

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
AUTOMOTRIZ

Tesis previa a la obtención del título de:
INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ

TEMA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN FRENO DE
ESTACIONAMIENTO AUTOMÁTICO PARA LA
IMPLEMENTACIÓN EN UN AUTOMÓVIL MAZDA 323
HX3 DEL AÑO 1999”

AUTOR:

XAVIER ALEX SUMBA TENEZACA

DIRECTOR:

ING. FERNANDO VÁSQUEZ

CUENCA-ECUADOR

DICIEMBRE 2010

DECLARACIÓN

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Cuenca, Diciembre 01 del 2010

XAVIER ALEX SUMBA TENEZACA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por XAVIER ALEX SUMBA TENEZACA, bajo mi supervisión.

ING. FERNANDO VÁSQUEZ
DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a Dios por darme la oportunidad y sabiduría para poder alcanzar mis metas con éxito.

Agradezco a mis padres por brindarme su apoyo incondicional, en especial a mi madre Carmela Tenezaca quien me ha dado la fuerza y aliento para cumplir mis metas, la mujer que estuvo en los buenos y malos momentos brindándome su apoyo, que con su cariño y paciencia me ha permitido triunfar en todas las etapas de mi vida.

También un especial agradecimiento a Karla quien ha estado junto a mí los últimos 3 años de mi carrera aconsejándome y apoyándome sin condición alguna.

Y a mi director de tesis, directivos, profesores, compañeros y amigos que me han apoyado durante mi formación profesional.

DEDICATORIA

A mis padres Alejandro y Carmela porque su amor, dedicación y entrega hacia sus hijos es inigualable, ya que ellos me han guiado por el camino del éxito y me han formado como un hombre de bien, quienes con sus valores y virtudes me han enseñado que todo esfuerzo tiene su recompensa; a mis hermanos Walter, Carlota, Carolina y Andrea quienes con su amistad y alegría han llenado mi vida de gratos momentos. Y a Karla por brindarme su amor y sincera amistad, quien me enseñó a enfrentar los problemas con inteligencia y me ha enseñado el verdadero significado del amor.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Declaración.....	2
Certificación.....	3
Agradecimientos.....	4
Dedicatoria.....	5
Índice de contenidos.....	6
Índice de tablas.....	15
Índice de Anexos.....	16
Abstract.....	19

CAPITULO I

1. Análisis introductorio al sistema de freno de estacionamiento automático.....	22
1.1 Freno.....	22
1.1.1 Introducción.....	22
1.1.2 Fuerza de frenado.....	22
1.1.3 Consecuencias del frenado.....	23
1.1.4 Reparto de frenada.....	25
1.1.5 Repartos de cargas en el vehículo.....	26

1.1.6	Distancia de parada.....	28
1.1.7	Disposiciones legales para la instalación de frenos en los vehículos.....	29
1.1.8	Circuitos de frenos.....	30
1.1.8.1	Circuito principal de frenos.....	31
1.1.8.2	Circuito auxiliar de frenos.....	32
1.1.8.2.1	Freno complementario de asistencia.....	33
1.1.8.3	Configuraciones de los circuitos de freno.....	33
1.1.9	Tipos de freno.....	36
1.1.9.1	Freno de tambor.....	36
1.1.9.1.1	Descripción de los componentes.....	37
1.1.9.2	Freno de disco.....	46
1.1.9.2.1	Constitución.....	47
1.1.9.2.2	Sistemas de mordazas o pinza de freno.....	48
1.1.9.2.3	Disco de freno.....	50
1.1.9.2.4	Pastillas de freno.....	51
1.2	Freno de mano clásico.....	52

1.2.1	Introducción.....	52
1.2.2	Componentes.....	53
1.2.3	Funcionamiento.....	59
1.3	Freno de estacionamiento automático.....	60
1.3.1	Introducción.....	60
1.3.2	Componentes.....	62
1.3.3	Funcionamiento.....	63
1.3.4	Aplicaciones.....	65
1.3.5	Epb2.....	66

CAPITULO II

2.	Diseño y construcción del dispositivo de freno de estacionamiento automático.....	71
2.1	Funcionamiento del sistema de freno de estacionamiento automático.....	71
2.2	Datos del fabricante del vehículo mazda 323 hx3 '99.....	72
2.2.1	Motor.....	72
2.2.2	Sistema eléctrico.....	73
2.2.3	Sistema de frenos.....	74

2.3 Alternativas de diseño y selección del sistema más adecuado.....	74
2.4 Identificación de los elementos previos al cálculo.....	75
2.5 Diseño del sistema mecánico.....	78
2.5.1 Diagrama de bloques del sistema mecánico.....	78
2.5.2 Calculo de la fuerza en el sistema de freno de mano clásico.....	78
2.5.2.1 Dimensiones de la palanca de freno de mano.....	78
2.5.2.2 Cálculo de la fuerza aplicada en el cable del freno de mano.....	79
2.5.2.2.1 Condiciones.....	79
2.5.2.2.2 Fuerza aplicada en el punto Q.....	80
2.5.2.2.2.1 Medición de la fuerza aplicada en la palanca (real).....	81
2.5.3 Especificaciones y requerimientos del dispositivo mecánico.....	83
2.5.4 Diseño de forma.....	84
2.5.4.1 Análisis de las funciones del dispositivo mecánico.....	84
2.5.4.2 Parámetros del diseño.....	85

2.5.4.3 Bosquejo del dispositivo mecánico.....	86
2.5.4.4 Diseño y cálculo de los componentes del dispositivo mecánico.....	86
2.5.4.4.1 Diseño del electroimán principal.....	86
2.5.4.4.1.1 Consideraciones electromagnética.....	86
2.5.4.4.1.2 El electroimán tipo E.....	90
2.5.4.4.1.3 Cálculo del número de espiras de la bobina.....	93
2.5.4.4.2 Armadura móvil.....	94
2.5.4.4.2.1 Anclaje.....	94
2.5.4.4.2.2 Barra de enclavamiento.....	99
2.5.4.4.3 Diseño de la carcasa.....	103
2.5.4.4.3.1 Caja.....	103
2.5.4.4.4 Diseño del electroimán secundario.....	111
2.5.4.4.4.1 Armadura móvil.....	112
2.5.4.4.5 Sistema de enclavamiento eléctrico.....	113
2.5.4.4.5.1 Enclavamiento.....	113

2.5.4.4.6	Diseño del sistema de desenclavamiento manual.....	118
2.6	Construcción del sistema mecánico.....	119
2.6.1	Tabla de par de apriete de los pernos del sistema mecánico.....	126
2.7	Diseño del sistema eléctrico.....	127
2.7.1	Condiciones de funcionamiento para el diseño eléctrico-electrónico.....	127
2.7.1.1	Activación automática al apagar el motor.....	127
2.7.1.2	Al encender el motor o switch (ON).....	128
2.7.1.3	Arranque en cuesta automático.....	128
2.7.1.4	Desactivación al iniciar la marcha.....	129
2.7.1.5	Desactivación mecánica en caso de falla de la batería.....	130
2.7.2	Diagrama de bloques del sistema eléctrico.....	130
2.7.3	Datos reales del vehículo.....	130
2.7.4	Diseño del sistema eléctrico por medio del software PROTEUS7.....	131
2.7.4.1	Diseño electrónico.....	131

2.7.4.1.1	Fuente de alimentación al PIC 16F877A (pin 11 o 32).....	131
2.7.4.1.2	Microcontrolador.....	134
2.7.4.1.3	Lista de materiales.....	143
2.7.5	Programación del Microcontrolador por medio del software MICROCODE.....	147
2.7.5.1	Diagrama de funcionamiento del programa.....	147
2.7.5.1.1	Al encender el motor.....	148
2.7.5.1.2	Al apagar el motor.....	149
2.7.5.1.3	Botón de mando.....	150
2.7.5.1.4	Arranque en cuesta.....	151
2.8	Cuadro de precios.....	152
2.8.1	Elementos mecánicos.....	152
2.8.2	Elementos eléctricos.....	153

CAPITULO III:

3.	Implementación y pruebas de funcionamiento del dispositivo de freno automático en el vehículo.....	157
3.1	Proceso para la implementación del dispositivo mecánico.....	157

3.1.1	Ubicación.....	157
3.1.2	Dimensiones del lugar.....	158
3.1.3	Dimensiones totales de la carcasa.....	158
3.1.4	Elementos de sujeción.....	159
3.1.5	Manual de instalación del dispositivo mecánico.....	160
3.1.5.1	Especificaciones técnicas.....	160
3.1.5.2	Componentes del dispositivo mecánico.....	161
3.1.5.3	Ensamblaje del dispositivo mecánico.....	162
3.1.5.4	Retirar todos los elementos que dificulten la implementación del dispositivo mecánico en el vehículo.....	167
3.1.5.5	Sujeción del dispositivo mecánico al compacto del vehículo.....	170
3.1.5.6	Adaptación del cable de accionamiento de las zapatas de las ruedas posteriores a la armadura móvil.....	172
3.1.5.7	Adaptación del cable de control para el desenclavamiento manual.....	174
3.2	Proceso para la implementación del sistema eléctrico.....	177
3.2.1	Manual de instalación del sistema eléctrico.....	177
3.2.1.1	Especificaciones.....	177

3.2.1.2 Componentes del sistema eléctrico.....	177
3.2.1.3 Implementación en el vehículo.....	177
3.2.1.3.1 Ubicación de los sensores de posición (fines de carrera).....	178
3.2.1.3.1.1 Primera marcha y reversa.....	178
3.2.1.3.1.2 Acelerador.....	181
3.2.1.3.1.3 Embrague.....	182
3.2.1.3.2 Ubicación del botón de mando.....	184
3.2.1.3.3 Ubicación del controlador electrónico.....	185
3.2.1.3.4 Cableado.....	186
3.3 Pruebas de funcionamiento.....	194
3.3.1 Observaciones.....	194
3.3.1.1 Dispositivo mecánico.....	194
3.3.1.2 Dispositivo eléctrico.....	196

CAPITULO IV

4. Mantenimiento del sistema mecánico y eléctrico del dispositivo de freno automático.....	198
--	-----

4.1 Recomendaciones de funcionamiento del sistema de freno automático.....	198
4.2 Mantenimiento del sistema mecánico.....	198
4.3 Mantenimiento del sistema eléctrico-electrónico.....	199
4.3.1 Materiales a utilizar.....	199
4.3.2 Procedimiento.....	200

CAPITULO V

5. Conclusiones y recomendaciones.....	204
5.1 Conclusiones.....	204
5.2 Recomendaciones.....	207

BIBLIOGRAFÍA.....	209
--------------------------	------------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1. Coeficientes de adherencia.....	23
Tabla 2.1. Especificaciones del motor.....	73
Tabla 2.2. Especificaciones del sistema eléctrico.....	73
Tabla 2.3. Especificaciones del sistema de frenos.....	74
Tabla 2.4. Características de los sistemas de accionamiento.....	75

Tabla 2.5.Resultados electroimán principal.....	93
Tabla 2.6.Resultados electroimán secundario.....	112
Tabla 2.7. Pares de apriete.....	126
Tabla 2.8. Cuadro de datos del sistema eléctrico.....	130
Tabla 2.9. Lista de componentes electrónicos.....	143
Tabla 2.10. Cuadro de precios de los elementos mecánicos.....	152
Tabla 2.11. Cuadro de precios de los elementos eléctricos.....	153
Tabla 3.1. Pares de apriete.....	160
Tabla 3.2. Componentes del sistema mecánico.....	161
Tabla 3.3. Lista de componentes electrónicos.....	177
Tabla. 3.4. Descripción de los pines de conexión.....	193

ÍNDICE DE ANEXOS:

ANEXO A: TABLAS DE DATOS

ANEXO A.1. Propiedades típica de materiales seleccionados usados en ingeniería (unidades Si).....	212
ANEXO A.2. Tabla de imantación de los materiales más usados.....	213
ANEXO A.3. Especificaciones aws a.1-69.....	214

ANEXO A.4. Propiedades mecánicas de elementos roscados de clase métrica.....	215
ANEXO A.5. Tabla de pares de apriete.....	216
ANEXO A.6. Características eléctricas (Im 7805).....	217
ANEXO A.7. Características técnicas (pc 817).....	218
ANEXO A.8. Características técnicas (tip 120).....	219
ANEXO A.9. Características técnicas (pic 16f877a).....	220
ANEXO A.10. Pcb (vista frontal).....	221
ANEXO A.11. Pcb (vista posterior).....	222
ANEXO A.12. Programa del PIC por medio del software MICROCODE.....	223

ANEXO B: PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

ANEXO B.1. Electroimán principal.....	226
ANEXO B.2. Ejes del electroimán principal.....	227
ANEXO B.3. Armadura móvil del electroimán principal.....	228
ANEXO B.4. Caja metálica.....	229
ANEXO B.5. Placas de soporte.....	230
ANEXO B.6.1. Tapa frontal superior.....	231
ANEXO B.6.2. Tapa frontal inferior.....	232

ANEXO B.7. Puntos de giro del enclavamiento.....	233
ANEXO B.8. Enclavamiento-placa móvil.....	234
ANEXO B.9. Electroimán secundario.....	235
ANEXO B.10. Armadura móvil del electroimán secundario.....	236
ANEXO B.11. Eje de unión.....	237
ANEXO B.12. Placa de protección del electroimán secundario.....	238
ANEXO B.13. Sujetador del electroimán secundario.....	239
ANEXO B.14. Placa de sujeción del electroimán secundario.....	240
ANEXO B.15. Gancho para el muelle de retorno.....	241
ANEXO B.16. Placa de sujeción del cable de desenclavamiento manual.....	242
ANEXO B.17. Tornillo iso 7046 m3.5x6x0.6mm.....	243
ANEXO B.18. Perno allen iso 4762 m5x60x0.8mm.....	244
ANEXO B.19. Perno allen iso 4762 m5x10x0.8mm.....	245
ANEXO B.20. Perno allen iso 4762 m5x20x0.8mm.....	246
ANEXO B.21. Perno hex. Iso 4017 m6x60x1mm.....	247
ANEXO B.22. Placa de sujeción del sensor de primera marcha.....	248
ANEXO B.23. Placa de sujeción del sensor de reversa.....	249

CAPÍTULO I

**ANÁLISIS INTRODUCTORIO AL SISTEMA
DE FRENO DE ESTACIONAMIENTO
AUTOMÁTICO.**



1. ANÁLISIS INTRODUCTORIO AL SISTEMA DE FRENO DE ESTACIONAMIENTO AUTOMÁTICO.

1.1 FRENO.

1.1.1 INTRODUCCIÓN.

El sistema de frenos en un vehículo tiene la misión de reducir la velocidad, hasta llegar a detenerlo si fuera preciso. El efecto de frenado consiste en absorber la energía cinética producida por el vehículo en movimiento, energía que es transformada en calor por el rozamiento mutuo entre los elementos de frenado, tales como zapatas de freno y tambor, pastillas de freno con su disco, etc., y disiparlo a la atmósfera.¹

En la acción de frenado intervienen otras fuerzas, además del sistema de frenos. De ellas destacan los rozamientos de los órganos de la transmisión, la resistencia opuesta por el aire al desplazamiento del vehículo y el mismo motor cuando actúa como freno por girar más rápido las ruedas que el propio motor.

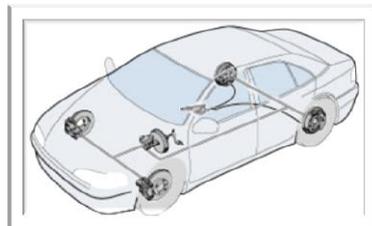


Figura 1.1. Sistema de frenos.

Fuente: BOSCH.²

1.1.2 FUERZA DE FRENADO.

La fuerza de frenado (F_f) que hay que aplicar a un vehículo para disminuir su velocidad o detenerlo está en función del peso del vehículo (P) y del coeficiente de

¹ BOSCH, Sistema de Frenos, 03/04/2010 14:24,
www.pilasybateriassa.com/pdf/Sistemas_de_frenos.pdf

² Ídem.

adherencia en las ruedas (μ). Por lo tanto la Fuerza de frenado viene determinada por esta expresión.

$$F_f = P * \mu$$

El coeficiente de adherencia en las ruedas está en función del desgaste de los neumáticos y del estado del terreno sobre el que se desplaza el vehículo. A continuación se dan algunos valores del coeficiente de adherencia (μ).³

NATURALEZA DE LA CARRETERA	ESTADO	NEUMÁTICOS NUEVOS	NEUMÁTICOS VIEJOS
HORMIGÓN	SECO	1,00	1,00
	MOJADO	0,7	0,5
ASFALTO GRUESO	SECO	1,00	1,00
	MOJADO	0,7	0,5
ASFALTO NORMAL	SECO	0,6	0,6
	MOJADO	0,5	0,3
	BARRO	0,2	0,1
	HIELO	0,05	<0,05

Tabla 1. 1. Coeficientes de adherencia.

Fuente: MECANICA Virtual.⁴

1.1.3 CONSECUENCIAS DEL FRENADO.

Si al vehículo en movimiento se le aplica una fuerza igual y de sentido contrario a la fuerza que produce el movimiento, se origina en él una aceleración negativa o deceleración que llega a anular el movimiento ya que, para detener el vehículo, hay que anular el trabajo desarrollado absorbiendo la energía cinética producida en el

³ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/04/2010 15:03, www.mecanicavirtual.org/frenos-1.htm.

⁴ Ídem.

movimiento; es decir, se debe aplicar una fuerza de frenado (F_f) que anule la fuerza de impulsión (F_i).⁵

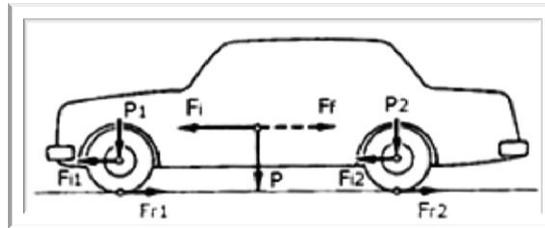


Figura 1.2. Fuerzas que intervienen en el vehículo.

Fuente: MECANICA Virtual.⁶

Si la fuerza de frenado (F_f) aplicada a una rueda es menor que la fuerza de impulsión en la misma (F_i), la resultante es positiva y hace que el vehículo se desplace, aunque con menor intensidad. Por el contrario, si se aplica una mayor fuerza de frenado ($F_f > F_i$), la resultante es negativa, creándose un par de fuerzas contrario al giro motor que bloquea la rueda y produce el arrastre de la misma.

La fuerza de frenado tiene que ser la adecuada, un exceso de esta, no significa que el vehículo se detenga antes, ya que, para frenar, hay que transformar en calor la energía de la fuerza de impulsión (F_i). Si se bloquea la rueda, al no haber rozamiento entre sus elementos de frenado, deja de convertirse en calor la energía cinética del desplazamiento y, por tanto, el vehículo seguirá en movimiento hasta que la energía sea eliminada por otro medio, lo que ocurre por efecto del rozamiento del neumático contra el terreno.⁷

El bloqueo de las ruedas provoca un efecto de frenado desequilibrado. El frenado desequilibrado trae consigo una pérdida de control del vehículo. Si el bloqueo de las ruedas se produce en un solo eje se origina la pérdida de control del vehículo, de forma que, si el bloqueo se produce sobre las ruedas traseras, el arrastre producido en ellas tiende a ponerlas por delante de las delanteras, ya que estas están frenadas, manifestándose el efecto por balanceos traseros en el vehículo. Si el bloqueo se produce sobre las ruedas delanteras, el arrastre en ellas, al no avanzar (por estar

⁵ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/04/2010 15:03, www.mecanicavirtual.org/frenos-1.htm.

⁶ Ídem.

⁷ Ídem.

detenidas las traseras), se traduce en una desviación lateral del vehículo con la correspondiente pérdida del control de la dirección.⁸

De todo lo expuesto se deduce que la fuerza de frenado debe ser tal, que detenga rápidamente la rueda pero sin llegar a bloquearla. Como la fuerza de frenado (F_f) también está en función del peso del vehículo (P) y del coeficiente de adherencia en los neumáticos, se pone de relieve la importancia que tiene el estado de los mismos, así como las condiciones del terreno en el momento de frenado.⁹

Un neumático desgastado disminuye el coeficiente de adherencia y, por tanto, la eficacia en los frenos. Lo mismo ocurre cuando el neumático pierde contacto con la calzada por el estado del suelo debido a la lluvia, barro, nieve, etc. Estas condiciones hacen disminuir el par resistente en las ruedas, de forma que la fuerza de frenado aplicada debe ser menor para que el vehículo no patine.¹⁰

1.1.4 REPARTO DE FRENADA.

Considerando que tenemos en las cuatro ruedas el mismo grado de adherencia, la fuerza de frenado se distribuye por igual entre las ruedas delanteras y las traseras en función del peso que soportan. En el reparto de la fuerza de frenado hay que tener en cuenta que, en el momento de frenado y por efecto de la inercia, aparece una fuerza (F) que aplicada al centro de gravedad del vehículo (C.G), desplaza el conjunto de elementos suspendidos (peso total del vehículo) hacia adelante. Este efecto obliga a modificar las cargas sobre los ejes, ya que parte del peso se desplaza de las ruedas traseras a las delanteras, con lo cual aumenta la adherencia de éstas al suelo, debiéndose aplicar, por tanto, una mayor fuerza de frenado a las ruedas delanteras. El peso transferido (P_t) en función de la fuerza (F), denominado carga dinámica, que depende del peso del vehículo y de la velocidad de desplazamiento, origina, en el momento de frenado, una inclinación del vehículo cuyo ángulo (β) depende de la

⁸ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/04/2010 15:03, www.mecanicavirtual.org/frenos-1.htm.

⁹ Ídem.

¹⁰ Ídem.

situación del centro de gravedad y de la distancia entre ejes, así como de las características de flexibilidad en la suspensión de sus ejes.¹¹

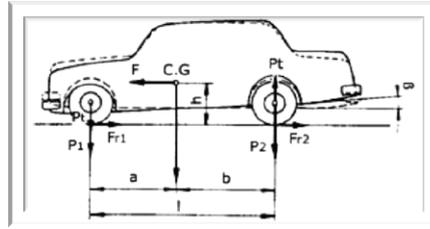


Figura 1.3. Reparto de las fuerzas de frenado (f_f).

Fuente: MECANICA Virtual.¹²

El valor del peso transferido al eje delantero suele ser aproximadamente el 20% del peso total del vehículo, calculándose en la mayoría de los casos por la fórmula:

$$P_t = 0.2 * P$$

Al diseñar un vehículo, el fabricante tiene en cuenta este efecto, a fin de no sobrepasar la fuerza de frenado en cada una de las ruedas, obteniéndose así una gran eficacia en los frenos. Esta llega al 100% cuando la fuerza de frenado es igual al peso real que descansa sobre cada rueda al frenar. Generalmente nunca se alcanza ese grado de eficacia en los frenos, considerándose buenos frenos cuando la eficacia es igual o mayor al 80% y malos frenos cuando es igual o inferior al 50%.¹³

1.1.5 REPARTOS DE CARGAS EN EL VEHÍCULO.

El reparto de cargas sobre los ejes del vehículo, según la posición del grupo motor propulsor, suele estar comprendido entre los siguientes valores:

- Motor delantero y propulsión trasera: el 50% para cada eje.

¹¹ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/04/2010 15:03, www.mecanicavirtual.org/frenos-1.htm

¹² Ídem.

¹³ Ídem.

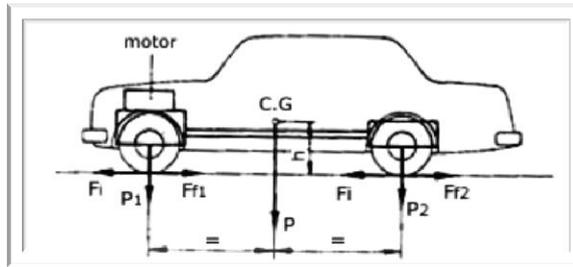


Figura 1.4. Motor delantero y propulsión trasera.

Fuente: MECANICA Virtual.¹⁴

- Motor y tracción delantera: el 60% en el eje delantero y 40% en el trasero.

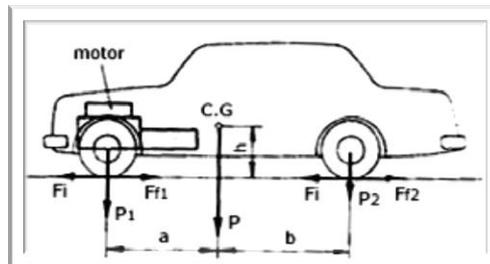


Figura 1.5. Motor y tracción delantera

Fuente: MECANICA Virtual.¹⁵

- Motor y propulsión traseros: el 40% en el eje delantero y el 60% en el trasero.

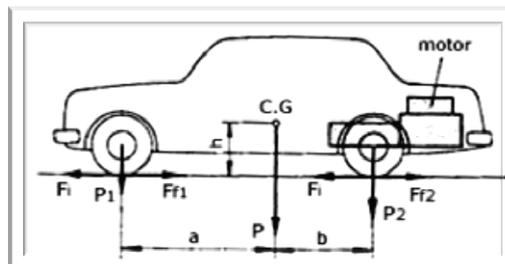


Figura 1.6. Motor y propulsión traseros.

Fuente: MECANICA Virtual.¹⁶

La influencia del frenado en las ruedas también se manifiesta en las curvas. En ellas, junto a la fuerza de frenado aplicada a las ruedas, aparece una fuerza transversal consecuencia de la fuerza centrífuga, que hace aumentar o disminuir la adherencia

¹⁴ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/04/2010 15:03, www.mecanicavirtual.org/frenos-1.htm

¹⁵ Ídem.

¹⁶ Ídem.

del neumático con el suelo, en función del peso transferido en la curva hacia las ruedas exteriores, las cuales ganan adherencia, mientras la pierden las interiores. Si en estas circunstancias se frena, puede llegarse a bloquear prematuramente cualquiera de las ruedas interiores, en particular la trasera, con el consiguiente derrapado del vehículo y pérdida de estabilidad.¹⁷

1.1.6 DISTANCIA DE PARADA.

Se llama distancia de parada, al espacio recorrido por el vehículo desde que se accionan los frenos hasta que se detiene por completo. Esta distancia depende de la fuerza de frenado, grado de adherencia al suelo en ese momento, velocidad del vehículo, fuerza y dirección del viento, etc., factores todos ellos variables y muy difíciles de determinar que no permitirán calcular con exactitud el valor de la distancia de parada.¹⁸

La distancia de parada de los vehículos suele calcularse por medio de una fórmula simplificada; en esta fórmula no se tiene en cuenta la resistencia del viento, se considera que los neumáticos están en buen estado y se aplica la máxima fuerza de frenado.

$$D = \frac{V^2}{e * 254}$$

D = distancia de parada en metros.

V² = velocidad en Km/h.

e = porcentaje de eficacia de los frenos.

254 = constante para que para que las distancias vengan expresadas en metros.

¹⁷ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/04/2010 15:03, www.mecanicavirtual.org/frenos-1.htm

¹⁸ Ídem.

1.1.7 DISPOSICIONES LEGALES PARA LA INSTALACIÓN DE FRENOS EN LOS VEHÍCULOS.

Estas disposiciones implantadas por decreto ley y tenidas en cuenta por los fabricantes de automóviles, son contrastadas por la Jefatura de Industria para poder dar de alta a los vehículos fabricados. Entre ellas se pueden destacar las siguientes:

1. Todo vehículo debe tener dos sistemas de frenos, independientes uno del otro, de forma que pueda funcionar uno de ellos cuando falle el otro.
2. Uno de los sistemas debe fijar el vehículo cuando este quede estacionado.
3. Los frenos de servicio deben actuar enérgicamente sobre el vehículo en movimiento, debiendo producir una deceleración mínima de $2,4 \text{ m/s}^2$.
4. De tener que utilizar el freno auxiliar de estacionamiento como freno de emergencia, éste debe ser capaz de producir una deceleración mínima de $1,5 \text{ m/s}^2$.
5. Los remolques con dos o más ejes deben disponer de una instalación propia de frenado capaz de producir una deceleración mínima de $2,5 \text{ m/s}^2$ y, al desconectarse del vehículo de arrastre, sus ruedas deben de quedar bloqueadas automáticamente.
6. Los remolques de un solo eje, no necesitan instalación de frenos propia cuando la carga por eje remolcado sea inferior a la mitad del peso en vacío del vehículo tractor.
7. Los vehículos cuyo peso total sea superior a las 5,5 t, deben ir equipados con un tercer freno de servicio.
8. Todos los frenos de servicio deben llevar, tanto en el vehículo tractor como en el remolque, una señalización luminosa de color rojo situada en

la parte trasera de los mismos, de forma que indique a los demás conductores que está realizando esta maniobra.¹⁹

Como en cualquier parte mecánica del vehículo el sistema de frenos está legislado y normalizado para poder tener una garantía de calidad y fiabilidad del producto. En este caso, aseguramos que el conductor de un vehículo automóvil pueda reducir la velocidad de marcha del vehículo o incluso, poder parar el mismo sin que el vehículo sufra ninguna modificación de su trayectoria y dentro de unos márgenes de trabajo.²⁰

La normativa existente para los sistemas de freno con o sin ABS, en general, están reagrupadas básicamente en tres normas concretas:

- Norma nacional (INEN).
- Norma de Comunidad Económica Europea, CE-71/320/CEE, las normas de adaptación y sus anexos.
- Norma de Comunidad Económica de las Naciones Unidas de Ginebra, ECE 13 y ECE 78.

Estas normas, nos dicen que todo vehículo automóvil debe estar provisto de un dispositivo de freno principal o de servicio y de un dispositivo de freno de socorro o freno de mano (en el caso de los turismos). Además, los frenos deben permitir al conductor de un vehículo modificar la velocidad del vehículo, incluso pararlo, sin modificar la trayectoria del mismo y mantener parado el vehículo, en carga, en una pendiente ascendente o descendente de una inclinación del 18%.²¹

1.1.8 CIRCUITOS DE FRENOS.

Según la reglamentación vigente todo vehículo necesita llevar acoplados dos sistemas de frenado independientes; uno de ellos, el circuito *principal* de servicio

¹⁹ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/04/2010 15:03, www.mecanicavirtual.org/frenos-1.htm

²⁰ Ídem.

²¹ Ídem.

debe ser capaz de detener el vehículo en movimiento a voluntad del conductor y otro circuito, *auxiliar*, que se emplea para bloquear las ruedas cuando el vehículo está estacionado.²²

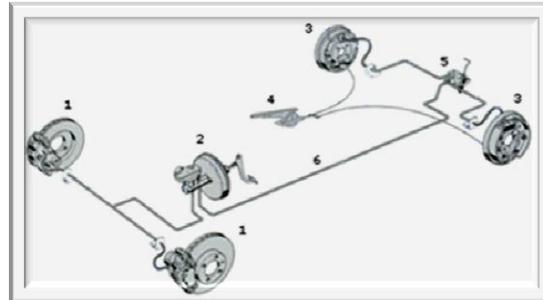


Figura 1.7. Esquema básico de un circuito de frenos. 1. Freno de disco., 2. Bomba de frenos., 3. Freno de tambor., 4. Freno de mano., 5. Compensador de frenado., 6. Canalización.

Fuente: MECANICA Virtual.²³

1.1.8.1 CIRCUITO PRINCIPAL DE FRENOS.

El circuito principal es accionado por un mando de pedal situado en el interior del habitáculo que transmite la fuerza aplicada por el conductor a los elementos de frenado de las ruedas. La transmisión de esfuerzos se realiza a través de un circuito hidráulico o neumático, aprovechando la energía transmitida por estos fluidos a través de un sistema multiplicador de esfuerzos, para que llegue a las ruedas con la fuerza necesaria para detener el vehículo.²⁴

Los sistemas de freno principal o de servicio cumplen las siguientes características:

- Generar un trabajo que se oponga al desplazamiento del vehículo, para ello, hemos de crear un momento de resistencia que se oponga al movimiento de las ruedas, procurando que los momentos de resistencia entre ambas ruedas, de un mismo eje, sean iguales y que, dichos momentos de resistencia, sean

²² MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/04/2010 15:03, www.mecanicavirtual.org/frenos-5.htm

²³ Ídem.

²⁴ Ídem.

diferentes entre el eje delantero y trasero, para evitar que las ruedas traseras se bloqueen.

- Transformar la energía cinética, generada por el vehículo, en energía calorífica. Esto se consigue mediante el frotamiento de un elemento en movimiento contra otro que se encuentra fijo, obteniendo así, una disminución del rendimiento mecánico. En el caso de los frenos de tambor, cuando hablamos de elemento en movimiento nos referimos al tambor, ya que está unido a las ruedas o directamente a la transmisión. En cuánto al elemento fijo nos referimos al plato del tambor y a las zapatas de freno. Estos dos últimos elementos van sujetos a la carrocería.
- E informar al conductor del estado del sistema de frenos y a los demás usuarios de que hemos accionado el pedal de freno.²⁵

1.1.8.2 CIRCUITO AUXILIAR DE FRENOS.

El circuito auxiliar consiste en un mecanismo de freno mecánico, llamado freno de mano, accionado desde el interior del vehículo de forma que, una vez fijado el mando, las ruedas queden bloqueadas para evitar el deslizamiento. Este mecanismo se aplica generalmente a las ruedas traseras.²⁶

Los sistemas de freno de socorro o freno de mano deben cumplir las siguientes características:

- Generar un trabajo que se oponga al desplazamiento del vehículo, para ello, hemos de crear un momento de resistencia que se oponga al movimiento de las ruedas de un mismo eje.
- Permitir el bloqueo de las ruedas de un eje a voluntad del conductor e informar, a éste, de que el sistema está activado.

²⁵ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/04/2010 15:03, www.mecanicavirtual.org/frenos-5.htm

²⁶ Ídem.

1.1.8.2.1 FRENO COMPLEMENTARIO DE ASISTENCIA.

En vehículos pesados de gran tonelaje suele instalarse un tercer freno de asistencia, cuya misión es colaborar y actuar conjuntamente con el circuito principal para evitar determinados momentos que, por el continuo uso, los frenos pierdan efectividad, precisamente cuando más se necesitan.

Entre ellos hay que destacar el freno eléctrico aplicado a la transmisión del vehículo, el cual entra en funcionamiento a voluntad del conductor por medio de un mando situado a su alcance en el volante o tablero de mandos. El funcionamiento de este freno evita el continuo uso a que se vería obligado el circuito principal, evitando por tanto el desgaste excesivo de ferodos que producirían una disminución en la eficacia de frenado.²⁷

1.1.8.3 CONFIGURACIONES DE LOS CIRCUITOS DE FRENO.

Según la normativa "DIN 74000" hay cinco posibilidades de configurar los circuitos de frenos en un vehículo. Los circuitos de freno se distinguen a este fin mediante letras, denominándose las distribuciones en: II, X, HI, LL y HH. La forma de las letras se asemeja aproximadamente a la disposición de las tuberías de freno entre el cilindro principal y los frenos de rueda.

De estas cinco posibilidades de distribuir los circuitos de freno, las que más se utilizan son la II y la X, que requieren un empleo mínimo de tuberías rígidas, tubos flexibles, empalmes separables y juntas estáticas o dinámicas. Por eso el riesgo de un fallo a causa de fugas es tan bajo en cada uno de sus dos circuitos de freno comparado con el circuito único de freno. En caso de fallar un circuito de freno a consecuencia de sobrecarga térmica de un freno de rueda, son particularmente críticas las distribuciones HI, LL y HH, puesto que un fallo de ambos circuitos de freno en una rueda puede causar el fallo total del freno.

²⁷ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/04/2010 15:03, www.mecanicavirtual.org/frenos-5.htm

Para cumplir las disposiciones legales relativas al efecto del freno auxiliar, los vehículos con carga predominantemente sobre la parte frontal se equipan con la distribución X. La distribución II es apropiada especialmente para turismos con carga sobre la parte trasera.²⁸

➤ **DISTRIBUCIÓN "II".**

Distribución eje delantero/eje trasero: un circuito de freno (1) actúa en el eje delantero y el otro circuito (2) actúa en el eje trasero.

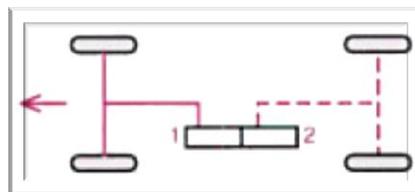


Figura 1.8. Diagrama de Circuito "II".

Fuente: MECANICA Virtual²⁹

➤ **DISTRIBUCIÓN "X".**

Distribución diagonal: cada circuito de freno actúa en una rueda delantera y en la rueda trasera diagonalmente opuesta.

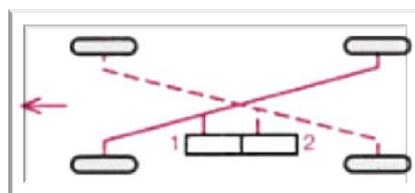


Figura 1.9. Diagrama de Circuito "X".

Fuente: MECANICA Virtual³⁰

➤ **DISTRIBUCIÓN "HI".**

²⁸ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/04/2010 15:03, www.mecanicavirtual.org/frenos-5.htm

²⁹ Ídem.

³⁰ Ídem.

Distribución ejes delantero y trasero/eje delantero: un circuito de freno actúa en los ejes delanteros y trasero, el otro sólo en el eje delantero.

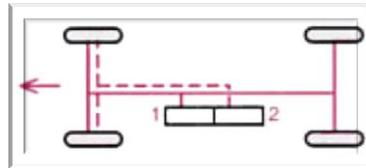


Figura 1.10. Diagrama de Circuito "HI"

Fuente: MECANICA Virtual.³¹

➤ **DISTRIBUCIÓN "LL".**

Distribución eje delantero y rueda trasera/eje delantero y rueda trasera. Cada circuito de freno actúa en el eje delantero y en una rueda trasera.

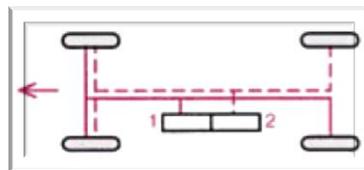


Figura 1.11. Diagrama de Circuito "LL".

Fuente: MECANICA Virtual.³²

➤ **DISTRIBUCIÓN "HH".**

Distribución ejes delantero y trasero/ejes delantero y trasero. Cada circuito de freno actúa en el eje delantero y en el eje trasero.

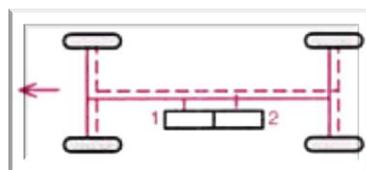


Figura 1.12. Diagrama de Circuito "HH".

Fuente: MECANICA Virtual.³³

³¹ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/04/2010 15:03, www.mecanicavirtual.org/frenos-5.htm

³² Ídem.

³³ Ídem.

1.1.9 TIPOS DE FRENO.

Para frenar el vehículo se necesita absorber la energía cinética producida en su desplazamiento. Esto se realiza por fricción entre dos piezas de elevado coeficiente de adherencia, una de ellas fija, como son las zapatas o pastillas de freno, y la otra móvil, que pueden ser los tambores o los discos de freno, según se empleen frenos de tambor o frenos de disco o la combinación de ambos en las distintas ruedas.

El frotamiento entre sí de estos dos elementos detiene el movimiento de las ruedas y transforma la energía de movimiento en calor, que es disipado a la atmósfera por las corrientes de aire que circulan a través de ellos durante el desplazamiento del vehículo.³⁴

Según los elementos empleados y la forma de efectuar el desplazamiento de la parte móvil, los frenos empleados en las ruedas pueden ser de dos tipos:

- Frenos de tambor.

- Frenos de disco.

1.1.9.1 FRENO DE TAMBOR.



Figura 1.13. Esquema básico de un sistema de freno de tambor.

1. Tambor de freno., 2. Manguito metálico.,
3. Zapatas., 4. Latiguillo.

*Fuente: Norauto.*³⁵

³⁴ Norauto, Mantenimiento del automóvil, 02/06/2010 19:56,

<http://www.norauto.es/files/norautoguides/mantenimiento09/mantenimiento09.pdf>

³⁵ Ídem.

Este tipo de freno está constituido por un tambor, que es el elemento móvil, montado sobre el buje de la rueda por medio de unos tornillos o espárragos y tuercas, del cual recibe movimiento, y un plato de freno, elemento fijo sujeto al puente o la mangueta. En este plato van instalados los elementos de fricción, llamados ferodos, y los mecanismos de accionamiento para el desplazamiento de las zapatas.³⁶

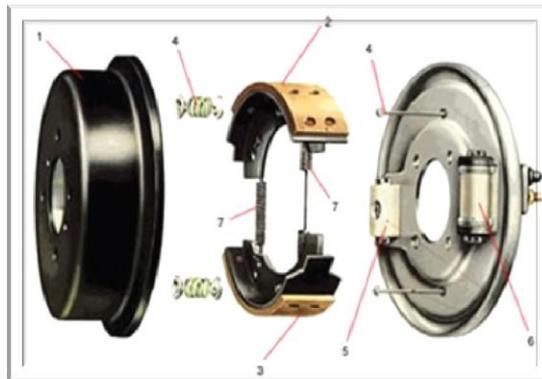


Figura 1.14. Componentes del sistema de frenos tipo tambor.

*1. Tambor., 2. Mordaza primaria., 3. Mordaza secundaria.,
4. Retención., 5. Soporte de articulaciones. 6. Bombín., 7. Muelles de retorno.*

Fuente: Norauto.³⁷

1.1.9.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES.

a) TAMBOR.

El tambor es la pieza que constituye la parte giratoria del freno y que recibe la casi totalidad del calor desarrollado en el frenado.

Se fabrica en fundición gris perlítica con grafito esferoidal, material que se ha impuesto por su elevada resistencia al desgaste y menor costo de fabricación y que absorbe bien el calor producido por el rozamiento en el frenado. Cabe destacar también, para ciertas aplicaciones, las fundiciones aleadas, de gran dureza y capaces de soportar cargas térmicas muy elevadas.³⁸

³⁶ Norauto, Mantenimiento del automóvil, 02/06/2010 19:56,
<http://www.norauto.es/files/norautoguides/mantenimiento09/mantenimiento09.pdf>

³⁷ Ídem.

³⁸ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/06/2010 20:45, www.mecanicavirtual.org/frenos-2.htm



Figura 1.15. Tambor.

Fuente: MECANICA Virtual.³⁹

El tambor va torneado interior y exteriormente para obtener un equilibrado dinámico del mismo, con un mecanizado fino en su zona interior o de fricción para facilitar el acoplamiento con los ferodos sin que se produzcan agarrotamientos. En la zona central lleva practicados unos taladros donde se acoplan los espárragos de sujeción a la rueda y otros orificios que sirven de guía para el centrado de la rueda al buje.⁴⁰

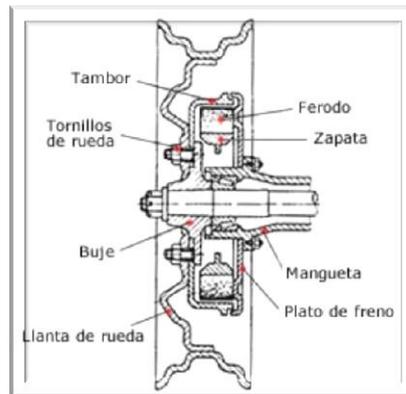


Figura 1.16. Conjunto de tambor-rueda (acoplado).

Fuente: MECANICA Virtual.⁴¹

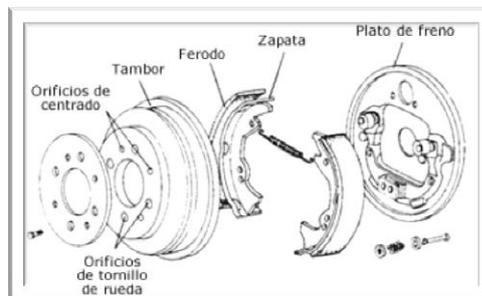


Figura 1.17. Despiece del freno de tambor.

³⁹ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/06/2010 20:45, www.mecanicavirtual.org/frenos-2.htm

⁴⁰ Ídem.

⁴¹ Ídem.

Fuente: MECANICA Virtual⁴²

b) PLATO DE FRENO.

El plato de freno está constituido por un plato portafrenos o soporte de chapa embutida y troquelada, sobre el que se monta el bombín o bombines de accionamiento hidráulico y las zapatas de freno y demás elementos de fijación y regulación.

Las zapatas se unen por un extremo al bombín y por el otro a un soporte fijo o regulable; a su vez, se mantienen unidas al plato por medio de un sistema elástico de pasador y muelle, que permite un desplazamiento de aproximación al tambor y las mantiene fijas en su desplazamiento axial. El muelle, que une las dos zapatas, permite el retroceso de las mismas a su posición de reposo cuando cesa la fuerza de desplazamiento efectuada por el bombín.

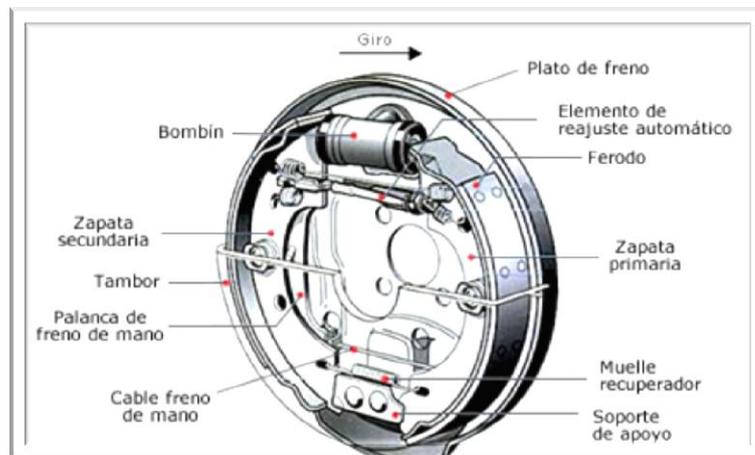


Figura 1.18. Esquema interno de un plato de freno.

Fuente: MECANICA Virtual.⁴³

c) FORMA Y CARACTERÍSTICAS DE LAS ZAPATAS.

Las zapatas de freno están formadas por dos chapas de acero soldadas en forma de media luna y recubiertas en su zona exterior por los ferodos o forros de freno, que son los encargados de efectuar el frenado por fricción con el tambor. Los forros de

⁴² Ídem.

⁴³ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/06/2010 20:45, www.mecanicavirtual.org/frenos-2.htm

freno se unen a la zapata metálica por medio de remaches embutidos en el material hasta los 3/4 de espesor del forro para que no rocen con el tambor, o bien pegados con colas de contacto. El encolado favorece la amortiguación de vibraciones y, como consecuencia, disminuyen los ruidos que éstas ocasionan durante el frenado.



Figura 1.19. Zapatas del freno de tambor.

Fuente: MECANICA Virtual.⁴⁴

d) TIPOS DE FRENO DE TAMBOR.

Según la forma de acoplamiento de las zapatas al tambor para ejercer el frenado, los frenos de tambor se clasifican en los siguientes tipos:

➤ FRENO DE TAMBOR SIMPLEX.

En este tipo de freno las zapatas van montadas en el plato, fijas por un lado al soporte de articulación y accionadas por medio de un solo bombín de doble pistón. Este tipo de frenos de tambor es de los más utilizados sobre todo en las ruedas traseras.

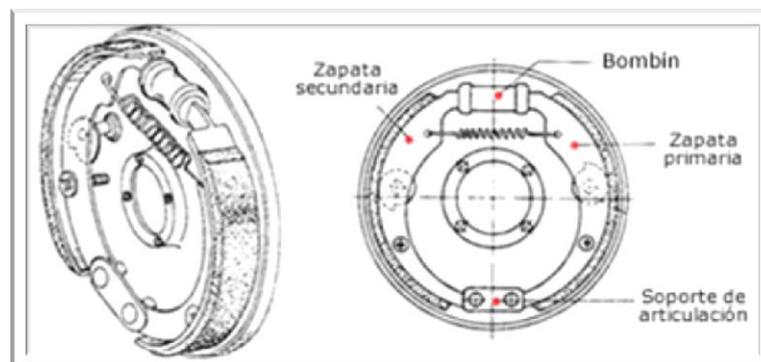


Figura 1. 20. Freno de tambor simplex.

⁴⁴ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/06/2010 20:45, www.mecanicavirtual.org/frenos-2.htm

Fuente: MECANICA Virtual.⁴⁵

Con esta disposición, durante el frenado, una de las zapatas llamada primaria se apoya sobre el tambor en contra del giro del mismo y efectúa una fuerte presión sobre la superficie del tambor. La otra zapata, llamada zapata secundaria, que apoya a favor del giro de la rueda, tiende a ser rechazada por efecto del giro del tambor, lo que hace que la presión de frenado en esta zapata sea inferior a la primaria (figura 1.21).

