

# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

## FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA-ELECTRICA Y MECATRÓNICA



## “CONVERSIÓN DE UN AUTOMÓVIL DE GASOLINA A ELÉCTRICO CON SISTEMA DE RECARGA ADICIONAL A BASE DE ENERGÍA SOLAR”

Tesis presentada por el Bachiller:

**RODRÍGUEZ ZEA JORGE LUIS**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO MECÁNICO-ELECTRICISTA**

**Asesor:** Ing. César Pio Castillo Cáceres

**AREQUIPA – PERÚ  
2017**

“Agradezco a Dios por permitirme llegar a lograrlo como profesional por acompañarme en mis días tristes y felices y por todo lo que me ha dado”.

Agradezco y dedico esta Tesis a mis padres quienes son las personas que más admiro y respeto, porque supieron hacer de mí un hombre responsable, por sus consejos, porque son la fuente de mi inspiración y ejemplo a seguir; a mi hermano que es mi mejor amigo que me brinda su aliento y apoyo para culminar esta meta.

Agradezco a todos mis amigos y compañeros con los que he compartido grandes momentos quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional.

Finalmente, y con todo respeto agradezco a mis Maestros, Asesores, Tutores quienes me brindaron sus enseñanzas y que por su ayuda incondicional y consejos dedicaron su tiempo y espacio para lograr mi objetivo.

## INDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>13</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPITULO I GENERALIDADES .....</b>	<b>16</b>
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2. ANTECEDENTES.....	17
1.3. OBJETIVOS.....	18
1.3.1. Objetivo General.....	18
1.3.2. Objetivos Especificos .....	18
1.4. JUSTIFICACION.....	18
1.5. ALCANCES.....	20
1.6. LIMITACIONES.....	20
<b>CAPITULO II MARCO TEORICO .....</b>	<b>21</b>
2.1 ANÁLISIS DE LA OFERTA .....	22
2.1.1 Situación actual.....	22
2.1.2 Principales fabricantes .....	24
2.1.3 Oferta de coches eléctricos.....	25
2.1.4 Infraestructura de recargas .....	26
2.1.4.1 Tipos de recarga.....	27
2.1.4.2 Recarga y perspectivas .....	28
2.1.5 Baterías.....	30
2.1.5.1 Tipos de baterías.....	31
2.1.5.2 Perspectivas .....	35
2.1.5.3 Litio como fuente de energía .....	36
2.1.5.4 El litio en Peru .....	36
2.1.5.5 Reciclaje de las baterías de ion-litio .....	37
2.1.5.6 Tecnologías de reciclado.....	38

2.1.5.7 Rentabilidad económica del reciclado .....	39
2.1.6 Motores eléctricos .....	42
2.1.6.1 Tipos de motores eléctricos .....	42
2.1.6.2 Frenada regenerativa .....	46
2.3 BARRERAS.....	48
2.4 IMPACTOS.....	50
2.4.1 Impacto en la red eléctrica .....	50
2.4.2 Impacto medioambiental .....	50
2.5 SINERGIAS.....	51
2.6 PROYECTOS DESTACADOS .....	52
2.7 PERSPECTIVAS.....	53
<b>CAPITULO III ESTUDIO DE MERCADO.....</b>	<b>54</b>
3.1 ANÁLISIS DEL ENTORNO .....	54
3.1.1 Entorno mundial.....	54
3.1.2 Entorno político y social .....	56
3.1.3 Entorno económico .....	57
3.2 ENTORNO ESPECÍFICO.....	59
3.2.1 Amenaza de entrada de nuevos competidores.....	59
3.2.2 Poder de negociación de los proveedores.....	60
3.2.3 Poder de negociación de los clientes.....	60
3.2.4 Amenaza de productos sustitutos.....	61
3.2.5 Rivalidad entre competidores.....	62
3.3 ANÁLISIS INTERNO DE LA EMPRESA.....	62
3.3.1 Identidad de la empresa.....	62
3.3.2 Segmentación de mercado .....	63
3.3.2.1 Estrategia a implementar.....	64
3.3.2.2 Análisis de los modelos para la conversión .....	65
3.3.3 Análisis funcional .....	66
3.3.3.1 Área comercial.....	66
3.3.3.2 Área de producción.....	67
3.3.3.3 Área tecnológica.....	67

3.3.3.4 Área de organización y dirección.....	67
3.4 DAFO .....	67
3.4.1 Amenazas .....	67
3.4.2 Oportunidades .....	69
3.4.3 Debilidades .....	70
3.4.4 Fortalezas .....	70
3.5 HOMOLOGACIÓN .....	71
3.5.1 Reformas en el vehículo .....	71
3.5.2 Reforma N° 1 sustitución del motor por otro de distinta marca y tipo	71
3.5.3 Reforma N° 2 sustitución de la caja de velocidades por otra de distinto numero de relaciones .....	73
3.5.4 Reforma N° 3 cambio de tipo de vehículo .....	74
3.5.5 Inspección técnica de vehículos .....	74
3.6 ESTUDIO AMBIENTAL .....	75
3.6.1 Emisiones de los vehiculos de combistion .....	75
3.6.2 Efecto invernadero .....	76
3.6.3 Consumo electrico en la planta, vehiculo electrico .....	76
3.6.4 Emisiones por tecnologia .....	76
3.6.5 Resultados .....	77
<b>CAPITULO IV PROCESO INTEGRAL DE CONVERSIÓN DEL VEHÍCULO DE COMBUSTIÓN INTERNA A SISTEMA ELÉCTRICO .....</b>	<b>78</b>
4.1. DINÁMICA DEL VEHÍCULO.....	78
4.1.1 Fuerzas que se oponen al desplazamiento del vehiculo .....	79
4.1.1.1 Fuerza de rozamiento a la rodadura de los neumaticos .....	79
4.1.1.2 Fuerza aerodinámica .....	80
4.1.1.3 Fuerza de ascenso .....	82
4.1.2 Ecuación de la dinámica de tracción.....	82
4.1.2.1 Cargas dinamicas en los ejes .....	88
4.1.2.2 Carga estatica y centro de grevedad .....	89
4.1.2.3 Transferencia de cargas debido a la aceleracion .....	89
4.1.2.4 Transferencia de cargas debida a pendientes .....	90

4.1.3 Esfuerzo máximo de tracción.....	90
4.2 COMPORTAMIENTO DEL VEHÍCULO.....	91
4.2.1 Velocidad maxima.....	93
4.2.2 Aceleracion .....	94
4.3 ECUACIÓN DE LA BATERÍAS .....	96
4.4 DIMENSIONAMIENTO DEL GRUPO PROPULSOR .....	99
4.4.1 Seleccin de los componentes .....	107
4.4.1.1 Seleccin del motor electrico.....	107
4.4.1.2 Seleccin de la reductora .....	115
4.4.1.3 Seleccin de las baterías.....	115
4.4.1.4 Influencia de la frenada regenerativa.....	121
4.4.1.5 Influencia de los accesorios.....	122
4.4.1.6 Esquema de montaje motor transmision baterías.....	123
4.4.1.7 Seleccin del inversor y control .....	123
4.4.1.8 Pedal del acelerador.....	126
4.4.1.9 Esquema de montaje baterías control motor transmision ....	127
4.5 CABLEADO.....	127
4.6 MARCHAS .....	129
4.7 ELEMENTOS QUE FUNCIONABAN CON ACCIONAMIENTO MECÁNICO Y QUE REQUIEREN ELEMENTOS AUXILIARES.....	130
4.8 CALCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD .....	132
4.9 SUSPENSIÓN.....	137
4.10 SUJECIONES DE LOS COMPONENTES .....	139
4.10.1 Sujecion de las baterías .....	140
4.10.1.1 Soporte para los paquetes de 5 baterías .....	141
4.10.1.2 Sujecion del soporte del paquete de 3 baterías .....	143
4.10.1.3 SOPORTE BATERIA EXTRA.....	144
4.10.1.4 Transmisión de fuerza Motor Caja de cambios .....	144
4.11 FABRICACIÓN DE LOS ACOPLER EXTERNAS.....	145
4.12 SOPORTE MOTOR- REDUCTORA INVERSOR Y CONTROL .....	147
4.13 RECARGA DE LAS BATERÍAS .....	150
4.13.1 Modos de repostaje.....	150

4.14 CONECTORES .....	152
4.15 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA REQUERIDA.....	152
4.15.1 Dimensionado .....	154
<b>CAPITULO V ESTUDIO ECONÓMICO .....</b>	<b>158</b>
5.1 ESTUDIO CLIENTE .....	158
5.1.1 INVERSIÓN REQUERIDA.....	158
5.1.2 Costos de impuestos y otros .....	159
5.2 Gastos de Mano de Obra .....	159
5.2.1 Inversión requerida equipos.....	159
5.2.2 Costo de Insumos .....	160
5.2.3 Costos de trabajo.....	160
5.2.3.1 Costos de producción.....	160
5.2.3.2 Costos administrativos.....	160
5.2.3.3 Costos de servicio .....	160
5.2.3.4 Costo de inversión en la adquisición del vehículo .....	161
5.2.3.5 Costos financieros .....	161
5.2.4 Evaluación financiera .....	161
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>162</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>163</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>164</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>168</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla Nº 1:</b> Impacto sobre el mercado.....	62
<b>Tabla Nº 2:</b> Estándares de calidad de aire.....	77
<b>Tabla Nº 3:</b> Daños que produce la contaminación del aire.....	77
<b>Tabla Nº 4:</b> Coeficientes de adhesión.....	91
<b>Tabla Nº 5:</b> Pares motores.....	108
<b>Tabla Nº 6:</b> Motores síncronos.....	112
<b>Tabla Nº 7:</b> Característica del Motor.....	114
<b>Tabla Nº 8:</b> Tipos de baterías-densidad energética.....	116
<b>Tabla Nº 9:</b> Ejemplo de costo de banco de batería de Litio Según su voltaje y carga.....	116
<b>Tabla Nº 10:</b> Cantidad de baterías necesarias según su voltaje.....	117
<b>Tabla Nº 11:</b> Características de las baterías MF105D31L.....	118
<b>Tabla Nº 12:</b> Influencia de la frenada regenerativa.....	121
<b>Tabla Nº 13:</b> Consumo de los accesorios.....	122
<b>Tabla Nº 14:</b> Autonomía con los accesorios.....	122
<b>Tabla Nº 15:</b> Características del controlador.....	125
<b>Tabla Nº 16:</b> Otras características del controlador.....	126
<b>Tabla Nº 17:</b> Pesos y dimensiones de los componentes sensible.....	133
<b>Tabla Nº 18:</b> Parámetros de la rigidez y amortiguamiento de la suspensión ...	138
<b>Tabla Nº 19:</b> Comparación de los parámetros de la suspensión.....	138
<b>Tabla Nº 20:</b> Desplazamiento de la suspensión.....	139
<b>Tabla Nº 21:</b> Componentes a sujetarse.....	140
<b>Tabla Nº 22:</b> Características panel fotovoltaico de 230 Wp.....	153
<b>Tabla Nº 23:</b> Coeficientes de pérdidas.....	154
<b>Tabla Nº 24:</b> Entrada de paneles solares.....	157
<b>Tabla Nº 25:</b> Precio de Equipos Principales.....	158
<b>Tabla Nº 26:</b> Inversión en el taller.....	159
<b>Tabla Nº 27:</b> Insumos usados en la conversión.....	160
<b>Tabla Nº 28:</b> Evaluación de los Costos.....	161

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura Nº 1:</b> Vehículos de la Ciudad Arequipa .....	21
<b>Figura Nº 2:</b> Vehículo Eléctrico Marca Mitsubishi Modelo i-MiEV 2012 .....	23
<b>Figura Nº 3:</b> Auto Toyota Prius C .....	25
<b>Figura Nº 4:</b> Mitsubishi i-MiEV .....	26
<b>Figura Nº 5:</b> Servicio de carga .....	27
<b>Figura Nº 6:</b> Poste de carga rápida .....	28
<b>Figura Nº 7:</b> Estación de recarga con Paneles Solares .....	30
<b>Figura Nº 8:</b> Banco de baterías .....	31
<b>Figura Nº 9:</b> Baterías recargables de Litio.....	34
<b>Figura Nº 10:</b> Extracción de Litio .....	40
<b>Figura Nº 11:</b> Litio en estado Natural.....	41
<b>Figura Nº 12:</b> Motor DC de 144V y controlador de 1000 A. enfriado por líquido. ....	43
<b>Figura Nº 13:</b> Motor de Imanes Permanente 30 HP .....	43
<b>Figura Nº 14:</b> Motor AC en varios modelos de 42 a 165 HP .....	44
<b>Figura Nº 15:</b> Kit de conversión .....	45
<b>Figura Nº 16:</b> Freno regenerativo .....	46
<b>Figura Nº 17:</b> Evolución del precio del petróleo.....	55
<b>Figura Nº 18:</b> Distribución de presiones sobre el neumático .....	79
<b>Figura Nº 19:</b> Cálculo de los coeficientes de rozamientos.....	80
<b>Figura Nº 20:</b> Distribución de las líneas de corriente sobre el vehículo.....	81
<b>Figura Nº 21:</b> Posicionamiento de ejes.....	81
<b>Figura Nº 22:</b> Diagrama de cuerpo libre sobre la rueda .....	83
<b>Figura Nº 23:</b> Diagrama de cuerpo libre sobre masas suspendidas.....	85
<b>Figura Nº 24:</b> Curvas por potencia (control vectorial) .....	92
<b>Figura Nº 25:</b> Curva proporción de velocidad .....	93
<b>Figura Nº 26:</b> Curvas de esfuerzos pendientes variable .....	94

<b>Figura Nº 27:</b> Coeficiente de inercia rotacional.....	95
<b>Figura Nº 28:</b> Balance de potencias .....	97
<b>Figura Nº 29:</b> Caja de cambios .....	115
<b>Figura Nº 30:</b> Batería Hankook modelo MF105D31L.....	118
<b>Figura Nº 31:</b> Batería de Gel Optima .....	119
<b>Figura Nº 32:</b> Batería Maraathon 12V 100Ah .....	120
<b>Figura Nº 33:</b> Características Batería Marathon M1290FT .....	120
<b>Figura Nº 34:</b> Montaje de motor eléctrico, banco de baterías y sistema de transmisión.....	123
<b>Figura Nº 35:</b> Inversor.....	124
<b>Figura Nº 36:</b> Pedal acelerador .....	126
<b>Figura Nº 37:</b> Base de pedal.....	127
<b>Figura Nº 38:</b> Esquema de montaje de los componentes.....	127
<b>Figura Nº 39:</b> Banco de baterías .....	128
<b>Figura Nº 40:</b> Conexión de las marchas del vehículo .....	129
<b>Figura Nº 41:</b> Convertidor DC/DC.....	131
<b>Figura Nº 42:</b> Bomba de Vacío .....	131
<b>Figura Nº 43:</b> Cargador de baterías.....	132
<b>Figura Nº 44:</b> VW Pasatt año 1983.....	134
<b>Figura Nº 45:</b> Espacio operativo del VW Passat.....	135
<b>Figura Nº 46:</b> Posición del centro de gravedad y elementos del vehículo .....	137
<b>Figura Nº 47:</b> Suspensión McPherson.....	137
<b>Figura Nº 48:</b> Modelo de suspensión.....	138
<b>Figura Nº 49:</b> Materiales .....	141
<b>Figura Nº 50:</b> Maletera VW PAssat.....	142
<b>Figura Nº 51:</b> Baterías posterior .....	142
<b>Figura Nº 52:</b> Soporte de baterías delanteras .....	143
<b>Figura Nº 53:</b> Soporte de Batería extra convertidor DC/DC y bomba de Vacío	144
<b>Figura Nº 54:</b> Acoples Motor caja de cambios .....	145
<b>Figura Nº 55:</b> Placa de caja de cambios.....	146

<b>Figura Nº 56:</b> Acople motor/placa caja de cambios .....	147
<b>Figura Nº 57:</b> Base de motor .....	148
<b>Figura Nº 58:</b> Placa Base de motor .....	148
<b>Figura Nº 59:</b> Soporte de jebe .....	149
<b>Figura Nº 60:</b> Placa soporte controlador .....	149
<b>Figura Nº 61:</b> Armado Motor-caja-controlador .....	150
<b>Figura Nº 62:</b> Definición de las horas de pico solar .....	155



## RESUMEN

En la presente Tesis se demuestra el proceso de conversión de un vehículo Volkswagen Passat 1983 que funcionaba con gasolina y aceite a vehículo con funcionamiento eléctrico cuyo abastecimiento es a base de baterías recargables mediante la energía eléctrica y/o solar.

Para el desarrollo del proyecto de conversión se adquirió el vehículo Volkswagen Passat en calidad de chatarra sin el total funcionamiento de su sistema de propulsión a base de combustión interna.

Se efectuó la evaluación del estado funcional del vehículo y de sus sistemas básicos (motor, transmisión, frenos, amortiguación, chasis etc.); que servirían para el desarrollo del proyecto.

Durante el desarrollo del proyecto se desmantelaron todos los equipos del sistema de combustión interna y equipos afines; seleccionando los equipos inservibles cuya reparación resultaba onerosa.

Se efectuaron los cálculos para la adquisición de equipos nuevos que permitirían la conversión a vehículo eléctrico, haciendo un estudio de mercado con proveedores nacionales e internacionales; adquiriendo los equipos acordes a las necesidades y capacidades del proyecto.

Se procedió a diseñar y fabricar las piezas de acople para el ensamble de los nuevos equipos.

Se diseñó el sistema de alimentación del motor eléctrico.

Se realizó el ensamble de las nuevas piezas (motor, controlador, cargador, convertidor DC/DC, banco de baterías, bomba de vacío etc.)

Se realizaron las pruebas de funcionamiento, demostrando que la conversión efectuada de combustión interna a vehículo eléctrico con baterías recargables con energía eléctrica y/o solar se obtuvo con óptimos resultados.

**Palabras claves:** Conversión de un automovil, sistema de recarga, energía solar.

## ABSTRACT

The present thesis demonstrates the process of conversion of a vehicle, Volkswagen Passat 1983, that operated with gasoline and oil to an electric vehicle whose supply is based on rechargeable batteries by electric and / or solar energy.

For the development of the conversion project, the Volkswagen Passat was acquired as scrap without the full operation of its internal combustion propulsion system.

The functional status of the vehicle and its basic systems (engine, transmission, brakes, damping, chassis, etc.) were evaluated; And Select which would serve the development of the project.

During the development of the project all the equipment of the internal combustion system and related equipment were dismantled; selecting the useless equipment whose repair was costly.

The calculations were made for the acquisition of new equipment that would allow the conversion to electric vehicle, doing a market study with national and international suppliers; acquiring the equipment according to the needs and capacities of the project.

The coupling parts were designed and manufactured to assemble the new equipment.

The power system of the electric motor was designed.

The new parts were assembled (motor, controller, charger, DC / DC converter, battery bank, vacuum pump, etc.)

Performance tests were carried out, demonstrating that the conversion of internal combustion to electric vehicle with rechargeable batteries with electric and / or solar energy was obtained with optimum results.

**Key words:** Conversion of a car, charging system, solar energy.

## INTRODUCCION

La presente Tesis contempla el estudio e implementación de conversión de un vehículo de combustión interna por un sistema eléctrico que comprende un motor eléctrico con un banco de baterías y con sus respectivos accesorios. Demostrando la aplicación de la Ingeniería Mecánica en la conversión de algunos sistemas mecánicos a eléctricos con la respectiva puesta en funcionamiento.

Comprende cinco capítulos:

Capitulo I. Generalidades

Capitulo II. Marco Teórico

Capitulo III. Estudio de Mercado

Capitulo IV. Proceso Técnico de Conversión

Capitulo V. Estudio Económico

Conclusiones, recomendaciones y anexos.

En el Primer Capítulo denominado Generalidades corresponde al desarrollo de la descripción del problema, los antecedentes, objetivos generales y específicos; con su respectiva justificación, alcances y limitaciones.

En el Segundo Capítulo se presenta el Marco Teórico que ha servido como base para los cálculos y selección de componentes para la conversión de vehículo de combustión interna a sistema impulsado por la electricidad.

El Tercer Capítulo trata del Estudio de Mercado realizado en el que se muestra la evaluación situacional de la creación de una empresa, donde queremos implementar la conversión del vehículo a combustión a eléctrico basado en la confiabilidad, desde el tipo de empresa, su organización, tipo de producción y

servicios, área de mantenimiento, marketing y otros de interés para el desarrollo del proyecto.

En el Cuarto Capítulo Proceso Técnico de Conversión nos centramos en todos los conocimientos relacionados a la ejecución de la conversión del vehículo de combustión interna a eléctrico y todos los elementos necesarios para su funcionamiento.

En el Quinto Capítulo Estudio Económico se muestra los costos y beneficios económicos que se obtiene al convertir un vehículo de combustión interna a eléctrico.

Se presentan las Conclusiones, Recomendaciones, Bibliografía y anexos respectivos.



# CAPITULO I

## GENERALIDADES

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los vehículos a combustión interna son la fuente principal de contaminación del aire generando riesgos para el medio ambiente y también para las personas, principalmente para todas aquellas que realizan actividades diarias expuestas a los distintos gases despedidos a causa de la combustión de los combustibles.

Las emisiones procedentes de los escapes de estos vehículos contienen monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno que son liberados a la atmósfera en importantes cantidades; son los componentes del smog oxidante fotoquímico.

Los estudios epidemiológicos estableciendo comparaciones entre áreas urbanas elevado nivel de contaminación y áreas rurales bajo nivel de contaminación demuestran que el aumento de los casos de enfermedades respiratorias está relacionado con las primeras.

En Arequipa el parque automotor causa el 76% de la contaminación del aire, pese a ser conocida como la ciudad blanca, enfrenta uno de los mayores problemas ambientales en el Perú, debido principalmente a la antigüedad del parque automotor y a la falta de un sistema integrado de transporte.

La gran presencia de vehículos de segundo uso de los años 90, ha generado un incremento muy notorio de los niveles de contaminación del aire en Arequipa, en los últimos años se ha tratado de mejorar este problema con el ingreso de nuevos vehículos y la creación de normas para mantener los estándares de control de emisiones de gases en niveles adecuados. Sin embargo, hay que preguntarse ¿Qué pasa con todos esos vehículos antiguos retirados?

La Ciudad Blanca se asemeja cada vez más a Lima: sus calles huelen a humo y muchas de sus fachadas están llenas de hollín. Por la congestión vehicular, los tiempos de circulación se han duplicado. Hace algunos años, bastaban 30 minutos para trasladarse del aeropuerto al distrito de José Luis Bustamante y Rivero; en la actualidad este trayecto, de apenas 14 kilómetros, puede demandar una hora.

El último informe de la Superintendencia Nacional de los Registros Públicos indica que en Arequipa existen 240,000 vehículos. Este reporte actualizó el de inicios del 2014, el cual señalaba que en esta ciudad había 200,000 autos; el jefe del Área de Ecología y Protección del Ambiente de la Gerencia Regional de Salud de Arequipa, asegura que, debido al aumento de vehículos, el aire es irrespirable en avenidas como Ejército, Goyeneche, Salaverry e Independencia.

Los límites permisibles de material particulado en suspensión en el aire oscilan entre 140 y 150 microgramos por metro cúbico, pero los registros en las avenidas mencionadas revelan valores de 180 a 220 microgramos por metro cúbico.

## **1.2. ANTECEDENTES**

En el mundo ya se ha estado implementando estos métodos desde hace varios años puesto que muchas empresas están buscando poder construir un automóvil eléctrico que pueda satisfacer las necesidades del mercado. Pero a su vez también se ha estado realizando distintos proyectos mediante de múltiples entidades para poder crear Kits de implementos que puedan realizar la conversión de los automóviles comunes a combustión interna a un sistema eléctrico. Empresas como Auto libre, Energía EV y otras se están dedicando a la venta de distintos dispositivos para realizar estas conversiones, facilitando que las personas puedan acceder a los equipos y el conocimiento necesario para poder realizar estas conversiones. En todo el mundo personas toman la iniciativa para realizar proyectos de este tipo y el Perú no es la excepción. Se han presentado varios proyectos en el pasado para poder aprovechar esta

tecnología, principalmente es las ciudades como Arequipa que cuenta con un alto potencial para la generación de energías renovables (Solar e Hidráulica) y un gran parque automotor.

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e implementar la conversión de un automóvil de combustión interna a eléctrico puro con un sistema de recarga de baterías.

#### 1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar el estudio del arte de la conversión de vehículos operados con carburantes convertidos con un sistema motriz totalmente eléctrico operado con baterías factible de su desarrollo en el Perú.
- Realizar una evaluación de las alternativas costo/beneficio de conversión de motores de combustión interna con carburante a sistema eléctricos.
- Realizar una metodología para la conversión de vehículos operados con carburante a sistema eléctricos con operación de un sistema de baterías.
- Implementar en un vehículo comercial la conversión de dicho vehículo operado con combustible, a la operación con un sistema eléctrico propuesto en este proyecto de tesis.

### 1.4. JUSTIFICACION

Los coches eléctricos se postulan como una gran alternativa de futuro a los coches de gasolina, comparemos varios de los aspectos más importantes a la hora de valorar los distintos tipos de automóviles:

**CONTAMINACIÓN:** Aquí es donde los vehículos verdes ganan de goleada, cero emisiones frente a los innumerables tipos de elementos contaminantes

que emiten los coches movidos por gasolina, como CO<sub>2</sub>, o todos los gases de efecto invernadero producidos por la combustión de combustibles fósiles (cada año mueren una media de 225,000 personas a causa de la polución, cinco veces más que por accidentes de tráfico).

**AUTONOMÍA:** Este apartado todavía no está muy logrado en el campo de los coches eléctricos. La media de autonomía de un coche eléctrico está sobre los 200 kilómetros, mientras que en uno de gasolina puedes estar sin repostar alrededor de 500 kilómetros. Aunque también cabe destacar que esto depende ínfimamente con la cantidad de baterías que se instalen en el vehículo, con unos modelos más avanzados de este sector se podría superar los 400 kilómetros de autonomía.

**RECARGA Y REPOSTAJE:** Otro apartado que debe ser mejorado y mucho para que un día se pueda aspirar a que un coche eléctrico sea viable como alternativa al de combustión, y es que frente a los pocos minutos que tarda un coche de gasolina en repostar, los vehículos eléctricos precisan de más de 7 horas para ser cargados por completo. Sin embargo, las nuevas tecnologías y avances en el campo de las baterías ya están mostrando logros que pueden reducir este tiempo hasta la décima parte, además de alargar la vida útil de estas permitiendo más ciclos de carga.

**GASTO EN ENERGÍA:** Aquí vuelve a verse clara la ventaja de los coches eléctricos. En un mundo en el que cada vez es más común ver como los precios de la gasolina se disparan mes a mes, la alternativa de la electricidad se ve como un ahorro más que evidente. Los coches eléctricos consumen del bolsillo unas 6 veces, menos dinero que un coche de gasolina convencional. Si se implementan sistemas de energía renovable para generar la energía necesaria para el repostaje de las baterías el costo sería aún más bajo.

**RUIDO:** Este es un punto eminentemente favorable para los coches eléctricos, pues no hay ningún tipo de proceso interno de combustión por lo que el ruido se disminuye a cero, al contrario que los convencionales, que

provocan una gran cantidad de contaminación acústica en las grandes zonas urbanas.

**PRECIO:** Este apartado es algo complicado. El auto eléctrico sigue siendo caro de adquirir por eso la propuesta de convertir en eléctrico su auto se presenta como una alternativa más beneficiosa. El costo de una conversión es mucho menor que la adquisición de un auto nuevo. En el futuro próximo los costos serán menores porque el motor eléctrico es mucho más simple que el motor de combustión interna y su mantenimiento a menor costo.

### 1.5. ALCANCES

Realizar la conversión del sistema de propulsión de un vehículo que previamente funcionaba a combustión interna por un sistema propulsado a base de energía eléctrica. Logrando que el vehículo pueda moverse y funcionar adecuadamente.

### 1.6. LIMITACIONES

En el presente proyecto debemos mencionar algunos puntos limitantes a considerar en el presente desarrollo, por motivos ajenos a nuestro alcance como son:

- El vehículo a usarse para esta prueba es un vehículo antiguo que se encuentra en pésimas condiciones debido a su antigüedad por lo cual algunos de los sistemas ajenos al sistema de propulsión se encuentran en precarias condiciones.
- Los equipos principales para poder realizar la conversión no se encuentran en el mercado actual, por lo que estos tienen que ser importados del extranjero lo que acrecentó un poco los costos además de alargar el tiempo de elaboración del proyecto.
- Para realizar la conversión también se requiere el diseño y fabricación de ciertos elementos de acople y sujeción para los distintos sistemas por lo que se requiere el uso de maquinarias especiales como torno, taladro soldadura, etc.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

El parque automotor en la Región Arequipa creció en 7% en el año 2016, circulando por las calles 256 mil 889 vehículos particulares, de transporte urbano, taxi, interprovincial, motos y otros, informó el jefe de la Zona Registral N° 12 sede Arequipa, Nico Pérez Riveros.

Hoy en día se están tomando distintas medidas para así poder controlar el estado y funcionalidad de los distintos vehículos que están activos en el parque automotor, como son la actualización de datos mediante el cambio de placas y las continuas revisiones técnicas para comprobar que todos cumplan con los estándares adecuados.

La mayoría de los vehículos que circulan en la ciudad son vehículos de transporte urbano como taxis, combis y buses, que deben estar en un régimen de trabajo de al menos 12 horas diarias.

La importación de autos usados en los últimos diez años es una de las principales causas de que el 84% de unidades del parque automotor de Arequipa tenga más de 15 años de antigüedad.<sup>1</sup>



**Figura N° 1:** Vehículos de la Ciudad Arequipa  
**Fuente:** Elaboración Propia

<sup>1</sup> <http://rpp.pe/peru/actualidad/parque-automotor-en-arequipa-crecio-en-7-noticia-755069>

El director de Embarque Andino, Jorge Jara Valencia, explicó que solo en el transporte público, de un total de 4 mil 356 unidades que brindan el servicio, 2 mil 947 tienen entre 20 y 25 años de antigüedad, agudizando la contaminación ambiental.

Un informe de la Gerencia de Salud Ambiental, donde se explica que la contaminación aumentó en un 15% el año 2016, ratifica el problema.

Jara Valencia explicó que al Perú ingresaron, desde 1992 hasta diciembre del año 2015, 760 mil vehículos considerados como chatarra en otros países. La principal consecuencia fue que Lima y Arequipa ocupen el primer y segundo lugar entre las ciudades más contaminadas en América Latina, respectivamente.

Aunque en el Perú se quería implementar los proyectos de ley 657 y 1165, que pedían reanudar de la importación de autos usados con timón cambiado y el reacondicionamiento en los Céticos y la ZofraTacna. Ambas propuestas fueron desechadas por la Comisión de Comercio Exterior y Turismo del Congreso de la República.

Todo gracias a que los representantes de la Defensoría del Pueblo y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones que expusieron los problemas causados por el ingreso de este tipo de vehículos.

Los beneficios para la importación de carros usados terminaron en diciembre del 2012. Perú y Bolivia son los únicos países que admitían este tipo de permiso.<sup>2</sup>

## **2.1 ANÁLISIS DE LA OFERTA**

### **2.1.1 SITUACIÓN ACTUAL**

Desde hace años, se cree que el futuro del automóvil es la electricidad, prácticamente todos los fabricantes han invertido buena parte de su capital en el desarrollo y promoción de vehículos eléctricos. Con motivo de este cambio de mentalidad han surgido decenas de empresas nuevas que esperan hacerse un

---

<sup>2</sup> <http://rpp.pe/peru/actualidad/parque-automotor-en-arequipa-crecio-en-7-noticia-755069>

hueco en el mercado, como por ejemplo talleres destinados a la reconversión de vehículos, Pero de momento la idea no termina de asentarse en los consumidores a quienes no se les ha concienciado sobre sus ventajas, de modo que siguen viendo al coche eléctrico como «*coches de juguete*» del que se desconfía al asumir el riesgo de quedarse sin batería.

El Grupo español Endesa, en alianza con Mitsubishi, presentaron el primer auto completamente eléctrico en el Perú, lo que constituye el primer hito para el futuro parque automotor hacia vehículos más amigables con el medio ambiente, reduciendo así los altos niveles de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Aunque aún no se ha fijado el precio que tendrán los autos eléctricos en el Perú, es de suponer que su precio sea superior 30 o 35 mil dólares, esto en los vehículos más básicos, dado que dependiendo de la tecnología usada en cada vehículo y los beneficios que brinde su precio ira aumentando.

Aunque los autos eléctricos fueron diseñados en primera instancia para ser de transporte urbano solo en las ciudades ya muchas empresas están empezando a apostar por la fabricación de nuevos vehículos que puedan satisfacer las necesidades de transporte más grandes y de mayor recorrido.<sup>3</sup>



**Figura Nº 2:** Vehículo Eléctrico Marca Mitsubishi Modelo i-MiEV 2012

**Fuente:**

[http://cdn8.larepublica.pe/sites/default/files/styles/img\\_620/public/imagen/2012/11/28/imagen-AUTOELECTRICO.jpg](http://cdn8.larepublica.pe/sites/default/files/styles/img_620/public/imagen/2012/11/28/imagen-AUTOELECTRICO.jpg)

<sup>3</sup> <http://rpp.pe/lima/actualidad/lanzan-primer-auto-electrico-en-el-peru-noticia-489567>

Como un aporte al desarrollo sostenible, la empresa eléctrica EDELNOR (que pertenece al grupo ENDESA) y la marca de autos Mitsubishi, presentaron en la Plaza de Armas de la Ciudad Blanca, el vehículo " i-MiEV ", que funciona con energía eléctrica y no produce contaminación sonora ni emisiones tóxicas .

Este modelo se presentó con baterías de litio de alta tecnología las cuales podían ser cargadas hasta el 80 % de su capacidad en tan solo 30 minutos.

La unidad cuenta con un cable cargador, similar al de una computadora portátil y que puede ser conectado en cualquier tomacorriente tradicional. "Con una carga al 100% el auto puede recorrer alrededor de 150 kilómetros. Asimismo, su velocidad máxima es 130 km/h.

Este vehículo es de doble cabina con un peso promedio de 300 kg, además de una capacidad de carga de 300 kilos extra, estas cargas son movidas por un motor de 66 caballos de fuerza.

"Este vehículo (Mitsubishi i-MiEV) además ahorra hasta 89% de dinero en combustible. Un auto al año en promedio recorre 15 mil kilómetros. Por esa distancia un vehículo de gasolina consume 4 mil 963 soles, uno con GLP 2 mil 440 soles, y uno con GNV mil 204 soles. En tanto esta unidad eléctrica solo gasta 658 soles".

El Mitsubishi i-MiEV se encuentra presente en 28 países, como España, Italia, Principado de Mónaco, Australia, Costa Rica, Chile, entre otros. En el Perú su costo ascendería a unos 30 mil dólares.<sup>4</sup>

### **2.1.2 PRINCIPALES FABRICANTES**

A diferencia de las grandes empresas que con muchos esfuerzos tienen uno o dos modelos híbridos, la carrera por los autos eléctricos esta en otra parte.

Compañías como Miles Motors, ZENN y Tesla Motors, ya tienen varios vehículos 100% eléctricos denominados ZEV (vehículos de cero emisiones, por sus siglas en ingles).

---

<sup>4</sup> <http://rpp.pe/lima/actualidad/lanzan-primer-auto-electrico-en-el-peru-noticia-489567>

Actualmente ZENN ofrece un vehículo que alcanza una velocidad máxima de 56 km/hr, y están trabajando en uno que alcanzará los 96 km/hr y recorrerá 100 Km. con solo una carga de batería. Por otro lado, Tesla Motors tiene ya un coche deportivo 100% eléctrico y está trabajando en un sedán que compita con ZENN y Miles Motors.

Hay que estar pendiente cada año puesto que más y más empresas ya se están dando cuenta que el futuro de la empresa automovilística esta en los vehículos eléctricos por lo que cada año más modelos se están presentando en el mercado internacional.

### 2.1.3 OFERTA DE COCHES ELÉCTRICOS



*Figura N° 3: Auto Toyota Prius C*

Fuente: <http://www.caranddriver.com/toyota/prius-c>

Ciertamente la gama de vehículos eléctricos que se presentan en el Perú aún es muy corta, pero a nivel internacional las empresas fabricantes están interesados en su mayor desarrollo a partir del presente año 2017.

En el año 2015 apenas unas cuantas empresas presentaron los modelos de vehículos eléctricos en un promedio de 15 modelos en su totalidad eléctricos y 16 para funcionamiento híbrido. Sin embargo, para el presente año 2017 se presentan ya las nuevas propuestas de vehículos las cuales cuentan con más de 46 modelos de distintas empresas como BMW, KIA, Citrón, BYD, Hyundai, Mercedes, Mitsubishi Nissan, Tesla, Etc.

Este crecimiento demuestra la gran importancia que está adquiriendo la tecnología eléctrica en la rama automotriz, y aunque su precio aún está por encima de los convencionales los beneficios que brindan estos vehículos están claramente aumentando su oferta en los mercados del mundo.

La demanda por un vehículo eléctrico está a la vuelta de la esquina, las nuevas tecnologías y requerimientos estas demostrando que el mundo ya casi está preparado para este cambio por lo estos vehículos pronto invadirán el mercado.

Para mayor información de los modelos actuales pueden consultar en los Anexos El catálogo de vehículos eléctricos para el 2017.<sup>5</sup>



**Figura Nº 4:** Mitsubishi i-MiEV

**Fuente:** <http://www.todoautos.com.pe/portal/autos/200-especiales/6566-autos-electricos-toyota-prius-mitsubishi-imiev>

#### 2.1.4 INFRAESTRUCTURA DE RECARGAS

Es necesario el desarrollo de una sólida red de recarga para que la penetración de mercado del vehículo eléctrico sea eficiente. Uno de los principales retos para el sector es crear una infraestructura de recarga fiable, accesible y cómoda para el ciudadano.

El modo de catalogar los puntos de recarga en función de su modo y su uso.

<sup>5</sup> <http://www.sophimania.pe/tecnologia/redes-sociales/mitsubishi-i-miev-pros-y-contras-del-nuevo-auto-electrico-que-ya-esta-en-peru/>

- Públicos
- Vías Públicas
- Garajes privados
- Estaciones de servicio en carga
- Privados
- Garajes Particulares
- Garajes para flotas<sup>6</sup>



*Figura Nº 5: Servicio de carga*

Fuente: <http://www.lavanguardia.com/vida/20150915/54436520866/coches-electricos-desde-hoy-autopista-gratis.html>

#### 2.1.4.1 TIPOS DE RECARGA

Actualmente se cuenta con varios métodos de recarga, desde las lentas, perfectas para la recarga nocturna del vehículo, hasta las rápidas capaces de completar la carga en menos de 10 minutos.

*Carga lenta:* Es la más extendida y todos los fabricantes de vehículos eléctricos la han aceptado.

---

<sup>6</sup> <http://www.lavanguardia.com/vida/20150915/54436520866/coches-electricos-desde-hoy-autopista-gratis.html>

Se realiza con corriente alterna monofásica a una tensión de 230 voltios (V) y una intensidad de hasta 16 amperios (A). El tiempo necesario para una recarga completa de la batería (tipo 24kWH) ronda entre las 6 y 8 horas. Es apto para garajes privados.

*Carga semi-rápida:* La carga se realiza con corriente alterna trifásica, con tensión de 400V y una intensidad de hasta 64A. En este caso, el tiempo de recarga se reduce a 3 ó 4 horas.<sup>7</sup>

*Carga rápida:* Consiste en alimentar al vehículo con corriente continua a 400V y hasta 400A. El tiempo de recarga se reduce a unos 15 - 30 minutos.<sup>8-9</sup>



**Figura N° 6:** Poste de carga rápida  
Fuente: <http://www.revistacesvimap.com/>

#### 2.1.4.2 RECARGA Y PERSPECTIVAS

La situación actual de los surtidores de recarga en Perú es una red inexistente.

Por lo que se necesita que la recarga se realice en los propios hogares o estaciones que puedan fabricarse en las empresas ya sean con un abastecimiento de energía eléctrica propio de la red eléctrica de la ciudad o tomando alternativas propias.

<sup>7</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>8</sup> <http://www.revistacesvimap.com/>

<sup>9</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

Estos sistemas solo nos podrían suministrar el sistema de recarga lenta, el cual solo es conveniente para uso particular, pero si se desea crear a iniciativa para fomentar el uso de estos vehículos en el transporte urbano se requerirá la implementación de una red de recarga en la vía pública

La creación de estaciones de recarga a base de paneles fotovoltaicos, como playas de estacionamiento para el repostaje de energía o posicionar los puntos de recarga subterráneos como en los garajes, parkings públicos, parkings de los puestos de trabajo, parkings de centros comerciales, conduce hasta a una situación ideal, en la que el propietario de un vehículo eléctrico recargaría las baterías para así tener suficiente autonomía para el día a día, es por ello que se necesita la proliferación de electrolineras en la vía pública o espacios públicos, la solución óptima para el consumidor es la alternancia de carga lenta en los hogares con puntos de carga rápida en la vía pública.

Estos sistemas tienen que empezar a ser implementados para así fomentar el ingreso de vehículos eléctricos al país.

Tomando como ejemplo a nuestro país hermano Colombia, el cual ya está presentando un proyecto de inclusión de vehículos eléctricos proporcionados por la empresa BYD, una flota de 45 automóviles que brindaran servicio de transporte urbano, como taxis en la ciudad de Bogotá.

Esta misma iniciativa debería tomarse en las ciudades de Lima y Arequipa, que presentan un grado de contaminación aun mayor que la capital de Colombia.

Además, la ciudad de Arequipa que es bendecida con una de las radiaciones Solares más altas y óptimas en el mundo debe apostar por el sistema de repostaje de estaciones solares para minimizar aún más el consumo de energía producida por elementos no renovables.

Las estaciones de repostaje a base de paneles solares no son un sueño inalcanzable para una ciudad como Arequipa, solo es necesario ponerse manos

a la obra y comenzar con la creación de proyectos para conseguir aprovechar todo el potencial que posee la Ciudad Blanca.<sup>10</sup>



**Figura Nº 7:** Estación de recarga con Paneles Solares

**Fuente:** [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6e/Ombri%C3%A8re\\_SUDI\\_-\\_Sustainable\\_Urban\\_Design\\_%26\\_Innovation.jpg/250px-Ombri%C3%A8re\\_SUDI\\_-\\_Sustainable\\_Urban\\_Design\\_%26\\_Innovation.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6e/Ombri%C3%A8re_SUDI_-_Sustainable_Urban_Design_%26_Innovation.jpg/250px-Ombri%C3%A8re_SUDI_-_Sustainable_Urban_Design_%26_Innovation.jpg)

### 2.1.5 BATERÍAS

La batería eléctrica es un dispositivo que almacena energía eléctrica, usando procedimientos electroquímicos y que, posteriormente, la devuelve con ciertas pérdidas; este ciclo puede repetirse un determinado número de veces. El funcionamiento de un acumulador se fundamenta en un proceso reversible llamado reducción-oxidación. Se trata de un proceso en el cual uno de los componentes se oxida y el otro se reduce; es decir, un proceso cuyos componentes que no resulten consumidos no se pierden, sino que solamente cambian su estado de oxidación, y que a su vez pueden retornar al estado primero.<sup>11</sup>

Las características de las baterías son las siguientes:

<sup>10</sup> commons.wikimedia.org

<sup>11</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

Fuerza electromotriz: El voltaje de una celda electroquímica viene dado por la diferencia entre los potenciales redox de los materiales activos del cátodo y del ánodo.<sup>12</sup>

Energía total: Indica la cantidad total de energía eléctrica que es capaz de acumular la batería. La energía total de una batería se puede obtener multiplicando la capacidad por el voltaje de la celda electroquímica (Wh).

Ciclos de vida: Indica el número de ciclos de carga y descarga que se pueden llevar a cabo hasta que la capacidad de la batería sea un 80% de su valor nominal.

Capacidad total: Indica la cantidad total de carga eléctrica que es capaz de almacenar la batería.

Rendimiento: es la relación porcentual entre la energía eléctrica recibida en el proceso de carga y la que el acumulador entrega durante la descarga.<sup>13</sup>



**Figura Nº 8:** Banco de baterías  
Fuente: <https://actualidad.rt.com>

### 2.1.5.1 TIPOS DE BATERÍAS

Actualmente las baterías que se están utilizando en el montaje de vehículos eléctricos son esencialmente de 3 tipos:

<sup>12</sup> W. Sheperd, L. N. Hulley and D.T.W. Liang, Power electronics and motor control, second edition, Cambridge, USA, 2004.

<sup>13</sup> <https://actualidad.rt.com>

### *Baterías de plomo-acido*

Es la clase de baterías más usada en el vehículo debido a su tecnología madura, su disponibilidad y a su bajo costo. <sup>14</sup>

#### *Ventajas:*

Estas baterías cuentan con voltaje elevado, mayor de 2V.

Son capaces de suministrar una elevada intensidad de corriente y, por tanto, potencia.

Al ser una tecnología madura, es el tipo de batería más barata del mercado. Su precio ronda los 100 – 125 \$/kWh.

Componentes fácilmente reciclables. En el mundo se reciclan más del 95% de todas las baterías utilizadas. <sup>15</sup>

#### *Desventajas:*

Baja energía específica. De los distintos tipos de baterías empleadas en los VE son las que tienen una menor energía específica (10 – 40 Wh/Kg).

No están preparadas para profundidades de descarga elevadas, el número de ciclos de carga y descarga de estas baterías es bajo, entre 400 y 800.

Impacto ambiental negativo, debido a que cuentan con compuestos contaminantes como el antimonio y el arsénico. <sup>16</sup>

### *Baterías de Níquel-Hidruro Metálico*

Se considera la evolución de las antiguas pilas alcalinas níquel-cadmio, su uso es muy común en los vehículos híbridos, Toyota las incorpora en su modelo Prius. <sup>17</sup>

---

<sup>14</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>15</sup> Ibid.

<sup>16</sup> Ibid.

<sup>17</sup> Ibid.

*Ventajas:*

Cuentan con una densidad de energía elevada, entre 60 y 80 Wh/kg, valor más elevado que en el tipo plomo-ácido

Admiten cargas rápidas, con una duración de entre 1 y 3 horas.<sup>18</sup>

No requieren mantenimiento<sup>19</sup>

*Desventajas:*

El número de ciclos de esta batería a lo largo de su vida útil es moderado, entre 300 y 600 ciclos.

El costo es mayor que en el caso de la batería de plomo

Tiene un “efecto memoria” moderado, perdiendo capacidad de almacenamiento y una alta “auto-descarga”.

Su comportamiento no es el óptimo en climas fríos<sup>20</sup>

*Batería de Ion Litio*

Es el modelo de baterías más extendido, dado que son los acumuladores de la electrónica común, desde hace tiempo se están imponiendo en motorización de los vehículos, presumiblemente será la tecnología que desplace a las baterías plomo-acido del mercado.<sup>21</sup>

*Ventajas:*

Poseen el voltaje nominal más elevado de los tres tipos de baterías, con valores típicos entre los 3 y 4V.

Cuentan con una energía específica muy elevada (80 – 170 Wh/Kg), casi el doble que en el caso de la de NiHM y más de cuatro veces el valor de las baterías de

---

<sup>18</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>19</sup> W. Sheperd, L. N. Hulley and D.T.W. Liang, Power electronics and motor control, second edition, Cambridge, USA, 2004.

<sup>20</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Ob. Cit. Pp. 44-50.

<sup>21</sup> Ibid. Pp. 44-50.

plomo. Es complicado encontrar baterías, a nivel comercial, por encima de los 115 Wh/Kg.

Presentan un bajo “efecto memoria” y, por tanto, una excelente “recargabilidad”.

Moderado impacto medioambiental.

*Desventajas:*<sup>22</sup>

Su costo es elevado, pudiendo llegar a los 800 €/kWh.

Perdida de prestaciones a temperaturas elevadas.

Presentan un bajo “efecto memoria” y, por tanto, una excelente “recargabilidad”.

Se degradan cuando se producen sobrecargas o sobredescargas, presentan problemas con descargas por debajo de 2V.

