas J. Pazniño J.	1:2
				Rev.	01/12/12	Arteaga O. Mena S.	
				Apro.	01/12/12	Arteaga O. Mena S.	
				ESPE-L AUTOMOTRIZ		N: 09	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre				



				Tolerancias	Peso	<b>CEMENTO</b>	
				$\pm 0.1$	43.72 kg		
				Fecha	Nombre	<b>PISTA DE CEMENTO</b>	Escala: 1:20
				Dib.	01/12/12 Armas J. Pazniño J.		
				Rev.	01/12/12 Arleaga O/Mena S		
				Apro.	01/12/12 Arleaga O/Mena S	<b>N: 10</b>	
				<b>ESPE-L AUTOMOTRIZ</b>			
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre				



				Tolerancias	Peso	FUNDICIÓN MALEABLE	
				$\pm 0.1$	54.88Kg		
				Fecha	Nombre		
				Dib.	01/12/10	Armas J.Pizarro	Escala: 1:10
				Rev.	01/12/10	Achega Cristina	
				Apro.	01/12/10	Achega Cristina	
				ESPE-L AUTOMOTRIZ		N:11	
				Modificación	Fecha	Nombre	



				Tolerancias	Peso	ACERO ASTM A36
				± 0.1	123.1kg	
				Fecha	Nombre	CHASIS
				01/12/12	Armas Zaparricho	
				01/12/12	Achaga Ojeda	
				01/12/12	Achaga Ojeda	
				ESPE-L AUTOMOTRIZ		N:12
				Modificación	Fecha	Nombre





**ANEXOS C: ARTÍCULO REVISTA**

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN Y CONTROL DE MOVIMIENTO DEL SIMULADOR Y BANCO DE PRUEBAS PARA LLANTAS NEUMÁTICAS

Danilo Armas Monteros<sup>1</sup> Julio Pazmiño Salinas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador. email : javo2310@hotmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador. email: jc-11-8@hotmail.com

## RESUMEN

En el sector automotriz uno de los factores importantes y eje principal son los neumáticos ya que de ellos depende que el vehículo se puedan desplazar a través de su superficie en contacto con los diferentes tipos de caminos.

En el presente trabajo se desarrolla la propuesta de un simulador de banco de pruebas para llantas neumáticas. Dicha simulación consiste en impulsar un neumático basándose en el mecanismo y funcionamiento de un carrusel; consta de un motor de combustión interna el cual será el encargado de impulsar la pista de rodadura donde entrará en contacto el neumático mediante una superficie de cemento simulando así el desplazamiento en condiciones reales.

En el simulador se pueden observar partes de un automóvil que a simple vista no se las puede apreciar en un vehículo.

En lo respecta a la generación de movimiento para realizar la simulación los componentes del banco de pruebas se toma en cuenta los esfuerzos de tensión y desplazamientos a los que están sometidos todos los componente del banco de pruebas para que en función de ellos se pueda calcular el factor de seguridad y la potencia requerida en el motor.

Se elaboro un manual de funcionamiento para el simulador de llantas neumáticas, con la finalidad de evitar errores al momento de manipular el simulador, evitando de esta manera daños o peor aun accidentes.

## ABSTRACT

In the automotive sector one of the important factors are the main axle and tires since they depend from the vehicle can move through its contact surface on different types of roads.

This paper develops a proposed test simulator for tires. This simulation is based on a tire drive mechanism and the operation of a carousel, consisting of a internal combustion engine which will be responsible for promoting the raceway where the tire come into contact with a surface simulating the displacement cement in real conditions.

In the simulator you can see parts of a car that the naked eye can not see in a car.

With regard to the generation of motion for the components of the simulation test takes into account the tensile stresses and displacements that are subject to all of the test component so that they function to calculate the safety factor and the power required by the motor.

A manual of operation for tires simulator, in order to avoid errors when handling the simulator, thus avoiding damage or worse accidents.

## I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene por objeto diseñar y construir un simulador y banco de pruebas que nos permita llevar a cabo la simulación de un neumático, en condiciones parecidas a las que habitualmente se las encuentra en un vehículo de turismo. Mediante la implementación de instrumentos de medición se puede controlar diferentes parámetros que influyen directamente en el rendimiento del simulador como son: la fuerza ejercida en el neumático, velocidad de giro de la pista de rodadura.

## II DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

El proyecto denominado diseño y construcción de un sistema de generación y control de movimiento del simulador y banco de pruebas para llantas neumáticas consta de cinco etapas:

1. Marco Teórico.
2. Diseño conceptual del simulador del banco de pruebas.
3. Diseño
4. Construcción y montaje.
5. Manual de operación

En la primera etapa se estudia los diferentes componentes que puede ser relacionados con el simular y banco de pruebas. Este estudio permitirá determinar que elementos satisfacen de mejor manera las necesidades del mismo.