Invirtiendo el sentido de giro, se produce el fenómeno contrario: la zapata primaria se convierte en secundaria y la secundaria en primaria (figura 1.22).

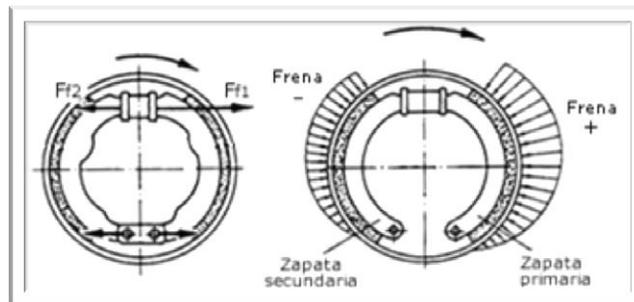


Figura 1.21. Funcionamiento del sistema simple (giro horario).

Fuente: MECANICA Virtual.⁴⁶

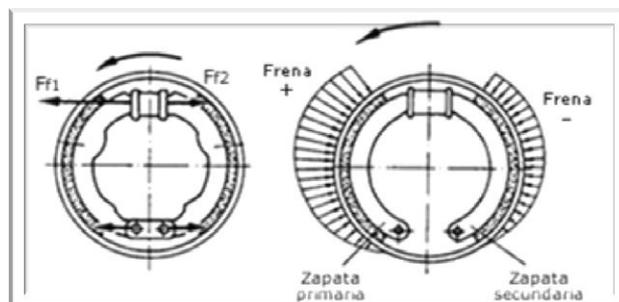


Figura 1.22. Funcionamiento del sistema simple (giro anti horario).

Fuente: MECANICA Virtual.⁴⁷

Este tipo de freno de tambor se caracteriza por no ser el más eficaz a la hora de frenar, debido a que las zapatas no apoyan en toda su superficie sobre el tambor, pero

⁴⁵ Ídem.

⁴⁶ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/06/2010 20:45, www.mecanicavirtual.org/frenos-2.htm

⁴⁷ Ídem.

destaca por su estabilidad en el coeficiente de rozamiento, es decir, la temperatura que alcanza los frenos en su funcionamiento le afectan menos que a los otros frenos de tambor.

➤ **FRENO DE TAMBOR DUPLEX.**

En este freno, y con el fin de obtener una mayor fuerza de frenado, se disponen las zapatas en forma que ambas resulten primarias. Para ello se acopla un doble bombín de pistón único e independiente para cada zapata, los cuales reparten por igual las presiones en ambos lados del tambor.

Estos frenos provistos de bastidores con efecto unilateral son muy eficaces pero sensibles a las variaciones del coeficiente de rozamiento. Presentan la ventaja de que, con su empleo, no se ponen de manifiesto reacciones sobre los rodamientos del buje.

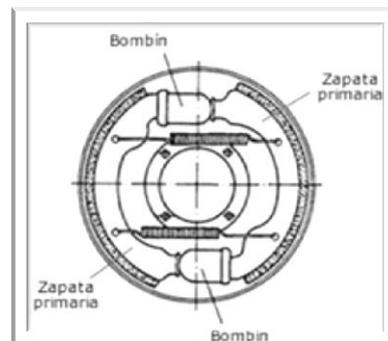


Figura 1. 23. Freno de tambor dúplex.

Fuente: MECANICA Virtual.⁴⁸

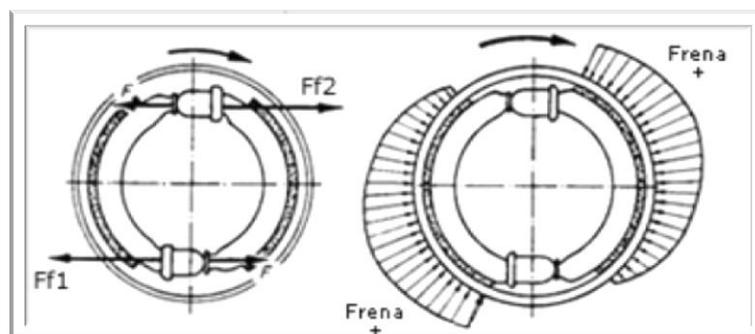


Figura 1.24. Funcionamiento del sistema dúplex.

⁴⁸ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/06/2010 20:45, www.mecanicavirtual.org/frenos-2.htm

*Fuente: MECANICA Virtual.*⁴⁹

➤ **FRENO DE TAMBOR TWINPLEX.**

Este tipo de freno de tambor es muy similar al Dúplex salvo que los puntos de apoyo de las zapatas en vez de ir fijos se montan flotantes. En este freno las dos zapatas son secundarias, pero por un sistema de articulaciones, trabajando en posición flotante, se acoplan al tambor en toda su superficie, evitando el acuñamiento y ejerciendo una presión uniforme sobre el tambor. En un sentido de giro las dos zapatas actuarían como zapatas primarias y en el otro sentido como zapatas secundarias.

➤ **FRENO DE TAMBOR DUO-SERVO.**

Está constituido por dos zapatas primarias en serie, con lo cual se aumenta el efecto de auto bloqueo. En este freno, una zapata empuja a la otra mediante una biela de acoplamiento. Es un freno altamente eficaz, pero muy sensible a las variaciones del coeficiente de rozamiento. Se consiguen esfuerzos mas elevados de frenado y las zapatas ejercen en cada sentido de giro igual esfuerzo. Este tipo de freno se emplea mucho en frenos americanos.

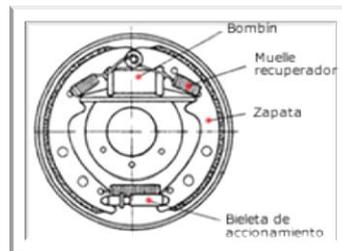


Figura 1.25. Freno de tambor Dúo-servo.

*Fuente: MECANICA Virtual.*⁵⁰

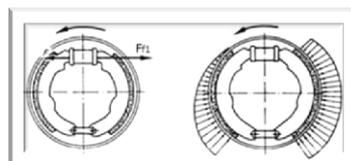


Figura 1.26. Funcionamiento del sistema Dúo-servo.

*Fuente: MECANICA Virtual.*⁵¹

⁴⁹ Ídem.

⁵⁰ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/06/2010 20:45, www.mecanicavirtual.org/frenos-2.htm

e) BOMBINES O CILINDROS DE FRENO DE TAMBOR.

Estos elementos son los encargados de efectuar el desplazamiento lateral de las zapatas para el frenado del tambor.

Según la finalidad que tienen que cumplir y la clase de freno empleado, se construyen tres tipos principales de bombines:⁵²

- **Bombín de doble pistón:** está formado por un cilindro (1) con los taladros (8) de amarre al plato portafrenos. En su interior van alojados los pistones (2) en oposición, sobre los que van roscados los tornillos (3) para el apoyo de las zapatas. Las cazoletas de goma (4) hacen de retén para mantener estanco el interior del cilindro y los pistones se mantienen separados por la acción del muelle (5) centrado sobre las dos cazoletas retén (4). Por el orificio (A), donde se rosca el latiguillo de freno, tiene lugar la entrada de líquido a presión procedente de las canalizaciones del circuito; en el orificio (B) se monta el purgador (6) que sirve para extraer el aire de las canalizaciones. El conjunto va cerrado con los guardapolvos (7), que evitan la entrada de polvo y suciedad al interior del cilindro.

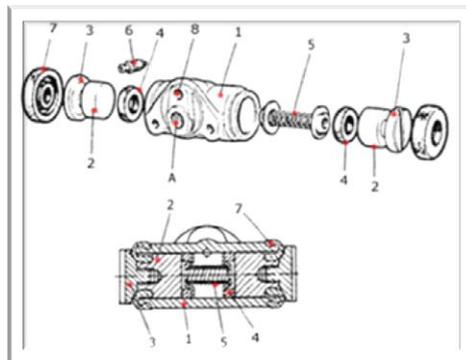


Figura 1.27. Despiece de un bombín de doble pistón. 1. Cilindro.,
2. Pistón., 3. Tornillos., 4. Cazoletas de goma., 5. Muelle,
6. Purgador., 7. Guardapolvo., 8. Taladros de amarre.,
A. Orificio de rosca del latiguillo., B. Orificio de purgador.

⁵¹ Ídem.

⁵² MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/06/2010 20:45, www.mecanicavirtual.org/frenos-2.htm

Fuente: MECANICA Virtual.⁵³

- **Bombín de émbolo único:** su constitución y funcionamiento es parecido al anterior, lleva un solo émbolo y se utiliza en los sistemas en que las dos zapatas son primarias.

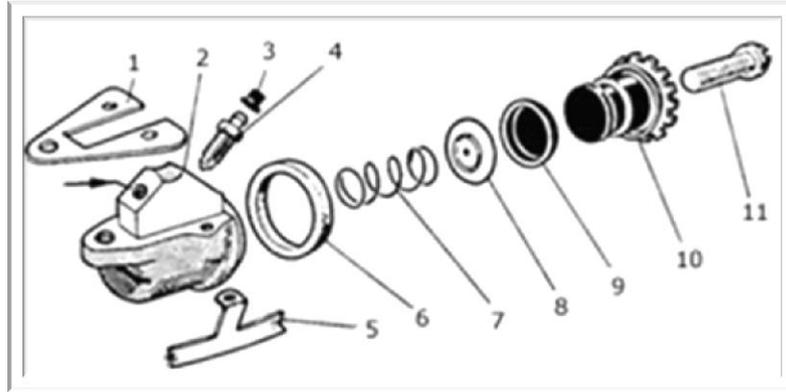


Figura 1.28. Despiece de un bombín de un solo pistón.

1. Placa separadora.,
2. Cuerpo del cilindro.,
3. Guardapolvo,
4. Purgador.,
5. Resorte de lamina.,
6. Anillo de fieltro.,
7. Muelle.,
8. Copela.,
9. Embolo.,
10. Embolo.,
11. Tornillo ajustador.

Fuente: MECANICA Virtual.⁵⁴

- **Bombín de cilindros escalonado:** también llamado "bombín diferencial" este modelo tiene dos pistones o émbolos de diámetros diferentes. El pistón más pequeño empujaría a la zapata primaria (la que más frena) y el de más diámetro empujaría a la zapata secundaria (la que menos frena).

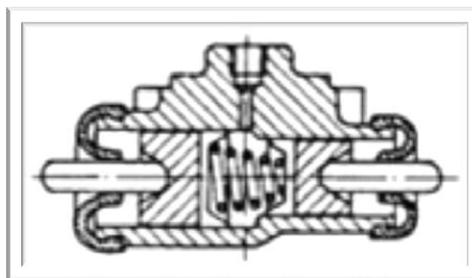


Figura 1.29. Sección de un bombín de émbolo escalonado.

Fuente: MECANICA Virtual.⁵⁵

⁵³ Ídem.

⁵⁴ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/06/2010 20:45, www.mecanicavirtual.org/frenos-2.htm

1.1.9.2 FRENO DE DISCO.



Figura 1.30. Esquema básico de un sistema de freno de disco.

1. Bomba de freno., 2. Líquido de freno., 3. Pinza de freno.,

4. Pastillas., 5. Discos.

Fuente: Norauto.⁵⁶

Este tipo de freno adoptado en la mayoría de los vehículos de turismo, tiene la ventaja sobre el freno de tambor de que su acción de frenado es más enérgica, obteniendo, por tanto, un menor tiempo de frenado que se traduce en una menor distancia de parada. Ello es debido a que elementos de fricción van montados al aire, al disponer de una mejor refrigeración, la absorción de energía y transformación en calor se puede realizar más rápidamente.



Figura 1.31. Sistema de freno de disco.

Fuente: MECANICA Virtual.⁵⁷

⁵⁵ Ídem.

⁵⁶ Norauto, Mantenimiento del automóvil, 02/06/2010 19:56,
<http://www.norauto.es/files/norautoguides/mantenimiento09/mantenimiento09.pdf>

⁵⁷ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/06/2010 20:45, www.mecanicavirtual.org/frenos-3.htm

Otra de las ventajas de estos frenos es que en ellos no aparece el fenómeno de "fading" que suele presentarse en los frenos de tambor. Este efecto se produce cuando por un frenado enérgico o frenados sucesivos, el tambor no tiene tiempo de evacuar el calor absorbido en la transformación de energía. En estas condiciones, el tambor se dilata alejando la superficie de adherencia del contacto con las zapatas, quedando momentáneamente el vehículo sin frenos.

En los frenos de disco al mejorar la evacuación del calor no existe calentamiento crítico y por tanto dilatación, pero en caso de haberla el disco se aproximaría más a las pastillas de freno, lo cual favorecería la presión y efecto de frenado.⁵⁸

1.1.9.2.1 CONSTITUCIÓN.

El freno de disco está formado por un disco que se une al buje de la rueda o forma parte de él, girando con la rueda y constituyendo el elemento móvil de frenado. Sobre este disco, abarcando aproximadamente la quinta parte de la superficie del mismo, va montada una mordaza sujeta al puente o mangueta en cuyo interior se forman los cilindros por los que se desplazan los pistones. A estos pistones se unen las pastillas de freno de un material similar a los ferodos de las zapatas utilizadas en los frenos de tambor.

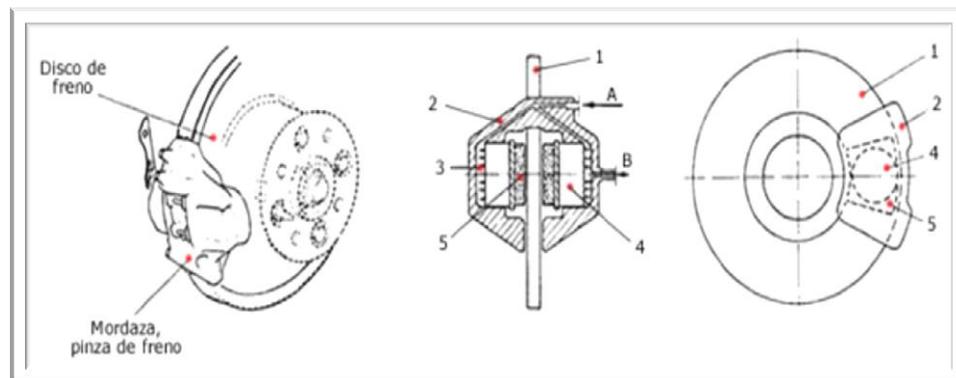


Figura 1.32. Esquema de un sistema de frenos de disco. 1. Disco de freno.,
2. Mordaza., 3. Cilindro., 4. Pistón., 5. Pastillas.,
A. entrada de liquido de frenos., B. conexión purgador.

Fuente: MECANICA Virtual.⁵⁹

⁵⁸ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/06/2010 20:45, www.mecanicavirtual.org/frenos-3.htm

En la figura 1.32 por el interior de la mordaza (2) van situados los conductos por donde se comunica el líquido de freno a los cilindros (3), acoplado en (A) el latiguillo de freno y en (B) el purgador. El líquido a presión, procedente del circuito de frenos y que entra por (A), desplaza a los pistones (4) hacia el interior, aplicando las pastillas de freno (5) sobre el disco (1), las cuales, por fricción, detienen el giro del mismo.⁶⁰

1.1.9.2.2 SISTEMAS DE MORDAZAS O PINZA DE FRENO.

Según el sistema empleado para la sujeción de la mordaza o pinza, los frenos de disco se clasifican en:

a) FRENO DE PINZA FIJA.

También llamada de doble acción, la mordaza va sujeta de forma que permanece fija en el frenado. La acción de frenado se realiza por medio de dos o cuatro pistones de doble acción, desplazables, que se ajustan a cada una de las caras del disco. En este tipo de pinzas, cada pistón se encuentra en cada mitad de la mordaza. Durante el proceso de frenado, actúa una presión hidráulica sobre los dos pistones y cada pistón aprieta la pastilla contra el disco.

Los frenos de pinza fija contra el disco de freno son muy sólidos, por lo que se emplea en vehículos rápidos y pesados.⁶¹

⁵⁹ Ídem.

⁶⁰ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/06/2010 20:45, www.mecanicavirtual.org/frenos-3.htm

⁶¹ Ídem.

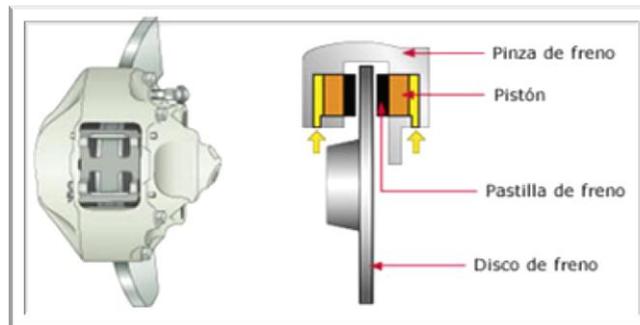


Figura 1.33. Esquema de un freno de pinza fija.

Fuente: MECANICA Virtual.⁶²

b) FRENO DE PINZA OSCILANTE.

En este tipo de freno la mordaza o pinza (1) se halla sujeta con un perno (2) que sirve de eje de giro. Al aplicar presión al líquido para accionar el pistón (3) se ejerce una presión igual y opuesta sobre el extremo cerrado del cilindro. Esto obliga a la mordaza a desplazarse en dirección opuesta a la del movimiento del pistón, ya que describe un pequeño giro alrededor del perno, con lo cual la mordaza empuja a la otra pastilla (4) contra el disco (5) quedando aprisionada entre las pastillas (4) y (6).

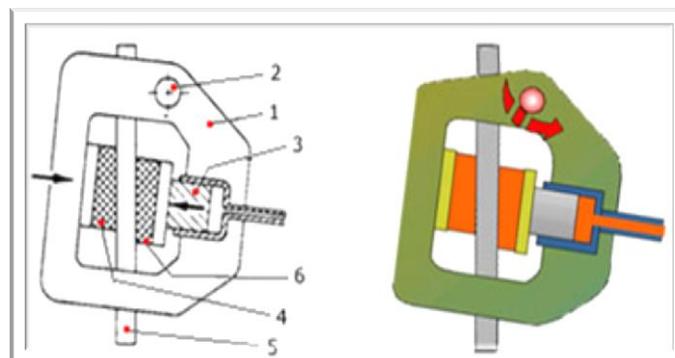


Figura 1.34. Esquema freno de disco con mordaza oscilante.

1. Mordaza., 2. Perno., 3. Pistón., 4. Pastilla., 5. Disco., 6. Pastilla.

Fuente: MECANICA Virtual.⁶³

c) FRENO DE PINZA FLOTANTE.

También llamado de reacción, el freno de disco de pinza flotante sólo utiliza un pistón, que cuando se acciona aprieta la pastilla de freno correspondiente contra el

⁶² Ídem.

⁶³ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/06/2010 20:45, www.mecanicavirtual.org/frenos-3.htm

disco de freno. La fuerza con la que el pistón aprieta la pastilla contra el disco genera una fuerza opuesta o de reacción. Esa fuerza opuesta desplaza la pinza de freno y aplica la otra pastilla contra el disco.

Si en el eje trasero se monta un sistema pinza flotante, éste se puede utilizar también como freno de estacionamiento (freno de mano) por activación mecánica.⁶⁴

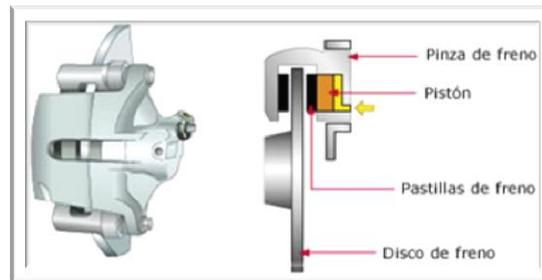


Figura 1.35. Esquema de un freno de disco con mordaza flotante.

*Fuente: MECANICA Virtual.*⁶⁵

Dentro de los frenos de pinza móvil podemos encontrar:

- Bastidor flotante
- Pinza flotante

1.1.9.2.3 DISCO DE FRENO.

El material para fabricar los discos de freno es la fundición gris nodular de grafito laminar, ya que garantiza una estabilidad de las prestaciones durante el periodo de vida de los discos. El disco puede ser macizo o con huecos (autoventilado), por donde circula el aire en forma de ventilador centrífugo.⁶⁶

⁶⁴ Ídem.

⁶⁵ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/06/2010 20:45, www.mecanicavirtual.org/frenos-3.htm

⁶⁶ Ídem.



Figura 1.36. Disco de freno.

*Fuente: MECANICA Virtual.*⁶⁷

Los discos de freno pueden ser:

- Clásicos (macizos).
- Ventilados.



Figura 1.37. Disco de freno ventilado.

*Fuente: MECANICA Virtual.*⁶⁸

- Taladrados o perforados.



Figura 1.38. Disco de freno perforado.

*Fuente: MECANICA Virtual.*⁶⁹

- Estriados.
- Cerámicos.

⁶⁷ Ídem.

⁶⁸ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/06/2010 20:45, www.mecanicavirtual.org/frenos-3.htm

⁶⁹ Ídem.



Figura 1.39. Disco de freno cerámico.

*Fuente: MECANICA Virtual.*⁷⁰

1.1.9.2.4 PASTILLAS DE FRENO.

Para cumplir con la normativa vigente de la fabricación de vehículos, la composición de las pastillas cambia dependiendo de cada fabricante. Aproximadamente 250 materiales diferentes son utilizados, y pastillas de calidad utilizan entre 16 a 18 componentes.⁷¹

Ejemplo de composición:

- 20% aglomerantes: Resina fenólica, caucho.
- 10% metales: Lana de acero, virutas de cobre, virutas de zinc, virutas de latón, polvo de aluminio.
- 10% fibras: Fibras de carbón, fibras orgánicas, lana mineral, fibras químicas.
- 25% material de relleno: Óxido de aluminio, óxido de hierro, sulfato sódico.
- 35% deslizantes: Grafito, sulfuro de cobre, sulfuro de antimonio



Figura 1.40. Pastillas de freno.

⁷⁰ Ídem.

⁷¹ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/06/2010 20:45, www.mecanicavirtual.org/frenos-3.htm

1.2 FRENO DE MANO CLÁSICO.

1.2.1 INTRODUCCIÓN.

Este sistema de freno es conocido también como “freno de estacionamiento”, es de accionamiento manual y totalmente independiente que actúa generalmente sobre las ruedas traseras del vehículo, por mediación de un sistema de varillas y cables de acero accionados por una palanca situada en el interior de la carrocería al alcance del conductor. La palanca amplifica la presión de frenado y el cable compensa o equilibra las diferencias de movimiento de las varillas. Por otra parte pueden originarse presiones desiguales de frenado; para corregirlas se instalan dispositivos especiales equilibradores, los cuales actúan de forma automática, o bien por ajuste manual.

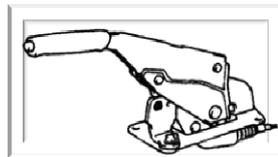


Figura 1.41. Freno de mano clásico.

*Fuente: Autoshop.*⁷³

El sistema se emplea generalmente para inmovilizar el vehículo cuando se estaciona y para arrancar en pendientes, donde la maniobra se realiza embragando lentamente al mismo tiempo que se acelera y se suelta poco a poco el freno de mano. Además puede usarse en caso de emergencia, cuando falle el sistema principal de frenos.⁷⁴

1.2.2 COMPONENTES.

En la Figura 1.42 se puede notar el despiece de un freno de mano clásico, en el que puede verse la palanca de mando (1), situada entre los asientos delanteros del

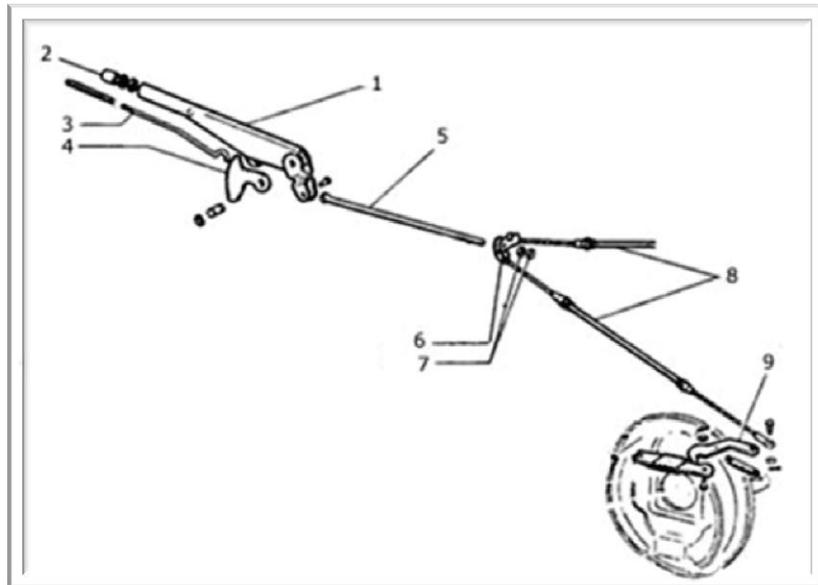
⁷² Ídem.

⁷³ Autoshop, Parking Brake, 05/04/2010 18:03, <http://www.autoshop101.com/forms/brake06.pdf>

⁷⁴ Ídem.

vehículo, a la que se une la varilla de tiro (5), en el otro extremo de la varilla se une la pieza derivadora (6), que se sujeta con las tuercas de reglaje (7). De esta pieza parten los cables con funda (8), que van a cada una de las ruedas, uniéndose a la palanca de accionamiento (9), que acciona las zapatas, aplicándolas contra el tambor. Por el interior de la palanca de mando pasa la varilla (3), que acciona una uña que enclava el trinquete (4).⁷⁵

La Figura 1.43 muestra la disposición de montaje de otro sistema de mando del freno de mano, donde puede verse la palanca de accionamiento (1), a la que se une el reenvió (2), al que se acoplan los cables con funda (3), que van a cada una de las ruedas.⁷⁶



*Figura 1.42. Elementos de un freno de mano clásico. 1. Palanca de mando.,
2. Botón de desenclavamiento., 3. Varilla., 4. Trinquete.,
5. Varilla de tiro., 6. derivador., 7. Tuercas de reglaje.,
8. Cables con funda., 9. Palanca de accionamiento tambor.,
10. Tambor de freno*

Fuente: MECANICA Virtual.⁷⁷

⁷⁵ ALONSO, José, Técnicas del AUTOMÓVIL CHASIS, Paraninfo. S.A.,2002, 7ª edición, p 316

⁷⁶ ALONSO, José, Técnicas del AUTOMÓVIL CHASIS, Paraninfo. S.A.,2002, 7ª edición, p 317

⁷⁷ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 03/06/2010 20:45, www.mecanicavirtual.org/frenos-3.htm

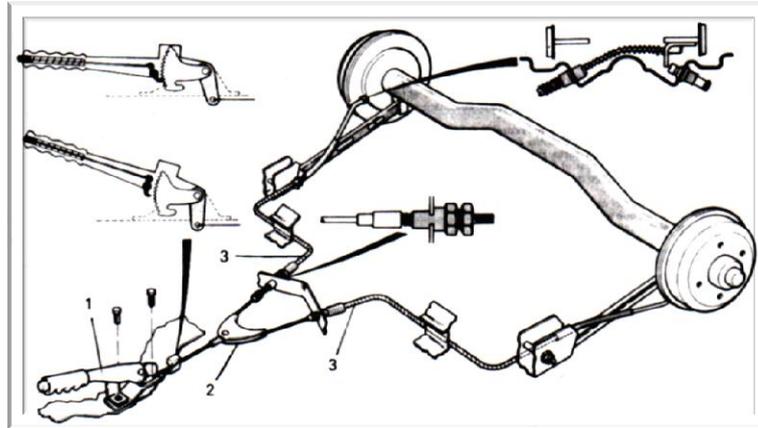


Figura 1.43. Disposición de montaje de otro sistema de mando.

Fuente: *Técnicas del AUTOMÓVIL CHASIS*.⁷⁸

Cuando el conductor tira hacia arriba la palanca (1), ésta a su vez arrastra consigo a los cables (3) por medio del reenvío (2), lo que provoca el desplazamiento de las zapatas contra el tambor. La palanca se mantiene en posición de activada por la acción de un trinquete y su uña correspondiente. Para desactivar el freno se aprieta el botón de la empuñadura, al mismo tiempo que se tira de la palanca un poco hacia arriba, soltándose así el trinquete de la uña que lo mantiene sujeto, con lo que se puede bajar la palanca, que al hacerlo deja en libertad a los cables de mando, con lo que las zapatas vuelven a su posición de reposo.⁷⁹

En otros casos, el accionamiento del freno de mano se manda con una manilla situada debajo del salpicadero del vehículo. En la Figura 1.44 se ha representado el despiece de este sistema, en el que se puede observar la cremallera de accionamiento (A), a la que se une el cable (B), que por su otro extremo se conecta a la palanca (C), la cual a su vez la unión del cable (D), terminado en sus dos extremos en el acoplamiento de las ruedas.⁸⁰

⁷⁸ ALONSO, José, *Técnicas del AUTOMÓVIL CHASIS*, Paraninfo. S.A., 2002, 7ª edición, p 317

⁷⁹ ALONSO, José, *Técnicas del AUTOMÓVIL CHASIS*, Paraninfo. S.A., 2002, 7ª edición, p 317

⁸⁰ Ídem.

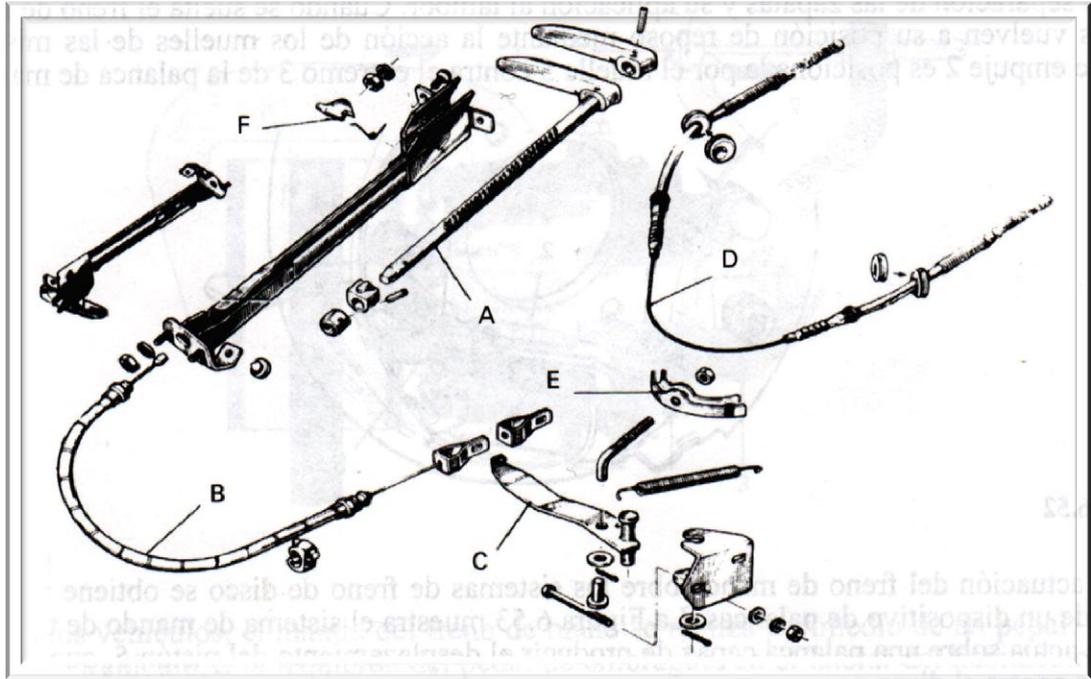


Figura 1.44. Freno de mano con manilla.

*Fuente: Técnicas del AUTOMÓVIL CHASIS.*⁸¹

Cuando se tira de la manilla de la cremallera (A), ésta sube tirando a su vez del cable (B), que acciona la palanca (C), la cual tira del cable (D) por medio de la guía (E) unidad a ambos. El cable (D) acciona por sus dos extremos las zapatas aplicándolas contra el tambor.

Si se suelta la palanca (A), ésta queda mantenida en su posición por la uña (F), que se enclava en la cremallera. Para desconectar el freno basta con girar la cremallera para que la uña (F) salga de sus dientes con lo que se puede bajar la cremallera, ocurriendo lo contrario que al subirla y volviendo por tanto las zapatas a su posición de reposo.

En la Figura 1.45 se muestra el sistema de accionamiento del freno trasero de tambor, donde el cable del freno de mano se acopla a la palanca (2) en su extremo inferior, de manera que cuando es activado el sistema, el cable (3) tira del extremo inferior de la palanca (2), que basculando en el eje (1) de fijación a la zapata

⁸¹ Ídem.

secundaria y apoyándose en la bieleta de empuje (4) entre ambas zapatas, provoca el desplazamiento de ellas contra el tambor.⁸²

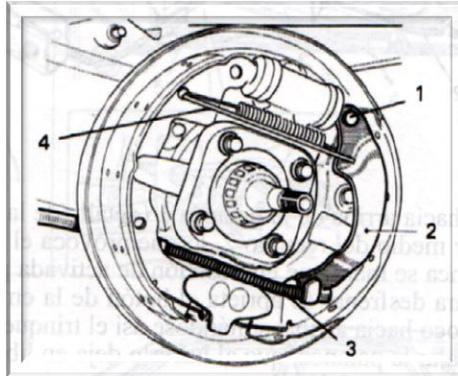


Figura 1.45. Accionamiento del freno trasero de tambor.

Fuente: Técnicas del AUTOMÓVIL CHASIS.⁸³

En otras aplicaciones se dispone un sistema de mando como el representado en la Figura 1.46, en el cual, el cable de mando del freno se fija a la palanca de accionamiento (4), de la que tira en la acción del frenado, esta palanca está ensamblada en la biela (3), que apoya por sus dos extremos en ambas zapatas, en los resaltes (1). El movimiento de la palanca de mando en su accionamiento produce la separación de las zapatas y su aplicación al tambor. Cuando se suelta el freno de mano, las zapatas vuelven a su posición de reposo mediante la acción de los muelles de las mismas y la biela de empuje (2) es posicionada por el muelle (5) contra el extremo (3) de la palanca de mando.

⁸² ALONSO, José, Técnicas del AUTOMÓVIL CHASIS, Paraninfo. S.A.,2002, 7ª edición, p 318

⁸³ Ídem.

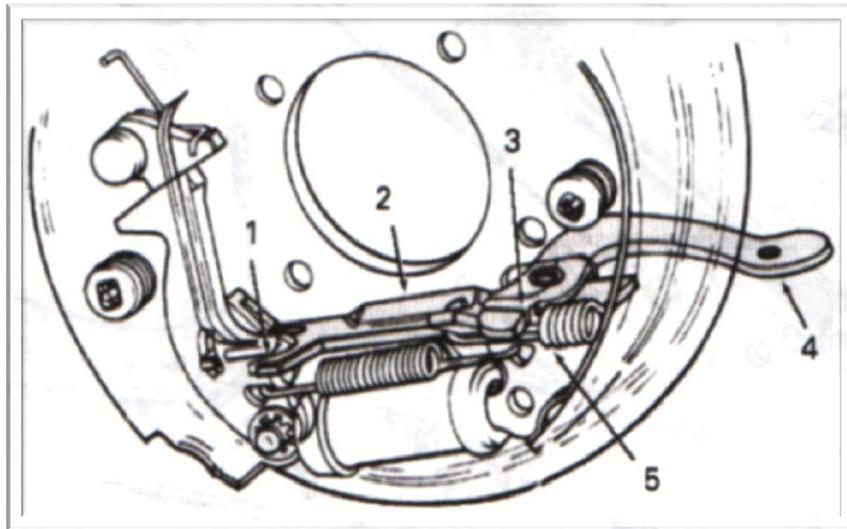


Figura 1.46. Tambor (sistema de mando).

Fuente: Técnicas del AUTOMÓVIL CHASIS.⁸⁴

La actuación del freno de mano sobre los sistemas de freno de disco se obtiene también por medio de un dispositivo de palancas. Figura 1.47 muestra el sistema de mando de tipo mecánico, que actúa sobre una palanca capaz de producir el desplazamiento del pistón (5), que aplicará las pastillas contra el disco.

Cuando se acciona el freno de mano, el cable correspondiente tira de la palanca de mando (2), cuyo eje de giro se aloja en la tapa (1). Dicho eje está ranurado y en la ranura encaja la clavija (3), de manera que con el giro del eje se produce el empuje del vástago (4), el cual, a su vez empuja al pistón (5) para producir el desplazamiento de las plaquetas de freno como en la acción de frenado convencional. En algunas aplicaciones se disponen de unas pastillas adicionales para esta función, independientemente del freno convencional.

⁸⁴ ALONSO, José, Técnicas del AUTOMÓVIL CHASIS, Paraninfo. S.A., 2002, 7ª edición, p 318

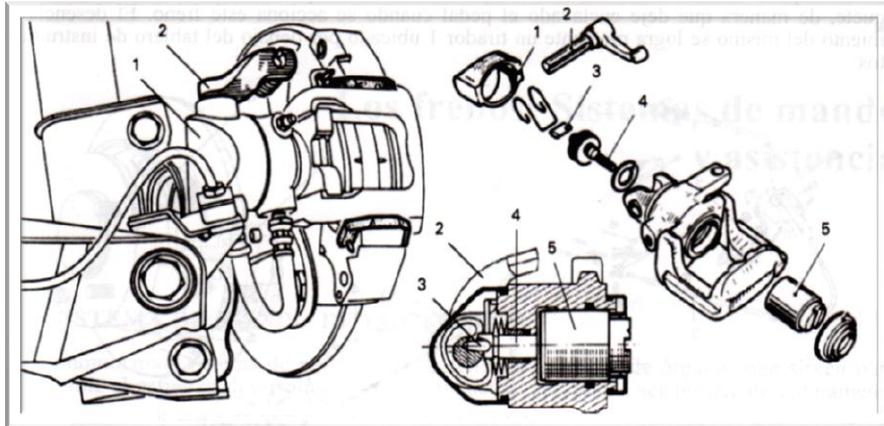


Figura 1.47. Freno de disco.

Fuente: Técnicas del AUTOMÓVIL CHASIS.⁸⁵

En algunos vehículos, el mando del freno de mano se realiza por medio de un pedal, situado en el piso del vehículo, a la izquierda del pedal del embrague, en el lateral del habitáculo, alejado prudencialmente para evitar su activación accidental. La Figura 1.48 muestra esta disposición, donde el pedal de mando (2) del freno de estacionamiento se enlaza mediante cables (3) al dispositivo del freno de rueda, constituido por unas zapatas (4) encerradas en el interior de un tambor, que a su vez se une al disco de freno (5) del sistema convencional. De esta manera, en las ruedas traseras se dispone un freno convencional de disco y un freno de estacionamiento del tipo tambor, combinados ambos en el montaje.⁸⁶

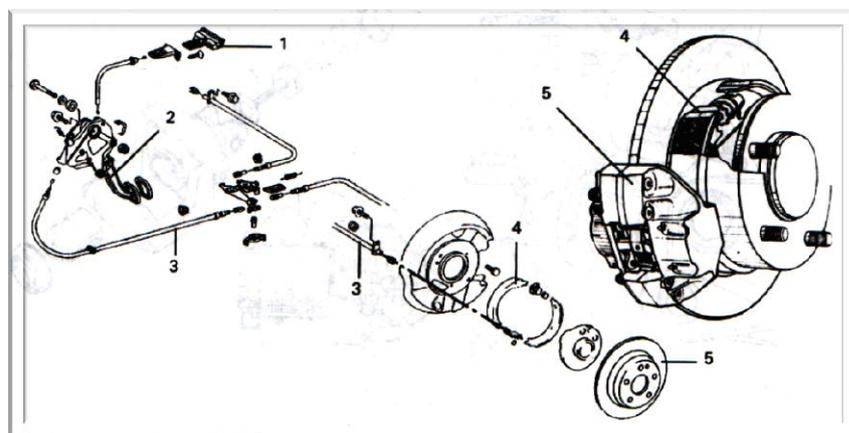


Figura 1.48. Freno de estacionamiento con pedal de mando.

Fuente: Técnicas del AUTOMÓVIL CHASIS.⁸⁷

⁸⁵ ALONSO, José, Técnicas del AUTOMÓVIL CHASIS, Paraninfo. S.A., 2002, 7ª edición, p 319

⁸⁶ Ídem, p 319

⁸⁷ Ídem, p 319

En el pedal de mando del freno de estacionamiento se dispone un sector dentado y un trinquete, de manera que deje enclavado el pedal cuando se acciona este freno. El desenclavamiento del mismo se logra mediante el tirador (1) ubicado por debajo del tablero de instrumentos.

1.2.3 FUNCIONAMIENTO.

El funcionamiento del freno de mano se divide en dos fases, la de tensión y la de reposo. En la de reposo el freno no interactúa con el vehículo, esto ocurre al estirar de ella con cierta cantidad de fuerza, que provoca que los frenos presionen las pastillas o tambores, con lo que el vehículo queda estático en el punto donde está. Para devolverla a su posición inicial basta con estirar ligeramente de la palanca y apretar el botón que llevan en su parte delantera hasta que baja completamente.⁸⁸

Algunos vehículos llevan el freno de mano en la zona de reposo del pie izquierdo por lo que se opera sobre él con el pie.



Figura 1.49. Palanca de accionamiento.

Fuente: Naikontuning.⁸⁹

Como se observa en la Figura 1.50 al girar la palanca (1) hacia arriba para accionar los frenos, la uñeta del trinquete (4) se desliza a lo largo de los dientes del sector, quedándose fija en la posición deseada e impidiendo que la palanca se baje. Este desplazamiento de la palanca al girar sobre su eje accionando la varilla (3) y los cables (8) que accionan los dispositivos de frenado en los platos portafrenos o mordazas. Para desconectar el freno de mano basta con pulsar sobre el botón de

⁸⁸ Naikontuning, Freno de mano, 05/04/2010 19:40, www.naikontuning.com/mecanica/sistema-freno/freno-mano/

⁸⁹ Ídem.

desenclavamiento (2) que acciona la varilla (3) soltando la uñeta del trinquete por lo que permite el giro angular de la palanca (1) hacia abajo, desconectando la fuerza de tiro sobre los elementos de frenado.⁹⁰

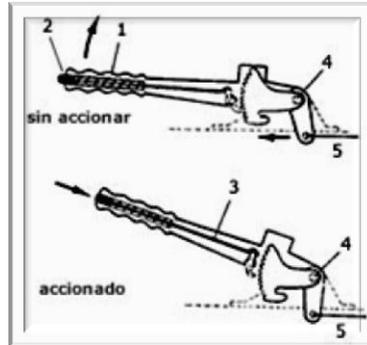


Figura 1.50. Funcionamiento del freno de mano clásico.

Fuente: MECANICA Virtual⁹¹

1.3 FRENO DE ESTACIONAMIENTO AUTOMÁTICO.

1.3.1 INTRODUCCIÓN.

El primer freno de estacionamiento automático fue instalado en el 2002 en un BMW, los frenos eléctricos han aparecido desde entonces en un número de vehículos, incluyendo Audi A6 y A8, Lincoln LS, S-Tipo del Jaguar y XJ, Renault Scénic y Espace y en el 2006 Volkswagen Passat.⁹²

En el afán por mejorar el confort y la seguridad, Renault ha desarrollado el freno de estacionamiento automático, también llamado freno de parking automático o FPA por sus siglas en francés. Supone una ganancia de espacio en el habitáculo al sustituir la palanca o pedal tradicionales. Este modelo se empezó montando en el Vel Satis y con muy pocas evoluciones se sigue montando en toda la gama Espace, Laguna y Scenic.

El sistema sustituye al llamado freno de mano tradicional y realiza las funciones de apriete/aflojado automático o manual del freno de estacionamiento, ayuda al

⁹⁰ MECANICA Virtual, Sistema de Frenos, 05/04/2010 18:40, www.mecanicavirtual.org/frenos-4.htm

⁹¹ Ídem.

⁹² JAI, Freno de estacionamiento automático, 07/03/2010 22:52, www.euskalnet.net/jinfante/fpa.html

arranque en cuesta (Hill start assistant) y frenado de urgencia dinámico (anti locking system).



Figura 1.51. Freno de estacionamiento automático.

Fuente: Norauto.⁹³

Existen dos variaciones disponibles, el primero y mas más primitivo por el accionamiento del cable por medio de un motor eléctrico, tira simplemente del cable del freno de seguridad sustituyendo a la palanca mecánica en la cabina. La segunda variación incorpora una unidad más avanzada con un motor controlado por ordenador unido al calibrador del freno para activarlo.

Él freno de estacionamiento automático se activa mediante un interruptor eléctrico y sin vínculo mecánico con los frenos. Puede funcionar de modo manual o automática.

Según los diversos diseños las funciones del freno de mano automático son:

- Desactivación automática al iniciar la marcha.
- Arranque en cuesta automático.
- Activación automática al apagar el motor.
- Freno de emergencia.
- Desactivación mecánica en caso de falla de la batería.

⁹³ Norauto, Mantenimiento del automóvil, 02/06/2010 19:56,
www.norauto.es/files/norautoguides/mantenimiento09/mantenimiento09.pdf

En caso de descargarse la batería el freno no se puede desbloquear normalmente y es necesario acceder a alguna palanca debajo del asiento, en la zona del maletero, bajo el coche o algún otro mecanismo. En otro caso se deberán utilizar pinzas para arrancar el motor.⁹⁴

1.3.2 COMPONENTES.



Figura 1.52. Elementos de un sistema de freno automático (Renault).

Fuente: JAI.⁹⁵

El sistema se compone de:

1. Unidad de mando, elemento central del sistema que incorpora el calculador y el motor de accionamiento y otros dispositivos.
2. Los cables que van a las pinzas de freno convencionales.
3. Tirador de emergencia para soltar el freno en caso de falta de batería.
4. Paleta de mando o tirador para bloquear y desbloquear a voluntad el freno, va en el salpicadero o consola central.
5. Captador de posición de pedal de embrague, para informar del punto de salida del embrague, no lo lleva si tiene caja automática.

⁹⁴ JAI, Freno de estacionamiento automático, 07/03/2010 22:52, www.euskalnet.net/jinfante/fpa.html

⁹⁵ Ídem.

-
6. Testigo o pantalla en el cuadro que informa del estado del freno y posibles fallos.
 7. Red multiplexada del vehículo por donde llegan las informaciones necesarias para el funcionamiento.
 8. ABS que suministra información de velocidad y de bloqueo de cada rueda.

1.3.3 FUNCIONAMIENTO.

a) MÓDULO DE MANDO.

La fabricación estanca y muy compacta del cajetín impide cualquier manipulación interna de éste (salvo la sustitución de los cables). Para el apriete y el aflojado, el motor (1) pone el reductor (2) en rotación. El árbol acanalado (3), unido en rotación al piñón de salida del reductor, arrastra en translación el tornillo de fijación del cable (4). Esto provoca el apriete o el aflojado según el sentido de rotación del motor. La electrónica (5) controla el esfuerzo que hay que aplicar a los cables. Esto permite inmovilizar el vehículo utilizando las informaciones de los captadores de esfuerzo (6) y de pendiente (7). En caso de anomalía eléctrica, el desbloqueo mecánico (11) desacopla los dos cables. Asegura así la distensión completa de los dos cables.