Este tipo de baterías presentan diferentes características en función de los materiales que se usen en el cátodo y el ánodo.<sup>23-24</sup>



**Figura Nº 9:** Baterías recargables de Litio  
Fuente: <http://www.hibridosyelectricos.com/>

<sup>22</sup> W. Sheperd, L. N. Hulley and D.T.W. Liang, Power electronics and motor control, second edition, Cambridge, USA, 2004.

<sup>23</sup> W. Sheperd, L. N. Ob. Cit.

<sup>24</sup> <http://www.hibridosyelectricos.com/>

### 2.1.5.2 PERSPECTIVAS

La electromovilidad podría dar un salto revolucionario en cuanto a autonomía en apenas cinco años gracias a una nueva tecnología de baterías para coches eléctricos. El salto innovador de tales baterías reside en el hecho de que están constituidas por ánodos de litio puro.<sup>25</sup>

Hasta ahora, el objetivo había sido duplicar la densidad energética de las baterías y reducir los costos a la mitad a finales de esta década, pero las nuevas células de estado sólido duplicarían más del doble la densidad energética para el año 2020, también reduciendo los costos de producción. Un coche eléctrico comparable que tenga actualmente una autonomía de 150 kilómetros, sería capaz de recorrer más de 300 sin recargar y a un costo más bajo.<sup>26</sup>

Para que este avance se haga realidad, Bosch ha adquirido la start-up norteamericana Seeo Inc. Tal y como ha señalado Volkmar Denner, presidente del Consejo de Administración de Robert Bosch GmbH.<sup>27</sup>

Las células de estado sólido pueden ser una tecnología rompedora. La incipiente tecnología se está encontrando con los amplios conocimientos en sistemas y los recursos financieros de una empresa multinacional.<sup>28</sup>

El rendimiento de un dispositivo de almacenamiento de energía se puede mejorar a través de diversos métodos. Por ejemplo, en la química celular, el material con el que se fabrican los polos positivo y negativo (cátodo y ánodo) juega un papel importante.<sup>29</sup>

En las actuales baterías de iones de litio, una de las razones por las que la capacidad de energía es limitada se debe a que el ánodo está fabricado con un alto porcentaje de grafito. Utilizando la tecnología de estado sólido, Bosch puede

---

<sup>25</sup> <https://www.xatakaciencia.com/energia/llegan-las-nuevas-baterias-para-coches-electricos-mas-del-doble-de-autonomia>

<sup>26</sup> Idem

<sup>27</sup> Idem

<sup>28</sup> Idem

<sup>29</sup> Idem

fabricar el ánodo de litio puro, lo que aumenta considerablemente la capacidad de almacenamiento. Además, las nuevas células funcionan sin líquido iónico, lo que significa que no son inflamables.<sup>30</sup>

Según ha apuntado Yi Cui, profesor de Ciencias de los Materiales e Ingeniería: De todos los materiales que alguien pudiese usar en un ánodo, el litio tiene el mayor potencial. Algunos lo llaman el Santo Grial, dado que es muy ligero y tiene la más alta densidad de energía.<sup>31</sup>

Para el año 2025 se prevé que aproximadamente el 15% de todos los coches nuevos construidos en el mundo incorporarán, al menos, un sistema de propulsión híbrido. En Europa, más de un tercio de todos los coches nuevos serán accionados eléctricamente.<sup>32-33</sup>

### 2.1.5.3 LITIO COMO FUENTE DE ENERGÍA

Con el tiempo se llegará a imponer la comercialización del vehículo eléctrico, se remplazará la dependencia del petróleo por otro material finito como es el litio, pero no es exactamente igual, el litio no es un combustible y por tanto no cambia químicamente por lo que podría ser reciclado una y otra vez esta técnica se irá utilizando menos cantidad de litio por batería.<sup>34</sup>

### 2.1.5.4 EL LITIO EN PERU

En el Perú, la empresa Li3 tiene los proyectos de litio y potasio Lariscocha, Suches y Vizcacha ubicados en Puno, Tacna y Moquegua, los principales yacimientos conocidos del país. Es tal el potencial de negocios de este producto, que la hasta ahora desconocida compañía, con sede en Perú, que cotiza en EE.UU. cerró la compra del 60% en un grupo de seis empresas que poseen en conjunto el proyecto Maricunga, ubicado en el norte de Chile.<sup>35-</sup>

<sup>30</sup> <https://www.xatakaciencia.com/energia/llegan-las-nuevas-baterias-para-coches-electricos-mas-del-doble-de-autonomia>

<sup>31</sup> Idem

<sup>32</sup> W. Sheperd, L. N. Ob. cit.

<sup>33</sup> <https://www.xatakaciencia.com/energia/llegan-las-nuevas-baterias-para-coches-electricos-mas-del-doble-de-autonomia>

<sup>34</sup> W. Sheperd, L. N. Ob. Cit.

<sup>35</sup> [http://schiappa2021.blogspot.pe/2015\\_06\\_01\\_archive.html](http://schiappa2021.blogspot.pe/2015_06_01_archive.html)

La compañía cree que esta adquisición podría posicionarla como líder mundial en el sector de litio y minerales.

Demostrando que el litio vale más que el oro, Li3 pagó un total de US\$ 6.375 millones en efectivo. El monto de la compra realizada revela el enorme potencial de este producto en el mundo, tanto que los adquirientes no dudaron en pagar por las 1,438 hectáreas del proyecto una suma 20% mayor que las Bambas.

Con entusiasmo, los directivos de Li3 declararon que “el cierre de la compra es un hito importante que ahora nos ubica como la empresa dominante de exploración de litio y otros minerales”. La sede de la empresa es Perú, nada menos.<sup>36</sup>

¿Cuánto tributarán en Perú por su extraordinario éxito económico? ¿Serán remitidas todas sus utilidades de inmediato al extranjero? Lo más importante es que hay que asegurar que el éxito del litio tenga beneficios equitativos para el desarrollo del Perú.

#### **2.1.5.5 RECICLAJE DE LAS BATERÍAS DE ION-LITIO**

El mayor problema de los coches eléctricos, son las baterías. Las mismas nos sacan del problema de la contaminación ambiental que genera el petróleo, pero al parecer nos llevan a otro tipo de contaminación, ya que las baterías, las de Ion-litio, por lo menos hasta el momento, no se conocen exactamente como se reciclara.

Un problema que se deberá solucionar rápidamente, ya que si la idea es que la mayoría de los coches del mundo tenga este material (es la idea), es de suma urgencia ver cómo se puede reciclar lo más favorablemente.

Las baterías tradicionales (las de ácido-plomo o nickel-cadmio) se pueden reciclar fácilmente en la actualidad, pero las de Ion-litio no, ya que las mismas no contienen mucho valor económico en su interior. Además, las baterías de litio contienen un buen número de sustancias extrañas.<sup>37</sup>

---

<sup>36</sup> Sheperd, L. N. Hulley and D.T.W. Liang, ob. Cit.

<sup>37</sup> <http://cochesecco.com/>

Pero por suerte algunas países como Estados Unidos por ejemplo pensó en este problema, al dedicar sus ayudas a los coches eléctricos e híbridos, ya que a *Toxco*, una empresa americana, se le dio 9,5 millones de dólares, para desarrollar la tecnología necesaria que permita reciclar este tipo de baterías. Esta es una buena noticia puesto que se estará analizando este problema desde antes que se masifique el uso de dichas baterías ante la creciente avanzada de los autos eléctricos e híbridos.

El litio no es un combustible, sino una forma de almacenar energía. Es muy abundante en todo el por lo cual no habrá problemas de abastecimiento en el futuro, pero de todas formas debemos disponemos de buenas tecnologías para su reciclado. Con este problema en busca de una solución final, el que desee adquirir un híbrido o un eléctrico, que lo haga.<sup>38</sup>

#### **2.1.5.6 TECNOLOGÍAS DE RECICLADO**

Es estos momentos una empresa en EEUU, *Toxco*, puede manejar diferentes tamaños y químicas de baterías de litio. Cuando las baterías viejas llegan son enviadas al molido y son trituradas, permitiendo que con los componentes hechos de aluminio, cobre y acero puedan ser separados fácilmente.

Las baterías más grandes que aún pudieran contener cargas eléctricas son congeladas criogénicamente con nitrógeno líquido antes de ser trituradas a -198°C, consiguiendo que la reactividad de las celdas se reduzca. El litio es entonces extraído inundando las cámaras de la batería en un baño cáustico que disuelve las sales de litio, que son filtradas y usadas para producir carbonato de litio. El lodo remanente es procesado para recuperar el cobalto, que es usado para hacer los electrodos de la batería.

Tiene un proceso prácticamente automatizado al 95%.

Muchos fabricantes como Tesla Motors ya están enviando paquetes de baterías a las plantas de *Toxco* en Trail para su reciclaje.

---

<sup>38</sup> W. Sheperd, L. N. Hulley and D.T.W. Liang, ob. Cit.

Sony Realiza otro proceso para lograr el reciclado, *esta* emplea temperaturas más elevadas para incinerar las baterías. El subproducto metálico procesado para recuperar el cobalto empleando técnicas hidrometalurgias comunes. Los componentes orgánicos, el litio y el fluorhídrico se pierden en el incinerador, pero un sistema de depuración es necesario para evitar las emisiones contaminantes. Además, las baterías más grandes deben ser previamente agujeradas antes de entrar en el incinerador.

Actualmente se están desarrollando otras técnicas como la tecnología AEA que emplea temperatura ambiente recuperando la mayoría de los componentes. Los pasos que implica este proceso son la trituración metálica en atmósfera seca, extracción del electrolito por inmersión en un disolvente, disolución del electrolito y reducción del cobalto.<sup>39</sup>

#### **2.1.5.7 RENTABILIDAD ECONÓMICA DEL RECICLADO**

Uno de los principales problemas de las baterías eléctricas es su tiempo de vida y el que hacer con ellas después de que este llega a su final. En el mundo la mejor opción a todo es el reciclaje puesto que no debemos desperdiciar los elementos que aún pueden ser utilizados sin embargo el precio del litio es de alrededor de 6 euros por kilogramo, lo suficientemente bajo como para que no exista un movimiento privado a favor del reciclaje.

Hoy en día, cuando las baterías de litio son envidias a reciclar, los metales que se extraen de las baterías son aquellos más valiosos, como el cobalto. El cobalto se utiliza en las baterías de ion litio, de donde luego se extrae en forma de óxido de cobalto y litio, con un precio de 19 euros por kilo, más del tripe que el litio.

Debido al bajo precio del litio, que se espera se mantenga estable gracias a los nuevos yacimientos encontrados en Bolivia, no es una prioridad para las empresas la recuperación de este material, dejándolo como un simple relleno para el hormigón, desperdiciando el potencial de este material para un futuro.<sup>40</sup>

---

<sup>39</sup> W. Sheperd, L. N. Hulley and D.T.W. Liang, Ob. Cit.

<sup>40</sup> W. Sheperd, L. N. Hulley and D.T.W. Liang, Ob. Cit.



**Figura Nº 10:** Extracción de Litio  
**Fuente:** El comercio miércoles 20 de abril del 2016

Pero no todo está perdido, Varios fabricantes tratan de poner su grano de arena por el planeta. Como General Motors buscando nuevas utilidades a las baterías usadas de los Volt, o cómo Toyota buscaba alianzas para reciclar las baterías de sus híbridos en Europa. Por desgracia reciclar litio aún les sigue pareciendo a la mayoría una apuesta poco rentable.

Las preguntas que el mundo se hace son: ¿Deberían los fabricantes encargarse del costo de reciclar el litio? ¿O tendríamos que ser los consumidores los que pagáramos impuestos por ello? Lo cierto es que como muchas de las cosas que el hombre fabrica al final terminara con un gran desperdicio sin poder aprovecharlo a su máximo potencial.

Aunque por ahora el litio parezca un material abundante, sus usos industriales fueron más que limitados, y es posible que no dispongamos de mucho litio a bajo precio. Ya hemos visto cómo podríamos sacar litio de las aguas marinas, pero también sabemos que la minería del litio puede causar impactos severos en el hábitat de muchas comunidades indígenas, así como en el medio natural, y mediante el reciclaje este impacto se minimizaría.<sup>41</sup>

---

<sup>41</sup> <http://elcomercio.pe/noticias/litio-39565>



**Figura N° 11:** Litio en estado Natural

**Fuente:** <http://elcomercio.pe/noticias/litio-39565>

Soy un fiel defensor del reciclaje y del aprovechamiento de los recursos, en este caso no se nos presenta un dilema técnico sino un obstáculo económico el cual solo impide el reciclaje del litio por el hecho de no querer ser nosotros o las empresas quienes corramos con este gasto. En mi parecer ambas partes deberían apoyarse para así fomentar la tecnología de reciclaje ahora que aún está en crecimiento y no cuando ya sea necesaria y no tengamos las capacidades para poder sustentarla.

El plomo hace años que se recicla, de hecho, el 98% del plomo usado en el mundo es reciclado. ¿Por qué no empezar desde ahora con el litio? Por ahora tenemos litio de sobra, pero así también nos pasó con muchos otros elementos, a medida que la industria crece su uso y necesidad se incrementaran y llegara al punto en que escasee, si lo desperdiciamos desde un comienzo solo aceleraremos el proceso en el que nos daremos cuenta que ya no tendremos lo necesario.

Vamos hacia un mundo con cada vez mayor escasez de recursos naturales, si encima desperdiciamos aquellos que nos son útiles llegará el punto en que no dispongamos de los mismos. Hoy las baterías de litio tienen un precio alto pese a que este abunda, pero cuando su uso se incremente y la necesidad de este producto sea primordial entonces nos daremos cuenta que precio vale.<sup>42</sup>

---

<sup>42</sup> <http://elcomercio.pe/noticias/litio-39565>

## 2.1.6 MOTORES ELÉCTRICOS

Los fabricantes de vehículos eléctricos siempre han estado a la búsqueda de un motor eléctrico que satisfaga las necesidades de todo vehículo debe cumplir y es por eso que durante años ha experimentado con toda la gama de modelos y sistemas que existe.

Algunos vehículos con motor de corriente continua, solo usan el modelo Brushless, los vehículos con sistema de propulsión síncrono evitan el circuito de excitación de corriente continua, y se imponen los síncronos de imanes permanentes o los de reluctancias conmutadas, y en los de gamas alta los motores síncronos de flujo axial, en los motores de inducción el claro dominador es el de jaula de ardilla.<sup>43</sup>

Pero ciertamente cada motor ofrece distintas ventajas y desventajas por lo que al momento de elegir el adecuado dependiendo de la potencia, rendimiento, tamaño y muchos otros factores. El motor de combustión interna era el corazón del automóvil común por lo que al hacerle un trasplante debemos estar seguros que el nuevo corazón eléctrico nos brinde los mismos o mejores resultados que el anterior.

### 2.1.6.1 TIPOS DE MOTORES ELÉCTRICOS

Cuando una persona piensa en motores eléctricos lo principal es visualizar las ventajas: la ausencia de emisiones, el funcionamiento silencioso, menor costo operativo, la facilidad de manejo y la posibilidad de cargarlo en cualquier toma corriente. Además de eso se presenta la cualidad más importante de estos equipos, que es la de usar electricidad que haya sido producida por fuentes de energía renovables.

La principal pregunta que muchos se hacen es cuál es el mejor tipo de motor eléctrico que se puede usar dada la gran gama de modelos existentes.<sup>44</sup>

---

<sup>43</sup> L.G.O´Connell, “Electric Vehicles: A clean, energy-efficient urban transportation alternative”, EPRI Rep., Vol. 30, no. 5

<sup>44</sup> Idem.



**Figura N° 12:** Motor DC de 144V y controlador de 1000 A. enfriado por líquido.  
**Fuente:** Manual de conversión Autolibre

Las opciones son: motor con escobillas de corriente continua, motores de inducción y varias más. Dentro de cada una de estas opciones hay otras, por ejemplo, en motores con escobillas CC, puede tener campo bobinado o con imanes permanentes. Esto también es válido para un motor sin escobillas, aunque cuando se está buscando opciones más económicas, los motores de corriente continua son los que tienen menor precio. Los motores con sistemas de escobillas pueden usarse para proyectos de conversión de escasos recursos en los que la potencia y eficiencia no sean uno de los factores principales.<sup>45</sup>

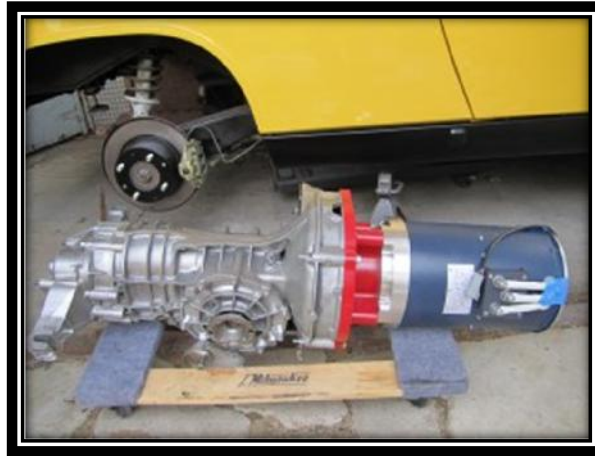


**Figura N° 13:** Motor de Imanes Permanente 30 HP  
**Fuente:** Manual de conversión Autolibre

---

<sup>45</sup> L.G.O'Connell, Ob. Cit.

Ahora cuando se trata de proyectos comerciales o donde sea necesarias características como la alta eficiencia, el mantenimiento cero y la confiabilidad de funcionamiento, sin dudas los motores AC son los adecuados. Actualmente un buen motor AC y su Controlador de velocidad (Inverter) con capacidad de frenado regenerativo solo son un poco más costoso que los antiguos sistemas DC.<sup>46</sup>



**Figura N° 14:** Motor AC en varios modelos de 42 a 165 HP  
**Fuente:** Manual de conversión Autolibre

La potencia que necesitas depende de la aplicación, normalmente con 30 HP (pico) equivalentes a 22 Kw puedes impulsar cualquier vehículo de 1000 K. Cuando diseñas vehículos de alto rendimiento potencias de 25 Kw a 100 Kw es lo adecuado, para velocidades de 120 a 190 Kmh.

La mayoría de los motores eléctricos puede ofrecer grandes potencias por tiempos cortos, así que con 10 HP nominales el motor te podrá entregar 30 HP en periodos de 2 o 3 minutos sin sobre calentarse.

En el momento de seleccionar el motor se debe tener en cuenta varios factores, los principales serian la potencia y el torque del motor, el cual estará dado principalmente por el tamaño y peso del vehículo a convertir además de la carga útil que se desea trasladar, además del espacio disponible para poder instalar los nuevos equipos después de retirar los antiguos.

---

<sup>46</sup> L.G.O'Connell, Ob. Cit.

Hay que tener en cuenta que para un mismo vehículo y según características de uso, hay más de un motor que se puede usar en la conversión a eléctrico:

- Motores de Inducción.
- Motores de Flujo Axial.
- Motores de imanes permanentes.
- Motores DC tradicionales.

Enfriados por aire o por líquidos y además cada motor se acompaña de un modelo determinado de Controlador de velocidad + su acelerador + un cargador de baterías y el modelo de batería de ciclo profundo seleccionado.<sup>47</sup>



**Figura Nº 15:** Kit de conversión  
**Fuente:** Manual de conversión Autolibre

Los sistemas para vehículos eléctricos con mejor rendimiento, son los que tienen la posibilidad de Freno regenerativo, y nos permitirán aprovechar la energía que se pierde normalmente como calor.

Ahora, el mejor motor para un auto eléctrico, es un sistema con Motor trifásico de inducción y Controlador electrónico con frenado regenerativo. Ya en el mercado tenemos opciones de Kit trifásicos para bancos de baterías de 48 V a 500 V.<sup>48</sup>

---

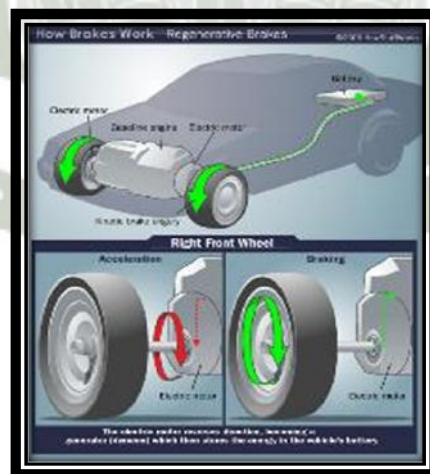
<sup>47</sup> L.G.O'Connell, Ob. Cit.

<sup>48</sup> Ibid.

### 2.1.6.2 FRENADA REGENERATIVA

La frenada regenerativa es una expresión que se está usando hoy en día por todas las empresas pues es uno de los principales factores para la reducción de costos en el consumo de energía, pues mediante este sistema se puede recuperar parte de la energía que antes era perdida como calor en el proceso de frenado del vehículo, esta energía será almacenada y aprovechada posteriormente por el automóvil. El uso de esta energía es diferente para cada sistema y modelo de vehículo, pero su objetivo es el mismo, la recuperación de energía y su almacenamiento para ser reutilizada, y de esta forma prolongar la autonomía del vehículo.

En un freno convencional el vehículo adquiere una inercia al acelerar, que pierde suavemente si dejamos de hacerlo. Pero si queremos una detención más rápida, necesitamos aplicar una fuerza contraria al movimiento. Se utiliza habitualmente el rozamiento de un disco o un tambor metálicos contra un compuesto de ferodo más blando que dicho metal, creando una resistencia al pisar el pedal del freno que el sistema hidráulico del coche multiplica para hacerlo más efectivo. El resultado es que disminuimos el movimiento y obtenemos a cambio mucho calor en los materiales en rozamiento.<sup>49,50</sup>



**Figura Nº 16:** Freno regenerativo  
Fuente: <http://www.hablandodeciencia.com/>

<sup>49</sup> L.G.O'Connell, Ob. Cit.

<sup>50</sup> [www.motorpasionfuturo.com](http://www.motorpasionfuturo.com)

En el freno regenerativo en su lugar se utiliza un generador eléctrico, que es un motor eléctrico realizando su función a la inversa, para absorber la energía cinética del vehículo transformándola en energía eléctrica. Para hacer más efectiva la frenada, y poder dosificarla, se suele utilizar una transmisión equivalente a la del vehículo (o la misma en la mayoría de híbridos o eléctricos), con la ventaja de que, si necesitamos más resistencia al avance, solo tenemos que ajustar la transmisión.<sup>51</sup>

Para entenderlo mejor lo que se hace es trabar o como comúnmente se dice engancha el motor a la transmisión para que así sean las revoluciones del motor lo que mantenga la desaceleración del vehículo. En un motor eléctrico al forzar más revoluciones generamos más electricidad, y la poca resistencia de este provoca que no se sobrecargue la transmisión. El freno regenerativo no deja de ser un freno motor, solo que en este caso el motor genera electricidad.<sup>52</sup>

Existen varios factores que nos impiden seguir generando energía como son la capacidad de almacenamiento de las baterías. Además, cuanto menor es la velocidad, menos resistencia crea el conjunto de generador/transmisión, por lo que llega un momento en el que no es capaz de detener el vehículo por completo.

Tampoco es posible recuperar energía de las ruedas no motrices, a menos que lleven un sistema de generadores propio. Es por todo ello que los vehículos con freno regenerativo incluyen también frenos convencionales, usualmente de menores dimensiones de lo normal, y cuyo desgaste suele ser muy bajo por su menor uso.<sup>53</sup>

En un vehículo Híbrido mientras se esté trabajando con el motor de combustión el sistema regenerativo puede almacenar una buena cantidad de energía en las baterías que será luego utilizada para mover el vehículo usar su sistema eléctrico.

---

<sup>51</sup> [www.motorpasionfuturo.com](http://www.motorpasionfuturo.com)

<sup>52</sup> Idem

<sup>53</sup> Idem

En un eléctrico o un *Plug-in*, las baterías también serán recargadas pero la cantidad de energía suministrada será mucho menor dada la capacidad de las baterías.

También hay el coche de combustión con microhibridación o *start-stop*, en este se utiliza un sistema mucho más simple que se encarga de regenerar la energía, pero solo produce la suficiente para poder poner en funcionamiento el motor de arranque, esto puede parecer poco, pero brinda una mejora en la eficiencia y rendimiento del sistema de combustión.<sup>54</sup>

### 2.3 BARRERAS

Hoy en día existe un cierto escepticismo hacia el uso de los vehículos eléctricos, aunque el mayor problema se daría por la falta de conocimiento acerca de la confiabilidad y uso de estos equipos, lo cual genera varias barreras en distintos campos que pueden truncar su avance.

#### *Barreras Técnicas*

*Esta depende del conocimiento de los equipos nuevos que se presentan en estos sistemas, hay que recalcar que los mecánicos en el Perú no están para nada familiarizados con estos sistemas por lo que no podrían brindar un servicio de mantenimiento o reparación adecuado lo que a su vez brinda una sensación de desconfianza en un propietario el cual tendría que realizar sus propias reparaciones y estar pendiente de su vehículo.*

*Pero esta barrera puede ser fácilmente superada con la implementación de cursos básicos para los mecánicos del país, ya se dio un precedente cuando se insertó el sistema de combustión por gas y en muy poco tiempo los mecánicos fueron capacitados para poder trabajar con los nuevos equipos.*

---

<sup>54</sup> <http://www.hablandodeciencia.com/>

*De la misma forma estos sistemas no son tan complicados como parecen y muchos jóvenes están en la capacidad de adquirir los conocimientos necesarios para poder trabajar con estos sistemas en un corto tiempo.*<sup>55</sup>

### *Barreras Económicas*

La diferencia entre los precios de un automóvil de combustión y uno de sistema eléctrico es claramente evidente siendo los segundos con precios que suspiran por más del triple sus contrapartes a combustión interna.

Esto es básicamente por ese sistema de almacenaje de energía, las baterías son uno de los factores que más encarecen al vehículo dependiendo del modelo y autonomía que ofrezca.

Como todos los equipos son extranjeros el importarlos también acrecentara el costo y por su baja demanda aún no se presentan como una buena iniciativa comercial.

### *Barreras Sociales*

Las personas tienen miedo y desconfianza ante los nuevos vehículos, no solo por el hecho de no conocer su funcionamiento sino por el hecho de que están más acostumbrados a lo habitual y presentan un temor al cambio. Lo antiguo es más cómodo y aunque lo nuevo brinda mayores ventajas para la salud y medio ambiente la población aun le presenta un rechazo, pero este será fácilmente superado cuando la población vea con sus propios ojos que los vehículos pueden transitar y funcionar sin problemas, y esto generara un crecimiento en su adquisición.<sup>56</sup>

---

<sup>55</sup> F.A Wyezalek, "GM electric vehicle technology", in Proc. Int. Symp. Automotive Tecnology Automation

<sup>56</sup> Idem.

## 2.4 IMPACTOS

### 2.4.1 IMPACTO EN LA RED ELÉCTRICA

La aparición de los coches eléctrico en cualquier ciudad genera un impacto en la red eléctrica, dado que estos se presentan como nuevos consumidores permanentes. Esto generara una nueva demanda a la capacidad de energía eléctrica con la que cuenta la ciudad

Dependiendo de la cantidad de vehículos es la carga de energía que la ciudad tendrá que disponer para ellos.

Como se ha dicho estos vehículos son el futuro, todas las ciudades del mundo ya saben que la energía se ha vuelto uno de los principales sustentos de la sociedad por lo que se requiere es que se comience a optimizar el sistema energético del mundo fomentando la generación de nuevos fuertes de energía renovable que satisfagan la demanda de la humanidad.

En una ciudad como Arequipa que cuenta con un parque automotor tan grande esta carga sería muy significativa, pero está claro que el ingreso de vehículos no se dará de la noche a la mañana.

Arequipa es una de las ciudades con mejor potencial de generación Hidroeléctrico, así como una capacidad de energía solar optima por lo cual podría claramente convertirse en un foco energético para el Perú y así poder satisfacer la demanda que requerirían los vehículos.<sup>57</sup>

### 2.4.2 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Los gobiernos ven los autos eléctricos como una parte importante de sus planes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera y su impacto en el calentamiento global.

Sin embargo, que tan útil sea el ingreso de estos vehículos en el mundo depende de la fuente de energía que sea utilizada para abastecerlos, como vimos

---

<sup>57</sup> F.A Wyezalek, Ob. Cit.

previamente estos vehículos ya no consumirán combustibles fósiles, pero requieren energía eléctrica y de donde provenga esta energía nos brindara si contaminan o no.

El mundo debe optar por la producción de energía a basase de energías renovables.

Si la energía usada para los autos eléctricos proviniese de empresa generadoras que usan hidrocarburos, entonces la reducción de gases contaminantes no sería tan drástica dado que esta tendría que quemar más combustibles para satisfacer la nueva demanda de energía generada por los vehículos.

Además, se debe tener en cuenta que ahora se debe producir distintos elementos para los autos eléctricos uno de los principales son las baterías.

Aunque previamente hemos dicho que se está optado por tecnologías de reciclaje, está claro que las baterías y sus elementos también tienen un tiempo de vida útil y para su fabricación y su reciclaje también se requiere de procesos e insumos que terminan contaminando el medio ambiente.<sup>58</sup>

Además, que para la fabricación de los distintos elementos que se presentan en el sistema de los autos eléctricos se requiere de otros procesos contaminantes es por eso que me viene a la mente la frase: “no existe nada que sea cero emisiones ya sea un vehículo o un edificio”.<sup>59,60</sup>

## 2.5 SINERGIAS

El ingreso de vehículos eléctrico incrementará el uso de energía eléctrica lo que supondrá una necesidad por incrementar la producción de dicho insumo. El Perú es uno de los Países con gran potencia en la generación de energía eléctrica a base de fuentes renovables no contaminantes.

---

<sup>58</sup> F.A Wyezalek, Ob. Cit.

<sup>59</sup> Ibid.

<sup>60</sup> Ibid.

Hidráulica, Solar, Eólica, etc. Por lo que los proyectos para fomentar el incremento de la producción de energía se verán reforzados.

Se deberá dar prioridad a los proyectos de centrales de generación, así como mejorar la red de distribución del País para de esta forma conseguir una mejora en el suministro de energía.

Se deberá dar prioridad a la obtención de energías renovables para de esta forma no menguar el impacto ambiental que se recupera al implementar los vehículos eléctricos en el país.<sup>61</sup>

## 2.6 PROYECTOS DESTACADOS

Según el MINAM, nuestro país tiene registrados 190 proyectos MDL con potencial para reducir 25 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (MINAM, 2009).

El portafolio de inversiones ambientales alcanza los US\$ 11,200 millones de dólares.

No obstante, solo 23 proyectos del portafolio se han implementado por la dificultad que tienen para demostrar que reducirán sus emisiones por un cambio en la matriz energética o por captura de carbono a través de la reforestación.

Por otro lado, el proceso de certificación puede demorar entre dos y cuatro años en el escenario más optimista.

De los 190 proyectos de MDL peruanos, 147 son de energía y 43 son forestales; 49 ya han sido aprobados por el MINAM y, de esos, 23 han sido aprobados por la ONU, mientras que 17 están en etapa de validación.

Por otro lado, respecto de las dificultades para los interesados en solicitar MDL, Arturo Caballero 16 manifiesta que uno de los principales problemas es el alto costo de la elaboración del expediente o el documento de diseño del proyecto, que puede ser de US\$ 15,000 a US\$ 20,000 dólares y, además, se debe contratar

---

<sup>61</sup> Mehrdad Ehsani; Yimin Gao; Ali Emadi. *Moder Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles. Fundamentals, Theory and Design*. Second edition. CRC Press. Taylor & Francis Group,

a un especialista que lo valide, lo que puede significar US\$ 20,000 más. Por otro lado, la banca peruana no está preparada para asumir préstamos en proyectos que impulsen inversiones «verdes».

En resumen, en el futuro la tendencia mundial de las prácticas de Buen Gobierno Corporativo, y en especial de responsabilidad socio ambiental, hará que los demandantes de energía prefieran optar por empresas que se sirvan de recursos renovables para la generación de energía eléctrica, en especial de centrales hidroeléctricas.

Por las razones expuestas, la evaluación de las alternativas de inversión en el sector tiene que incorporar necesariamente el menor costo del gas y la posibilidad de obtener Bonos de Carbono como elementos particulares condicionantes de la rentabilidad de cualquier proyecto.<sup>62</sup>

## 2.7 PERSPECTIVAS

A día de hoy las empresas automovilísticas están anunciando la comercialización masiva de vehículos eléctricos para los próximos años. Sera entonces cuando se pueda obtener información más detallada sobre la demanda real del vehículo eléctrico.<sup>63</sup>

En estos momentos, todos los fabricantes, proveedores y gobiernos trabajan con hipótesis sobre cómo se espera que evolucione la demanda. Estas expectativas sobre el número de vehículos eléctricos en circulación deben ser tomadas con cautela, ya que, ante todo son expectativas.<sup>64-65</sup>

---

<sup>62</sup> Mehrdad Ehsani; Yimin Gao; Ali Emadi. *Moder Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles. Fundamentals, Theory and Design*. Second edition. CRC Press. Taylor & Francis Group,

<sup>63</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. *Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro*. 2012. Pp. 44-50.

<sup>64</sup> Mehrdad Ehsani; Ob. Cit.

<sup>65</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Ob. Cit. Pp. 44-50.

## CAPITULO III

### ESTUDIO DE MERCADO

En este momento la política nacional y la concienciación social sobre movilidad eléctrica hacen muy atractivo el desarrollo de negocio, a pesar de la crisis mundial en la que se está inmerso. Se irrumpirá en el mercado con una idea pionera en el sector, donde se tendrá que hacer frente a la economía de escalas y a la curva de aprendizaje, tendrá que adaptarse las exigencias tecnológicas cambiantes, al no contar todavía con una técnica madura y consolidada, y competir con el mercado de los vehículos eléctricos, bio-combustible e híbridos. Por contra, la empresa podrá beneficiarse de la falta de competidores para obtener un elevado margen comercial como del moderado poder de negociación de los clientes, quienes todavía no han desarrollado una presión en el sector.<sup>66</sup>

#### 3.1 ANÁLISIS DEL ENTORNO

Serán todos aquellos factores externos que tengan una influencia significativa en la estrategia para la conversión que no puede controlar.<sup>67</sup>

##### 3.1.1 ENTORNO MUNDIAL

Los vehículos a combustión interna son aun los líderes a nivel mundial además con la reducción del precio de los combustibles que se dio en los últimos años estos se han retomado como una de las mejores opciones para los consumidores sin embargo todo sabemos que el precio del petróleo puede fluctuar de la noche a la mañana y si se diera un gran cambio como en el 2008 la crisis volver a hacerse presente. Como es sabido los combustibles son un recurso no renovable eso quiere decir que es muy probable que una nueva crisis se presente en años

---

<sup>66</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. *Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro*. 2012. Pp. 44-50.

<sup>67</sup> Idem

venideros tarde o temprano este recurso se volverá escaso y se deberá dar paso a las nuevas tecnologías ya no de forma opcional sino de manera obligatoria.<sup>68</sup>

### EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL PETRÓLEO

Precio del barril de Brent en \$. Dato del día 1 de cada mes.



*Figura Nº 17: Evolución del precio del petróleo*

Fuente: <http://www.20minutos.es/noticia/2653191/0/causas-efectos/crisis-petroleo-barato/perjudicados-beneficiados/>

Muchos países ya se han percatado de estos por lo que están optando por la obtención de energía por fuentes renovables y reduciendo su consumo de hidrocarburos.

También está de por medio el tema medioambiental el cual ya ha demostrado ser uno de los factores más importantes a nivel mundial.

En el pasado la preocupación por el efecto invernadero y el cambio climático no era tan importante, pero de acuerdo a los distintos acontecimientos y cambios climatológicos que se han ido suscitando a través de todo el planeta, el entero ha puesto los ojos en estos problemas y ahora si los ve como resultado del descuido y negligencia del hombre.<sup>69</sup>

Cada vez más es el número de personas que fomentan la transición del sistema de combustión al sistema eléctrico para los medios de transporte y a su vez la producción de energías renovable y limpias para poder abastecerlos.

<sup>68</sup> James Larminie, John Lowry. Electric Vehicle Technology Explained. Second edition. John Wiley & Sons, 2003.

<sup>69</sup> Luis Corral Diez-Hochleitner. Simulación de los requerimientos energéticos de un vehículo híbrido Serie. Escuela Técnica Superior De Ingeniería (ICAI) Ingeniero Industrial Superior. Madrid Junio del 2012

Es un esfuerzo que todos debemos realizar no importa que sacrificios tengan que hacerse.<sup>70</sup>

### 3.1.2 ENTORNO POLÍTICO Y SOCIAL

En el Perú ya se está empezando a fomentar el uso de la tecnología de los autos eléctricos. Por lo cual se están preparando proyectos y normas para poder permitir su ingreso al país.

El presidente Pedro Pablo Kuczynski quiere que sea en su período en el que se inició la era de los autos eléctricos en el mercado peruano y es por eso que el Ministerio de Energía y Minas (MEM) tiene que dar algunos pasos hacia ese objetivo.

El viceministro de Energía, Raúl Pérez-Reyes, indicó que la idea es comenzar con la utilización de vehículos eléctricos en el servicio de transporte público y en principio se haría con la incorporación de un grupo de taxis de este tipo al mercado automotriz.<sup>71</sup>

“Este grupo de taxis estaría operando con motores eléctricos y sin la utilización de combustibles, que no serán híbridos, sino que sean eléctricos al 100%, con lo cual ya estaríamos hablando de emisión cero”, dijo durante su participación en el 14° Congreso Internacional Energía 2016.

Ciertamente es un reto para el Perú tener el uso de esta nueva tecnología debido a que la red eléctrica del país no está aún preparada, pero paso a paso se podrían realizar distintos proyectos tanto para fortalecer la generación como la red de transmisión de energía de país.

---

<sup>70</sup> Luis Corral Diez-Hochleitner. Simulación de los requerimientos energéticos de un vehículo híbrido Serie. Escuela Técnica Superior De Ingeniería (ICAI) Ingeniero Industrial Superior. Madrid Junio del 2012.

<sup>71</sup> Idem.

Además de comenzar a utilizar esta tecnología no solo en los vehículos de transporte particulares o taxis, sino también fomentar su uso en otro tipo de vehículos de transporte urbano.<sup>72</sup>

### 3.1.3 ENTRONO ECONÓMICO

Carlos Tembory, Country Manager del Grupo Enel en Perú, reveló que ya se tiene una fecha prevista para que los precios se igualen. Cuando ello suceda, la venta de autos eléctricos 'pisará el acelerador' pues son hasta 70% más económicos.

Actualmente una de las principales trabas para la expansión de los autos eléctricos es que en el mercado latino pueden llegar a costar hasta 400% más caros que los vehículos convencionales (en Europa el sobre costo baja a 30% en promedio).

Por ello, una clave para la expansión de esta tecnología será la reducción del precio de venta. Y ello sí podría llegar a ocurrir, según prevén los especialistas.

Se estima que a partir del 2020 los precios de los autos eléctricos podrían igualar al de los autos tradicionales, proyectó Carlos Tembory, Country Manager del Grupo Enel en Perú.

Ello teniendo en cuenta la tendencia en la reducción de precios que se ha registrado en los últimos años.

“Los precios de las baterías ion litio (usadas en los autos eléctricos) ya han caído en 80% en los últimos cinco años”, señaló Tembory a Gestión.pe.

Cuando los precios de venta bajen, la demanda de los autos eléctricos 'pisará el acelerador' pues son hasta 70% más económicos que los convencionales.

El ejecutivo español refiere que el Perú debería implementar una política de Estado para impulsar este mercado, pues son vehículos menos contaminantes.

---

<sup>72</sup> Luis Corral Diez-Hochleitner. Simulación de los requerimientos energéticos de un vehículo híbrido Serie. Escuela Técnica Superior De Ingeniería (ICAI) Ingeniero Industrial Superior. Madrid Junio del 2012

Subraya que en el Perú se debe facilitar la implementación de sistemas de carga eléctrica de los vehículos (en las estaciones de servicio) y quitar impuestos a la importación de autos eléctricos.

“En Europa hemos quitado impuestos de matriculación, hemos dado libre acceso a centros urbanos de pago y al sistema de parqueo. Eso lo hace más competitivo”, sostuvo Temboury.

Agregó que actualmente en Perú circulan menos de 10 autos eléctricos.

“Yo tengo un vehículo en Perú 100% eléctrico, lo cargo una vez cada tres días y no tengo problemas conduciendo en zonas urbana. El problema estaría en viajar a otra ciudad (pues faltarían puntos de recarga)”, indicó.

Los países con mayor desarrollo de autos eléctricos en el 2015 son: China con 207,000 vehículos eléctricos comercializados localmente a los que habría que sumar una ingente cantidad de autobuses y camiones eléctricos exportados; en segunda posición esta Noruega que si bien no ha vendido más coches que Estados Unidos, se quedó en unos 37.000 a 40.000, ostentando una increíble cuota de vehículos eléctricos del 23%, la mayor del mundo, seguidamente Estados Unidos vendió 116.000 coches eléctricos pero el 2015 fue un mal año para la venta de coches eléctricos principalmente porque se redujo drásticamente el costo del petróleo y a la mitad del año se paralizaron las ventas.

En el 2016 se vendieron 750,000 autos eléctricos siendo China el primer mercado automovilístico eléctrico mundial, vendiendo 333.481 vehículos eléctricos en el gigante asiático, lo que supone un aumento del 27% respecto al año anterior. La cuota de mercado se ha quedado en un 1,31% mientras que el modelo más vendido ha sido el BYD Tang con 31.405 unidades. En China hay actualmente 645.708 vehículos eléctricos.

El segundo lugar lo obtuvo Estados Unidos que vendió 157.181 incrementándose el 37,6% respecto al 2015; La cuota de mercado se queda en un 0.9% siendo el modelo más vendido el Tesla Modelo S con 29.156 unidades vendidas. En Estados Unidos hay actualmente 570.187 vehículos eléctricos, de los cuales unos

270.000 están en California.

En tercer lugar, Noruega vendió 45.492 vehículos eléctricos con un incremento del 32% respecto al año anterior. La cuota de mercado fue del 29,1% siendo el modelo más vendido Mitsubishi Outlander PHEV. En Noruega hay actualmente 135.276 vehículos eléctricos.

En el Reino Unido se vendieron un total de 36.907 vehículos eléctricos en 2016, lo que supone un incremento del 30,9% respecto a las ventas del año anterior. La cuota de mercado se ha quedado un en 1,37%. El modelo más vendido ha sido el Mitsubishi Outlander PHEV. En el Reino Unido hay actualmente 91.627 coches eléctricos.<sup>73</sup>

### **3.2 ENTORNO ESPECÍFICO**

Se referirá a todos los factores externos a la empresa que tengan una influencia marcada y significativa en la estrategia empresarial.

En este contexto se estudiará la industria o conjunto de empresas que desarrollan la actividad económica de producción y comercialización de vehículos reconvertidos a eléctricos.<sup>74</sup>

#### **3.2.1 AMENAZA DE ENTRADA DE NUEVOS COMPETIDORES**

Es te es un mercado nuevo por lo que aún no habrá nuevos competidores y se podría monopolizar el mercado, pero este ámbito cambiara en cuestión de días, como paso con la conversión autos a gas a medida que los autos eléctricos comiencen a generar ´popularidad se comenzara a gonorrea más y más empresas de conversión además de la aparición de nuevos proveedores y nuevos equipos que será traídos al mercado, por lo cual no se debe desaprovechar la falta de proveedores actuales y plantear un plan de mantenimiento y competitividad para el momento en que los nuevos competidores entren al mercado.

---

<sup>73</sup> <http://gestion.pe/tendencias/precios-autos-electricos-bajaran-hasta-igualar-convencionales-incluso-tambien-peru-cuando-ocurrira-2165345>

<sup>74</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

Como todo producto con el paso del tiempo este se hará más popular y la aparición de nuevos consumidores será inevitable.<sup>75</sup>

### **3.2.2 PODER DE NEGOCIACIÓN DE LOS PROVEEDORES**

En la industria existen multitud de proveedores que sirven como inputs en diferentes puntos del proceso productivo, la competencia que existía entre ellos se ha hecho mayor desde la apertura de miras del mercado global, lo que se traduce en una reducción del coste unitario del producto.

Se debe tener en cuenta la ventaja competitiva en costes de los proveedores de productos semi-terminados de China y otros países de la región del sudeste asiático, Empresas del sector eléctrico como Siemens, tienen su cadena de producción directamente en China.

El poder de negociación de los proveedores específicos, fabricantes de baterías de Ion-litio, de motores eléctricos, de generadores, de software, que aparte de ser consciente de la crucial importancia que tienen para el desarrollo del vehículo tiene además un nicho de mercado sectorizado y dominado, no se amoldarían a las exigencias particulares de la empresa, además las grandes marcas de automóviles están copando y cerrando el mercado eléctrico mediante contratos de exclusividad con empresas del sector.

En el caso de los proveedores secundarios, cables, leds, pulsadores, sensores tienen un nivel de negociación bajo ya que existe mucha oferta a precio similar.<sup>76</sup>

### **3.2.3 PODER DE NEGOCIACIÓN DE LOS CLIENTES**

El poder de negociación de los clientes es moderado, no poseen mayor fuerza de negociación que la empresa. Los clientes buscan la solución de la conversión por motivos económicos, ahorro en combustible y ahorro en mantenimiento, como estéticos, todavía persiste el gusto general por las carrocerías de los vehículos tradicionales.

---

<sup>75</sup> <https://www.iit.comillas.edu/pfc/resumenes/50470f82d0c3e.pdf>

<sup>76</sup> Idem

En el mercado aún no han proliferado este tipo de empresas, no existe una cultura comercial al respecto y por tanto falta conocimiento y madurez en los clientes, quienes aún no han desarrollado presión al fabricante por lo que las líneas de negociación en ventas serán momentáneamente trazadas por la empresa.<sup>77</sup>

### 3.2.4 AMENAZA DE PRODUCTOS SUSTITUTIVOS

Existen opciones alternativas a la conversión de los vehículos de combustión, Los híbridos, los eléctricos y los bio-combustibles, gas hidrogeno, suponen las amenazas más fuertes para el sector.<sup>78</sup>

Los vehículos híbridos, también han sido popularizados en los últimos años estos brindan muchas ventajas, aunque su principal exponente sería la autonomía dado que como su sistema eléctrico es secundario estos rinden una autonomía muy aceptable con su motor de combustión interna. Y al tener su sistema eléctrico brindar una reducción en la contaminación del vehículo además cada sistema puede funcionar individualmente lo que le brinda una mayor confianza y funcionalidad.

Los vehículos eléctricos puros son más costosos y con menor autonomía, pero como ya están completamente diseñados para funcionar con sus sistemas eléctricos estos tienen una garantía y prestigio mayor lo cual puede atraer a un grupo de compradores, además que los nuevos modelos actuales los hacen más atractivos al público.

Los vehículos de hidrógeno no suponen una amenaza agresiva aún en el panorama empresarial, dado que no son muy populares aún en el entorno y su tecnología aun es más desconocida que la de los autos eléctricos por lo que no tendrían una aceptación muy amplia por el momento.

Los biocombustibles (bioalcoholes y biodiesel), estos vehículos ciertamente podrían generar un amenaza pero en el Perú aún no se populariza el uso de estos

---

<sup>77</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>78</sup> Idem

vehículos además su mayor desventaja sería el olor del biocombustible en cual genera desagrado por este tipo de vehículos.

### 3.2.5 RIVALIDAD ENTRE COMPETIDORES

No existe un alto rango de rivalidad en el mercado, Aún no han irrumpido en el sector un número destacado de empresas en el Perú dedicadas la conversión de los vehículos tradicionales.<sup>79</sup>

**Tabla N° 1: Impacto sobre el mercado**

<b>Factores a tener en cuenta</b>	<b>Impacto</b>
Amenaza de entrada de nuevos competidores	Negativo
Poder de negociación de los proveedores	Negativo
Poder de negociación de los clientes	Positivo
Amenaza de ingresos de productos sustitutivos	Negativo

### 3.3 ANÁLISIS INTERNO DE LA EMPRESA

El análisis interno de la empresa investigará acerca de las características, recursos, factores, medios, habilidades y capacidades de que dispone la empresa para hacer frente al entorno, tanto general como específico, se refiere al análisis para identificar las fortalezas y debilidades en el mercado.<sup>80</sup>

#### 3.3.1 IDENTIDAD DE LA EMPRESA

*Edad de la empresa.* La empresa será de nueva creación, se cataloga como empresa emergente en el sector de la automoción.