En la segunda etapa se realiza un bosquejo del simulador, para poder apreciar los componentes que lo integran y en donde lo integran. El simulador tiene el principio de funcionamiento de los juegos mecánicos como es el carrusel, cuyo impulso es producido por un motor eléctrico o a combustible a través de un neumático impulsor.

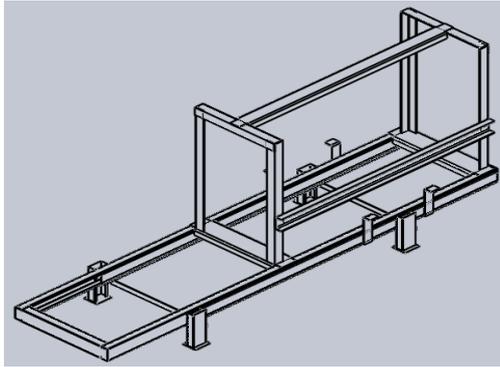


Figura 1. Estructura base

La tercera etapa consiste en el diseño del simulador en software llamado Solidworks, el cual nos facilita el trabajo para determinar los esfuerzos, desplazamientos y factores de seguridad de cada elemento que interviene en el simulador y banco de pruebas para llantas neumáticas. Esta etapa es la mas importante, por ser la que nos garantiza que la maquina es apta para su fabricación bajo condiciones de carga establecidas previamente.

#### Esfuerzos de Von Mises



Figura 2 Tensión de Von Mises en la estructura del chasis

#### Desplazamientos resultantes

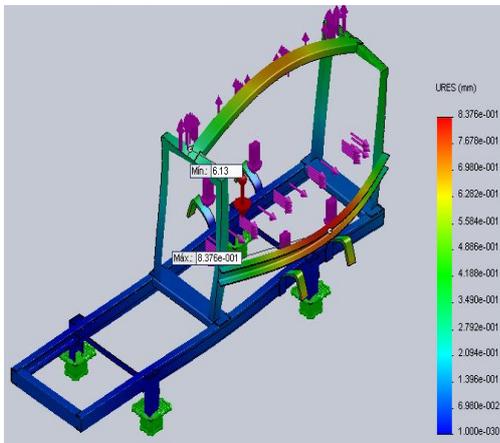


Figura 3 Desplazamientos resultantes en la estructura del chasis

#### Factor de seguridad

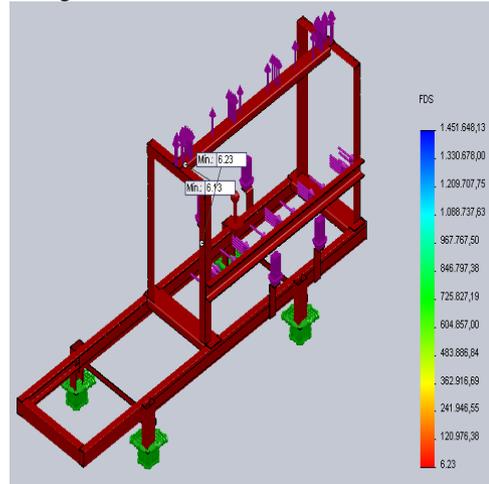


Figura 4 Factor de seguridad en la estructura del chasis

#### Simulador y banco de pruebas ara llantas neumáticas

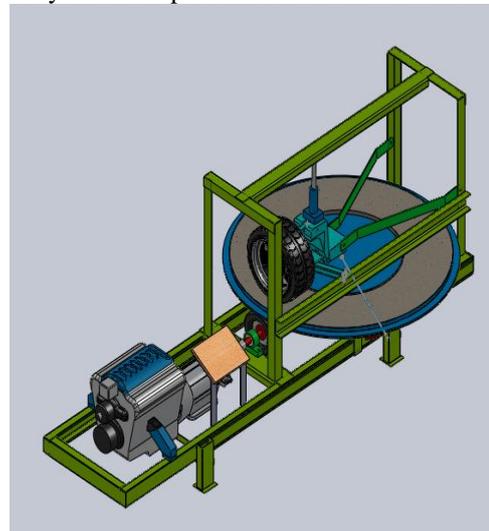


Figura 5 Modelado y ensamblaje del simulador y banco de pruebas para llantas neumáticas

En la cuarta etapa se realiza la construcción del simulador, en la que se detalla los pasos y las maquinas –herramientas utilizadas para la fabricación de la misma.



Figura 6 Construcción de la estructura del chasis



Figura 7 Simulador y banco de pruebas para llantas neumáticas

Y finalmente en la quinta etapa se detalla un manual de funcionamiento para el simulador y banco de pruebas para llantas neumáticas, el cual garantiza el buen desempeño y la seguridad tanto de las personas que manipulan la máquina como del simulador.