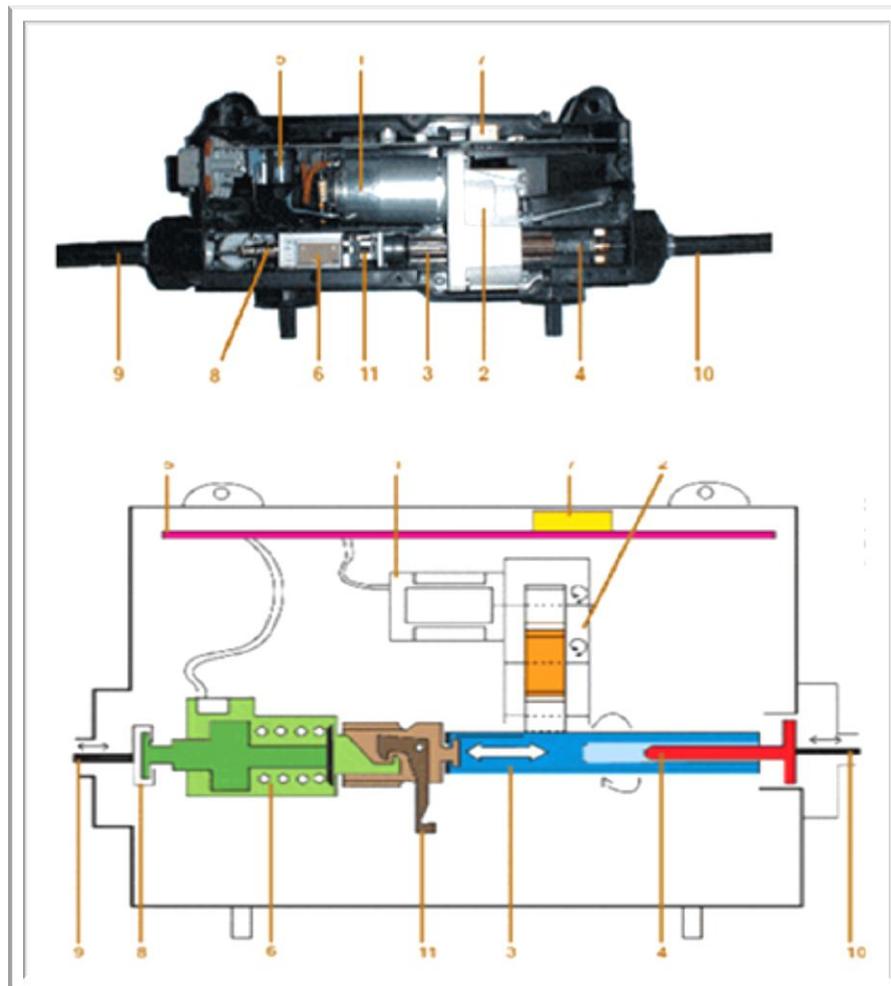


Figura 1.53. Modulo de mando.

Fuente: JAI.⁹⁶

b) TIRADOR DE MANDO.

Es un interruptor eléctrico sin ningún accionamiento mecánico.

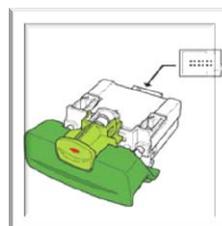


Figura 1.54. Tirador de mando.

Fuente: JAI⁹⁷

⁹⁶ JAI, Freno de estacionamiento automático, 07/03/2010 22:52, www.euskalnet.net/jinfante/fpa.html

⁹⁷ Ídem.

1.3.4 APLICACIONES.

a) BLOQUEO.

Al parar el motor, el freno de estacionamiento se aprieta automáticamente sin ninguna acción del conductor (salvo países muy fríos).

El usuario puede bloquear el freno tirando de la paleta de mando sin parar el motor. Tras un apriete automático, el sistema permanece en vigilancia durante 24 horas. Durante estas 24 horas, el sistema controla la tensión de los cables y los aprieta si es necesario.

Durante los 45 primeros segundos de esta puesta en vigilancia, si el vehículo se desplaza, se produce automáticamente un reapriete del freno de estacionamiento, en caso de estacionar o de pararse en un plano inclinado, la fuerza del apriete se adapta automáticamente a la inclinación.

No obstante, el usuario puede obtener el apriete máximo, para ello, debe mantener la paleta de mando tirada durante más de dos segundos.

Al parar en cuesta, sin cortar el motor, el freno de aparcamiento automático permanece en reposo, el usuario debe accionar su paleta de mando para inmovilizar su vehículo, en el re arranque, el freno se afloja automáticamente facilitando así los arranques en cuesta.⁹⁸

b) DESBLOQUEO.

Al arrancar, una vez el usuario suelta el embrague y acelera (marcha sincronizada), el freno de estacionamiento se afloja automáticamente. El aflojado manual se obtiene combinando dos acciones: la tracción en la paleta y la presión en el botón.

⁹⁸ JAI, Freno de estacionamiento automático, 07/03/2010 22:52, www.euskalnet.net/jinfante/fpa.html

c) FRENADO DE EMERGENCIA.

En caso de frenada de emergencia se debe mantener tirada la paleta de mando y el sistema realiza una frenada progresiva controlada por la información de ABS con lo que se evita el bloqueo de las ruedas, se consigue así la mayor eficacia de frenada posible pero no es del agrado de los que gustan de hacer trompos tirando del freno de mano pues es imposible.

d) SIN BATERIA.

El funcionamiento del sistema es eléctrico por lo tanto si el coche se queda sin batería u otro fallo no funciona y si está bloqueado no se puede mover el coche. Para ello lleva un cable con un tirador para desbloquear el freno, una vez solucionado el problema con accionar la paleta de mando varias veces se rearma el sistema.

1.3.5 EPB2.

En el año 2002 el proveedor TRW desarrolló otro sistema de freno de estacionamiento automático llamado EPB2 (electric parking brake) más sencillo y compacto que elimina los cables de freno que en climas muy fríos impedía el correcto funcionamiento de otros sistemas. Se monta en muchas marcas y modelos. Tiene el inconveniente de que para cambiar las pastillas es necesario desbloquear las pinzas con algún aparato de diagnóstico propio de cada marca o específico para esa función. Tampoco se puede desbloquear en caso de falta de batería.

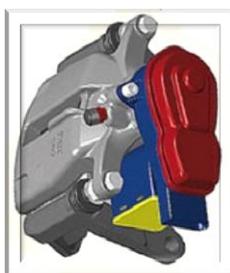


Figura 1.55. Esquema del sistema EPB2.

Fuente: JAI.⁹⁹

⁹⁹ JAI, Freno de estacionamiento automático, 07/03/2010 22:52, www.euskalnet.net/jinfante/fpa.html

El sistema se basa en el añadido a una pinza clásica tipo "collette" de un motor eléctrico y unos piñones de desmultiplicación que gestionados por una unidad electrónica accionan el freno de parking. La función hidráulica de la pinza no difiere de una pinza tradicional. Una unidad de control independiente o la propia del ABS (según los fabricantes) gestionan el funcionamiento del sistema.

Al parar el motor automáticamente se acciona el freno de parking, al empezar a circular el vehículo usando información de un captador en el pedal de embrague o caja automática se desbloquea. Al abrir una puerta con motor en marcha se activa como medida de seguridad.

En caso de uso manual el conductor dispone de un interruptor eléctrico para activar o desactivar el freno a su voluntad.

En caso de uso con el vehículo en marcha como freno de emergencia hace una regulación ABS evitando el bloqueo de las ruedas mejorando la eficacia y seguridad. En el cuadro de instrumentos se informa de los estados y fallos del sistema. Según los fabricantes puede ir equipado con sistemas de ayuda a salida en rampa.



Figura 1.56. Componentes básicos del sistema EPB2.

*Fuente: JAI.*¹⁰⁰

¹⁰⁰ JAI, Freno de estacionamiento automático, 07/03/2010 22:52, www.euskalnet.net/jinfante/fpa.html

La unidad de control lleva alimentación y masa a través de 2 vías para mayor seguridad e información de contacto. Tiene un inclinómetro interno para corregir en función de la inclinación.

Recibe informaciones del interruptor de mando, captador de posición de pedal de embrague o caja automática, régimen de motor desde la inyección, velocidad de vehículo e información de ABS, información de puertas de la unidad de habitáculo. Emite información al cuadro sobre los estados (activado, desactivado) informa al conductor de demandas (accionar, soltar) y de anomalías.

Alimenta los motores de las pinzas, invirtiendo la polaridad para soltar.

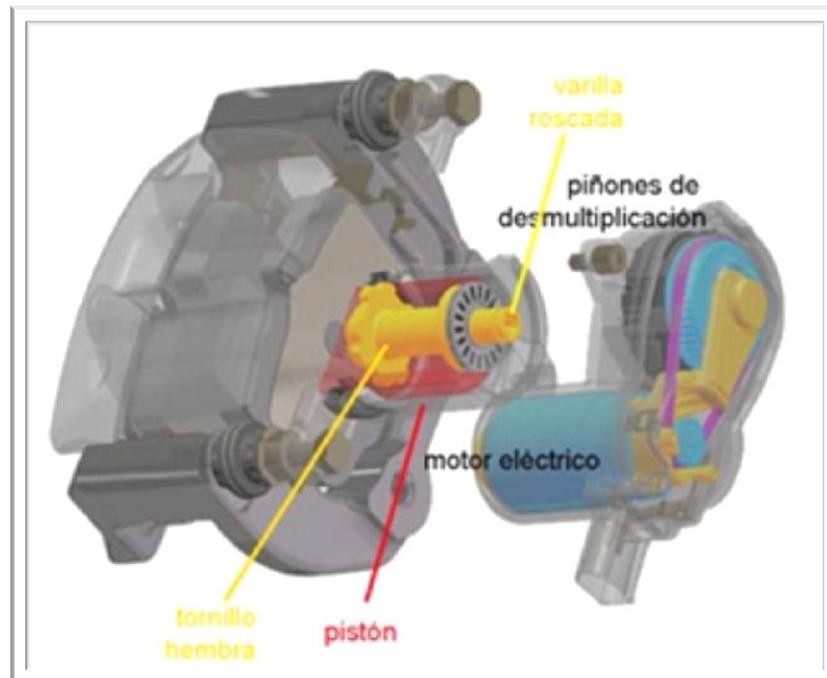


Figura 1.57. Esquema del módulo de mando.

*Fuente: JAI.*¹⁰¹

El motor eléctrico alimentado por el calculador gira moviendo a través de una correa unos piñones de desmultiplicación que hacen girar una varilla roscada que empuja el pistón a través del tornillo hembra igual que lo haría una palanca tirada por un cable de freno de mano tradicional.

¹⁰¹ JAI, Freno de estacionamiento automático, 07/03/2010 22:52, www.euskalnet.net/jinfante/fpa.html

El motor tiene un consumo máximo de 19 A y 195mA en espera: Para cambiar las pastillas es necesario utilizar algún útil de diagnóstico para hacer que la unidad de mando accione los motores hacia el tope mínimo del pistón para poner las pastillas nuevas. Sirven los útiles de diagnóstico de cada marca y se comercializan por las empresas de herramientas de diagnóstico aparatos específicos para estos frenos.

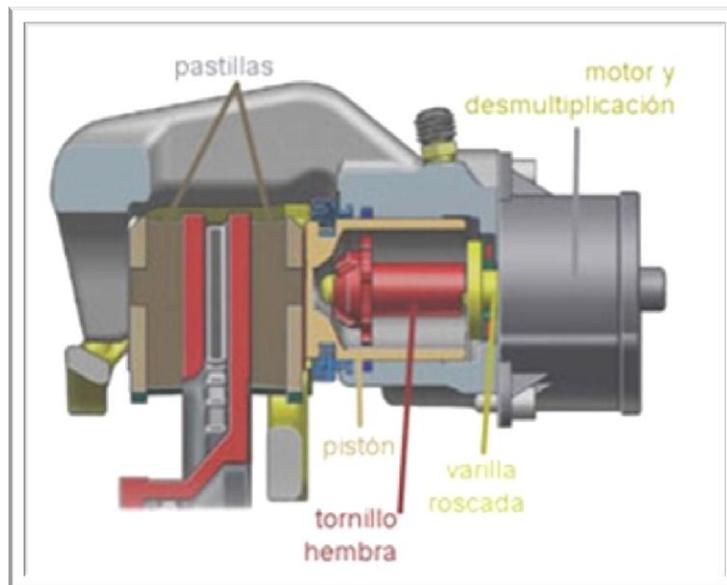


Figura 1.58. Esquema de funcionamiento.

*Fuente: JAI.*¹⁰²

¹⁰² JAI, Freno de estacionamiento automático, 07/03/2010 22:52, www.euskalnet.net/jinfante/fpa.html

CAPÍTULO II

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO DE FRENO DE ESTACIONAMIENTO AUTOMÁTICO.



1. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO DE FRENO DE ESTACIONAMIENTO AUTOMÁTICO.

1.1 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENO DE ESTACIONAMIENTO AUTOMÁTICO.

a) ACTIVACIÓN AUTOMÁTICA AL APAGAR EL MOTOR.

Al apagar el motor, el cable del freno de estacionamiento se tensiona automáticamente sin ninguna acción del conductor, es decir el controlador capta la señal de que el motor fue apagado y acciona el dispositivo para tensionar el cable y bloquear las ruedas posteriores.

b) ARRANQUE EN CUESTA AUTOMÁTICO.

Al detenerse en cuesta, sin apagar el motor, el freno de estacionamiento automático permanece en reposo, el conductor debe accionar el botón de control para inmovilizar el vehículo, para el desbloqueo de las ruedas posteriores el controlador debe recibir la información de sus tres sensores, el de posición del pedal del embrague, el de posición del acelerador y la sincronización de la primera marcha (o reversa) si estas señales llegan al calculador este libera automáticamente la tensión del cable que bloquea las ruedas y facilita los arranques en cuesta.

c) DESACTIVACIÓN AL INICIAR LA MARCHA.

Al arrancar, una vez que el conductor suelta el embrague y acelera (marcha sincronizada), el freno de estacionamiento se afloja automáticamente. El aflojado manual se obtiene presionando el mismo botón con el que se activa el dispositivo siempre que el motor este encendido. Si el sistema no se desactiva se encenderá una alarma visual.

d) DESACTIVACIÓN MECÁNICA EN CASO DE FALLA DE LA BATERÍA.

El funcionamiento del sistema es eléctrico por lo tanto si el vehículo se queda sin batería u otro fallo no funciona y si está bloqueado no se puede mover el vehículo.

Para ello lleva un cable de control con un tirador para desbloquear el freno, una vez solucionado el problema tan solo con encender el vehículo se rearmará el mecanismo.

1.2 DATOS DEL FABRICANTE DEL VEHÍCULO MAZDA 323 HX3 '99.



Figura 2.1. Imágenes del vehículo Mazda 323 HX3 '99.

Fuente: Autor.

1.2.1 MOTOR.



Figura 2.2. Imagen del motor del vehículo Mazda 323 HX3 '99.

Fuente: Autor.

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
Código de motor	E5
Número de cilindros	4
Tipo	OHC
Cilindrada	1490 cc
Relación de compresión	9:1
Orden de encendido	1-3-4-2

Tabla 2.1. Especificaciones del motor.

Fuente: Autodata 2008.

1.2.2 SISTEMA ELÉCTRICO.

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
Batería:	
Carga	12 V
Amperaje	35 Ah
Motor de arranque:	
Potencia	0.8 KW
Tensión mínima	11.5 V
Amperaje mínimo	95-116 A
Alternador a velocidad del motor:	
Amperaje	60 A
Voltaje	13.5 V
Revoluciones por minuto	3000 rpm
Tensión regulada	14.1 – 14.7 V

Tabla 2.2. Especificaciones del sistema eléctrico.

Fuente: Autodata 2008.

1.2.3 SISTEMA DE FRENOS.

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
Espesor mínimo del disco (delantero)	16 mm
Espesor mínimo del disco (posterior)	8 mm
Alabeo del disco (delantero)	0.10 mm
Diámetro máximo del tambor (posterior)	201 mm
Espesor mínimo de la pastilla (delantera)	1 mm
Espesor mínimo de la zapata (posterior)	1 mm
Recorrido del freno de estacionamiento	7-11 dientes

Tabla 2.3. Especificaciones del sistema de frenos.

Fuente: Autodata 2008.

1.3 ALTERNATIVAS DE DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA MÁS ADECUADO.

Con las funciones definidas que debe cumplir nuestro freno de estacionamiento automático, es necesario analizar que elementos eléctricos pueden realizar la tensión del cable de control del freno de mano.

Los diseños existentes utilizan un motor eléctrico de 12V el cual realizaría la función de tensionar y soltar el cable de freno de mano. Pero también existe otro elemento que cumpliría la misma función, este es un electroimán.

Con las 2 propuestas tanto del motor eléctrico y del electroimán se procederá a realizar un cuadro de análisis para determinar la mejor opción.

DESCRIPCIÓN	MOTOR ELÉCTRICO	ELECTROIMÁN
Voltaje de alimentación.	12Vcc	12Vcc
Corriente de consumo máxima.	20Ah	15Ah
Tamaño	12cm x 6cm aprox.	10cm x 7cm aprox.
Costo	\$120	\$60
Mantenimiento	Complejo	Fácil
Coste de reparación	Elevado	Módico
Accesibilidad	Difícil	Fácil
Complejidad de diseño	Complejo	Fácil

Tabla 2.4. Características de los sistemas de accionamiento.

Fuente: Autor.

Con los datos obtenidos y la comparación realizada, la mejor opción para el diseño de nuestro sistema es la del electroimán, ya que, este es más económico, es de fácil acceso, menor consumo de corriente, la reparación es fácil y económico y el tamaño es compacto.

1.4 IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS PREVIOS AL CÁLCULO.

HABITÁCULO.



Figura 2.3. Fotografía del habitáculo.

Fuente: Autor.

TABLERO DE CONTROL.



Figura 2.4. Fotografía del tablero de control.

Fuente: Autor.

UBICACIÓN DE LA PALANCA DE FRENO DE MANO.



Figura 2.5. Fotografía de la palanca de freno de mano.

Fuente: Autor.

La palanca se encuentra ubicada entre el asiento del conductor y del pasajero.

UBICACIÓN DE LA PALANCA SINCRONIZADORA DE MARCHAS.



Figura 2.6. Fotografía de la palanca sincronizadora de marchas.

Fuente: Autor.

UBICACIÓN DEL CABLE DE ACCIONAMIENTO.

Cable sujeto a la palanca de freno de mano.



Figura 2.7. Fotografía de la ubicación del cable de accionamiento dentro del habitáculo.

Fuente: Autor.

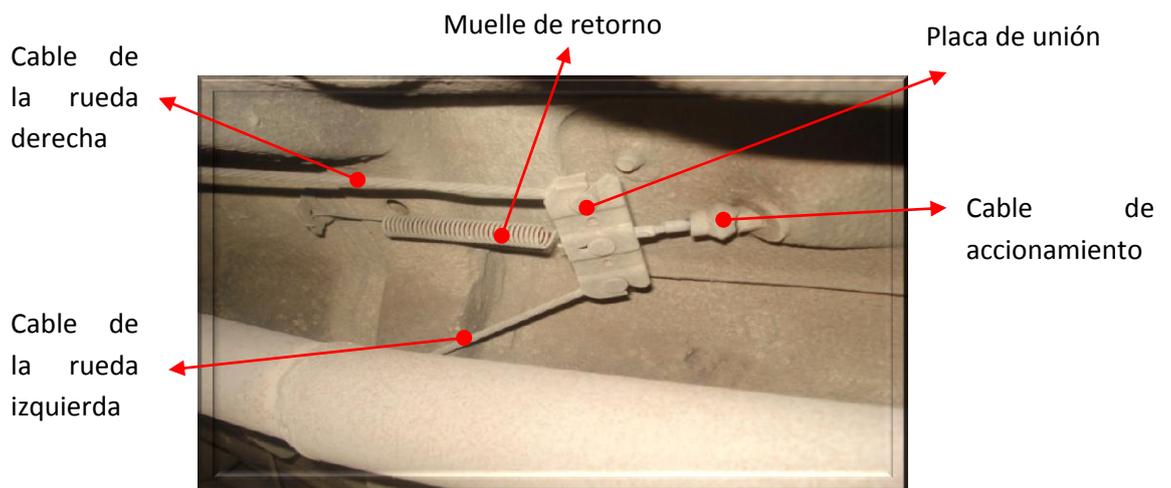
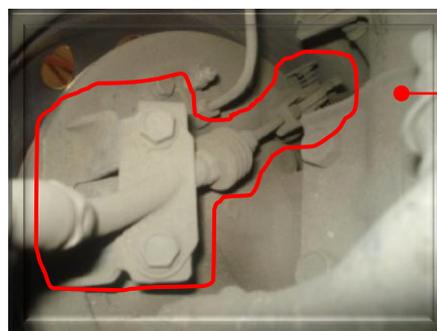


Figura 2.8. Fotografía de la ubicación del cable de accionamiento (exterior).

Fuente: Autor.



Sistema de accionamiento a las zapatas.

Figura 2.9. Fotografía del sistema de accionamiento del cable en la zapatas.

Fuente: Autor.

1.5 DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO.

1.5.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA MECÁNICO.

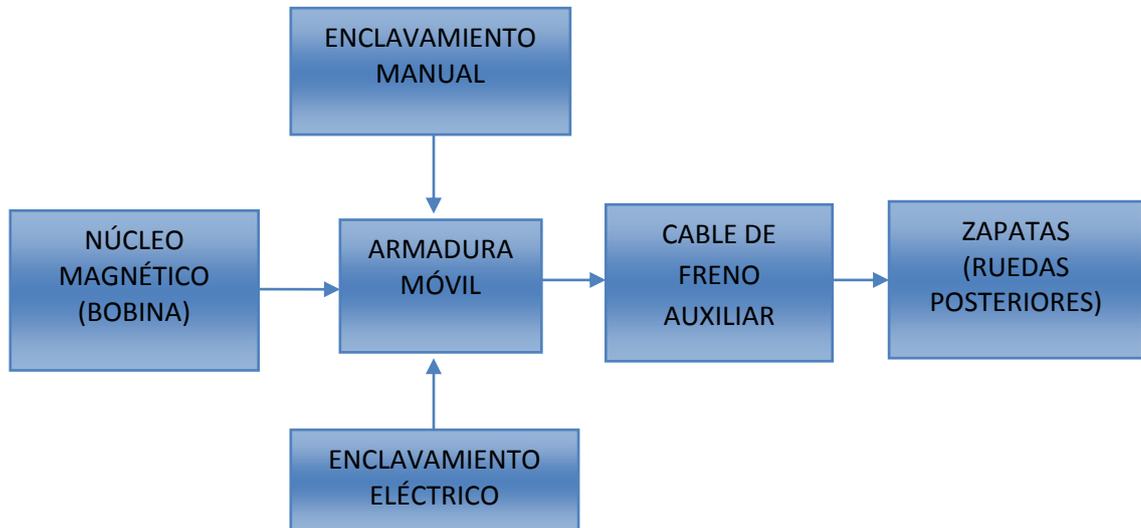


Figura 2.10. Diagrama de bloques del sistema mecánico.

Fuente: autor.

1.5.2 CÁLCULO DE LA FUERZA EN EL SISTEMA DE FRENO DE MANO CLÁSICO.

1.5.2.1 DIMENSIONES DE LA PALANCA DE FRENO DE MANO.

PROCESO PARA LA MEDICIÓN.

- Retirar el protector plástico (extraer los tornillos de sujeción ubicados en la parte lateral del protector).



Figura 2.11. Fotografía de la extracción del protector plástico.

Fuente: Autor.

- Por medio de un calibrador tomar las medidas necesarias para graficar.



Figura 2.12. Fotografía de medición de la palanca de freno de mano.

Fuente: Autor.

1.5.2.2 CÁLCULO DE LA FUERZA APLICADA EN EL CABLE DEL FRENO DE MANO.

1.5.2.2.1 CONDICIONES.

- Previo al cálculo de la fuerza se debe verificar que el estado de las zapatas o pastillas del vehículo deben estar en buen estado, caso contrario reemplazarlas.
- Comprobar que el cable del freno de mano se encuentre en buen estado, caso contrario reemplazar.
- Verificar que el sistema mecánico de la palanca se encuentre funcionando correctamente, esto evitará tomar datos erróneos.
- Verificar la correcta calibración del freno de mano.

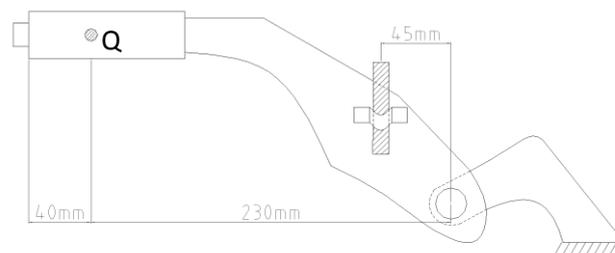


Figura 2.13. Distancia de los puntos de palanca.

Fuente: Autor.

1.5.2.2.2 FUERZA APLICADA EN EL PUNTO Q.

El Punto Q es uno de los puntos característicos más importantes del sistema de freno de mano por palanca. Este es el punto teórico donde la carga es aplicada para cálculos, simulación y pruebas.

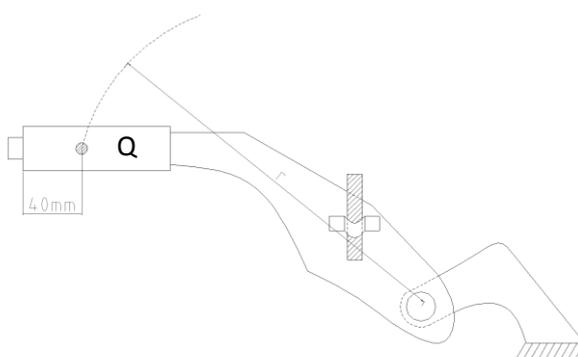


Figura 2.14. Punto Q

Fuente: Autor.

Este punto característico está localizado en la línea de impulsión y definido por la r del radio. La posición del Punto Q por lo general está definido por el fabricante debido a que está relacionado con la ergonomía del vehículo. Si esta posición no está definida por el fabricante, de manera convencional nosotros consideraremos la posición del Punto Q en 40 mm a partir del final frontal del mango. Esto corresponde al punto medio de una mano genérica humana (considerada 80 mm de ancho).

1.5.2.2.2.1 MEDICIÓN DE LA FUERZA APLICADA EN LA PALANCA (REAL).

Luego de haber definido el punto en el cual se va a aplicar la fuerza; por medio de una balanza romana (figura 2.15) se procede a colocar el gancho en el punto Q y se le ejerce una fuerza hacia arriba, hasta cuando está llegue al enclavamiento correspondiente. El valor obtenido nos ayudara para el cálculo.



Figura 2.15. Balanza romana.

Fuente: Autor.



Figura 2.16. Medición de la fuerza en la palanca de freno de mano.

Fuente: Autor.

CALCULO:

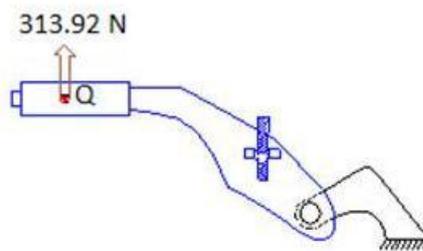


Figura 2.17. Fuerza aplicada en la palanca.

Fuente: Autor.

$$F = m_1 * a$$

$$m_1 = 32 \text{ kg} \text{ ó } m_1 = 70.74 \text{ lb}$$

$$a = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = 32 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = 313.92 \text{ N}$$

➤ **FUERZA APLICADA EN EL CABLE.**

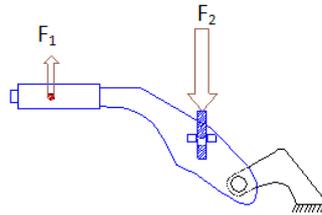


Figura 2.18. Ubicación de las fuerzas.

Fuente: Autor.

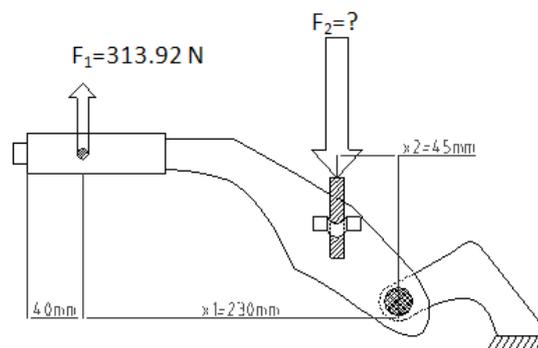


Figura 2.19. Fuerza en el cable.

Fuente: Autor.

$$F_1 * x_1 = -F_2 * x_2$$

$$-F_2 = \frac{F_1 * x_1}{x_2}$$

$$F_2 = -\frac{F_1 * x_1}{x_2}$$

$$F_2 = -\frac{313.92 \text{ N} * 0.23 \text{ m}}{0.045 \text{ m}}$$

$$F_2 = -1604.48 \text{ N}$$

$$F_2 = m_2 * a$$

$$a = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$m_2 = \frac{F_2}{a}$$

$$m_2 = \frac{1604.48 \text{ N}}{9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$m_2 = 163.55 \text{ Kg } \text{Ó} \text{ } m_2 = 360.58 \text{ lb}$$

1.5.3 ESPECIFICACIONES Y REQUERIMIENTOS DEL DISPOSITIVO MECÁNICO.

El dispositivo mecánico debe poseer una serie de especificaciones que permitan que sea de fácil operación y que además brinde la seguridad y garantía de un buen funcionamiento cuando sea requerido.

La carga máxima que debe soportar el dispositivo es de 163.55Kg (360.58lb); de éste valor depende el tipo de materiales que se van a emplear para la construcción del mismo.

El dispositivo mecánico a diseñar no requiere soportar una gran temperatura de operación; además trabajará en el exterior del vehículo, este dispositivo deberá ser empernado al compacto del vehículo por ende las dimensiones dependerán del espacio que brinde el mismo.

El diseño debe ser lo más simple posible, que ofrezca facilidad en el mantenimiento y en su operación. El costo de materiales y construcción debe ser el menor posible, para que marque una gran diferencia en comparación con los precios del mismo producto en el mercado. Su aspecto debe resultar atractivo y adecuado para su aplicación, con una excelente ergonomía.

1.5.4 DISEÑO DE FORMA.

1.5.4.1 ANÁLISIS DE LAS FUNCIONES DEL DISPOSITIVO MECÁNICO.

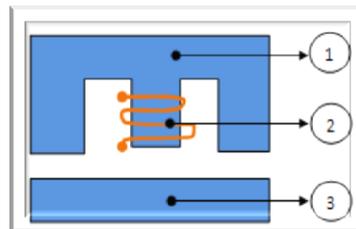
Nuestro dispositivo mecánico deberá cumplir con los siguientes objetivos

- Tensionar y aflojar el cable del freno de mano.
 - Accionamiento eléctrico.

- Disponer de un enclavamiento.
 - Accionamiento eléctrico.
 - Accionamiento manual.

Para cumplir con el primer objetivo es necesaria la construcción de un electroimán (figura 2.20) con una capacidad de arrastre de 163.55kg como mínimo en donde la culata ira fija a la estructura de nuestro dispositivo y la armadura móvil se desplazara por 2 ejes fijos a la culata, en esta armadura móvil se acoplará el cable tensor de freno de mano; la fuente de energía de nuestro dispositivo es suministrada por la batería de 12V y 62Ah el cual su sistema de carga viene dado por el alternador del vehículo.

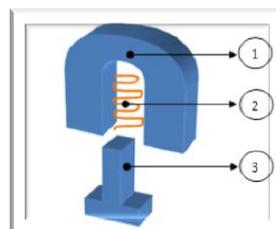
Para cumplir el segundo objetivo contaremos con un electroimán de menor capacidad (figura 2.21), el cual accionara el enclavamiento de forma eléctrica. El funcionamiento manual es debido a la falta de corriente por parte de la batería, ya que de esta forma se podrá quitar el enclavamiento manualmente por medio de un cable de control.



1. Culata o núcleo.

2. Bobina. 3. Armadura móvil.

Fuente: Autor.



1. Culata o núcleo.

2. Bobina. 3. Armadura móvil tipo T.

Fuente: Autor.

1.5.4.2 PARÁMETROS DEL DISEÑO.

a) PARÁMETROS FUNCIONALES.

El diseño del dispositivo mecánico está en función de la fuerza del cable a tensionar, Para ello se partió de un análisis de la fuerza necesaria para tensionar el cable y bloquear las ruedas posteriores estableciendo de esta manera el valor de carga máxima que soportará el dispositivo en cuestión.

b) PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

Nuestro sistema presenta una estructura de soporte metálica, con un electroimán principal para tensionar el cable de accionamiento a las zapatas de las ruedas posteriores; un electroimán secundario el cual acciona el enclavamiento, un sistema de regulación de la distancia del entre hierro del electroimán principal y un sistema de desenclavamiento por cable.

Las dimensiones del dispositivo mecánico están limitadas por el espacio físico que nos brinda la parte inferior del compacto a nivel de la palanca de freno de mano, esto afecta de una manera directa a la estructura de soporte del dispositivo mecánico. Para ello en la figura 2.22 exponemos el espacio físico con el que cuenta nuestro vehículo y en el cual se podría implementar el dispositivo.

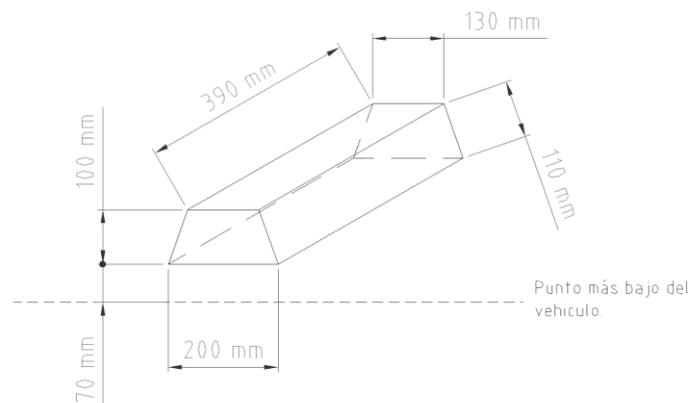


Figura 2.22. Espacio disponible para el dispositivo mecánico.

Fuente: Autor.

1.5.4.3 BOSQUEJÓ DEL DISPOSITIVO MECÁNICO.

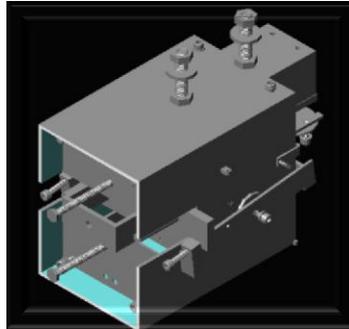


Figura 2.23. Bosquejo del dispositivo mecánico.

Fuente: Autor.

1.5.4.4 DISEÑO Y CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DEL DISPOSITIVO MECÁNICO.

1.5.4.4.1 DISEÑO DEL ELECTROIMÁN PRINCIPAL.

1.5.4.4.1.1 CONSIDERACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

Para poder realizar nuestros cálculos es necesario conocer las siguientes definiciones:¹

- a) **Inducción magnética:** En forma análoga a la fuerza eléctrica que ejerce un campo eléctrico sobre una carga prueba ($F = qE$), existe una fuerza magnética asociada a una “carga prueba” que define un campo magnético.

$$F_m = qvxB \quad (2.1).$$

Donde F_m es la fuerza magnética sobre la carga, q el valor de la carga eléctrica de prueba, v la velocidad de la carga y B la inducción magnética.

¹ REITZ, Milford, *Fundamentos de la teoría electromagnética*, Addison-Wesley Iberoamericana, p. 201-217, 1986.

La ecuación (2.1) puede escribirse también como:

$$F_m = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{qq_1}{r^2} v \times (v_1 \times \frac{\mathbf{r}}{r}),$$

Donde la inducción magnética está dada por $B = \frac{\mu_0}{4\pi} * \frac{q_1}{r^2} * v_1 * \frac{\mathbf{r}}{r}$ siendo μ_0 la permeabilidad magnética en el vacío, q_1 el valor de la carga que genera el campo magnético, v_1 la velocidad de la carga q_1 , \mathbf{r} el vector posición entre las cargas y r la distancia entre estas.

La unidad de inducción magnética es el Tesla (T).

b) Flujo magnético: Se define como la integral de superficie sobre la componente normal del campo magnético

$$\Phi = \int_S B \cdot n da, \quad (2.2).$$

Donde Φ es el flujo magnético, B la inducción magnética, da la diferencial del área de la superficie y n la normal a da .

El flujo magnético es análogo al campo eléctrico, se representa también como líneas con punta de flecha, las cuales van del polo norte al sur en un imán.

Para una inducción magnética B y un área A constantes (2.2) puede escribirse de forma más simple:²

$$\Phi = BA \quad (2.3)$$

La unidad de flujo magnético es el Weber (Wb).

² REITZ, Milford, *Fundamentos de la teoría electromagnética*, Addison-Wesley Iberoamericana, p. 201-217, 1986.

Un Tesla (T) es equivalente a 1 Weber por metro cuadrado (Wb/m²)

c) **Intensidad Magnética:** La intensidad de campo magnético está dada por,

$$H = \frac{1}{\mu_0} B - M,$$

Donde B es la inducción magnética y M la magnetización.

La definición anterior es análoga a la intensidad de campo eléctrico en electricidad.

d) **Susceptibilidad Magnética:** En muchos materiales isotrópicos y lineales existe una relación entre la magnetización (M) y la intensidad de campo magnético (H) dada por,

$$x_m = \frac{M}{H},$$

Donde x_m es la susceptibilidad magnética.

De acuerdo a su susceptibilidad magnética los materiales se clasifican en paramagnéticos si $x_m > 0$, siendo la inducción magnética reforzada y en diamagnético si $x_m < 0$, en la cual la inducción magnética es debilitada, x_m puede variar drásticamente con la temperatura, en general x_m es bastante pequeña ($|x_m| \ll 1$) para materiales diamagnéticos y paramagnéticos.³

e) **Permeabilidad Magnética Relativa:** Está dada por la razón entre la permeabilidad absoluta (μ) y la permeabilidad del vacío (μ_0)

$$K_m = \frac{\mu}{\mu_0} \quad (2.4)$$

³ REITZ, Milford, *Fundamentos de la teoría electromagnética*, Addison-Wesley Iberoamericana, pp. 201-217, 1986.

Donde K_m es la permeabilidad magnética relativa.

- f) **Autoinductancia:** Ocurre en una bobina cuando varía la corriente que circula por ella, induciendo una fuerza electromotriz sobre sí misma. En una bobina de N espiras, a través de la cual circula una corriente I , tenemos que la inductancia está dada por,

$$L = \frac{N\Phi}{I} \text{ H}, \quad (2.5)$$

Donde l es la longitud de la bobina y Φ el flujo magnético presente en ella.

Considerando la ley de Faraday la autoinductancia en una bobina origina una fuerza contra electromotriz dada por,⁴

$$\varepsilon = -L \frac{di}{dt}. \quad (2.6)$$

- g) **Circuitos magnéticos:** Si consideramos una trayectoria bien definida para un flujo magnético (como en el caso de los materiales ferro magnéticos), puede considerarse un Circuito Magnético. Un circuito cerrado de material ferromagnético excitado por una serie de espiras de alambre a través de las cuales circula una corriente representa un circuito magnético. La fuerza magnetomotriz está dada por $f_{mm} = NI$, donde N es el número de espiras de la bobina e I la corriente circulante. La reluctancia se define como $\mathfrak{R} = \int \frac{dl}{\mu A}$, donde dl es la diferencial de longitud y A el área transversal en cuestión. De forma análoga a la ley de circuitos de Ohm y siendo Φ el flujo magnético tenemos que,

$$f_{mm} = NI = \Phi \mathfrak{R}. \quad (2.7)$$

⁴ REITZ, Milford, *Fundamentos de la teoría electromagnética*, Addison-Wesley Iberoamericana, pp. 201-217, 1986.

1.5.4.4.1.2 EL ELECTROIMÁN TIPO E

➤ **FUERZA ATRACTIVA: IMÁN TIPO E.**

Considérese el circuito magnético formado por el electroimán tipo E, los huecos de aire y la barra superior. En este circuito se puede considerar la existencia de dos flujos magnéticos idénticos. Ambos parten del centro del núcleo, donde está la bobina y salen hacia los extremos (Figura 2.24).⁵

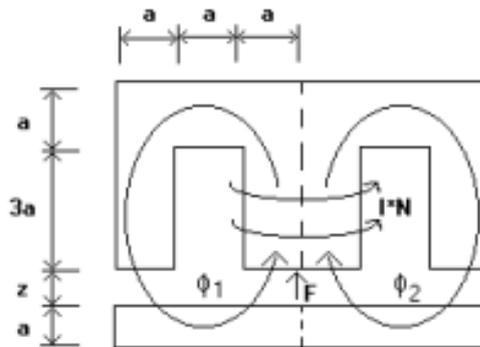


Figura 2.24. Circuito magnético.

Fuente: Autor.⁶

Para propósitos de análisis se tomará en cuenta uno solo de estos circuitos. Calcúlese el flujo magnético presente aplicando la ecuación (2.7) a lo largo del circuito magnético, se tiene

$$\frac{IN}{2} = \frac{\Phi}{2} \left(\frac{12a}{\mu_{\text{núcleo}} A} + \frac{2z}{\mu_{\text{aire}} A} \right)$$

Donde Φ es el flujo total que sale de la bobina, el cual se bifurca en dos partes iguales, como $\mu_{\text{núcleo}}$ es muy grande, del orden de 8000 veces μ_{aire} para

⁵ REITZ, Milford, *Fundamentos de la teoría electromagnética*, Addison-Wesley Iberoamericana, pp. 201-217, 1986.

⁶ Ídem.

el hierro al silicio, podemos aproximar con un margen de error más que aceptable a

$$IN = \Phi \left(\frac{2z}{\mu_{\text{aire}} A} \right).$$

Despejando Φ resulta,

$$\Phi = \frac{IN \mu_{\text{aire}} A}{2z}. \quad (2.8).$$

Tomando la ecuación de fuerza entre dos polos magnéticos tenemos que,

$$F = \frac{1}{2} \frac{B^2 A}{\mu_o},$$

Donde B es la intensidad de campo magnético, A el área efectiva entre superficies y μ_o la permeabilidad.

Enfocándonos en la cuarta parte de la fuerza total del imán E sobre la barra, donde $A = a \cdot c$ (parámetros dimensionales del núcleo) y tomando $\mu_{\text{aire}} = \mu_o$ ⁷

$$F_{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2} \frac{B^2 A}{\mu_o}, \quad (2.9).$$

Combinando las expresiones (2.8), (2.3) y (2.9) tenemos

$$F_{\frac{1}{4}} = \frac{1}{8} \mu_o a c N^2 \left(\frac{I}{z} \right)^2,$$

Donde se multiplica esta última ecuación por un factor de 4 para obtener la Fuerza Total resulta,

⁷ REITZ, Milford, *Fundamentos de la teoría electromagnética*, Addison-Wesley Iberoamericana, pp. 201-217, 1986.

$$F = \frac{1}{2} \mu_o a c N^2 \left(\frac{I}{z}\right)^2, \quad (2.10)$$

*Donde la fuerza se expresa en Newton cuando todas las demás unidades están en Sistema Internacional (SI).*⁸

La ecuación (2.10) representa la expresión de fuerza entre un electroimán y una barra de hierro la cuál nos será fundamental para el modelado matemático.

Los electroimanes que al ser excitados eléctricamente producen una fuerza magnética atractiva que inducen un desplazamiento vertical sobre la armadura móvil.

Como ya se mencionó anteriormente, para este trabajo se el electroimán tipo E. Para realizar esta elección se tomó en cuenta la relación masa-intensidad de campo magnético que distribuye el campo magnético en una superficie mayor evitando concentración de esfuerzos. Por otra parte presentan un núcleo laminado de acero al silicio que elimina corrientes parásitas, permiten el cambio de bobina sin desmontar el núcleo además de que están disponibles comercialmente y existen en distintos tamaños.

Las dimensiones de los electroimanes se eligieron a partir de las consideraciones magnéticas, de las dimensiones propuestas del bosquejo al inicio del diseño y de las características mecánicas deseadas.

Si bien un número de espiras grande asegura una fuerza magnética grande, también es cierto que aumenta la impedancia del actuador ocasionando que no pueda suministrarse la misma corriente sin cambiar la circuitería de potencia y la capacidad de alimentación.

⁸ REITZ, Milford, *Fundamentos de la teoría electromagnética*, Addison-Wesley Iberoamericana, pp. 201-217, 1986.

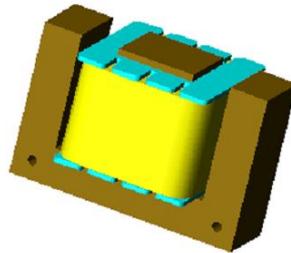


Figura 2.25. Electroimán comercial.

Fuente: Autor.

1.5.4.4.1.3 CÁLCULO DEL NÚMERO DE ESPIRAS DE LA BOBINA.

Para elegir el número de espiras adecuado se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Voltaje de alimentación igual a 12V, con un máximo de 10A. Esto limita la resistencia del devanado a 1.2Ω máximo.
- Entrehierro deseado de 7 mm.
- Fuerza mínima de sustentación requerida de 4000 N.

Partiendo de los requerimientos anteriores, de las dimensiones comerciales de los núcleos de electroimán tipo E y de la ecuación (2.10) se requiere una bobina con un mínimo de 400 espiras. Se escoge una de 318 espiras. Se comprobó directamente que la resistencia fue de 1Ω , lo cual está dentro del límite.

TABLA DE RESULTADOS DEL ELECTROIMÁN PRINCIPAL	
Tipo	E
Nº espiras	318
Alambre	16 AWG esmaltado

Alimentación	12V
Consumo	10Ah
Entrehierro	7mm
Fuerza sustentación	4000N

Tabla 2.5. Resultados electroimán principal.

Fuente: Autor.

1.5.4.4.2 ARMADURA MÓVIL.

Para el diseño del anclaje a la armadura móvil se tomaron en cuenta las dimensiones originales de la armadura, ya que estas vienen fabricadas a un tamaño predeterminado.

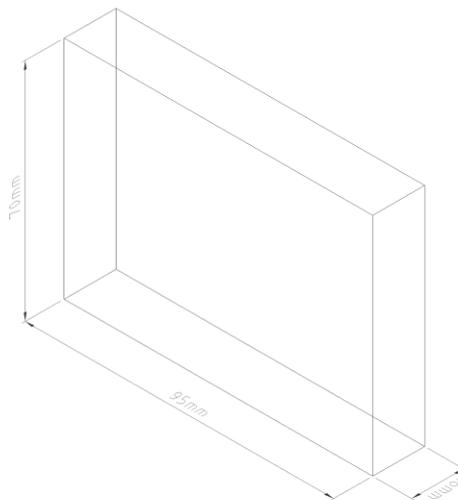


Figura 2.26. Dimensiones de la armadura móvil.

Fuente: Autor.

1.5.4.4.2.1 ANCLAJE.

Posteriormente se diseñó el anclaje al perno de tensión del cable de freno de mano.

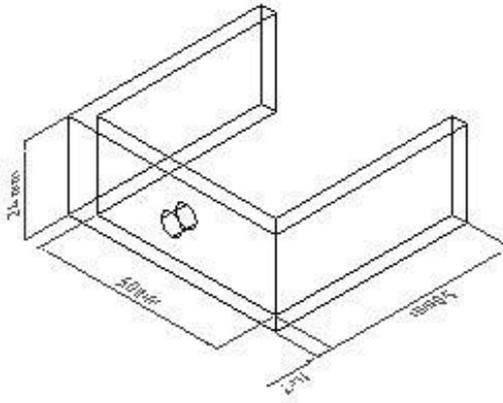


Figura 2.27. Dimensiones del anclaje.

Fuente: Autor.

➤ Espesor de la platina.

Material: Acero estructural (ASTM-A36)

$$\rho = 7860 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

$$\sigma_u = 400 \text{ MPa}$$

$$\tau_u = 400 \text{ MPa}$$

$$P = 1604.48 \text{ N}$$

$$FS = 5$$

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_u}{FS}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{400 \text{ MPa}}{5} = 80 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{P}{A_{req}}$$

$$A_{req} = \frac{P}{\sigma_{perm}}$$

$$b * h = \frac{P}{\sigma_{perm}}$$

$$h = \frac{P}{\sigma_{perm} * b}$$

$$h = \frac{1604.48 \text{ N}}{80 \times 10^6 \text{ Pa} * 0.024 \text{ m}} = 8.35 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$h \geq 8.35 \times 10^{-4} \text{ m} = 0.835 \text{ mm}$$

➤ Diagrama de cortante (V) y momento flector (M).

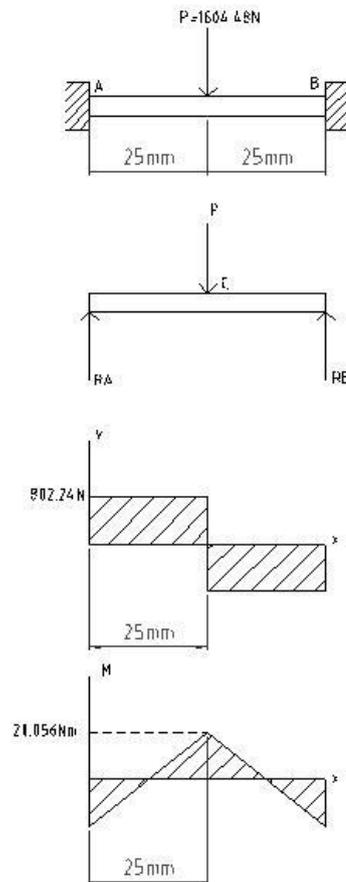


Figura 2.28. Diagrama de cortante y momento flector.