*Tamaño de la empresa.* Empresa pequeña dentro del sector.

<sup>79</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>80</sup> Idem

*Ámbito geográfico.* La empresa se localizará en la ciudad de Arequipa dado que por su creciente parque automotor y su suministro de fuentes de energía renovable y no contaminante lo hacen un punto clave para demostrar un verdadero resultado favorable en el uso de este tipo de vehículos.

### 3.3.2 SEGMENTACIÓN DE MERCADO

En la actualidad son muy escasos los casos en lo que se está aplicando esta tecnología, debido a su alto costo que no la hace atractiva para los consumidores, pero como se informó antes se está comenzando a fomentar el uso de estos productos dado que el mundo recién se está dando cuenta la necesidad de comenzar a proteger el medio ambiente.

En el Perú ya se han realizado varios estudios que demuestran que un gran índice de enfermedades respiratorias, cánceres y otros males están íntegramente vinculados a la contaminación producida por los vehículos, y esto ocurre en todo el país, no solo en las principales ciudades.

El plan de integrar este nuevo sistema crearía una demanda total para todo el país, dicha tecnología se compartiría para poder realizar las conversiones en cada ciudad, con el apoyo del gobierno podría fomentarse más su difusión, generar mejora en las importaciones de equipo y por tanto abaratar los costos de los productos.

Toda empresa cuya flota de vehículos se mueva en un entorno urbano, transportistas de corto recorrido, mensajeros. Estas empresas cuentan con las condiciones idóneas en cuanto ha recorrido, infraestructura potencial.<sup>81</sup>

Instituciones públicas, flotas de vehículos de ayuntamientos, ministerios. Las instituciones públicas serán un nicho adicional de mercado, dado su repentino interés por el vehículo eléctrico, como medida para la reducción de la dependencia de petróleo.

---

<sup>81</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

La reconversión de vehículos está sujeta a las necesidades de los particulares de sustitución de sus antiguos coches, bien sea por razones laborales, económicas o simplemente entusiastas.

El primer año de vida de la empresa se centrará en la conversión de un único modelo de vehículo en el sector de los particulares de 20 a 50 años, la situación económica actual está forzando a las familias a reducir gastos y la solución de la conversión aúna la necesidad.

A tenor de las conclusiones subrayadas en el estudio, quienes compraron un vehículo en 2004 y siguientes, serán hoy potenciales compradores o clientes interesados en las novedades tecnológicas que irrumpen el mercado y será el nicho del taller de reconversión.<sup>82</sup>

### **3.3.2.1 ESTRATEGÍA A IMPLEMENTAR**

A la hora de seleccionar el modelo, es determinante a fin de jerarquizar la decisión, tener en cuenta las diversas consideraciones del estudio de mercado previo.

Primer factor: Que La marca no comercialice en la actualidad el modelo eléctrico del vehículo a reconvertir.

Segundo factor: Que marca podrían sacar al mercado en un corto-medio plazo un modelo eléctrico

Tercer factor: El precio del modelo. Se prevé que los clientes potenciales de la conversión serán aquellos que por razones económicas busquen disminuir los gastos que les genera su coche.

Cuarto factor: La cuota de mercado, se tiene en cuenta el tamaño ya que cuanto mayor sea la escala, mayor será la rentabilidad.<sup>83</sup>

---

<sup>82</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>83</sup> Idem

### 3.3.2.2 ANÁLISIS DE LOS MODELOS PARA LA CONVERSIÓN

En la actualidad existe una enorme gama de vehículos de distintas marcas y modelos, todos ellos pueden someterse a la conversión del sistema eléctrico, pero como cada vehículo es particularmente único en varias características se requiere de ciertos detalles a la hora de convertir dichos modelos.

Los modelos antiguos son bastante favorables para la conversión dado que poseen un sistema simple y adecuado para la conversión en la cual se haría un remplazo solo del motor de propulsión, el diseño de acople y el banco de baterías, además dichos vehículos al tener por lo general cajas mecánicas no representarían problema al momento de realizar la conversión, además como son carros antiguos es posible que sus motores estén con bastante desgaste y su costo de reparación es bastante atractivo el costo de conversión dado que reparar un motor antiguo puede estar alrededor de S/ 5000 a S/ 6000 soles. También está el factor de la antigüedad o como los llaman clásicos, muchos propietarios desean manejar carros clásicos debido a que su diseño peculiar o motivos sentimentales los impulsan. Estos son un mercado potencial porque muchos propietarios tienen carros con carrocería en excelente condición, pero cuyo sistema de combustión ya se encuentra deficiente o incluso inoperativo.

Otros modelos que deben tomarse en cuenta son los modelos que sean más populares para el servicio de transporte público (Taxis), en el pasado de si un ingreso masivo de los autos conocidos como Tico, el cual prácticamente monopolizó el mercado, estos vehículos pueden ser fácilmente convertidos y su costo operativo sería muy tentador para este sector, sin embargo en los últimos años y por distintas normas se ha comenzado a cambiar estos vehículos por otros modelos que también están invadiendo el mercado, estas marcas y modelos son las que deben tomarse como bases para un desarrollo de conversión, como son por ejemplo el Modelo Matiz de la Marca Chevrolet que es el que desplazo al Tico como principal vehículo en el transporte de taxi.

Nuevas normas se crean día a día que hacen que los vehículos que realizan transporte urbano tengan nuevas características por lo que se comienza a

ingresar modelos nuevos de distintas marcas que puedan cumplir con dichas expectativas. Estos modelos que comienzan a entrar en este sector son los que deben analizarse primero pues son los que mayor demanda habrá en el mercado.

### 3.3.3 ANÁLISIS FUNCIONAL

Para realizar la conversión se requieren distintos elementos.

Los equipos para la conversión son uno de los factores que pueden generar el mayor problema tanto en costos como en tiempos para realizar la conversión.

Técnicamente un vehículo puede ser convertido en prácticamente una semana. Esto es por supuesto si se cuenta con todos los elementos necesarios para realizar su conversión.

Es por eso que antes de iniciar la conversión se debe hacer un análisis del vehículo y un diseño de todos los elementos necesarios.

Teniendo una planta de conversiones bien equipada, así como un suministro eficiente de piezas y partes la conversión será un proceso bastante sencillo y funcional para los consumidores.

Debe recalcar que el atractivo para el consumidor será que la conversión se realice en el menor tiempo posible.

#### 3.3.3.1 ÁREA COMERCIAL

Variable	Valor
Cuota de mercado	Mercado Arequipa
Características	Vehículos reconvertidos a eléctricos
Fuerza de venta	Vendedores en ferias de automoción. Anuncios en revistas de coches
Imagen de la marga	Calidad, innovación y sostenibilidad

### 3.3.3.2 ÁREA DE PRODUCCIÓN

Variable	Valor
Proceso productivo	Montaje a raíz de productos semi-termina
Estructura de costos	Costos fijos: Alquiler de los talleres, salarios de los comerciales, trabajadores y técnicos, gastos de publicidad y promoción costes variables: componentes a implantar

### 3.3.3.3 ÁREA TECNOLÓGICA

Variable	Valor
Desarrollo de Mejora	Un porcentaje de ganancias se usaran para mejoras en la eficiencia de la conversión

### 3.3.3.4 ÁREA DE ORGANIZACIÓN Y DIRECCIÓN

Variable	Valor
Estructura organizativa	Departamento: calidad e I+D Económico – financiero, Marketing
Cultura empresarial	Trabajo en cadenas, sostenibilidad

## 3.4 DAFO

### 3.4.1 AMENAZAS

Las baterías son el principal lastre del vehículo eléctrico debido a su alto costo, dependiendo del tipo de baterías que se use y la cantidad requerida estas podrían simbolizar el mayor gasto al momento de convertir el vehículo. Se debe tener en cuenta también su tamaño y peso. El tamaño nos reducirá el espacio de carga y el peso podría desestabilizar el vehículo. Estos factores deben tenerse en cuenta para no desalentar al comprador

Escasez de puntos de recarga, dado que estos son inexistentes actualmente, se debe aportar un sistema de recarga que sea factible para el consumidor.

Proveedores de componentes electrónicos muy sectorizados y escasos: alto poder de negociación, la fabricación del vehículo exige aprovisionarse de materiales y componentes electrónicos ajenos a la industria, por lo que los precios los marcan los proveedores.<sup>84</sup>

La entrada de nuevos competidores puede suponer una amenaza, hasta ahora en Perú el mercado no se ha diversificado, no son numerosas las empresas dedicadas a la conversión, pero cabe la posibilidad de que, en un medio, largo plazo proliferen en este sector otras, los talleres mecánicos por ejemplo podrían adaptarse y suponer una seria amenaza.

Si las marcas sacasen vehículos eléctricos con diseños que convencieran a los compradores o que ellas mismas hiciesen la conversión del vehículo no habría posibilidad de negocio, el cliente escogería la casa por confianza y garantía.

Interferencia con la garantía del fabricante, supone un problema para vender el producto, en aquellos vehículos que aún se encuentren en garantía, ya que seguramente el cliente se negará a perderla.

Las ayudas del gobierno son concedidas por adquisición, operación de financiación por leasing financiero y arrendamiento por leasing, la empresa o particular que escoja la conversión del vehículo no recibirá ninguna ayuda inicial.

Incertidumbre sobre el cambio tecnológico. El creciente ritmo tecnológico en este sector obliga a la empresa a adaptarse permanentemente a las corrientes de vanguardia lo que supone una renovación en los diseños y en el stock.

Al aumentar el número de componentes electrónicos en el vehículo aumenta el mantenimiento, por ejemplo, de la batería, por posibles fallos. El nuevo vehículo al estar constituido por componentes electrónicos las reparaciones requieren un personal más cualificado de lo que se acostumbraba con el vehículo tradicional.

---

<sup>84</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

Los diseños actuales de los vehículos eléctricos no convencen al público, no son atractivos, los vehículos tradicionales siguen estando estéticamente por encima de los eléctricos, la empresa de reconversión satisface por tanto el gusto particular por una carrocería atractiva como también ofertan la posibilidad de ahorro al sustituir la fuente de energía.

Los componentes que se van a utilizar a priori son homogéneos (implicará: no tener piezas diferentes para modelos diferentes, no hace falta operarios con formaciones distintas, todos los operarios podrán trabajar sobre los diferentes modelos, se reducirá la acumulación de stock...), por lo que será sencillo obtener descuentos por cantidad, obteniendo así un aumento significativo en el margen comercial, proporcional al crecimiento de la demanda.<sup>85</sup>

### 3.4.2 OPORTUNIDADES

La estandarización de componentes permite a la empresa reducir el número de piezas distintas en stock, a no tener personal específico para la conversión de un modelo de vehículo, sino que son útiles en todos, obtener descuentos por cantidad.

Reducir riesgos comprando los materiales a proveedores externos, sobre todo baterías y componentes electrónicos, lo que supone reducir el tiempo de fabricación, pudiendo así reducir el stock de materias primas sin que con ello se perjudique el abastecimiento de la demanda.

Posibilidad de aprovisionarse de los productos semi-elaborados en zonas del Sudeste Asiático donde los precios son más bajos.

Si se obliga a que todos los vehículos que estén en circulación, tengan que cumplir la norma, en un corto periodo de tiempo, se produciría una fuerte demanda de vehículos eléctricos y conversiones, para adaptarse al parque móvil.

---

<sup>85</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

Aprovechar la moda de la “conciencia verde”, si se publicita el producto de manera adecuada se puede captar la atención de clientes.

Ahorro para el consumidor, al sustituir la gasolina por la electricidad, habría que hacer llegar esta información al consumidor por medio de la publicidad adecuada.

Moderado poder de negociación de los consumidores, la empresa guiara en la venta porque los consumidores no han desarrollado capacidad de presión en el mercado.

Cuando el consumidor sea consciente del ahorro que supone un motor eléctrico frente al tradicional, se interesará por vehículos de este corte, posteriormente la demanda se verá incrementada en función de este ahorro.

El uso del vehículo eléctrico como “gestor de cargas” por parte de las eléctricas como medida para aplanar la curva de demanda supone ingresos adicionales a los propietarios de los vehículos.<sup>86</sup>

### **3.4.3 DEBILIDADES**

La inexperiencia y el desconocimiento del cliente al ser un producto innovador, puede generar una sensación de desconfianza hacía el producto, en lo que se refiere a su eficiencia y fiabilidad.

El mercado de los vehículos reconvertidos todavía no está explorado, ni es conocido por el público, por lo que se necesita un gasto importante en publicidad para hacer llegar al cliente, la oferta y las ventajas del vehículo.<sup>87</sup>

### **3.4.4 FORTALEZAS**

Al ser, de momento, un avance pionero en el mercado no hay muchos competidores.

---

<sup>86</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>87</sup> Ibid.

Se puede obtener un elevado margen comercial, puesto que no tenemos que ofertar un precio competitivo al carecer de competidores.<sup>88</sup>

### 3.5 HOMOLOGACIÓN

#### 3.5.1 REFORMAS EN EL VEHÍCULO

Dado que se realizarán cambios significativos en el vehículo para poder obtener los papeles de tránsito de este se deben realizar ciertas inspecciones y cambios en su documentación para que el automóvil pueda circular por la vía sin ningún problema.

#### 3.5.2 REFORMA N°1 SUSTITUCIÓN DEL MOTOR POR OTRO DE DISTINTA MARCA Y TIPO

*Definición:* Sustitución del motor por otro de distinta marca y tipo.

*Descripción:* Se reemplazará el motor de combustión interna que funciona a base de gasolina por un motor eléctrico asíncrono sin escobillas impulsado por corriente eléctrica.

*Reglamentación aplicable:*

- Ruidos
- Emisiones ligeras
- Emisiones Pesadas
- Humos diésel.<sup>89</sup>

*Ruidos*

Las ordenanzas municipales reguladoras de ruidos en vehículos a motor y la organización mundial de la salud cifran el número de decibelios máximos para vehículos destinados al transporte de personas con capacidad de hasta 8 pasajeros en 80 db.

---

<sup>88</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>89</sup> Ibid. Pp. 44-50.

No se dispone del dato exacto de la emisión de ruido del motor eléctrico seleccionado, pero los motores eléctricos apenas tienen rozamiento que genere ruido. El eje del rotor del que se extrae el par mecánico, está suspendido en medio del estator mediante rodamientos, mientras estos estén perfectamente engrasados, el nivel de ruido es mínimo, la intensidad sonora se reduce hasta valores casi nulos en los vehículos eléctricos y por tanto está dentro de la legalidad de las ordenanzas municipales. *Emisiones ligeras y Emisiones pesadas.*<sup>90</sup>

Los vehículos eléctricos no emiten ni emisiones ligeras ni pesadas a la atmósfera, por tanto, el vehículo eléctrico no produce emisiones contaminantes directas, tan solo podría darse el caso de emisiones contaminantes en función de cómo se haya generado la energía.

Los vehículos eléctricos y en concreto el modelo reconvertido, se encuadran dentro de la legalidad presente.

#### *Humos diésel*

Los vehículos no disipan humo.

*Documentación exigible:* Informe favorable del fabricante o de su representante debidamente acreditado o del laboratorio oficial acreditado.

Es necesario dirigirse a un laboratorio acreditado por e MTC. Dichos laboratorios habrán de revisar que el vehículo cumple con la legislación y la normativa de seguridad. El informe del laboratorio debe incluir en el caso presente: Marca y tipo de motor, potencia real y física.<sup>91</sup>

---

<sup>90</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>91</sup> Ibid

### 3.5.3 REFORMA Nº2 SUSTITUCIÓN DE LA CAJA DE VELOCIDADES POR OTRA DE DISTINTO NUMERO DE RELACIONES

*Definición:* Sustitución de la caja de velocidades por otra automática de distinto número de relaciones (marchas).<sup>92</sup>

*Reglamentación aplicable:*

- Ruidos
- Frenado
- tacógrafo<sup>93</sup>

*Ruidos*

La reductora genera ruido por lo general en la marcha en reversa por las piezas mecánicas para automóviles, el canal de distribución asegura el cumplimiento de la normativa en vigor.<sup>94</sup>

*Frenado y tacógrafo*

En el proceso de conversión no se modifican los frenos, ni tampoco la toma de variables del tacógrafo, la recogida de datos de velocidad, aceleración y frenadas bruscas entre otros sigue siendo el mismo, por lo que si antes de la reconversión cumplían con la normativa ahora también.

*Documentación exigible:* Informe favorable del fabricante o de su representante debidamente acreditado o del laboratorio oficial acreditado de Perú. Es necesario dirigirse a un laboratorio acreditado por el MTC. Dichos laboratorios habrán de revisar que el vehículo cumple con la legislación y la normativa de seguridad. El informe del laboratorio debe incluir en el informe: el límite de velocidad, los precintos y la adaptación del velocímetro/cuentakilómetros.<sup>95</sup>

---

<sup>92</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>93</sup> Ibid.

<sup>94</sup> Ibid

<sup>95</sup> Ibid.

### 3.5.4 REFORMA Nº 3 CAMBIO DE TIPO DE VEHÍCULO

*Definición:* Cambio del tipo de vehículo

*Descripción:* El vehículo de categoría, antes de la conversión estaba accionado por un motor térmico, después de la conversión el sistema propulsor es eléctrico.

*Reglamentación aplicable:* El laboratorio oficial deberá establecer, en cada caso, las exigencias requeridas en función de la reforma.

*Documentación exigible:* Informe favorable del fabricante o de su representante debidamente acreditado o del laboratorio oficial acreditado de MTC de Perú.<sup>96</sup>

Es necesario dirigirse a un laboratorio acreditado por e MTC. Dichos laboratorios habrán de revisar que el vehículo cumple con la legislación y la normativa de seguridad. El informe debe incluir los efectos de la reglamentación exigible con lo especificado.<sup>97</sup>

### 3.5.5 INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS

Una vez obtenida toda la documentación precedente se debe superar una nueva revisión de la ITV que incluye:

- Identificación del tipo de motor.
- Soportes
- Conexiones del motor con el vehículo (mecánicas, eléctricas, termodinámicas, hidráulicas)
- Frenos

Si la inspección es favorable se anotará la reforma a la ficha técnica del vehículo y se podrá circular por la vía pública.<sup>98</sup>

---

<sup>96</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>97</sup> Ibid

<sup>98</sup> Ibid.

### 3.6 ESTUDIO AMBIENTAL

#### 3.6.1 EMISIONES DE LOS VEHICULOS DE COMBUSTION

Las emisiones de gases de los vehículos térmicos suponen un problema para la salud, los principales contaminantes son:

- Dióxido de Carbono.
- Monóxido de Carbono.
- Óxidos de azufre.
- Óxidos de Nitrógeno
- Compuestos Orgánicos volátiles (COV).
- Partículas.
- Dióxidos de Azufre.<sup>99</sup>

Los principales riesgos que entraña el monóxido de carbono es inhibir la capacidad de la sangre para el transporte de oxígeno, este efecto se hace potencialmente peligroso para fumadores y personas con afecciones cardíacas.

Las emisiones de partículas alteran el sistema respiratorio, y provocan enfermedades cardiovasculares dañando la pleura en incluso pueden provocar cáncer. De entre todas las partículas emitidas las de menor tamaño son las más peligrosas ya que pueden llegar hasta el torrente circulatorio. En concentraciones superiores a 5 microgramos por metro cúbico de partículas se presenta un riesgo significativo de cáncer.

Los óxidos de Nitrógeno afectan también a los pulmones y son los niños y las personas mayores quienes sufren con más virulencia los efectos nocivos. En presencia de compuesto orgánicos volátiles y la luz del sol, el NOx reacciona para producir ozono a nivel del suelo. Esto daña las vías respiratorias, los pulmones....

En el ámbito ecológico, la presencia de NOx en la atmosfera hace que se emita lluvia ácida cuyo efecto acaba con fauna y flora del ecosistema.<sup>100</sup>

---

<sup>99</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>100</sup> Ibid

Un problema importante con los vehículos de motor de combustión interna es el tráfico lento ya que el consumo de combustible aumenta. En las aglomeraciones y atascos la contaminación aumenta considerablemente.

### **3.6.2 EFECTO INVERNADERO**

Las emisiones de dióxido de carbono plantean un problema ecológico grave, *Efecto invernadero*, la consecuencia inmediata es el calentamiento global.

Parte de la radiación de onda corta del sol es absorbida por la tierra y luego es reemitida en una longitud de onda más larga. Esta es absorbida por el dióxido de carbono y otros gases.

La concentración atmosférica de dióxido de carbono se ha incrementado en un 25% en los últimos 100 años.<sup>101</sup>

### **3.6.3 CONSUMO ELECTRICO EN LA PLANTA, VEHICULO ELECTRICO**

Los vehículos eléctricos no emiten gases contaminantes directos durante su funcionamiento, pero si se emiten en la manera en la que se genera la energía, la generación de energía eléctrica da lugar a emisiones contaminantes. Estas emisiones podrían anularse o reducirse con el uso de las energías verdes (Eólica, solar...)

Durante la generación, el transporte y la transformación de energía eléctrica se pierde parte de la energía, por lo que la energía generada en fuente debe ser superior a la útil para recargar las baterías.

### **3.6.4 EMISIONES POR TECNOLOGIA**

*En la ciudad de Arequipa principalmente se utiliza la energía generada por las centrales hidroeléctricas, sin embargo, también se cuenta con centrales térmicas por lo que a continuación se presentara un cuadro de la generación de energía.*

---

<sup>101</sup> <https://pt.scribd.com>.

Además, se generan distintas emisiones por la industria y el parque automotor, los principales factores contaminantes en el aire de Arequipa que se analizan son:

ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE DECRETO SUPREMO Nº 003-2008-MINAM * DECRETO SUPREMO Nº 074-2001-PCM **		
Pm10 (material particulado) **	PM10	150 µg/m <sup>3</sup> – 24 Horas
Pm2,5 (material particulado) *	PM2.5	50 µg/m <sup>3</sup> – 24 Horas
Monóxido de carbono **	CO	10 000 µg/m <sup>3</sup> – 8 Horas
Dióxido de azufre *	SO <sub>2</sub>	80 µg/m <sup>3</sup> – 24 Horas
Dióxido de nitrógeno **	NO <sub>2</sub>	100 µg/m <sup>3</sup> – Anual
Plomo **	Pb	0,5 µg/m <sup>3</sup> – Anual
Ozono troposférico **	O <sub>3</sub>	120 µg/m <sup>3</sup> – 8 Horas
Benceno *	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	4 µg/m <sup>3</sup> – Anual
Sulfuro de hidrógeno *	H <sub>2</sub> S	150 µg/m <sup>3</sup> – 24 Horas
Hexano hidrocarburos totales*	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	100 mg/m <sup>3</sup> – 24 Horas

**Tabla Nº 2:** Estándares de calidad de aire  
Fuente: Región de Salud Arequipa

### 3.6.5 RESULTADOS

Según estudios realizados para la calidad del aire en la ciudad de Arequipa, se encontró los siguientes resultados dañinos por las emisiones.

Contaminante	Origen	Efectos sobre la salud
Monóxido de Carbono (CO)	Combustión Incompleta	Disminuye la absorción del oxígeno en las células rojas, afecta la percepción y la capacidad de pensar, disminuye los reflejos y puede causar inconciencia. Afecta el crecimiento fetal en mujeres embarazadas. Genera enfermedades en personas con problemas respiratorios, circulatorios y el agravamiento de los problemas cardiovasculares.
Benceno y otros hidrocarburos (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Combustión Incompleta o Evaporación	Irritación de los ojos, cansancio y tendencia a toser. Puede tener efecto carcinogénico, así como causar enfermedades pulmonares.
Material Particulado (PTS)	Combustión incompleta	Puede iniciar enfermedades respiratorias (afectando más a niños y ancianos) afecta a los pulmones
Óxidos de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	Altas temperaturas de combustión	Irrita los ojos, nariz, garganta y causa dolores de cabeza.
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	Contenido de azufre en el diésel y fundición de minerales	Irrita las membranas del sistema respiratorio y causa inflamación en la garganta y alergias sobre el sistema inmunológico.
Ozono (O <sub>3</sub> )	Reacción de gases NO <sub>x</sub> y HC con la luz solar	Produce alergias del sistema inmunológico, efectos irritantes y además sobre a piel y los tejidos mucosos de los ojos, nariz y garganta.

**Tabla Nº 3:** Daños que produce la contaminación del aire  
Fuente: Región de Salud de Arequipa

## CAPITULO IV

# PROCESO INTEGRAL DE CONVERSIÓN DEL VEHÍCULO DE COMBUSTIÓN INTERNA A SISTEMA ELÉCTRICO

En primer lugar, del vehículo se extraen todos los componentes que no vayan a resultar necesarios en el proceso de conversión:

1. Motor de combustión
2. Sistema de refrigeración del motor, incluyendo radiador, bote de expansión, manguitos y tuberías.
3. Bomba de combustible.
4. Tanque de combustible.
5. Tuberías de combustible.
6. Sistema de admisión.
7. Caja de cambios
8. Embrague.
9. Sistema de escape completo, incluyendo el catalizador y EGRs
10. Instalaciones eléctricas del motor.<sup>102</sup>

### 4.1. DINÁMICA DEL VEHÍCULO

Para dimensionar el nuevo grupo propulsor y el conjunto de baterías es necesario conocer las fuerzas resistentes a las que tienen que hacer frente el vehículo, para posteriormente y en virtud de sus valores seleccionar los componentes del Kit de sustitución.<sup>103</sup>

---

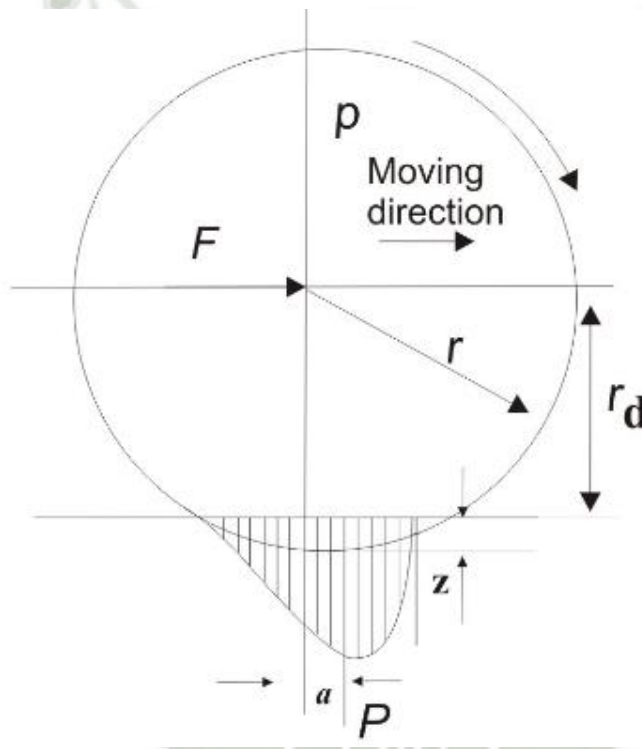
<sup>102</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>103</sup> Ibid.

#### 4.1.1 FUERZAS QUE SE OPONEN AL DESPLAZAMIENTO DEL VEHICULO

##### 4.1.1.1 FUERZA DE ROZAMIENTO A LA RODADURA DE LOS NEUMATICOS

La fuerza de rozamiento a la rodadura de los neumáticos sobre una superficie dura esta fundamentalmente causada por la histéresis de los materiales del neumático, este fenómeno origina que la parte delantera de la rueda se cargue más que la trasera, como se aprecia en la figura, la resultante por acción y reacción de la fuerza  $P$  no queda alineada con el eje del neumático. Esto da lugar a un momento resistente, el cual será el causante del esfuerzo.<sup>104</sup>



**Figura Nº 18:** Distribución de presiones sobre el neumático  
Fuente: Moder Electric, Hybrid Electric and Fuel

La fuerza  $F$  debe equilibra el momento:

$$M_r = F \cdot r_d$$

<sup>104</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

$$F = \frac{M_r}{r_d} = \frac{p_a}{r_d} = P \cdot f_r \text{ Ecuacion 1}$$

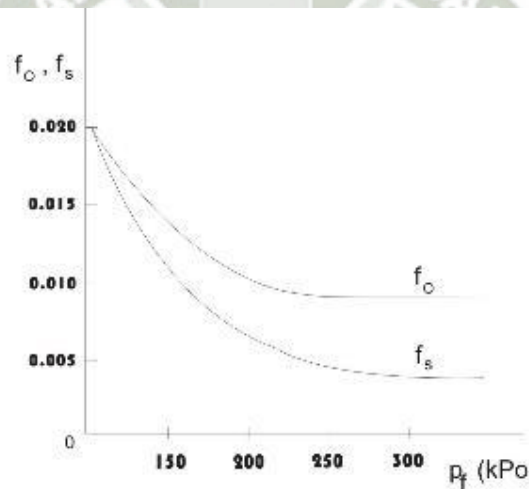
$f_r$ : Coeficiente de resistencia a la rodadura

Los valores que este coeficiente toma dependen del material del neumático, presión, geometría, estructura, del material y rugosidad del terreno. El cálculo de este coeficiente está basado en resultados experimentales, la fórmula a la que se llega: <sup>105</sup>

$$f_r = f_o + f_s \left( \frac{V}{100} \right)^{2.5} \text{ Ecuacion 2}$$

$V$ : Velocidad del Vehículo

$f_o, f_s$  : Coeficientes que dependn de la presión neumaticos



**Figura Nº 19:** Cálculo de los coeficientes de rozamientos  
Fuente: Universidad Pontificia de comillas

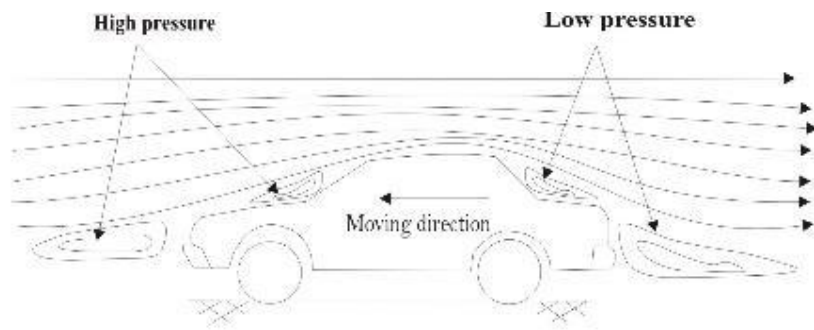
#### 4.1.1.2 FUERZA AERODINÁMICA

La masa de aire que envuelve al vehículo en su desplazamiento lo frena. Esta resistencia incluye esfuerzos debidos a la forma del automóvil y debidos al rozamiento superficial con el aire.

<sup>105</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

Esfuerzos debidos a la forma, son la causa de la diferencia de presiones generada por el avance del vehículo. Al empujar con la zona delantera se generan zonas de alta presión mientras que en la zona posterior del vehículo se deja un vacío, en el que se genera depresión.

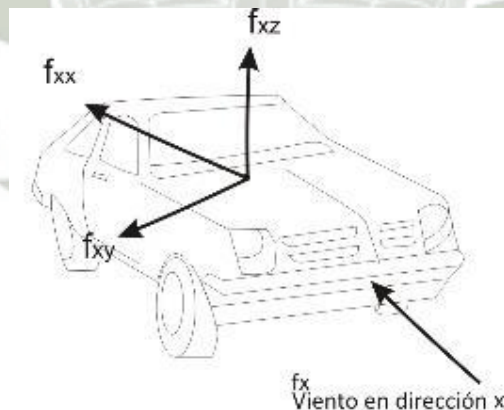
Esfuerzos debidos al rozamiento superficial, al moverse dentro de una masa de aire el vehículo al desplazarse roza contra el fluido.<sup>106</sup>



**Figura N° 20:** Distribución de las líneas de corriente sobre el vehículo

**Fuente:** Moder Electric, Hybrid Electric and fuel

Si definimos como eje x el que es paralelo al avance del vehículo, eje y al transversal y eje z al vertical y consideramos un desplazamiento relativo entre vehículo y viento de componente x exclusivamente, podemos definir el siguiente campo de fuerzas.<sup>107</sup>



**Figura N° 21:** Posicionamiento de ejes

**Fuente:** Universidad Pontificia Comillas

<sup>106</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>107</sup> Ibid.

La fuerza total que se opone al avance del vehículo es  $f_x$ ,  $f_{xx}$  es la componente de la fuerza según el eje x, es la que se opone al avance del vehículo y  $f_{xy}$  sobre el eje y, como los vehículos son simétricos respecto al eje x esta fuerza es nula, y  $f_{xz}$  sobre el eje z. Normalmente tiende a levantar el vehículo, por lo que se suele denominar fuerza anti deportante.

La fuerza aerodinámica que se opone al avance del vehículo tiene la expresión:

$$F_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (v - v_{aire})^2 \cdot C_x \cdot S \text{ Ecuacion 3}$$

$\rho$  : Densidad del aire

$v$  : Velocidad del Vehículo

$v_{aire}$  : Velocidad del Aire

$S$  : Area Frontal Proyectada

$C_x$  : Coeficiente de Penetración<sup>108</sup>

#### 4.1.1.3 FUERZA DE ASCENSO

La fuerza que debe vencer el vehículo al subir una pendiente con un ángulo determinado respecto a la horizontal se puede calcular siguiendo los modelos clásicos del plano inclinado.

$$F_p = \text{sen}\varnothing \cdot m \cdot g \text{ Ecuacion 4}$$

$m$ : Masa del Vehículo

$\varnothing$ : Angulo de Desnivel del terreno<sup>109</sup>

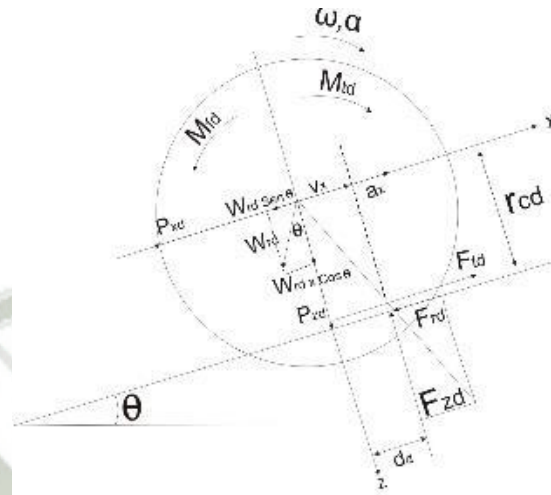
#### 4.1.2 ECUACIÓN DE LA DINÁMICA DE TRACCIÓN

Para iniciar el análisis se considera el diagrama de cuerpo libre de las ruedas del eje delantero. Se plantea el problema de forma general, lo que permite asumir que

<sup>108</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>109</sup> Ibid.

sobre cada rueda se produce simultáneamente momentos de tracción y de frenada sobre ambos ejes. <sup>110</sup>



**Figura Nº 22:** Diagrama de cuerpo libre sobre la rueda

**Fuente:** Tratado sobre automóviles, Tomo IV. La dinámica del automóvil

Las ecuaciones que se obtiene para el eje delantero:

$$F_x = m_{rd} \cdot a_x = F_{td} - F_{rd} - P_{xd} - W_{rd} \sin \varnothing$$

$$F_y = 0 = F_{zd} - P_{zd} - W_{rd} \cos \varnothing$$

$$M_o = I_d \cdot d = M_{td} - M_{fd} - F_{td} \cdot r_{cd} - F_{zd} \cdot d_d + F_{rd} \cdot r_{cd}$$

$P_{xd}$ ,  $P_{zd}$ : Acciones del vehículo sobre el eje delantero

$W_{rd}$ ,  $W_{rt}$ : Peso de las ruedas delanteras y traseras

$r_{cd}$ ,  $r_{ct}$ : Radio baja carga de las ruedas delanteras y traseras

$M_{td}$ ,  $M_{it}$ : Momento de tracción sobre el eje delantero y trasero

$M_{fd}$ ,  $M_{it}$ : Momento de frenado sobre el eje delantero y trasero

$F_{zd}$ ,  $F_{zt}$ : Fuerza de reacción del suelo sobre el eje delantero y trasero

$m_{rd}$ ,  $m_{rt}$ : Fuerza de reacción del suelo sobre el eje delantero y trasero

$a_x$ : Aceleración del eje delantero y trasero

$r_{d}$ ,  $r_{t}$ : Aceleración angular de las ruedas delanteras y traseras

$F_{td}$ ,  $F_{it}$ : Fuerzas de tracción sobre el eje delantero y trasero

$I_d$ ,  $I_t$ : Momento de inercia de las masas en rotación del eje delantero y trasero

<sup>110</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

$F_{rd}$ ,  $F_{rt}$ : Fuerzas de resistencia a la rodadura del eje delantero y trasero

Despejando la reacción del vehículo sobre la rueda en la dirección x, se tiene:

$$P_{xd} = F_{td} - F_{rd} - W_{rd}\text{sen}\varnothing - m_{rd} \cdot a_x$$

De la misma forma, despejando de la reacción vertical, se obtiene que:

$$P_{zd} = F_{zd} - W_{rd}\text{cos}\varnothing$$

Y de la ecuación de momentos resulta la fuerza de tracción aplicada sobre el eje delantero, como

$$F_{td} = \frac{M_{td} - M_{fd}}{r_{cd}} - \frac{I_d \cdot \alpha_d}{r_{cd}} + \frac{F_{rd} \cdot r_{cd} - F_{zd} \cdot d_d}{r_{cd}}$$

Realizando el mismo planteamiento para el eje trasero y analizando el equilibrio de fuerzas y momentos de forma idéntica a como se ha llevado a cabo para el delantero, se llega a un sistema de ecuaciones:

$$F_x = m_{rt} \cdot a_x = F_{tt} - F_{rt} - W_{rt}\text{sen}\varnothing$$

$$F_y = 0 = F_{zt} - P_{zt} - W_{rt}\text{cos}\varnothing$$

$$M_0 = I_d \cdot \alpha_d = M_{tt} - M_{ft} - F_{tt} \cdot r_{cd} + F_{zt} \cdot d_d + F_{rd} \cdot r_{ct}$$

Despejando de las ecuaciones las reacciones del vehículo sobre el eje trasero, y de la ecuación de momentos la fuerza de tracción del eje trasero, se obtiene que:

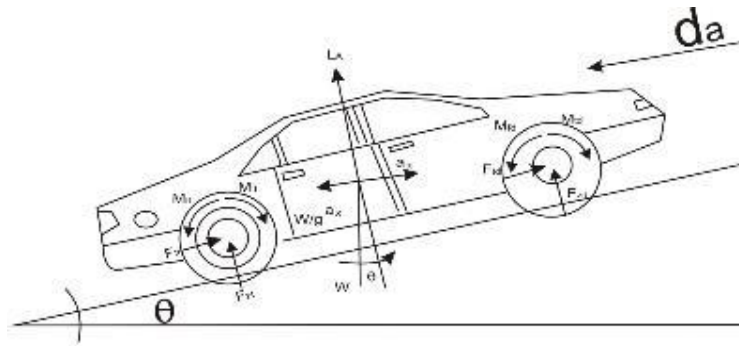
$$P_{xt} = F_{tt} - F_{rt} - W_{rt}\text{sen}\varnothing - m_{rt} \cdot a_x$$

$$P_{zt} = F_{zt} - W_{rt}\text{cos}\varnothing$$

$$F_{tt} = \frac{M_{tt} - M_{ft}}{r_{cd}} - \frac{I_t \cdot \alpha_t}{r_{cd}} + \frac{F_{rt} \cdot r_{ct} - F_{zt} \cdot d_d}{r_{cd}}$$

El siguiente paso en el análisis será el planteamiento del diagrama de cuerpo libre de las masas suspendidas, es decir de la carrocería del vehículo sometida a las fuerzas que se oponen a su avance y a las fuerzas de reacción transmitidas desde las ruedas.<sup>111</sup>

<sup>111</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.



**Figura N° 23:** Diagrama de cuerpo libre sobre masas suspendidas  
**Fuente:** Tratado sobre automóviles. Tomo IV, la dinámica del automóvil

Con el diagrama de cuerpo libre representado en la figura, se puede plantear las ecuaciones siguientes:

$$F_x = m_s \cdot a_x = P_{xd} - P_{xt} - F_a - W_s \cdot \text{sen } \varnothing$$

$$F_y = 0 = P_{zd} + P_{zt} + L - W_s \cos \varnothing$$

$$M_0 = I_d \cdot \ddot{\alpha} = M_{td} - M_{ft} - F_{td} \cdot r_{cd} + F_{zt} \cdot d_d + F_{rd} \cdot r_{ct}$$

De los valores de  $P_{zd}$ ,  $P_{zt}$

$$0 = F_{zd} - W_{rd} \cdot \cos \varnothing + F_{zt} - W_{rt} \cdot \cos \varnothing + L - W_s \cos \varnothing$$

$$F_{zd} - F_{zt} = (W_{rd} \cdot W_{rt} + W_s) \cos \varnothing$$

A partir de los valores de  $P_{xt}$  y  $P_{xs}$

$$m_s \cdot a_x = (F_{td} - F_{rd} - W_{rd} \text{sen } \varnothing - m_{rd} \cdot a_x) + (F_{tt} - F_{rt} - W_{rt} \text{sen } \varnothing - m_{rt} \cdot a_x)$$

Agrupado términos de la ecuación

$$(m_s + m_{rd} + m_{rt})a_x = F_{td} - F_{rd} + F_{tt} - F_{rt} - (W_{rd} + W_{rt} + W_s) \text{sen } \varnothing - F_a$$

$$(m_s + m_{rd} + m_{rt}) = M$$

$$(W_{rd} + W_{rt} + W_s) = Mg$$

Sustituyendo ahora los valores  $F_{td}$  y  $F_{tt}$

$$M a_x + \frac{I_d \alpha_d}{r_{cd}} + \frac{I_t \alpha_t}{r_{ct}} = F - M g \text{sen } \varnothing - F_a$$

$$F = \left[ \frac{M_{td} - M_{fd}}{r_{cd}} - \frac{F_{td}d_d}{r_{cd}} \right] + \left[ \frac{M_{tt} - M_{ft}}{r_{ct}} - \frac{F_{zt}d_d}{r_{ct}} \right]$$

La reacción del suelo  $F_{zd}$  y el desplazamiento  $d_d$  forman un par  $F_{zd} d_d$  que se opone al avance. Este par es igual a una fuerza de rodadura  $FR$  que ejercería sobre el eje de la rueda un par contrario al par motor de un valor  $FR.r$ .<sup>112</sup>

$$F_{zd} \cdot d_d = FR \cdot r_d \quad FR_d = \frac{F_{zd} \cdot d_d}{r_d}$$

La reacción del suelo  $F_{zt}$  y el desplazamiento  $d_d$  forman un par  $F_{zt} d_d$  que se opone al avance. Este par es igual a una fuerza de rodadura  $FR$  que ejercería sobre el eje de la rueda un par contrario al par motor de un valor  $FR.r$ .<sup>113</sup>

$$F_{zt} \cdot d_d = FR \cdot r_t \quad FR_t = \frac{F_{zt} \cdot d_d}{r_t}$$

Sustituyendo ambas fuerzas de rozamiento en la ecuación del desplazamiento en la dirección del eje  $x$ .<sup>114</sup>

$$Ma_x + \frac{I_d \alpha_d}{r_{cd}} + \frac{I_t \alpha_t}{r_{ct}} = \left[ \frac{M_{td} - M_{fd}}{r_{cd}} - FR_d \right] + \left[ \frac{M_{tt} - M_{ft}}{r_{ct}} - FR_t \right] - Mgsen\phi - F_a$$

Por definición la fuerza de rozamiento entre dos cuerpos en contactos es proporcional a la fuerza normal:<sup>115</sup>

$$FR_t = F_{zt} \cdot f_r$$

$$FR_{td} = F_{zd} \cdot f_r$$

$$Ma_x + \frac{I_d \alpha_d}{r_{cd}} + \frac{I_t \alpha_t}{r_{ct}} = Mgsen\phi - F_a$$

<sup>112</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>113</sup> Ibid.

<sup>114</sup> Ibid.

<sup>115</sup> Ibid.

$$F = \left[ \frac{M_{td} - M_{fd}}{r_{cd}} - F_{zd} f_r \right] + \left[ \frac{M_{tt} - M_{ft}}{r_{ct}} - F_{zd} f_r \right]$$

De la ecuación de equilibrio de fuerzas en el eje y se obtuvo:

$$F_{zd} + F_{zt} = [W_{rd} + W_{rt} + W_s] \cos \phi$$

La ecuación por tanto resultante:

$$Ma_x + \frac{I_d \alpha_d}{r_{cd}} + \frac{I_t \alpha_t}{r_{ct}} = \left[ \frac{M_{td} - M_{fd}}{r_{cd}} \right] + \left[ \frac{M_{tt} - M_{ft}}{r_{ct}} \right] - Mg \sin \phi - F_a - Mg f_r \cos \phi$$

Sabiendo que el modelo Opel Astra tiene tracción delantera y requiere conocer la expresión sin par de frenado.

$$Ma_x + \frac{I_d \alpha_d}{r_{cd}} + \frac{I_t \alpha_t}{r_{ct}} = \left[ \frac{M_{td}}{r_{cd}} \right] - Mg \sin \phi - F_a - Mg f_r \cos \phi$$

A tener en cuenta en el proceso de conversión la necesidad de uso de una reductora, para reducir el par de salida del motor ya que toma valores muy elevado en rueda. De esta manera se consigue a la vez: aumentar la velocidad de giro del motor consiguiendo las velocidades deseadas con la mejor respuesta de potencia, por tanto: <sup>116</sup>

$$\frac{M_{td}}{i \cdot n} = M_m$$

i = Relación de transmisión de la cadena cinemática

n = Rendimiento de la cadena cinemática

M<sub>m</sub> = Par motor

El término del rendimiento pondera las pérdidas producidas por rozamiento entre el árbol de transmisión y el cojinete o rodamiento que lo sustenta. El rozamiento entre ambos mecanismos da lugar a un par de sentido contrario al par motor que

<sup>116</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

reduce el efecto de la multiplicación un tanto por ciento complementario al rendimiento. Además del deslizamiento y fricción de rodaje existen otras razones que provocan la reducción del rendimiento.

- Material de las partes mecanizadas
- Precisión de la forma del diente
- Acabado en rectificado de los materiales
- Lubricación
- Cargas vibratorias<sup>117</sup>

#### 4.1.2.1 CARGAS DINAMICAS EN LOS EJES

La determinación de las cargas en los ejes del vehículo se calcula mediante la aplicación directa de la segunda ley de Newton. Su determinación constituye un paso importante en el análisis de las características de aceleración, comportamiento en pendiente y velocidad máxima, dado que la carga que soportan los ejes del vehículo determina el esfuerzo de tracción máximo.

Las cargas soportadas por cada uno de los ejes consisten en una componente estática, más la carga transferida desde el eje delantero al trasero o al revés.

Observando el diagrama de cuerpo libre sobre la rueda [figura 22], para obtener la carga en el eje delantero se toman momentos respecto el eje de las ruedas traseras. Asumiendo que el vehículo no está sometido a aceleración angular por tanto la suma de dichos momentos debe ser nula.

$$W_d L + F_a h_a + \frac{W}{g} a_x h + L_a \frac{l}{2} + W h \sin \theta - W c \cos \theta$$

$W_d$ : Esfuerzo eje delantero

$W$ : Peso del coche

$h_a$ : Altura con relación al centro de gravedad de la fuerza aerodinámica

$h$ : Altura del centro de gravedad con respecto al suelo

$L$ : Distancia entre ejes

<sup>117</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

c: Distancia del centro de gravedad al eje trasero<sup>118</sup>

De la expresión anterior se obtiene  $W_d$ , y tomando momentos respecto al eje delantero, se obtiene el esfuerzo en el eje trasero  $W_t$ , En consecuencia, las cargas dinámicas totales sobre los ejes vienen dadas por las expresiones siguientes.<sup>119</sup>

$$W_d = \frac{-L_a \frac{L}{2} + Wc \cos \varnothing - F_a h - Wh \sin \varnothing - a_x h \frac{W}{g}}{L}$$

$$W_t = \frac{-L_a \frac{L}{2} + W a \cos \varnothing - F_a h - Wh \sin \varnothing - a_x h \frac{W}{g}}{L}$$

#### 4.1.2.2 CARGA ESTÁTICA Y CENTRO DE GREVEDAD

Cuando el vehículo raspo estáticamente sobre una carretera horizontal, las expresiones del reparto de carga sobre los ejes quedan simplificadas a:

$$W_d = W \frac{c}{L}$$

$$W_a = W \frac{a}{L}$$

Conociendo el balance de pesos del vehículo se puede calcular la posición del centro de gravedad en la dirección de la ballesta.