### III RESULTADOS

La máquina funciona perfectamente bajo las condiciones normales de carga y de velocidad.

El sistema de transmisión permite obtener un desempeño armónico de la pista de rodadura, sin embargo al tratarse de una caja de cambios al aumentar las marchas la velocidad aumenta drásticamente, por lo que se recomienda no sobrepasar la velocidad recomendada (50km/h) que está establecida en la tercera marcha.

### IV CONCLUSIONES

- Las condiciones reales de funcionamiento de los neumáticos no se las puede palpar desde el interior del vehículo al momento de conducir; mediante la simulación del banco de pruebas se puede evidenciar el comportamiento del neumático al entrar en contacto con la capa de cemento impulsado por el motor de combustión interna.
- El simulador y banco de pruebas para llantas neumáticas consta de varios mecanismos, los cuales permiten controlar y generar el movimiento del neumático.
- El programa de computación SolidWorks es una herramienta muy útil para el análisis de estructuras y piezas, facilitando la obtención de resultados mediante diagramas de esfuerzos, desplazamientos, factor de seguridad, etc.
- Mediante el motor de combustión interna, el embrague y la caja de cambios se puede obtener un desarrollo armónico del simulador, de igual manera que sucede en un vehículo de turismo.

- El banco de pruebas es un prototipo en fase de simulación su investigación a fondo permitirá a la comunidad politécnica en un futuro obtener datos utilizando herramientas electrónicas para analizar y comprender todos los factores que influyen en el comportamiento de los neumáticos.

### V RECOMENDACIONES

- El banco de pruebas logra alcanzar altas velocidades en su fase de simulación por ende es necesario no utilizar bajo condiciones extremas de aceleración.
- Al tratarse de un motor de combustión interna genera gases de escape nocivos para la salud por ende la ubicación del banco de prueba deberá tener una correcta ventilación en pro de la integridad de los estudiantes.
- La carga aplicada por el gato hidráulico es un factor muy crítico en la simulación del banco de pruebas si llega a un punto extremo; la fuerza aplicada debe ser la recomendada en el capítulo de operación del banco.
- La correcta utilización del banco de pruebas será de mucha utilidad para la comunidad politécnica siempre y cuando se le de los cuidados y mantenimiento necesarios para extender su vida útil.
- El diseño aquí exhibido puede servir como base para el desarrollo de futuros bancos de pruebas que permitan analizar los distintos componentes o sistemas que intervienen en simulador de una manera más detallada, así como de ampliar la gama de su aplicación dentro de la universidad o fuera de ella.

### VI. BIBLIOGRAFÍA

#### LIBROS.

- Manual de SolidWorks 2011.
- MOTT, Robert: "Diseño de Elementos de Máquinas", cuarta edición, 2006, México, Editorial Pearson Education
- Normas INEN. Código de Dibujo Técnico – Mecánico. 1981

#### NETGRAFIA.

- Ruedas y neumáticos. Disponible en Bricopage (2003). Consultado el 10 de julio de 2012, en:  
✓ [http://www.bricopage.com/como\\_se\\_hace/automovil/ruedas.htm](http://www.bricopage.com/como_se_hace/automovil/ruedas.htm)

- Manual de información técnica de neumáticos. Disponible en Fivit (1995). Consultado el 10 de julio de 2012, en:  
✓ [http://www.fivit.cat/archivos\\_fivi/manual\\_llantas.pdf](http://www.fivit.cat/archivos_fivi/manual_llantas.pdf)
- Tecnología para neumáticos. Disponible en Hankooktire-eu (2005). Consultado el 12 de julio de 2012, en:  
✓ <http://www.hankooktire-eu.com/es/tecnologia/dimensiones.html>
- Guía de mantenimiento. Disponible en Michelin (2012). Consultado el 13 de julio de 2012, en:  
✓ <http://www.michelin.es/neumaticos/consejos/guia-de-mantenimiento/enemigos-del-neumatico>
- Guía de mantenimiento. Disponible en Michelin (2012). Consultado el 13 de julio de 2012, en:  
✓ <http://www.michelin.es/neumaticos/consejos/guia-de-mantenimiento/problemas-con-los-neumaticos>

## BIOGRAFÍA



**Julio Pazmiño**, nació en Ambato, Ecuador. Es ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales en asesoramiento de sistemas automotrices.



**Danilo Armas**, nació en Quito, Ecuador. Es ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales en asesoramiento de sistemas automotrices.

Latacunga, diciembre de 2012

---

Sr. Danilo Armas

---

Sr. Julio Pazmiño

Director de Tesis

---

Ing. Oscar Arteaga

Codirector de Tesis

---

Ing. Stalin Mena

Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz

---

Ing. Juan Castro

Secretario Académico

---

Dr. Rodrigo Vaca