Fuente: Autor.

$$R_A = \frac{1}{2}P = \frac{1}{2}1604.48\text{ N}$$

$$R_A = 802.24\text{ N}$$

$$R_B = \frac{1}{2}P = \frac{1}{2}1604.48\text{ N}$$

$$R_B = 802.24\text{ N}$$

$$V_{max} = R_A = 802.24\text{ N}$$

$$M_{max} = R_A * 0.025\text{ m} = 802.24\text{ N} * 0.025\text{ m}$$

$$M_{max} = 20.056 \text{ Nm}$$

- Esfuerzo máximo (deformación por flexión).

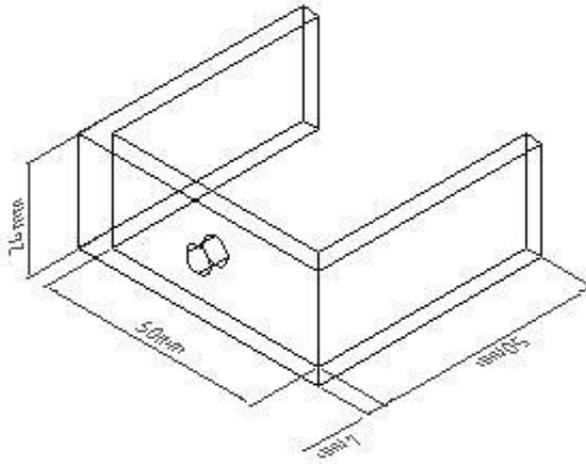


Figura 2.29. Grafico de anclaje con $h=4\text{mm}$.

Fuente: Autor.

$$\sigma_m = \frac{|M_{max}|}{S}$$

Perfil rectangular.

$$S = \frac{1}{6} * b * h^2$$

$$\sigma_m = \frac{|20.056\text{Nm}|}{\frac{1}{6} * 0.024\text{m} * (0.004\text{m})^2} = 313.375\text{MPa}$$

- Esfuerzo en la placa con el material y espesor a utilizar.

$$\sigma_{anclaje} = \frac{P}{A}$$

$$\sigma_{anclaje} = \frac{1604.48\text{N}}{0.024\text{m} * 0.004\text{m}} = 16.713\text{MPa}$$

$$\sigma_{anclaje} < \sigma_{perm}$$

$$16.713\text{MPa} < 80\text{MPa}$$

- Soldadura.

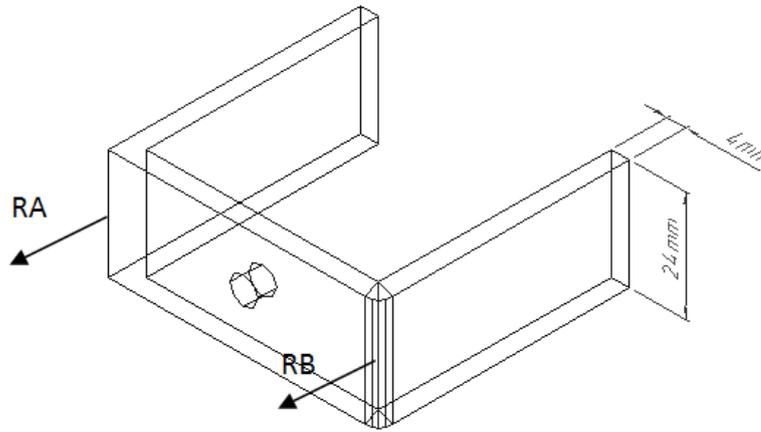


Figura 2.30. Unión soldada del anclaje.

Fuente: Autor.

Para el cálculo de las uniones soldadas de la junta en V, se toma en cuenta la RA y RB en cada extremo y se procede a determinar el esfuerzo en los mismos.

$$\sigma_{soldadura} = \frac{RA}{A}$$

$$\sigma_{soldadura} = \frac{802.24N}{0.024m * 0.004m} = 8.36MPa$$

$$\sigma_{soldadura} \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma_{perm} = 80MPa$$

Para ello se determina un electrodo con N=4mm **E6011** según la norma AWS A5.1, que es utilizado para hierro, acero al carbono y acero aleado.

Donde:

E = electrodos aptos para soldadura por arco.

60 = 60000psi = 413.68MPa (resistencia mínima a la tracción).

1 = Todas las posiciones (Posiciones posibles de soldadura).

11= CA ó CC (corriente) - orgánica (Cobertura).

1.5.4.4.2 BARRA DE ENCLAVAMIENTO.

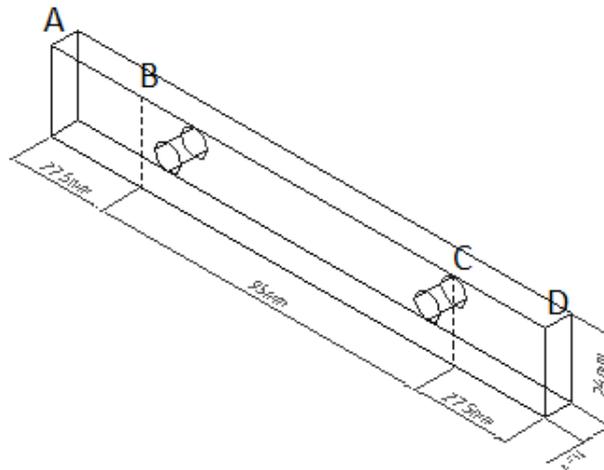


Figura 2.31. Dimensiones de la barra de enclavamiento.

Fuente: Autor.

➤ Espesor de la barra rectangular.

Material: Acero estructural (ASTM-A36)

$$\rho = 7860 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

$$\sigma_u = 400 \text{ MPa}$$

$$\tau_u = 400 \text{ MPa}$$

$$P_{AB} = P_{CD} = 802.24 \text{ N}$$

$$FS = 5$$

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_u}{FS}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{400 \text{ MPa}}{5} = 80 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{P}{A_{req}}$$

$$A_{req,AB} = A_{req,CD} = \frac{P_{AB}}{\sigma_{perm}}$$

$$b * h = \frac{P_{AB}}{\sigma_{perm}}$$

$$h = \frac{P_{AB}}{\sigma_{perm} * b}$$

$$h = \frac{802.24N}{80 \times 10^6 Pa * 0.024m} = 4.18 \times 10^{-4} m$$

$$h \geq 4.18 \times 10^{-4} m = 0.418 mm$$

➤ Diagrama de cortante (V) y momento flector (M).

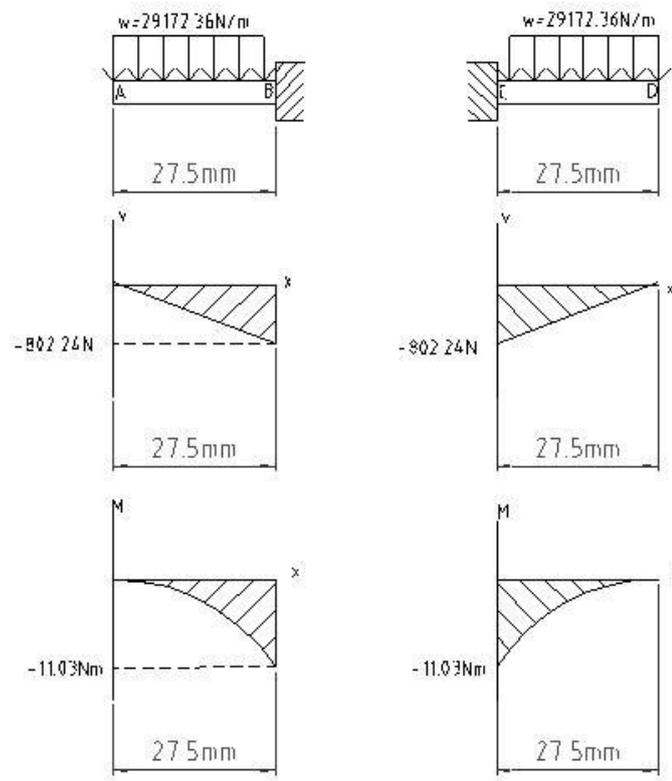


Figura 2.32. Diagrama de cortante y momento flector.

Fuente: Autor.

$$w = 29172.36 \frac{N}{m}$$

$$V_{max} = -w * 0.0275m = -802.24N$$

$$M_{max} = -\frac{1}{2} * w * 0.0275m$$

$$M_{max} = -11.03 Nm$$

- Esfuerzo máximo (deformación por flexión).

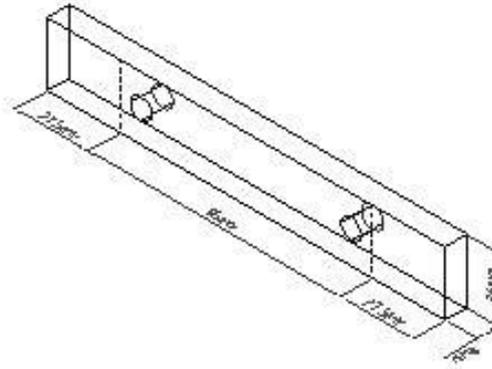


Figura 2.33. Grafico de la barra rectangular con $h=8\text{mm}$.

Fuente: Autor.

$$\sigma_m = \frac{|M_{max}|}{S}$$

Perfil rectangular.

$$S = \frac{1}{6} * b * h^2$$

$$\sigma_m = \frac{|.11.03Nm|}{\frac{1}{6} * 0.024m * (0.008m)^2} = 43.08MPa$$

- Esfuerzo en la placa con el material y espesor a utilizar.

$$\sigma_{barra\ AB} = \sigma_{barra\ CD} = \frac{P}{A}$$

$$\sigma_{barra\ AB} = \frac{802.24N}{0.024m * 0.008m} = 4.17MPa$$

$$\sigma_{barra\ AB} < \sigma_{perm}$$

$$4.17MPa < 80MPa$$

- Soldadura.

- Soldadura del Anclaje a la barra de enclavamiento.

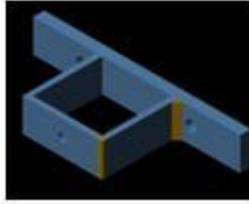


Figura 2.34. Unión soldada del anclaje a la barra.

Fuente: Autor.

La junta es tipo V con un espesor de garganta de 4 mm y una longitud de cordón de 24mm. Para el cálculo se toma en cuenta la RA y RB en cada extremo y se procede a determinar el esfuerzo en los mismos.

$$\sigma_{soldadura} = \frac{RA}{A}$$

$$\sigma_{soldadura} = \frac{802.24N}{0.024m * 0.004m} = 8.36MPa$$

$$\sigma_{soldadura} \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma_{perm} = 80MPa$$

Para ello se determina un electrodo con N=4mm **E6011** según la norma AWS A5.1, que es utilizado para hierro, acero al carbono y acero aleado.

- Soldadura de la barra de enclavamiento a la armadura móvil prefabricada.

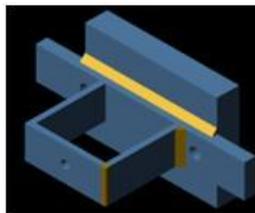


Figura 2.35. Unión soldada barra a la armadura móvil.

Fuente: Autor.

La junta es tipo V con un espesor de garganta de 4 mm y una longitud de cordón de 95mm. Para el cálculo se toma en cuenta P y se procede a determinar el esfuerzo de soldadura.

$$\sigma_{soldadura} = \frac{P}{A}$$

$$\sigma_{soldadura} = \frac{1604.48N}{0.095m * 0.004m} = 4.22MPa$$

$$\sigma_{soldadura} \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma_{perm} = 80MPa$$

Para ello se determina un electrodo con N=4mm **E6011** según la norma AWS A5.1, que es utilizado para hierro, acero al carbono y acero aleado.

1.5.4.4.3 DISEÑO DE LA CARCASA.

1.5.4.4.3.1 CAJA.

La función principal de la caja es mantener fijo a los electroimanes tanto principal como secundario, esta caja debe sujetarse al compacto del vehículo.

Dimensiones de la caja:

Espacio interior (bobina principal) = 104mm*137mm*167mm

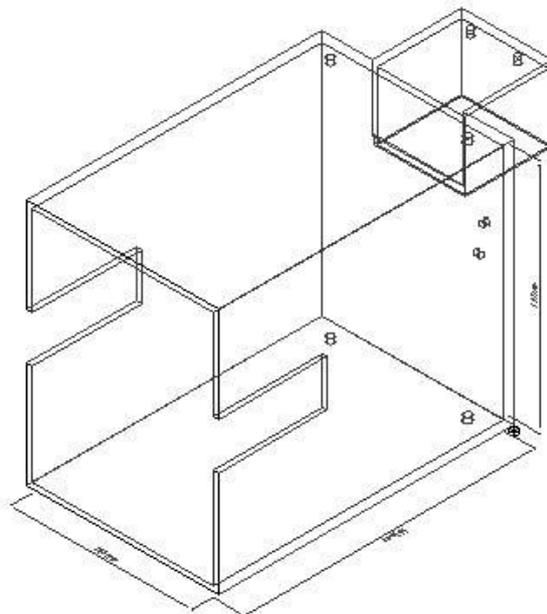


Figura 2.36. Dimensiones del espacio interior de la caja.

Fuente: Autor.

- Espesor de las placas.

El espesor de las placas va a depender de los esfuerzos de los apoyos en las conexiones entre la caja y la culata del electroimán principal. La culata del electroimán principal esta diseñado para sujetarlo por medio de 4 pernos M5.

Material: Acero estructural (ASTM-A36)

$$\rho = 7860 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

$$\sigma_u = 400 \text{ MPa}$$

$$\tau_u = 400 \text{ MPa}$$

$$P = 1604.48 \text{ N}$$

$$FS = 5$$

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_u}{FS}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{400 \text{ MPa}}{5} = 80 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de apoyo σ_b (pág. 11)

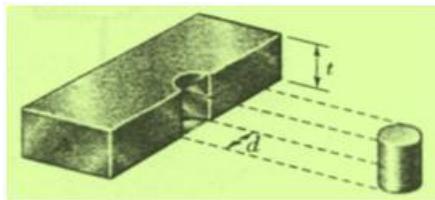


Figura 2.37. Fuerzas ejercidas sobre la placa.

Fuente: Autor.

$$P_{perno} = \frac{P}{4}$$

$$P_{perno} = 401.12 \text{ N}$$

$$\sigma_b = \frac{P_{perno}}{A} = \frac{P_{perno}}{t * d}$$

$$t = \frac{P_{perno}}{\sigma_b * d}$$

$$t = \frac{401.12N}{80 \times 10^6 Pa * 0.005m} = 0.0011m$$

$$t \geq 0.0011m = 1.1mm$$

Debido a que en la placa se realizará roscado se escogió una placa de 3mm de espesor.

$$\sigma_b = \frac{P_{perno}}{t * d} = \frac{401.12N}{0.003m * 0.005m}$$

$$\sigma_b = 26.74MPa$$

$$\sigma_b \leq \sigma_{perm}$$

$$26.74MPa \leq 80MPa$$

Para esta aplicación se escogieron pernos disponibles en los almacenes locales.

Cuentan con las siguientes características:

Pernos de cabeza hexagonal tipo Allen

Diámetro nominal = 5 mm

Longitud = 60 mm

Grado de calidad ISO 8.8

Para un perno clase ISO 8.8 se conocen las siguientes propiedades de resistencia mecánica:

Se = 129 MPa Resistencia a la fatiga

Sp= 600 Mpa Resistencia de prueba mínima

Sy= 660 Mpa Resistencia mínima de fluencia

Sut = 830 Mpa Resistencia última

Material = Acero al carbono, templado y revenido.

➤ Soldadura de las placas.

La junta es tipo V con un espesor de garganta de 4 mm y una longitud de cordón de 170mm. Para el cálculo se toma en cuenta P y se procede a determinar el esfuerzo de soldadura.



Figura 2.38. Soldadura de las placas de la caja.

Fuente: Autor.

$$\sigma_{soldadura} = \frac{P}{A}$$
$$\sigma_{soldadura} = \frac{1604.48N}{0.17m * 0.004m} = 2.35MPa$$
$$\sigma_{soldadura} \leq \sigma_{perm}$$
$$\sigma_{perm} = 80MPa$$

Para ello se determina un electrodo con N=4mm **E6011** según la norma AWS A5.1, que es utilizado para hierro, acero al carbono y acero aleado.

➤ **TAPAS FRONTALES.**

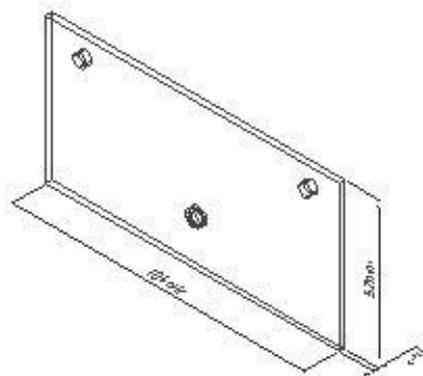


Figura 2.39. Dimensiones de la tapa frontal superior.

Fuente: Autor.

➤ Espesor de la platina.

Material: Acero estructural (ASTM-A36)

$$\rho = 7860 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

$$\sigma_u = 400 \text{ MPa}$$

$$\tau_u = 400 \text{ MPa}$$

$$P = 1604.48 \text{ N}$$

$$FS = 5$$

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_u}{FS}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{400 \text{ MPa}}{5} = 80 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{P}{A_{req}}$$

$$A_{req} = \frac{P}{\sigma_{perm}}$$

$$b * h = \frac{P}{\sigma_{perm}}$$

$$h = \frac{P}{\sigma_{perm} * b}$$

$$h = \frac{1604.48 \text{ N}}{80 \times 10^6 \text{ Pa} * 0.052 \text{ m}} = 3.86 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$h \geq 3.86 \times 10^{-4} \text{ m} = 0.386 \text{ mm}$$

➤ Diagrama de cortante (V) y momento flector (M).

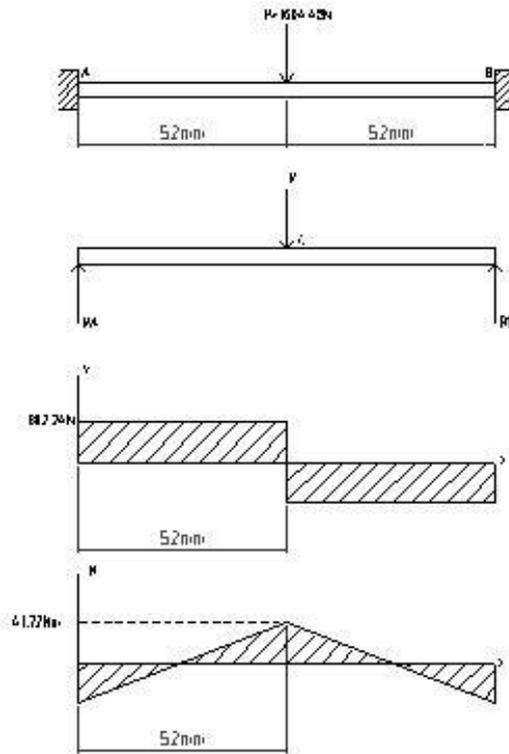


Figura 2.40. Diagrama de cortante y momento flector.

Fuente: Autor.

$$R_A = \frac{1}{2}P = \frac{1}{2}1604.48\text{ N}$$

$$R_A = 802.24\text{ N}$$

$$R_B = \frac{1}{2}P = \frac{1}{2}1604.48\text{ N}$$

$$R_B = 802.24\text{ N}$$

$$V_{max} = R_A = 802.24\text{ N}$$

$$M_{max} = R_A * 0.052\text{ m} = 802.24\text{ N} * 0.052\text{ m}$$

$$M_{max} = 41.72\text{ Nm}$$

➤ Esfuerzo máximo (deformación por flexión).

$$\sigma_m = \frac{|M_{max}|}{S}$$

Perfil rectangular.

$$S = \frac{1}{6} * b * h^2$$

$$\sigma_m = \frac{|41.72Nm|}{\frac{1}{6} * 0.052m * (0.002m)^2} = 1203.46MPa$$

- Esfuerzo en la placa con el material y espesor a utilizar.

$$\sigma_{anclaje} = \frac{P}{A}$$

$$\sigma_{anclaje} = \frac{1604.48N}{0.052m * 0.002m} = 15.43MPa$$

$$\sigma_{anclaje} < \sigma_{perm}$$

$$16.713MPa < 80MPa$$

- Reguladores del entrehierro del electroimán principal.



Figura 2.41. Regulador del entrehierro.

Fuente: Autor.

Para esta aplicación se escogieron pernos disponibles en los almacenes locales.

Cuentan con las siguientes características:

Pernos de cabeza hexagonal.

Diámetro nominal = 6 mm.

Longitud = 60 mm.

Grado de calidad ISO 8.8.

➤ **PERNOS DE SUJECIÓN AL COMPACTO DEL VEHÍCULO.**

Para realizar el cálculo del diámetro de los pernos de sujeción al compacto se determina el material del mismo.

Material: Acero de refuerzo de alta resistencia.

$$\rho = 7860 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

$$\sigma_u = 620 \text{ MPa}$$

$$\tau_u = 620 \text{ MPa}$$

$$P = 1604.48 \text{ N}$$

$$FS = 5$$

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_u}{FS}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{620 \text{ MPa}}{5} = 124 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de apoyo σ_b .

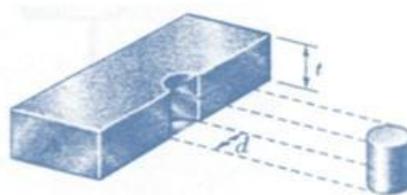


Figura 2.42. Fuerzas ejercidas sobre el compacto.

Fuente: Autor.

$$P = 1604.48 \text{ N}$$

$$t = 2 \text{ mm}$$

$$\sigma_b = \frac{P}{A} = \frac{P}{t * d}$$

$$d = \frac{P}{\sigma_b * t}$$

$$d = \frac{1604.48N}{124 \times 10^6 Pa * 0.002m} = 0.0065m$$
$$d \geq 0.0065m = 6.55mm$$

Debido a que el compacto contaba con un orificio de 9.5mm de diámetro se opto por colocar un perno M10.

$$\sigma_b = \frac{P}{t * d} = \frac{1604.48N}{0.002m * 0.01m}$$
$$\sigma_b = 80.22MPa$$
$$\sigma_b \leq \sigma_{perm}$$
$$80.22MPa \leq 124MPa$$

Para esta aplicación se escogieron pernos disponibles en los almacenes locales. Cuentan con las siguientes características:

Pernos de cabeza hexagonal.

Diámetro nominal = 10 mm

Longitud = 40 mm

Grado de calidad ISO 8.8

1.5.4.4 DISEÑO DEL ELECTROIMÁN SECUNDARIO.

Con el mismo principio con el que fue analizado el electroimán principal se calculo el número de espiras necesario para ele electroimán secundario.

Para elegir el número de espiras adecuado se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Voltaje de alimentación igual a 12V, con un máximo de 1A. Esto limita la resistencia del devanado a 12Ω máximo.

- Entrehierro deseado de 10 mm.
- Fuerza mínima de sustentación requerida de 10 N.

Partiendo de los requerimientos anteriores, de las dimensiones comerciales de los núcleos de electroimán tipo T y de la ecuación (2.7) se requiere una bobina con un mínimo de 1300 espiras. Se escoge una de 1138 espiras. Se comprobó directamente que la resistencia fue de 9Ω , lo cual está dentro del límite.

TABLA DE RESULTADOS DEL ELECTROIMÁN SECUNDARIO	
Tipo	T
Nº espiras	1138
Alambre	25 AWG esmaltado
Alimentación	12V
Consumo	1.33Ah
Entrehierro	10mm
Fuerza sustentación	10N

Tabla 2.6. resultados electroimán secundario.

Fuente: Autor.

1.5.4.4.1 ARMADURA MÓVIL.

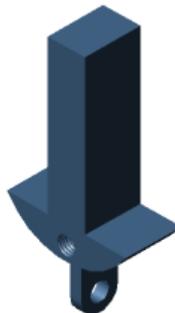


Figura 2.43. Armadura móvil.

Fuente: Autor.

➤ **Diámetro del pasador.**

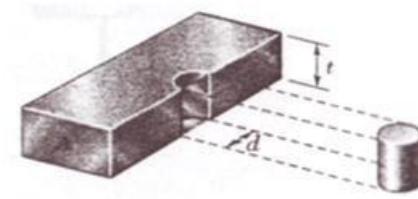


Figura 2.44. Pasador.

Fuente: *Mecánica de materiales*.⁹

Material: Acero estructural (ASTM-A36)

$$\rho = 7860 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

$$\sigma_u = 400 \text{ MPa}$$

$$\tau_u = 400 \text{ MPa}$$

$$FS = 5$$

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_u}{FS}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{400 \text{ MPa}}{5} = 80 \text{ MPa}$$

$$P = 45 \text{ N}$$

$$t = 3 \text{ mm}$$

$$\sigma_b = \frac{P}{A} = \frac{P}{t * d}$$

$$d = \frac{P}{\sigma_b * t}$$

$$d = \frac{45 \text{ N}}{80 \times 10^6 \text{ Pa} * 0.003 \text{ m}} = 0.0002 \text{ m}$$

$$d \geq 0.0002 \text{ m} = 0.2 \text{ mm}$$

⁹ BEER, Ferdinand, *Mecánica de materiales*, 3^{ra} Edición, Editorial Mc Graw Hill, México, 2001. P.

Se escogió un pasador de 5mm de diámetro.

$$\sigma_b = \frac{P}{t * d} = \frac{45N}{0.003m * 0.005m}$$

$$\sigma_b = 3MPa$$

$$\sigma_b \leq \sigma_{perm}$$

$$3MPa \leq 80MPa$$

1.5.4.4.5 SISTEMA DE ENCLAVAMIENTO ELÉCTRICO.

1.5.4.4.5.1 ENCLAVAMIENTO.

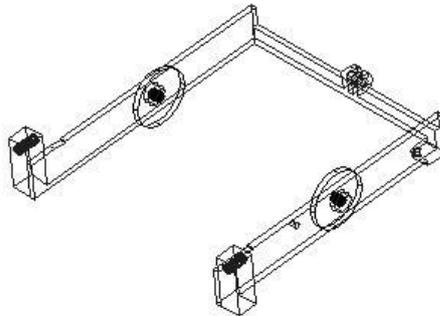


Figura 2.45. Enclavamiento.

Fuente: Autor.

- Puntos de rotación.

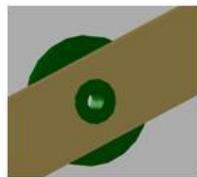


Figura 2.46. Ejes de rotación.

Fuente: Autor.

Material: Acero estructural (ASTM-A36)

$$\rho = 7860 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

$$\sigma_u = 400MPa$$

$$\tau_u = 400MPa$$

$$P = 1604.48N$$

$$FS = 5$$

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_u}{FS}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{400MPa}{5} = 80MPa$$

$$t = 3mm$$

$$\sigma_b = \frac{P}{A} = \frac{P}{t * d}$$

$$d = \frac{P}{\sigma_b * t}$$

$$d = \frac{1604.48N}{80 \times 10^6 Pa * 0.003m} = 0.0067m$$

$$d \geq 0.0067m = 6.68mm$$

Se escogió un pasador de 10mm de diámetro debido a que es necesaria la introducción de un perno para sujetar al enclavamiento.

$$\sigma_b = \frac{P}{t * d} = \frac{1604.48N}{0.003m * 0.01m}$$

$$\sigma_b = 53.48MPa$$

$$\sigma_b \leq \sigma_{perm}$$

$$53.48MPa \leq 80MPa$$

- Pernos de regulación.

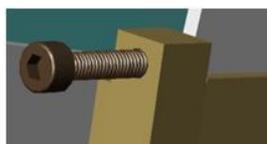


Figura 2.47. Ejes de rotación.

Fuente: Autor.

Para esta aplicación se escogieron pernos disponibles en los almacenes locales.
Cuentan con las siguientes características:

Pernos de cabeza hexagonal tipo Allen.

Diámetro nominal = 5 mm

Longitud = 20 mm

Grado de calidad ISO 8.8

- Muelle de retorno.

Por medio del software AUTOCAD MECHANICAL se procederá a calcular el muelle necesario para que el enclavamiento retorne a la posición inicial.

- Seleccionamos el tipo de resorte. (extensión).

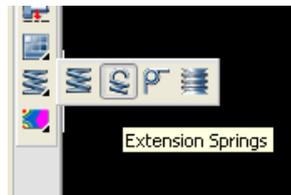


Figura 2.48. Tipo de resorte.

Fuente: Autor.

- Seleccionamos la vista (frontal).

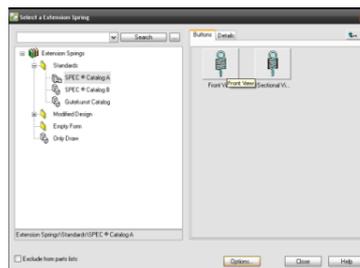


Figura 2.49. Vista frontal.

Fuente: Autor.

- Se selecciona el origen en cualquier punto del model.
- Seleccionamos los datos medidos:

$L2=60\text{mm.}$

$F2=20\text{N.}$

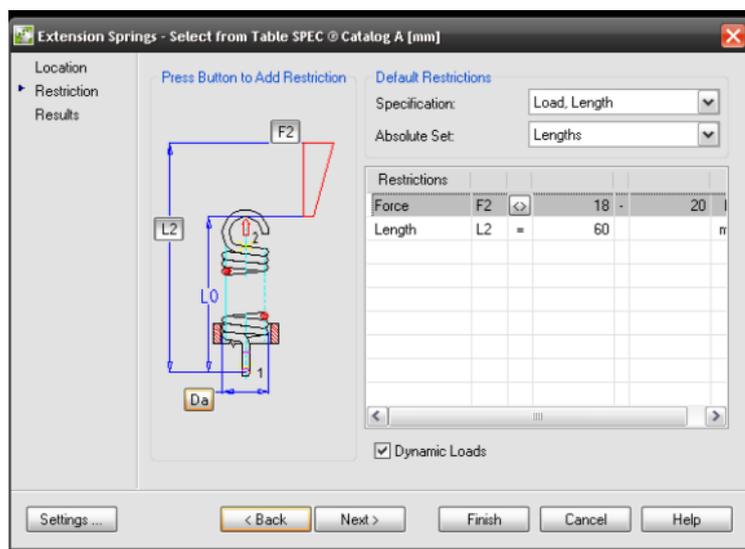


Figura 2.50. Ingreso de datos.

Fuente: Autor.

Donde:

$L2$ es la distancia necesaria para que la armadura móvil quede libre.

$F2$ es la fuerza de arrastre del electroimán del enclavamiento con un entrehierro de 1cm.

- Se obtienen los datos del resorte.

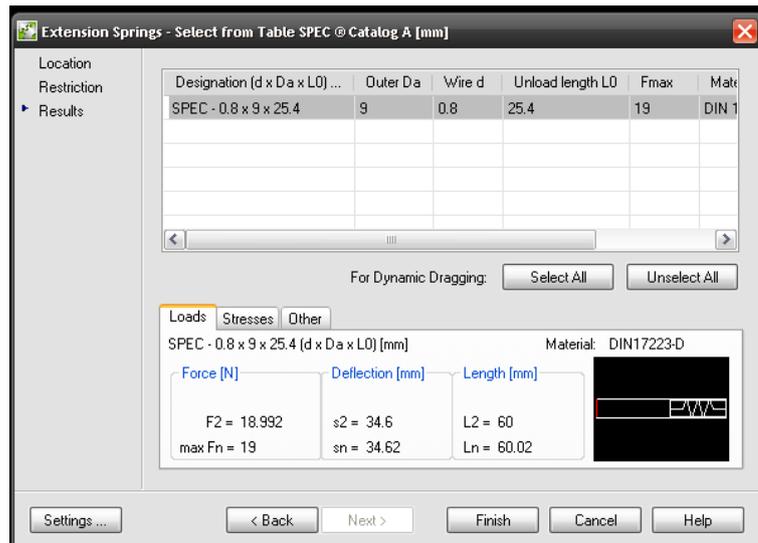


Figura 2.51. Obtención de datos.

Fuente: Autor.

Las especificaciones para la construcción del resorte son: 0.8 x 9 x 25.4 (mm) (d x Da x Lo) con un paso de 0.47mm.

d=diámetro del alambre.

Da=Diámetro exterior.

Lo=longitud inicial.

1.5.4.4.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE DESENCLAVAMIENTO MANUAL.

- Cable.



Figura 2.52. Cable de control.

Fuente: Autor.

Para poder desbloquear el freno en caso de ausencia de la batería se adaptará un cable de acero con un diámetro de 1.5mm, estos cables son utilizados para abrir el capot del vehículo o las puertas posteriores.

- Sujeción a la carcasa.

Para que el cable funcione correctamente es necesario fijar el forro del cable, por lo tanto se utilizará una placa de sujeción de acero A36 con un espesor de 2mm y 2 tornillos M3.5x10mm.



Figura 2.53. Placa de sujeción del forro del cable de control.

Fuente: Autor.

- Sujeción al enclavamiento.

Para un fácil montaje del cable se utilizo un prisionero para sujetar al enclavamiento y poder desacoplar manualmente el freno. Además este elemento se puede encontrar en cualquier comercial automotriz



Figura 2.54. Prisionero.

Fuente: Autor.

1.6 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO.

- Adquisición del electroimán principal.(Anexo B.1)

Material: chapa de aleación de hierro-silicio.

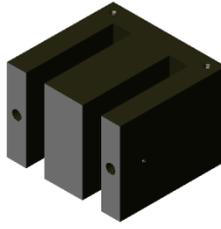


Figura 2.55. Culata.

Fuente: Autor.

- Bobinado del electroimán principal.

Material: Cobre esmaltado.

Alambre: 25 AWG.

Nº de espiras: 318.

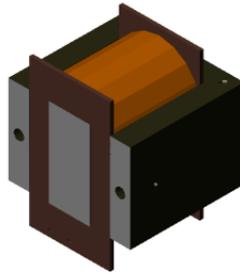


Figura 2.56. Bobinado.

Fuente: Autor.

- Ejes del electroimán principal. (Anexo B.2).

Material: Acero estructural (ASTM-A36).

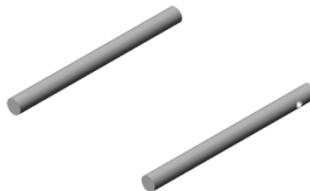


Figura 2.57. Ejes.

Fuente: Autor.

-
- Armadura móvil del electroimán principal. (Anexo B.3).

Material: Acero estructural (ASTM-A36).

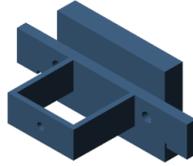


Figura 2.58. Armadura móvil.

Fuente: Autor.

- Caja metálica. (Anexo B.4).

Material: Acero estructural (ASTM-A36).

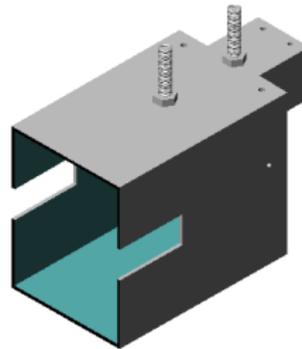


Figura 2.59. Caja metálica.

Fuente: Autor.

- Placas de soporte. (Anexo B.5).

Material: Acero estructural (ASTM-A36).



Figura 2.60. Placas de soporte.

Fuente: Autor.

-
- Tapas frontales. (Anexo B.6).

Material: Acero estructural (ASTM-A36).



Figura 2.61. Tapas frontales.

Fuente: Autor.

- Puntos de giro del enclavamiento. (Anexo B.7).

Material: Acero estructural (ASTM-A36).



Figura 2.62. Puntos de giro.

Fuente: Autor.

- Enclavamiento-placa móvil. (Anexo B.8).

Material: Acero estructural (ASTM-A36).



Figura 2.63. enclavamiento.

Fuente: Autor.

-
- Adquisición del electroimán secundario-enclavamiento. (Anexo B.9).

Material: chapa de aleación de hierro silicio.



Figura 2.64.culata.

Fuente: Autor.

- Bobinado del electroimán secundario-enclavamiento.

Material: Cobre esmaltado.

Alambre: 25 AWG.

Nº de espiras: 1138.

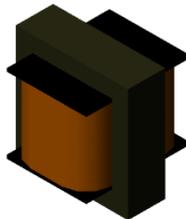


Figura 2.65.Bobinado del electroimán secundario.

Fuente: Autor.

- Armadura móvil del electroimán secundario-enclavamiento. (Anexo B.10).

Material: chapa de aleación de hierro silicio.

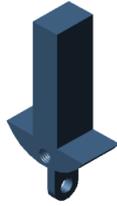


Figura 2.66. Armadura móvil del electroimán secundario.

Fuente: Autor.

- Eje de unión. (Anexo B.11).

Material: Acero estructural (ASTM-A36).



Figura 2.67. Eje de unión.

Fuente: Autor.

- Placa de protección del electroimán secundario. (Anexo B.12).

Material: Acero estructural (ASTM-A36).

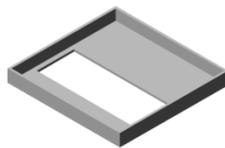


Figura 2.68. Placa de protección del electroimán secundario.

Fuente: Autor.

- Sujetador del electroimán secundario. (Anexo B.13).

Material: Acero estructural (ASTM-A36).



Figura 2.69. Sujetador del electroimán secundario.

Fuente: Autor.

-
- Placa de sujeción del electroimán secundario. (Anexo B.14).

Material: Acero estructural (ASTM-A36).

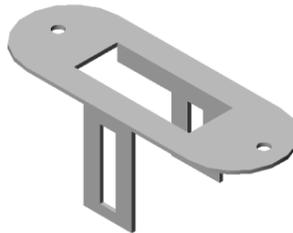


Figura 2.70. Placa de sujeción del electroimán secundario.

Fuente: Autor.

- Gancho para el muelle de retorno. (Anexo B.15).

Material: Acero estructural (ASTM-A36).

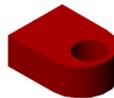


Figura 2.71. Gancho para muelle.

Fuente: Autor.

- Placa de sujeción del cable de desenclavamiento manual. (Anexo B.16).

Material: Acero estructural (ASTM-A36).



Figura 2.72. Placa de sujeción del cable de desenclavamiento manual.

Fuente: Autor.

1.6.1 TABLA DE PAR DE APRIETE DE LOS PERNOS DEL SISTEMA MECÁNICO.

C A N T	DESCRIPC IÓN	NORMA	DIMENS IÓN (mm)	CLA SE	PAR DE APRIETE (N*m)	UBICACIÓN
2	Tornillo	ISO 7046-1/DIN 965	M3.5x6m	8.8	1.2	Sujeción a los ejes guía.
2	Arandelas planas	ISO 7089/DIN 125A	M10	8.8		Sujeción al compacto del vehículo.
4	Arandelas planas	ISO 7089/DIN 125A	M5	8.8	6.1	Sujeción carcasa electroimán principal.
4	Pernos tipo Allen	ISO 4762/DIN 912	M5x60m	8.8	6.1	Sujeción carcasa electroimán principal.
4	Arandelas planas	ISO 7089/DIN 125A	M5	8.8		Sujeción tapa frontal
4	Pernos tipo Allen	ISO 4762/DIN 912	M5x10m	8.8	6.1	Sujeción tapa frontal
2	Pernos hexagonales	ISO 4017/DIN 933	M6x60	8.8	10.4	Regulación del entrehierro electroimán principal
2	Tuercas	ISO 4032/DIN 934	M10	8.8	51	Sujeción al compacto del vehículo.
2	Tornillo	ISO 7046-1	M3.5x10 mm	8.8	1.2	Sujeción a la placa de cable manual

1	Perno tipo Allen	ISO 4762/DIN 912	M5x20m m	8.8	6.1	Tope de la armadura móvil electroimán secundario
2	Pernos tipo Allen	ISO 4762/DIN 912	M5x10m m	8.8	6.1	Sujeción placa de soporte electroimán secundario
2	Arandelas planas	ISO 7089/DIN 125A	M5	8.8		Sujeción placa de soporte electroimán secundario
2	Arandelas planas	ISO 7089/DIN 125A	M5	8.8		Sujeción placa móvil de enclavamiento
2	Pernos tipo Allen	ISO 4762/DIN 912	M5x10m m	8.8	6.1	Sujeción placa móvil de enclavamiento
2	Perno tipo Allen	ISO 4762/DIN 912	M5x20m m	8.8	6.1	Regulación del enclavamiento.

Tabla 2.7. Pares de apriete.

Fuente: Epidor¹⁰

1.7 DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

1.7.1 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO PARA EL DISEÑO ELÉCTRICO- ELECTRÓNICO.

1.7.1.1 ACTIVACIÓN AUTOMÁTICA AL APAGAR EL MOTOR.

- El controlador electrónico recibe la señal del interruptor de arranque (switch), la procesa y acciona el relé para el electroimán principal, el cual tensiona el

¹⁰ EPIDOR, Propiedades mecánicas (11/10/2010:20:25), www.epidor.com/documentos/ApTecnico_PropiedadesMecanicas.pdf

cable y bloquea las ruedas posteriores, siempre y cuando el electroimán secundario (enclavamiento) este activado. Posteriormente la bobina secundaria deberá apagarse permitiendo el enclavamiento y bloqueo de las ruedas traseras para de esta manera desactivar el electroimán principal sin que retorne el cable de accionamiento a las zapatas.

1.7.1.2 AL ENCENDER EL MOTOR O SWITCH (ON).

- El controlador electrónico recibe la señal del interruptor de arranque (switch), la procesa y acciona el relé para el electroimán principal, el cual tensiona el cable para que el enclavamiento pueda liberarse sin ninguna resistencia, luego de haber accionado la bobina principal se acciona el electroimán secundario (enclavamiento) y este se mantiene activado mientras el motor del vehículo este encendido .

1.7.1.3 ARRANQUE EN CUESTA AUTOMÁTICO.

- Activación en cuesta.
 - Se presiona el botón de mando ubicado en el tablero de control.
 - El controlador electrónico recibe la señal del botón, la procesa y acciona el relé del electroimán principal, el cual tensiona el cable y bloquea las ruedas posteriores.
 - Se enciende la luz testigo del freno de estacionamiento automático.
- Desactivación en cuesta.
 - El sensor de posición de primera marcha envía la señal al controlador electrónico que la primera marcha se ha sincronizado.

-
- El sensor de posición del embrague envía la señal al controlador de que se ha embragado.
 - El sensor de posición del acelerador envía la señal al controlador r de que se ha acelerado.
 - Si las 3 señales son leídas correctamente por el controlador este desactiva el sistema de freno, aflojando el cable de freno de las ruedas posteriores.
 - Se apaga la luz testigo del freno de estacionamiento automático.

1.7.1.4 DESACTIVACIÓN AL INICIAR LA MARCHA.

- Se enciende el vehículo (señal del interruptor de arranque).
- Se enciende la luz testigo.
- El sensor de posición de primera marcha envía la señal al controlador electrónico que la marcha se ha sincronizado.
- El sensor de posición del embrague envía la señal al controlador de que se ha embragado.
- El sensor de posición del acelerador envía la señal al controlador de que se ha acelerado.
- Si las 3 señales son leídas correctamente por el controlador este desactiva el sistema de freno, aflojando el cable de freno de las ruedas posteriores.
- Se apaga la luz testigo del freno de estacionamiento automático.

- El aflojado manual se obtiene presionando el mismo botón de mando con el que se activa el dispositivo siempre que el motor este encendido.

1.7.1.5 DESACTIVACIÓN MECÁNICA EN CASO DE FALLA DE LA BATERÍA.

- La batería se encuentra sin carga.
- Existe un cable manual para desacoplar el sistema.

1.7.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

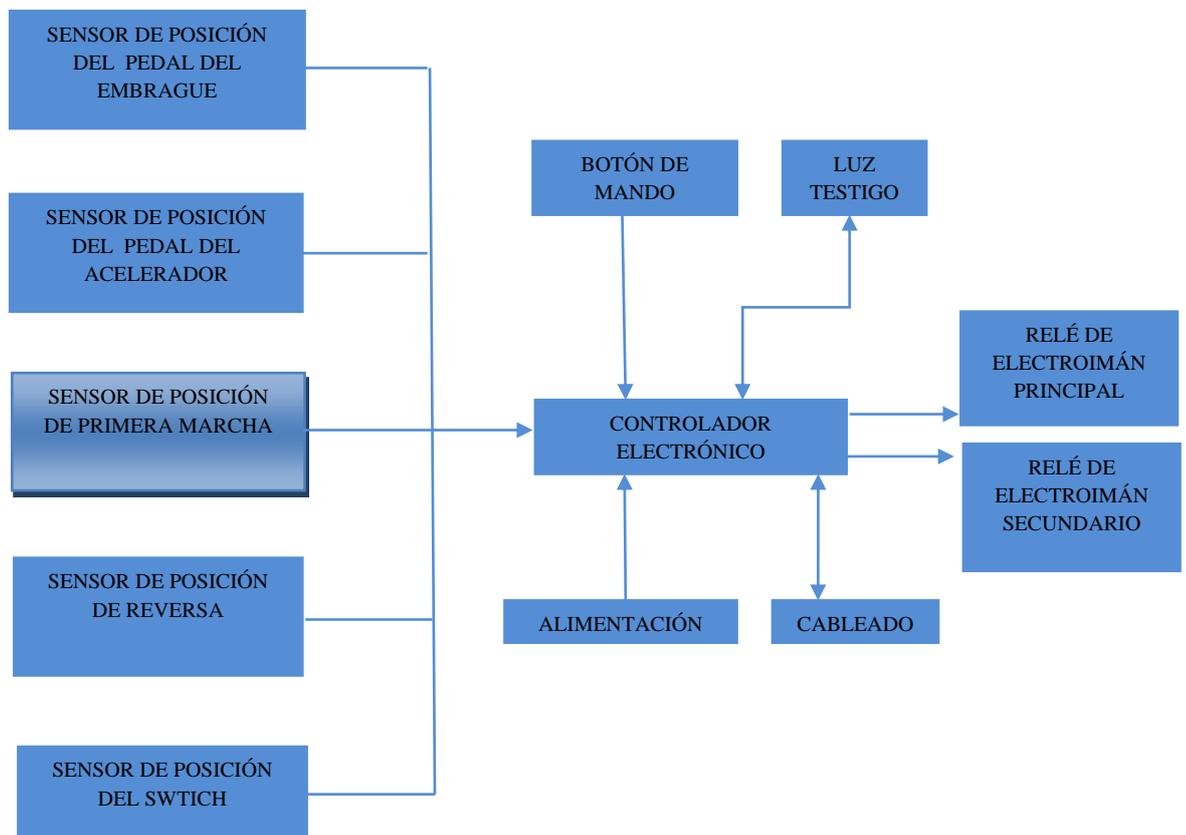


Figura 2.73. Diagrama de bloques del sistema eléctrico.

Fuente: Autor.

1.7.3 DATOS REALES DEL VEHÍCULO.

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
Batería:	
Carga	12 V
Amperaje	62 Ah
Alternador a velocidad del motor:	
Amperaje	65 A
Voltaje	14.2 V
Revoluciones por minuto	3000 rpm
Tensión con el motor apagado	13.02 V
Tensión con el motor encendido	14.18 V

Tabla 2.8. Cuadro de datos del sistema eléctrico.

Fuente: Autor.

1.7.4 DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO POR MEDIO DEL SOFTWARE PROTEUS 7.

1.7.4.1 DISEÑO ELECTRÓNICO.

El diseño electrónico es el encargado de controlar al electroimán principal y al electroimán secundario, mediante la utilización de los diferentes dispositivos electrónicos.

1.7.4.1.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN AL PIC 16F877A (PIN 11 o 32).

La alimentación se la realiza utilizando una fuente de poder constituida en el vehículo como es la Batería de 12V, con lo cual es posible reducir el voltaje de 12V a 5V, voltaje al que trabajan el PIC.