#### 4.1.2.3. TRANSFERENCIA DE CARGAS DEBIDO A LA ACELERACION

Cuando el vehículo está acelerando sobre una carretera horizontal, manteniendo la velocidad suficientemente baja, de modo que se pueda asumir que las fuerzas aerodinámicas (arrastre y sustentación) son nulas, las cargas en los ejes son:

$$W_d = W \left( \frac{c}{L} - \frac{a_x h}{g L} \right) \quad W_a = W \left( \frac{a}{L} + \frac{a_x h}{g L} \right)$$

c: Distancia del centro de gravedad al eje trasero

a: distancia del centro de gravedad al eje delantero<sup>120</sup>

<sup>118</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>119</sup> Ibid

<sup>120</sup> Ibid.

Los efectos de una aceleración positiva, descargan el eje delantero e incrementan la carga del eje trasero. Las deceleraciones producen efecto contrario.<sup>121</sup>

#### 4.1.2.4 TRANSFERENCIA DE CARGAS DEBIDA A PENDIENTES

La influencia de las pendientes sobre las cargas que deben soportar los ejes pueden ser relevantes si el desnivel a superar es considerablemente pronunciado. Las pendientes usuales en autopista están limitadas al 4% mientras que en carreteras secundarias y nacionales pueden alcanzar valores del 10% al 12%, los porcentajes más altos registrados son en los garajes subterráneos donde pueden alcanzar cotas de hasta el 25%. De cualquier manera, los cosenos de estos ángulos están razonablemente próximos a 1, y el seno muy próximo al valor del ángulo. En consecuencia, las expresiones de cargas en los ejes pueden presentarse de la siguiente manera suponiendo velocidad nula del vehículo.

$$W_d = W \left( \frac{c}{L} - \frac{h}{L} \phi \right) \quad W_d = W \left( \frac{a}{L} + \frac{h}{L} \phi \right)$$

En las expresiones anteriores se aprecia como una pendiente positiva (ascendente) causa una transferencia de carga desde el eje delantero al trasero. Una pendiente negativa (descendente) provoca, por el contrario, una descarga del eje trasero y una transferencia de carga al eje delantero.<sup>122</sup>

#### 4.1.3 ESFUERZO MÁXIMO DE TRACCIÓN

Cuando el esfuerzo de tracción excede al esfuerzo máximo admitido, las ruedas motrices derrapan, por tanto, la capacidad adhesiva entre el neumático y superficie de rodadura es una limitación en la selección del grupo propulsor.

El esfuerzo máximo de tracción sobre las ruedas conducidas depende de la fuerza longitudinal que la capacidad adhesiva entre el neumático y asfalto pueda suministrar y viene definido por la expresión:

<sup>121</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>122</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Ob. Cit. Pp. 44-50.

$$F_{td\_max} = P \cdot \mu(s)$$

P: Carga vertical sobre el neumático

$\mu(s)$ : Coeficiente de esfuerzo de tracción

Los valores de los coeficientes de tracción son experimentales y dependen del terreno.

Superficie	Coefficientes de tracción, $\mu.s$
Asfalto y concreto(seco)	0.75
Concreto (húmedo)	0.7
Asfalto (húmedo)	0.45-0.6
Grava	0.55
Camino de tierra (seco)	0.65
Camino de tierra (mojado)	0.4-0.5
Nieve (paquete duro)	0.15
Hielo	0.07

**Tabla Nº 4:** Coeficientes de adhesión

**Fuente:** Modern Electric, Hybrid Electric. And fuel cell vehicles

Según lo citado, si se aporta un par en rueda por encima del límite de tracción, las ruedas motrices patinarían, con lo que se estaría perdiendo potencia en forma de calor y desgastando los neumáticos, por lo que es necesario un riguroso control de tracción para evitar derrapes en arrancada, ya que en los motores eléctricos el par máximo se alcanza a bajas revoluciones.<sup>123</sup>

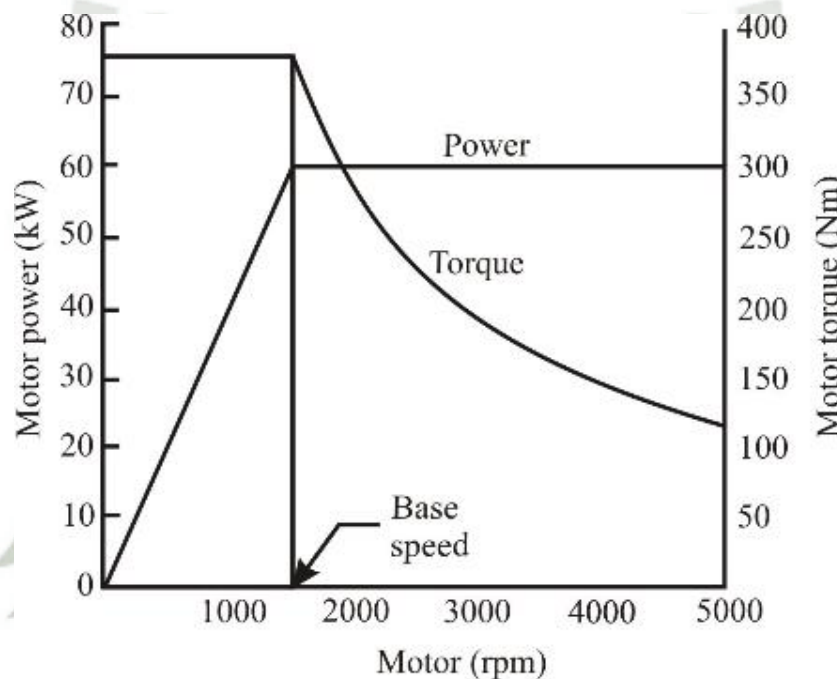
## 4.2 COMPORTAMIENTO DEL VEHÍCULO

En las aplicaciones para automoción la característica ideal del motor eléctrico es entregar una potencia constante en todo el rango de velocidades, por consiguiente, el par debe variar hiperbólicamente con la velocidad. Con este perfil la potencia máxima estaría disponible a cualquier velocidad del vehículo.

En la práctica, el momento de rotación es constante a baja velocidad, y a altas, lo es la potencia, sin embargo, este hecho puede presentar problemas de tracción

<sup>123</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

para el vehículo a regímenes bajos, ya que el par entregado podría resultar demasiado alto y ser superior al límite de tracción impuesto por la adherencia entre el suelo y el neumático, controlando el par motor a velocidades bajas se consigue optimizar las aceleraciones con un valor de par adecuado para evitar el deslizamiento de la rueda. La característica de potencia constante proveerá al vehículo de un elevado esfuerzo de tracción a altas velocidades, donde las exigencias aerodinámicas y gravitatorias son altas.<sup>124</sup>

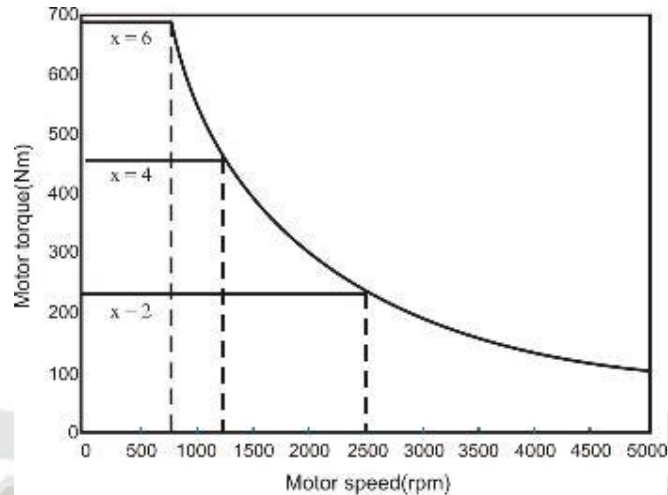


**Figura Nº 24:** Curvas por potencia (control vectorial)  
Fuente: Motro Electric; Hybric Electric, and fuel cell vehicles

Los motores eléctricos tienen una característica denominada proporción de velocidades,  $x$ , que se define como la proporción entre la velocidad máxima y la velocidad base del motor, suele ser un dato que proporciona el fabricante según el tipo de motor, siendo  $x < 2$  para motores de imanes permanentes  $x = 6$  para los motores de reluctancias conmutadas y  $x = 4$  para los motores de inducción.<sup>125</sup>

<sup>124</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>125</sup> Ibid.



**Figura N° 25:** Curva proporción de velocidad  
**Fuente:** Motro electric; Hybric Electric, and fuel cell vehicles

De la figura mostrada se deduce fácilmente que, para valores altos de  $x$ , implican que el rango de velocidad en el que se consigue potencia constante es mayor, como también lo es el par que capaz de entregar. De esta manera se consiguen mejores prestaciones para un vehículo en aceleración y mayores serán las pendientes que pueda subir.

El comportamiento de un vehículo viene definido por sus características de:

- Aceleración.
- Velocidad máxima.
- Pendiente máxima<sup>126</sup>

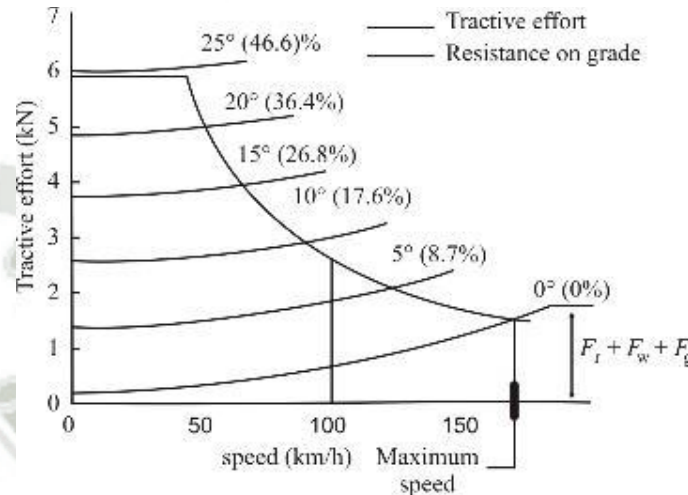
#### 4.2.1 VELOCIDAD MAXIMA

La velocidad máxima de circulación de un vehículo vendrá determinada por las características de la cadena cinemática. La velocidad máxima de un vehículo se calcula con la de intersección de la curva par en rueda y la característica de resistencia (fuerzas aerodinámicas, fuerzas gravitatorias, fuerzas de rodadura).

<sup>126</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

La velocidad máxima del vehículo se alcanza en llano, como puede verse en la figura 25, y el motor funcionando a plana carga: <sup>127</sup>

$$\frac{Mn \min \cdot i \cdot n}{r_d} = F_r + F_a v_{max} = \frac{\pi \cdot Nm_{max} \cdot r_d}{30i}$$



**Figura Nº 26:** Curvas de esfuerzos pendientes variable  
Fuente: Motro electric; Hybric Electric, and fuel cell vehicles

#### 4.2.2 ACELERACION

El estado del vehículo durante su aceleración se define por la distancia recorrida y por el tiempo empleado al pasar de velocidad inicial nula a otra determinada, en la hoja de características de los vehículos comerciales de 0 a 100 km/h.

$$Ma_x + \frac{I_d \alpha_d}{r_{cd}} + \frac{I_t \alpha_t}{r_{ct}} = \left[ \frac{M_{td}}{r_{ct}} \right] - Wg \text{sen} \phi - F_a - Mg \text{cos} \phi f_r$$

Se pretende, por simplicidad, transformar todos los términos inerciales, angulares y lineales, en uno equivalente función de la aceleración lineal del vehículo, se habla así de masa equivalente:

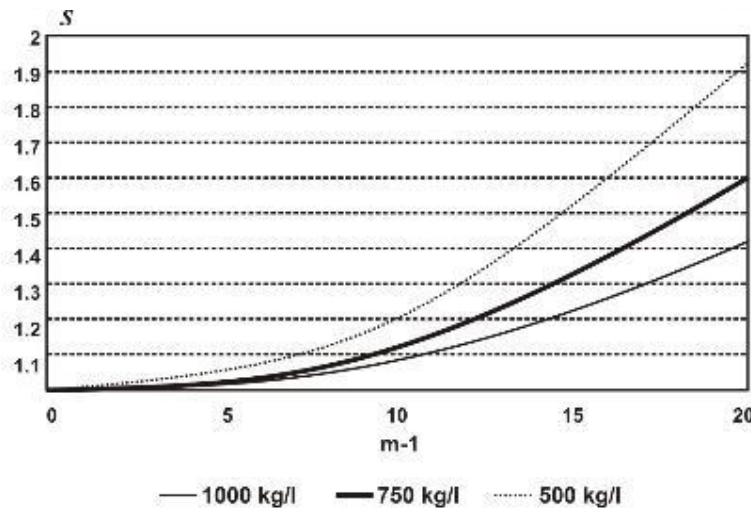
$$Ma_x + \frac{I_d \alpha_d}{r_{cd}} + \frac{I_t \alpha_t}{r_{ct}} = Ma_x \delta \quad Ma_x \delta = \left[ \frac{M_{td}}{r_{cd}} \right] - Mg \text{sen} \phi - F_a - Mg \text{cos} \phi f_r$$

<sup>127</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

$$a_x = \frac{dV}{dT} = \frac{\left[ \frac{M_{td}}{r_{cd}} \right] - M g \sin \phi - F_a - M g \cos \phi f_r}{M \delta}$$

$\delta$ : coeficiente de inercia rotacional

La determinación de este coeficiente se obtiene de manera certera con el uso de tablas desarrolladas estadísticamente por el muestreo de vehículos actuales.



**Figura N° 27:** Coeficiente de inercia rotacional  
Fuente: Universida Pontificia de Comillas (ICAI)

El escenario de aceleración es más importante que la velocidad máxima o pendiente ya que el requerimiento de aceleración clasifica la potencia necesaria del tren motor.

Para la determinación de la aceleración máxima de un vehículo, se debe tener en cuenta dos aspectos fundamentales, por una parte, las características intrínsecas al vehículo que afectan a la capacidad de tracción, esto es, el par motor rendimiento del motor y la cadena cinemática y por otra parte, las características extrínsecas relacionadas con la adherencia al terreno.

El par de tracción máxima de las ruedas motrices al terreno depende de la fuerza vertical que gravita sobre ellas, y de la adherencia disponible en el contacto neumático carretera.

Por ello, al calcular las fuerzas de reacción verticales sobre cada rueda motriz y determinar la adherencia al suelo, se puede calcular el par admisible al terreno, este par se debe comparar con el par que debe proporcionar el motor en el eje delantero y no superarlo.<sup>128</sup>

#### 4.3 ECUACIÓN DE LA BATERÍAS

La capacidad de una batería varía en función de la corriente a la que descargue. Si se descarga a una corriente constante mayor que la corriente nominal de descarga la capacidad de la batería disminuirá y si la corriente es menor aumentara. La capacidad de las baterías o energía almacenada se mide en amperios hora (Ah).

Este fenómeno es particularmente importante para los vehículos eléctricos, dado que las corrientes de descarga son muy altas, consecuentemente la capacidad operativa de las baterías es menor que la nominal.

Para calcular esta capacidad se utilizan las ecuaciones de Peukert, las cuales, si bien no son muy recomendables a bajas corrientes, si realizan una más que aceptable aproximación a corrientes de descarga constantes y altas, se define la capacidad constante de Peukert como:

$$C_p = I^k T$$

I: Intensidad de descarga

K: Constante de Peukert

T: Tiempo de descarga

Típicamente los valores de la K de Peukert para baterías de automación toman valores cercanos a 1,05. Aunque si se quisieran calcular los valores correctos de las dos constantes bastaría con conocer el tiempo de descarga a dos corrientes diferentes.<sup>129</sup>

---

<sup>128</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

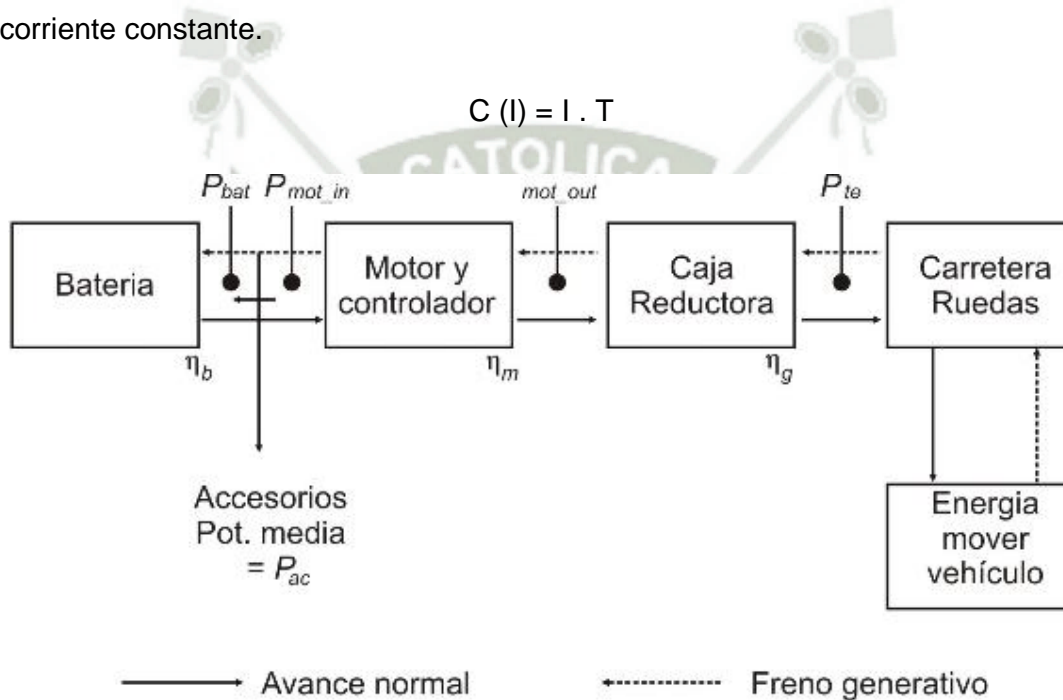
<sup>129</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Ob. Cit. Pp. 44-50.

$$K = \frac{\log T_2 - \log T_1}{\log I_1 - \log I_2}$$

Utilizando la ecuación de Peukert podemos calcular el tiempo de descarga.

$$T = \frac{C_p}{I^k}$$

Y con el tiempo de descarga se calcula la capacidad real de la batería para una corriente constante.



**Figura N° 28:** Balance de potencias  
Fuente: Implantación de VE, Universidad de Vigo

El consumo de energía es la integral de la potencia de salida en la batería. La potencia de las baterías debe igualar la potencia de los esfuerzos resistentes a los que está sometido el vehículo más las pérdidas de potencia de la transmisión del motor y perdidas electrónicas.

La potencia máxima suministrada por el conjunto de baterías corresponde, al esfuerzo de aceleración. El tiempo requerido para llevar el vehículo a una velocidad final es:

$$t_a = \int_0^{v_b} \frac{M\delta}{-Mgf_r - 0.5\rho_a C_x S V^2 + P_{t/vb}} dV + \int_{v_b}^{v_f} \frac{M\delta}{-Mgf_r - 0.5\rho_a C_x S V^2 + P_{t/vb}} dV$$

Vb: Velocidad base del motor

Vf: Velocidad final

Pt: Potencia de tracción<sup>130</sup>

El resultado analítico de esta ecuación es complejo, por tanto, para una evaluación inicial de la aceleración frente a potencia de tracción se ignoran los esfuerzos debidos a la resistencia del pavimento y la resistencia aerodinámica.

$$t_a = \frac{M\delta}{2P_t} (V_f^2 + V_b^2)$$

El coeficiente de inercia rotacional es una constante, de ahí que la potencia de tracción sea:

$$P_t = \frac{M\delta}{2P_a} (V_f^2 + V_b^2)$$

Esta ecuación solo proporciona la potencia consumida por el vehículo en aceleración, para determinar la potencia de tracción total se debe considerar la potencia requerida por la fuerza aerodinámica y de rozamiento. La potencia media de arrastre durante la aceleración puede expresarse:

$$P_a = \frac{1}{t_a} \int_0^{t_a} (Mgf_r V + 0,50,5\rho_a C_x S V^3) dt$$

La velocidad se puede expresar como función del tiempo.

$$V = V_f \sqrt{\frac{t}{t_a}}$$

<sup>130</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

Sustituyendo la velocidad e integrando resulta una potencia media de arrastre:

$$P_a = \frac{2}{3} M g \cos \phi f_r \cdot V_f + \frac{1}{5} \rho C_x S V_f^3$$

La potencia de tracción suministrada por las baterías para acelerar el vehículo desde una velocidad inicial nula hasta una velocidad final en un tiempo determinado:

$$P_t = \left( \frac{\delta M}{2 t_a} (V_f^2 + V_b^2) + \frac{2}{3} M g \cos \phi f_r + \frac{1}{5} \rho C_x S V_f^3 \right) \frac{1}{\eta_t \eta_m \eta_b}$$

$\eta_t$ : Rendimiento de la transmisión

$\eta_m$ : Rendimiento motor

$\eta_b$ : Rendimiento baterías

La potencia que debe entregar las baterías al vehículo circulando en llano:

$$P_{b-out} = \frac{1}{\eta_t \eta_m \eta_b} \left[ M g \cos \phi f_r + \frac{1}{2} \rho C_x S V^3 + \delta M \frac{dV}{dt} \right]$$

La potencia recuperada mediante frenada regenerativa

$$P_{b-in} = \frac{V \alpha}{\eta_t \eta_m \eta_b} \left[ M g \cos \phi f_r + \frac{1}{5} \rho C_x S V^2 + \delta \cdot M \frac{dV}{dt} \right]$$

Conocidas todas las potencias, el cálculo de la energía consumida y regenerada:

$$E_{out} = \int P_{b-out} dt + \int P_{b-in} dt$$

#### 4.4 DIMENSIONAMIENTO DEL GRUPO PROPULSOR

Antes de comenzar con los cálculos específicos del dimensionamiento es necesario situar el centro de gravedad del vehículo, en el cual se aplica la resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre las distintas porciones del coche.

Con el posicionamiento exacto del centro de gravedad se podrá calcular como afectan las pendientes, aceleraciones y fuerza aerodinámica en el reparto de pesos en los ejes para posteriormente determinar la fuerza máxima de tracción admisible entre neumático y pavimento.

Para realizar el posicionamiento del centro de gravedad es necesario realizar dos mediciones, normalmente a pendiente 0% y 8%, con estos dos ensayos se extrae el reparto de pesos en ejes y aplicando sumatorios de momentos respecto al centro de gravedad se determina la posición del centro de masas.<sup>131</sup>

$$v = 0,5 \text{ m.}$$

$$c = \frac{W_d L}{W} = 1.646m$$

$$a = \frac{W_t L}{W} = 0.967m$$

$$W: 1265 \text{ Kg}$$

$$W_t: 468.05 \text{ Kg}$$

$$W_d: 796.95 \text{ Kg}$$

$$L: 2.614 \text{ m}$$

Una vez calculado el centro de masas, necesario en todo el desarrollo matemático, se pasa a los cálculos de ese proceso de dimensionamiento de la cadena cinemática, así como del motor eléctrico y del paquete de baterías.

La cadena cinemática de vehículo eléctrico permite la transmisión de par y velocidad, y por consiguiente potencia, desde la salida del motor hasta la rueda para vencer las fuerzas resistentes de rozamiento, aire y pendiente que se oponen al avance del coche.

*El par* generado por el motor eléctrico sufre una multiplicación al atravesar el conjunto formado por la reductora-diferencial a razón de la transmisión, el caso

---

<sup>131</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

antagónico, *la velocidad angular* de salida del motor, llega a rueda desmultiplica de modo que se cumpla el principio de conservación de la energía.

Para el dimensionado del motor eléctrico y la relación de transmisión necesaria en el vehículo reconvertido, hay que estudiar las situaciones más desfavorables en las que se pueda encontrar el coche y en las que se requiera la mayor entrega de par y potencia, esas situaciones son tres:

- Primer escenario: *Máximo desnivel*, pendiente del 25%, presente en algunos parkings subterráneos, a una circulación media de 20 km/h.
- Segundo escenario: *Velocidad crucero*, La velocidad máxima del vehículo no puede ser menor a 135 Km/h. Velocidad necesaria para circular por autopista y tener capacidad de adelantamiento.
- Tercer escenario: *Aceleración*, en 13,4 segundos el vehículo debe pasar de 0 a 100Km/h.

En el primer escenario, *pendiente máxima*, será tanto más desfavorable cuanto mayor peso porte el vehículo, de este modo se proyecta el escenario con el máximo peso admitido por el Passat, 1840 Kg. A este peso la presión de los neumáticos delanteros y traseros es de 290 KPa con lo que se obtiene un coeficiente de rozamiento:<sup>132</sup>

$$f_0 + f_s \left( \frac{V}{100} \right)^{2.5} = 0.01$$

$f_0$ : 0.01

$f_0$ : 0.004

V: 20 Km/h

Este coeficiente de rozamiento otorga una resistencia a la rodadura de valor:

$$F = Mg f_r \text{sen} \emptyset = 174.935N$$

M: 1840 Kg

g: 9.8 m/s<sup>2</sup>

<sup>132</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

$f_r$ : 0.01

$\emptyset$ : 14.036°

El esfuerzo predominante sobre el vehículo en la cuesta, es la fuerza de ascensión, el coseno del ángulo está muy próximo a 1, por tanto, el peso del vehículo lastra el avance.

El esfuerzo de ascensión es:

$$F_p = \text{sen}\emptyset Mg = 4373.78N$$

M: 1840 Kg

g: 9.8 m/s<sup>2</sup>

$\emptyset$ : 14.036°

El menor de los esfuerzos a los que se debe sobreponer el vehículo es a la fuerza aerodinámica ya que la velocidad de avance es pequeña y el aire no tiene capacidad de penetración sobre el vehículo.

$$F_a = \frac{1}{2} \dots (v - f_{\text{aire}})^2 \cdot C_x \cdot S = 12.555N$$

... : 1.205 Kg/m<sup>3</sup>

v: 20 Km/h

C<sub>x</sub>: 0.32

S: 2.11 m<sup>2</sup>

La fuerza total que se opone al avance del coche es la suma de todas las fuerzas exteriores que actúan sobre la masa en suspensión y las ruedas. El valor es el sumatorio de la fuerza resistente, aerodinámica y ascensión.

$$F_t = F_a + F_p + F_r = 4561.266 N$$

El vehículo supera la inclinación a velocidad constante por lo cual el valor de la aceleración es nulo, el esfuerzo resistente es igual a la fuerza de tracción y el par desarrollado en el eje motriz es el producto de esta fuerza por el radio de la rueda, el vehículo reconvertido lleva neumáticos 205/55R 16H con lo que el radio, despreciando los efectos de histéresis, toma valor de 0,316 m, por tanto, el par en el eje delantero:

$$M_{td} = (F_a + F_p + F_r) r_{cd} = 1441.360 \text{ Nm}$$

El reparto de par sobre las dos ruedas motrices es idéntico, cada una de ellas recibe la mitad del total, es decir 720,680 N. Este valor último ha de ser comparado con el par máximo, para así asegurarse un correcto aprovechamiento de la energía del motor y no desperdiciarla en calor, más allá de lo irremediable.

La pendiente del desnivel influye sobre las cargas dinámicas en cada uno de los dos ejes del vehículo, y por consiguiente en el máximo par admitido. La inclinación positiva superada por el vehículo causa una transferencia de carga del eje delantero al trasero cuyo impacto es:<sup>133</sup>

$$W_d = W \left( \frac{c}{L} - \frac{h}{L} \phi \right) = 10532.026 \text{ N}$$

$$W_t = W \left( \frac{a}{L} - \frac{h}{L} \phi \right) = 7499.973 \text{ N}$$

W: 18.032 N

c: 1.646 m

a: 0.967 m

h: 0.5 m

Ø: 0.489

L: 2.614 m

El producto de la normal del eje delantero, puesto que el coche tiene tracción delantera, por el coeficiente de adherencia entre neumático y terreno marca el esfuerzo de tracción máximo. El vehículo circulara habitualmente sobre carretera de asfalto luego será con este pavimento con el que se dimensione el par límite de adherencia. En este tipo de superficies el valor del coeficiente de adhesión esta próximo al valor de 0,75 con lo que se puede calcular, el par máximo en eje, y dividiendo entre el número de ruedas motrices, el par máximo en rueda.<sup>134</sup>

<sup>133</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>134</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Ob. Cit. 44-50.

$$M_{td\_max} = W_d \cdot \mu(s) \cdot \frac{r_d}{2} = 1248.045 \text{ Nm}$$

El valor del par máximo es mayor al requerido para ascender la pendiente del 25% por tanto el vehículo no derrapa y puede hacer frente a las exigencias del terreno.

En el segundo de los escenarios, *velocidad crucero*, se proyecta la circulación del vehículo a velocidad máxima que se consigue con el mínimo de ocupación posible del vehículo, es decir vehículo vacío más un ocupante al que se le estima un peso medio de 80 Kg, el conjunto completo desplaza una masa de 1345 Kg que impacta en la presión del neumático llevándolo a 240KPa. En este escenario solo tendrán cabida los efectos aerodinámicos y de rozamiento ya que la pendiente es del 0%.<sup>135</sup>

Las presiones de los neumáticos dotan un coeficiente de rozamiento según la ecuación 2 de 0,0205 que impacta en la fuerza de rozamiento de acuerdo la ecuación 1 con un valor de 271,367 Y, esta fuerza más alta que en el primer escenario aun a pesar de transportar una masa menor pone en alza la relación directa de la histéresis del neumático con la velocidad de circulación, más alta a más velocidad y por tanto mayor coeficiente de rozamiento.

El esfuerzo predominante en el planteamiento del escenario es la carga aerodinámica que aumenta cuadráticamente con la velocidad, en el escenario propuesto aporta un resultado a tenor de la ecuación 3 de 572,07 N, que es 47 veces superior a la circulación de 20 Km/ h del primero. La capacidad de penetración del aire sobre los cuerpos es sumamente preponderante a velocidades superiores de 70 Km/h.

La fuerza total a la que debe sobreponerse el esfuerzo de tracción es la suma de las resistencias citadas.<sup>136</sup>

$$F_t = F_a + F_p + F_r = 8443.441 \text{ N}$$

---

<sup>135</sup> <https://pt.scribd.com>

<sup>136</sup> <https://pt.scribd.com>

En esta proyección el vehículo circula sin aceleración es decir mantiene la velocidad constante de 135Km/h por tanto el par en el eje delantero debe ser igual al producto de la fuerza resiste por el radio de la rueda.

$$M_{td} = (F_a + F_p + F_r)r_{cd} = 266.527 \text{ Nm}$$

En el cálculo de los pares es interesante desarrollarlos a una rueda como ya se ha hecho en el primero de los escenarios para posteriormente compararlo con el par máximo: la distribución de pares en el eje delantero del coche es igual para ambas ruedas luego el par en rueda es 133,263 Y.

La distribución de cargas sobre los dos ejes del vehículo para este escenario esta lastrada por la acción de la fuerza aerodinámica y particularmente por el momento de la fuerza sobre el centro del vehículo.

$$W_d = \frac{Wc \cos \phi - F_a h}{L} = 8251.506 \text{ N}$$

$$W_t = \frac{W a \cos \phi - F_a h}{L} = 4926.49 \text{ N}$$

h: 0.24 m

Con esta distribución de cargas, favorables para el eje delantero y por distribución para el esfuerzo máximo de tracción resulta un par máximo en rueda para desplazamientos en superficies asfaltadas de:

$$M_{td\_max} = W_d \cdot \mu(s) \cdot \frac{r_d}{2} = 977.8 \text{ Nm}$$

El par máximo en rueda es mucho más elevado que el requerido para mover al vehículo en el escenario previsto por lo que se asegura una correcta conducción sobre el pavimento con absoluta certeza de que el vehículo no va a patinar.

El tercero de los escenarios, *Aceleración*, se pretende conseguir alcanzar la velocidad de 100km/h en un tiempo no superior 13,4 segundos, por simplificaciones en los cálculos se considera aceleración constante. Para este ensayo el vehículo debe ir lo más ligero posible luego la masa transportada será de 1345 kg (carrocería más un ocupante).

La aceleración es la variación de la velocidad con el tiempo y con la simplificación apuntada resulta: <sup>137</sup>

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta T} = 2.072 \text{ m/s}^2$$

Los esfuerzos dinámicos máximos están en la condición límite de velocidad, es decir cuando el vehículo alcanza los 100 km/h, es en ese umbral donde cobra importancia la resistencia del viento, según apunta la ecuación 3 esta fuerza alcanza el valor de 313,895 Y.

El peso del coche aprisiona a los neumáticos hasta los 240KPa con lo que es coeficiente de rozamiento se eleva hasta 0,015 que se traduce en una fuerza de rozamiento de acuerdo la ecuación 1 de 191,71 Y.

La fuerza total es el sumatorio de las dos fuerzas actuantes, la aerodinámica y la de rodadura. <sup>138</sup>

$$F_t = F_a + F_r = 511.61 \text{ N}$$

El vehículo circula con aceleración luego la segunda ley de Newton esgrime que el sumatorio de fuerzas es igual a la masa por aceleración, resultando un momento en el eje motriz delantero de:

$$M_{td} = (M\delta a_x + Mg\text{sen}\varnothing - F_a - Mg\text{cos}\varnothing f_r)r_{cd} = 1130.827 \text{ N}$$

En el cálculo de los pares es interesante desarrollarlos a una rueda como ya se ha hecho en el primero y segundo de los escenarios para posteriormente compararlo con el par máximo: el coche tiene dos ruedas motrices así que el par en rueda es 565,413 Y.

<sup>137</sup> <https://pt.scribd.com>

<sup>138</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

El reparto de cargas sobre los dos ejes del vehículo para este escenario está determinado por la acción de la aceleración y el momento de la fuerza aerodinámica.<sup>139</sup>

$$W_d = \frac{Wc\cos\phi - F_a h - a_x h \frac{W}{g}}{L} = 7781.386 \text{ N}$$

$$W_t = \frac{Wacos\phi - F_a h - a_x h \frac{W}{g}}{L} = 5399.61 \text{ N}$$

El par máximo antes del deslizamiento entre rueda y asfalto resulta:

$$M_{td\_max} = W_d \cdot \mu(s) \cdot \frac{r_d}{2} = 922.094 \text{ Nm}$$

El valor del par máximo es mayor al solicitado por rueda, así pues, no hay problema de derrape tampoco es este escenario. En ninguno de los tres escenarios previstos para el dimensionado del grupo propulsor se ha planteado ningún inconveniente entre los pares requeridos y los pares admisible en rueda, luego se puede concluir diciendo que este vehículo<sup>140</sup>, VW Passat 1983, dotado de un conveniente equipo motor y reductora adecuado podrá alcanzar y superar los esfuerzos previstos y en función de las características del kit de sustitución incluso superarlas.<sup>141</sup>

#### 4.4.1 SELECCION DE LOS COMPONENTES<sup>142</sup>

##### 4.4.1.1 SELECCION DEL MOTOR ELECTRICO

El motor y la relación de transmisión son los primeros componentes a seleccionar. El par en los dos primeros escenarios es el primer indicador del modelo de motor, pero es preciso comprobar que el motor en uso es capaz de suministrar la potencia máxima, que corre a cargo del escenario de aceleración, para su determinación se requiere la selección concreta del motor, puesto que para su cálculo es

<sup>139</sup> <https://pt.scribd.com>

<sup>140</sup> <https://pt.scribd.com>

<sup>141</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>142</sup> Ibid.

necesario el conocimiento completo de su mapa motor y el valor de la velocidad base, es decir la velocidad en la que el motor deja de transmitir par constante.

El uso de la reductora además del sistema diferencial incorporado entre los palieres y el motor amplifican los efectos del par de salida, haciendo que llegue a rueda multiplicado por la relación de transmisión. La circulación de potencia entre motor y rueda no es perfecta, existe rozamiento entre cojinetes, cargas vibratorias... entre otros, que hacen que se pierda parte de la potencia generada en calor, a grosso modo se ponderan las pérdidas de potencia de la cadena cinemática a través de los rendimientos.

Los rendimientos de las cadenas cinemáticas ya se utilicen como equipo reductor:

*Coronas sin fin, ejes paralelos, ortogonales, coaxiales...* andan cerca del 90% por consiguiente se toma este valor para el desarrollo del dimensionamiento.

Una vez conocido el valor del rendimiento se puede calcular el valor del par aguas arribas del eje motriz, a través de la ecuación:

$$\frac{M_{td}}{i\eta}$$

En la tabla que a continuación se muestra, se detalla cuáles serían los valores necesarios de par motor en cualquiera de los tres escenarios ensayados pasando por alto la relación de transmisión, posteriormente se precisara. Simplemente se aluden los efectos de la disipación energética a través del órgano cinético

	<b>Pendiente máx.</b>	<b>Velocidad crucero</b>	<b>Aceleración</b>
Par motor (Nm)	1601.511	296.1415	1256.474

**Tabla Nº 5:** Pares motores

**Fuente:** Elaboración propia

En el primero de los escenarios en el que se ha proyectado una velocidad de ascensión de 20Km/h se demanda al motor el par mayor, por consiguiente, este punto de la característica de esfuerzos debe pertenecer a la recta de la curva par-

régimen, ya que a lo largo de esta recta el motor suministra el mayor índice de par en cada uno de los estados de carga (posición del acelerador), la inecuación que lo modela es: <sup>143</sup>

$$\omega_r = \frac{V_r}{r_d}$$

$$\omega_r \leq \frac{\omega_{bm}}{i}$$

$$i \leq \frac{\omega_{bm}}{\omega_r}$$

$\omega_r$ : Velocidad angular de la rueda

$V_r$ : Velocidad lineal del vehículo

$\omega_{bm}$ : Velocidad angular base del motor

La segunda condición establece que el par hallado en este escenario aun siendo el mayor de todos, pueda obtenerse sin necesidad de trabajar a plena carga, de este modo se mejorarían los parámetros de diseño previstos para la conversión, dotando al vehículo en estas condiciones de capacidad de aceleración y por tanto vencer la pendiente a más de 20Km/h.

$$\frac{M_r}{M_{m,max}} \leq i$$

$M_r$ : Par requerido por el escenario

$M_{m,max}$ : Par máximo suministrado por el motor

En el segundo de los escenarios, se pretende alcanzar la velocidad máxima de 135 km/h, por definición esta velocidad se alcanza al máximo de revoluciones del motor, pero se podría dar el caso de que la velocidad de diseño se pudiese lograr antes de llegar al corte de revoluciones del motor lo que supondría mejorar los parámetros de conversión del vehículo, y dotar al vehículo eléctrico de mayor velocidad punta, la condición a cumplir es:

<sup>143</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

$$i \leq \frac{\omega'_{m\_max}}{\omega_r}$$

La cuarta y última restricción queda definida por el par requerido, en este caso se podría llegar tres situaciones factibles.

1. La relación de transmisión resultante fuera tal que la velocidad máxima se alcanzara con el máximo régimen motor y el par demandado por el escenario se obtuviera a plena carga, entonces la condición de diseño no se podría mejorar, se dispondría de una velocidad máxima de 95 Km/h y sin repunte de aceleración.
2. La relación de transmisión resultante fuera aquella con la que la velocidad máxima se alcanzara al máximo régimen motor pero el par solicitado por la condición de diseño no requiriese plena carga, por lo tanto la velocidad máxima del coche sería 95Km/h y aunque tuviera capacidad de aceleración teórica no se traduciría en un aumento de la velocidad lineal del vehículo dado que se ha llegado al corte de revoluciones del motor, en ese momento el control electrónico cortarían la tensión del motor hasta volver a las revoluciones máxima que volvería a suministrar tensión.
3. La relación de transmisión permitiese alcanzar la velocidad de 95km/h antes del llegar al máximo de revoluciones del motor y el par del escenario dimensionado se consiguiera bien a plena carga o no a máximo régimen, en cualquiera de los dos casos se obtendría más velocidad punta y aceleración ya que la tendencia de par del motor disminuye a mayor régimen, por lo tanto, alcanzar los 95Km/h antes supondría tener más par a plena carga.

$$\frac{M_r}{M_{m\_max}} \leq i$$

El motor estará correctamente seleccionado si la relación de transmisión conjunta del reductor y diferencial satisface las restricciones y es capaz de suministrar la potencia demandada en *Aceleración*.

Los vehículos eléctricos que se están vendiendo en este momento están utilizando *motores de continua con escobillas, síncronos de imanes permanentes y reluctancias conmutadas, y motores de inducción de jaula de ardilla.*

Del análisis de los motores, los primeros en ser descartado son los *motores de corriente continua*, existe una amplia variedad de este tipo de motores en aplicación automovilística como sistemas de accionamiento, por ejemplo, de las bombas del líquido parabrisas o del sistema de climatización y ventilador, motores todos ellos de potencias limitadas a 5KW en mucho de los casos, y que por su escasa potencia no pueden ser empleados como sustituto del motor térmico. Los motores de corriente continua usados como sistema propulsor en vehículos eléctricos, entre otros, son los modelos.<sup>144</sup>

Los motores de corriente continua entregan un escaso par con lo que sería necesario una reductora de elevada relación de transmisión, la colocación independiente de motores en rueda o incluso la instalación de varios motores de este tipo en paralelo acoplados a un *Flender*, en cualquiera de los tres casos estaríamos cargando y sobrepasando el peso del motor térmico inicial, lo cual no es conveniente puesto que de ser así estaríamos limitando la capacidad de espacio y peso de baterías con lo que se reduciría la autonomía del vehículo.

Además de las limitaciones de par, principal razón de prescindir de los motores de continua en la conversión, la eficiencia varía enormemente en función de las condiciones de operación, la eficiencia máxima a la que puede llegar es del 91% pero en un rango muy limitado del régimen motor, tan solo en el 22% del campo de velocidades. Otros inconvenientes del uso de este tipo de motores son:

- Rendimientos bajos fuera de umbral de régimen óptimo.
- La presencia del conmutador limita la capacidad de sobrecarga y la velocidad máxima

---

<sup>144</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

- Exige mayor atención en el mantenimiento, las escobillas requieren sustitución trimestral.
- El circuito de excitación constituido por imanes permanentes hace necesaria la presencia adicional de sensores, para regular la velocidad, lo que limita el espacio en el capot.

El siguiente tipo de motores que se descarta son los motores *síncronos de reluctancias conmutadas* dada su reciente aparición, aun no tienen una tecnología madura y el mercado se muestra escéptico, aunque sus prestaciones sean acordes a lo movilidad eléctrica teóricamente. El hecho de que sea vanguardia hace difícil encontrar proveedores, además se suma los siguientes problemas tecnológicos:

- Elevado rizado en el par motor, lo que se traduce en vibraciones e interferencias electromagnéticas que haría absolutamente necesario la incorporación de una brida rígida para absorber las vibraciones.<sup>145</sup>
- Tienen un bajo factor de potencia, luego tiene baja conversión de potencia activa.
- Se hace necesario la incorporación de un sensor para detectar la posición del rotor por consiguiente aumenta la complejidad del control electrónico.

El siguiente grupo de motores son, *síncronos de imanes permanentes* tienen buena acogida en el sector del automóvil eléctrico ya que su oferta es amplia y la generación de par es adecuada. Véase la siguiente tabla con alguno de los modelos comerciales del fabricante ABB.

Motor	Potencia (KW)	Par (Nm)
225M (4 polos)	45	110
250M (4 polos)	55	120
280S (4 polos)	75	150

**Tabla Nº 6:** Motores síncronos  
**Fuente:** ABB

<sup>145</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

La razón por la que se ha descartado este tipo de motores se sustenta en la dificultad de producir el debilitamiento de campo y extender la velocidad por encima de la nominal, por tanto, se hace excesivamente complejo el uso del *control vectorial* para la manipulación del motor. Para debilitar el campo hay que desmagnetizar los imanes aplicando unos componentes de campo de estator en sentido contrario y esto solo puede hacerse para niveles de des magnetización muy limitados debido a que la des magnetización elevada puede volverse irreversible, otra razón de peso es que los costes de operación y mantenimiento de este motor son los más elevados de todos.

Habiendo descartado los motores de corriente continua, y los síncronos la elección del motor para la conversión son los *Motores asíncronos*, es el sistema de propulsor más extendido en el mercado, la mayor parte de la industria eléctrica esta dotados de motores de inducción de jaula de ardilla, ya que tienen: <sup>146</sup>

- Alta densidad de potencia, de modo que se minimiza el volumen ocupado por el motor.
- Alto par motor a bajas velocidades, así se logra una rápida aceleración.
- Amplio rango de variación de velocidad.
- Baja inercia que hace que se logren respuestas rápidas ante cambios de velocidad
- Alto rendimiento en todo el rango de velocidades
- Bajo mantenimiento.

El motor seleccionado es un motor Hepu cuyas especificaciones se encuentran en el anexo.

Este motor puede impulsar varios tipos de vehículos de hasta 2200 Kg con velocidades de 95 Kmh.

---

<sup>146</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

Característica	Valor
Diámetro	28 cm
Peso	47 Kg
Voltaje	96 o 108v
Intensidad máxima	500 amperios
Eficiencia del motor	90%
Pico de potencia	55Hp
Torque	120 Nm
RPM	6000

**Tabla Nº 7:** Característica del Motor

**Fuente:** Data Sheet Motor Hepu

El método de regulación de velocidad para el gobierno del motor de inducción será el *control vectorial* denominado también control por orientación de campo, constituye el método de control más sofisticado y moderno de los motores asíncronos. La base de este método de regulación es controlar tanto la magnitud como la fase del flujo magnético del motor para conseguir un funcionamiento análogo al que tienen los motores de corriente continua que hasta fechas muy recientes han sido los motores por excelencia en los accionamientos eléctricos de velocidad variable. Para resolver el problema de control se deben mantener en cuadratura las componentes de imanación y de par de la corriente estatorica, desacoplando ambas componentes de forma que se puedan ajustar independientemente una de otra, en definitiva, en el sistema vectorial hay que controlar en tiempo real la magnitud y fase de las corrientes de alimentación del estator.

La consecuencia del uso del *control vectorial* es proveer al motor de inducción de un rango de operación más amplio además de obtener un control total del par a bajas velocidad.<sup>147</sup>

<sup>147</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

#### 4.4.1.2 SELECCION DE LA REDUCTORA

En el proyecto no se utilizará una caja reductora adicional dado que el motor eléctrico seleccionado puede generar el torque adecuado y trabajar entre 3000 a 6000 rpm lo que brindará una conversión adecuada para que la caja de cambios del vehículo pueda trabajar adecuadamente.



**Figura Nº 29:** Caja de cambios  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.1.3 SELECCION DE LAS BATERIAS

Las Baterías son el elemento fundamental de los vehículos eléctricos, en ellas está la clave de expansión y proliferación de la movilidad eléctrica.

El proceso de conversión tiene limitado el peso del vehículo al máximo admisible por ejes, por consiguiente, solo se podrán incluir baterías hasta un total de 1840 Kg, que es el máximo peso que puede albergar el modelo. La masa en vacío del coche antes de la conversión eran 1400 Kg, el peso aproximado de los elementos retirados: motor de combustión, sistema de refrigeración, bomba de combustible, tanque de combustible, caja de cambios, sistema de admisión, y sistema de escape, se estima de 288 kg, la masa de combustible, sabiendo que la capacidad del tanque son 52 litros y la densidad del diésel a 15°C, 845 c//.o, libera 47,12 Kg. Los componentes incluidos, motor eléctrico, inversor, control vectorial, motor eléctrico auxiliar y bomba de vacío añaden 151 kg, la masa en vacío sin baterías del coche eléctrico es 1084,06 Kg, al peso destinado para baterías hay que descontarle el de los ocupantes, 4 ocupantes con peso estimado de 80kg por persona, con lo que resulta un peso designado para baterías de 435,94 Kg.

La mejor opción para el paquete de baterías son las que almacenan la mayor cantidad de KWh por unidad de peso, es decir el tipo de baterías que dispongan de la mayor densidad energética. A continuación, se muestra una tabla comparativa con el parámetro al uso.<sup>148</sup>

Tipo	Densidad (Wh/kg)
Ácido-plomo	35-30
Ni-hierro	50-60
Ni-Cd	50-90
Ni-NH	70-95
Li-I	80-130

**Tabla N° 8:** Tipos de baterías-densidad energética  
Fuente: IDAE

En el mercado de Arequipa solo se pueden encontrar cierto tipo de baterías, aunque las baterías de litio son las más óptimas y son las que se debería utilizar para el proyecto su costo es demasiado alto además que estas no se encuentran en el país por lo que tendrá que ser importadas. Estas son formadas por baterías más pequeñas y los bancos de baterías, aunque presentan un peso adecuado su costo los descarta porque ya no vuelve rentable esta opción al menos para este proyecto de prueba.

Voltaje (V)	Carga (Ah)	Precio Dólares
48	40	1950
48	60	2500
48	10	3800
72	60	3800
72	10	5900

**Tabla N° 9:** Ejemplo de costo de banco de batería de Litio Según su voltaje y carga  
Fuente: <http://www.autolibreelectrico.com/archives/1625>

<sup>148</sup> <https://pt.scribd.com>

Para el proyecto se requiere de un banco de baterías que pueda brindar una carga de entre 100 a 150 amper-hora para brindar una buena autonomía además que dicho banco de baterías debe suministrar un voltaje de 96 voltios para que este pueda funcionar adecuadamente.

El voltaje nos brindará el funcionamiento de las baterías, pero a mayor sea el voltaje también el tamaño de las baterías se incrementará, y dependiendo del tipo de baterías que usemos será a cantidad de baterías que vayamos a usar en nuestro sistema.

A continuación, una pequeña tabla que nos mostrara la relación en cantidad peso dependiendo del voltaje de las baterías que se puedan seleccionar.

Voltaje	Cantidad
3	32
6	16
12	8
24	4

**Tabla Nº 10:** Cantidad de baterías necesarias según su voltaje  
Fuente: Elaboración Propia

La batería seleccionada para nuestro proyecto es de la empresa HANKOOK modelo MF105D31L. Esta batería fue seleccionada gracias a que nos brindaba una buena capacidad nominal a comparación de las otras marcas que avía en el mercado y por ser un producto de nuevo ingreso su precio fue accesible, así como el hecho de que los proveedores contaban con una cantidad adecuada de baterías.

Como esa batería es de 12 V se requería de la compra de 8 Baterías de este modelo para conformar el banco de baterías. Además, que este modelo cuenta con una mirilla que nos permitía saber el estado de las baterías para saber si alguna se descarga antes que las demás, esto de manera visual sin el uso de un multímetro o medidor de carga especial.

Estas baterías son comunes de plomo, se optó por estas por el precio además porque para los estándares que se requerían de prueba en este proyecto no era recomendable realizar una inversión mayor.

Voltaje	12 V
Capacidad nominal	90 Ah
LxWxH	302x172x220 mm
Potencia de Arranque	750 A
Número de Placas	15
Peso	19.8 kg

**Tabla N° 11:** Características de las baterías MF105D31L

**Fuente:** <http://www.todobaterias.pe/venta-de-baterias/Hankook/195/bateria-para-carros-hankook-mf105d31l-15-placas/>



**Figura N° 30:** Batería Hankook modelo MF105D31L

**Fuente:** [http://www.todobaterias.pe/images/productos/bateria\\_hankook\\_105d31l.png](http://www.todobaterias.pe/images/productos/bateria_hankook_105d31l.png)

Sin embargo, incluso en la gama de baterías comunes de plomo, para auto se debe tener en cuenta que no todas podría usarse para la convección, es preferible el uso de las baterías que son libre de mantenimiento pues estas ya vienen selladas y por lo tanto no presentaran problemas de fugas de ácido.

Además, con la nueva tecnología ahora existen las baterías de gel, estas se presentan como una mejor opción para el medio de transporte puesto que estas

podrías posicionarse en cualquier forma ya sea horizontal o vertical lo que nos facilitara su almacenaje en el vehículo.

Batería de ciclado profundo YELLOWTOP: Se usa cuando las cargas eléctricas son mayores a las normales o cuando el ciclo de descarga es mayor que el arranque típico, como son vehículos sin alternador. Esto también incluye vehículos con cargas eléctricas significativas.

Debido al alto nivel de pureza de las rejillas de plomo que se usan en las baterías OPTIMA, su índice de auto descarga es mucho más bajo que las baterías de placa plana. Esto significa que las baterías OPTIMA pueden durar más tiempo guardadas reteniendo carga suficiente para arrancar tu vehículo cuando está guardado si está recibiendo el mantenimiento apropiado. Dependiendo de la temperatura de almacenamiento y el estado de carga cuando se guardó, regularmente puede durar inactiva de 8 a 12 meses y como quiera encender la mayoría de los vehículos.

Sin embargo, su precio es casi el triple de las baterías comunes.



**Figura Nº 31:** Batería de Gel Optima

**Fuente:** [https://http2.mlstatic.com/para-baterias-bateria-D\\_NQ\\_NP\\_8950-MLM20009613166\\_112013-F.jpg](https://http2.mlstatic.com/para-baterias-bateria-D_NQ_NP_8950-MLM20009613166_112013-F.jpg)

Una de las mejores opciones podría ser también las baterías de Níquel Cadmio sin embargo esta presenta un mayor precio aun, en promedio de unos 1500 soles cada una. Sin embargo, por su tamaño es más fácil de colocar en el vehículo y podría adaptarse mejor, aunque su relación con el peso le quita algo de mérito.



**Figura N° 32:** Batería Maraathon 12V 100Ah

**Fuente:**

[http://www.conrad.com/medias/global/ce/9000\\_9999/9300/9320/9322/617839\\_BB\\_00\\_FB.EPS\\_1000.jpg](http://www.conrad.com/medias/global/ce/9000_9999/9300/9320/9322/617839_BB_00_FB.EPS_1000.jpg)

Peso	35.8 kg
Mantenimiento	Libre de mantenimiento
Voltaje	12 V
Tipo	M 12V 105 FT UL94
Tecnología	AGM
Recargable	Yes
Numero de manufactura	NAMF120105VM0FA
VDS certificación	No
Largo	511 mm
Ancho	110 mm
Alto	238 mm
Conector	M6 conector
Capacita	100 Ah
Categoría	VRLA

**Figura N° 33:** Características Batería Marathon M1290FT

**Fuente:** <http://www.conrad.com/ce/en/product/617839/VRLA-12-V-100-Ah-GNB-Marathon-M-12V-105-FT-UL94-NAMF120105VM0FA-AGM-W-x-H-x-D-110-x-238-x-511-mm-M6-connector-Maintena>

#### 4.4.1.4 INFLUENCIA DE LA FRENADA REGENERATIVA

Como ya se anotó en el estudio del arte, El motor del vehículo transforma la energía eléctrica que suministra la batería a energía cinética. El efecto de la regeneración en la frenada tiene por objetivo recuperar la energía cinética y volver a convertirla en energía eléctrica y devolverla a la batería. Pero al igual que en el proceso de tracción hay notables perdidos.

Las principales pérdidas no ocurren en el interior del vehículo sino en la interacción de este con el asfalto y con el aire. Es aquí donde la mayoría de la energía se disipa, Por lo tanto, en la medida en que predominen las fuerzas de rozamiento y de resistencia aerodinámicas sobre las de cambio de altura (ascenso o descenso de desniveles) y de inercia, mayores serán las pérdidas energéticas y menos cantidad de energía será posible recuperar.

Dicho de otra forma, para disipar la menor cantidad de energía, se debe circular a bajas velocidades, tener bajo coeficiente aerodinámico y área frontal reducida como bajo coeficiente de rozamiento y superficie de contacto de las ruedas reducidas. Para caracterizar el fenómeno de regeneración en el vehículo Opel Astra se compara el efecto del freno regenerativo con el caso más desfavorable en el que se anule el efecto regenerador.

Regeneración	Autonomía (Km)
Frenada regenerativa	114.99
Sin frenada regenerativa	95

**Tabla Nº 12:** *Influencia de la frenada regenerativa*  
**Fuente:** Elaboración propia

La influencia del efecto regenerativo en la frenada influye en un 21,05% sobre la alcanzada para el caso de la circulación caracterizada por el ciclo *interurbano*, lo que supone recorrer hasta 20 Km más con regeneración que sin ella.<sup>149</sup>

<sup>149</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

#### 4.4.1.5 INFLUENCIA DE LOS ACCESORIOS

A continuación, se recoge una estimación somera de los consumos de los elementos que tiene el vehículo.

Accesorio	Cantidad	Consumo (W)	Total (W)	Empleo
Radio	1	30	30	Aleatorio
Luces de señalización	4	20	80	Noche
Luces de largo alcance	2	70	140	Noche y puntualmente
Ordenador e instrumentos	1	20	20	Permanente

**Tabla Nº 13:** Consumo de los accesorios  
**Fuente:** Elaboración Propia

Para analizar el impacto que tienen sobre la autonomía del vehículo el funcionamiento de estos accesorios se realiza la simulación de dos casos extremos. Al igual que se hace en los estudios consultados en tal efecto, El más favorable correspondería a circular por el día sin la radio encendida y sin marcar las luces de señalización. Esto supone un consumo de los accesorios de 20 W.

El segundo caso extremo, más desfavorable, correspondería a la circulación por la noche con las luces de largo alcance, las luces de señalización, el ordenador e instrumentos. Esto supone un consumo de los accesorios de 270 W.<sup>150</sup>

Consumo accesorios	Autonomía (Km)
Favorable	209
Semi-favorable(20W)	208
Desfavorable (270W)	190

**Tabla Nº 14:** Autonomía con los accesorios  
**Fuente:** Elaboración propia

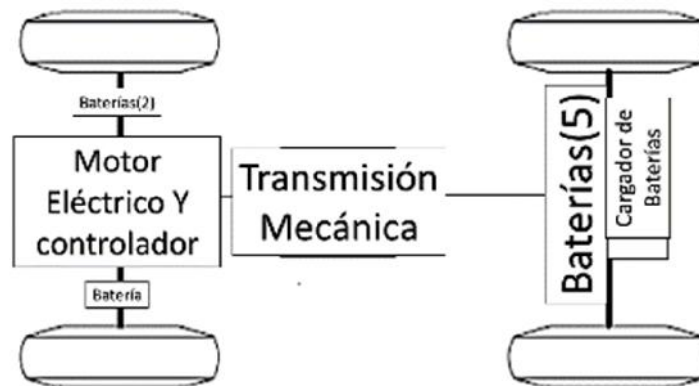
<sup>150</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

Como puede apreciarse, la influencia que tiene el funcionamiento de los accesorios del vehículo no implica una relevante variación de autonomía. La caída máxima es del 9%.<sup>151</sup>

#### 4.4.1.6 ESQUEMA DE MONTAJE MOTOR TRANSMISION BATERIAS

Se requiere realizar una distribución especial para poder conservar el balance del vehículo por lo que los equipos nuevos tienen que distribuirse apropiadamente para lograr un equilibrio en el peso y mantener el nivel adecuado del vehículo.

En un primer momento se optó por tener todo el banco de baterías en la parte trasera del vehículo, pero esto ocasionaba un desbalance en el nivel levantando la parte delantera por la falta de peso en esta zona. A continuación, se muestra el esquema que se usó para corregir este problema



**Figura Nº 34:** Montaje de motor eléctrico, banco de baterías y sistema de transmisión.  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.1.7 SELECCION DEL INVERSOR Y CONTROL

El motor eléctrico necesita para aplicar tracción a las ruedas: estar alimentado con corriente Trifásica para poder funcionar. Las baterías aportan corriente continua por lo que es necesario colocar un equipo que realice la conversión, que cambie

<sup>151</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

el voltaje de entrada de corriente continua a voltaje al usado por el motor trifásico.

<sup>152</sup>

Para satisfacer estas exigencias se utilizará el controlador, este ya está diseñado para poder funcionar y cubrir todas las necesidades del motor eléctrico usado en esta conversión.

Entre las principales aplicaciones de este equipo:

- Accionamiento del motor.
- Control de velocidad.
- Cambiadores de frecuencia.
- Alimentación de cargas Trifásica a partir de fuentes que producen corriente continua (baterías) <sup>153</sup>



**Figura Nº 35:** Inversor  
Fuente: Elaboración Propia

El controlador EMPOWER ya está diseñado para cumplir con todos los requisitos necesarios para poder hacer que el sistema traiga de manera eficiente, Además dado que es un equipo que estará trabajando con carga altas este cuenta con un

<sup>152</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50..

<sup>153</sup> Ibid

sistema de protección que consta de un fusible de 400 Amperios que lo protegerá en caso de una sobre corriente, el controlador tiene un sistema electrónico que le permitirá conectarse a los distintos equipos del sistema para poder realizar sus funciones además que este ya cuenta con un sistema de refrigeración a base de paletas de aluminio para disipar el calor que resulta de este equipo al estar funcionando. A continuación, una pequeña tabla con las características del controlador.

Technical Parameter				
Specifications		MC3336-7250	MC3336-9650	MC3336-A850
			72V	96V
Electrical performance	Input volt range (DC/V)	60~90	80~120	80~125
	Max. Output current (AC/A)	500	500	500
	Rated output current (AC/A)	120	120	120
	Controller starting volt (DC/V)	50	50	55
	Max. Output power (KW)	36	50	55
Operating temperature		-30 °C----- 55 °C		
Protection Grade		IP65		
INS. Class		Between Input Circuit or Output Circuit and Main Case:DC 1000V,Leakage Current: 0.05mA,Insulation Resistance:20M Ω		
Ambient Temperature		-40 °C-----70 °C		

**Tabla Nº 15:** Características del controlador  
Fuente: EMPOWER

Como se mencionó antes se debe tener cuidado con este equipo en lo que respecta a la temperatura de operación, el sistema utilizado debe estar

Voltage	72V	96V
the weight of the car with full load	1.2T	1.5T
Tyre Radius	0.25m	0.36m
Gear Ratio	8.0:1	6.0:1
Max Speed	75km/h	80-100km/h
The output current with Max Speed	115A	120A
Normal Speed	55km/h	60-80km/h
The output current with Normal Speed	60A	80A
Climbing Ability(loaded)	25%	25%
0-50km/h Accelerate	9s	9s

**Tabla Nº 16:** Otras características del controlador  
Fuente: EMPOWER

#### 4.4.1.8 PEDAL DEL ACELERADOR

En este caso se usará un pedal de aceleración electrónico que es compatible con el controlador usado en esta conversión este estará conectado a los pines 8 (rojo), 19 (amarillo), 20 (verde), y 31(negro).

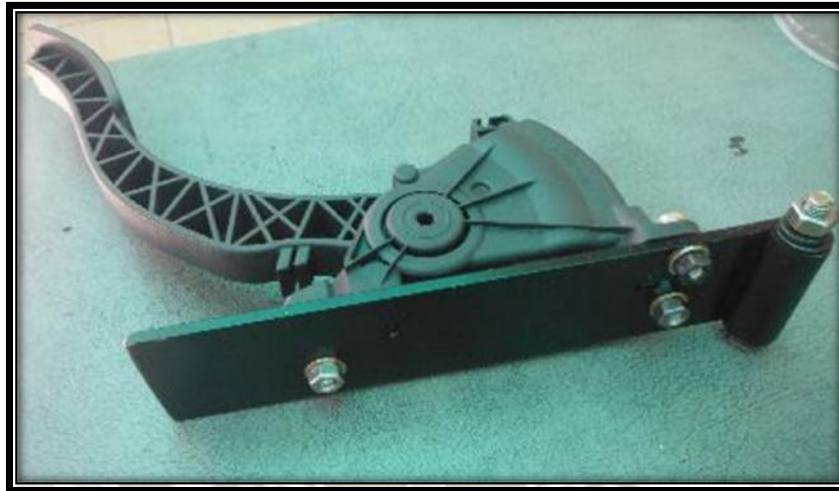
En el anexo se podrá ver la conexión de los cables del pedal electrónico con sus respectivos pines en el controlador.



**Figura Nº 36:** Pedal acelerador  
Fuente: Elaboración propia

En el anexo se encuentra la data sheet del pedal donde podrán verse sus especificaciones técnicas.

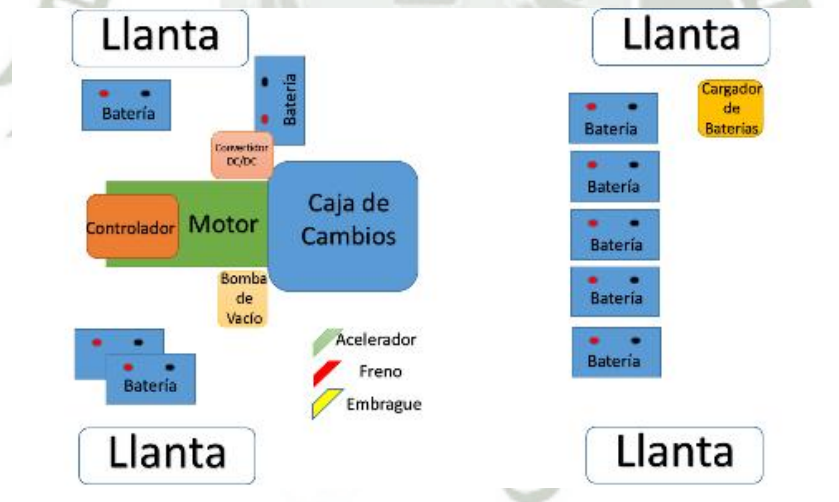
Además, para poder fijar el pedal al vehículo se fabricó una placa de soporte para que este pudiera remplazar el lugar que ocupaba el pedal antiguo de aceleración.



**Figura N° 37:** Base de pedal  
Fuente: Elaboración propia

Los planos del acople del pedal se encuentran en el anexo.

#### 4.4.1.9 ESQUEMA DE MONTAJE BATERIAS CONTROL MOTOR TRANSMISION



**Figura N° 38:** Esquema de montaje de los componentes  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.5 CABLEADO

El cableado es uno de los principales factores a tomar en cuenta en la conversión de vehículo. Se debe realizar un sistema de cableado para poder conectar el

banco de baterías que suministrara la carga necesaria para el funcionamiento del motor. Además, der realizar cableados adicionales para los distintos equipos suplementarios que se utilizaran en el sistema.

En nuestro proyecto usamos cable multifilar de cobre AWG de entre 8 a 10 mm que es lo recomendable para las conexiones del banco de baterías, así como del controlador y del motor.

Para una mayor protección se procedió a cambiar todo el cableado antiguo del vehículo y asilar completamente su sistema, comúnmente los vehículos aterran el sistema eléctrico al chasis para así poder usarlo como polo negativo y usar el sistema de 12 voltios para equipos auxiliares como luces y demás, esto crea un riesgo de poder entrara en contacto con el sistema de 96 voltios del banco de baterías para el motor por lo que es recomendable tomar todas las precauciones posibles para que esto no ocurra.

En el caso de mi proyecto se aisló completamente el sistema de 12 voltios para que esta forma el chasis este completamente aislado, pero además se utilizó cubiertas de jebe y mangueras corrugadas para brindarle una protección extra al sistema y que este esté aislado.



**Figura Nº 39:** Banco de baterías  
**Fuente:** Elaboración propia

Para visualizar mejor las conexiones ver los anexos de cableado:

- Cableado de baterías
- Cableado de controlador

- Cableado de Motor
- Cableado de Cargador
- Cableado de convertidor DC/DC

Para todos estos sistemas se tuvo que tener en cuenta el cable adecuado para que realice su trabajo sin riesgo recalentamiento o problemas a causa de la carga de energía que iba a ser transmitido por él. Además, se tomaron las medidas de seguridad deseada para que el trabajo con carga eléctrica sea lo más seguro posible.

#### 4.6 MARCHAS

El vehículo conservara las marchas originales de su caja de cambios, 5 hacia adelante y una en reversa.

El sistema de control de este motor eléctrico con dos particularidades, la capacidad de ir a mitad de impulso y la de poder invertir su marcha. En cuanto a la primera esta permitirá que el motor trabaje solo con la mitad de marcha, es decir que su fuerza y velocidad se reducirán en un 50 %. La segunda le brinda la capacidad de invertir el giro del motor lo que le permitirá ir en reversa sin la necesidad de usar el cambio de la caja. Y de igual forma al usar el cambio de reversa el vehículo iría asía adelante, lo cual le permitirá aprovechar mejor el tiempo y las conversiones de fuerza de la caja.



**Figura N° 40:** Conexión de las marchas del vehículo  
**Fuente:** Elaboración propia

En el anexo se encuentra como debe realizarse la conexión de los cables e interruptores para poder manipular estos tipos de marchas.

Cables de mitad de marcha Pin 14 (blanco). Cable de inversión de marcha, Pines 3(Marón), 4(Azul) y 5(Rojo).

#### **4.7 ELEMENTOS QUE FUNCIONABAN CON ACCIONAMIENTO MECÁNICO Y QUE REQUIEREN ELEMENTOS AUXILIARES.**

En el sistema previo de combustión interna existían elementos que funcionaban con accionamiento mecánico brindado por el motor de combustión interna como son el alternador, el hidrobac del freno el aire acondicionado etc.

##### *Sistema eléctrico auxiliar*

Este es el sistema eléctrico de todo vehículo que alimenta todos los elementos como son luces, tablero, Radio, aire acondicionado. Este es alimentado por una batería de 12 volt que lleva todo vehículo. Esta batería es cargada por el alternador o generador según sea caso dependiendo de cada modelo de vehículo.

En el sistema normal del vehículo a combustión interna esta barrera de 12 voltios era alimentada por un alternador el cual era accionado gracias a la fuerza mecánica del motor de combustión interna. Este alternador es el que suministraba energía al sistema de 12 volt, sin este equipo todos los sistemas que dependían de esta carga quedan inoperativos.

Para compensar la pérdida de dicho sistema se cometa un convertidor DC/DC de 96 a 12 voltios. Este equipo compensara el desgaste del sistema de 12 voltios pues alimentara las baterías con la energía del banco de baterías principal para que de esta forma todos los sistemas como luces, aire acondicionado y demás puedan continuar con su funcionamiento normal.



**Figura Nº 41:** Convertidor DC/DC  
**Fuente:** Elaboración propia

Sistema de freno del vehículo. El sistema de frenado del vehículo previamente era accionado por una bomba hidráulica que era asistida por un sistema de hidrobac el cual funcionaba gracias a un vacío generado por la admisión de aire del motor de combustión interna, dado que ya no está el motor de combustión este sistema debe ser remplazado para que el sistema de frenos funcione normalmente.

En la conversión se procederá a adaptar una bomba de vacío eléctrica la cual trabajara con el sistema de 12 voltios del vehículo, esta bomba es la que nos brindara la presión de vacío que requiere el sistema para que se accione el hidrobac normalmente.



**Figura Nº 42:** Bomba de Vacío  
**Fuente:** Elaboración propia.

### Sistema de recarga del vehículo

El sistema de recarga del vehículo es el que le permitirá cargar con energía el banco de baterías, previamente el sistema de combustión interna usaba como fuente de energía el combustible (a gasolina) pero ahora usara un sistema de carga a base de energía eléctrica que es el que alimentara el banco de baterías, par esto se utilizara un cargador de baterías de 96 voltios que previamente ya fue calibrado en fabrica para trabajar con dicho banco de baterías, para ver las especificaciones de dicho cargador puede hallarlas en el anexo.



*Figura N° 43: Cargador de baterías*  
Fuente: Elaboración propia

### 4.8 CALCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD

El vehículo Volkswagen Passat TS convertido a eléctrico incluye, motor eléctrico, inversor, control, caja reductora, 8 baterías, un motor eléctrico pequeño de corriente continua auxiliar para el accionamiento del compresor de aire acondicionado además de los soportes de sujeción. En el posicionamiento de estos elementos en el vehículo se debe intentar desplazar el centro de gravedad

al mejor lugar posible: el punto medio entre las cuatro ruedas y lo más próximo al suelo.<sup>154</sup>

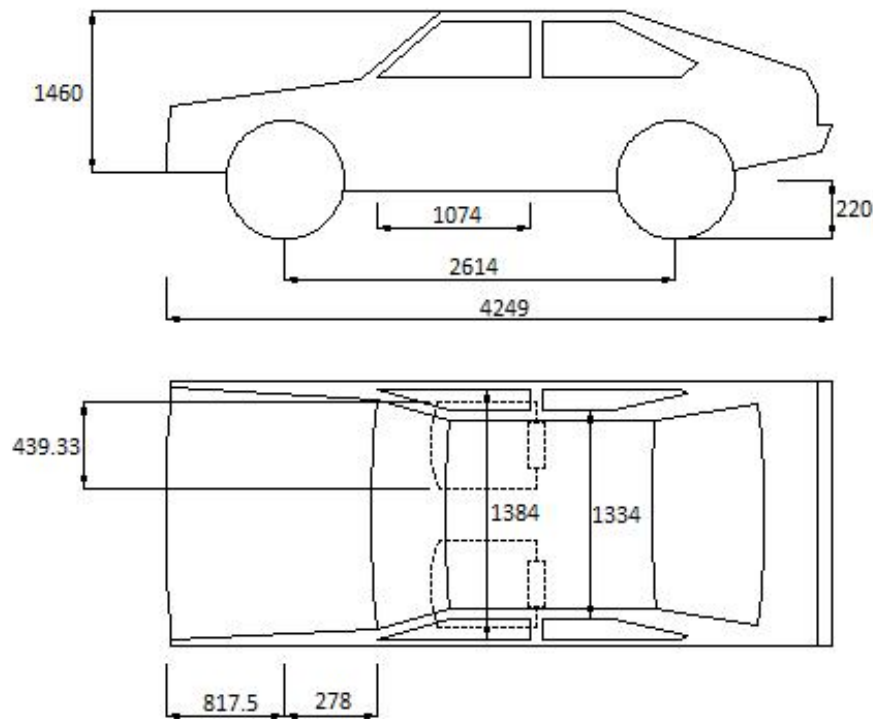
Componente	Peso (Kg)	Dimensión (mm)
Motor	120	510x245x245
Inverso	30	411x454x183
Control vectorial	1	154.4x173x52.3
Batería	14.9	269x148x261
Reductora	50 Kg	
Vehículo vacío	933.06	-

**Tabla N° 17:** Pesos y dimensiones de los componentes sensible  
**Fuente:** Elaboración propia

También se deberá tener en cuenta los distintos equipos adicionales, así como los nuevos sistemas de acople que serán usados en la convención. Estos son elementos que generaran un peso extra al vehículo y por supuesto podrían ocasionar un desbalance moviendo el centro d gravedad ya sea a la zona delantera o a la trasera dependiendo de la distribución de pesos que se use.

Para evitar estos problemas se está tratando de distribuir uniformemente los equipos y remplazar los pesos perdidos con los nuevos sistemas manteniendo un sistema de balance como el que s teña antes de realizar la convección, esto es lo más óptimo puesto que de darse un desbalance se tendrá que recurrir a realizar cambios en el sistema de amortiguación y balanceo o se podría generar déficits al momento de realizar el funcionamiento del vehículo.

<sup>154</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.



**Figura N° 44:** VW Pasatt año 1983

**Fuente:** Elaboración Propia

Inicialmente el centro de gravedad se sitúa a 967 mm del eje delantero, 1647 mm del eje trasero y 500 mm de altura.

Para colocar los componentes de la conversión, se aprovechan los huecos vacíos del coche<sup>155</sup>. En el momento de diseñar se vio que la maletera tenía el espacio suficiente para albergar todo el banco de baterías por razones de comodidad y como primera prueba al momento de ensamblar todos los componentes se optó por tener la carga en este lugar que previamente vía albergado el tanque de combustible, la baterías se distribuyeron de forma uniforme por lo que no se dio un desbalance en os laterales del vehículo pero si fue obvio que se generó un desbalance muy notorio entre la zona frontal y la posterior. La parte trasera se hundía mientras que la delantera se levantaba, Esto generaría problemas.

<sup>155</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

- El centro de gravedad se aproximaría demasiado al eje trasero
- En caso de impacto, las aceleraciones de inercia empujarían las baterías hacia los ocupantes, el centro de gravedad se desplaza 334,780 mm de la posición inicial: (se toma origen de coordenadas el centro de gravedad primitivo y se posicionan los ejes x, dirección de batalla y z, altura).

$$X = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i} = \frac{119.2 \cdot 1647 + 29.8 \cdot 2 \cdot (1647 - 316 - 870 - 134)}{119.2 + 119.2 + 29.8 + 29.8 + 933.06} = 334.780 \text{ mm}$$

$m_i$ : masa del paquete de baterías

$x_i$ : distancia del centro de gravedad del paquete de baterías al origen de coordenada

Para equilibrar el centro de gravedad el resto de componentes tienen que implantarse en el hueco del vano motor: <sup>156</sup>



**Figura N° 45:** Espacio operativo del VW Passat  
**Fuente:** Elaboración Propia

<sup>156</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

El motor eléctrico, que ira unido al inversor la reductora y control ocupan la antigua posición del motor de combustión y la transmisión<sup>157</sup>, estos equipos fueron conectados para mantener una simetría en el vehículo y que no se diera un desbalance en las cargas distribuidas a las ruedas. Además de los distintos equipos que servirá para que los sistemas del vehículo funcionen correctamente. Como se mencionó antes se mostraba un desbalance pues el peso de los equipos nuevos no equiparaba para nada al peso del banco de baterías y era muy obvio el desbalance que se presentaba en el vehículo es por eso que se optó por colocar un paquete de 3 baterías que se posicionarían en el extremo del vano motor en las zonas libres en los laterales del motor eléctrico. Con esto el centro de gravedad se desplazada 106,1 mm hacia el eje trasero con respecto a la posición inicial.

$$X = \frac{2 \cdot 119.2 \cdot 1647 + 29.8 \cdot 2 \cdot 507 - 200 \cdot 722 - 1043 \cdot 1350.5}{119.2 + 119.2 + 29.8 + 29.8 + 933.06 + 200 + 104.3} = 106.1mm$$

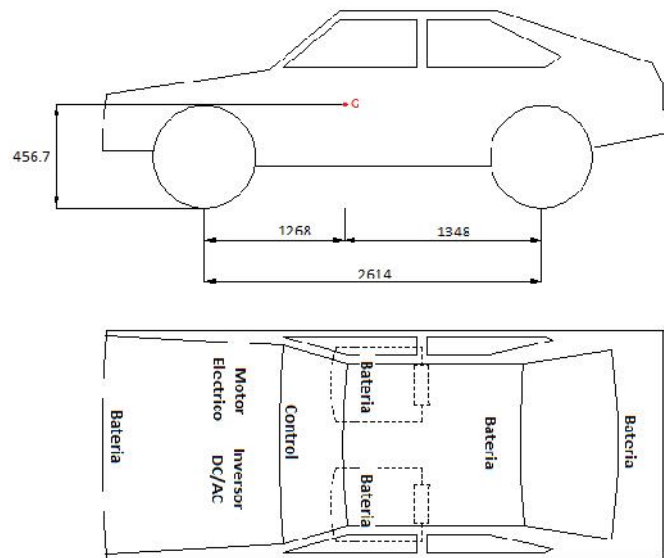
La posición en altura del centro de gravedad es: (cambiando el sistema de referencia situado ahora a la altura del piso).

$$z = \frac{500 \cdot 933.06 + 282.8 \cdot 340.5 + 119.2 \cdot 762.5 + 200 \cdot 316}{119.2 + 119.2 + 29.8 + 29.8 + 933.06 + 200 + 104.3} = 456.7mm$$

El modelo eléctrico tiene el centro de gravedad 43,4 mm más bajo, lo que proporciona un mejor agarre en carretera sin comprometer la calidad de la conducción. Con la nueva distribución de pesos: eje delantero 51,52% eje trasero 48,478%, no hay tampoco problema de deslizamiento en ninguno de los escenarios de diseños.

*Pendiente máxima, Velocidad máxima, Aceleración.* Por tanto, la situación de los componentes del Kit de recambio es aceptable.

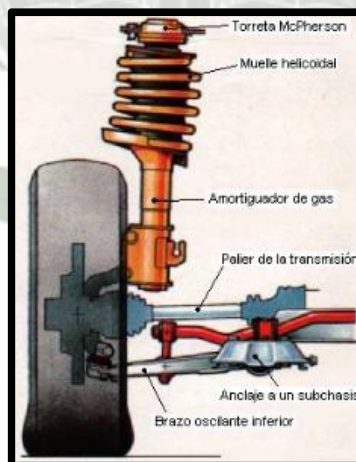
<sup>157</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.



**Figura N° 46:** Posición del centro de gravedad y elementos del vehículo  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.9 SUSPENSIÓN

Al tener más peso en el vehículo y el balance de masas diferente a la inicial se podría dar el caso de que hubiera problemas en la suspensión del vehículo. Por este motivo se estudia la suspensión del eje delantero, por ser la más cargada y llevar la suspensión más sencilla, *McPherson*.<sup>158</sup>



**Figura N° 47:** Suspensión McPherson  
Fuente: Universidad tecnológica de Colombia

<sup>158</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

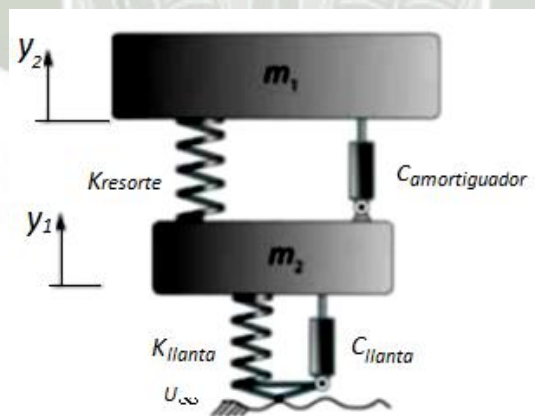
Dispositivo	Rigidez (KN/M)	Amortiguación (kg/s)
Llanta	127.2	0
Resorte	18.709	0
Amortiguador	0	1300

**Tabla N° 18:** Parámetros de la rigidez y amortiguamiento de la suspensión  
Fuente: Universidad Tecnológica de Colombia

El modelo matemático de la suspensión se representa de la siguiente manera: una masa  $m_1$  que es la masa suspendida de un cuarto de vehículo; y una masa  $m_2$  que está constituida por la masa de la llanta, amortiguador, resorte y tijera; constante  $k_1$ , constante del resorte; constante  $C_1$ , coeficiente de amortiguación viscoso del amortiguador; constante  $k_2$ , constante del resorte para la llanta; constante  $C_2$ , coeficiente de amortiguación viscoso de la llanta.

	$m_1$	$m_2$	$k_1$	$k_2$	$C_1$	$C_2$
Con motor ter	998.475	35	18.709	127.2	1300	10
Con motor elec	465.318	35	18.709	127.2	1300	10

**Tabla N° 19:** Comparación de los parámetros de la suspensión  
Fuente: Elaboración propia



**Figura N° 48:** Modelo de suspensión  
Fuente: Universidad Tecnológica de Colombia

Para conocer el desplazamiento estático de la suspensión basta con aplicar la segunda ley de Newton, la fuerza del amortiguador es proporcional a la velocidad

de la masa por tanto no tendrá impacto en la determinación del desplazamiento.  
La formulación resultante es: <sup>159</sup>

$$m_1 g = K_1 X_1$$

$$m_2 g = - K_2 X_2 + K_1 X_1$$

X<sub>1</sub>: Compresión del muelle del resorte

X<sub>2</sub>: Compresión del muelle de la llanta<sup>160</sup>

	X <sub>1</sub> (m)	X <sub>2</sub> (m)
Con motor ter	0.209	0.03
Con motor elec	0.244	0.039

**Tabla N° 20:** Desplazamiento de la suspensión  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.10 SUJECIONES DE LOS COMPONENTES

Los nuevos componentes para el sistema eléctrico tienen una composición y forma diferente a los componentes previos por lo que se deben adaptar para poder funcionar acorde a las normas establecidas para que un vehículo pueda circular.

Cada sistema de sujeción debe poder sostener el peso de los componentes y además sujetarlos de tal forma que no se genere vibración o que exista la posibilidad que alguno de ellos se desprenda y cause daños en el vehículo.

Además, que se debe tratar de distribuir dichos equipos de tal forma que el peso y centro de gravedad del vehículo quede redistribuido de manera uniforme para que no se genere un desbalance en el vehículo que pueda generarnos problemas posteriormente.

Los equipos a colocarse y su posición usada en este proyecto lo detallaremos a continuación en esta tabla.

<sup>159</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

<sup>160</sup> Ibid.

Componentes	Lugar en el vehículo
Motor Eléctrico	Capot Delantero
Controlador	Capot Delantero
Bomba de Vacío	Capot Delantero
Batería auxiliar	Capot Delantero
Banco de Baterías(3)	Capot Delantero
Cargador de Baterías	Maletera
Banco de baterías (5)	Maletera

**Tabla Nº 21:** Componentes a sujetarse  
Fuente: Elaboración Propia

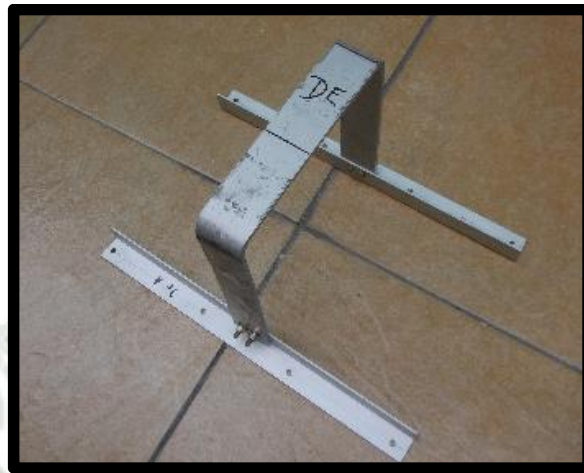
#### 4.10.1 SUJECION DE LAS BATERIAS

Las baterías son la a usarse son baterías de 15 placas que en promedio tienen un peso de 20 Kg cada una, sus características específicas se encontraran en el anexo.

En una primera iniciativa se trató de colocar todo el banco de baterías en la parte posterior del vehículo, pero limitaba el espacio de la maletera y colocaba una carga de aproximadamente 160 kg en la parte posterior lo que generaba un desbalance en el vehículo. Para corregir esto se redistribuyo el peso dividiendo el banco de baterías. 5 de las baterías mantendrían su lugar en la maletera y 3 seria colocadas en la parte frontal para que así el vehículo pudiera tener nuevamente su balance adecuado.

Para poder realizar la sujeción se utilizará como material base barras y perfiles de aluminio dado que gracias a que este material es bastante ligero y muy maquinable se podrá elaborar los elementos de sujeción de manera práctica. El

único inconveniente es q al usar este material el costo será superior que se usará fierro común.



**Figura N° 49: Materiales**  
Fuente: Elaboración propia

Para la correcta selección de los elementos se debe tomar en cuenta que la aceleración del vehículo, trasera, delantero, lateral, imprime una fuerza de inercia a cada batería de valor:

$$F_i = m_b \cdot \hat{a}_x$$

$F_i$ : Fuerza de inercia

$\hat{a}_x$ : Aceleración del vehículo

$m_b$ : masa de las baterías

También existe fuerza de inercia sobre cada elemento diferencial del soporte de diseño, pero la masa se considera despreciable en los cálculos por lo que no impacta en la determinación.

Estas fuerzas de inercias se traducen en esfuerzos de flexión simple sobre los dinteles de las vigas y flexión compuesta sobre los pilares. <sup>161</sup>

#### 4.10.1.1 SOPORTE PARA LOS PAQUETES DE 5 BATERIAS

El paquete de baterías que contara de 5 baterías se colocara en la parte posterior del vehículo, tomara un poco del espacio de la maletera pero, dado a la forma que

<sup>161</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

posee la maletera del vehículo tas tendrán que distribuirse de manera uniforme lo que nos permitirá trabajar de manera adecuada sin generar mucho desbalance en el vehículo, hay que recordar que en la parte posterior del vehículo el pero que se perdió durante la conversión es solo el que correspondía por el tanque de gasolina estos pesos estarán especificados en el anexo.



**Figura N° 50:** Maletera VW PAssat  
**Fuente:** Elaboración propia

Para poder sujetar las baterías se utilizarán perfiles de aluminio que estarán empotrados al chasis de la maletera en forma transversal que sujetaran las baterías y las mantendrán rígidas en su posición para evitar que estas rueden debido a la inercia generada por el movimiento del vehículo.

Para poder sujetar las varillas y perfiles de aluminio se utilizarán pernos simples dado que no requiere un grado de dureza muy alto debido que las fuerzas manifestadas no son de gran magnitud.



**Figura N° 51:** Baterías posterior  
**Fuente:** Elaboración propia

Se colocará las baterías sobre una base de jebe para que le de soporte y regularice las imperfecciones que tiene por diseño la maletera, además que le brindara protección ante posibles derrames.

#### 4.10.1.2 SUJECION DEL SOPORTE DEL PAQUETE DE 3 BATERIAS

En el caso de las baterías que van en la parte frontal dado que no se cuenta con una base como en la parte de la maletera se utilizará una varilla de fierro de 7 mm de espesor, la forma de esta base estará especificada en el anexo. La cual estará empotrada al chasis delantero mediante dos pernos

A esta barra se le adicionara además unas bases de aluminio que serán las que soporten el peso y den rigidez a las baterías. El diseño estará especificado en el anexo.



**Figura N° 52:** Soporte de baterías delanteras  
**Fuente:** Elaboración propia

En el lado izquierdo frontal del vehículo se posicionaron dos baterías por lo que se diseñó un sistema para que estas estén colocadas una sobre la otra, esto no crea un desbalance puesto que simétricamente se encuentra la batería extra utilizada para los elementos auxiliares del vehículo.

#### 4.10.1.3 SOPORTE BATERIA EXTRA

La batería que ser utilizada para los otros elementos auxiliares también requiere de una base sólida la cual fabricaremos con una plancha de aluminio. El diseño puede observarse en el anexo.

Pero lo importante de esta base también radica en que no solo sujetara la batería, sino que también la usaremos para fijar otros elementos, El convertidor DC/DC y la bomba de vacío También se encontraran sujetos mediante pernos a esta base.



*Figura Nº 53: Soporte de Batería extra convertidor DC/DC y bomba de Vacío*  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.10.1.4 Transmisión de fuerza Motor Caja de cambios

Para Acoplar la transición del motor eléctrico a la caja de cambio se requiere de la elaboración de ciertos elementos de acople.

En el caso de nuestro proyecto se elaboraron 2 piezas.



**Figura N° 54:** Acoples Motor caja de cambios  
Fuente: Elaboración propia

La primera es un piñón cuyas especificaciones encontraras en el anexo esta pieza remplazara al eje del cigüeñal pues este era el que se acoplaba con el volante de transmisión. dicha pieza la fabricaremos de acero y se utilizó parte de un disco de embrague antiguo que era compatible con el engranaje del motor eléctrico. Para fabricar esta pieza se tiene que tomar en cuenta las especificaciones del cigüeñal antigua y así poder tener las distancias apropiadas para que no se genere una falla en el diseño, la longitud de esta pieza es crucial para la conversión.

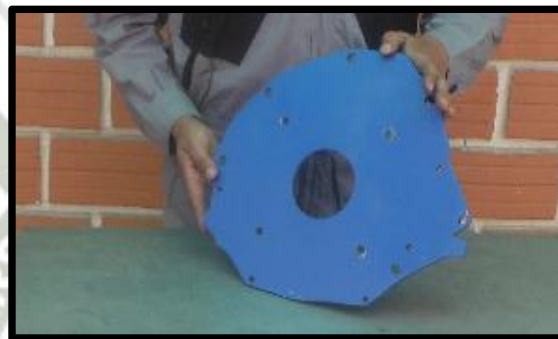
El segundo implemento que se fabrico fue una volante réplica del que usaba el vehículo, cuyas especificaciones se encontraran en el anexo, este elemento es de suma importancia pues en el que se acoplara el plato presor y disco de embrague que serán los encargados de acoplar y desacoplar la fuerza entre el motor y el vehículo. También se debe fabricar con sumo cuidado dado que de no ser realizado correctamente podría generar un desbalance a altas revoluciones además que su espesor debe ser el adecuado para poder mantener las distancias específicas de los equipos.

#### **4.11 FABRICACIÓN DE LOS ACOPLES EXTERNAS**

Para acoplar el motor a la caja de cambio se requirió también realizar la fabricación de dos piezas las cuales estarían ancladas mediante pernos de alta dureza a la carcasa de la caja de cambio y a la carcasa del motor eléctrico esto le brindara rigidez necesaria para poder trabajar además de proteger los distintos elementos internos.

La caja de cambio tiene una configuración que previamente estaba diseñada para poder acoplarse al monobloc del motor, pero ahora debe acoplarse a la carcasa del motor eléctrico, esto además para dar consistencia y rigidez al eje de transmisión de fuerza.

Para lograr que estos dos componentes puedan acoplarse se primero se fabrica una placa metálica con acero que sea acorde a la carcasa de la caja de cambio esta se consigue haciendo un molde de esta estructura y luego maquinándola. El diseño de esta placa lo encontraran en el anexo.



**Figura N° 55:** Placa de caja de cambios  
**Fuente:** Elaboración propia

Del mismo modo se requiere hacer un suple metálico para poder acoplar la carcasa del motor eléctrico a la placa previamente fabricada para la caja de cambios esto es debido a que como el eje piñón de acople genera una distancia extra al acoplar con el eje de transmisión de la volante. Las especificaciones de este elemento las encontraran en el anexo. Este elemento se prefirió construir en una pieza solida moldeada en aluminio, para construirla se fabricó un molde en yeso para posteriormente poder fabricar la pieza en aluminio. Esta pieza es conveniente tratar de hacerla con un espesor mayor al precisado. Pues al momento de realizar el acople esta pieza será ala que pueda rectificarse fácilmente para así conseguir la distancia exacta.



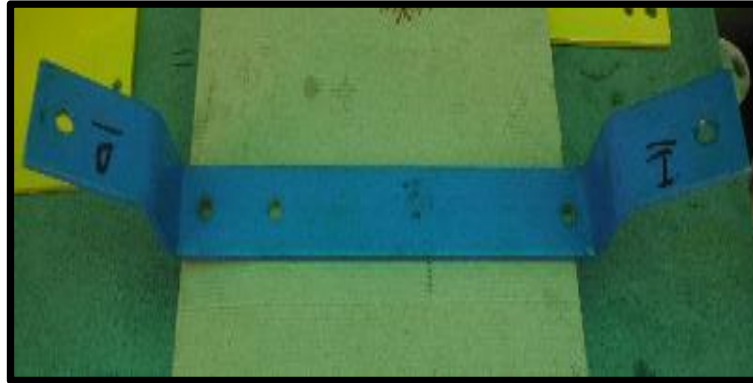
**Figura Nº 56:** Acople motor/placa caja de cambios  
**Fuente:** Elaboración propia

#### **4.12 SOPORTE MOTOR- REDUCTORA INVERSOR Y CONTROL**

Para poder acoplar todo el conjunto principal de elementos de transmisión de fuerza como son El motor eléctrico, el controlador y la caja de cambio con sus acoples respectivos se tuvo que diseñar un armazón de soporte puesto que su estructura es diferente al que usaba antes el monoblock del motor de combustión interna.

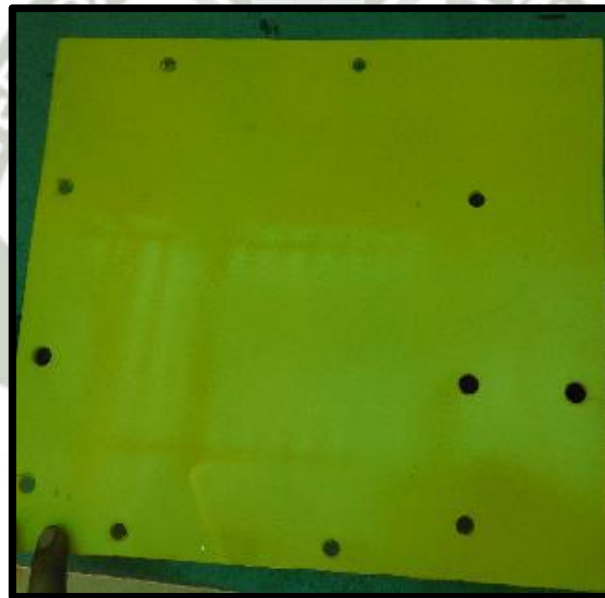
Para aprovechar los puntos de soporte que usaba el sistema antiguo se fabricaran las piezas necesarias acorde a estos puntos.