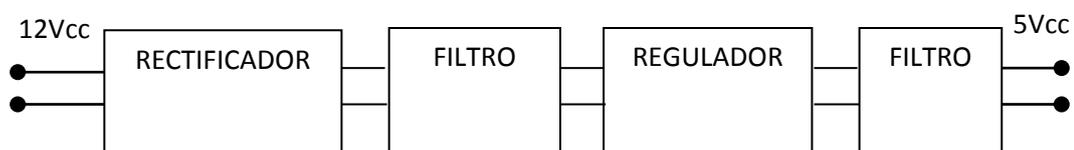


Figura 2.74. Diagrama de bloques de la fuente de alimentación al pic.

Fuente: Autor.

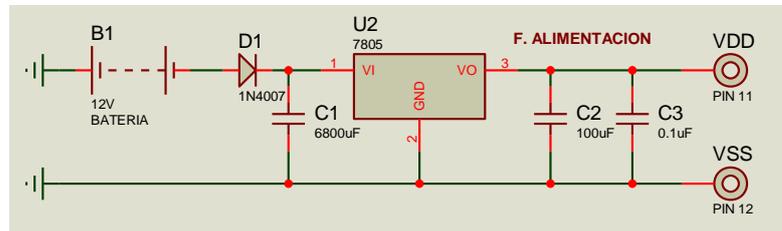


Figura 2.75. Diagrama de la fuente de alimentación al pic.

Fuente: Autor.

$$V_p = \frac{V_{ef}}{0.707}$$

$$V_p = \frac{12V}{0.707}$$

$$V_p = 16.973V$$

$$V_{m\acute{a}x} = V_p - 1.2V$$

$$V_{m\acute{a}x} = 16.973V - 1.2V$$

$$V_{m\acute{a}x} = 15.773V$$

$$\Delta V = 3V$$

$$V_c = V_{m\acute{a}x} - \frac{\Delta V}{2}$$

$$V_c = 15.773V - \frac{3V}{2}$$

$$V_c = 14.273V$$

- **D1**

$$V_{m\acute{a}x, inverso} = V_p$$

$$V_{m\acute{a}x, inverso} = 16.973V$$

$$i_{D1} = \frac{i}{2}$$

$$i_{D1} = \frac{1A}{2} = 0.5A$$

- **C1**

$$V_{m\acute{a}x,c1} = V_p = 16.973V$$

$$C_1 = \frac{i * t}{\Delta V}$$

$$C_1 = \frac{1000mA * 8.33ms}{3V}$$

$$C_1 = 2776.667\mu F$$

En aplicaciones automotrices el condensador se calcula con un factor de seguridad de 2.5 debido a los voltajes pico que se dan en el veh\iculo.

$$C_1 = C_1 * FS$$

$$C_1 = 2776.667\mu F * 2.5 = 6941.68\mu F$$

- **C2**

$$V_p = \frac{V_{ef}}{0.707}$$

$$V_p = \frac{5V}{0.707}$$

$$V_p = 7.072V$$

$$V_{m\acute{a}x} = V_p - 1.2V$$

$$V_{m\acute{a}x} = 7.072V - 1.2V$$

$$V_{m\acute{a}x} = 5.872V$$

$$\Delta V = 1.5V$$

$$V_c = V_{m\acute{a}x} - \frac{\Delta V}{2}$$

$$V_c = 5.872V - \frac{1.5V}{2}$$

$$V_c = 5.122V$$

$$V_{m\acute{a}x,C2} = V_p = 7.072V$$

$$C_2 = \frac{i * t}{\Delta V}$$

$$C_2 = \frac{18mA * 8.33ms}{1.5V}$$

$$C_2 = 99.96\mu F$$

En las fuentes de alimentación como ultimo filtro de los picos de corriente se inserta un condensador de 0.1uF

$$C_3 = 0.1\mu F$$

1.7.4.1.2 MICROCONTROLADOR

Es un circuito integrado que contiene muchas de las mismas cualidades que una computadora de escritorio, tales como la CPU, la memoria, etc., pero no incluye ningún dispositivo de “comunicación con humanos”, como monitor, teclados o mouse. Los microcontroladores son diseñados para aplicación de control de máquinas, más que para interactuar con humanos. Una característica principal es que se puede reducir el costo económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la unidad central de procesamiento, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación.

El microcontrolador que se utilizara para el diseño electrónico es el PIC 16F877A que consta de 40 pines (figura 1)

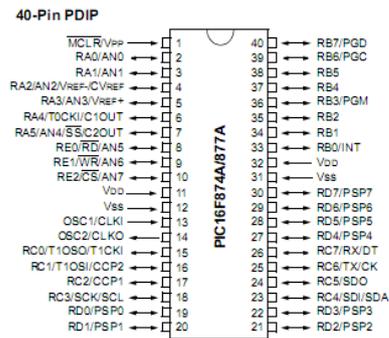


Figura 2.76. PIC 16F877A.

Fuente: Data Sheet

Características del PIC

- Memoria de programa tipo Flash 8kx14.
- Memoria Datos 368 bytes.
- EEPROM 256 bytes.
- 33 pines de entrada/salida.
- Encapsulado: 40 pines DIP, 44pines PLCC y 44pines TQFP.
- Soporta Xtal 20Mhz.
- Voltaje de Operación: 2.0 hasta 5.5V.
- Rango de Temperatura: -40 a 125 °C.

OSC1 Y OSC2 (PIN 13 Y 14).

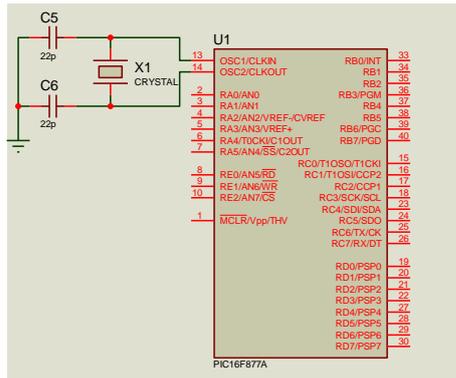


Figura 2.77. Diagrama de la conexión al oscilador del pic 16F877A.

Fuente: Autor.

El fabricante recomienda utilizar un cristal de cuarzo de 4MHz y dos condensadores en paralelo de 22pF.

SEÑALES DE ENTRADA.

- SWITCH-SEÑAL DE ON- (PIN 33).

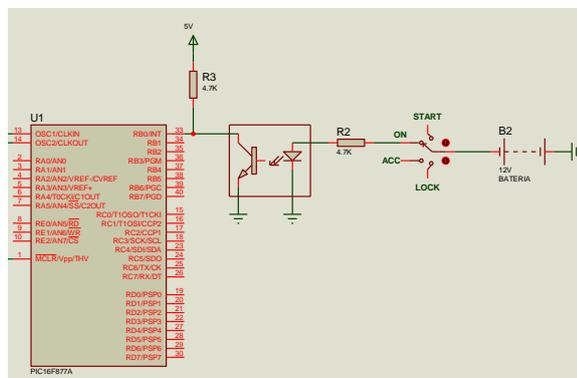


Figura 2.78. Diagrama de la conexión de la señal del switch.

Fuente: Autor.

- R2

$$R_2 = ?$$

$$V = 12V$$

$$I = 2.5mA$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R_2 = \frac{12V}{2.5mA}$$

$$R_2 = 4.8K\Omega$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = \frac{12^2}{4800\Omega}$$

$$P = 0.03W$$

○ **R3**

$$R_3 = ?$$

$$V = 5V$$

$$I = 1mA$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R_3 = \frac{5V}{1mA}$$

$$R_3 = 5K\Omega$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = \frac{5^2}{5000\Omega}$$

$$P = 0.005W$$

- **BOTÓN DE MANDO (PIN 34).**

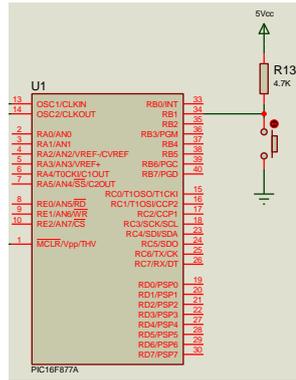


Figura 2.79. Diagrama de la conexión del botón de mando.

Fuente: Autor.

$$R_{13} = ?$$

$$V = 5V$$

$$I = 1mA$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R_{13} = \frac{5V}{1mA}$$

$$R_{13} = 5K\Omega$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = \frac{5^2}{5000\Omega}$$

$$P = 0.005W$$

Con el mismo procedimiento de cálculo y los mismos valores se obtienen: R4, R5, R6, R7

- **MCLR (PIN 1)**

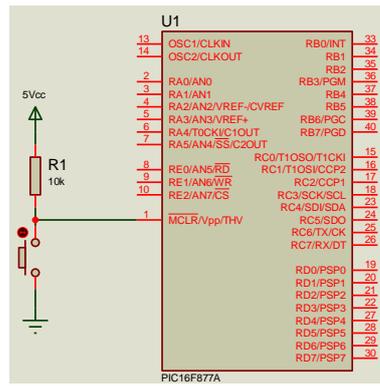


Figura 2.80. Diagrama de la conexión del MCLR.

Fuente: Autor.

$$R_1 = ?$$

$$V = 5V$$

$$I = 0.5mA$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R_1 = \frac{5V}{0.5mA}$$

$$R_1 = 10K\Omega$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = \frac{5^2}{10000\Omega}$$

$$P = 0.0025W$$

SEÑALES DE SALIDA (ACTUADORES).

- INDICADOR (PIN 28).

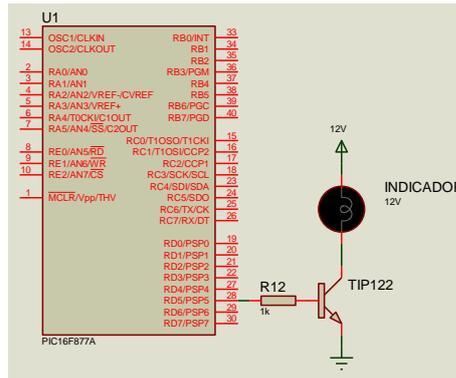


Figura 2.81. Diagrama de conexión del indicador luminoso.

Fuente: Autor.

$$I_{\text{indicador}} = 110\text{mA} = I_c$$

$$V_{\text{indicador}} = 12\text{V}$$

$$R_{\text{indicador}} = \frac{V_{\text{indicador}}}{I_{\text{indicador}}} = \frac{12\text{V}}{110\text{mA}} = 109.09\Omega$$

$$P_{\text{indicador}} = I_{\text{indicador}}^2 * R_{\text{indicador}}$$

$$P_{\text{indicador}} = 0.11\text{A}^2 * 109.09\Omega = 1.32\text{W}$$

$$I_b = 5\text{mA}$$

$$V_{\text{pic}} = 5\text{V}$$

$$R_{12} = \frac{V_{\text{pic}}}{I_b}$$

$$R_{12} = \frac{5\text{V}}{5\text{mA}}$$

$$R_{12} = 1\text{K}\Omega$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = \frac{5^2}{1000\Omega}$$

$$P = 0.025\text{W}$$

- **ELECTROIMÁN PRINCIPAL (PIN 30).**

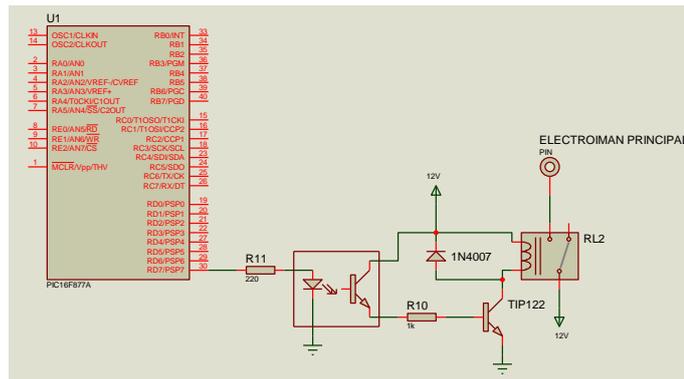


Figura 2.82. Diagrama de conexión del electroimán principal.

Fuente: Autor.

$$R_{11} = ?$$

$$V = 5V$$

$$I = 22mA$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R_{11} = \frac{5V}{22mA}$$

$$R_{11} = 0.227K\Omega$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = \frac{5^2}{227\Omega}$$

$$P = 0.11W$$

$$R_{10} = ?$$

$$V = 12V$$

$$I = 12mA$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R_{10} = \frac{12V}{12mA}$$

$$R_{10} = 1K\Omega$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = \frac{12^2}{1000\Omega}$$

$$P = 0.144W$$

- **ELECTROIMÁN SECUNDARIO –enclavamiento- (PIN 29).**

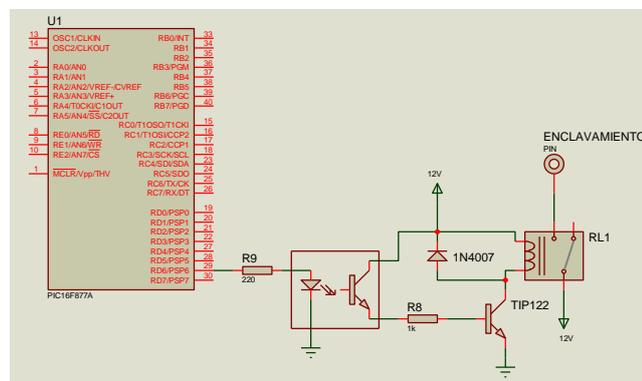


Figura 2.83. Diagrama de conexión del enclavamiento.

Fuente: Autor.

$$R_9 = ?$$

$$V = 5V$$

$$I = 22mA$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R_9 = \frac{5V}{22mA}$$

$$R_9 = 0.227K\Omega$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = \frac{5^2}{227\Omega}$$

$$P = 0.11W$$

$$R_8 = ?$$

$$V = 12V$$

$$I = 12mA$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R_8 = \frac{12V}{12mA}$$

$$R_8 = 1K\Omega$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = \frac{12^2}{1000\Omega}$$

$$P = 0.144W$$

1.7.4.1.3 LISTA DE COMPONENTES ELÉCTRICOS.

Nº	DESCRIPCIÓN	VALOR COMERCIAL	
1	Condensador	6800uF-25V	
1	Condensador	100uF-25V	
1	Condensador	0.1uF-25V	
2	Condensador	22pF-25V	
2	Conectores		
3	Diodos	1N4007	
1	Regulador de voltaje	7805	
1	Relé	JQX-15F-1CS (12V-30A)	
1	Relé	Ras-1210 (12V-10A)	
3	Opto acopladores	PC817	
1	Resistencia	10K Ω -1/4W	
7	Resistencia	4.7K Ω -1/4W	
2	Resistencia	1K Ω -1/4W	
2	Resistencia	220 Ω -1/4W	

1	Transistor	2N3904	
2	Transistores	TIP122	
1	Micro controlador	16F877A	
2	Conector	Phoenix-508	
17	Borneras		
1	Cristal de cuarzo	4MHz	
1	Disipador de calor		

Tabla 2.9. Lista de componentes electrónicos.

Fuente: Autor.

DIAGRAMA DEL CIRCUITO COMPLETO.

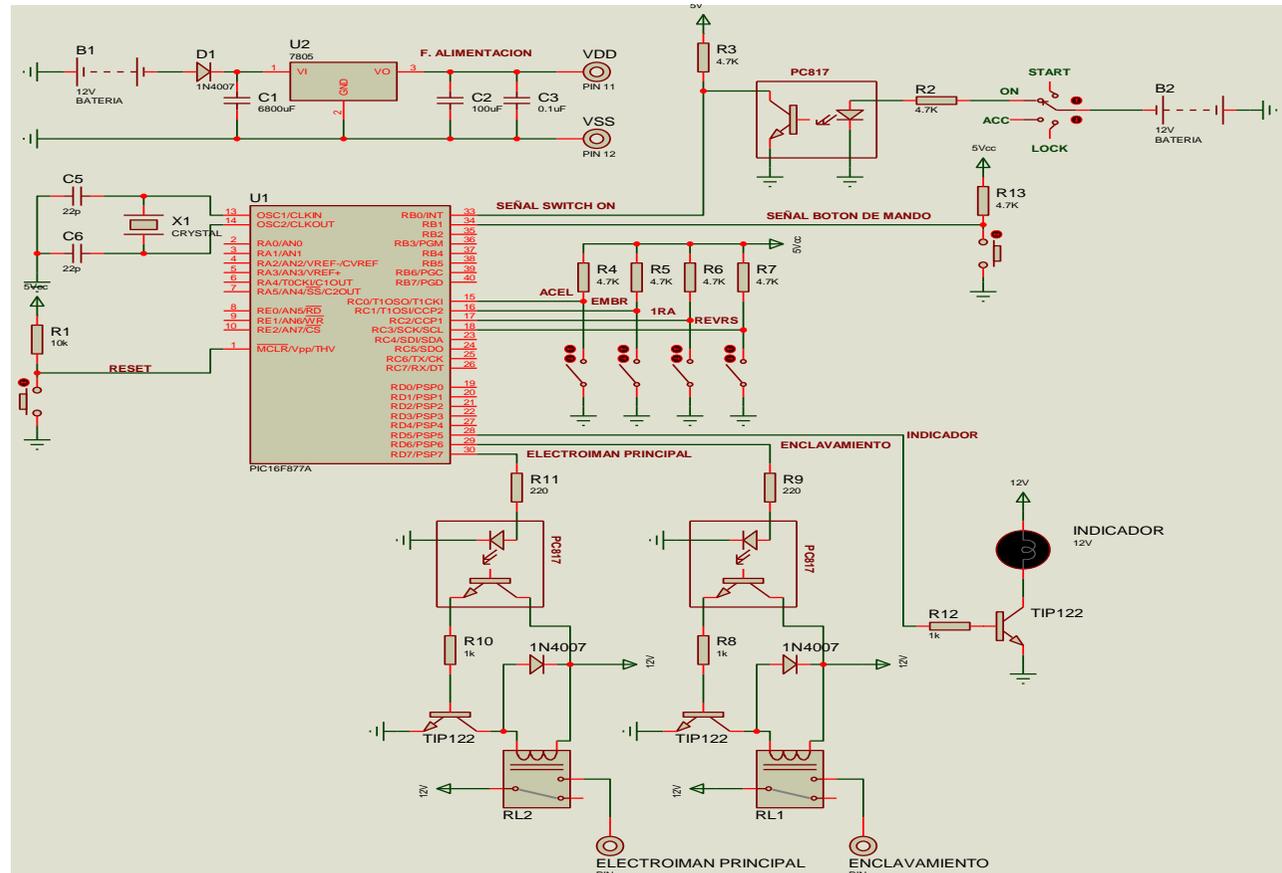


Figura 2.84. Diagrama del circuito completo.

Fuente: Autor

CALCULO DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS (CABLES).

Tipo de corriente	Sección	Caída de tensión	Pérdida de potencia	Siendo
CONTÍNUA ($\cos \varphi = 1$) Y MONOFÁSICA	CONOCIDA LA INTENSIDAD		$\Delta W = \frac{200 \cdot L \cdot W}{K \cdot S \cdot V^2 \cdot \cos^2 \varphi}$	S = Sección del conductor, en mm^2 I = Intensidad de corriente, en amperios V = Tensión de servicio, en Voltios W = Potencia transportada, en Watios L = Longitud de la línea, en metros ΔV = Caída de tensión desde el principio hasta el final de la línea, en Voltios. ΔW = Pérdida de potencia desde el principio hasta el final de la línea en % K = Conductibilidad eléctrica, para el cobre 56
	$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{K \cdot \Delta V}$	$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{K \cdot S}$		
CONOCIDA LA POTENCIA		$\Delta W = \frac{100 \cdot L \cdot W}{K \cdot S \cdot V^2 \cdot \cos^2 \varphi}$		
$S = \frac{2 \cdot L \cdot W}{K \cdot \Delta V \cdot V}$	$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot W}{K \cdot S \cdot V}$			
TRIFÁSICA	CONOCIDA LA INTENSIDAD		$\Delta W = \frac{100 \cdot L \cdot W}{K \cdot S \cdot V^2 \cdot \cos^2 \varphi}$	
	$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{K \cdot \Delta V}$	$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{K \cdot S}$		
CONOCIDA LA POTENCIA		$\Delta W = \frac{100 \cdot L \cdot W}{K \cdot S \cdot V^2 \cdot \cos^2 \varphi}$		
$S = \frac{L \cdot W}{K \cdot \Delta V \cdot V}$	$\Delta V = \frac{L \cdot W}{K \cdot S \cdot V}$			
NOTA: La sección de los conductores se calcula para que la caída de tensión sea menor del 3% entre el origen y cualquier punto de utilización en la instalación.				

Figura 2.85. Calculo de conductores eléctricos.

Fuente: Bombaszeda.¹¹

• CABLE DE ALIMENTACIÓN (BATERÍA-CALCULADOR ELECTRÓNICO)

$$V = 12V$$

$$L = 2.50m$$

$$\Delta V = 12V * 3\% = 0.36V$$

$$I_T = I_{ELECTROIMAN\ PRINCIPAL} + I_{ENCLAVAMIENTO} + I_{MICROCONTROLADOR}$$

$$I_{ELECTROIMAN\ PRINCIPAL} = 10A$$

$$I_{ENCLAVAMIENTO} = 1.2A$$

$$I_{MICROCONTROLADOR} = 0.25A$$

$$I_T = 10A + 1.2A + .25A$$

$$I_T = 11.45A$$

$$FS = 2$$

¹¹ Bombaszeda, Conductores, (29/09/2010-23:15),
 ://www.bombaszeda.com/_upload/Departamento/3/Es_8Conductores.pdf

$$I_{T,FS} = I_T * FS$$

$$I_{T,FS} = 11.45A * 2$$

$$I_{T,FS} = 22.9A$$

$$S = \frac{2 * L * I}{K * \Delta V}$$

$$S = \frac{2 * 2.50m * 22.9A}{56 * 0.36V}$$

$$S = 5.67mm^2 \approx 10 AWG$$

- **CABLE DEL ELECTROIMÁN PRINCIPAL (ELECTROIMÁN PRINCIPAL-CALCULADOR ELECTRÓNICO)**

$$V = 12V$$

$$L = 2.75m$$

$$\Delta V = 12V * 3\% = 0.36V$$

$$I_{ELECTROIMAN PRINCIPAL} = 10A$$

$$FS = 2$$

$$I_{ELECTROIMAN PRINCIPAL,FS} = I_{ELECTROIMAN PRINCIPAL} * FS$$

$$I_{ELECTROIMAN PRINCIPAL,FS} = 10A * 2$$

$$I_{ELECTROIMAN PRINCIPAL,FS} = 20A$$

$$S = \frac{2 * L * I}{K * \Delta V}$$

$$S = \frac{2 * 2.75m * 20A}{56 * 0.36V}$$

$$S = 5.45mm^2 \approx 10 AWG$$

- **CABLE DEL ELECTROIMÁN-ENCLAVAMIENTO (ENCLAVAMIENTO-CALCULADOR ELECTRÓNICO)**

$$V = 12V$$

$$L = 2.75m$$

$$\Delta V = 12V * 3\% = 0.36V$$

$$I_{ENCLAVAMIENTO} = 1.2A$$

$$FS = 2$$

$$I_{ENCLAVAMIENTO,FS} = I_{ENCLAVAMIENTO} * FS$$

$$I_{ENCLAVAMIENTO,FS} = 1.2A * 2$$

$$I_{ELECTROIMAN PRINCIPAL,FS} = 2.4A$$

$$S = \frac{2 * L * I}{K * \Delta V}$$

$$S = \frac{2 * 2.75m * 2.4A}{56 * 0.36V}$$

$$S = 0.66mm^2 \approx 18 AWG$$

1.7.5 PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR POR MEDIO DEL SOFTWARE MICROCODE. (ANEXO A.12).

1.7.5.1 DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA.

1.7.5.1.1 AL ENCENDER EL MOTOR.

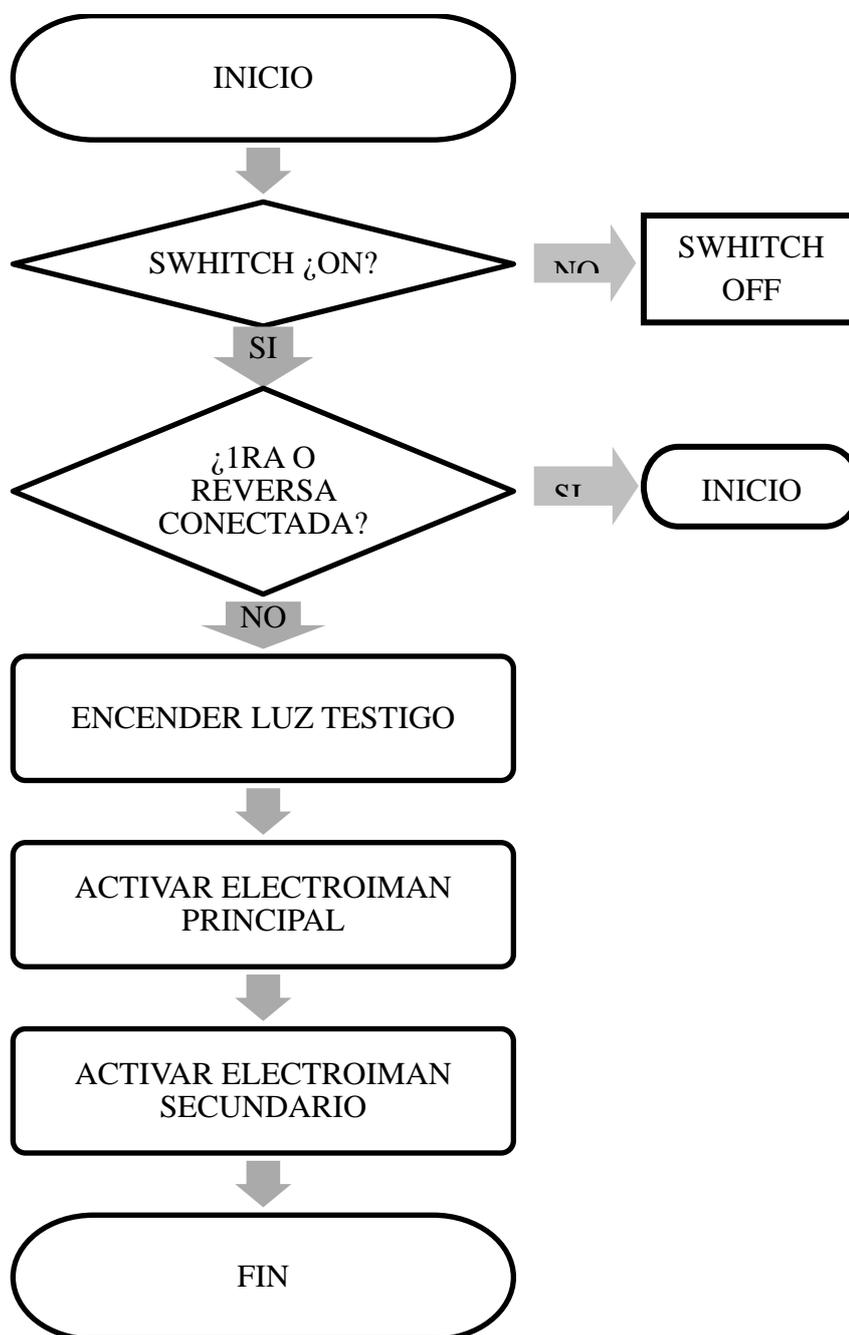


Figura 2.86. Diagrama para la programación del PIC (MOTOR ON).

Fuente: Autor

1.7.5.1.2 AL APAGAR EL MOTOR.

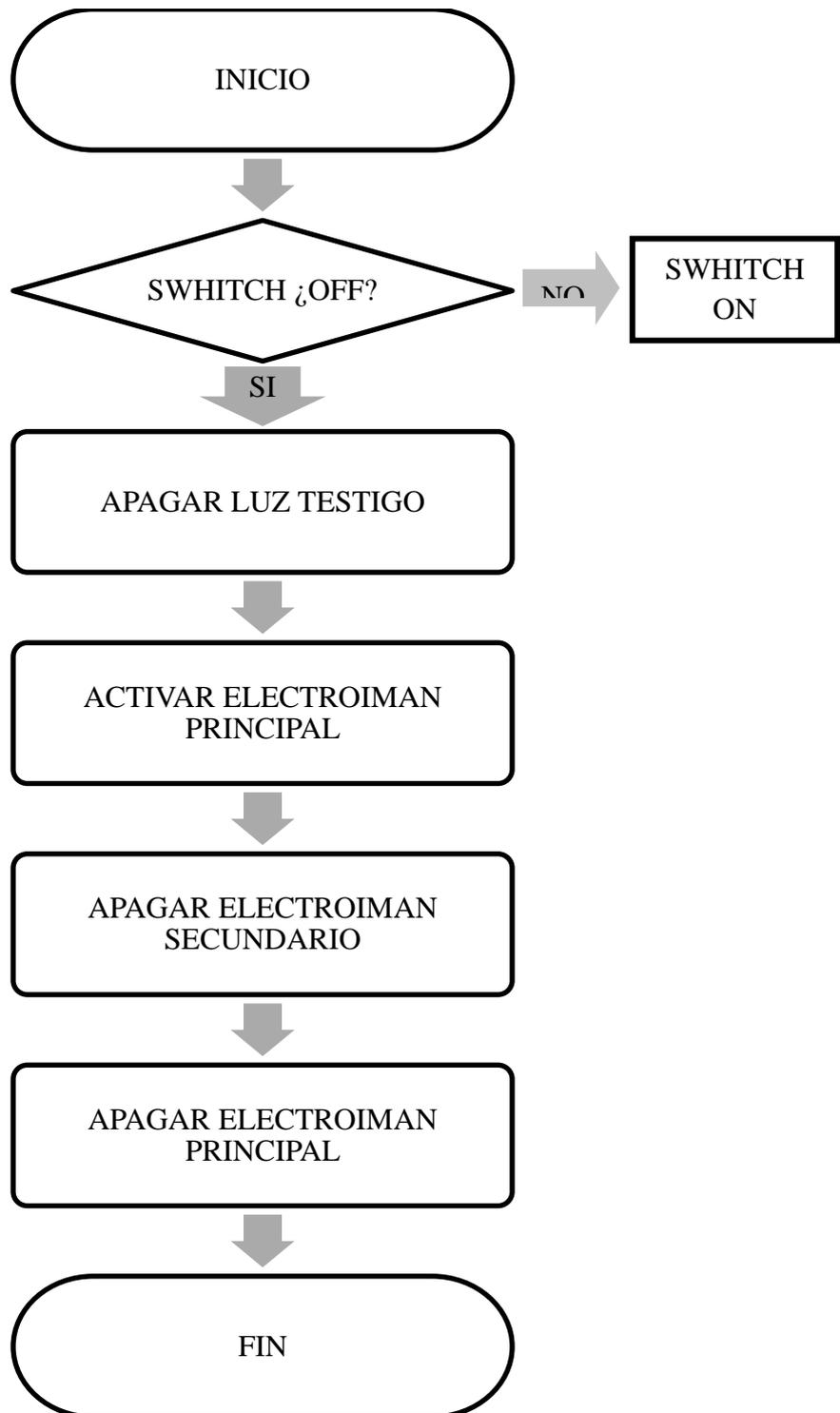


Figura 2.87. Diagrama para la programación del PIC (MOTOR OFF).

Fuente: Autor

1.7.5.1.3 BOTÓN DE MANDO.

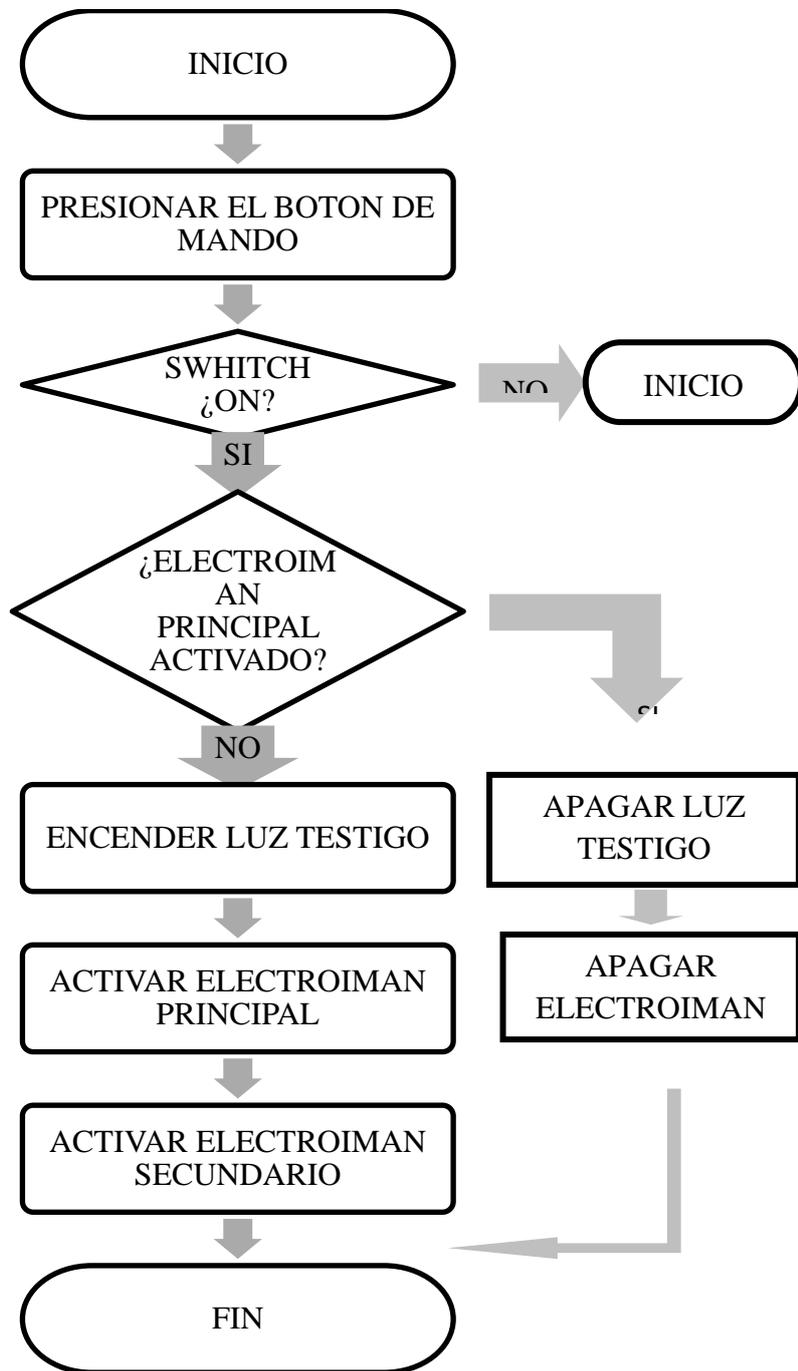


Figura 2.88. Diagrama para la programación del PIC (BOTON DE MANDO).

Fuente: Autor

2.7.5.1.4 ARRANQUE EN CUESTA.

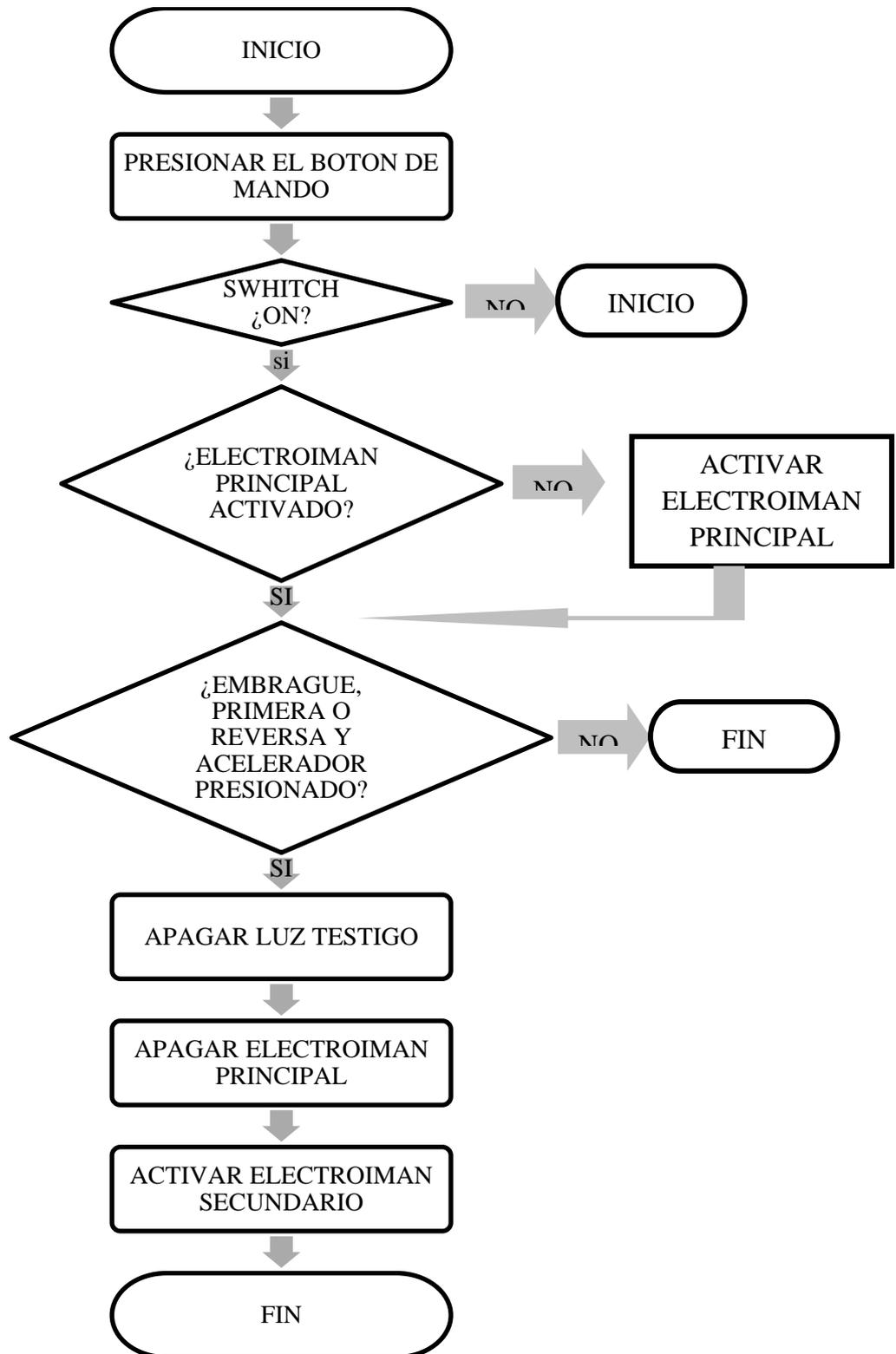


Figura 2.89. Diagrama para la programación del PIC (ARRANQUE EN CUESTA).

Fuente: Autor

1.8 CUADRO DE PRECIOS.

1.8.1 ELEMENTOS MECÁNICOS.

Nº	DESCRIPCIÓN	VALOR COMERCIAL	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
1	Placas, barras rectangulares y ejes.	Acero estructural (ASTM-A36).	20.00	20.00
8	lijas	Nº 80, 120,200 y 400.	6.00	6.00
2gl	Gasolina	Extra	3.00	3.00
1/4gl	Pintura	Color plata	9.80	9.80
½ lb	Macilla	Macilla	1.00	1.00
1/4gl	Disolvente	Disolvente	1.50	1.50
1	Calibrador	Hunter	10.00	10.00
1	Kit de herramientas básicas		30.00	30.00
1	Cable de control	Cable de control	13.00	13.00
2	Tornillo	M3.5x6mm	0.30	0.60
2	Arandelas planas	M10	0.50	1.00
4	Arandelas planas	M5	0.05	0.20
4	Pernos tipo Allen	M5x60mm	0.50	2.00
4	Arandelas planas	M5	0.05	0.20
4	Pernos tipo Allen	M5x10mm	0.50	2.00
2	Pernos hexagonales	M6x60	0.60	1.20
2	Tuercas	M10	0.60	1.20
2	Tornillo	M3.5x10mm	0.30	0.60
1	Perno tipo Allen	M5x20mm	0.50	0.50

2	Pernos tipo Allen	M5x10mm	0.50	1.00
2	Arandelas planas	M5	0.05	0.10
2	Arandelas planas	M5	0.05	0.10
2	Pernos tipo Allen	M5x10mm	0.50	1.00
2	Perno tipo Allen	M5x20mm	0.50	1.00
1	Resorte	0.8 x 9 x 25.4 (mm)	2.50	2.50
1	Prisionero	2.20	2.20	2.20
1	Mano de obra		100	100.00
<u>TOTAL =</u>				<u>\$211.70</u>

Tabla 2.10. Cuadro de precios de los elementos mecánico.

Fuente: Autor.

1.8.2 ELEMENTOS ELÉCTRICOS.

Nº	DESCRIPCIÓN	VALOR COMERCIAL	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
1	Condensador	6800uF-25V	2.50	2.50
1	Condensador	100uF-25V	0.12	0.12
1	Condensador	0.1uF-25V	0.12	0.12
2	Condensador	22pF-25V	0.12	0.24
2	Conectores		0.10	0.20
3	Diodos	1N4007	0.10	0.30
1	Regulador de voltaje	7805	0.95	0.95
1	Relé	JQX-15F-1CS (12V-30A)	3.50	3.50
1	Relé	Ras-1210 (12V- 10A)	0.95	0.95
3	Opto acopladores	PC817	0.35	1.05
1	Resistencia	10K Σ -1/4W	0.03	0.03
7	Resistencia	4.7K Σ -1/4W	0.03	0.21

2	Resistencia	1K Σ -1/4W	0.03	0.06
2	Resistencia	220 Σ -1/4W	0.03	0.06
1	Transistor	2N3904	0.10	0.10
2	Transistores	TIP122	0.75	1.50
1	Micro controlador	16F877A	7.95	7.95
2	Conector	Phoenix-508	1.75	3.50
17	Borneras		0.10	1.70
1	Cristal de cuarzo	4MHz	0.80	0.80
1	Disipador de calor		0.55	0.55
6m	Cable	10 AWG	1.20	7.20
3m	Cable	18 AWG	0.50	1.50
10m	Cable gemelo	25 AWG	0.15	1.50
1	Placa	PCB	48.00	48.00
1	Caja plástica		13.00	13.00
1	Electroimán principal.		60.00	60.00
1	Electroimán secundario.		45.00	45.00
1	Sensor Posición acelerador.		8.00	8.00
1	Sensor Posición embrague.		8.00	8.00
1	Sensor Posición 1ra marcha.	Sensor de fin de carrera	1.00	1.00
1	Sensor Posición reversa.	Sensor de fin de carrera.	1.00	1.00
1	Pulsante	NA	1.25	1.25
1	Switch	Contacto con llave.	2.75	2.75
2	Socket	Socket (hembra y macho)	1.80	3.60
4	Conectores		0.50	2.00
3m	Estaño		0.60	1.80

1	Pasta para suelda		2.00	2.00
1	Multímetro Digital		35.00	35.00
1	Cautín	40W-110V	8.00	8.00
1	Juego de destornilladores.	Elementos electrónicos.	6.00	6.00
3m	Protector espagueti	½" negro	0.90	1.80
1	Supresor de ruido		13.00	13.00
	Otros		10.00	10.00
<u>TOTAL =</u>				<u>\$307.79</u>

Tabla 2.11. Cuadro de precios de los elementos eléctricos.

Fuente: Autor.



CAPÍTULO III

**IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE
FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO DE
FRENO AUTOMÁTICO EN EL VEHICULO.**

1. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO DE FRENO AUTOMÁTICO EN EL VEHÍCULO.

1.1 PROCESO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO MECÁNICO.

1.1.1 UBICACIÓN.

El dispositivo se encontrara ubicado en la parte baja y exterior del vehículo, junto a la placa de unión de los cables del freno de mano. Estará enclavado entre el compacto y el tubo de escape.

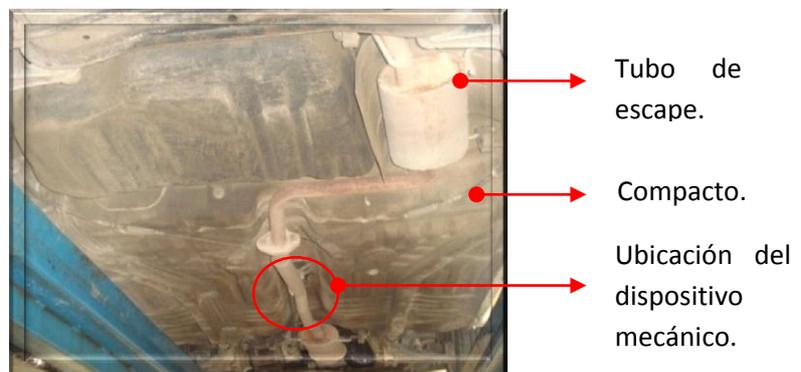


Figura 3.1. Fotografía del compacto del vehículo.

Fuente: Autor.

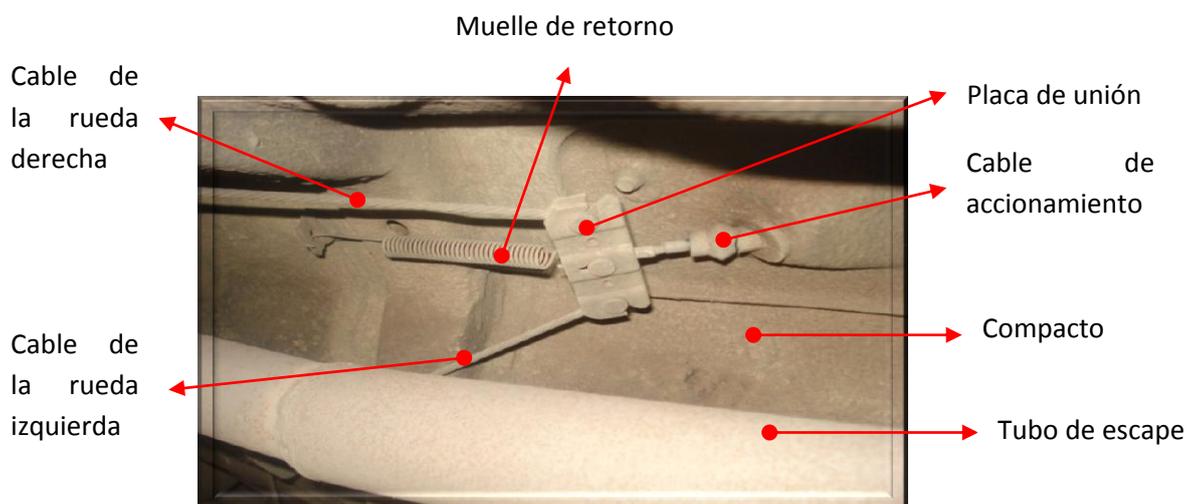


Figura 3.2. Fotografía de la ubicación del dispositivo mecánico (exterior).

Fuente: Autor.

1.1.2 DIMENSIONES DEL LUGAR.

Con la ayuda de un flexómetro y un calibrador se obtuvieron las dimensiones del lugar para la adaptación.



Figura 3.3. Fotografía del lugar a dimensionar.

Fuente: Autor.

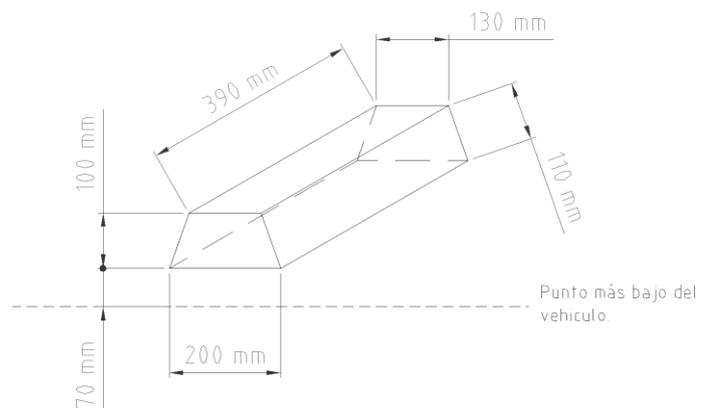


Figura 3.4. Dimensiones del área disponible.

Fuente: Autor.

1.1.3 DIMENSIONES TOTALES DE LA CARCASA.

En las siguientes figuras (3.5 Y 3.6) se puede observar las dimensiones de la carcasa que será empotrada al compacto del vehículo.