Primero se fabricará una barra de acero duro que servirá de soporte como base de toda la estructura esta estará anclada mediante pernos los antiguas bases de soporte que usaba el motor de combustión interna. Sus especificaciones están en el anexo.



**Figura N° 57:** Base de motor  
**Fuente:** Elaboración propia

Como segunda pieza se fabricara una plancha de aluminio que servirá de base para soportar a motor cuyas especificaciones están en el anexo.



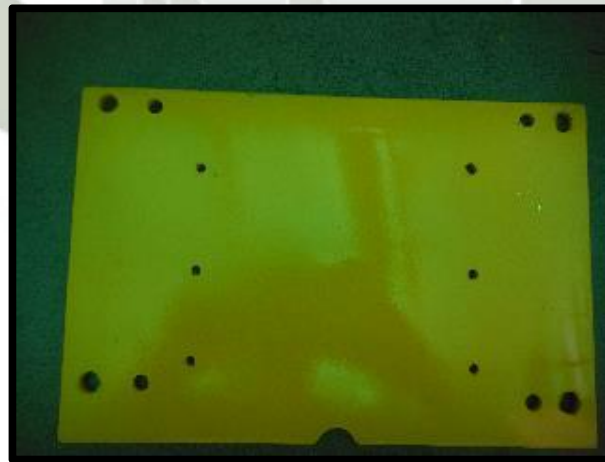
**Figura N° 58:** Placa Base de motor  
**Fuente:** Elaboración propia

Entre estas dos piezas se colocara una barra de jebe grueso que le dará soporte además de servir cm elemento anti vibraciones, además su espesor nos servir para poder regular y calibrara la inclinación adecuada del conjunto y poder ponerlo en la altura adecuada para que la transmisión de fuerza sea adecuada. Sus características están en el anexo.



**Figura N° 59:** Soporte de jebe  
Fuente: Elaboración propia

Se decidió que para que el motor trabaje adecuadamente y para mantener una simetría en los pesos el controlador se coloque en la parte superior de del motor eléctrico para estos se fabricó una placa de aluminio que fuera acorde con los bornes para sujetar al controlador y este pueda estar en un lugar adecuado para realizar las conexiones con el motor eléctrico. Las especificaciones de esta pieza están en el anexo.



**Figura N° 60:** Placa soporte controlador  
Fuente: Elaboración propia

Además, para que estas piezas se acoplen y tenga una consistencia rígida se fabricarlo cuatro platinas de aluminio que servirían como soportes, estas acoplarían la placa base del motor eléctrico con la placa base del controlador y le

darían la consistencia y rigidez para que el equipo trabaje adecuadamente. Las especificaciones de estos equipos están en el anexo.



*Figura N° 61: Armado Motor-caja-controlador*  
Fuente: Elaboración propia

Dos piezas más serán requeridas para dar soporte y estabilidad a este conjunto de piezas estas mantendrán el conjunto motor caja a una altura estable además de evitar que el conjunto se balancee a los lados además la pieza del lado derecho está diseñada para poder servir como soporte para el cable de embrague el cual previamente iba acoplado al soporte para el motor de combustión interna. Encontrará las especificaciones de estas piezas en los anexos.

#### 4.13 RECARGA DE LAS BATERÍAS

##### 4.13.1 MODOS DE REPOSTAJE

###### a. RECARGA CONVENCIONAL DE 16 AMPERIOS

La recarga convencional aplica niveles de potencia que implican una carga con una duración de unas **8 horas** aproximadamente.

La carga convencional monofásica emplea la intensidad y voltaje eléctricos del mismo nivel que la propia vivienda, es decir, 16 amperios y 220 voltios. Esto implica que la potencia eléctrica que puede entregar el punto para este tipo de

cargas es de aproximadamente 3.7 kW.

Con este nivel de potencia, el proceso de carga de la batería tarda unas 8 horas. Esta solución es óptima, fundamentalmente, para recargar el vehículo eléctrico durante la noche en un garaje de una vivienda unifamiliar o garaje comunitario.

Para conseguir que el vehículo eléctrico sea una realidad y teniendo en cuenta el sistema eléctrico actual, la recarga óptima desde el punto de vista de eficiencia energética, es realizar este tipo de recarga durante el período nocturno, que es cuando menos demanda energética existe.<sup>162</sup>

### **b. RECARGA SEMI-RÁPIDA DE 32 AMPERIOS**

La recarga semi-rápida aplica niveles de potencia que implican una carga con una duración de unas **4 horas** aproximadamente.

La carga semi-rápida emplea 32 amperios de intensidad y 220 VAC de voltaje eléctrico. Esto implica que la potencia eléctrica que puede entregar el punto para este tipo de cargas es de aproximadamente 7,3kW.

Con este nivel de potencia, el proceso de carga de la batería tarda unas 4 horas. Esta solución es óptima, fundamentalmente, para recargar el vehículo eléctrico durante la noche en un garaje de una vivienda unifamiliar o garaje comunitario.<sup>163</sup>

### **c. RECARGA RÁPIDA**

El tipo de carga más adecuada es la recarga rápida, que supone que en **15 minutos** se puede cargar el **65%** de la batería.

La carga rápida emplea una mayor intensidad eléctrica y, además, entrega la energía en corriente continua, obteniéndose una potencia de salida del orden de 50kW.

Esta solución es la que, desde el punto de vista del cliente, se asemeja a sus

---

<sup>162</sup> [www.endesavehiculoelectrico.com](http://www.endesavehiculoelectrico.com)

<sup>163</sup> [www.endesavehiculoelectrico.com](http://www.endesavehiculoelectrico.com)

hábitos actuales de repostaje con un vehículo de combustión.

Estas cargas deben ser concebidas como extensión de autonomía o cargas de conveniencia.

Las exigencias a nivel eléctrico son mayores que en la recarga convencional. Lo que puede implicar la necesidad de adecuación de la red eléctrica existente. Por poner una referencia, la potencia requerida para este tipo de instalaciones es comparable a la de un edificio de 15 viviendas.<sup>164</sup>

#### 4.14 CONECTORES

El tipo de conector es el enchufe para la conexión de la recarga del vehículo eléctrico. Existen distintas marcas y modelos que presentan distintas configuraciones de número de entradas y para las comunicaciones con el vehículo eléctrico. No hay estandarización, los más comunes son: el enchufe domestico sin comunicaciones, enchufe con tres 3 entradas (tierra, fase, neutro) y 2 pins para comunicaciones, y enchufe con 5 entradas (tierra, tres fases y neutro) y 2 pins para comunicaciones.

Por simplicidad se recomendará el enchufe domestico *Schuko* para el sistema de alimentación y el contacto *SAE J1772*, con 3 entradas, para el recargado y el vehículo.<sup>165</sup>

#### 4.15 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA REQUERIDA

La instalación de paneles fotovoltaicos no pretende recargar el 100% de la batería diariamente, de ser así la cantidad de células a instalar sería sumamente elevado, sino reponer el consumo diario estimado.

De acuerdo a las premisas la distancia media recorrida en una jornada típica de trabajo son 35 Km. Tan solo en casos excepcionales los vehículos se deslazan distancias mayores.

---

<sup>164</sup> [www.endesavehiculoelectrico.com](http://www.endesavehiculoelectrico.com).

<sup>165</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

El consumo del vehículo VW Passsat 1983 consume 4,77 KWh para recorrer 35Km.

Para calcular la instalación de paneles solares fotovoltaicos se deben conocer, a partir de los valores estadísticos de la zona, el valor de la irradiación solar diaria media en superficie inclinada del lugar. Para ello se hace uso de la base de datos del Instituto Nacional de Meteorología.

En el mercado se pueden comprar paneles solares de muy diversas potencias: 50,100, 150W, según la demanda de energía que se precise. Así mismo hay paneles de diversas calidades, según las celdas cristalinas de silicio semiconductor de las que estén formados sean policristalinas (menos eficientes, pero más baratas), mono cristalinas (las más eficientes y caras), o amorfas (poco eficientes, pero más baratas).

En este caso se opta por la mejor calidad y alta potencia, se elegirán paneles fotovoltaicos ISF-230, de 230 W de potencia máxima (pico) y 37 V nominales de tensión, formados por 60 celdas mono cristalinas en serie. Las dimensiones de cada panel son 1.667 x 994 x 45 mm. Al elegir los paneles solares con mayor potencia de pico, se reduce el número de células necesarias para la recarga.<sup>166</sup>

ISF-230	
Potencia eléctrica máxima	230 W
Tensión en circuito abierto	37 V
Tensión en el punto de máxima potencia	29.7 V
Corriente de cortocircuito	8.3 V
Corriente en el punto de máxima potencia	7.75 A
Eficiencia	13.9%
Tolerancia de potencia	3%

**Tabla Nº 22:** Características panel fotovoltaico de 230 Wp  
**Fuente:** Implantación de vehículos electricos en Vigo

<sup>166</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

#### 4.15.1 DIMENSIONADO

La H más desfavorable en la zona seleccionada es 1,8.

Las pérdidas asociadas a la instalación:

- kb: Pérdidas por rendimiento de las baterías (energía no devuelta por las baterías).
- ka: Coeficiente de pérdidas por auto descarga diaria de las baterías.
- kc: Coeficiente de pérdidas por rendimiento del inversor.
- kv: Coeficiente de perdidas varias (efecto Joule, etc.).

Rendimiento global:

$$R = (1 - kb - kc - kv) (1 - ka)^{167}$$

Los valores habituales de los coeficientes de pérdidas son:

Coeficiente de pérdidas	Rango práctico
Kb	0.00-0.20
Ka	0.001-0.020
Kc	0.0-0.4
Kv	0.0-0.20

**Tabla Nº 23:** Coeficientes de pérdidas  
Fuente: Universidad Pontificia de Comillas (ICAI)

La energía a entregar a las baterías (E) vendrá dada por:

$$E = Et/R$$

Rendimiento global:

$$R = (1 - kb - kv) (1 - ka) = 0.58$$

<sup>167</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

La energía que le llega al grupo de baterías debe ser, por lo tanto:

$$E = Et/R = 8.22 \text{ kW/h}$$

E: 4.55 KWh

Es necesario introducir el concepto de las horas de pico solar HSP (h), definido como las horas de luz solar por día equivalentes, pero definidas en base a una irradiación  $I$  (kW/m<sup>2</sup>) constante de 1 kW/m<sup>2</sup>, a la cual está siempre medida la potencia de los paneles solares. Es un modo de estandarizar la curva diaria de irradiación solar.<sup>168</sup>

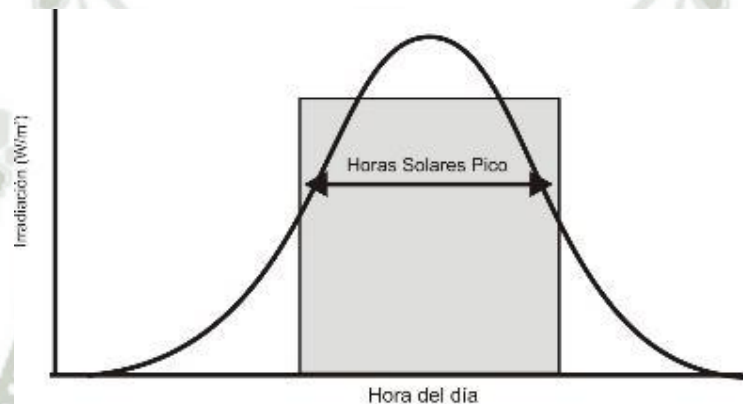


Figura: Definición de las horas pico solar

**Figura Nº 62:** Definición de las horas de pico solar

Como puede verse en la figura, el área definida por el rectángulo (irradiación en base a las horas de pico solar) es igual al área definida por la curva horaria de irradiación real. La irradiación  $H$  (kWh/m<sup>2</sup>) es igual al producto de la irradiación de referencia  $I$  (1 kW/m<sup>2</sup>) por las horas de pico solar HSP (h).

Calculo del HSP

- $k$  = coeficiente corrector por efectos atmosféricos (0.75-1.20)
- $k'$  = coeficiente corrector por inclinación del panel FV
- $k''$  = coeficiente corrector por desviación del panel respecto al sur geográfico

<sup>168</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

- $k'' = 1.14 - 0.085 (20^\circ - 70^\circ)$   
 $HSP = 1/3.6 k' \cdot k'' \cdot H = 0.277 k' \cdot k'' \cdot H$

#### Selección del ángulo de inclinación

- 20o mayor que latitud para instalaciones de función prioritaria en invierno  
15 o mayor que la latitud para instalaciones de funcionamiento uniforme durante todo el año.
- Igual a la latitud para instalaciones de funcionamiento prioritario en primavera o verano.

#### Selección del Azimut

- Orientación sur para máxima producción e igualdad entre mañana y tarde.
- Orientación este para mayor producción durante mañana.
- Orientación oeste para mayor producción durante tarde.

#### Selección de los datos

Inclinación  $50^\circ$  (mismas necesidades para todo el año).

Desviación  $0^\circ$  (no favorece ni a la mañana ni a la tarde).

$k$ : 1,15 (dato basado en medidas experimentales).

$k'$ : 1 por ser inferior a  $20^\circ$

El cálculo de HSP:

$$HSP = \frac{1}{3.6} \cdot 1.15 \cdot 1 \cdot 6.48 = 2.07 h$$

La energía producida por watio pico instalado:

$$E_p = HSP = 2.07 Wh$$

Se debe tener en cuenta que no siempre el modulo funciona en condiciones de máximo rendimiento (suciedades, cargas parciales, etc.), con lo que la potencia real que puede generar el campo FV por cada watio pico instalado será normalmente un 10% inferior al HSP:

$$E_p = 0.9 \cdot HSP = 0.09 \cdot 2.07 = 1.863 \text{ Wh}$$

Luego la energía aportada por célula fotovoltaica:

$$E = HSP \cdot W = 1.863 \cdot 230 = 428.49 \text{ Wh}$$

Para completar la instalación se incluyen 20 paneles fotovoltaicos en paralelo, de este modo se satisface la recarga.

Una vez definido el generador fotovoltaico, es necesario interponer un inversor entre la generación y la red. Para ello se calcula la potencia instalada de la instalación:

$$P = 230 \cdot 20 = 4.600 \text{ W}$$

Se recomienda el inversor *Sunmaster XS3200 de Mastervolt*, para la instalación que precisa el Opel Astra también es admisible.<sup>169</sup>

Entrada paneles solares (DC)		
Rango de potencia recomendado	Wp	2.200-3.300
Potencia máxima	W	2.780 CD
Potencia de arranque	W	7
Voltaje de operación	V	100.600
MPP rango de voltaje @ pot. Nom	V	180-480
Voltaje máximo	V	600
Intensidad de corriente	A	15
Salida a la red (AC)		
Voltaje	V	230 VAC
Potencia nominal	W	2.800 @ 45°C
Potencia máxima	W	2.625
Intensidad nominal	A	13
Frecuencia	Hz	55/65
Factor de potencia		> 0.99 a pot. max

**Tabla Nº 24:** Entrada de paneles solares  
**Fuente:** Sunmaster XS3200 datasheet

<sup>169</sup> BARANDA GONZALEZ, Álvaro. Conversión de un vehículo tradicional dotado de motor de combustión a eléctrico puro. 2012. Pp. 44-50.

## CAPITULO V

### ESTUDIO ECONÓMICO

En este capítulo se muestra el total de la inversión efectuada en la conversión del Volkswagen Passat de combustión interna a un vehículo a sistema eléctrico completo.

#### 5.1 ESTUDIO CLIENTE

##### 5.1.1 INVERSIÓN REQUERIDA

La inversión que tendrá que realizarse esta básicamente contenida en los nuevos implementos requeridos para realizar la conversión, así como la mano de obra extra que se necesitara para la instalación de dichos equipos y la remoción de los equipos antiguos.

A continuación, se presenta el detalle de los costos de los equipos adquiridos para este proyecto.

Partes	Cantidad Pzas.	Precio US \$	Importe S/
Motor Eléctrico	01	595.00	2,082.50
Controlador eléctrico	01	800.00	2,800.00
Convertidor de Corriente	01	80.00	280.00
Acelerador electrónico	01	45.00	157.50
Bomba eléctrica	01	118.00	413.00
Medidor de carga de baterías	01	17.00	59.59
Baterías	08		1,200.00
Placa y piñón de acople	02		300.00
Soporte de equipos y batería	04		600.00
Total Adquisición de Partes			7,892.59

**Tabla Nº 25:** Precio de Equipos Principales  
Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2 Costos de impuestos y otros

Debido a que algunos de los equipos fueron importados del extranjero por no estar a la venta en el mercado nacional tuvo que pagarse algunos impuestos, así como cargos de transferencia interbancaria al realizar las compras.

<b>Descripción</b>	<b>Importe US \$</b>	<b>Importe S/</b>
Cargo de transferencia de dinero al Extranjero	39.50	138.25
Cargo de trasferencias Bancarias	45.00	157.50
Impuestos Aduanales	304.00	1,064.00
<b>Total Gastos de Importación</b>		<b>1,359.75</b>

### 5.2 Gastos de Mano de Obra

#### 5.2.1 INVERSIÓN REQUERIDA EQUIPOS

Para realizar los cambios en el vehículo y la instalación de los nuevos equipos también debe contarse con una locación y las herramientas adecuadas para realizar las tareas, a continuación, una tabla con los principales implementos que se utilizaron y su costo.

<b>Inversión en local y equipos</b>	<b>Importe S/</b>
Inversión local	0.00
Grúa 2 Ton	700.00
Lagarto Hidráulico	300.00
Juego de Dados	200.00
Juego de Llaves	300.00
Juego de Desarmadores	200.00
Taladro	196.00
Esmeril	200.00
Multitester	60.00
<b>Inversión en local y equipos</b>	<b>2,156.00</b>

**Tabla Nº 26:** Inversión en el taller  
**Fuente:** Elaboración propia

## 5.2.2 Costo de Insumos

Para realizar los cambios también se hizo uso de insumos varios como sigue:

Insumos	Cantidad	Precio S/
Cable	10 m.	180.00
Pernos de sujeción	200 pizas	300.00
Cubierta para cables	80 m.	40.00
Bornes para batería	18 pizas	54.00
Total Insumos		574.00

**Tabla Nº 27:** Insumos usados en la conversión  
Fuente: Elaboración propia

## 5.2.3 COSTOS DE TRABAJO

### 5.2.3.1 COSTOS DE PRODUCCIÓN

Los costos de producción provienen de la mano de obra directa.

El costo de fabricación de los sistemas de sujeción se estima a partir del aluminio y fundición dúctil utilizada más los gastos del proceso de fabricación.

$$C_{\text{mano\_obra}} = S/ 800.00 \text{ operario}$$

### 5.2.3.2 COSTOS ADMINISTRATIVOS

Los costos administrativos representan los gastos que nos están vinculados directamente a los trámites de homologación del vehículo.

$$C_{\text{tramites}} = S/ 500.00 \text{ administrativo}$$

### 5.2.3.3 COSTOS DE SERVICIO

Los costos de servicio están vinculados al gasto realizado por terceros en apoyo mecánico o eléctrico.

$$C_{\text{terceros}} = S/ 500 \text{ administrativo}$$

#### 5.2.3.4 COSTO DE INVERSIÓN EN LA ADQUISICIÓN DEL VEHICULO

Dependiendo del estado del vehículo este precio puede variar, pero en el mercado actual los vehículos antiguos pueden encontrarse a precios realmente baratos debido a que dada su antigüedad y el estado de sus motores la reparación de estos presenta un gran gasto económico el cual compensaría el gasto de conversión en parte. En este proyecto se usó un vehículo cuyo motor estaba prácticamente inservible por lo que su valor fue como carcasa.

$$C_{\text{vehículo}} = S/ 2,000.00 .$$

De ser un Vehículo propio este gasto se reduce a Cero.

#### 5.2.3.5 COSTOS FINANCIEROS

Este gasto es considerado si la inversión se efectúa a través de un financiamiento bancario, considerando el interés bancario que la Entidad Financiera cobre por el financiamiento otorgado.

#### 5.2.4 EVALUACIÓN FINANCIERA

A continuación, se presentara una evaluación global de los gastos realizados para realizar el proyecto.

Inversión ejecutada	Importe S/
Equipos	7,892.59
Gastos de Importación	1,359.75
Local y Herramientas en el taller	2156.00
Insumos	574.00
Costos de producción	800.00
Gastos de administración	1,000.00
Costo del vehículo	2,000.00
Inversión Total	15,782.25

**Tabla N° 28:** Evaluación de los Costos  
Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

- De acuerdo al proyecto de Conversión de un Automóvil de Gasolina a Eléctrico con Sistema de Recarga se realizó el estudio del arte para evaluar como fue el progreso de esta nueva tecnológica moderna, ecológica y a la vez permitirnos su implementación.
- En el proyecto de tesis se demuestra en el Capítulo IV, V que a un mediano plazo de tres años se tiene el retorno de la inversión y a la vez este tipo de tecnología automotriz está en pleno auge como lo viene demostrando la Empresa Tesla.
- La Conversión de un Automóvil de Gasolina a Eléctrico con Sistema de Recarga en el Capítulo IV se plantea la metodología desarrollada, con esto queda plasmada para consultas posteriores por estudiantes de la especialidades.
- Debemos decir que la implementación en un vehículo comercial de segundo uso Marca Volkswagen Modelo Passat de procedencia Brasileira año 1983 que operaba con combustible gasolina, ha sido remplazado con sistema eléctrico y puesto en funcionamiento con pruebas respectivas.

## RECOMENDACIONES

1. Se debe seleccionar los elementos adecuados para la conversión tomando en cuenta el modelo, tamaño y peso de cada vehículo debido a que acorde a estos podrían presentarse dificultades al momento de realizar la selección de los componentes para la conversión.
2. Antes de realizar una conversión tener en cuenta todos los factores positivos y negativos del sistema para poder tomar una adecuada decisión si realizar o no la conversión de un vehículo.
3. Se recomienda tener el asesoramiento de expertos en el tema mientras se realiza la conversión tanto en las áreas teóricas como prácticas, dado que no solo es importante los cálculos para la selección de equipos sino también la capacidad de adaptarlos y acoplarlos en el vehículo para que este conserve sus características funcionales.
4. Se debe tener en cuenta también los elementos que se encuentra en el mercado local, puesto que si se quiere usar y adaptar equipos extranjeros los costos aumentaran al igual que el tiempo de los trabajos.

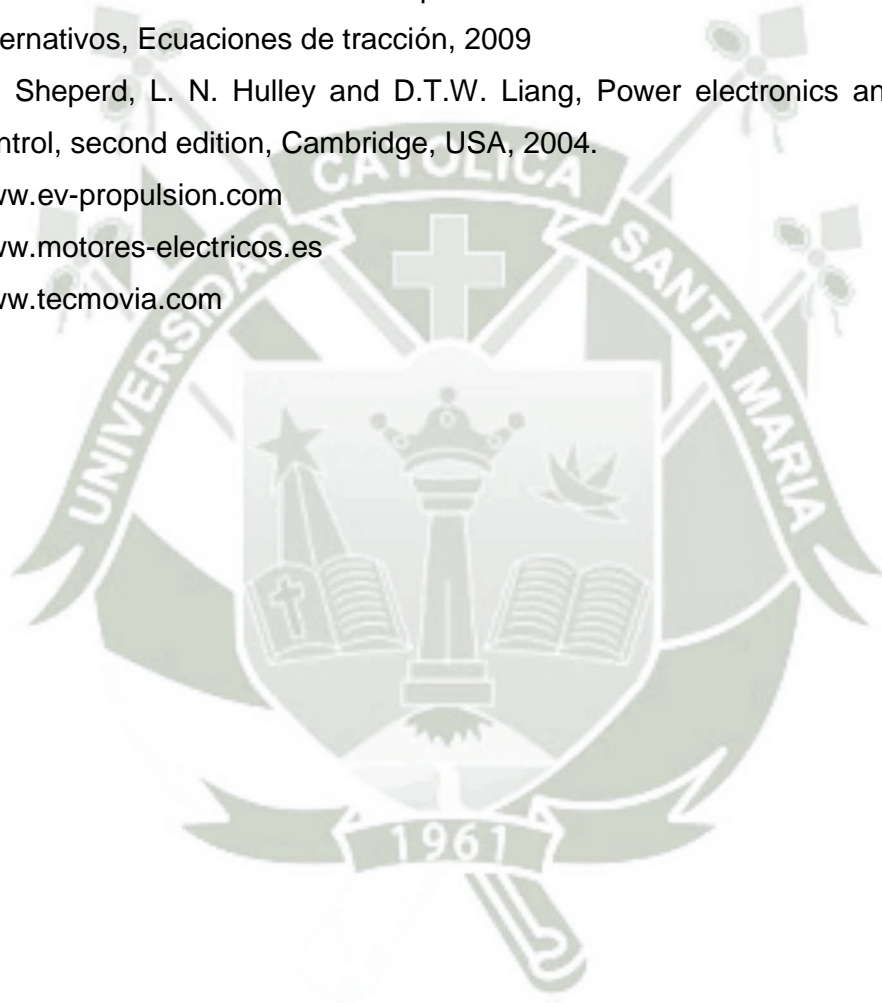
## BIBLIOGRAFÍA

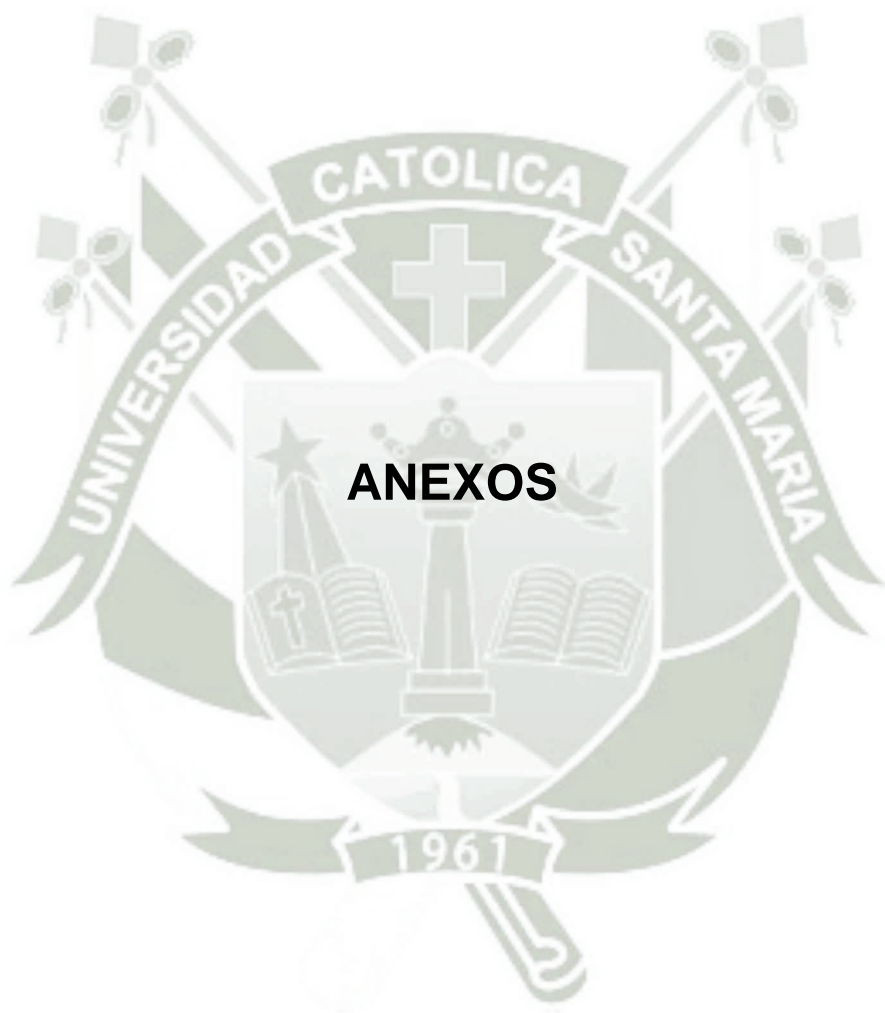
1. ACUÑA, J. A. (2003). Ingeniería de Confiabilidad. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
2. Allan R. Hambley. Electrónica. Second edition. Pearson, 2007
3. Allan R. Hambley. Electrónica. Second edition. Pearson, 2007.
4. ANDREANI, A. (2009). Ingeniería y Gestión de Confiabilidad Operacional en Plantas Industriales. Chile: Editorial Ril Editores Santiago de Chile.
5. B.K.Powel; K.E.Bailey; S.R Cikamek. Dynamic Modeling and Control of Hybrid Electric Vehicle Powertrain Systems. Second edition, 2007
6. B.K.Powel; K.E.Bailey; S.R Cikamek. Dynamic Modeling and Control of Hybrid Electric Vehicle Powertrain Systems. Second edition, 2007.
7. BERMÚDEZ, L. T., Rodríguez, F. L. (2013). Investigación en la Gestión Empresarial. Colombia: Editorial Eco Ediciones.
8. D.Coates and L. Miller, "Advanced batteries for electric vehicle applications", in Proc. Int. Electric Vehicle Symp., 1992, no. 14.03.
9. F.A Wyezalek, "GM electric vehicle technology", in Proc. Int. Symp. Automotive Technology Automation, 1991.
10. FERNÁNDEZ, S. (2007). Los Proyectos de Inversión. Evaluación Financiera. Costa Rica: Editorial. Tecnología de Costa Rica
11. HERNÁNDEZ, R., Fernández, C. & Baptista L. P.(2003). Metodología de la Investigación. México: Editorial Mc Graw Hill.
12. <http://agrupasuma.com/page/coche-electrico>
13. <http://autolibre.redtienda.net>
14. [http://elcomercio.pe/mundo/actualidad/ciudad-arequipa-supera-50-limite-permitido-contaminacion\\_1-noticia-1655955](http://elcomercio.pe/mundo/actualidad/ciudad-arequipa-supera-50-limite-permitido-contaminacion_1-noticia-1655955)
15. <http://elcomercio.pe/noticias/litio-39565>
16. <http://energyev.com/>
17. <http://gestion.pe/tendencias/precios-autos-electricos-bajaran-hasta-igualar-convencionales-incluso-tambien-peru-cuando-ocurrira-2165345>
18. <http://oficinavw.blogspot.pe/2012/05/manual-passat-1983>.

19. <http://rpp.pe/lima/actualidad/lanzan-primer-auto-electrico-en-el-peru-noticia-489567>
20. <http://rpp.pe/peru/actualidad/parque-automotor-en-arequipa-crecio-en-7-noticia-755069>
21. [http://schiappa2021.blogspot.pe/2015\\_06\\_01\\_archive.html](http://schiappa2021.blogspot.pe/2015_06_01_archive.html)
22. <http://www.20minutos.es>
23. <http://www.egasa.com.pe/>
24. <http://www.elmundo.es/motor/2016/02/11/56bc7d6aca4741e31e8b461f.html>
25. <http://www.gd-hepu.com/>
26. <http://www.minam.gob.pe/>
27. <http://www.minsa.gob.pe/>
28. <http://www.nitro.pe/mecanica/15185-cual-es-el-procedimiento-para-cambiar-el-motor-de-su-vehiculo.html>
29. <http://www.panelsolarperu.com/>
30. <http://www.seal.com.pe/>
31. <http://www.sophimania.pe/tecnologia/redes-sociales/mitsubishi-i-miev-pros-y-contras-del-nuevo-auto-electrico-que-ya-esta-en-peru/>
32. <http://www.sophimania.pe/tecnologia/redes-sociales/mitsubishi-i-miev-pros-y-contras-del-nuevo-auto-electrico-que-ya-esta-en-peru/>
33. <http://www.todoautos.com.pe>
34. <http://www.todobaterias.pe/index.php>
35. <https://es.slideshare.net/orlandoguevara3/ensayo-41542110>
36. <https://transporteperu.wordpress.com/2010/05/10/revisiones-tecnicas/>
37. <https://www.aliexpress.com>
38. [https://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/coche-electrico](https://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/coche-electrico)
39. <https://www.ev-power.eu/>
40. <https://www.iit.comillas.edu/pfc/resumenes/50470f82d0c3e.pdf>
41. <https://www.youtube.com/channel/UCQbk2U9qvgZZVOVOIpRhpDQ>
42. James Larminie, John Lowry. Electric Vehicle Techology Explained. Second edition. John Wiley & Sons, 2003

43. James Larminie, John Lowry. Electric Vehicle Technology Explained. Second edition. John Wiley & Sons, 2003.
44. Jesus fraile Mora. Maquinas eléctricas, sexta edición, McGraw Hill, 2008
45. Jesus fraile Mora. Maquinas eléctricas, sexta edición, McGraw Hill, 2008.
46. José Font Mezquita; Juan Francisco Dols Ruiz. Tratado de automoción, Tomo IV, Dinámica. Primera edición. Universidad Politecnica de Valencia, 2006.
47. José Font Mezquita; Juan Francisco Dols Ruiz. Tratado de automoción, Tomo IV, Dinámica. Primera edición. Universidad Politecnica de Valencia, 2006.
48. José Manuel Benavente; Antonio Abellan García; Emilio Figueres Amarós. Electrónica de Potencia, Teoría y Aplicaciones, Primera edición. Alfaomega.
49. L.G.O'Connell, "Electric Vehicles: A clean, energy-efficient urban transportation alternative", EPRI Rep., Vol. 30, no. 5, sep/oct 1991.
50. Luis Corral Diez-Hochleitner. Simulación de los requerimientos energéticos de un vehículo híbrido Serie. Escuela Técnica Superior De Ingeniería (ICAI) Ingeniero Industrial Superior. Madrid Junio del 2012
51. Manual Técnico de Conversiones. Gabriel González Barrios. AUTOLIBRE CONVERSIONES
52. Mehrdad Ehsani; Yimin Gao; Ali Emadi. Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles. Fundamentals, Theory and Design. Second edition. CRC Press. Taylor & Francis Group, 2010.
53. MORA, G. A. (2003). Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control. México: Editorial Alfa omega.
54. MOUBRAY, J. (2004). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Argentina: Editorial Bidles Ltd. Segunda Edición.
55. ÑAUPAS, P. H., Mejía, E., Novoa, E. & Villagómez, A. (2013). Metodología de Investigación Científica y Elaboración de Tesis. Perú: Editorial Printed in Perú.
56. PARRA, C. A., Márquez, A., Crespo, M. (2012). Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos. Argentina: Editorial INGEMAN Primera Edición.
57. PATRICK, D. T., O'Connor, J. W. (1991). Ingeniería de Confiabilidad Práctica. España: Cuarta edición.

58. SANTIAGO, D.F. (2003). Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. España. Editorial Diaz salinas S.A.
59. SANTIAGO, D.F. (2008). Cogeneracion: Diseño, Operación y mnatenimiento de Planatas. España. Editorial Diaz salinas S.A.
60. T.Moore, "the push for advanced batteries", EPRIJ, 1991.
61. TOVAR, G. (2005).Fundamentos del Análisis de Falla. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería Primera Edición.
62. Universidad Pontificia Comillas. Apuntes de Motores de Combustión Interna Alternativos, Ecuaciones de tracción, 2009
63. W. Sheperd, L. N. Hulley and D.T.W. Liang, Power electronics and motor control, second edition, Cambridge, USA, 2004.
64. [www.ev-propulsion.com](http://www.ev-propulsion.com)
65. [www.motores-electricos.es](http://www.motores-electricos.es)
66. [www.tecmovia.com](http://www.tecmovia.com)





## Volkswagen Passat 1.8 descripción

Hatchback Volkswagen Passat 1.8 se ha producido desde mayo de 1983 hasta enero de 1985. Se tiene motor de gasolina con desplazamiento 1.8 litros, que produce potencia 90 caballo de fuerza en 5200 rpm y el par de 145 Nm en 3300 revoluciones por minuto.

Volkswagen Passat 1.8 tiene tracción trasera clásica (RWD) y manual caja de cambios con 4 velocidades.

Volkswagen Passat 1.8 acelera a la velocidad de 100 kilómetros por hora en 11.5 segundos. La velocidad máxima de este coche es 176 km/h.

El consumo de combustible de esta versión de Volkswagen Passat 1.8 en modo combinado (que combina la conducción urbana y carretera) es 7.9 litro por 100 km. La capacidad del depósito de combustible es de 60 litros, lo que significa que será capaz de conducir hasta el 740 kilómetros sin repostar en el ciclo urbano.



## Volkswagen Passat 1.8 datos técnicos

Modelo:	Volkswagen Passat 1.8		
Carrocería:	Hatchback		
Periodo de producción:	1983. mayo ... 1985. enero		
Motor:	1800 cm <sup>3</sup> Gasolina	CO2 emisiones:	sin datos
Potencia:	90 CV en 5200 RPM	Par máximo:	145 NM en 3300 RPM
Caja de cambios:	Caja de cambios manual (4 engranajes)	Tipo de unidad:	Tracción trasera (RWD)
Velocidad máxima:	176 km/h	Aceleración 0-100 km/h:	11.5 segundos
Consumo de combustible (l/100km):	7.9 (conjunto)		
Capacidad del tanque de combustible:	60 litros		
Dimensiones de coche:	4.84m (longitud) 1.72m (anchura) 1.42m (altura)		
Peso bruto:	1200 kg		

# MASTERVOLT

USER'S AND INSTALLATION MANUAL / GEBRUIKERS- EN INSTALLATIEHANDLEIDING  
BEDIENUNGS- UND INSTALLATIONSANLEITUNG / MANUEL UTILISATEURS ET D'INSTALLATION  
MANUAL DEL USUARIO Y DE INSTALACIÓN / MANUALE DI USO E MANUTENZIONE

## Sunmaster XS4300/ XS3200/ XS2000

Grid connected solar inverter



MASTERVOLT  
Snijdersbergweg 93,  
1105 AN Amsterdam  
The Netherlands  
Tel.: +31-20-3422100  
Fax.: +31-20-6971006

[www.mastervolt.com](http://www.mastervolt.com)

ENGLISH:	PAGE 1
NEDERLANDS:	PAGINA 29
DEUTSCH:	SEITE 53
FRANÇAIS:	PAGINA 77
CASTELLANO:	PÁGINA 101
ITALIANO:	PÁGINA 125

## OVERVIEW

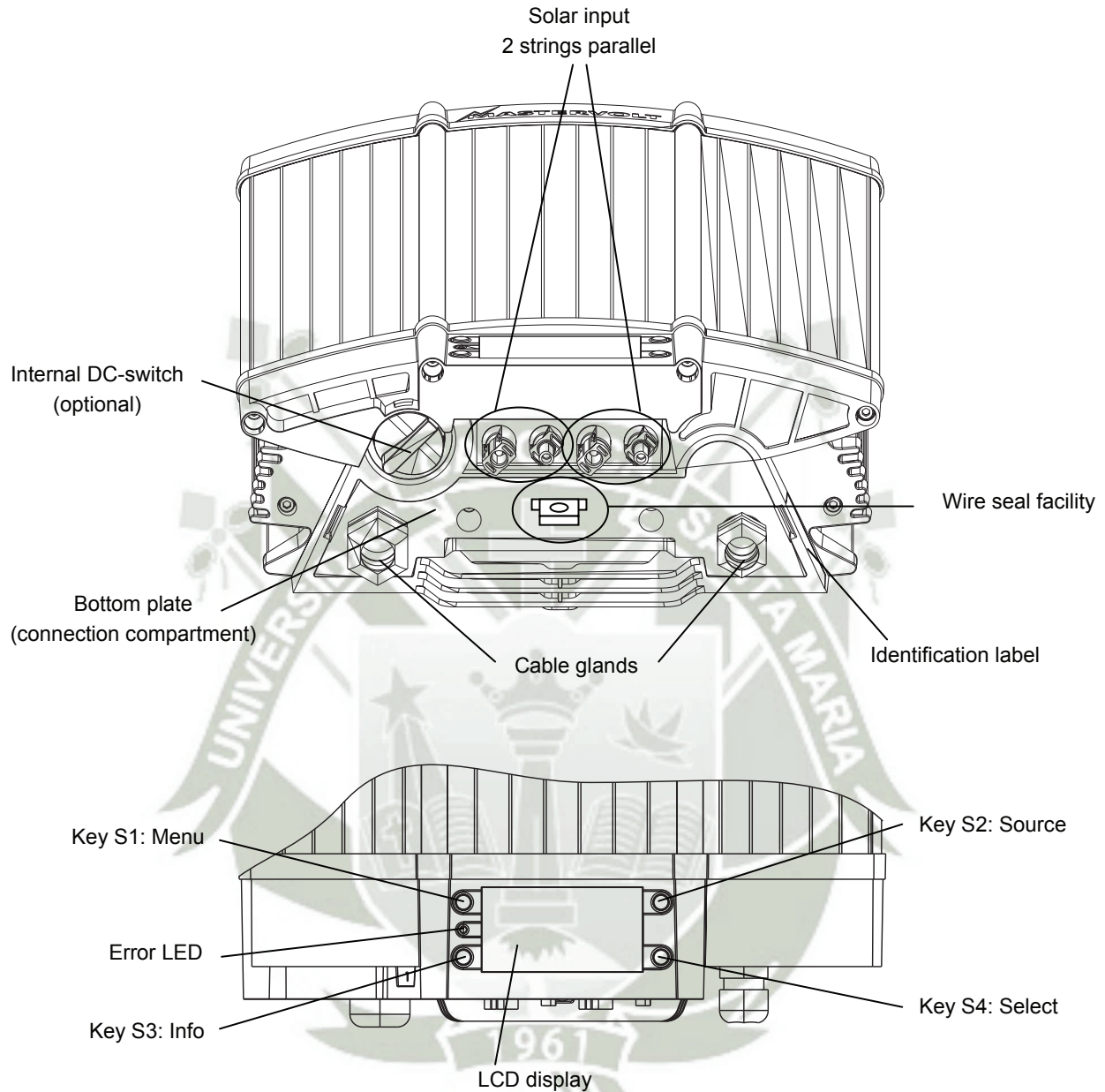


Figure 1: overview of the Mastervolt Sunmaster XS 4300/ 3200/2000.

## CONTENTS:

v 1.1 November 2008

<b>1</b>	<b>GENERAL INFORMATION.....</b>	<b>4</b>
1.1	Product description.....	4
1.2	Use of this manual.....	4
1.3	Validity of this manual .....	4
1.4	Guarantee specifications .....	4
1.5	Liability .....	4
1.6	Changes to the Sunmaster.....	4
1.7	Identification label.....	4

<b>2</b>	<b>SAFETY GUIDELINES AND WARNINGS</b> .....	<b>5</b>
2.1	Warnings and symbols .....	5
2.2	Use for intended purpose .....	5
2.3	Organisational measures .....	5
2.4	Installation, maintenance and repair.....	5
2.5	Warning of special dangers .....	5
<b>3</b>	<b>BEFORE YOU START</b> .....	<b>6</b>
3.1	Unpacking .....	6
3.2	Country selection.....	6
3.3	Installation environment .....	6
3.4	AC Wiring .....	8
3.5	Grounding.....	8
3.6	Specifications of the Solar system.....	8
3.7	DC Switch.....	8
3.8	PV modules and strings .....	8
	3.8.1 Connection of two strings (standard).....	9
	3.8.2 Connection of more than two strings (option).....	9
3.9	General safety and installation precautions.....	10
3.10	Things you need for installation.....	10
<b>4</b>	<b>INSTALLATION</b> .....	<b>11</b>
4.1	Installation step by step.....	11
4.2	Use in Italy.....	12
4.3	Commissioning after installation.....	12
	4.3.1 Switching on .....	12
	4.3.2 Country code selection.....	13
4.4	De-commissioning.....	13
<b>5</b>	<b>OPERATION</b> .....	<b>14</b>
5.1	General .....	14
5.2	Forced Cooling.....	14
5.3	LCD-display.....	14
	5.3.1 Actual readings.....	15
	5.3.2 Historical data.....	16
	5.3.3 Total energy revenues.....	16
	5.3.4 System information.....	17
	5.3.5 Failures.....	17
5.4	Maintenance.....	17
<b>6</b>	<b>TROUBLE SHOOTING</b> .....	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>SPECIFICATIONS</b> .....	<b>19</b>
7.1	Technical specifications .....	19
7.2	Outline drawings.....	21
<b>8</b>	<b>ORDERING INFORMATION</b> .....	<b>22</b>
<b>9</b>	<b>ITALY SELF TEST</b> .....	<b>23</b>
<b>10</b>	<b>CERTIFICATES</b> .....	<b>26</b>
10.1	Certificate of VDE-0126 conformity .....	26
10.2	EC declaration of conformity .....	27

## 1 GENERAL INFORMATION

### 1.1 PRODUCT DESCRIPTION

Congratulations for choosing the Mastervolt Sunmaster XS4300, the Sunmaster XS3200 or the Sunmaster XS2000, further referred to as "Sunmaster". The Sunmaster is a grid connected solar inverter, used for the feed back into the utility grid of power generated by photovoltaic modules.

Depending on the application and in order to meet the local applicable regulations, the Sunmaster can be ordered in several models. See chapter 3.2 for an overview of the available models.

The Sunmaster is not suitable for stand-alone use (i.e. use without public grid).

### 1.2 USE OF THIS MANUAL

Copyright © 2008 Mastervolt. All rights reserved.

Reproduction, transfer, distribution or storage of part or all of the contents in this document in any form without the prior written permission of Mastervolt is prohibited. This manual serves as a guideline for the safe and effective installation of the Sunmaster:

- For the electrician this manual gives directions for the installation, operation and commissioning.
- For the end-user this manual gives directions for the operation, maintenance and possible correction of minor malfunctions of the Sunmaster.
- Every person who works with the apparatus should be familiar with the contents of this manual, and must carefully follow the instructions contained herein.
- Store the manual in a user accessible place.

This English manual has 28 pages.

### 1.3 VALIDITY OF THIS MANUAL

All the specifications, provisions and instructions contained in this manual apply solely to the Mastervolt-delivered standard versions of the Sunmaster (Refer to chapter 3.2).

### 1.4 GUARANTEE SPECIFICATIONS

Mastervolt assures the product guarantee of the Sunmaster during five years after your purchase, on the condition that all instructions and warnings given in this manual are taken into account during installation and operation.

Among other things, this means that installation is carried out by a qualified electrician, that installation and maintenance are executed according to the stated instructions and correct working sequence and that no changes or repairs may have been performed on the Sunmaster other than by Mastervolt.

The warranty is limited to the costs of repair and/or replacement of the product by Mastervolt only. Costs for installation labour or shipping of the defective parts are not covered by this warranty.

For making an appeal on warranty you can directly contact your supplier, stating your complaint, application, date of purchase and part number / serial number

### 1.5 LIABILITY

Mastervolt accepts no liability for:

- consequential damage due to use of the Sunmaster;
- possible errors in the manuals and the results thereof.

### 1.6 CHANGES TO THE SUNMASTER

Changes on the Sunmaster may be carried out only after the written permission of Mastervolt

### 1.7 IDENTIFICATION LABEL

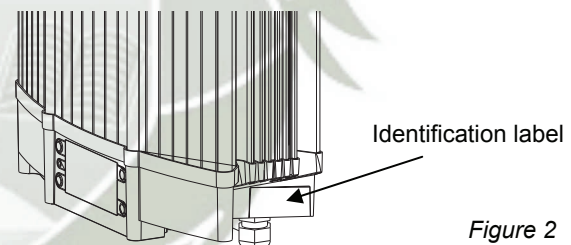


Figure 2

See figure 2 for location. Important technical information required for service, maintenance & secondary delivery of parts can be derived from the identification label.



#### CAUTION!

Never remove the identification label.

## 2 SAFETY GUIDELINES AND WARNINGS

### 2.1 WARNINGS AND SYMBOLS

Safety instructions and warnings are marked in this manual by the following pictograms:



A procedure, circumstance, etc which deserves extra attention.



#### CAUTION!

Special information, commands and prohibitions in order to prevent damage.



#### WARNING

A WARNING refers to possible injury to the user or installer or significant material damage to the Sunmaster if the installer / user does not (carefully) follow the stated procedures.