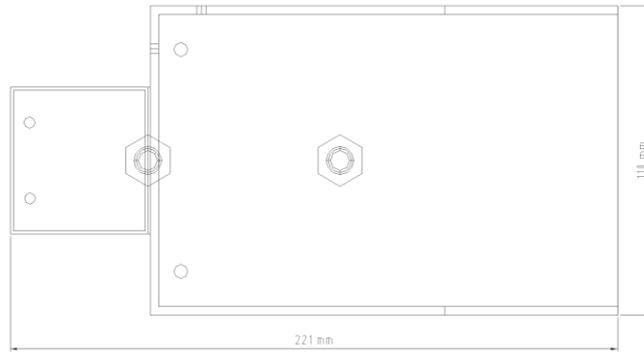


Figura 3.5. Carcasa (vista superior).

Fuente: Autor.

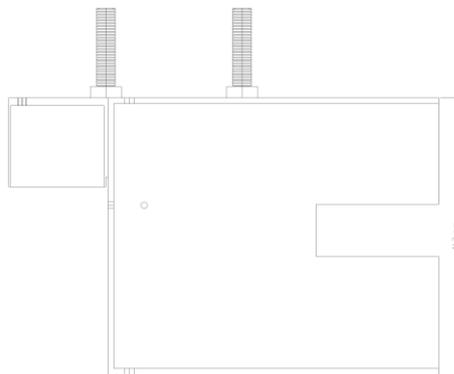


Figura 3.6. Carcasa (vista lateral derecha).

Fuente: Autor.

1.1.4 ELEMENTOS DE SUJECIÓN.

La carcasa del dispositivo mecánico cuenta con 2 pernos de sujeción M10x40 mm ubicados en la parte superior de la carcasa como se puede ver en la figura (3.7).

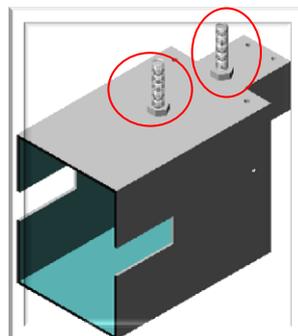


Figura 3.7. Ubicación de los pernos de sujeción.

Fuente: Autor.

1.1.5 MANUAL DE INSTALACIÓN DEL DISPOSITIVO MECÁNICO.

1.1.5.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

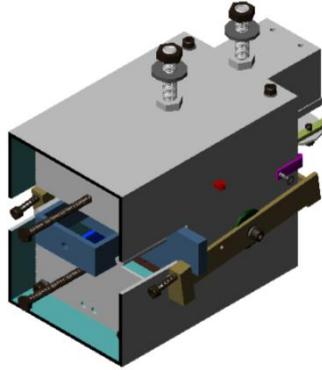


Figura 3.8. Dispositivo mecánico.

Fuente: Autor.

- Peso total: 21Lb. (sistema armado).
- Fuerza de arrastre: 2000N (203Kg) con un entrehierro de 7mm.
- Tabla de par de apriete de los pernos.

DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN (mm)	PAR DE APRIETE (N*m)
Tornillo	M3.5x6mm	1.2
Pernos tipo Allen	M5x60mm	6.1
Pernos tipo Allen	M5x10mm	6.1
Pernos hexagonales	M6x60	10.4
Tuercas	M10	51

Tornillo	M3.5x10mm	1.2
Perno tipo Allen	M5x20mm	6.1
Pernos tipo Allen	M5x10mm	6.1
Pernos tipo Allen	M5x10mm	6.1
Perno tipo Allen	M5x20mm	6.1

Tabla 3.1. Pares de apriete.

Fuente: Epidor.¹

1.1.5.2 COMPONENTES DEL DISPOSITIVO MECÁNICO.

PARTES CONSTITUTIVAS DEL DISPOSITIVO MECÁNICO	
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Carcasa metálica
1	Electroimán principal.
1	Armadura móvil del electroimán principal.
1	Electroimán secundario.
1	Armadura móvil tipo T del electroimán secundario.
1	Enclavamiento.
1	Eje de unión.
1	Tapa frontal (superior)
1	Tapa frontal (inferior)
1	Tapa de electroimán secundario.
1	Placa de sujeción de electroimán secundario.
1	Placa de sujeción del cable manual.

¹Epidor, Propiedades mecánicas, (11/10/2010:20:25),
www.epidor.com/documentos/ApTecnico_PropiedadesMecanicas.pdf

1	Placa de refuerzo del compacto.
1	Muelle de retorno.
2	Tornillos M3.5x6mm
2	Tornillos M3.5x10mm
2	Tuercas M10
2	Arandelas planas M10
4	Pernos Allen M5x60mm
8	Pernos Allen m5x10mm
2	Pernos M6x60mm
3	Pernos Allen m5x20mm
12	Arandelas planas M5

Tabla 3.2. Componentes del sistema mecánico.

Fuente: Autor.

1.1.5.3 ENSAMBLAJE DEL DISPOSITIVO MECÁNICO.

- Colocar los componentes en una mesa de trabajo exenta de impurezas.
- Utilizar la herramienta adecuada.
- Limpiar todas las partes constitutivas del sistema mecánico.
- Introducir la culata del electroimán principal en la carcasa metálica; haciendo coincidir los 4 orificios de la culata con los de la carcasa.

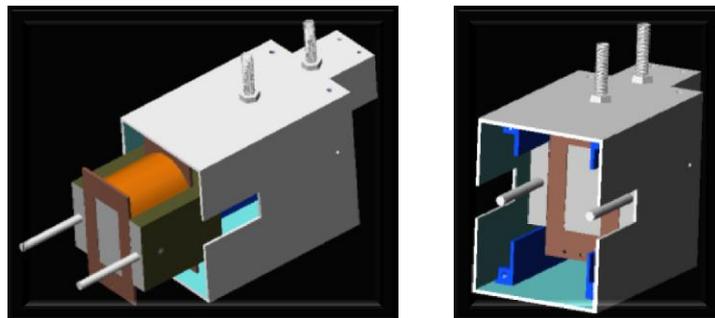


Figura 3.9. Acoplamiento del electroimán principal en la carcasa metálica.

Fuente: Autor.

-
- Ajustar los 4 pernos Allen M5x60mm con su respectiva arandela plana a un torque de 6.1 Nm.

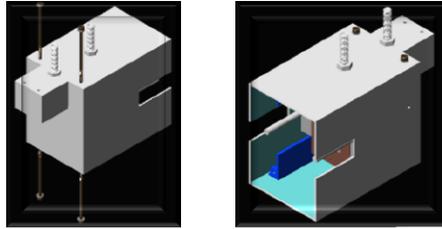


Figura 3.10. Apriete de los pernos.

Fuente: Autor.

- Introducir la armadura móvil haciendo coincidir los ejes guía, previamente se lubrican los ejes con aceite de transmisión.

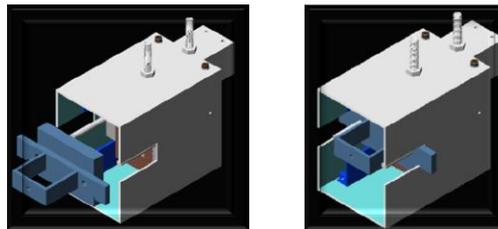


Figura 3.11. Acoplamiento de la armadura móvil del electroimán principal en la carcasa metálica.

Fuente: Autor.

- Colocar la tapa frontal superior e inferior y ajustar los 4 pernos Allen M5x10mm con sus respectivas arandelas planas a un torque de 6.1Nm.

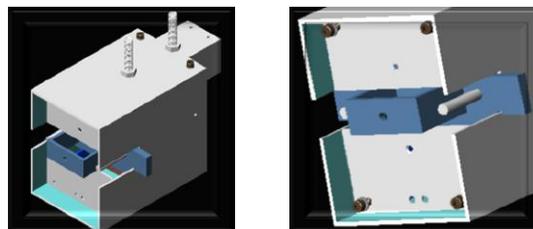


Figura 3.12. Ajuste de las tapas frontales.

Fuente: Autor.

- Colocar los pernos de regulación M6x60mm.

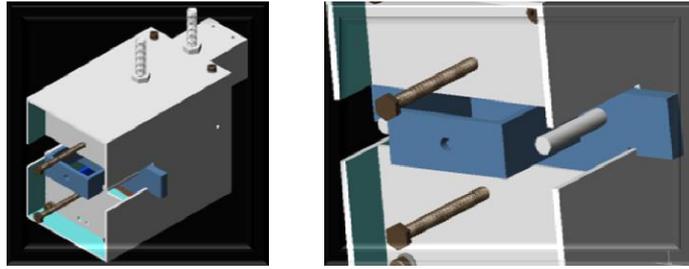


Figura 3.13. Ubicación de los pernos de regulación.

Fuente: Autor.

- Girar el dispositivo 180° y sujetarlo en la antena.

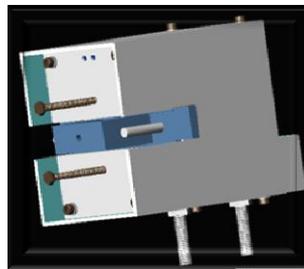


Figura 3.14. Dispositivo a 180°.

Fuente: Autor.

- Introducir la culata del electroimán secundario en su alojamiento, dejando los cables hacia la parte posterior.

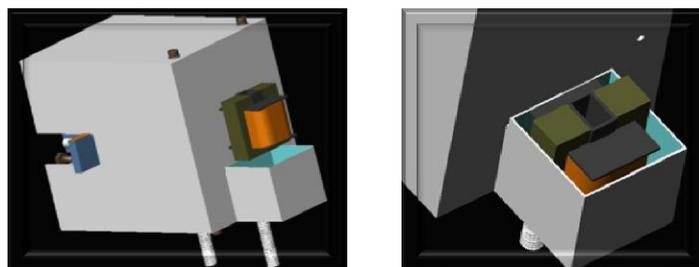


Figura 3.15. Acoplamiento de la culata del electroimán secundario.

Fuente: Autor.

- Colocar la tapa de protección.

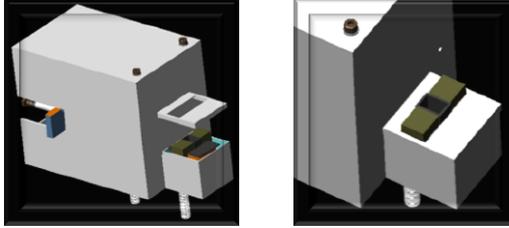


Figura 3.16. Colocar la tapa de protección.

Fuente: Autor.

- Colocar la placa de sujeción y fijarla con los pernos Allen M5x10mm con sus respectivas arandelas planas a un torque de 6.1Nm.

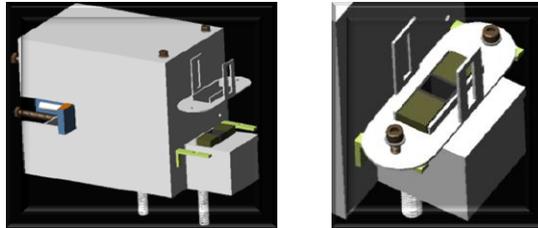


Figura 3.17. Ubicación de la placa de sujeción.

Fuente: Autor.

- Unir el enclavamiento y la armadura móvil tipo T del electroimán secundario por medio del eje de unión.



Figura 3.18. Unión del enclavamiento y armadura móvil tipo T.

Fuente: Autor.

- Introducir la armadura móvil tipo T en su alojamiento.

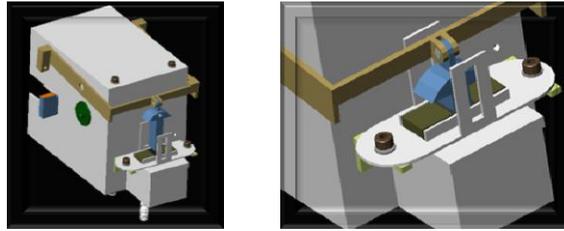


Figura 3.19. Acoplamiento de la armadura móvil tipo T.

Fuente: Autor.

- Fijar el enclavamiento a la carcasa haciendo coincidir los ejes de rotación de la carcasa con los bujes del enclavamiento, por medio de los 2 pernos Allen M5x10mm con sus respectivas arandelas planas a un torque de 6.1Nm.

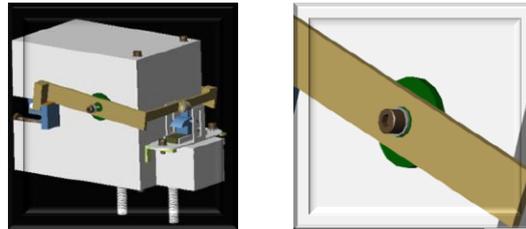


Figura 3.20. Fijación del enclavamiento a la carcasa.

Fuente: Autor.

- Colocar el perno tope Allen M5X20 en la armadura móvil tipo T.

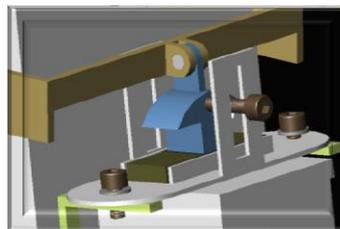


Figura 3.21. Ubicación del perno tope.

Fuente: Autor.

- Colocar los 2 pernos Allen M5x20 en las roscas de regulación del enclavamiento.

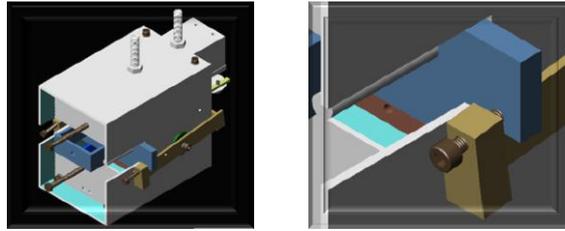


Figura 3.22. Ubicación de los pernos de regulación del enclavamiento.

Fuente: Autor.

- Colocar el muelle de retorno.

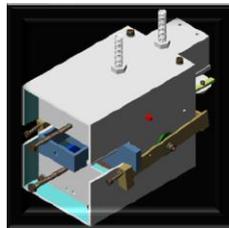


Figura 3.23. Ubicación del muelle de retorno.

Fuente: Autor.

- Colocar la placa de sujeción del cable manual y ajustar los 2 tornillos M3.5x10mm

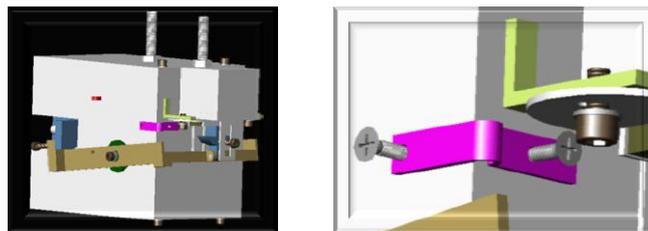


Figura 3.24. Ubicación de la placa de sujeción del cable manual.

Fuente: Autor.

1.1.5.4 RETIRAR TODOS LOS ELEMENTOS QUE DIFICULTEN LA IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO MECÁNICO EN EL VEHÍCULO.

- Retirar el protector plástico de la palanca de freno de mano.



Figura 3.25. Fotografía de la extracción del protector plástico.

Fuente: Autor.

- Desconectar el cable del indicador luminoso.



Figura 3.26. Fotografía del conector del indicador luminoso.

Fuente: Autor.

- Desacoplar el cable de accionamiento de la palanca de freno de mano.
 - Con una llave N° 10 se procede a aflojar la tuerca de sujeción del cable.



Figura 3.27. Fotografía de la extracción del cable de accionamiento del freno de mano.

Fuente: Autor.

- Extracción de la palanca de freno de mano.
 - Por medio de una llave N° 12 se procede a retirar los 2 pernos de sujeción de la base.



Figura 3.28. Fotografía de la extracción de los pernos de sujeción de la palanca de freno de mano.

Fuente: Autor.

- Luego de haber retirado los pernos se procede a extraer la palanca de freno de mano.



Figura 3.29. Fotografía de la extracción de la palanca de freno de mano.

Fuente: Autor.

- Para mayor comodidad en el montaje del dispositivo mecánico en la parte baja del compacto del vehículo, se debe extraer la sección media del tubo de escape y posteriormente cambiar su ubicación.



Sección del tubo de escape a extraer.

Figura 3.30. Fotografía de la extracción del tubo de escape.

Fuente: autor.

1.1.5.5 SUJECIÓN DEL DISPOSITIVO MECÁNICO AL COMPACTO DEL VEHÍCULO.

Después de haber habilitado el espacio donde irá ubicado el dispositivo se procede de la siguiente manera:

- Perforación del compacto del vehículo para la sujeción del dispositivo mecánico.
 - El dispositivo mecánico cuenta con 2 pernos M10x40mm para su sujeción, los cuales serán acoplados al compacto del vehículo.

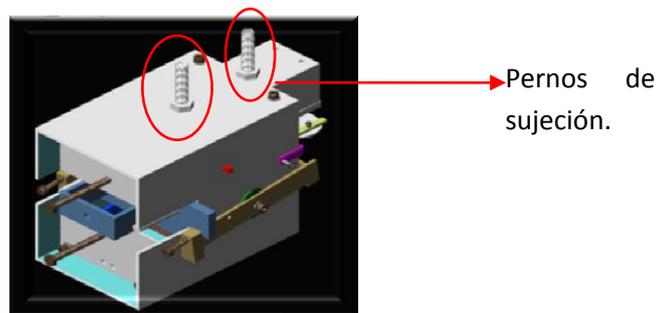


Figura 3.31. Fotografía de los pernos de sujeción del dispositivo mecánico.

Fuente: Autor.

- Para la perforación se debe tomar en cuenta que el dispositivo no interfiera con el funcionamiento de los demás elementos que se encuentran cerca, tales como las varillas de accionamiento de la palanca de cambios o la distancia existente entre el cable de accionamiento y la armadura móvil.



Cable de accionamiento.

Varillas de accionamiento de la caja de cambios.

Figura 3.32. Fotografía de los elementos a considerar.

Fuente: Autor.

- Luego de haber tomado todas las consideraciones y precauciones del caso se procede a señalar los puntos a perforar; la distancia entre pernos es de 70mm.
- Posteriormente con un taladro de mano se procede a realizar los orificios de 10 mm de diámetro.



Orificios taladrados.

Figura 3.33. Fotografía de los orificios de sujeción del dispositivo mecánico.

Fuente: Autor.

- Seguidamente se liman las limallas.
- En el habitáculo donde los orificios fueron realizados, se construyo una placa para evitar la deformación del compacto debido al ajuste de las tuercas contra el compacto. Para ello se tomo una platina de hierro con un espesor de 3mm y se doblo de tal manera que siga el contorno del compacto.



Figura 3.34. Fotografía de la Placa de soporte construida.

Fuente: Autor.

- Luego de haber colocado la placa de soporte se procede a ubicar las arandelas y a ajustar las tuercas con una llave N° 17.



Figura 3.35. Fotografía de las tuercas y arandelas M10.

Fuente: Autor.

1.1.5.6 ADAPTACIÓN DEL CABLE DE ACCIONAMIENTO DE LAS ZAPATAS DE LAS RUEDAS POSTERIORES A LA ARMADURA MÓVIL.

Con el dispositivo mecánico correctamente asegurado al compacto se procede de la siguiente manera:

- Debido a que no se ha modificado ningún elemento de accionamiento, los cables son los originales y podrán ser acoplados normalmente.

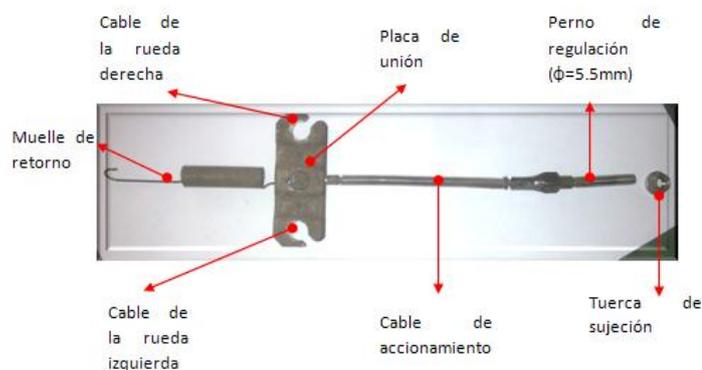
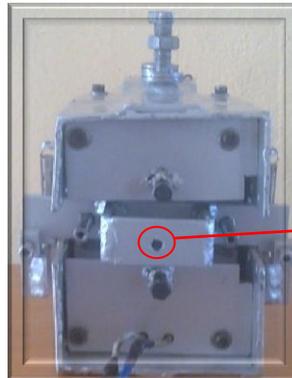


Figura 3.36. Cable de accionamiento de las zapatas de las ruedas posteriores.

Fuente: Autor.

- De igual manera que en la palanca de freno de mano nuestro dispositivo cuenta con un orificio de 6mm de diámetro en donde se introducirá el perno de regulación del cable de accionamiento que tiene un diámetro de 5.5mm.



Orificio de acoplamiento para el perno de regulación del cable de accionamiento (N=6mm)

Figura 3.37. Fotografía de la ubicación del orificio de acoplamiento para el cable de accionamiento.

Fuente: Autor.

- Luego de haber identificado los elementos se procede a colocar los cables de las ruedas traseras y el muelle de retorno en su respectivo lugar.

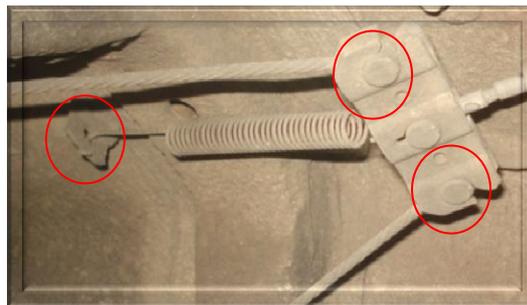


Figura 3.38. Fotografía de la colocación de los cables y el muelle de retorno.

Fuente: Autor.

- Si el cable de accionamiento esta listo y armado procedemos a introducir el perno de regulación en el orificio de la armadura móvil y posteriormente lo aseguramos con la tuerca utilizando una llave N°

10, esta tuerca nos permitirá regular la distancia entre las zapatas y el tambor.

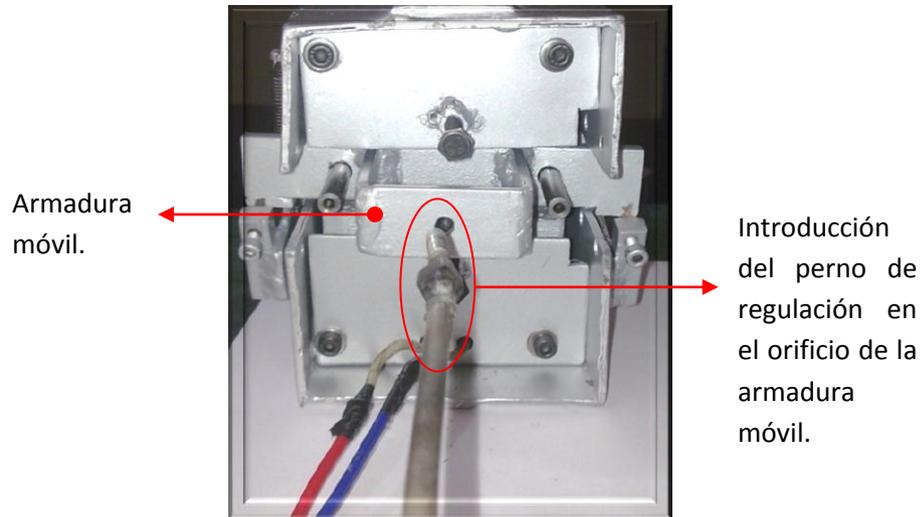


Figura 3.39. Fotografía de acoplamiento entre la armadura móvil y perno de regulación.

Fuente: Autor.

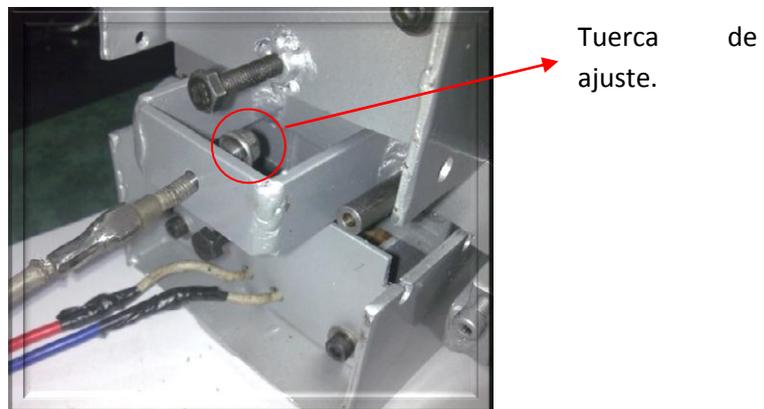


Figura 3.40. Fotografía de la tuerca de ajuste.

Fuente: Autor.

1.1.5.7 ADAPTACIÓN DEL CABLE DE CONTROL PARA EL DESENCLAVAMIENTO MANUAL.

Para la adaptación y la ubicación de nuestro cable de control (desenclavamiento manual) se tomo en cuenta la disponibilidad del espacio y la distancia del cable y por ende la estética dentro del habitáculo. Para ello se siguieron los siguientes procesos.

-
- Ubicación del soporte de control del cable.
 - Debe ser de fácil acceso y tener un soporte para poder fijarlo correctamente, además de tener una buena estética.
 - Después de un análisis de los posibles lugares en donde podría ser ubicado hemos encontrado el lugar idóneo; esto se encuentra ubicado debajo del tablero de control a nivel del equipo de sonido.

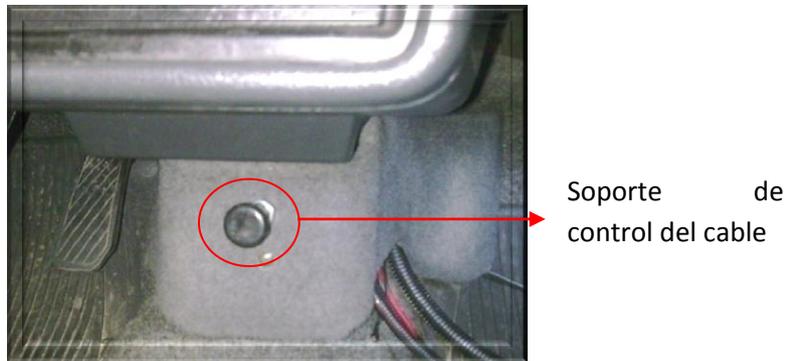


Figura 3.41. Fotografía de la ubicación del soporte de control del cable.

Fuente: Autor.

- Ubicación del cable dentro del habitáculo.
 - El cable irá oculto por debajo del tapizado y conectado al exterior por medio de un orificio existente, el cual coincide con la parte exterior de la carcasa del dispositivo mecánico.



Figura 3.42. Fotografía de la ubicación del cable de control.

Fuente: Autor.

- Sujeción del cable a la carcasa del dispositivo mecánico.
 - Por medio de una placa de presión se sujetara el forro del cable a la carcasa del dispositivo mecánico.

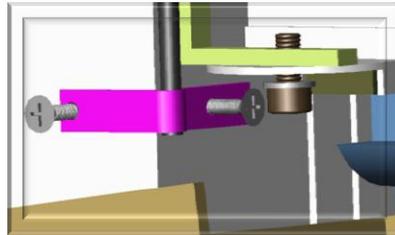


Figura 3.43. Imagen de la sujeción de la funda del cable a la carcasa.

Fuente: Autor.

- Posteriormente se fijará el cable al desenclavamiento por medio de un prisionero.



Figura 3.44. Fotografía la fijación del prisionero al cable.

Fuente: Autor.

1.2 PROCESO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

1.2.1 MANUAL DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

1.2.1.1 ESPECIFICACIONES.

- Alimentación al calculador electrónico: 5Vcc.
- Alimentación a los relés: 12Vcc.
- Potencia del electroimán principal: 120W-12Vcc.
- Potencia del electroimán secundario: 14.4W-12Vcc.

1.2.1.2 COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Calculador electrónico
1	Socket de conexión.
4	Sensores de posición (fines de carrera).
1	Botón de mando.
1	Switch de reset.
	Conductores eléctricos.
1	Electroimán principal.
1	Electroimán secundario.

Tabla 3.3. Lista de componentes electrónicos.

Fuente: Autor.

1.2.1.3 IMPLEMENTACIÓN EN EL VEHÍCULO.

1.2.1.3.1 UBICACIÓN DE LOS SENSORES DE POSICIÓN (FINES DE CARRERA).

1.2.1.3.1.1 PRIMERA MARCHA Y REVERSA.

Para la ubicación de los sensores en la palanca de cambios es necesaria la extracción de los protectores plásticos y demás elementos que impidan una correcta adaptación de los sensores.

- Extracción de los protectores plásticos.
 - Con un destornillador estrella se procede a retirar los 4 tornillos ubicados alrededor del protector plástico, posteriormente se desenrosca el mango de la palanca y se retira el conjunto protector de la palanca de cambios.



Figura 3.45. Fotografía de la extracción de los protectores plásticos.

Fuente: Autor.

- Análisis del espacio disponible y puntos de sujeción de los sensores.
 - Se cuenta con espacio disponible para los sensores pero no existe un soporte fijo para colocar los mismos.
 - Debido al inconveniente de los soportes se diseñaron 2 placas que cumplan esta función.

-
- Placas de soporte de los sensores.
 - Inicialmente se tomaron las medidas y los puntos en donde irán sujetas las placas.



Figura 3.46. Fotografía de la medida para el diseño de los soportes.

Fuente: Autor.

- Diseño de las placas de soporte.

Para la ubicación de los sensores debemos tomar en cuenta que este tome el dato únicamente de la marcha seleccionada, para ello deberá ser ubicado correctamente en el lado que conecte la marcha.



Figura 3.47. Fotografía de la placa de soporte de primera marcha.

Fuente: Autor.

Placa de soporte para reversa.



Figura 3.48. Fotografía de la placa de soporte de reversa.

Fuente: Autor.

- Implementación de los sensores.

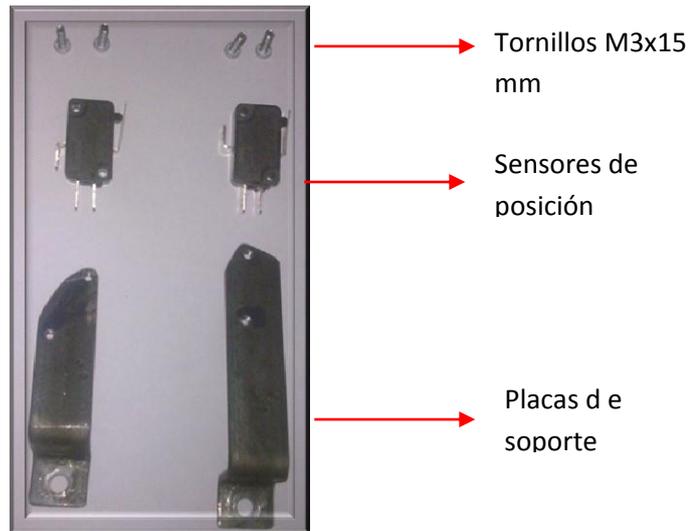


Figura 3.49. Fotografía de las placas y sensores de posición de primera marcha y reversa.

Fuente: Autor.

Ya construidas las placas de soporte de los sensores se procede de la siguiente manera:

- Por medio de los tornillos M3x15 mm fijar los sensores a las placas de soporte.



Figura 3.50. Fotografía de la fijación de los sensores a las placas de soporte.

Fuente: Autor.

- Posteriormente se fijan las placas de soporte a la carrocería del vehículo por medio de una tuerca M5, ubicar correctamente para que lea los datos solo cuando sea necesario.



Tuerca M5

Figura 3.51. Fotografía de la fijación las placas de soporte a la carrocería.

Fuente: Autor.

1.2.1.3.1.2 ACELERADOR.

Al analizar la ubicación de nuestro sensor, se observó que al final de la carrera de los pedales existe una placa en la cual existe un perno (figura 3.52) que regula la altura del pedal del acelerador; en la cual hay como extraer y colocar el sensor de posición, siendo este similar al sensor de posición del pedal del freno.



Figura 3.52. Sensor de posición del pedal de aceleración.

Fuente: Autor.

- Para la adaptación del sensor es necesario las llaves #14 y #17, la cual nos permitirá aflojar la contratuerca y posteriormente extraer el perno de regulación.

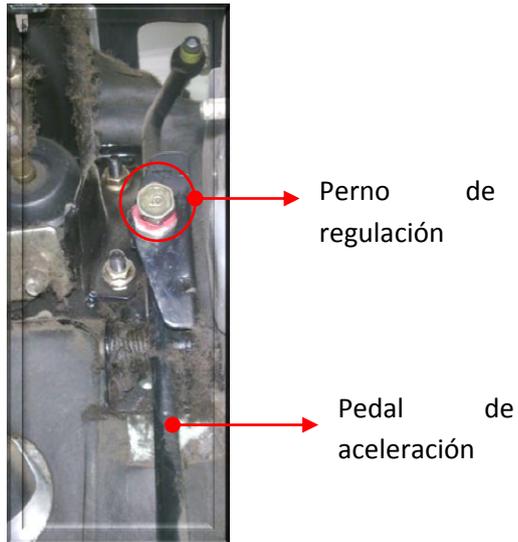


Figura 3.53. Ubicación del perno de regulación del acelerador.

Fuente: Autor.

- Luego de haber extraído el perno se procede a enroscar el sensor hasta dejar a la altura deseada para que el sensor cumpla su función, para culminar este proceso se ajusta la contratuerca con la llave #14.



Figura 3.54. Ubicación del sensor de posición del acelerador.

Fuente: Autor.

1.2.1.3.1.3 EMBRAGUE.

Al analizar la ubicación de nuestro sensor, se observó que al final de la carrera de los pedales existe una placa en la cual existe un perno (figura 3.58) que regula la altura del pedal del acelerador; en la cual hay como extraer el perno y colocar el sensor de posición, similar al sensor de posición del pedal del freno.



Figura 3.55. Sensor de posición del pedal del embrague.

Fuente: Autor.

- Para la adaptación del sensor es necesario las llaves #14 y #17, la cual nos permitirá aflojar la contratuerca y posteriormente extraer el perno de regulación.

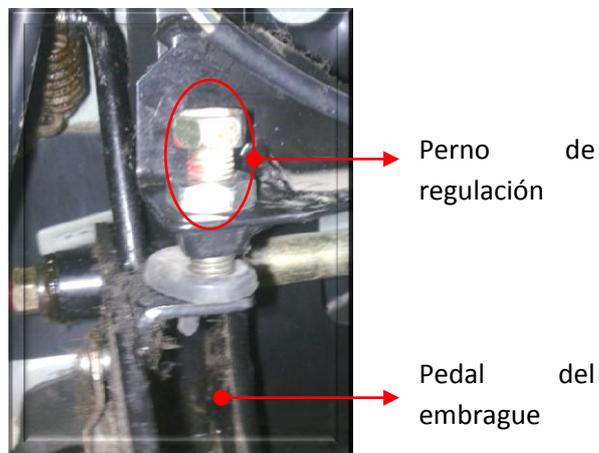


Figura 3.56. Ubicación del perno de regulación del embrague.

Fuente: Autor.

- Luego de haber extraído el perno se procede a enroscar el sensor hasta dejar a la altura deseada para que el sensor cumpla su función, para culminar este proceso se ajusta la contratuerca con la llave #14.



Sensor de posición del Pedal del embrague

Figura 3.57. Ubicación del sensor de posición del acelerador.

Fuente: Autor.

1.2.1.3.2 UBICACIÓN DEL BOTÓN DE MANDO.

El botón ira ubicado en la consola del conductor, en el vehículo mazda 323 en el tablero vienen definido 2 orificios para la adaptación de otros sistemas, para lo cual nosotros haremos uso de uno de ellos.



Orificios adicionales

Figura 3.58. Orificios adicionales de fábrica.

Fuente: Autor.



Botón de mando.

Figura 3.59. Botón de mando.

Fuente: Autor.

1.2.1.3.3 UBICACIÓN DEL CONTROLADOR ELECTRÓNICO.

Nuestro calculador electrónico se encuentra dentro de una caja de protección de 20x6.5x15 cm (figura 3.60). Para la ubicación han incidido varios factores tales como tamaño, espacio disponible, accesibilidad, comodidad y estética; la ubicación que cumple con estas características es debajo del equipo de sonido (3.61).



Figura 3.60. Calculador electrónico.

Fuente: Autor.



Ubicación
del
calculador
electrónico.

Figura 3.61. Ubicación del calculador electrónico.

Fuente: Autor.

Para la adaptación del calculador electrónico se procede de la siguiente forma:

- Empotrar la caja del calculador electrónico al tablero.
 - En el tablero existen 2 orificios en los cuales se puede atornillar la tapa del calculador electrónico.



Figura 3.62. Fotografía de los orificios existentes en el tablero del vehículo.

Fuente: Autor.

- Se señala la distancia para cada tornillo y con un talador se procede a perforar la tapa.



Figura 3.63. Tapa perforada.

Fuente: Autor.

- Posteriormente se fija la tapa con los tornillos M5.



Figura 3.64. Fotografía del calculador electrónico empotrado.

Fuente: Autor.

1.2.1.3.4 CABLEADO.

La ubicación del cableado es muy importante y para ello se ha tomado en cuenta las siguientes consideraciones: Ubicación, espacio, accesibilidad, exposición al calor, distancia y estética.

Para la adaptación del cableado se procede de la siguiente forma:

- Cable de alimentación al circuito.
 - Se toman 2 cables y se acoplan a los bornes de la batería positivo (cable azul) y negativo (cable negro).



Figura 3.65. Fotografía de los cables de alimentación a los bornes de la batería.

Fuente: Autor.

- Al disponer de un orificio que conecta el interior del habitáculo con el baúl del motor se guía el cable por la carrocería hasta el orificio antes mencionado; previamente a los cables se lo cubre con un cobertor plástico (espaguetei ½”) y se lo lleva al interior del habitáculo hasta el calculador electrónico.



Figura 3.66. Fotografía del cable sujeto a la carrocería en el baúl del motor.

Fuente: Autor.



Orificio de conexión entre baúl de motor y habitáculo.

Figura 3.67. Fotografía del cable en el interior del habitáculo.

Fuente: Autor.

- Cableado de los sensores (Acelerador y embrague).
 - A los cables de cada sensor soldar terminales hembra.

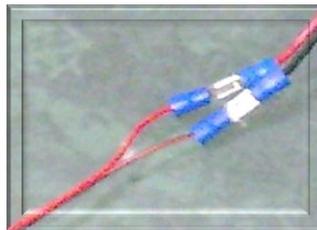


Figura 3.68. Fotografía de los cables con los terminales hembra.

Fuente: Autor.

- Con el cable gemelo de cada sensor se procedió a conectar al terminal macho de los sensores positivo (rojo) negativo (negro).

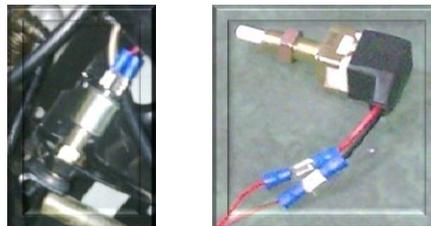


Figura 3.69. Fotografía de los cables conectados al sensor.

Fuente: Autor.

-
- Guiar los cables en un solo conjunto por el interior del tablero hasta el calculador electrónico.



Figura 3.70. Fotografía de los cables en el interior del tablero.

Fuente: Autor.

- Cableado de los sensores (Primera marcha y reversa).
 - A los cables de cada sensor soldar terminales hembra.

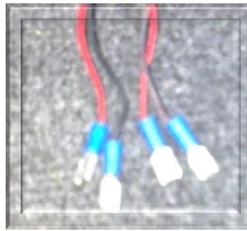


Figura 3.71. Fotografía de los terminales hembra.

Fuente: Autor.

- Con el cable gemelo de cada sensor se procedió a conectar al terminal macho de los sensores positivo (rojo) negativo (negro).



Figura 3.72. Fotografía de la conexión de los cables al sensor.

Fuente: Autor.

-
- Guiar los cables en un solo conjunto por el interior del tapizado hasta el calculador electrónico.



Figura 3.73. Fotografía de los cables en el interior del tapizado.

Fuente: Autor.

- Cableado de la señal del switch (ON).
 - Retirar el protector plástico del switch.



Figura 3.74. Fotografía de la extracción de los protectores plásticos.

Fuente: Autor.

- Analizar cual es cable de ON.

Cable de ON
(Amarillo-
Negro)



Figura 3.75. Fotografía del cable de ON.

Fuente: Autor.

- Soldar el cable (rojo) que dará la señal al calculador.

Cable
soldado

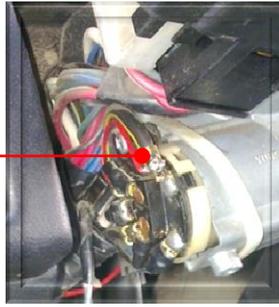


Figura 3.76. Fotografía del cable de señal soldado al del switch (ON).

Fuente: Autor.

- Guiar el cable por el interior del tablero hasta el computador electrónico.
- Colocar los protectores plásticos del switch.
- Indicador Luminoso.
 - Se toma el cable existente del indicador luminoso del tablero ubicado entre los asientos del conductor y copiloto, y se conecta al computador electrónico.

Cable del
indicador
luminoso.



Figura 3.77. Fotografía del cable del indicador luminoso.

Fuente: Autor.

- Cableado al electroimán principal y secundario.
 - Colocar los sockets hembra de 4 entradas en cada electroimán.

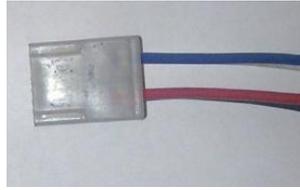


Figura 3.78. Fotografía de los sockets hembra.

Fuente: Autor.

- Instalar los sockets macho en los cables de conexión al computador.

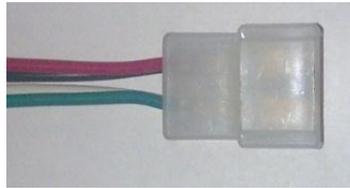


Figura 3.79. Fotografía de los sockets macho.

Fuente: Autor.

- Guiar el cable por el interior del tapizado hasta el computador electrónico.
- Conexión de los cables al socket de entrada al computador.
 - Se conecta siguiendo el orden que se indica en la caja del computador electrónico.



Figura 3.80. Fotografía del socket de entrada al computador.

Fuente: Autor.

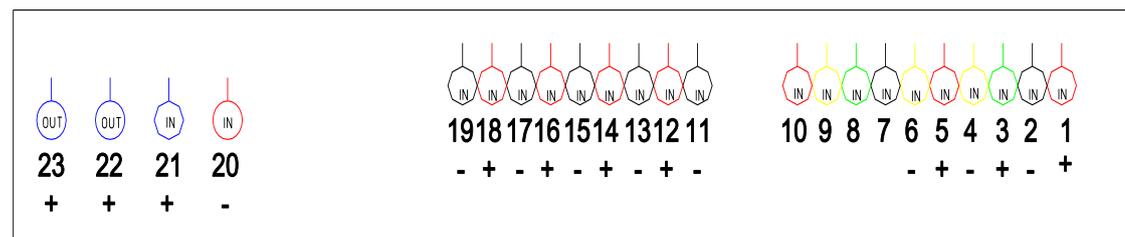


Figura 3.81. Orden de conexión de los cables.

Fuente: Autor.

PIN	ENTRADA/ SALIDA	DESCRIPCIÓN	CARGA
1	In	Batería	+
2	In	Batería	-
3	In	Switch-on	+
4	In	Indicador luminoso	-
5	In	Botón de mando	+
6	In	Botón de mando	-
7	In	Entrada analógica 1
8	In	Entrada analógica 2
9	In	Entrada analógica 3
10	In	Entrada analógica 4
11	In	Masa	-
12	In	Acelerador	+
13	In	Acelerador	-
14	In	Embrague	+
15	In	Embrague	-
16	In	Primera marcha	+
17	In	Primera marcha	-

18	In	Reversa	+
19	In	Reversa	-
20	In	Masa	-
21	In	Batería	+
22	Out	Electroimán secundario	+
23	Out	Electroimán principal	+

Tabla. 3.4 .descripción de los pines de conexión.

Fuente: Autor.

1.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

1.3.1 OBSERVACIONES.

1.3.1.1 DISPOSITIVO MECÁNICO.

Problema 1:

En nuestra primera prueba se observó que el campo magnético generado por la bobina principal se transfiere a la armadura móvil del mismo y este generaba una atracción magnética al enclavamiento, quedando el dispositivo siempre enclavado.

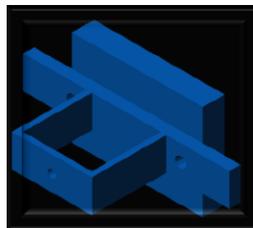


Figura 3.82.Figura de la armadura móvil sin la placa de cobre.

Fuente: Autor.

Corrección 1:

Para la corrección de este problema se optó por colocar unas pequeñas placas de cobre en la armadura móvil en donde existe contacto con el enclavamiento, debido a que el cobre es un material amagnético (permeable al magnetismo) por lo tanto este cumpliría correctamente su función.

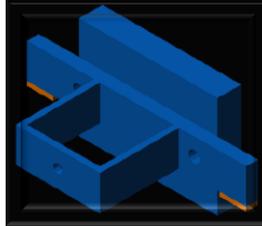


Figura 3.83. Figura de la armadura móvil con la placa de cobre.

Fuente: Autor.

Problema 2:

El sistema mecánico al estar ubicado en la parte exterior del vehículo, estaría expuesto a deformaciones por el roce con piedras u otros elementos encontrados en el camino, esto variaría la regulación de nuestros elementos o incluso podría provocar un colapso del dispositivo.



Figura 3.84. Fotografía del dispositivo sin protección.

Fuente: Autor.

Corrección 2:

Para contrarrestar este inconveniente se construyó una protección metálica similar a la que utiliza el motor, de esta manera se evita el contacto directo de nuestro dispositivo con los elementos deformantes.



Figura 3.85. Fotografía del dispositivo con la protección metálica.

Fuente: Autor.

1.3.1.2 DISPOSITIVO ELÉCTRICO.

Problema 1:

El único problema existente en el circuito eléctrico son las corrientes parasitas o ruido eléctrico, que es generado por los picos de corriente de los siguientes elementos: bocina, electro ventilador, motor de arranque, alternador, aire acondicionado, descarga de la bobina, entre otros.

Corrección 1:

Para corregir este problema se adquirió un supresor de ruido, este es utilizado en el tuning para el sistema de audio. El supresor de ruido fue adquirido en “Electrónica Duran” y no tiene ninguna marca registrada.



Figura 3.86. Fotografía del supresor de ruido.

Fuente: Autor.



CAPÍTULO IV

**MANTENIMIENTO DEL SISTEMA
MECÁNICO Y ELÉCTRICO DEL
DISPOSITIVO DE FRENO AUTOMÁTICO.**

1. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA MECÁNICO Y ELÉCTRICO DEL DISPOSITIVO DE FRENO AUTOMÁTICO.

1.1 RECOMENDACIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENO AUTOMÁTICO.

- Antes de poner en funcionamiento el sistema de freno automático, asegúrese que el conductor comprenda como utilizar de forma segura el sistema.
- Previo a un mantenimiento del sistema asegurarse que el técnico esté capacitado para realizar ese tipo de trabajo.
- Tomar en cuenta todas las medidas de precaución al montar el dispositivo en el vehículo.
- Utilizar la herramienta adecuada y siguiendo el manual del fabricante.

1.2 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA MECÁNICO.

- El personal que manipule el dispositivo debe ser profesional en el área de la mecánica automotriz.
- Calibrar el cable de accionamiento a las zapatas de las ruedas posteriores cada 10.000Km o cuando se reemplace las zapatas o los cables de accionamiento.
- Calibrar el enclavamiento cada 10.000Km.
- Limpiar y lubricar con aceite de transmisión cada 10.000Km los ejes guías de la armadura móvil del electroimán principal.
- Limpiar y lubricar con aceite de transmisión cada 10.000Km los ejes de rotación del enclavamiento.

-
- En caso de reemplazar algún elemento tomar en cuenta las siguientes consideraciones:
 - La posición del elemento.
 - Las especificaciones técnicas.
 - Las dimensiones del elemento.
 - Al ajustar los pernos dar el torque especificado para cada elemento.

1.3 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO.

1.3.1 MATERIALES A UTILIZAR.

- Lámpara de prueba activa.



Figura 4.1 Lámpara de prueba.

Fuente: Autor.

Se utiliza para la comprobación de continuidad en los circuitos.

- Multímetro automotriz.



Figura 4.2 Multímetro.

Fuente: Autor.

- Kit de herramientas.

1.3.2 PROCEDIMIENTO.

- Revisar que la conexión a la batería no este floja.

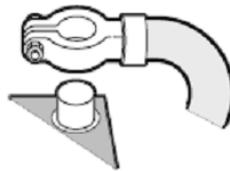


Figura 4.3. Conexión de la batería floja.

Fuente: Autor.

- Revisar que las conexiones de los sensores no estén flojas.
- Revisar que las conexiones a masa no estén flojas.

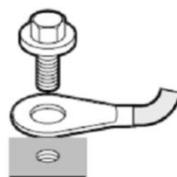


Figura 4.4. Conexión a masa floja.

Fuente: Autor.

- Revisar que los sockets no estén flojos.



Figura 4.5. sockets flojos.

Fuente: Autor.

- Revisar que los cables no estén pelados o rotos.



Figura 4.6. Cable roto.

Fuente: Autor.

- Evitar el contacto del circuito eléctrico con el agua.
- Revisar el estado de la batería.

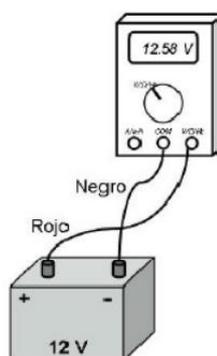


Figura 4.7. Estado de la batería.

Fuente: Autor.

- Revisar que los relés de accionamiento no estén quemados.

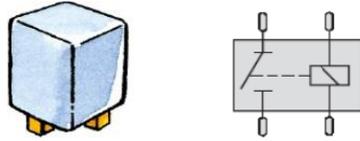


Figura 4.8. Relé.

Fuente: Autor.

- Revisar que la posición de los sensores de Primera marcha y Reversa estén correctamente ubicados para que cumplan su función.
- Revisar el estado de los sensores (con un multímetro medir continuidad).

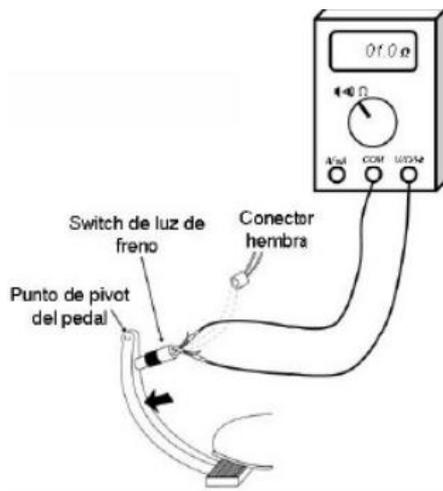


Figura 4.9. Estado de los sensores.

Fuente: Autor.

- Revisar que el cable de alimentación no este flojo.
- Revisar que el botón de mando no este averiado.
- Revisar que los electroimanes no estén cortocircuitados.



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES.

Después de un arduo trabajo se logró cumplir con los objetivos propuestos al inicio del proyecto de tesis, teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- Se ha finalizado nuestro proyecto con éxito y cumpliendo con los objetivos previstos, ya que, se diseñó, construyó e implementó un dispositivo de freno automático que se instaló en un vehículo Mazda 323 HX3 con modelo de fabricación 1999. Nuestro dispositivo cumple las siguientes funciones:
 - a) Desactivación automática al iniciar la marcha.
 - b) Arranque en cuesta automático.
 - c) Activación automática al apagar el motor.
 - d) Desactivación mecánica en caso de falla de la batería.

Para ello se tomaron datos reales del vehículo antes mencionado para los cálculos correspondientes al diseño mecánico, eléctrico y electrónico del dispositivo de freno automático.

- Inicialmente se realizó un análisis introductorio al sistema de frenos y específicamente al freno de mano, ya que, este será reemplazado por un sistema automático. Además en este capítulo se analizó el reparto de peso y la distancia de parada; debiendo partir nuestro diseño desde la primera condición la cual nos indica que el freno de mano deberá mantener inmóvil al vehículo en una pendiente de 10.2° o del 18% como mínimo. Posteriormente se analizaron los tipos de frenos siendo nuestro vehículo de tipo mixto (disco y tambor).

-
- Teniendo los conocimientos básicos acerca del sistema de frenos, se procedió a analizar el freno de mano propiamente dicho, en el cual se identifico sus partes principales como palanca de mando, botón de desenclavamiento, trinquete, cable de mando, etc. Al mismo tiempo se analizó el funcionamiento el cual consta de 2 fases, la de tensión y reposo; en la primera el conductor debe aplicar una fuerza en la palanca de mando la cual multiplica la misma y tensiona el cable de mando, este ejerce una fuerza en la palanca de accionamiento a las zapatas para disminuir la velocidad en las ruedas posteriores del vehículo o mantenerlo estático. En la fase de reposo el freno de mano no interactúa con el vehículo.
 - A continuación se investigó sobre los frenos de estacionamiento automático, en donde se encontró que el primer freno automático fue instalado en el año 2002 por BMW, posteriormente siguieron otras marcas como Audi y Lincoln. Colocando este dispositivo en vehículos de gama media y alta. Las funciones que cumplen estos sistemas automáticos son: apriete/aflojado automático o manual del freno de estacionamiento, ayuda al arranque en cuesta y frenado dinámico (ABS). Los fabricantes de vehículos al instalar este nuevo componente elevaron sus precios considerablemente. Uno de los primeros prototipos y que se siguen utilizando en la actualidad son los frenos accionados por un motor eléctrico y comandado por un módulo electrónico el cual permite tensionar o aflojar el cable.
 - En el segundo capítulo se diseñó y construyó un freno de mano automático que cumpla ciertas aplicaciones. Para ello se midió la fuerza necesaria para mantener inmóvil al vehículo en una pendiente de 21° o 40% en el cual su resultado fue de 313.92N. se partirá de este dato para los cálculos posteriores. Para nuestro diseño se estableció ciertas funciones que debe cumplir nuestro sistema de freno de estacionamiento automático tales como: activación automática al apagar el motor, arranque en cuesta automático, desactivación al iniciar la marcha y desactivación mecánica en caso de falla de la batería.

-
- Con las condiciones determinadas se procedió a diseñar el dispositivo de tensión del cable, teniendo 2 opciones, la primera un motor eléctrico y la segunda un electroimán. Por espacio y economía se optó por el electroimán. Con el sistema de accionamiento definido se procedió a diseñar una carcasa que permita sujetarse al compacto del vehículo y que cumpla con las condiciones especificadas; para ello se realizó un cálculo de resistencia de materiales para determinar el espesor de las placas, el material utilizado fue Acero estructural (ASTM-A36) el cual nos brinda las propiedades mecánicas necesarias para un buen funcionamiento y evitar el colapso del mismo. Teniendo como resultado un sistema mecánico capaz de tensionar el cable y trabarlo por medio del accionamiento de 2 electroimanes, acoplándose al espacio determinado por el vehículo.
 - Para el diseño del sistema eléctrico se utilizó el software ISIS 7 PROFESIONAL y para la programación del PIC 16F877A se utilizó el software MICROCODE STUDIO PLUS. Realizando el cálculo respectivo de los diversos componentes del sistema eléctrico-electrónico. Finalmente se diseñó el PCB en el software EAGLE. De esta manera se construyó el módulo electrónico que comanda a los 2 electroimanes permitiendo un correcto funcionamiento del dispositivo.
 - Terminando la construcción de los elementos tanto mecánicos como eléctricos se realizó una tabla de costos en la cual el costo total de producción del freno de mano automático es de \$519.49.
 - Para la implementación del dispositivo en el vehículo las variaciones o modificaciones que se realizaron fueron insignificantes, manteniendo todas las partes constitutivas del vehículo en estado original. Los únicos elementos que fueron modificados son: 2 perforaciones de 10mm de diámetro en el compacto y la desviación del tubo de escape. Siendo un diseño ideal para la implementación en el automóvil Mazda 323. Es decir que en caso de que se desee volver a instalar la palanca manual, se lo haría sin ningún inconveniente o modificación. Para la implementación se realizó un

instructivo en el cual consta todas las partes y procedimientos para armar el sistema de forma correcta.

- En las pruebas realizadas del sistema eléctrico el primer y único inconveniente fue la atracción magnética a la placa de enclavamiento, esto fue solucionado por un material amagnético como es el cobre. Además al estar nuestro sistema en el exterior del vehículo y en la parte baja es posible que sufra golpes o abolladuras, para ello se construyó una protección metálica similar a la que se utiliza para el motor.
- En la parte eléctrica el problema que surgió fue el ruido eléctrico (corrientes parasitas) provocado por los elementos constitutivos del vehículo, para ello se instaló un supresor de ruido, el cual permite que el sistema funcione óptimamente.
- Nuestro sistema en funcionamiento tiene un consumo de corriente de 11.3 AH, es decir cuando está accionado el freno de estacionamiento automático; y un consumo de 30mAH en estado de reposo (apagado el vehículo).
- En el capítulo final se estableció el mantenimiento para un correcto funcionamiento del sistema mecánico y eléctrico. Las calibraciones que se deben dar al sistema en un tiempo predeterminado.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Para un correcto funcionamiento del sistema o una correcta adaptación se deben utilizar las herramientas apropiadas y tener conocimiento del funcionamiento del dispositivo. Caso contrario podría averiarse algún componente.
- Debido al alto consumo de corriente por los electroimanes, no se recomienda accionar manualmente el sistema mientras el vehículo está apagado, ya que, este podría agotar la batería.

-
- Considerando que el dispositivo no permite un control manual del grado de tensión del cable de accionamiento a las zapatas de las ruedas posteriores, se recomienda que el conductor no utilice el freno de estacionamiento automático mientras el vehículo esté en movimiento; debido a que se podría provocar una desviación de la trayectoria del automóvil, sobreviraje, derrape o una pérdida de control del coche.
 - En caso de que el vehículo quedase sin batería cuenta con un cable de control para desactivar manualmente y desbloquear las ruedas posteriores, este sistema debe ser utilizado solo en caso de emergencia.

BIBLIOGRAFÍA.

APARICIO, Francisco, *Teoría de vehículos automóviles*, 2^{da} Edición, Editorial E.T.S, Madrid, 2001.

BEER, Ferdinand, *Mecánica de materiales*, 3^{ra} Edición, Editorial Mc Graw Hill, México, 2001.

GTZ, *Dibujo Técnico Metal 1*, 6^{ta} Edición, Editorial Edibosco, Cuenca/Ecuador, 1984.

SINGER, FERDINAND L.; PYTEL, ANDREW. *Resistencia de materiales*, Edit. Tierra firme. s.l. 1982.

TIMOSHENKO, STEPHEN P.; YOUNG, D. H. *Elementos de resistencia de materiales*, Montaner y Simón, Barcelona, 1979.

SAN PEDRO, ROBERTO, *Electricidad del automóvil*, Edit. Librería Mitre, Buenos Aires, 1977.

AUGE, R. *Curso profesional de electricidad del automóvil 1*, Edit. Paraninfo, Madrid, 1978.

MILEAF, HARRY, *Electricidad dos*, Edit. Limusa, México. 1984.

BRESCIANI, FRANCO, *Magnetismo y electromagnetismo*, Edit. Don Bosco, Cuenca, 1966.

ALONSO PEREZ, JOSE MANUEL, *Técnicas del automóvil: chasis*, 5^{ta} edición, Editorial Paraninfo, Madrid, 1998.

CASTRO, MIGUEL, *Frenos de suspensión*, Ediciones CEAC, Barcelona, 1994.

ANEXOS

ANEXO A

TABLAS DE INFORMACIÓN

ANEXO A.1. Propiedades típicas de materiales seleccionados usados en ingeniería (unidades SI).¹

Material	Densidad, kg/m ³	Resistencia última			Fluencia ³		Módulo de elasticidad, GPa	Módulo de rigidez, GPa	Coeficiente de expansión térmica, 10 ⁻⁶ /°C	Ductilidad, porcentaje de elongación en 50 mm
		Tensión, MPa	Compresión, ² MPa	Corriente, MPa	Tensión, MPa	Corriente, MPa				
Acero										
Estructural (ASTM-A36)	7 860	400			250	145	200	77.2	11.7	21
Alta resistencia-aleación baja										
ASTM-A709 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
ASTM-A913 Grado 450	7 860	550			450		200	77.2	11.7	17
ASTM-A992 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
Templado										
ASTM-A709 Grado 690	7 860	760			690		200	77.2	11.7	18
inoxidable, AISI 302										
Laminado en frío	7 920	860			520		190	75	17.3	12
Recocido	7 920	655			260	150	190	75	17.3	50
Acero de refuerzo										
Resistencia media	7 860	480			275		200	77	11.7	
Alta resistencia	7 860	620			415		200	77	11.7	
Fundición										
Fundición gris										
4.5% C, ASTM A-48	7 200	170	655	240			69	28	12.1	0.5
Hierro fundido										
2% C, 1% Si, ASTM A-47	7 300	345	620	330	230		165	65	12.1	10
Aluminio										
Aleación 1100-H14 (99% Al)	2 710	110		70	95	55	70	26	23.6	9
Aleación 2014-T6	2 800	455		275	400	230	75	27	23.0	13
Aleación 2024-T4	2 800	470		280	325		73		23.2	19
Aleación 5456-H116	2 630	315		185	230	130	72		23.9	16
Aleación 6061-T6	2 710	260		165	240	140	70	26	23.6	17
Aleación 7075-T6	2 800	570		330	500		72	28	23.6	11
Cobee										
Libre de oxígeno (99.9% Cu)										
Recocido	8 910	220		150	70		120	44	16.9	45
Endurecido	8 910	390		200	265		120	44	16.9	4
Latón amarillo (65% Cu, 35% Zn)										
Laminado en frío	8 470	510		300	410	250	105	39	20.9	8
Recocido	8 470	320		220	100	60	105	39	20.9	65
Latón rojo (85% Cu, 15% Zn)										
Laminado en frío	8 740	585		320	435		120	44	18.7	3
Recocido	8 740	270		210	70		120	44	18.7	48
Estaño bronce (88 Cu, 8 Sn, 4 Zn)	8 800	310			145		95		18.0	30
Manganeso bronce (63 Cu, 25 Zn, 6 Al, 3 Mn, 3 Fe)	8 360	655			330		105		21.6	20
Aluminio bronce (81 Cu, 4 Ni, 4 Fe, 11 Al)	8 330	620	900		275		110	42	16.2	6

¹ BEER, Ferdinand, *Mecánica de materiales*, 3^{ra} Edición, Editorial Mc Graw Hill, México, 2001. Pág. 747.

ANEXO A.2. Tabla de imantación de los materiales más usados.²

Inducción magnética B	Campo de imantación H en amperios esp./cm. y permeabilidad relativa μ_r										
	Hierro fraguado y acero fundido		Fundición		Chapas normales		Chapas la silicio		Chapas de cristales orientados		Aire
	Wb/m ²	H	μ_r	H	μ_r	H	μ_r	H	μ_r	H	μ_r
0,10	0,7	1140	2,0	400	0,45	1775	0,8	1000	—	—	800
0,20	0,9	1780	4,5	355	0,5	3200	1,0	1600	—	—	1600
0,30	1,0	2400	8,0	300	0,6	4000	1,25	1920	—	—	2400
0,40	1,2	2600	13,0	246	0,7	4570	1,45	2200	—	—	3200
0,50	1,4	2860	20,0	200	0,9	4450	1,6	2500	—	—	4000
0,60	1,7	2820	28,0	171	1,3	3690	1,8	2630	—	—	4800
0,70	2,2	2500	40,0	140	1,7	3290	2,0	2860	—	—	5600
0,80	2,7	2370	55,0	117	2,3	2780	2,5	2560	—	—	6400
0,90	3,2	2250	80,0	90	3,3	2180	3,1	2320	—	—	7200
1,00	4,0	2000	110,0	73	4,7	1700	4,0	2000	0,40	20000	8000
1,10	5,0	1750	150,0	58	6,3	1395	5,0	1760	0,58	15200	8800
1,20	6,2	1550	200,0	48	8,0	1200	7,0	1370	0,75	12800	9600
1,30	8,5	1230			10,5	990	12,0	867	0,88	11800	10400
1,40	12,0	930			13,5	830	23,0	487	1,00	11200	11200
1,50	20,0	600			18,0	567	40,0	300	1,40	8600	12000
1,60	35,0	365			31,0	413	75,0	171	4,50	2840	12800
1,70	60,0	226			52,0	262	140,0	97	16,00	850	13600
1,80	100,0	144			90,0	160	240,0	60	—	—	14400
1,90	160,0	95			148,0	103			—	—	15200
2,00	250,0	64			300,0	53			—	—	16000

² BRESCIANI, FRANCO, *Magnetismo y electromagnetismo*, Edit. Don Bosco, Cuenca, 1966. Pág.

ANEXO A.3. Especificaciones AWS A.1-69.³

TABLA 2.1 Especificaciones AWS A5.1-69 y A5.5-69	
a.	La letra E antepuesta a las cuatro o cinco cifras identifica a los electrodos aptos para soldadura por arco.
b.	Los primeros dos números de los cuatro o los tres números de los cinco indican la resistencia mínima a la tracción. <i>E60XX</i> 60.000 psi mínimo. <i>E70XX</i> 70.000 psi mínimo. <i>E110XX</i> 70.000 psi mínimo.
c.	El próximo dígito indica las posiciones posibles de soldadura. <i>EXX1X</i> Todas las posiciones. <i>EXX2X</i> Plana y horizontal solamente.
d.	La letra con un número final (por ejemplo EXXX-A1) indica la aleación aproximada del metal depositado por soldadura. <ul style="list-style-type: none"> • A1 0,5% Mo • B1 0,5% Cr; 0,5% Mo • B2 1,25% Cr; 0,5% Mo • B3 2,25% Cr; 1% Mo • B4 2% Cr; 0,5% Mo • B5 0,5% Cr; 1% Mo • C1 2,5% Ni • C2 3,25 Ni • C3 1% Ni; 0,35% Mo; 0,15% Cr • D1 y D2 0,25-0,45% Mo; 1,75% Mn • G 0,5% ≤ Ni; 0,3% ≤ Cr; 0,2% ≤ Mo; 0,1% ≤ V; 1% ≤ Mn (sólo un elemento de la lista)

TABLA 2.2 Especificaciones AWS A5.1-69		
Código	Corriente	Cobertura
EXX10	CC (-) solamente	Orgánica
EXX11	CA ó CC (+)	Orgánica
EXX12	CA ó CC (-)	Rutílica
EXX13	CA ó CC (±)	Rutílica
EXX14	CA ó CC (±)	Rutilo-Hierro 30%
EXX15	CC (-) solamente	Bajo hidrógeno
EXX16	CA ó CC (+)	Bajo hidrógeno
EXX18	CA ó CC (+)	Bajo H ₂ -Hierro 25%
EXX20	CA ó CC (±)	Alto óxido férrico
EXX24	CA ó CC (±)	Rutilo-Hierro 50%
EXX27	CA ó CC (±)	Mineral-Hierro 50%
EXX28	CA ó CC (+)	Bajo H ₂ -Hierro 50%

³ [www.scribd.com/doc/883766/clase-soldadura\(08/10/2010-12:25\)](http://www.scribd.com/doc/883766/clase-soldadura(08/10/2010-12:25))

ANEXO A.4. Propiedades mecánicas de elementos roscados de clase métrica.⁴

Propiedades mecánicas de elementos roscados de clase métrica					
Clase	Rango del diámetro	Carga de prueba [MPa]	Esfuerzo de ruptura [MPa]	Material	Marcado de la cabeza
4.6	M5 - M36	225	400	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
4.8	M1.6 - M16	310	420	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
5.8	M5 - M24	380	520	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
8.8	M16 - M36	600	830	Acero al carbono, Templado y Revenido	
9.8	M1.6 - M16	650	900	Acero al carbono, Templado y Revenido	
10.9	M5 - M36	830	1040	Acero de bajo carbono martensítico, Templado y Revenido	
12.9	M1.6 - M36	970	1220	Acero aleado, Templado y Revenido	

⁴ www.rollix.com/324-4358-4359-4363-4415-4417/Fijacion.htm (09/10/2010-15:45)

ANEXO A.5. Tabla de pares de apriete.⁵

Pares de apriete para tornillos tipo DIN-931 y DIN-933 con rosca métrica de paso grueso

Tamaño	Grado	Par de apriete M_A en Nm para $\mu_K =$						
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24
M4	8.8	2,2	2,5	2,8	3,1	3,3	3,7	4,0
	10.9	3,2	3,7	4,1	4,5	4,9	5,4	5,9
	12.9	3,8	4,3	4,8	5,3	5,7	6,4	6,9
M5	8.8	4,3	4,9	5,5	6,1	6,5	7,3	7,9
	10.9	6,3	7,3	8,1	8,9	9,6	10,7	11,6
	12.9	7,4	8,5	9,5	10,4	11,2	12,5	13,5
M6	8.8	7,4	8,5	9,5	10,4	11,2	12,5	13,5
	10.9	10,9	12,5	14,0	15,5	16,5	18,5	20,0
	12.9	12,5	14,5	16,5	18,0	19,5	21,5	23,5
M7	8.8	12,0	14,0	15,5	17,0	18,5	21,0	22,5
	10.9	17,5	20,5	23,0	25	27	31	33
	12.9	20,5	24,0	27	30	32	36	39
M8	8.8	18	20,5	23	25	27	31	33
	10.9	26	30	34	37	40	45	49
	12.9	31	35	40	43	47	53	57
M10	8.8	36	41	46	51	55	62	67
	10.9	52	60	68	75	80	90	98
	12.9	61	71	79	87	94	106	115
M12	8.8	61	71	79	87	94	106	115
	10.9	90	104	117	130	140	155	170
	12.9	105	121	135	150	160	180	195
M14	8.8	97	113	125	140	150	170	185
	10.9	145	165	185	205	220	250	270
	12.9	165	195	215	240	260	290	320
M16	8.8	145	170	195	215	230	260	280
	10.9	215	250	280	310	340	380	420
	12.9	250	300	330	370	400	450	490

⁵ www.dexterfasteners.com (15/09/2010-1:03)

ANEXO A.6. Características eléctricas (LM 7805).⁶

Electrical Characteristics (LM7805)

Refer to the test circuits. $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 10\text{V}$, $C_I = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
V_O	Output Voltage	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	4.8	5.0	5.2	V	
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 7\text{V to } 20\text{V}$	4.75	5.0	5.25		
Regline	Line Regulation ⁽¹⁾	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_O = 7\text{V to } 25\text{V}$	-	4.0	100	mV
			$V_I = 8\text{V to } 12\text{V}$	-	1.6	50.0	
Regload	Load Regulation ⁽¹⁾	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	-	9.0	100	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	-	4.0	50.0	
I_Q	Quiescent Current	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.0	8.0	mA	
ΔI_Q	Quiescent Current Change	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$ $V_I = 7\text{V to } 25\text{V}$	-	0.03	0.5	mA	
			-	0.3	1.3		
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift ⁽²⁾	$I_O = 5\text{mA}$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
V_N	Output Noise Voltage	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	42.0	-	$\mu\text{V}/V_O$	
RR	Ripple Rejection ⁽²⁾	$f = 120\text{Hz}$, $V_O = 8\text{V to } 18\text{V}$	62.0	73.0	-	dB	
V_{DROF}	Dropout Voltage	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.0	-	V	
r_O	Output Resistance ⁽²⁾	$f = 1\text{kHz}$	-	15.0	-	m Ω	
I_{SC}	Short Circuit Current	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	230	-	mA	
I_{PK}	Peak Current ⁽²⁾	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Notes:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.
2. These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

⁶ www.fairchildsemi.com (15/09/2010-1:03)

ANEXO A.7. Características técnicas (PC 817).⁷

■ Absolute Maximum Ratings (Ta= 25°C)

	Parameter	Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	I_F	50	mA
	*1 Peak forward current	I_{FM}	1	A
	Reverse voltage	V_R	6	V
	Power dissipation	P	70	mW
Output	Collector-emitter voltage	V_{CEO}	35	V
	Emitter-collector voltage	V_{ECO}	6	V
	Collector current	I_C	50	mA
	Collector power dissipation	P_C	150	mW
	Total power dissipation	P_{tot}	200	mW
	*2 Isolation voltage	V_{iso}	5 000	V _{rms}
	Operating temperature	T_{opr}	- 30 to + 100	°C
	Storage temperature	T_{stg}	- 55 to + 125	°C
	*3 Soldering temperature	T_{sol}	260	°C

*1 Pulse width $\leq 100 \mu s$, Duty ratio : 0.001

*2 40 to 60% RH, AC for 1 minute

*3 For 10 seconds

■ Electro-optical Characteristics (Ta= 25°C)

	Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Input	Forward voltage	V_F	$I_F = 20 \text{ mA}$	-	1.2	1.4	V
	Peak forward voltage	V_{FM}	$I_{FM} = 0.5 \text{ A}$	-	-	3.0	V
	Reverse current	I_R	$V_R = 4 \text{ V}$	-	-	10	$\mu \text{ A}$
	Terminal capacitance	C_t	$V = 0, f = 1 \text{ kHz}$	-	30	250	pF
Output	Collector dark current	I_{CEO}	$V_{CE} = 20 \text{ V}$	-	-	10^{-7}	A
Transfer characteristics	*4 Current transfer ratio	CTR	$I_F = 5 \text{ mA}, V_{CE} = 5 \text{ V}$	50	-	600	%
	Collector-emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_F = 20 \text{ mA}, I_C = 1 \text{ mA}$	-	0.1	0.2	V
	Isolation resistance	R_{iso}	DC500V, 40 to 60% RH	5×10^{10}	10^{11}	-	Ω
	Floating capacitance	C_f	$V = 0, f = 1 \text{ MHz}$	-	0.6	1.0	pF
	Cut-off frequency	f_c	$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 2 \text{ mA}, R_L = 100 \Omega, -3 \text{ dB}$	-	80	-	kHz
	Response time	Rise time	t_r	$V_{CE} = 2 \text{ V}, I_C = 2 \text{ mA}, R_L = 100 \Omega$	-	4	18
Fall time	t_f	-	3		18	$\mu \text{ s}$	

⁷ www.datasheetcatalog.com (15/09/2010-1:03)

ANEXO A.8. Características técnicas (TIP 120).⁸

Absolute Maximum Ratings* $T_J = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

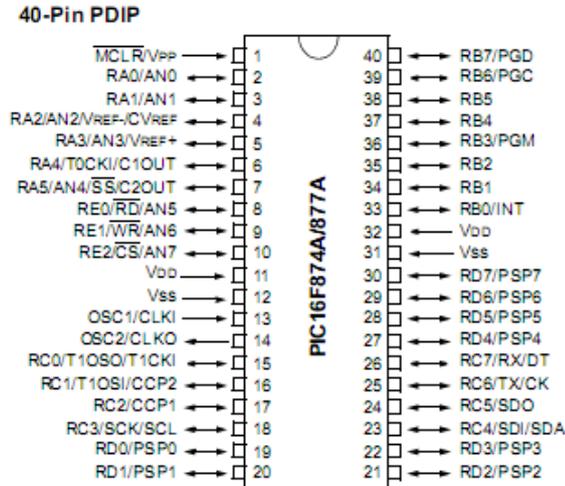
Symbol	Parameter	Ratings	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage : TIP120	60	V
	: TIP121	80	V
	: TIP122	100	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage : TIP120	60	V
	: TIP121	80	V
	: TIP122	100	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	5	V
I_C	Collector Current (DC)	5	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)	8	A
I_B	Base Current (DC)	120	mA
P_C	Collector Dissipation ($T_J=25^\circ\text{C}$)	2	W
	Collector Dissipation ($T_C=25^\circ\text{C}$)	65	W
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature	- 65 ~ 150	$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics* $T_J=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
$V_{CEO(sus)}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = 100\text{mA}, I_B = 0$	60			V
	: TIP120					
	: TIP121					
I_{CEO}	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = 30\text{V}, I_B = 0$			0.5	mA
	: TIP120					
	: TIP121					
I_{CBO}	Collector Cut-off Current	$V_{CB} = 60\text{V}, I_E = 0$			0.2	mA
	: TIP120					
	: TIP121					
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	$V_{BE} = 5\text{V}, I_C = 0$			2	mA
	: TIP120					
	: TIP121					
h_{FE}	* DC Current Gain	$V_{CE} = 3\text{V}, I_C = 0.5\text{A}$	1000			
$V_{CE(sat)}$	* Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 3\text{A}, I_B = 12\text{mA}$			2.0	V
$V_{BE(on)}$	* Base-Emitter On Voltage	$V_{CE} = 3\text{V}, I_C = 3\text{A}$			2.5	V
C_{ob}	Output Capacitance	$V_{CB} = 10\text{V}, I_E = 0, f = 0.1\text{MHz}$			200	pF

⁸ www.fairchildsemi.com (15/09/2010-1:03)

ANEXO A.9. Características técnicas (PIC 16F877A).⁹



17.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings †

Ambient temperature under bias	-55 to +125°C
Storage temperature	-65°C to +150°C
Voltage on any pin with respect to VSS (except VDD, MCLR, and RA4)	-0.3V to (VDD + 0.3V)
Voltage on VDD with respect to VSS	-0.3 to +7.5V
Voltage on MCLR with respect to VSS (Note 2)	0 to +14V
Voltage on RA4 with respect to VSS	0 to +8.5V
Total power dissipation (Note 1)	1.0W
Maximum current out of VSS pin	300 mA
Maximum current into VDD pin	250 mA
Input clamp current, I _{IK} (V _I < 0 or V _I > VDD)	± 20 mA
Output clamp current, I _{OK} (V _O < 0 or V _O > VDD)	± 20 mA
Maximum output current sunk by any I/O pin	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin	25 mA
Maximum current sunk by PORTA, PORTB and PORTE (combined) (Note 3)	200 mA
Maximum current sourced by PORTA, PORTB and PORTE (combined) (Note 3)	200 mA
Maximum current sunk by PORTC and PORTD (combined) (Note 3)	200 mA
Maximum current sourced by PORTC and PORTD (combined) (Note 3)	200 mA

Note 1: Power dissipation is calculated as follows: $P_{dis} = V_{DD} \times (I_{DD} - \sum I_{OH}) + \sum \{(V_{DD} - V_{OH}) \times I_{OH}\} + \sum (V_{OL} \times I_{OL})$

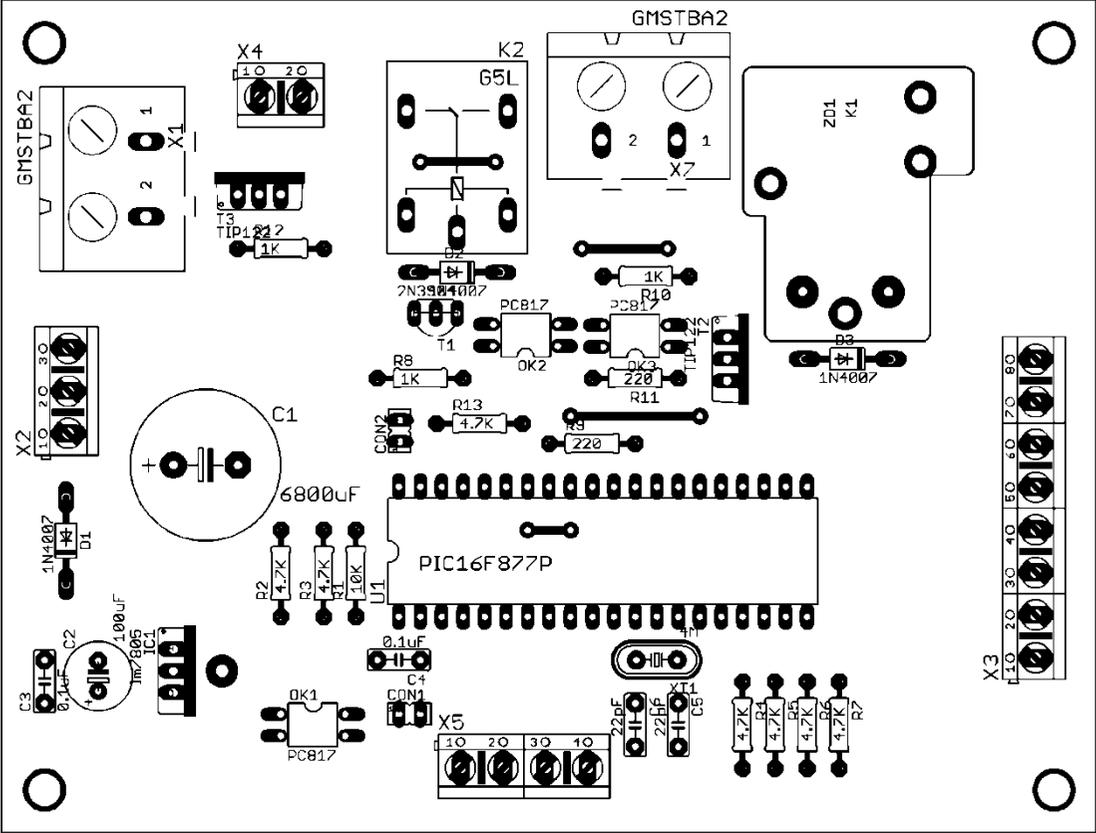
Note 2: Voltage spikes below VSS at the MCLR pin, inducing currents greater than 80 mA, may cause latch-up. Thus, a series resistor of 50-100Ω should be used when applying a "low" level to the MCLR pin rather than pulling the pin directly to VSS.

Note 3: PORTD and PORTE are not implemented on PIC16F873A/876A devices.

† NOTICE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operation listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

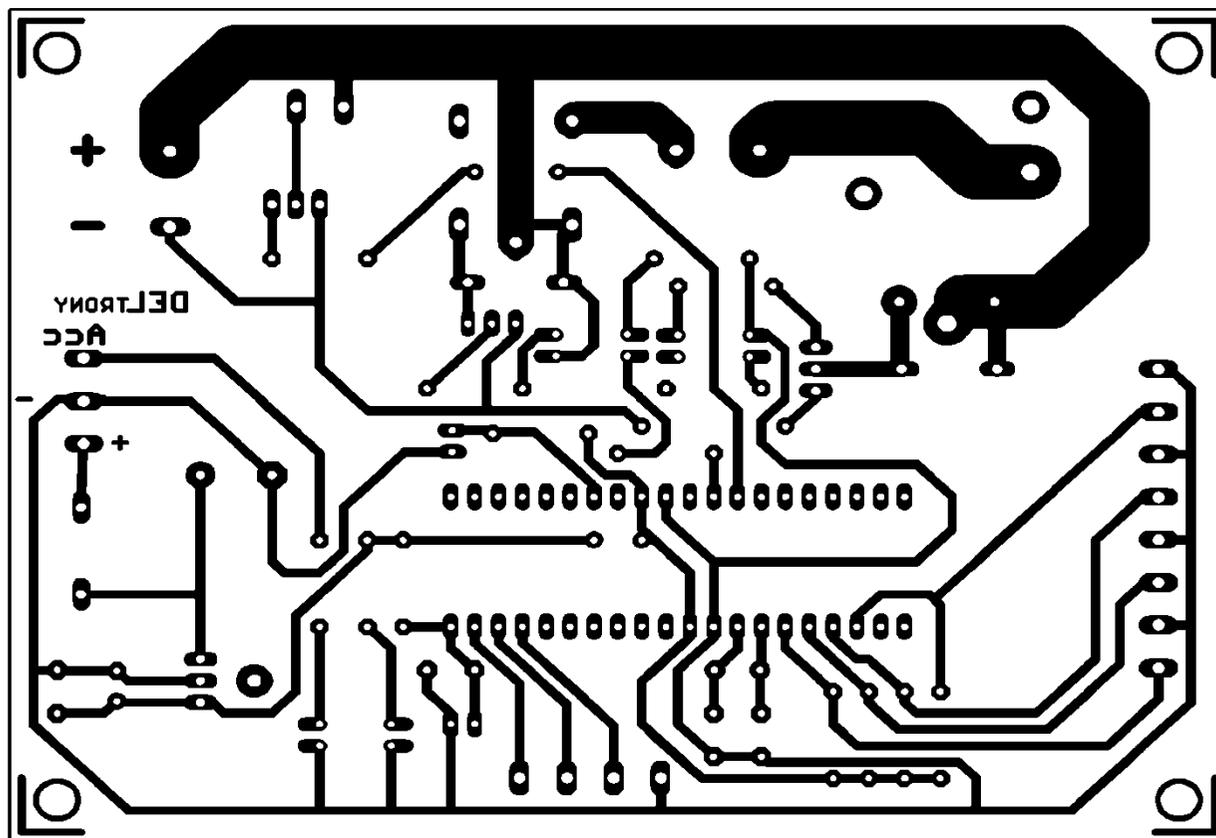
⁹ www.microchip.com (15/09/2010-1:03)

ANEXO A.10. PCB (vista frontal).



Fuente: Deltrony.

ANEXO A.11. PCB (vista posterior).



Fuente: Deltrony.

ANEXO A.12. Programa del PIC por medio del software MICROCODE.

```
*****
'* Name      : FRENO DE MANO AUTOMATICO          *
'* Author    : XAVIER ALEX SUMBA TENEZACA       *
'* Notice    : UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA *
'*          : All Rights Reserved              *
'* Date      : 11/08/2010                       *
'* Version   : 1.0                               *
'* Notes     :                                   *
'*          :                                   *
*****

ban VAR BIT          ' Declaro la variable ban  como un Bit.
est VAR BIT          ' Declaro la variable est  como un Bit.

trish = %11          'Declaro el puerto B.0 y B.1 como entradas.
trisc = %1111        'Declaro el puerto C.0, C.1, C.2 y C.3 como entradas.
trisd = %00000000    'Declaro el puerto D como salidas.

*****SEÑALES DE ENTRADA*****

acc VAR portb.0      'Declaro la variable acc para el puerto B.0.
bot VAR portb.1      'Declaro la variable bot para el puerto B.1.

acel VAR portc.0     'Declaro la variable acel para el puerto C.0.
embr VAR portc.1     'Declaro la variable embr para el puerto C.1.
prim VAR portc.2     'Declaro la variable prim para el puerto C.2.
reve VAR portc.3     'Declaro la variable reve para el puerto C.3.

*****SEÑALES DE SALIDA*****

bobi VAR portd.7     'Declaro la variable bobi para el puerto D.7.
encl VAR portd.6     'Declaro la variable encl para el puerto D.6.
indi VAR portd.5     'Declaro la variable indi para el puerto D.5.

*****PROGRAMA*****

ban = 0              ' Valor inicial de ban=0
est = 0              ' Valor inicial de est=0

LOW bobi:LOW encl:LOW indi      'Apago bobi,encl e indi

apagado:  ' apagar el vehiculo.

    IF est = 1 THEN

HIGH encl:PAUSE 1000:HIGH bobi:PAUSE 2000:LOW encl:PAUSE 2000:LOW bobi:
LOW indi:est = 0

    IF acc = 0 THEN
        IF (prim=1)AND (reve=1)THEN prendido
    ENDIF
        GOTO apagado
```

```
prendido:      ' encender el vehiculo.

      HIGH bobi:HIGH indi:PAUSE 2000:HIGH encl
      ban = 1

prendido1:     'accionar el freno con el boton de mando

      IF acc = 1 THEN :est = 1:GOTO apagado

      IF (bot = 0)AND(ban = 1)AND(prim=1)AND(reve=1) THEN
      ban = 0
      LOW bobi:LOW indi
      GOSUB ptecla
      ENDIF

      IF (bot = 0)AND(ban = 0)AND(prim=1)AND(reve=1) THEN
      IF (acel<>0)OR(embr<>0)OR(prim<>0) THEN
      ban = 1
      HIGH bobi:HIGH indi
      GOSUB ptecla
      ENDIF
      ENDIF
      IF prim=0 THEN LOW bobi:LOW indi:ban = 0
      IF reve=0 THEN LOW bobi:LOW indi:ban = 0
GOTO prendido1

ptecla:        'tiempo para que reaccione el boton

      PAUSE 200

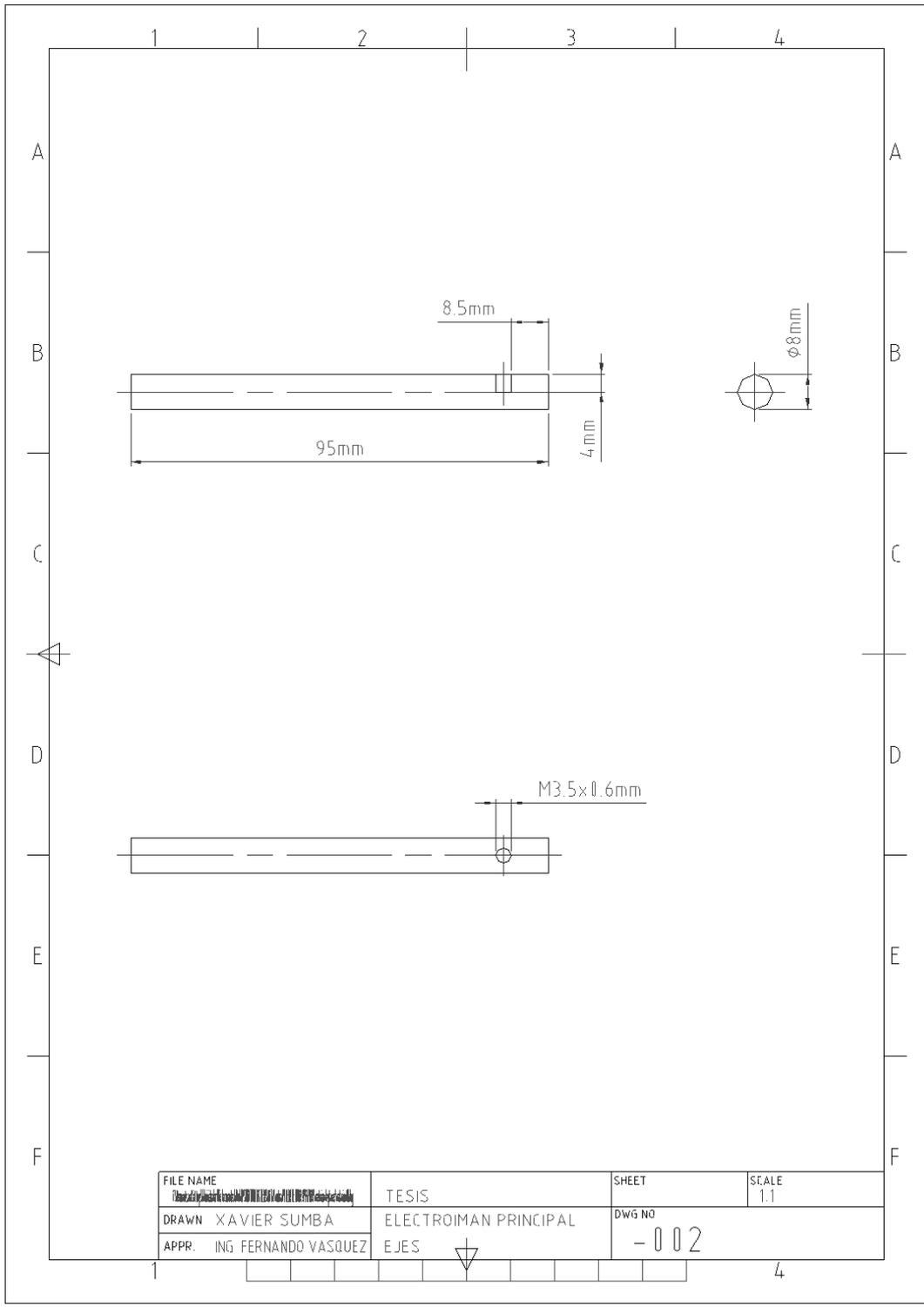
soltar:        'desactivar el freno con el boton de mando

      IF bot = 0 THEN soltar
      PAUSE 200
RETURN
```

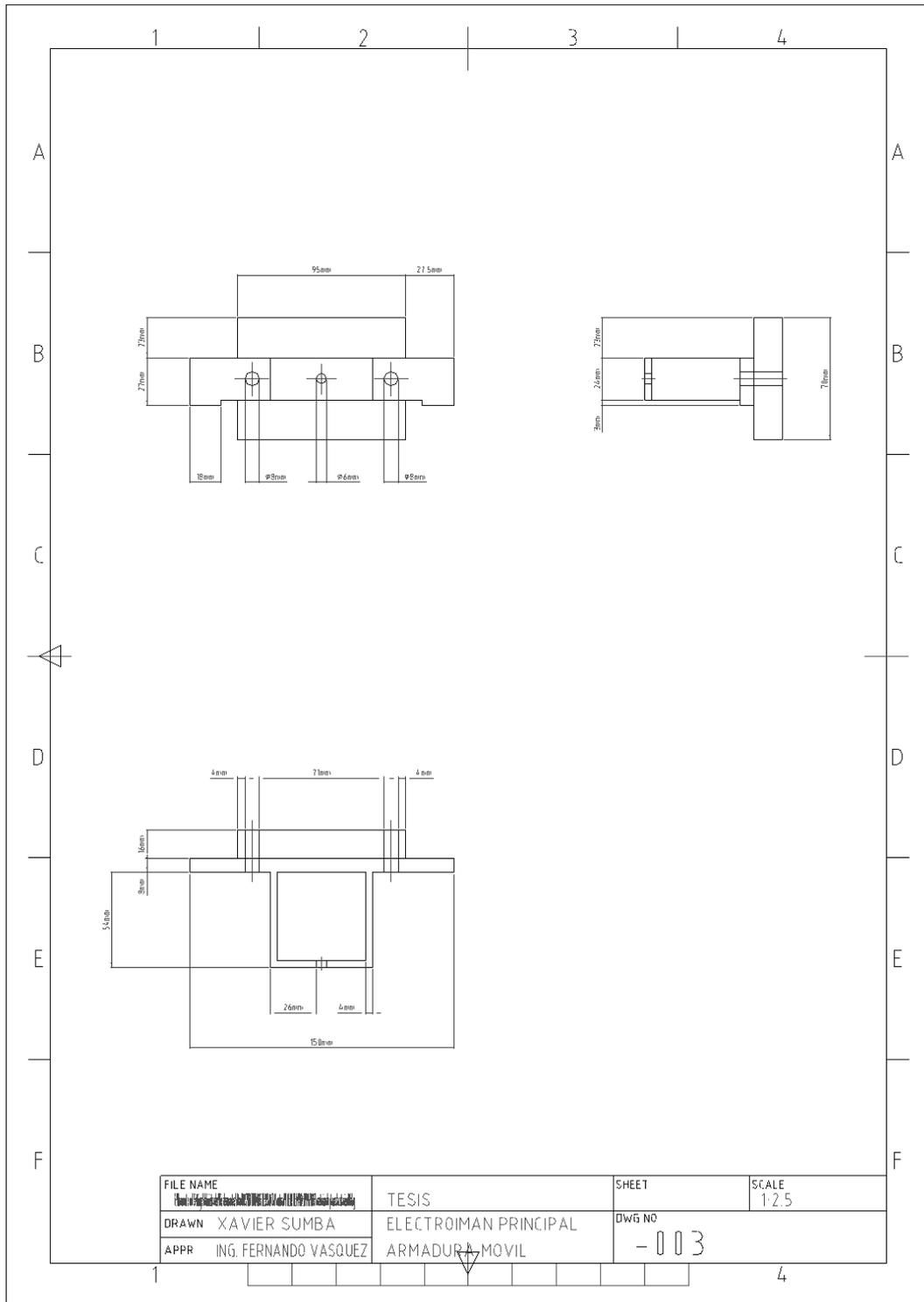
ANEXO B

PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

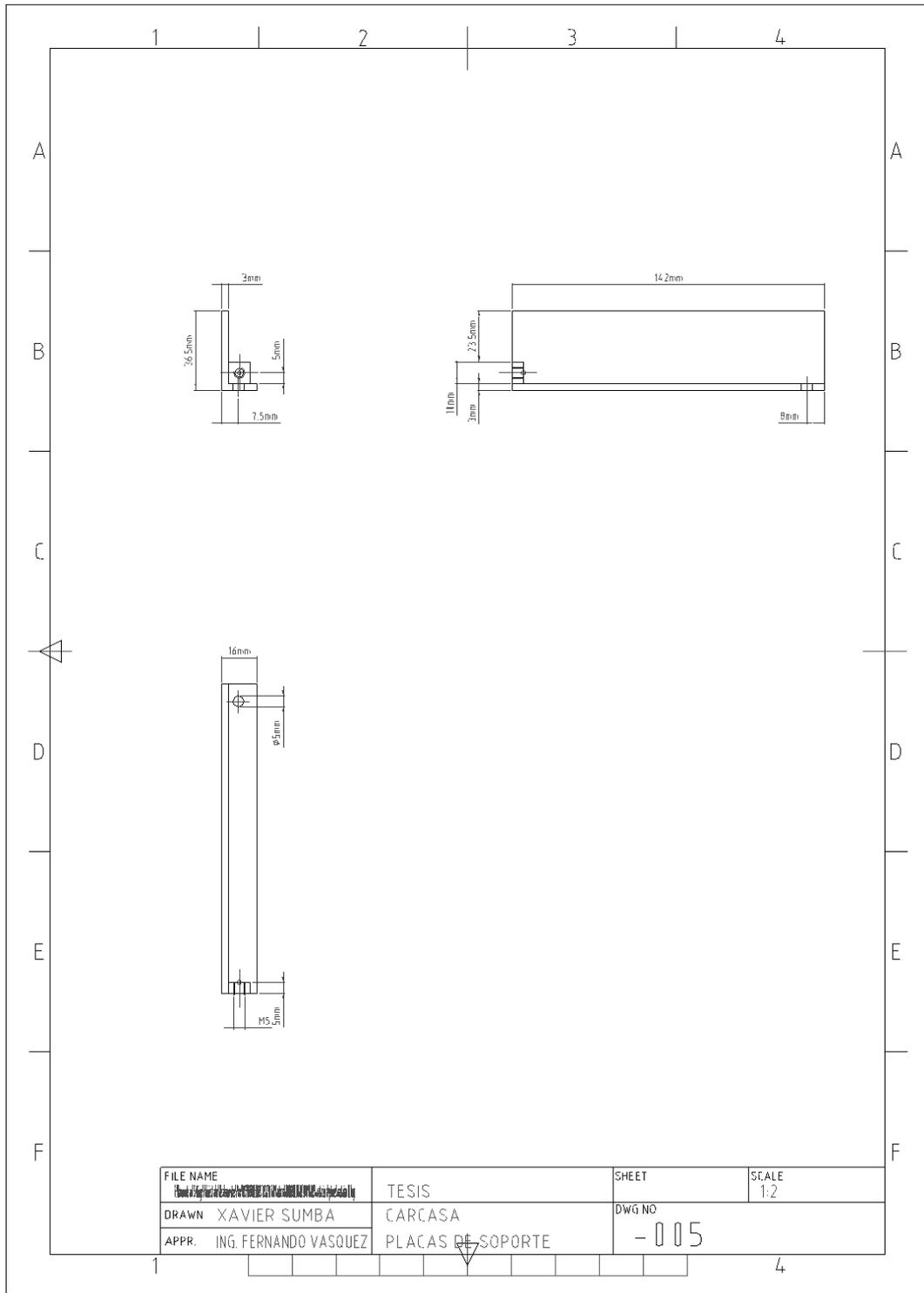
ANEXO B.2. Ejes del electroimán principal.