### 2.2 USE FOR INTENDED PURPOSE

The Sunmaster is constructed as per the applicable safety-technical guidelines. Use the Sunmaster only in installations that meet the following qualifications:

- in permanent installations;
- connected to a separate, grounded AC group, to which no other electrical equipment is connected;
- the electrical installation must meet the applicable regulations and standards, must be carried out correctly and must be in a good condition.
- according to the technical specifications as stated in chapter 7.1.



#### WARNING

Never use the Sunmaster in situations where there is danger of gas or dust explosion or potentially flammable products!

Use of the Sunmaster other than as mentioned under § 2.2 is not considered to be consistent with the intended purpose. Mastervolt is not liable for any damage resulting from the above.

### 2.3 ORGANISATIONAL MEASURES

The installer / user must always:

- have access to this manual;
- be familiar with the contents of this manual. This applies particularly to Chapter 2, Safety Guidelines & Warning.

### 2.4 INSTALLATION, MAINTENANCE AND REPAIR

As lethal voltages exist, allow installation, maintenance and repair of the Sunmaster and changes in your electrical system to be carried out by qualified electricians only.

Connections and safety features must be executed according to the locally applicable regulations.

In case of decommissioning and/or demounting follow the instructions as stated in chapter 4.4.

If such are required, use only original spare parts.

### 2.5 WARNING OF SPECIAL DANGERS

- Not only AC-grid voltage, but DC voltages up to 600V may exist in the Sunmaster as well
- The voltages present at the grid and solar side of the Sunmaster are not safe to touch and cannot be switched off at the solar side. Depending on local applicable regulations the use of an internal or external DC switch may be obligatory.
- Do not work on the Sunmaster and/or the electrical installation if it is still connected to the solar panels and/or AC-grid.
- Only allow changes in your electrical system to be carried out by qualified electricians

### 3 BEFORE YOU START

#### 3.1 UNPACKING

In addition to the Sunmaster the delivery includes:

- A mounting bracket to mount the Sunmaster to a wall
- This user's and installation manual.

After unpacking, check the contents for possible damage. Do not use the product if it is damaged. If in doubt, contact your supplier.

#### 3.2 COUNTRY SELECTION

The Sunmaster is equipped with an anti-islanding device that ensures the switch off in case of grid failure. European countries maintain different regulations with regard to the grid interface of solar inverters. The common islanding device is the QNS, which switches off the inverter if the grid voltage or frequency is out of range. In some countries like Germany the ENS device (VDE-V-0126-1-1 compliant) is compulsory.

Because of these different regulations the Sunmaster must be configured at first installation. See section 4.3.2.

Furthermore the Sunmaster can be supplied with or without internal DC switch which is used to disconnect the photovoltaic modules from the inverter, as required in buildings by the international standard IEC60364-7-712.

Check from the part number on the type number plate whether the Sunmaster is appropriate to be used for the intended application (refer to table 1).

Part number	Description	DC switch
131004300	XS4300 IP44 ENS	No
131014300	XS4300 IP44 ENS SW	Yes
131003200	XS3200 IP44 ENS	No
131013200	XS3200 IP44 ENS SW	Yes
131002000	XS2000 IP44 ENS	No
131012000	XS2000 IP44 ENS SW	Yes

Table 1



#### WARNING

Never use the Sunmaster for a non-intended application!

#### 3.3 INSTALLATION ENVIRONMENT

The Sunmaster can be mounted in the AC distribution cabinet or in the vicinity of the solar panels. Obey the following stipulations during installation:

- The Sunmaster is designed for both indoor and outdoor use, according to safety class IP44. Among others this means that the Sunmaster should not be exposed to direct weather conditions such as rain or snow. Therefore the Sunmaster should at least be installed under a canopy roof for protection against rain.
- Do not install the Sunmaster in dusty environments.
- Ambient temperature: -20 ... 60°C; (power derating above 45°C).
- No objects must be located within a distance of 10 cm around the Sunmaster (figure 3).
- Make sure that the hot air that is generated during operation will be discharged by forced ventilation when installing the Sunmaster in a closed section.
- Keep at least 50 cm in between the inverters when several Sunmasters are installed next to each other (figure 5). If this is not possible, adequate measures must be taken to avoid one inverter heating up the other (figure 4).
- If the Sunmaster is installed in the immediate vicinity of living areas, take into account that the Sunmaster can produce a slight noise level when operating (refer to section 7.1).
- Mount the Sunmaster vertically on a solid wall.
- Readability of the display is optimal when looking at the display from an equal or lower position.

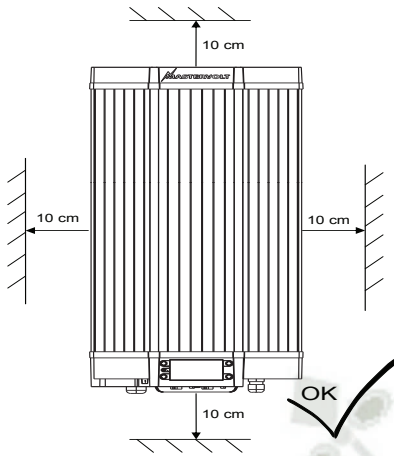


Figure 3

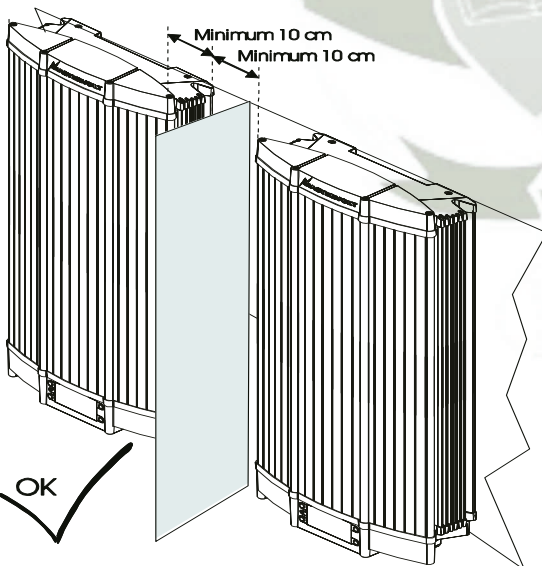
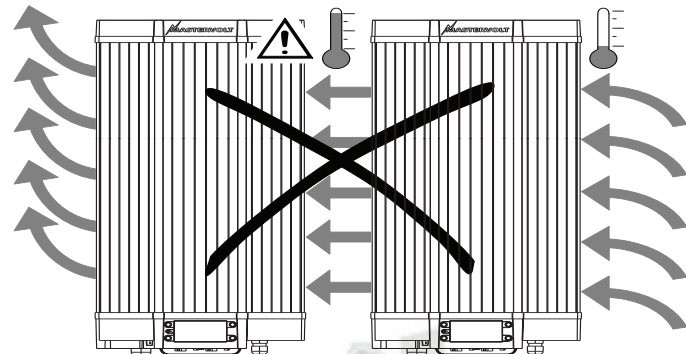


Figure 4

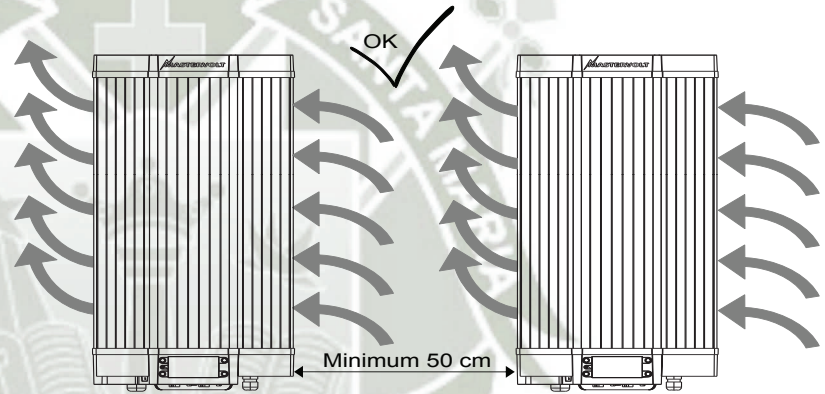


Figure 5

### 3.4 AC WIRING

The Sunmaster may only be used in a permanent installation, connected to a separate AC distribution group, to which no other electrical equipment is connected.

The cabling between the junction box or electric cable duct and the Sunmaster must be double insulated. Use an appropriate AC-wire diameter, so that the single wire resistance between the Sunmaster and the AC distribution will not exceed 0.25 Ohm. Directive: up to 25 meters length, choose a wire diameter of 3 x 4mm<sup>2</sup>. Choose a larger wire size for lengths above 25 meter.

### 3.5 GROUNDING

The Sunmaster must be provided with an equipment-grounding conductor to the AC-output ground terminal.

Grounding and all other wiring must comply with local codes and ordinances.

Grounding of the solar array is not necessary thanks to the galvanic isolation between the DC-input and the AC output of the Sunmaster.

### 3.6 SPECIFICATIONS OF THE SOLAR SYSTEM

The solar system should meet the following specifications:

- Maximum open circuit string voltage at lowest possible temperature of the PV modules and maximum PV power connected to the inverter:

Model Sunmaster	Max voltage	Max power
XS4300	550Vdc max	4600Wp
XS3200	600Vdc max	3500Wp
XS2000	450Vdc max	2100Wp

- Double insulated PV-wiring
- All cables of the string should have double insulation and must be fitted with pre-assembled MultiContact connectors (Ø4mm)
- If two or more strings are connected to the same Sunmaster, both string lengths must be equal.



#### CAUTION!

Do not install the Sunmaster if the solar-system does not comply with the above mentioned stipulations.

### 3.7 DC SWITCH

Depending on local applicable regulations the use of a DC switch between the PV modules and the inverter may be mandatory.

For example international standard IEC60364-7-712 prescribes a DC switch in solar electric installations in buildings. For this reason Mastervolt offers several models of the Sunmaster with integrated DC-switch. See chapter 3.2 to check if your Sunmaster is equipped with such a DC-switch.

If your Sunmaster is not equipped with a DC-switch, an external DC-Switch can be applied. Single and double output types are available rated 600 Volts and 25A. See chapter 8 for ordering information.

### 3.8 PV MODULES AND STRINGS

The solar or DC side of the system consists of several photovoltaic (solar) modules, further mentioned as “PV modules”. The PV-modules are connected in series to form a so called “string”. These strings consist of a plus (+) and a minus (-) connection which can be connected directly to the Sunmaster.

The string voltage should be equal to the open circuit voltage (Voc) per PV module (refer to the specifications of the PV-module), multiplied by the number of PV-modules in each string. Depending on the solar irradiation and temperature, this value should be equal to 70-95% of the calculated string voltage.

The Sunmaster is equipped with a single MPP tracker and two parallel string connections, see figure 6.

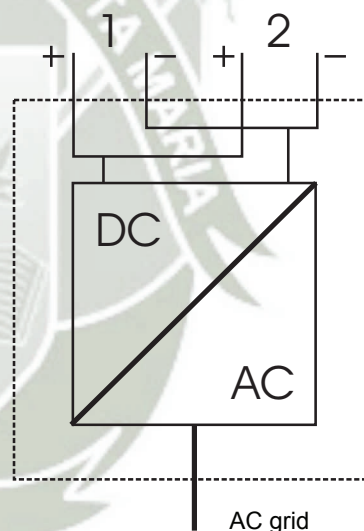


Figure 6

### 3.8.1 Connection of two strings (standard)

Two strings can be connected to the Sunmaster directly. See section 3.6 for the maximum power connected to each Solar-input. The total input power must be distributed equally over both Solar-inputs as much as possible. See figure 7.

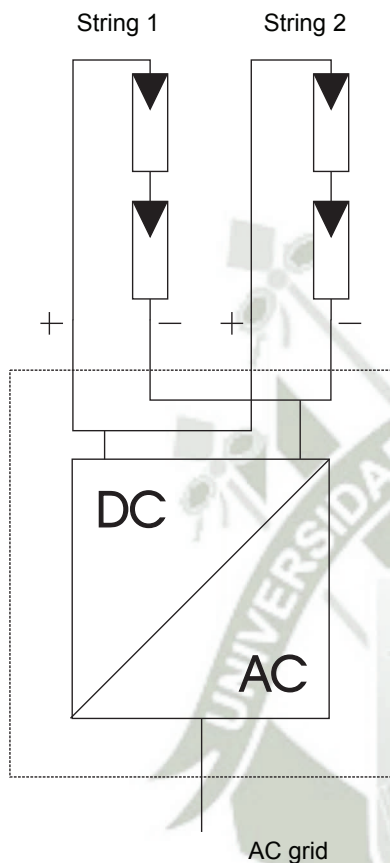


Figure 7

### 3.8.2 Connection of more than two strings (option)

In case more than two strings should be connected to the Sunmaster, Multicontact Y-adapters may be used to combine the strings (see figure 8 and ordering information chapter 8). The strings connected to the same Solar-input should exist of an equal number of identical PV-modules. See figure 9.

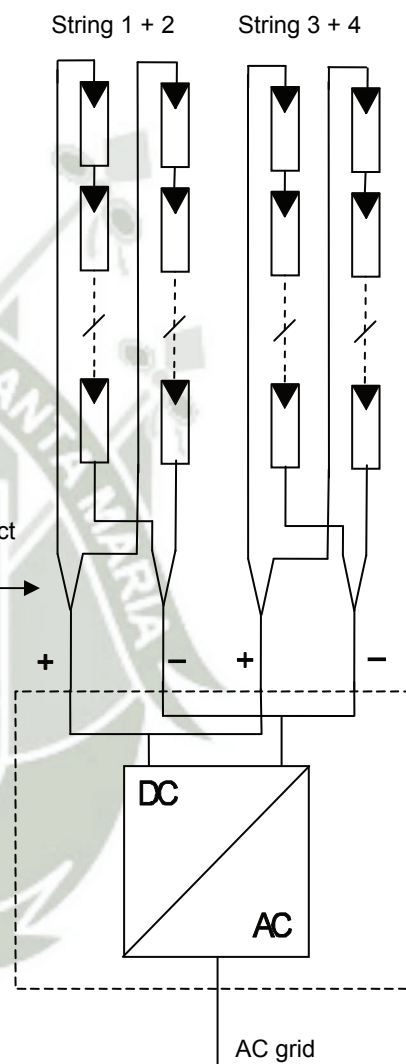


Figure 9



Figure 8: Y-adapter

### 3.9 GENERAL SAFETY AND INSTALLATION PRECAUTIONS



#### WARNING

Be sure that all wiring is disconnected from any power source during the entire installation.



#### CAUTION!

- Short circuiting or reversing polarity may lead to damage to the Sunmaster, the cabling and/or the terminal connections.
- Follow all steps of the installation instructions in order of succession as described.
- The DC switch, if installed, must stay in the OFF-position during the entire installation.

### 3.10 THINGS YOU NEED FOR INSTALLATION

Make sure you have all the parts you need to install the Sunmaster:

- The Sunmaster + mounting bracket (included).
- Four screws (with plugs) to mount the Sunmaster. Maximum diameter: 5 mm. Use mounting materials which are suitable to carry the weight of the Sunmaster
- Phillips screwdriver nr. 2 to open the connection compartment of the Sunmaster.
- Flat blade screw driver.
- Masterbus communication cables.
- RS485 communication cables.



## 4 INSTALLATION

### 4.1 INSTALLATION STEP BY STEP



#### CAUTION!

Read chapters 2 and 3 prior to installation.

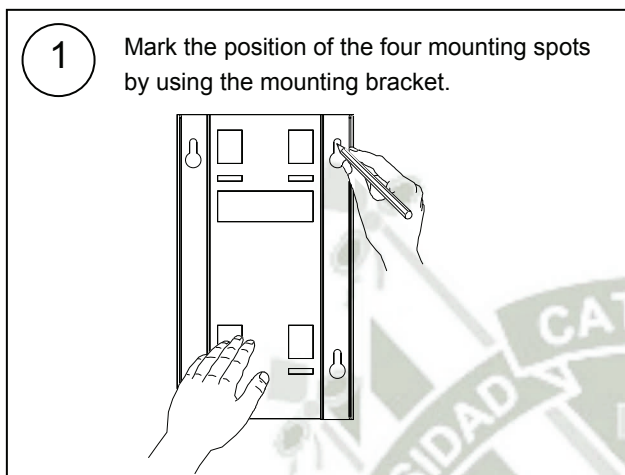


Figure 10

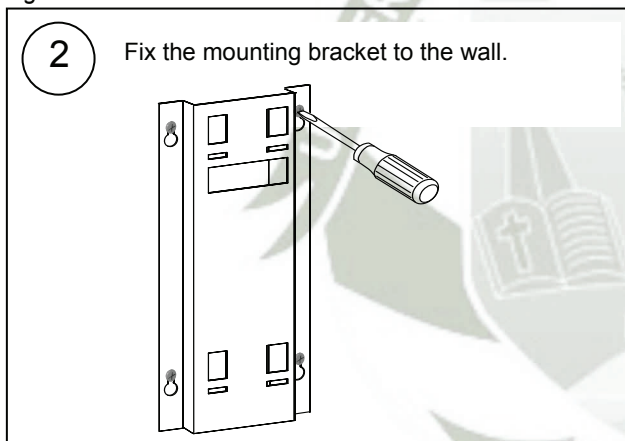


Figure 11

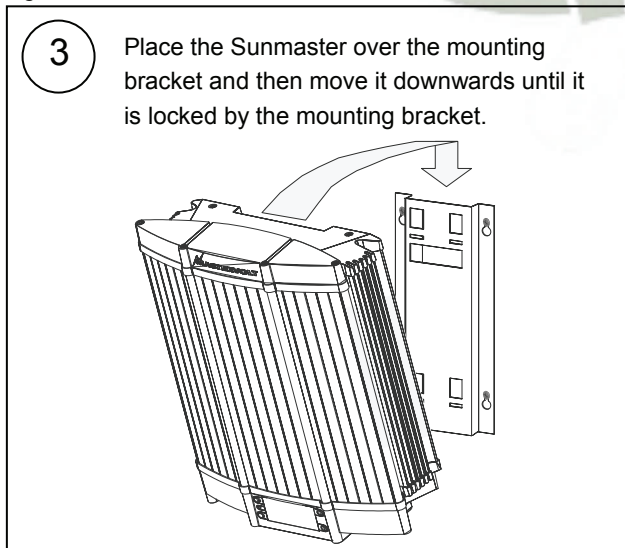


Figure 12

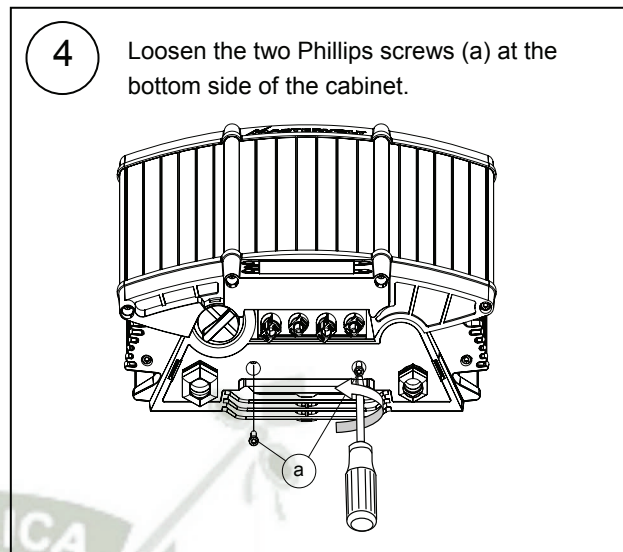


Figure 13

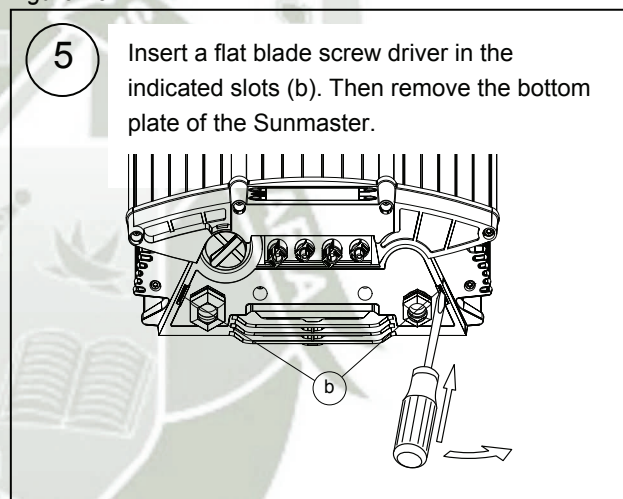


Figure 14

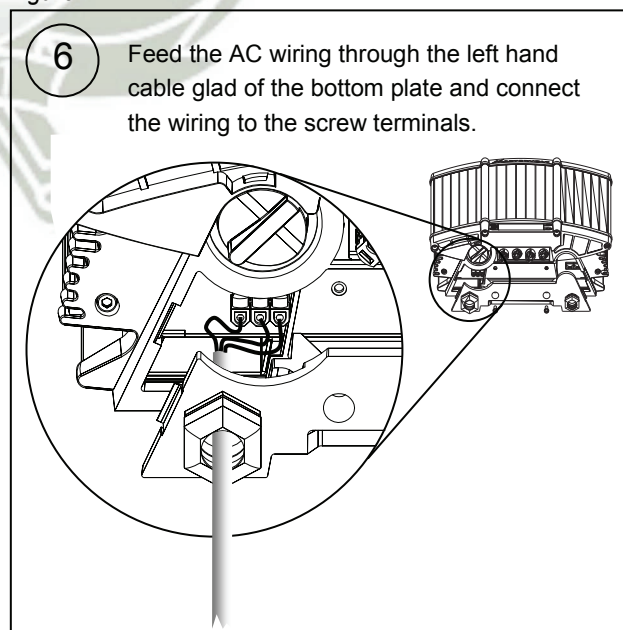


Figure 15

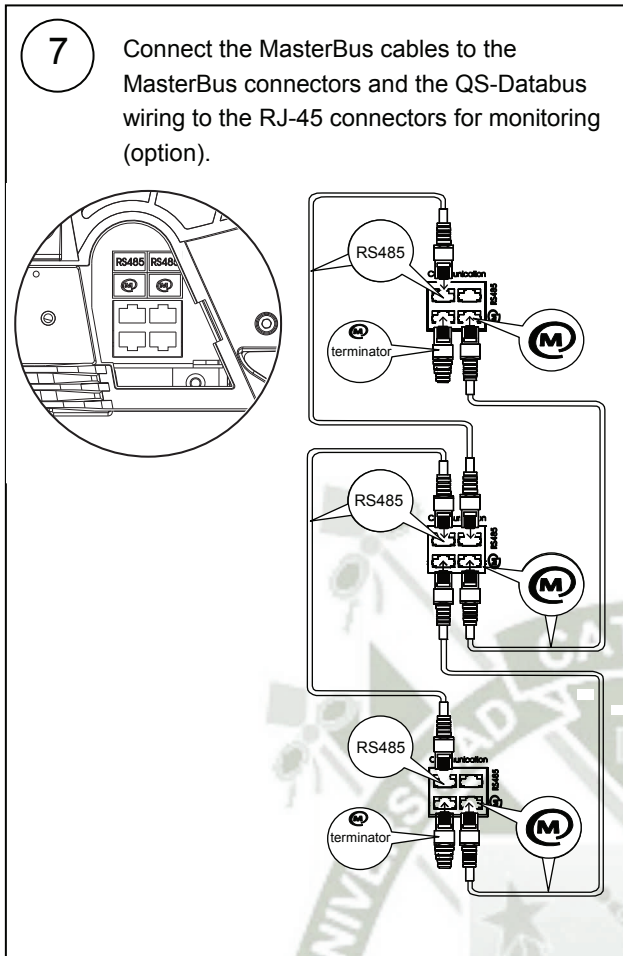


Figure 16

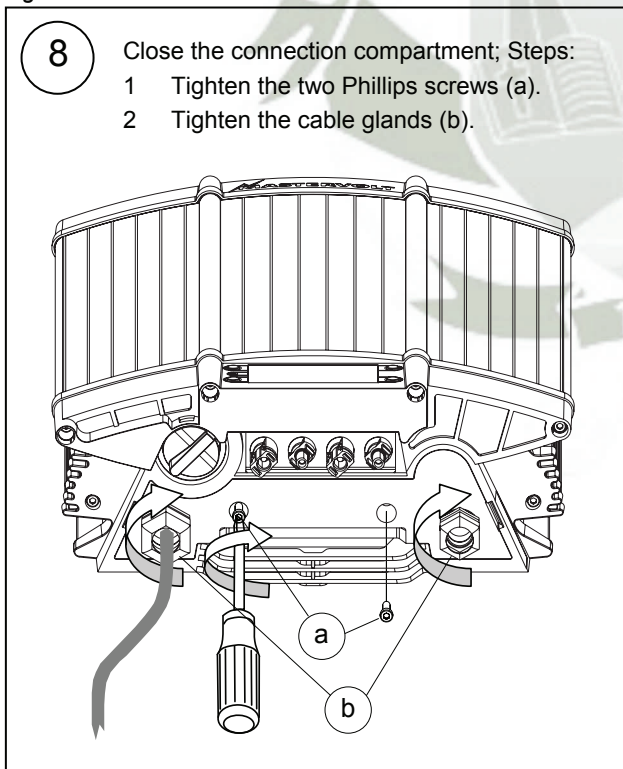


Figure 17

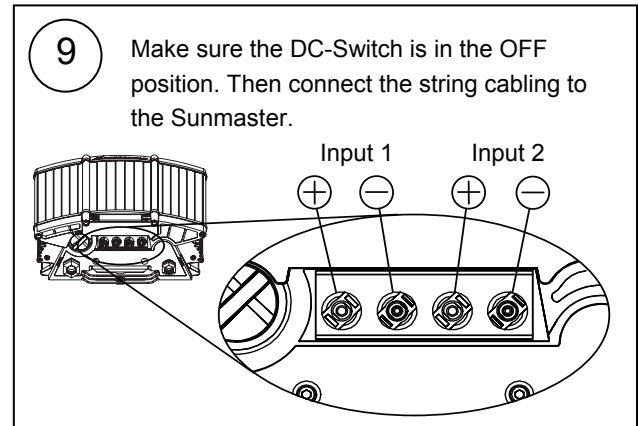


Figure 18

#### 4.2 USE IN ITALY



In Italy ENEL may require sealing parts of the AC wiring.

All Sunmasters are equipped with a wire seal facility. Figure 2 shows where this is located. A detailed view is shown in figure 19.

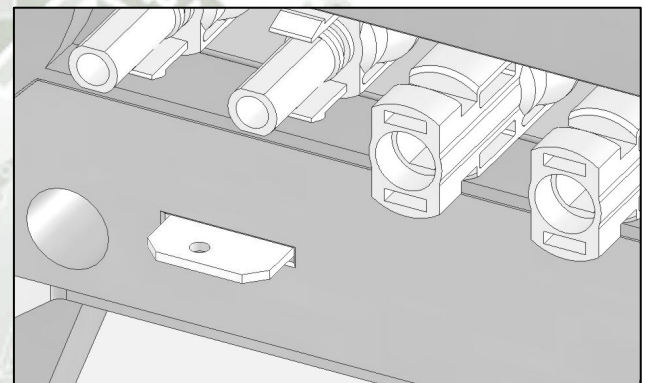


Figure 19: Detailed view of wire seal facility

#### 4.3 COMMISSIONING AFTER INSTALLATION



To check the correct operation of the Sunmaster, commissioning should be carried out during daytime only

##### 4.3.1 Switching on

Follow the steps described below to switch on the Sunmaster:

- 1 Check whether the DC-switch of the solar array is still in the OFF position (or "O"-position).
- 2 Switch on the AC grid.
- 3 Move the DC-switch of the solar array to the ON position (or "I"-position).

If connection has been made correctly and solar irradiation is sufficient, the Sunmaster will switch on automatically. This may take a few seconds.

- 4 At first commissioning the country code must be selected. See section 4.3.2.

### 4.3.2 Country code selection

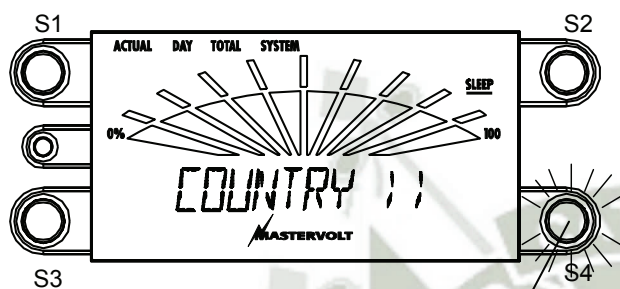
Follow the steps below to configure the Sunmaster in accordance with the local regulations for grid connection (example: Italy).



#### CAUTION!

NEVER connect the Sunmaster to a utility grid other than selected.

- 1 After commissioning the following message is displayed.

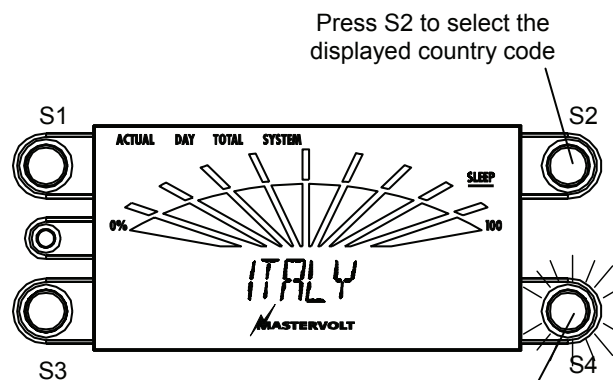


Press S4 to scroll through the country codes

- 2 Select the applicable country code from the table below.

Country code	Norm	Use Allowed in
GERMANY 1P, limited to 4.600 W	ENS	Germany, Austria, Belgium
GERMANY 3P	ENS	Germany, Austria, Belgium
SPAIN	QNS	Spain
ITALY	ENS	Italy
UK	QNS	United Kingdom
FRANCE	ENS	France
AUSTRALIA	QNS	Australia
GREECE	QNS	Greece
HOLLAND	QNS	Netherlands, rest of Europe
USA 240V	QNS	USA (Split Phase 240V)
USA 208V	QNS	USA (ThreePhase 208V)
KOREA	QNS	South Korea
TAIWAN	QNS	Taiwan

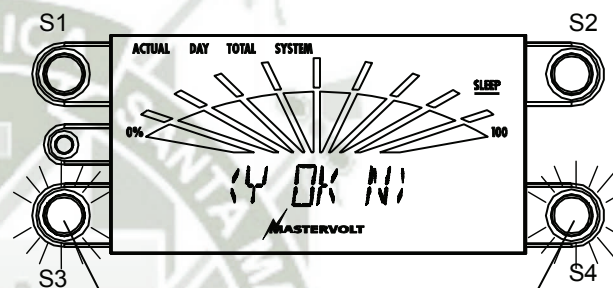
- 3 Press S4 to scroll through the country codes.
- 4 If the correct country code is shown, press S2 to select



Press S2 to select the displayed country code

Press S4 to scroll through the country codes

- 5 Confirm your selection by pressing S3 (or cancel by pressing S4).



Press S3 to confirm the selection

Press S4 to cancel the selection



If a wrong country code was entered, you can start the procedure over again by pressing S2 and S4 simultaneously during 3 seconds.

- 6 Now the Sunmaster switches on. See chapter 0 for operation instructions.

### 4.4 DE-COMMISSIONING

If it is necessary to de-commission the Sunmaster, follow the instructions in order of succession as described below:



#### CAUTION!

Follow below mentioned instructions in order of succession as described.

- 1 Cut off the grid voltage by switching off AC distribution switch in the meter cupboard.
- 2 If such is applied, move the DC switch to the OFF-position.
- 3 Disconnect the MultiContact connectors from the Sunmaster.
- 4 Remove the bottom plate of the Sunmaster and disconnect the AC wiring.

Now the Sunmaster can be demounted in a safe way.

## 5 OPERATION

### 5.1 GENERAL

After installation and commissioning the Sunmaster will switch on automatically if solar irradiation is sufficient. The Sunmaster operates automatically: there is no need for user action. If the irradiation of the PV-modules is insufficient, for instance at night, the Sunmaster switches off automatically. When switched off, the display does not show any information.

The Sunmaster has no ON/OFF switch; In the event of decommissioning, refer to section 4.4.



#### CAUTION!

Never disconnect the MultiContact plugs during operation of the Sunmaster.

Not complying with this instruction may cause a spark or an electric arc. Should an arc develop, both plug and socket of the Sunmaster must be replaced.

### 5.2 FORCED COOLING

For an optimum internal temperature control the Sunmaster is provided with a cooling fan. The cooling fan starts running slowly at inverter start up. As internal temperature rises, the cooling fan will increase its speed. This is a normal effect which has a positive contribution to the efficiency and lifetime of the Sunmaster.

### 5.3 LCD-DISPLAY

The Sunmaster is standard provided with an integrated LCD-display at the front side of the cabinet (figure 23).

This display makes it possible to monitor the performance of your PV-system. It shows the following information:

- Daily energy revenues over the past 30 days
- Actual Solar power, voltage and current.
- Actual AC power, voltage, current and frequency.
- Actual inverter temperature, total energy revenue, total working hours.
- Inverter status and diagnostics.

The LCD screen is operated by means of four keys: S1, S2, S3 and S4. See figure 23.

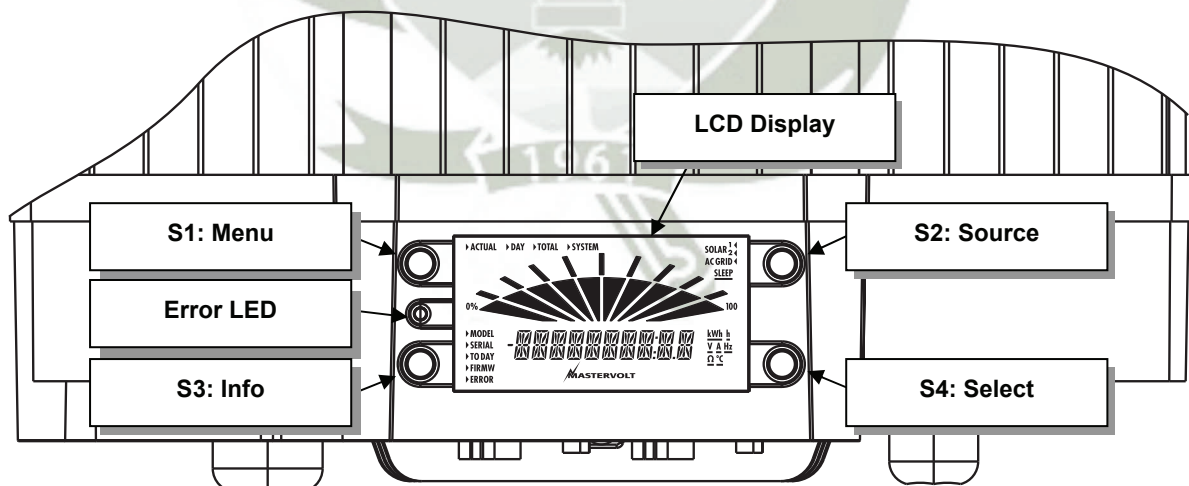


Figure 23: operation of the LCD-display

See figure 24. This screen is shown after start-up. Also if no key was touched for 60 seconds, the display returns to this screen. It shows:

- Actual solar power by means of a 0-100% bar
- Energy generated today.

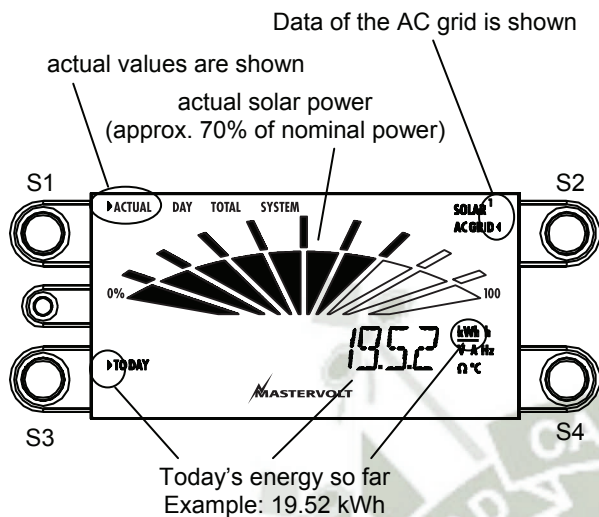


Figure 24: initial screen (displayed values may differ)

By pressing **S1: Menu** you can toggle between:

► <b>ACTUAL</b>	Read out of measurements at this moment; see chapter 5.3.1
► <b>DAY</b>	Showing the historical data of today and 1...30 days ago; see chapter 5.3.2
► <b>TOTAL</b>	This shows the total energy revenue at the Solar input and the AC-output; see chapter 5.3.3.
► <b>SYSTEM</b>	Used to display system information about the Sunmaster; see chapter 5.3.4.

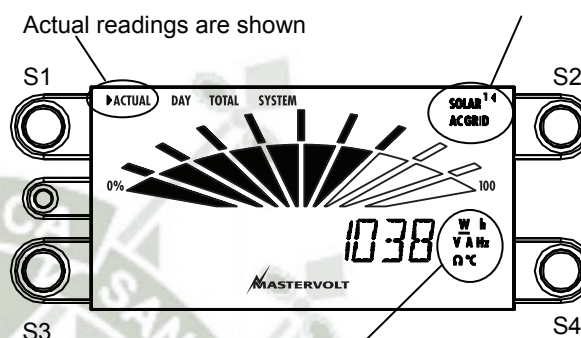
### 5.3.1 Actual readings

When [►ACTUAL] is highlighted at the LCD-display, actual readings of the Sunmaster are shown (figure 25).

By pressing **S2: Source** you can toggle between:

<b>SOLAR 1</b> ◀	Data measured at DC-input "SOLAR1"
<b>AC GRID</b> ◀	Data measured at the AC-output of the Sunmaster

Press **S2: Source** to toggle between  
SOLAR 1  
AC GRID



Press **S4: Select** to toggle between  
[W], [V], [A], [Hz], [Ω], [°C] and [kWh]

Figure 25: Actual readings

Press **S4: Select** to navigate through the actual data. The table below explains the meaning of the displayed data:

	Selected source = AC GRID	Selected source = SOLAR1
<b>W</b>	Power supplied to the AC grid	Solar power supplied to the Sunmaster by the PV-strings
<b>V</b>	AC grid voltage	DC Voltage from the PV-string
<b>A</b>	AC current supplied to the AC grid	DC current from the PV-string
<b>Hz</b>	AC grid frequency	n/a
<b>Ω</b>	AC grid impedance*	n/a
<b>°C</b>	Internal temperature of the inverter	Internal temperature of the inverter
<b>kWh</b>	Energy generated today	n/a

\* ENS-models only (see chapter 3.2), else 0.00 is shown.

### 5.3.2 Historical data

When [▶DAY] is highlighted at the left upper corner of the LCD-display, the daily performance of your Sunmaster during the last 30 days is shown. See figure 26.

Press **S4: Select** to switch between [kWh] and [h]:

<b>kWh</b>	Here the total energy yield of the selected day is shown.
<b>h</b>	This value indicates the operating hours of the selected day

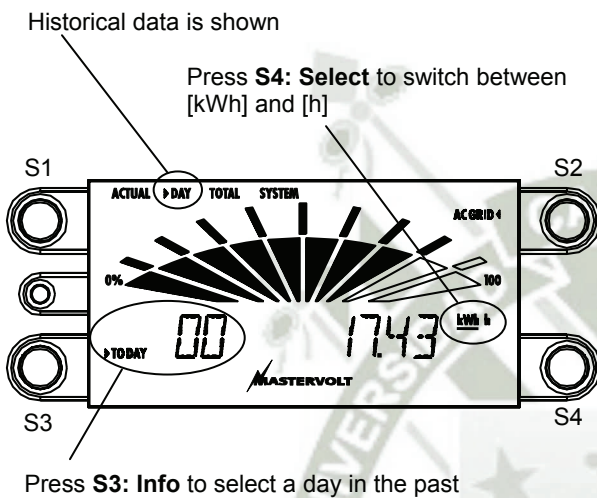


Figure 26: Historical data

Operation of **S3: Info**:

<b>Press shortly</b>	One day back in the past.
<b>Press and hold</b>	Scrolling days forward.

Examples:

▶TODAY	00	Shows today's data
▶ DAY	-01	Shows yesterday's data
▶ DAY	-07	Shows data from one week ago

### 5.3.3 Total energy revenues

When [▶TOTAL] is highlighted at the upper side of the LCD-display, the total performance since commissioning of the Sunmaster is displayed. See figure 27.

By pressing **S2: Source** you can toggle between:

<b>SOLAR 1</b> ◀	Total performance of DC-input "SOLAR1" is displayed
<b>AC GRID</b> ◀	Total performance at the AC-output of the Sunmaster is displayed

Press **S2: Source** to toggle between  
SOLAR 1  
AC GRID

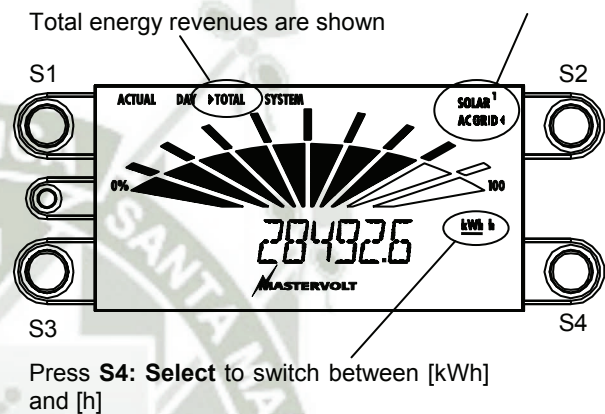


Figure 27: Total energy revenue

Press **S4: Select** to switch between [kWh] and [h]:

<b>kWh</b>	Here the total energy yield of the selected source is displayed.
<b>h</b>	This value represents the total operating hours of the selected input.

### 5.3.4 System information

When [►SYSTEM] is highlighted at the upper side of the LCD-display, several system information of the Sunmaster can be displayed. See figure 28.

If you *press and hold for 3 seconds S2: Source* you can toggle the Sleep mode on / off:

---

**SLEEP** Sleep mode is on: the back light of the display will go off when no key was touched for 60 seconds.

---

**SLEEP** Sleep mode is off: the back light of the display will stay illuminated.

---

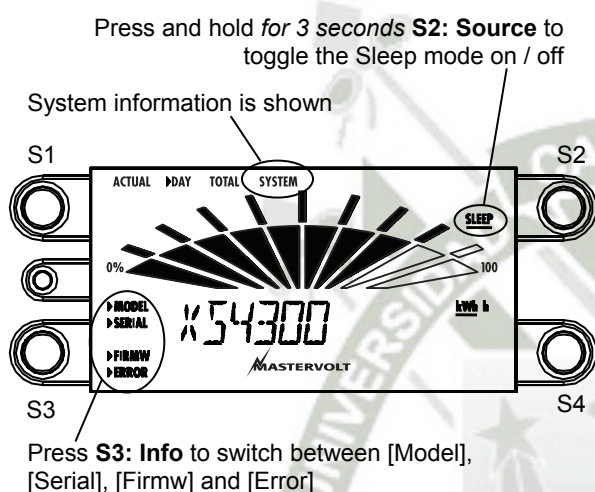


Figure 28: System information

Press **S3: Info** to switch between [Model], [Serial], [Firmw] and [Error]:

---

<b>►MODEL</b>	Shows the model of the Sunmaster i.e. "XS4300", "XS3200" or "XS2000".
<b>►SERIAL</b>	Serial number is displayed. Example: RN07A003.
<b>►FIRMW</b>	Display switches between the firmware of the inverter ("XS") and the display ("DS").
<b>►ERROR</b>	In case of a system failure, the cause of the failure is displayed. See section 5.3.5.

---

### 5.3.5 Failures

As long as the ERROR LED isn't illuminated, no failure is detected: the Sunmaster is operating normally!

If the irradiation of the PV-modules is insufficient, for instance at night, the Sunmaster switches off automatically and the display does not show any information. This is a normal situation!

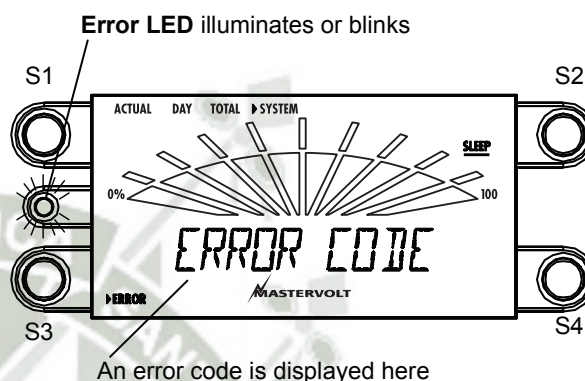


Figure 29: representation of a failure

The operation of the Sunmaster is controlled and checked by a microprocessor. If an error occurs, it is detected by the apparatus itself: the red ERROR LED illuminates or blinks. The cause of error is displayed by means of an error code. See figure 29. Refer to chapter 6 for explanation of the error codes.

## 5.4 MAINTENANCE

No specific maintenance to the Sunmaster is required. Examine your electrical installation on a regular base, at least once a year. Defects such as loose connections, burnt wiring etc. must be corrected immediately.

If necessary, use a soft clean cloth to clean cabinet of the Sunmaster. Never use any liquids, acids and/or scourers.

## 6 TROUBLE SHOOTING

Consult an installer, if you cannot solve the problem by means of the table below.