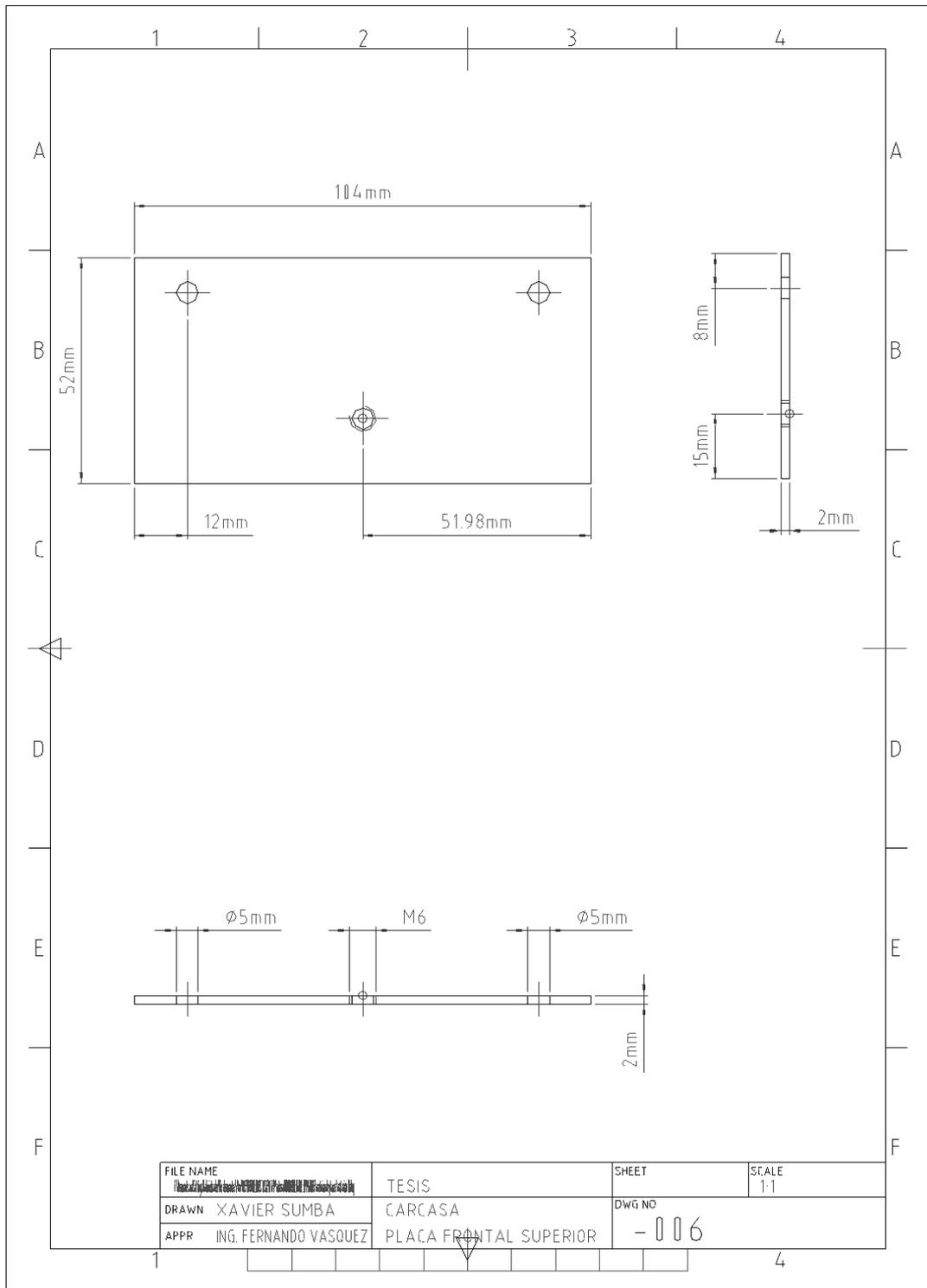
ANEXO B.3. Armadura móvil del electroimán principal.



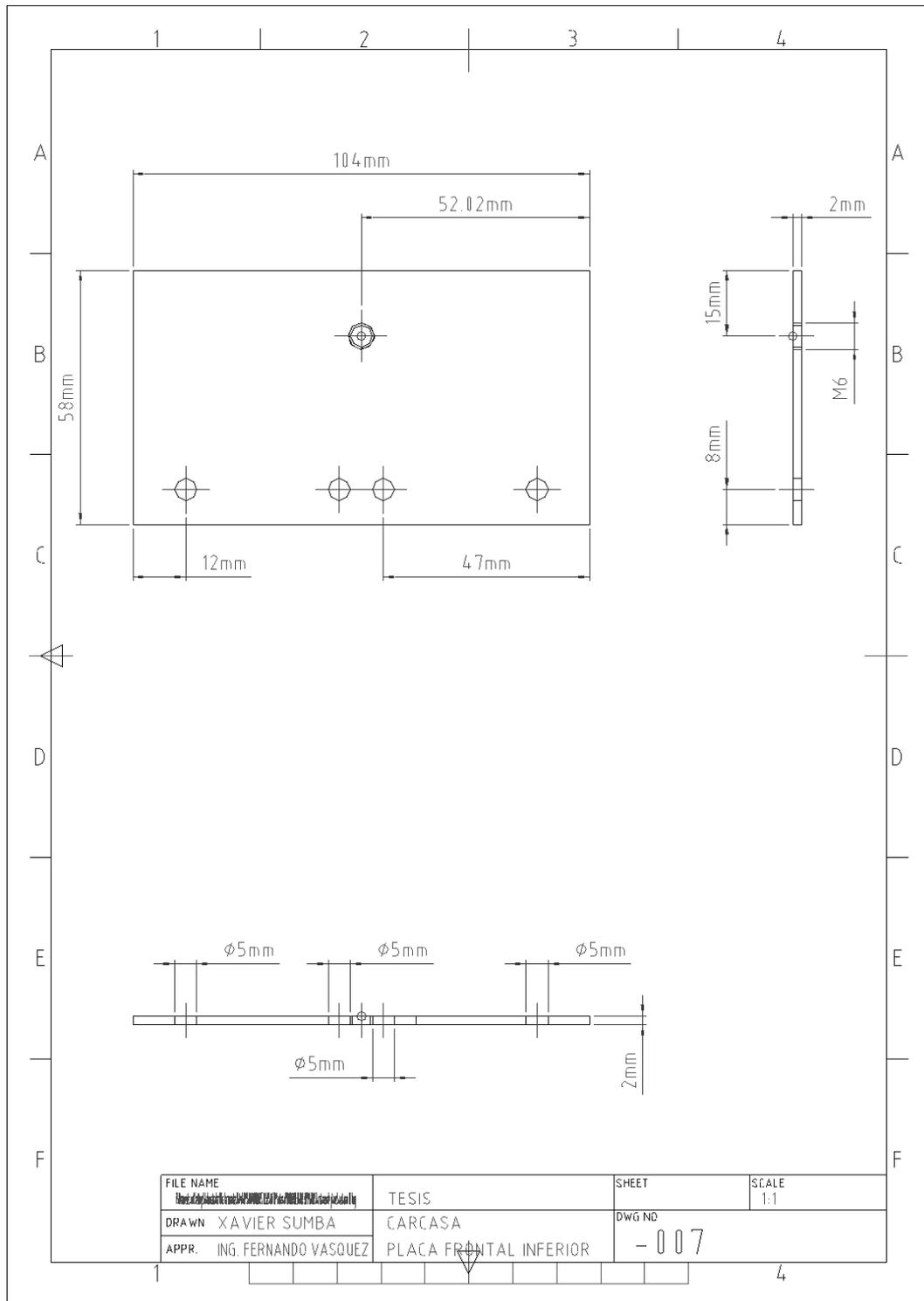
ANEXO B.5. Placas de soporte.



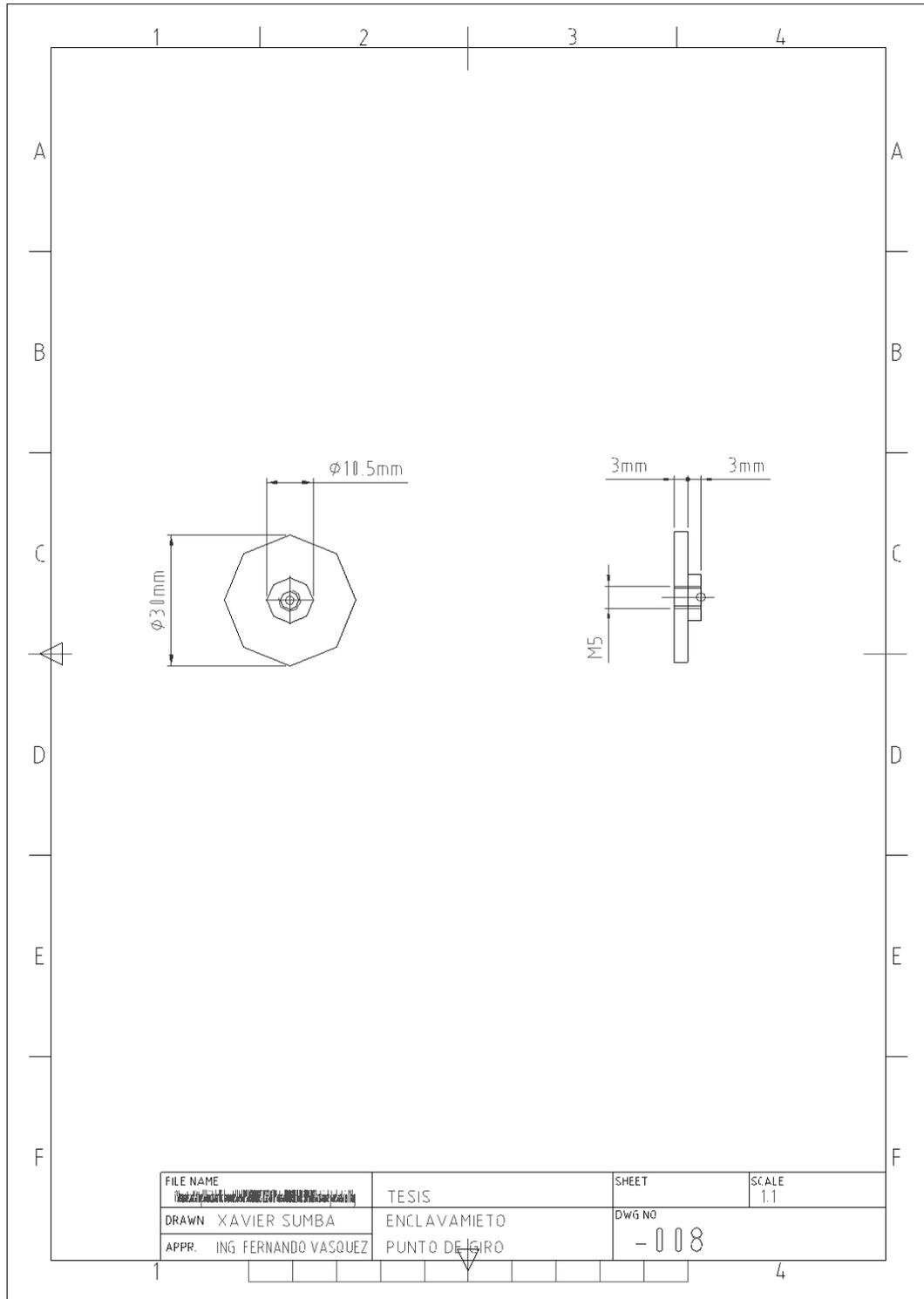
ANEXO B.6.1. Tapa frontal superior.



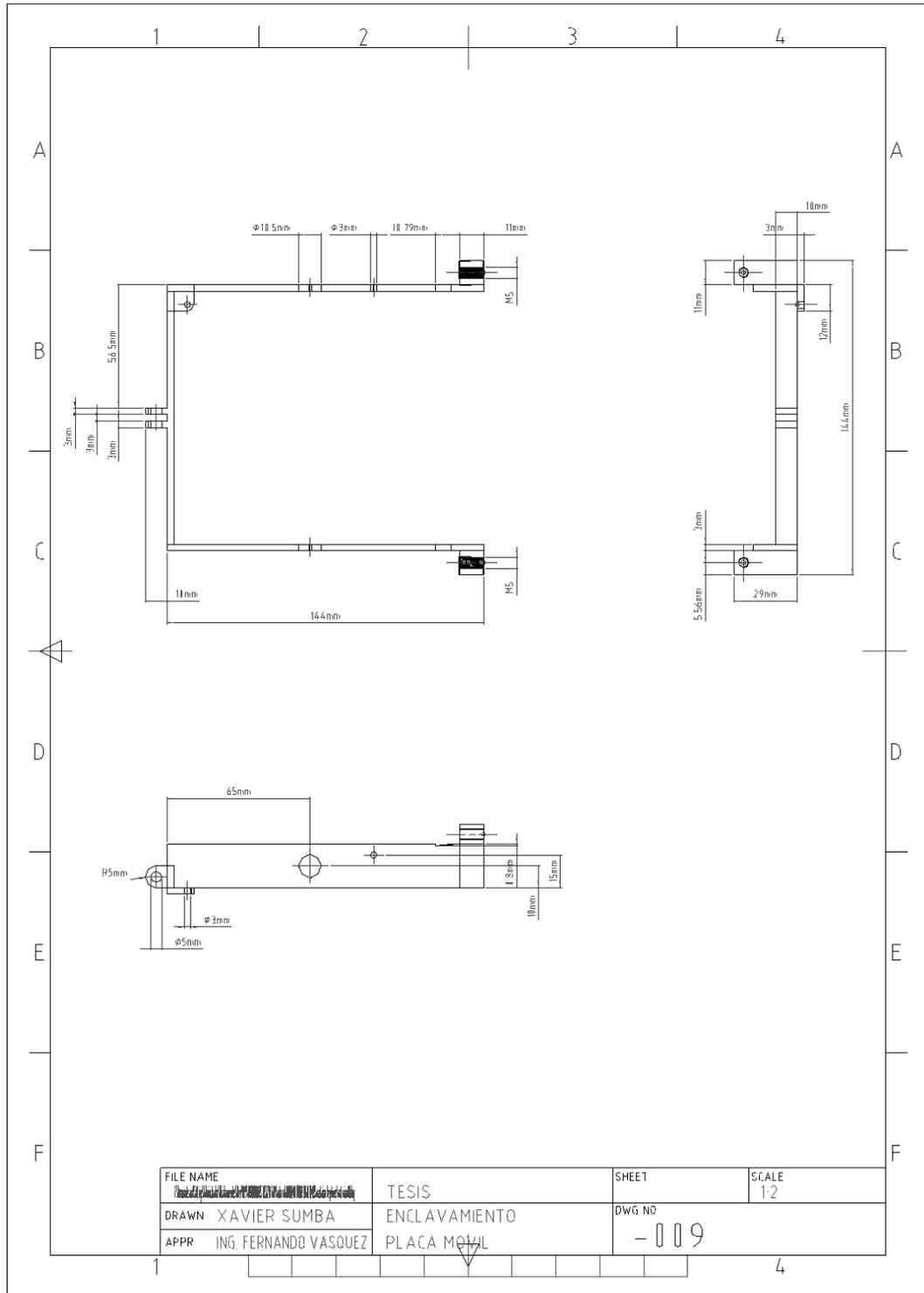
ANEXO B.6.2. Tapa frontal inferior.



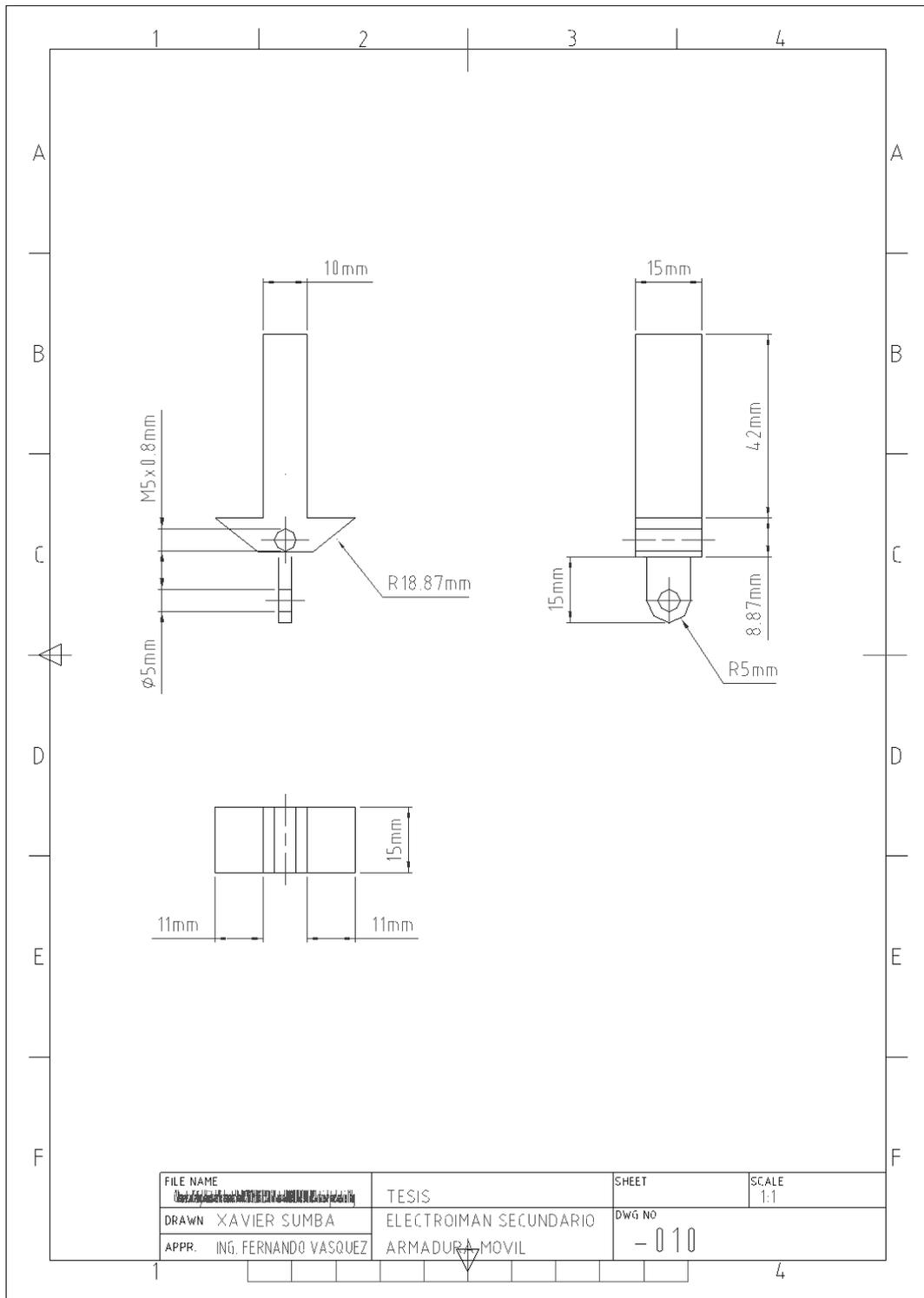
ANEXO B.7. Puntos de giro del enclavamiento.



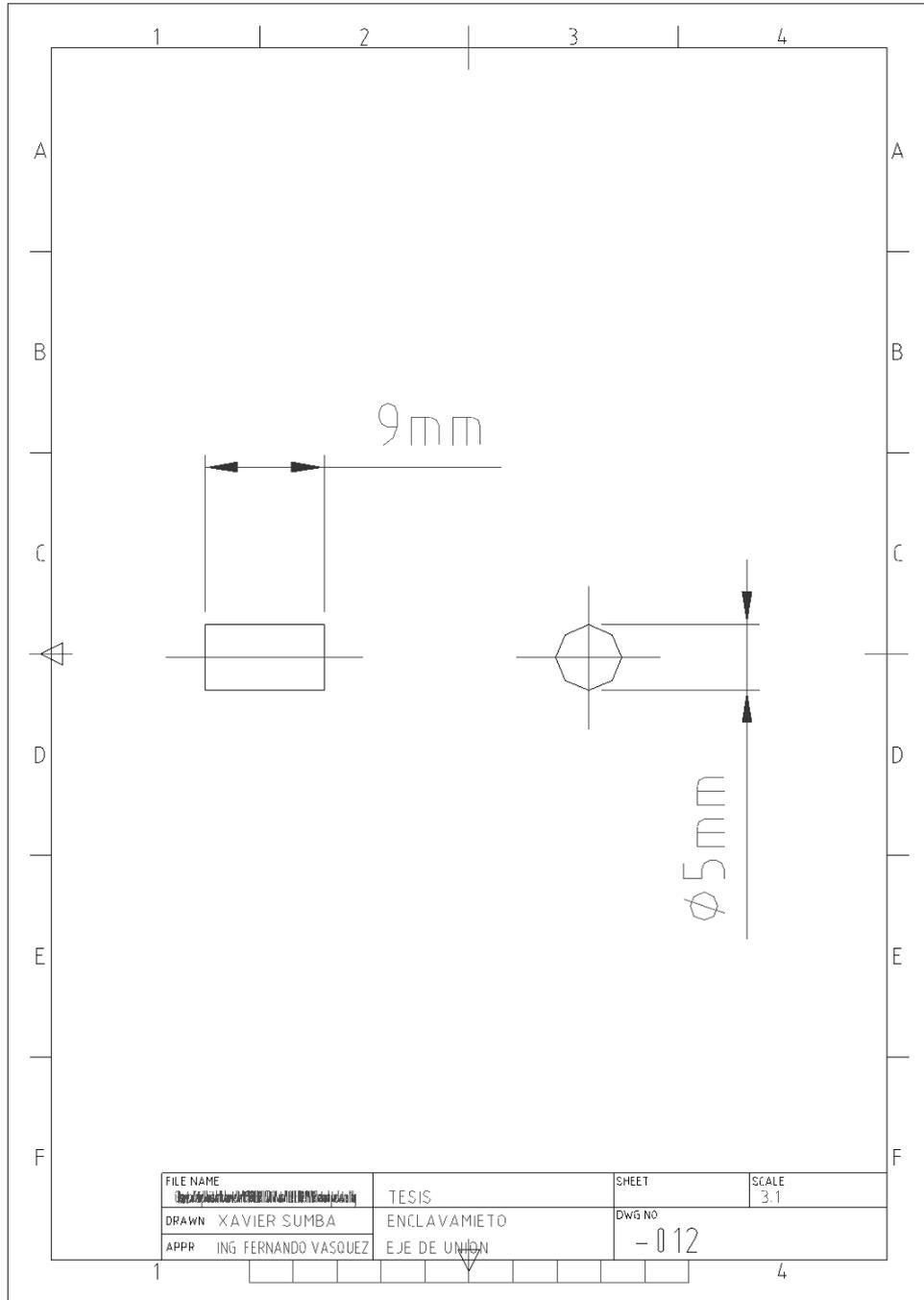
ANEXO B.8. Enclavamiento-placa móvil.



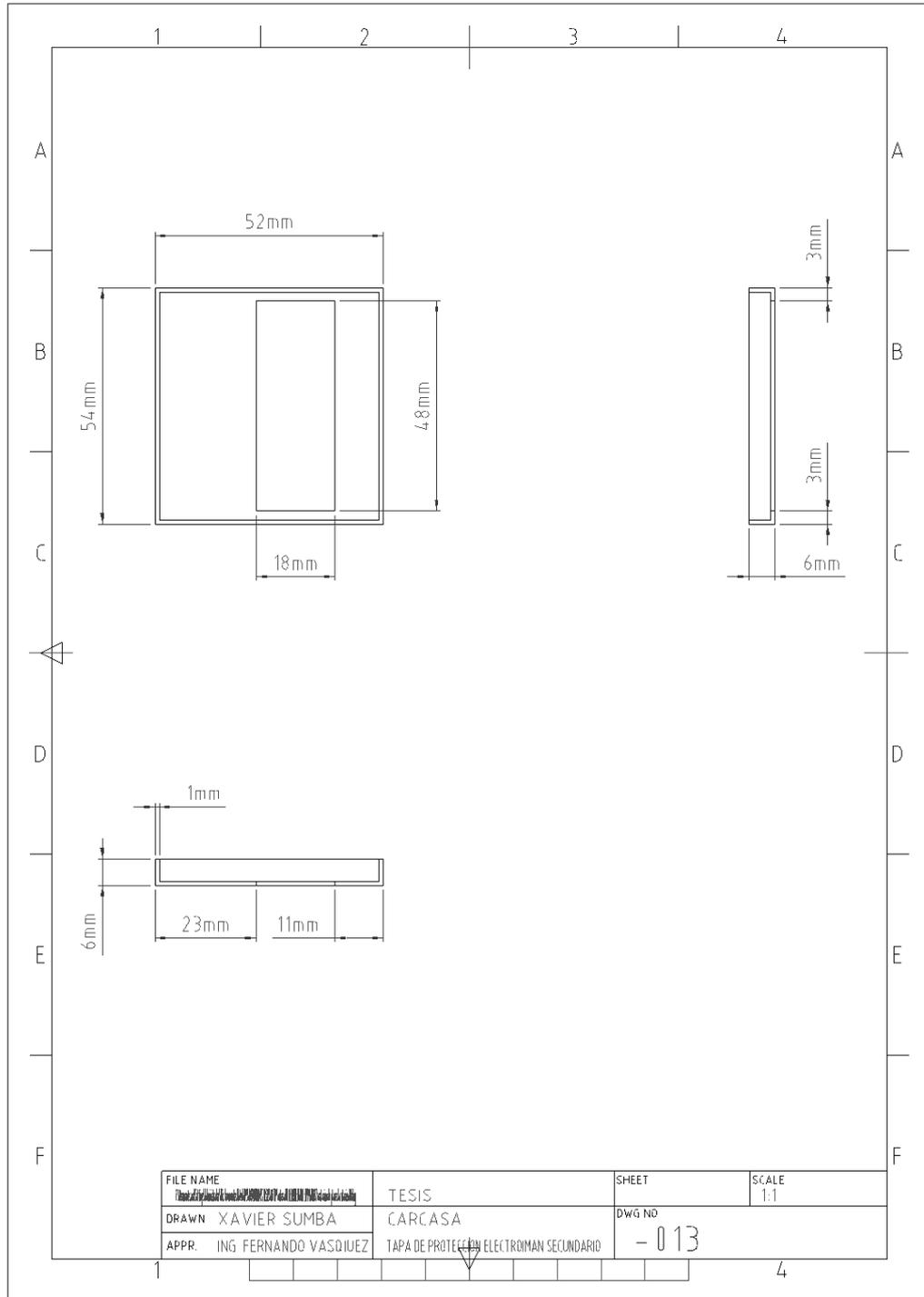
ANEXO B.10. Armadura móvil del electroimán secundario.



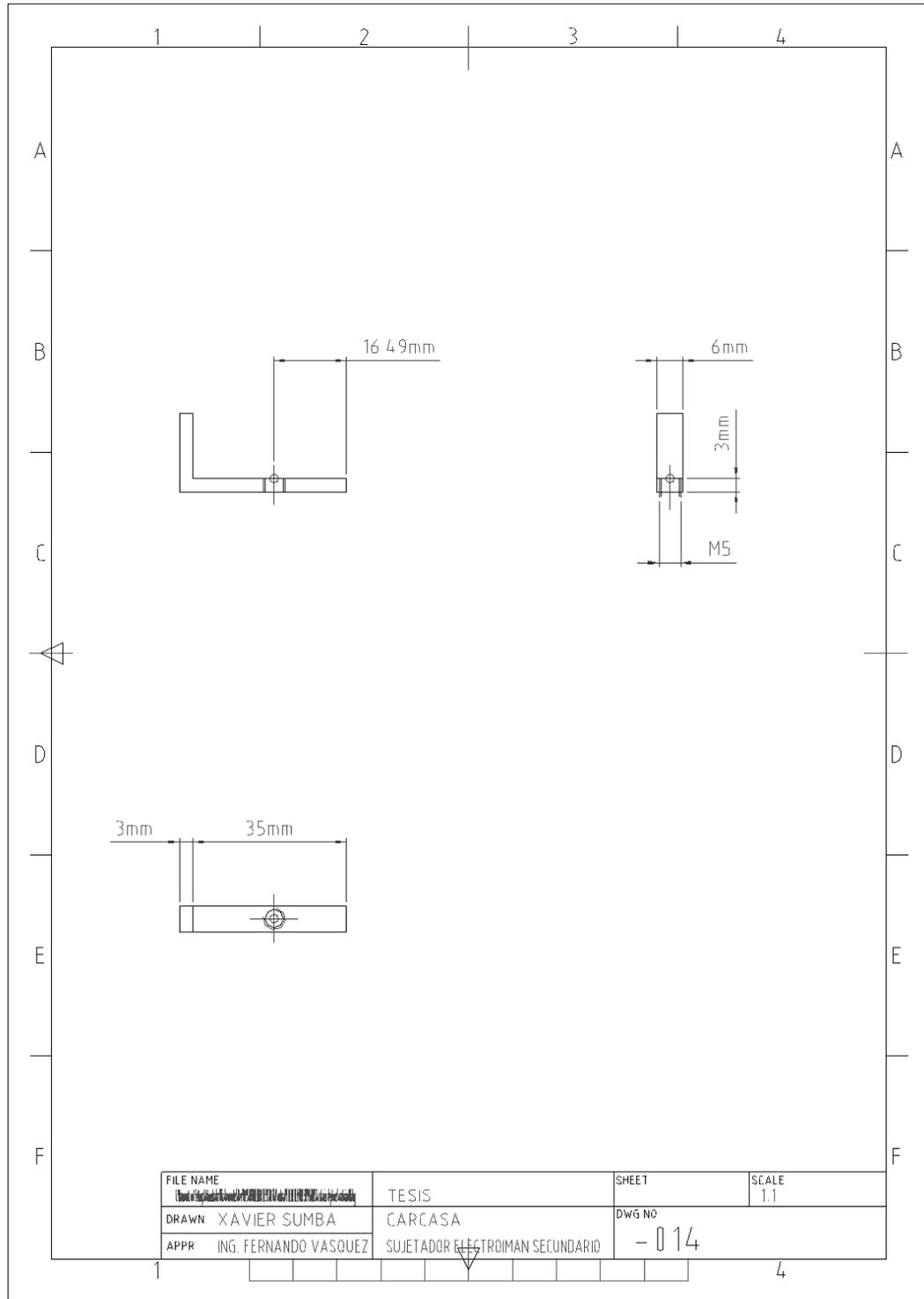
ANEXO B.11. Eje de unión.



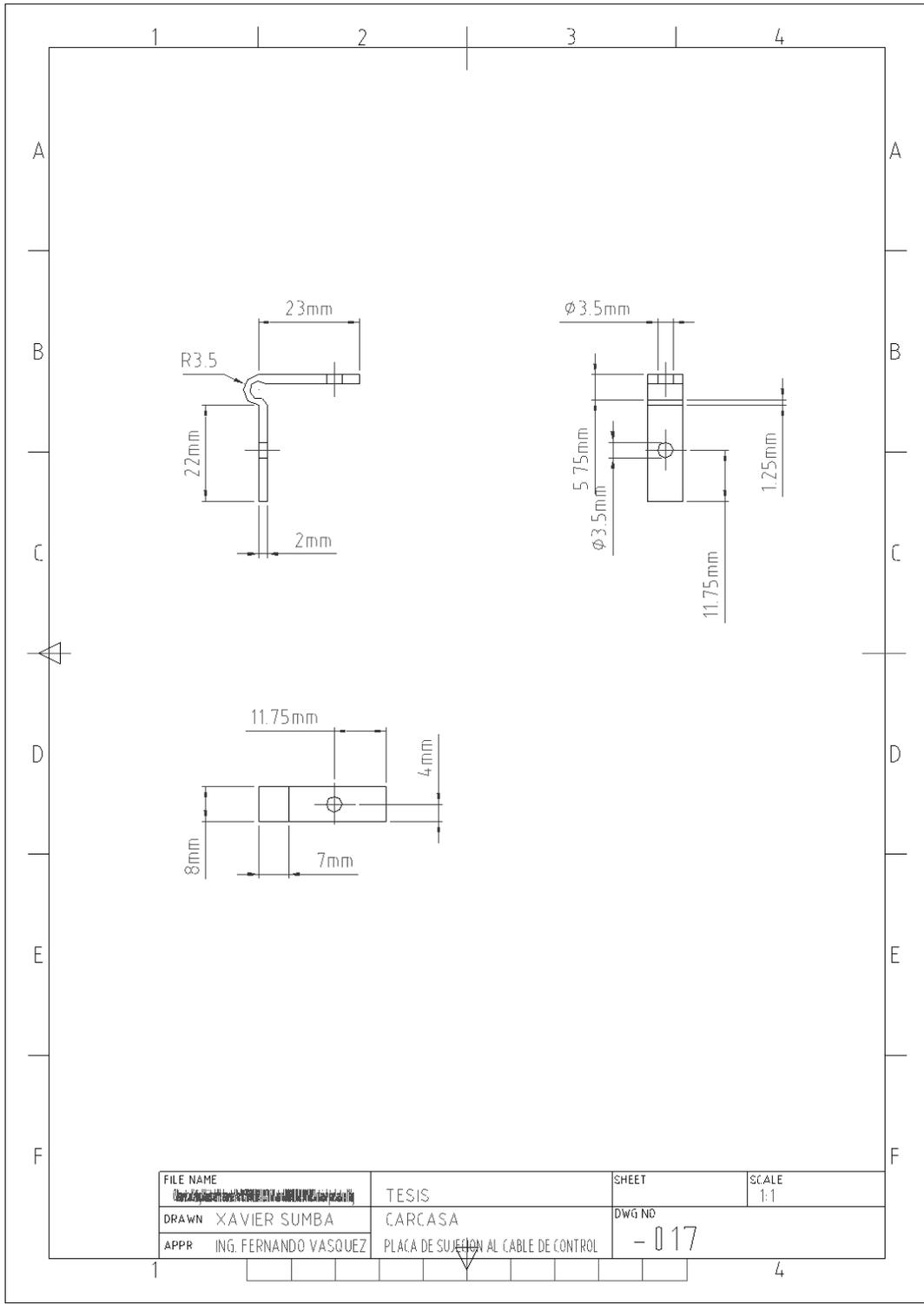
ANEXO B.12. Placa de protección del electroimán secundario.



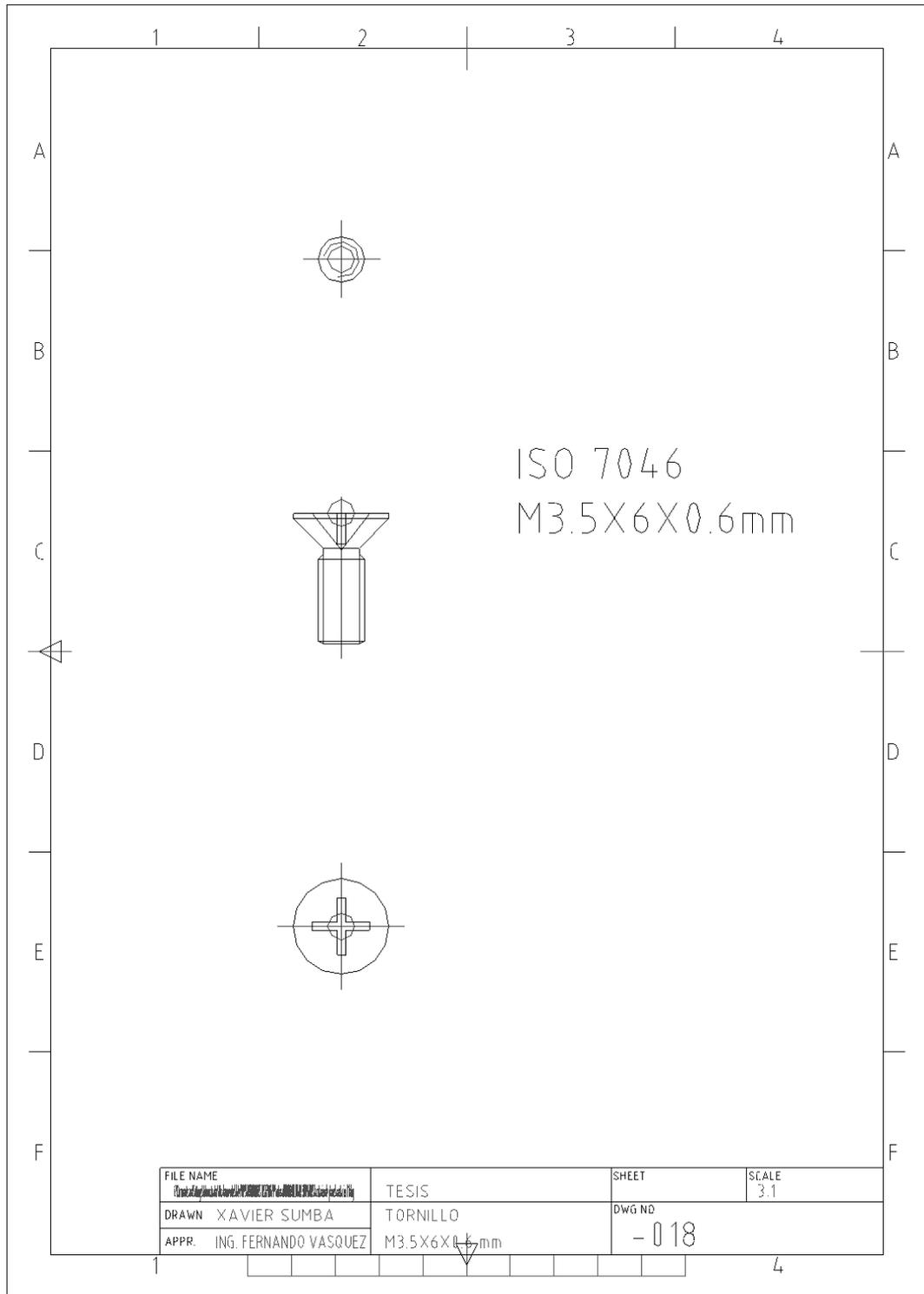
ANEXO B.13. Sujetador del electroimán secundario.



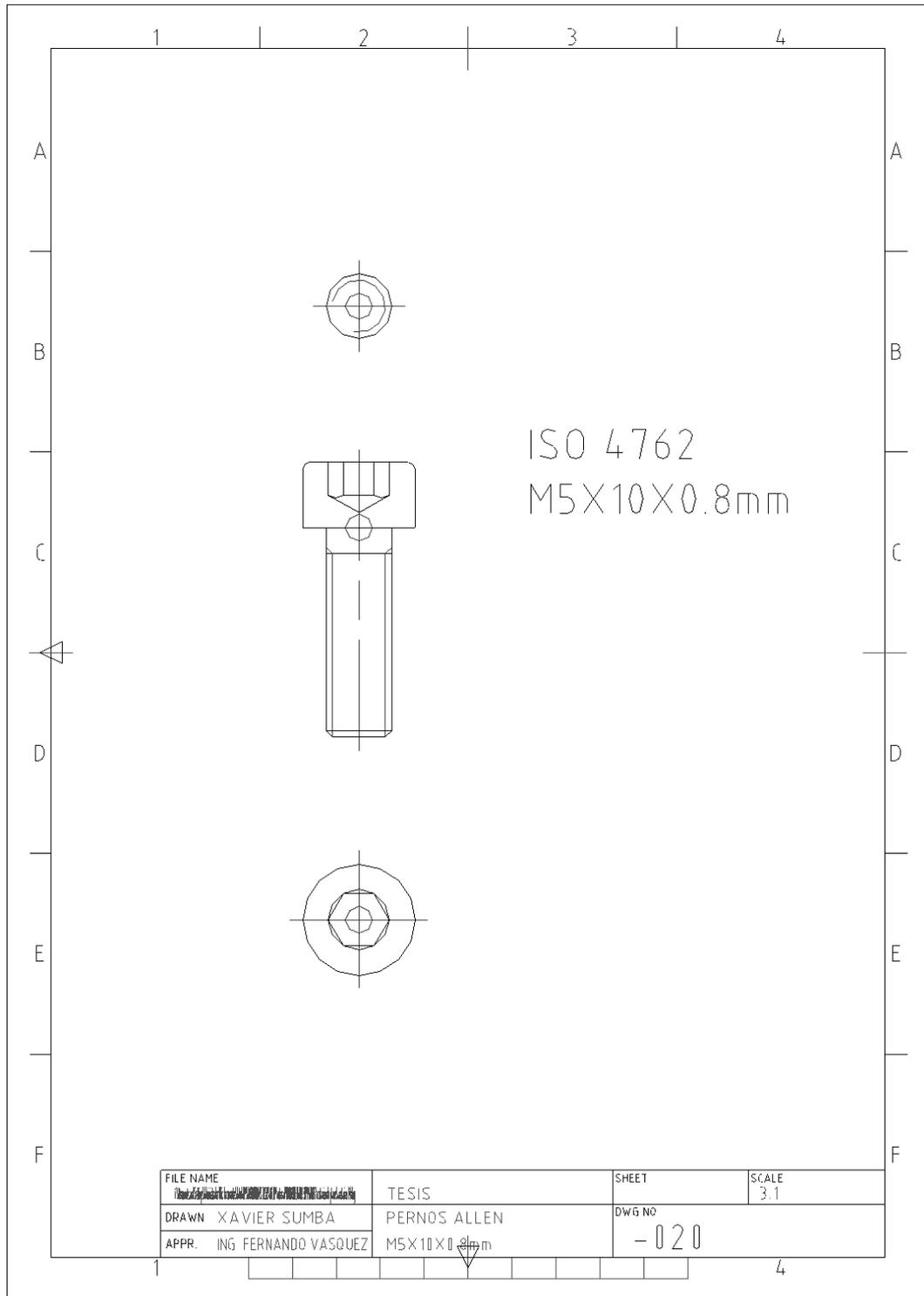
ANEXO B.16. Placa de sujeción del cable de desenclavamiento manual.



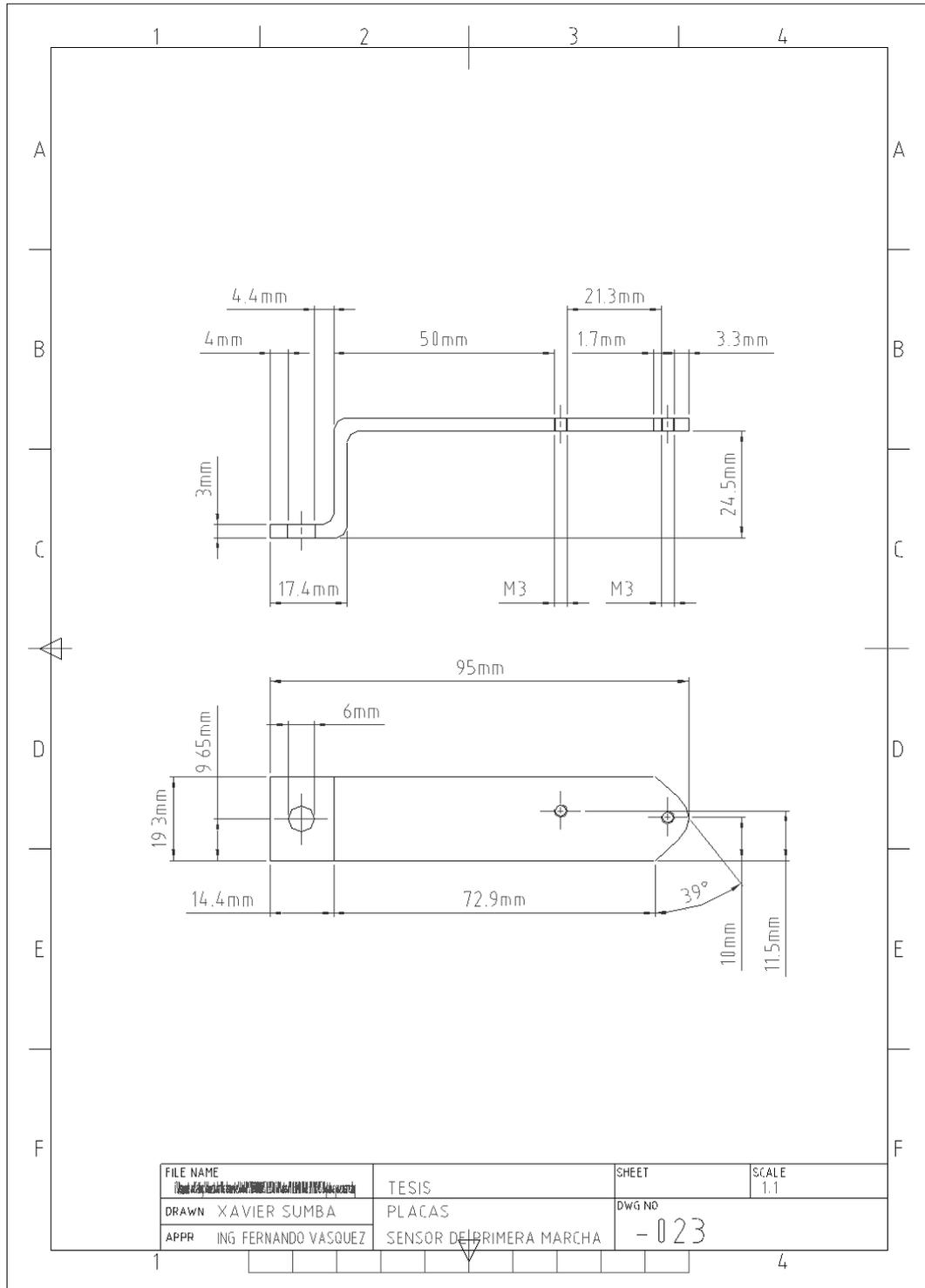
ANEXO B.17. Tornillo ISO 7046 M3.5x6x0.6mm.



ANEXO B.19. Perno Allen ISO 4762 M5x10x0.8mm.



ANEXO B.22. Placa de sujeción del sensor de primera marcha.



ANEXO B.23. Placa de sujeción del sensor de reversa.