Error LED	Error Code	Meaning	What to do?
Off	NONE	No error	Nothing; the inverter is working normally
Off		Insufficient irradiation	Nothing. Irradiation of the PV modules is insufficient (for instance during night time)
Off		No power from the PV modules	Consult an installer if the display does not show any information during daytime. The wiring between the PV modules and the Sunmaster might be defective.
Off	WAIT 0:00	Start-up	Nothing. After the Sunmaster was (re)connected to the AC grid, it checks the quality of the AC grid before it starts operating normally. This may take up to 5 minutes.
Off	SOL1 LOW	Voltage of the Solar input is low	Nothing; normal condition during sunrise and sunset. Consult an installer if the problem remains while irradiation of the PV modules is sufficient.
Off	COUNTRY (or any name of a country)	(Text is blinking) Country code has not been selected yet	Select the correct country code. See section 4.3.2.
On	TEMP HI	Internal temperature of the inverter is high	Maybe the air flow of the Sunmaster is obstructed. See chapter 3.3 for installation guidelines. If the problem remains, consult an installer
On	SOL1 HIGH	Voltage of the Solar input is high.	Contact your supplier.
On	NO GRID	No connection to the AC-grid	Check the connection to the AC-grid. Check the fuse in the meter cupboard.
On	ENS OFF	ENS fault	Error created by a grid safety device. The grid quality is outside normal limits. Check the grid connection (for instance too thin or too long AC wiring). Consult an installer
On	G83 OFF	G83 fault	
On	VAC LOW	AC voltage low	Voltage of the AC grid is too low. Consult an installer.
On	VAC HIGH	AC voltage high	Voltage of the AC grid is too high. Consult an installer.
On	FAC LOW	AC frequency low	Frequency of the AC grid is too low. Consult an installer.
On	FAC HIGH	AC frequency high	Frequency of the AC grid is too high. Consult an installer.
On	INSULATION	Insulation failure	Leak current between PV modules and grounding. Consult an installer.
Fast blinking	NTC FAIL	Defective device in the Sunmaster	Write down the exact error text. Consult an installer for replacement of the Sunmaster.
Fast blinking	EF I2C FAIL		
Fast blinking	ENS FAIL		
Fast blinking	CB I2C FAIL		
Fast blinking	HW VAC FAC		
Fast blinking	HW RELAY		
Fast blinking	HW ERROR 1-9		

## 7 SPECIFICATIONS

### 7.1 TECHNICAL SPECIFICATIONS

<b>GENERAL SPECIFICATIONS</b>			
Article number	See chapter 3.2		
Typical string length	5-9 modules (72 cells), 7-12 modules (54 cells) or 10-18 modules (36 cells)		
Operating temperature	-20°C to 60°C (fully protected against over temperature)		
Storage temperature	-20°C to 70°C		
Relative humidity	max. 95%; PCB has anti-moisture coating		
Protection degree	IP44		
Safety class	class I		
Galvanic isolation	class II		
MTBF	187.000 hours		
Dimensions	See chapter 7.2.		
Weight	10 kg (22 lbs)		
<b>SOLAR INPUT (DC)</b>	<b>Sunmaster XS4300</b>	<b>Sunmaster XS3200</b>	<b>Sunmaster XS2000</b>
Nominal power at 45°C ambient*	3488W DC	2651W DC	1590W DC
Maximum power	3663W DC	2784W DC	1670W DC
Recommended PV power range	2900 – 4350Wp	2200 – 3300Wp	1300 – 2000Wp
# MPP trackers	1 MPP tracker (dynamic)	1 MPP tracker (dynamic)	1 MPP tracker (dynamic)
MPP voltage range at nominal power	230-440V DC	180-480V DC	145-360V DC
MPP efficiency	99,9% (Fraunhofer algorithm)	99,9% (Fraunhofer algorithm)	99,9% (Fraunhofer algorithm)
Operating voltage range	100 – 550V DC	100 – 600V DC	100 – 450V DC
Rated current	15A	15A	11A
Start-up power	7W	7W	5W
String connections	2 parallel	2 parallel	2 parallel
DC connectors	2 sets of Multi Contact (4 mm) connectors	2 sets of Multi Contact (4 mm) connectors	2 sets of Multi Contact (4 mm) connectors
<b>GRID OUTPUT (AC)</b>	<b>Sunmaster XS4300</b>	<b>Sunmaster XS3200</b>	<b>Sunmaster XS2000</b>
Nominal power at 45°C ambient*	3300W	2500W	1500W
Maximum power	3465W	2625W	1575W
Voltage*	230V AC single phase (184-265V country dependent)	230V AC single phase (184-265V country dependent)	230V AC single phase (184-265V country dependent)
Rated current	15A	11A	7A
Fuse	6.3x32 mm. 250V/30A T (ceramic)	6.3x32 mm. 250V/20A T (ceramic)	6.3x32 mm. 250V/20A T (ceramic)
Frequency*	45 – 65Hz, country dependent	45 – 65Hz, country dependent	45 – 65Hz, country dependent
Power factor	> 0.99 at full power	> 0.99 at full power	> 0.99 at full power
Stand-by power	< 0.5W	< 0.5W	< 0.5W
EU efficiency	94.6% @ 370V	94.3% @ 400V	94.4% @ 300V
Maximum efficiency	95.6%	95.4%	95.7%
AC connections	PG-13.5 gland and screw terminals 2.5 - 4 mm <sup>2</sup>	PG-13.5 gland and screw terminals 2.5 - 4 mm <sup>2</sup>	PG-13.5 gland and screw terminals 2.5 - 4 mm <sup>2</sup>

\* Depending on country settings, see section 4.3.2

**SAFETY DEVICES**

General	Galvanic separation between DC and AC side, by means of a class II transformer
Island protection*	Mastervolt Digital ENS - VDE 0126 -1-1 compliant
Reclosure time*	10-300 sec
Temperature protection	Power derating above 75°C internal temperature, switch off at 90°C
DC side	Earth fault (switch off); over-voltage (switch off); polarity (short circuit); overcurrent (limiting by voltage shift-up); DC transients; (varistor and buffer capacitor); overload (temperature controlled power derating)
AC side	Current limiting; over- and under-voltage (switch off); over- and under-frequency (switch off); short circuit (ceramic fuse); transients/surge (varistors)

**MONITORING**

Indicator	Backlit display with indication of power and diagnostic messages
External communication	2 galvanic isolated RS485 QS databus connections
External communication	2 galvanic isolated MasterBus connections
Monitoring (optional)	QS Data Control Basic (PC Software). Free download from <a href="http://www.mastervolt.com">www.mastervolt.com</a>
Monitoring (optional)	QS PC-Link (connect the QS-databus to the PC)
Monitoring (optional)	Data Control Premium II: datalogger for up to 6 inverters with local, remote or internet monitoring
Monitoring (optional)	Data Control Professional: PV system control over the Internet, for up to 20 inverters

**REGULATIONS & DIRECTIVES**

CE Conformity	Yes
EMC Directive	EMC 89/336/EEG
Emission	EN 55022 Class B
Harmonics	EN 61000-3-2,
Dips, variations, flicker	EN 61000-4-11 and -3-3
Immunity	EN 55024
	EN 61000-4-2 and -3
	EN 61000-4-4, -4-5 and -4-6
LV directive	2006/95/EC
Electrical safety	EN 60950-1
National grid interface req.*	VDE 0126-1-1 / DK5940 / RD1663-2000 / K SC 8536 / G83-1 compliant

\* Depending on country settings, see section 4.3.2

## 7.2 OUTLINE DRAWINGS

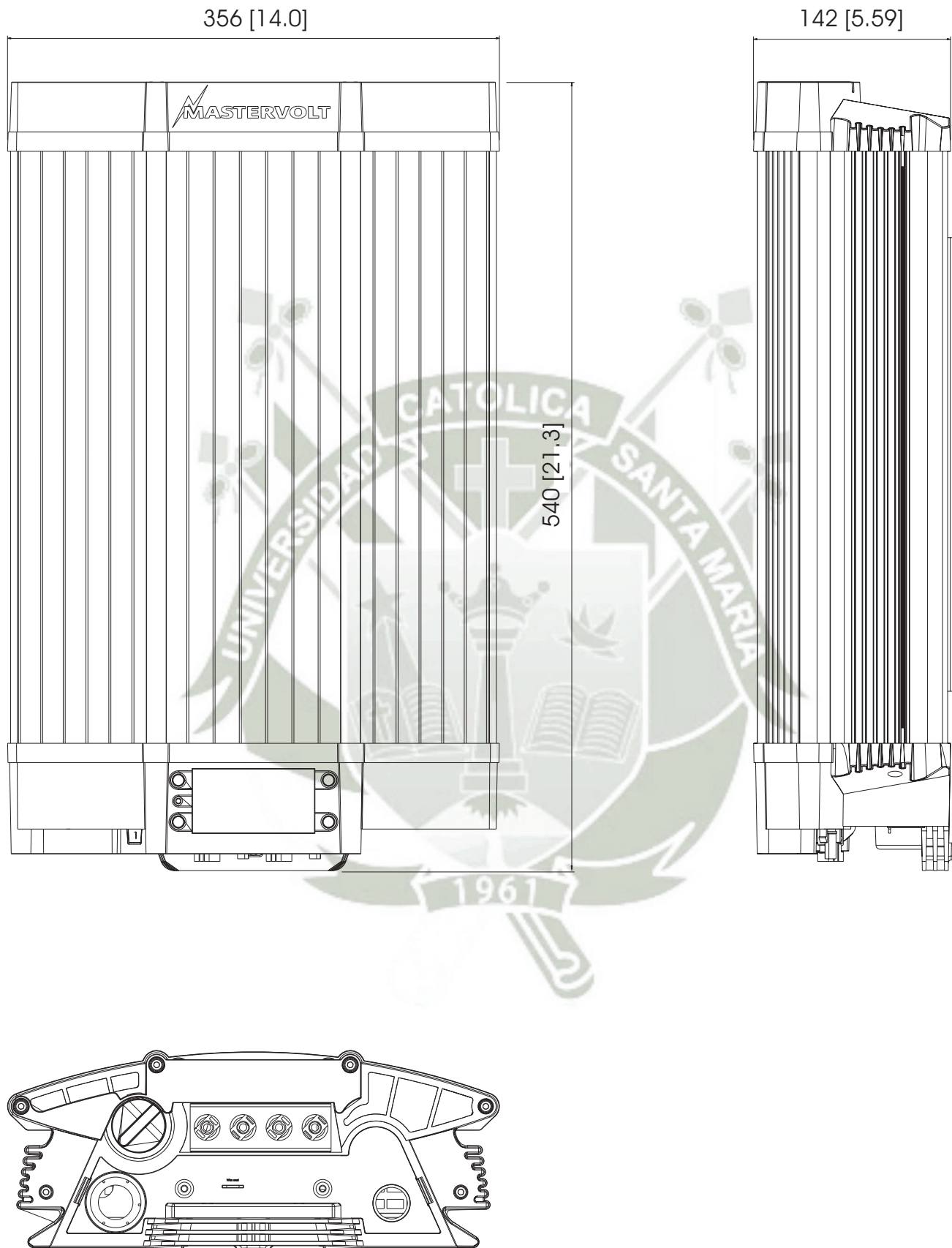


Figure 30: Dimensions in mm (inch) of the Sunmaster XS4300, XS3200, XS2000

## 8 ORDERING INFORMATION

Part number	Description
130362900	Set of two Multicontact Y-adapters PV-AZS4 (positive) and PV-AZB4 (negative).
130360700	Adapter cable (from MC1 to MC2 positive).
130360800	Adapter cable (from MC1 to MC2 negative).
130394000	QS Data Control 'Basic' – Free software package to monitor your photovoltaic (PV) system using your PC or notebook. Use of QS PC Link is compulsory.
130391010	QS PC Link, RS485/232 converter.
130391020	QS PC Link Industrial, RS485/RS232 converter for the connection of more than 10 Sunmasters or for cable lengths of more than 100 meters.
130391040	QS PC-Link Industrial, RS485/USB converter for the connection of more than 10 Sunmasters or for cable lengths of more than 100 meters.
130396000	QS Data Control 'Premium' II local – Datalogger to monitor up to 6 Sunmaster inverters locally.
130396100	QS Data Control 'Premium' II remote – Datalogger to monitor up to 6 Sunmaster inverters over the Internet.
130396200	QS Data Control 'Pro' Analogue – Datalogger to monitor up to 20 Sunmaster inverters locally or over the Internet.
130396210	QS Data Control 'Pro' ISDN – Datalogger to monitor up to 20 Sunmaster inverters locally or over the Internet.
130396220	QS Data Control 'Pro' GSM – Datalogger to monitor up to 20 Sunmaster inverters locally or over the Internet.
130396230	QS Data Control 'Pro' Ethernet – Datalogger to monitor up to 20 Sunmaster inverters locally or over the Internet.
130010905	Modular communication cable, cross wired, 8 pole, 1 meter / 3 ft.
130010906	Modular communication cable, cross wired, 8 pole, 5 meter / 16 ft.
130010910	Modular communication cable, cross wired, 8 pole, 10 meter / 33 ft.
130010915	Modular communication cable, cross wired, 8 pole, 15 meter / 49 ft.
120107000	Complete set to assemble modular communication cables. Delivery includes: 100 meter modular cable, 100 pcs. modular jacks and crimping tool.

Mastervolt can offer a wide range of products for both grid connected and independent autonomous electrical installations, See our website [www.mastervolt.com](http://www.mastervolt.com) for an extensive overview of all our products.

## 9 ITALY SELF TEST

### GENERAL

The Italy Self Test is meant to check the upper and lower limits of the AC voltage and AC frequency at which the inverter will disconnect from the grid.

To enter the Italy self test, select the "System/ Model" menu in the display. See figure 31.


If the model is ITALY, press the lower two buttons for 3 seconds. The screen should stay in the "Model" mode. You will enter the Italy test menu.

The text ITALY TEST will be blinking, press the lower right button to confirm. First the Uac High Off limit is shown.

During the self test, four tests are done in this sequence:

- UH (high off limit AC voltage);
- UL (low off limit AC voltage);
- FH (high off limit AC frequency);
- FL (low off limit AC frequency).

After each test the user has to confirm the test result before the inverter starts the reclosure count down and reconnects to the grid.

 The standard reclosure time of 300 sec has been reduced to 10 sec to shorten the testing time. This is not an error.

After the last test and after reconnecting to the grid the inverter will continue in normal operation.

The test accuracy is better than 1V/ 0.1Hz if grid voltage and frequency are stable.

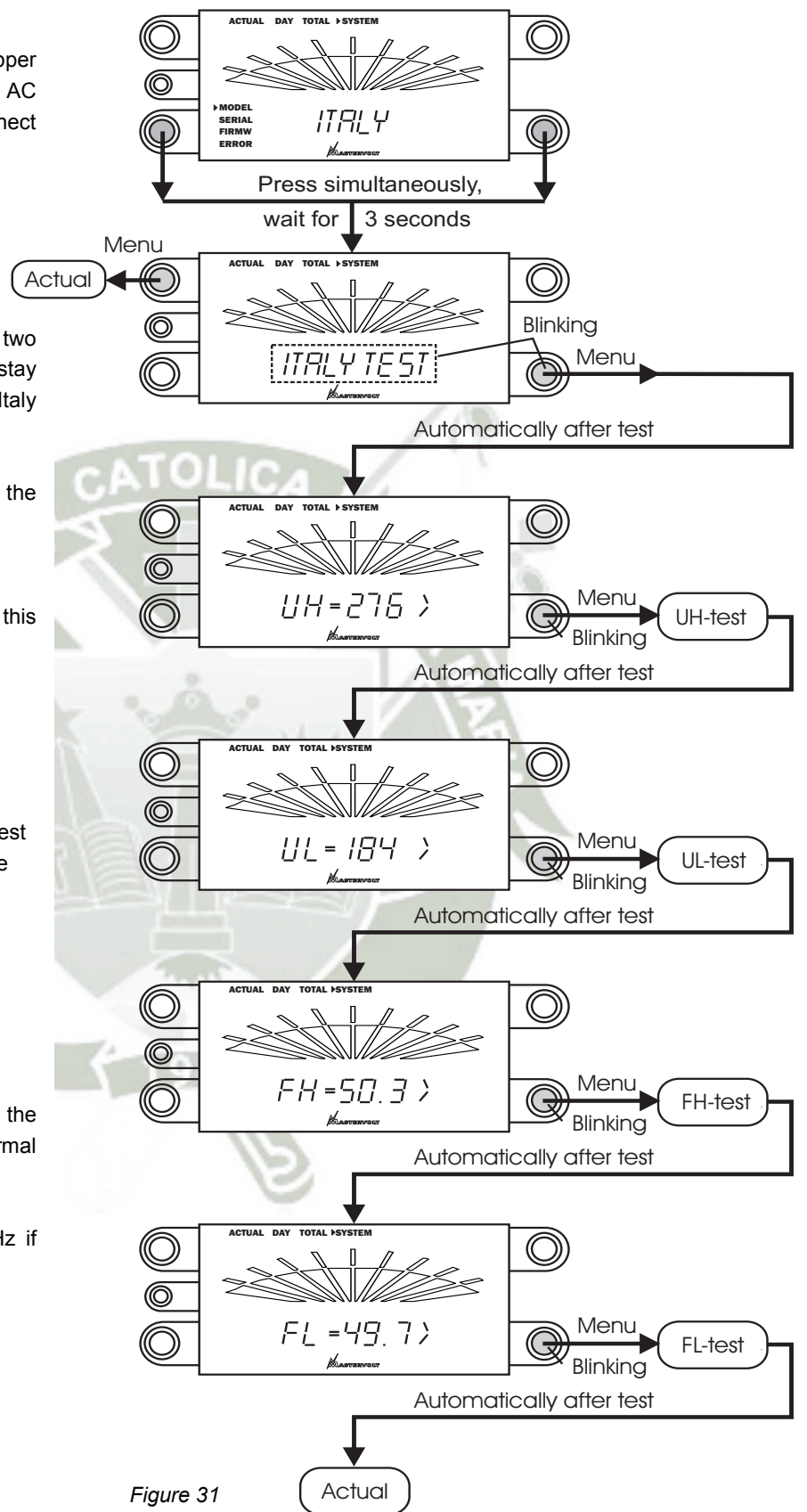


Figure 31

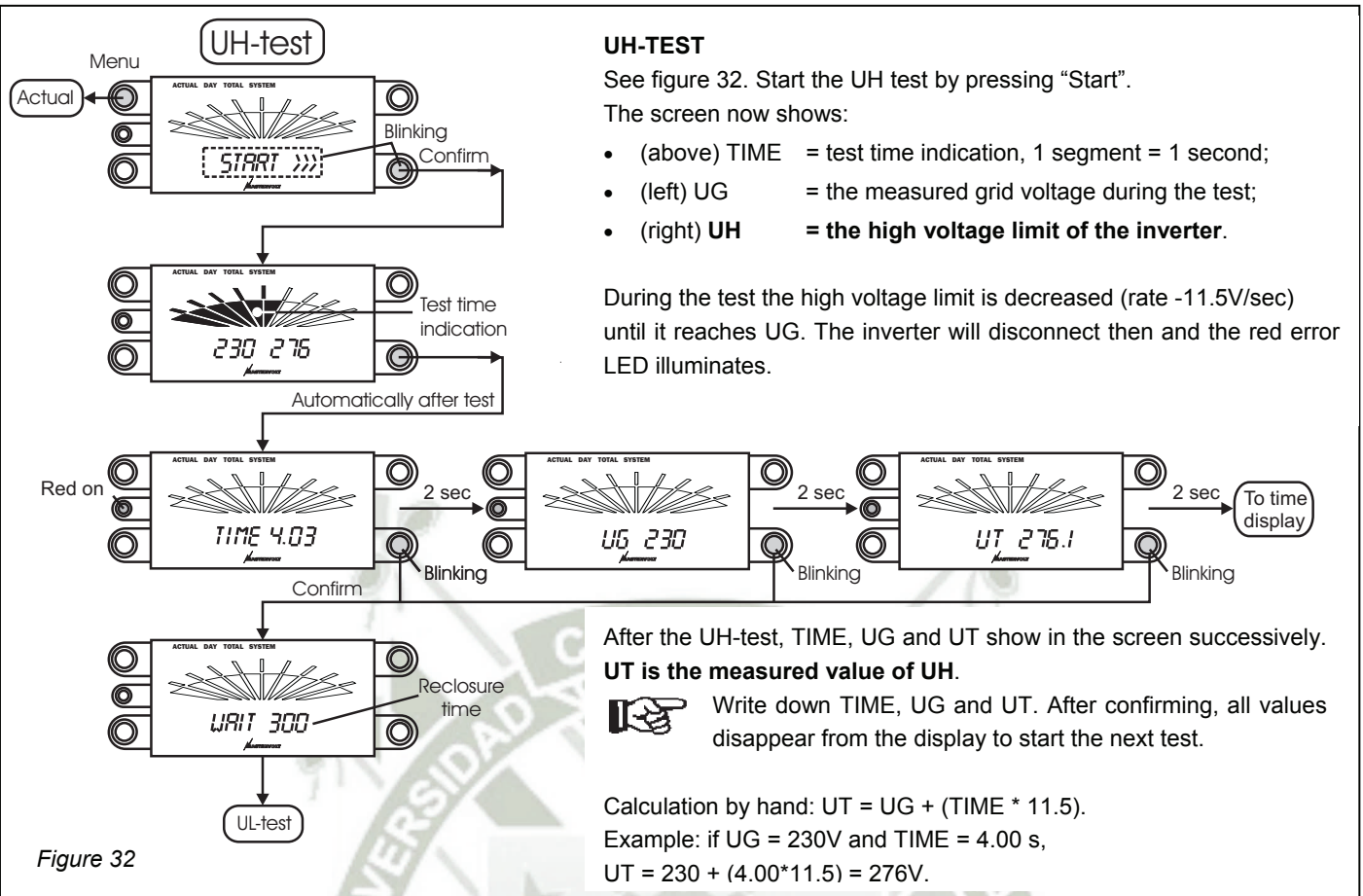


Figure 32

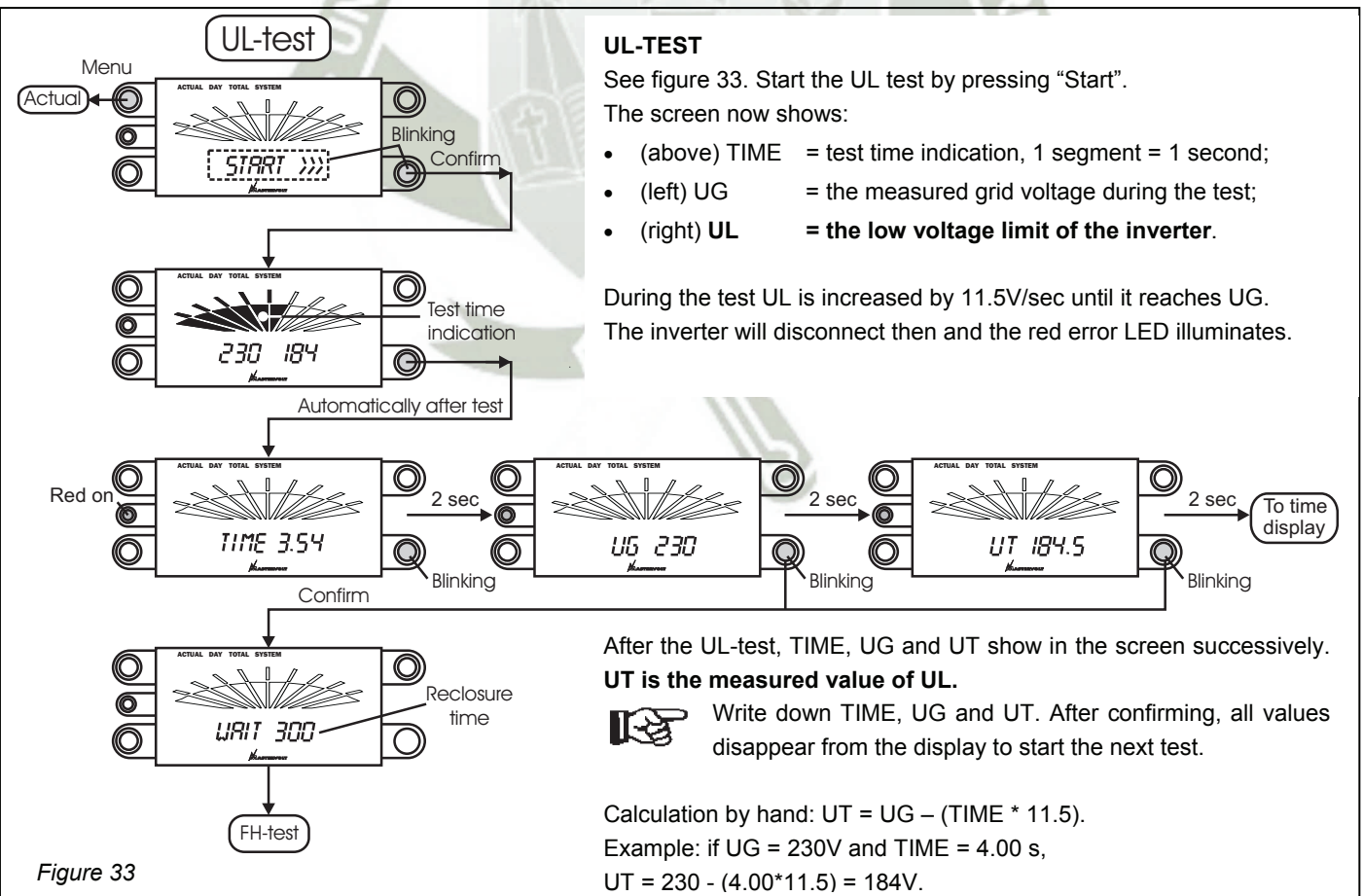


Figure 33

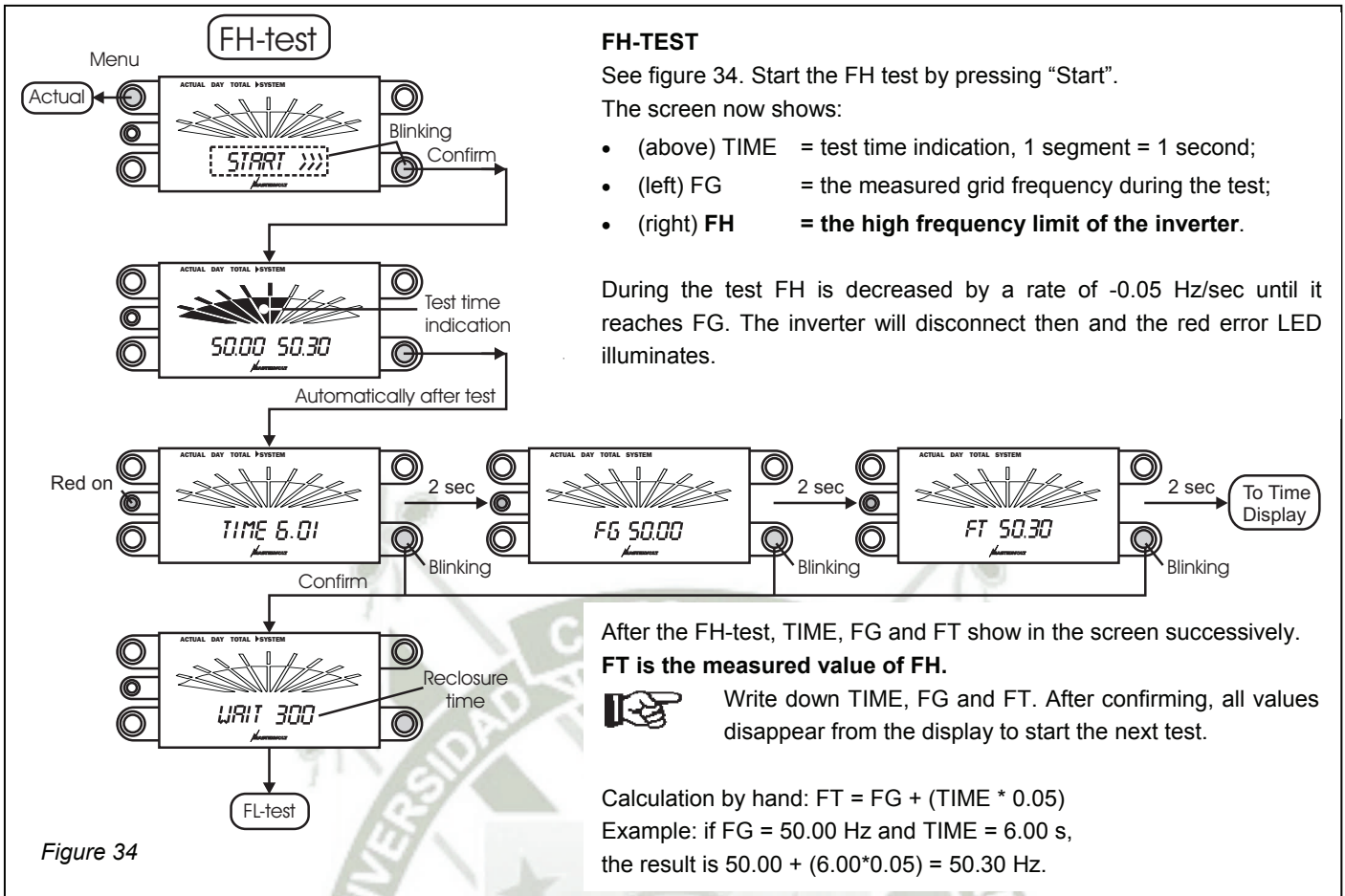


Figure 34

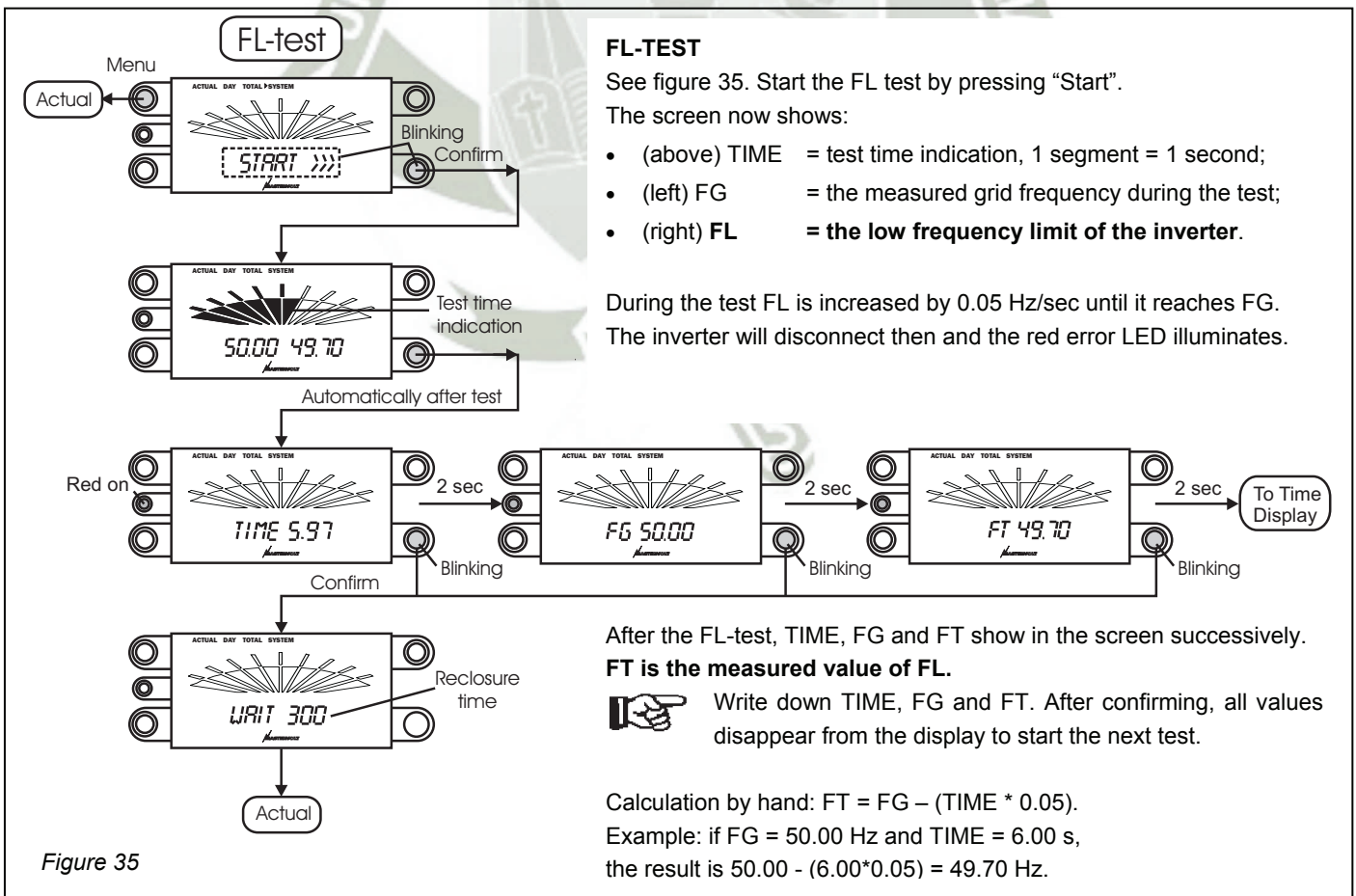


Figure 35

## 10 CERTIFICATES

### 10.1 CERTIFICATE OF VDE-0126 CONFORMITY



**BUREAU  
VERITAS**

Bureau Veritas E&E  
Product Services GmbH  
Businesspark A96  
86842 Türkheim  
Germany  
+ 49 (0) 8245 96810-0  
info-tur@de.bureauveritas.com

## Certificate of compliance

Applicant: Mastervolt International B.V.  
Snijdersbergweg 93  
1105 AN Amsterdam  
The Netherlands

Product: Automatic disconnection device between a generator  
and the public low-voltage grid

Model: XS4300, XS3200, XS2000

Use in accordance with regulations:  
Automatic disconnection device with single-phase mains surveillance in accordance with DIN V VDE V 0126-1-1:2006-02 for photovoltaic systems with a single-phase parallel coupling via an inverter in the public mains supply. The automatic disconnection device is an integral part of the aforementioned inverter. This serves as a replacement for the disconnection device with insulating function which the distribution network provider can access at any time.

Applied rules and standards :  
DIN V VDE V 0126-1-1 (VDE V 0126-1-1):2006-02 and „Generator at the public low-voltage grid, 4th edition 2001, guideline for connection and parallel operation of generators in the public low-voltage grid“ with VDN additions (2005) from the German Electricity Association (VDEW) and Association of network operator (VDN).

The safety concept of an aforementioned representative product corresponds at the time of issue of this certificate of valid safety specifications for the specified use in accordance with regulations.

The conformance certificate will be invalidated no later than <sup>th</sup>7 of March 2011

Report number: 08TH0004-VDE0126  
Certificate nummer: U08-067  
Date of issue: 29th of May 2008

  
 Achim Hänchen

## 10.2 EC DECLARATION OF CONFORMITY

Manufacturer Mastervolt  
Address Snijdersbergweg 93  
1105 AN Amsterdam  
The Netherlands



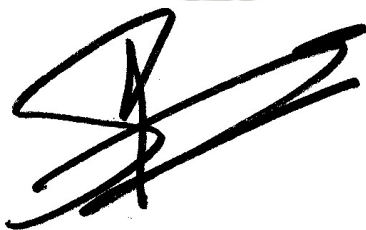
Herewith declares that:

Product: Sunmaster XS4300, Sunmaster XS3200, Sunmaster XS2000

is CE-marked and complies with the following standards:

EMC Directive	EMC 89/336/EEG
Emission	EN 55022 Class B
Harmonics	EN 61000-3-2,
Dips, variations, flicker	EN 61000-4-11 and -3-3
Immunity	EN 55024
	EN 61000-4-2 and -3
	EN 61000-4-4, -4-5 and -4-6
LV directive	2006/95/EC
Electrical safety	EN 60950-1

Amsterdam,



P.F. Kenninck,  
General Manager MASTERVOLT



# **MASTERVOLT**

Snijdersbergweg 93, 1105 AN Amsterdam, The Netherlands

Tel : + 31-20-3422100

Fax : + 31-20-6971006

Email : [info@mastervolt.com](mailto:info@mastervolt.com)

# Convertidor DC a DC para batería de 12V del Auto Green Galaxy 96-144V



Hemos añadido este nuevo producto a nuestra tienda, este convertidor DC-DC obtiene energía del banco principal de baterías que puede ser desde los 96V hasta los 144V y de manera 'aislada' entrega una potente salida de 13.8 Voltios y 30 amperes continuos y hasta 50 amperes de manera momentánea.

Este convertidor utiliza la tecnología de fuentes de poder conmutadas a alta frecuencia, opera de manera silenciosa y altamente eficiente, viene en un empaque de grado IP65 el cual le permite ser montado en el compartimiento del motor y soportar salpicaduras de agua.

**Características:**

**Corte automático de bajo voltaje a los 80V.**

Eficiencia Máxima: 88%

Clasificación de empaquetado: IP65

Temperatura de operación: 20°C-+60°C

Salida de Voltaje: 13.8V±0.2V @0A, >12V @50A

Apagado en bajo voltaje ~80V

Resistente a vibración y agua: El dispositivo se encuentra sellado herméticamente con Silica glue y esto le brinda protección contra ingreso de agua, polvo y previene la vibración.

Interruptor de encendido electrónico: El convertidor puede ser controlador por medio de un switch como la llave de encendido u otro medio de baja señal, evitando el uso de relevadores o contactores de alta corriente.

Protección contra sobrecalentamiento: Automáticamente reduce la salida de corriente al incrementarse la temperatura por encima de los 65°C sin que deje de operar, asegurando entrega de energía en todo momento.

Protección contra corto circuito: Automáticamente se apaga al detectar un corto circuito, se reinicia con pequeños pulsos de corriente y al desaparecer el corto.

Protección por bajo voltaje: Se apaga cuando el voltaje de entrada llega a los 80Vdc lo cual evita que la batería se descargue por completo.

Notas:

(1) Asegúrese de no conectar los cables de forma invertida en la entrada tanto como en la salida, ya que el dispositivo se dañará permanentemente!

(2) No lo abra, dañará el sello especial de silicón y tendrá riesgo de una descarga eléctrica!

# 电子油门 Electric Accelerator



电子油门是我公司研发的最新产品，采用PP+50%GF材料注塑而成，外形美观大方，体积小，重量轻，安装方便。内部构造采用公司专利技术，机械寿命更长，踩踏脚感更加舒适。全密封设计，可以在各种恶劣环境下正常工作，广泛应用于各类电动汽车中。

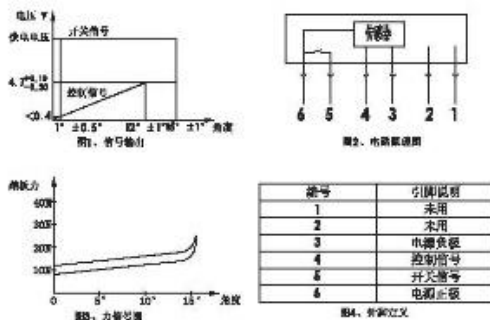
## 技术参数

供电电压	DC12V
控制信号允许电流	5mA
独立线性度	<1.5%
开关信号允许最大负载	阻性 100mA
工作温度	-30°C~85°C
工作湿度	<95%
储存温度	-40°C~85°C
耐久性	能承受200万次循环运动
符合标准	FMVSS 124

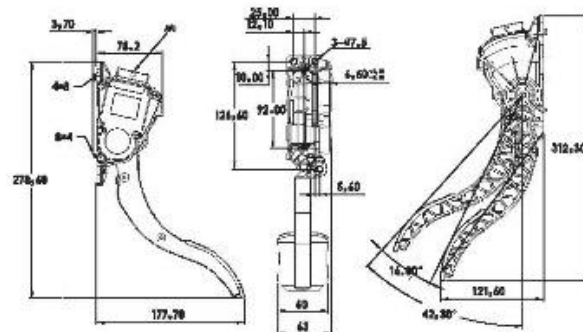
## 功能特点

- 外形美观，体积小，重量轻，安装方便；
- 采用双弹簧设计，耐压性好，结构合理，严防飞车；
- 防水、抗震性能更好，在严苛的环境下仍能正常工作；
- 踏板寿命长，可做200万次以上循环运动；
- 信号一致性好，输出曲线合理，舒适度好，死区小，解决了之前部分加
- 速器轻踩踏板但车不动的问题；
- 低功耗；
- 驱动能力更强。

## 功能原理



## 安装尺寸



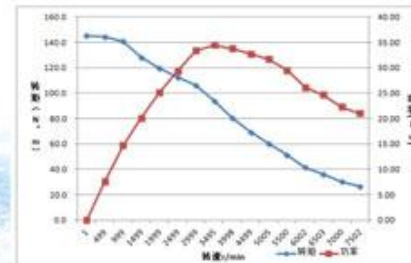
## 三相交流异步电机应用案例一

Three Phase Asynchronous Motor Application Case I



### YS175H15H系统峰值曲线图:

YS175H15H System Peak Performance Curve:

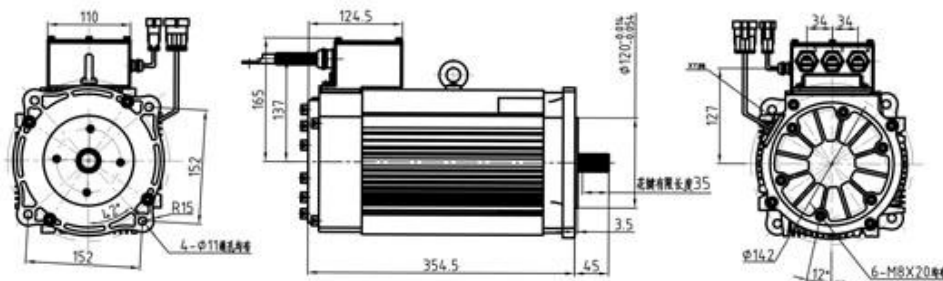


主要应用于：电动微卡、电动面包车、电动环卫车、双80、双100纯电动车。

Application: Electric Van, Electric Mini Truck, Electric Sanitation Vehicle, Double 80, Double 100 Pure Electric Car.

### YS175H15H电机安装尺寸图：

YS175H15H Installation Diagram:



### YS175H15H主要参数：

YS175H15H Parameter Table:

型号	额定功率 (KW)	峰值功率 (KW)	蓄电池电压 (VDC)	级数	额定电流 (A)	峰值电流 (A)	峰值电流 (A)	最高转速 (RPM)	额定频率 (HZ)	额定转速 (RPM)
YS175H15H	15	35	144	4	135	400	3500	7500	117	41
	峰值转矩 (N.m)	额定功率 (KW)	工作制	冷却方式	外形尺寸		重量 (KG)	绝缘等级	防护等级	效率 (%)
	140	三角形	S2-90min	自冷	193X193X357		45	H	IP67	89

TEL: +86 758 3623037

邮箱: EVM@gd-hepu.com

网址: www.gd-hepu.com



## TSM2500 Series High Efficiency Intelligent Charger

### ThunderStruck User Manual Ver. 1.05



## Table Of Contents

I. Product Overview

II. Safety

III. Preventing Leakage and Fire

1. Correct use of Breakers, Sockets and Cables

2. Correct Use of Input Connections

3. Charging Environment Requirements

IV. Regular Maintenance

V. Technical Specifications

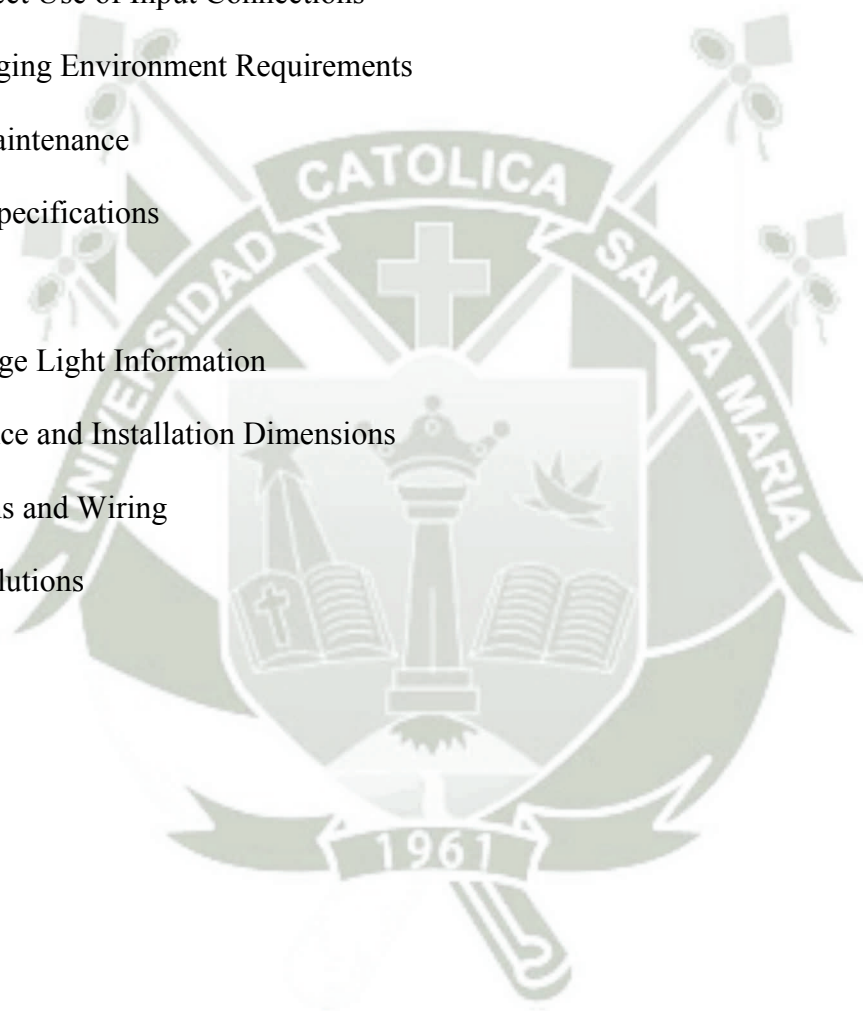
VI. Parts List

VII. LED Charge Light Information

VIII. Appearance and Installation Dimensions

IX. Connections and Wiring

X. Faults & Solutions



## I Product Overview

The TSM2500 series high efficiency intelligent charger is designed to charge traction batteries of electric vehicles. This series of products adopt the most advanced technologies such as LLC resonant, active power factor correction, microcomputer measurement and control, digital adjusting, and extremely water resistant technology. Its features include: wide input voltage range, high input power factor that significantly reduces the input current as well as heat generated from the input cable, and Low harmonic current that reduces interference to other electric equipment. Full range soft switching is used to achieve high conversion efficiency and very little electromagnetic interference. The charger is designed according to IP66 protection grade and is highly water resistant. It is also small in size, lightweight, quiet, beautiful, simple to install and of course easy operation and maintenance.

The charger uses microcomputer measurements and control technology, the embedded CPU can accurately detect battery voltage and charge current.

The charger has temperature compensation functions, as well as automatic shut down after being fully charged. Reverse battery connection protection as well as output short circuit protection, AC input under voltage protection, and overheating protection . These functions help to ensure safe and reliable use.

## II Safety

1. Please do not disassemble the charger; this may cause electric shock or other injuries.
2. If the charger needs to be connected to an AC power supply with extension cables, please make sure that the extension cable can withstand the maximum input current (GB 2.5mm<sup>2</sup> copper core cable is recommended to be used), and limit the extension cable length within 10m.
3. Don't place the charger where it can get wet, this may cause damage to the charger as well as electric shock to the operator.
4. The charger's DC output plug should be connected reliably to the socket, if they are damaged or loose, please replace them immediately, otherwise it will cause overheating in the plug position, and can even cause fire.
5. If the charger produces any abnormal sound or smell while on, please unplug the power immediately and contact the service department. Do not attempt to open the charger case.
6. Make sure that all air vents are unobstructed to prevent charger overheating. Do not place the charger near a heat source; the charger should be left with enough space to ensure proper ventilation.
7. Please disconnect the charger's AC input power if you need to move it.
8. Make sure that AC power supply voltage matches chargers' input voltage. For inquiries, please contact your supplier or local power Supply Corporation.
9. Battery voltage and the nominal voltage of the charger must be matched or it could damage both the charger and the batteries.
10. To avoid damage to the charger's cables, do not pull, twist or shake the cables or the connection terminals. If the cable is worn, please replace it immediately.

### **III Preventing Leakage and Fire**

#### **1. Correct use of Breakers, Sockets and Cables**

1. Use copper core cables with flame-retardant jackets. The cables' core diameter must be at least 2.5mm in diameter.
2. Prevent plugs, sockets from coming in contact with water.

**Note:** According to statistics, 80% of electric car fires occur during charging. The main reasons for this include insufficient core diameter, size of cables, poor quality plugs and sockets, poor contact of plugs and sockets, poor flame-retardant sheath or shells of breakers, plugs and sockets and so on.

#### **2. Correct Use of Input Connections**

Make sure that the plug is clean, undamaged and free of dirt before charging.

#### **3. Charging Environment Requirements**

Have it be spacious and away from flammable materials. Avoid mounting/placing the charging plugs, charging cables or the charger itself on car cabs, synthetic seats and other flammable objects.

#### **4. Lithium Safety**

A lithium battery pack should have a battery management system to ensure safe charging. A battery pack with no BMS can be a very dangerous thing. We are not responsible for damage to batteries due to using a charger with no BMS.

Most prismatic lithium batteries should be contained in a manner that prevents them from swelling during charging and discharging. Consult your battery manufacturer's recommendation for the best way to package your cells.

### **IV Regular Maintenance**

1. Check the J1772 Socket regularly for corrosion or other conduction inhibitors. Poor contact may result in overheating and burning inside the socket, which although unlikely could cause fire.
2. Make sure to use a charger that has a dedicated breaker and wire running to it.
3. Make sure that the charger's shell and cooling fan are free of debris and dirt.

## V Technical Specifications

Rated input voltage: 220VAC 50/60Hz

Input voltage range: 85~265VAC (Note: When the Input voltage is lower than 185VAC, the output power will be limited to 1.5KW)

Power Factor:  $\geq 0.99$  @ 220VAC input, full power output;

Total Harmonic Current:  $\leq 5\%$  @ 220VAC input, full power output;

Nominal output voltage: 144V

Maxim output voltage: 180V

Rated output current: 15A

Voltage regulation accuracy:  $\leq 0.5\%$

Current regulation accuracy:  $\leq 2\%$

Conversion efficiency:  $\geq 95\%$  @ 220VAC input, full power output

Protection class: IP66

Audible Noise:  $\leq 40\text{dB}$

Seismic rating: Designed according to IEC60335-2-29-2004-Part.21

Working temperature:  $-25\sim 55^{\circ}\text{C}$  (Note: models whose output power greater than 2KW

Storage temperature:  $-40\sim 80^{\circ}\text{C}$

Recognition certificates: CE SGS will ensure 2KW output at  $60^{\circ}\text{C}$ . )

### VI Parts List

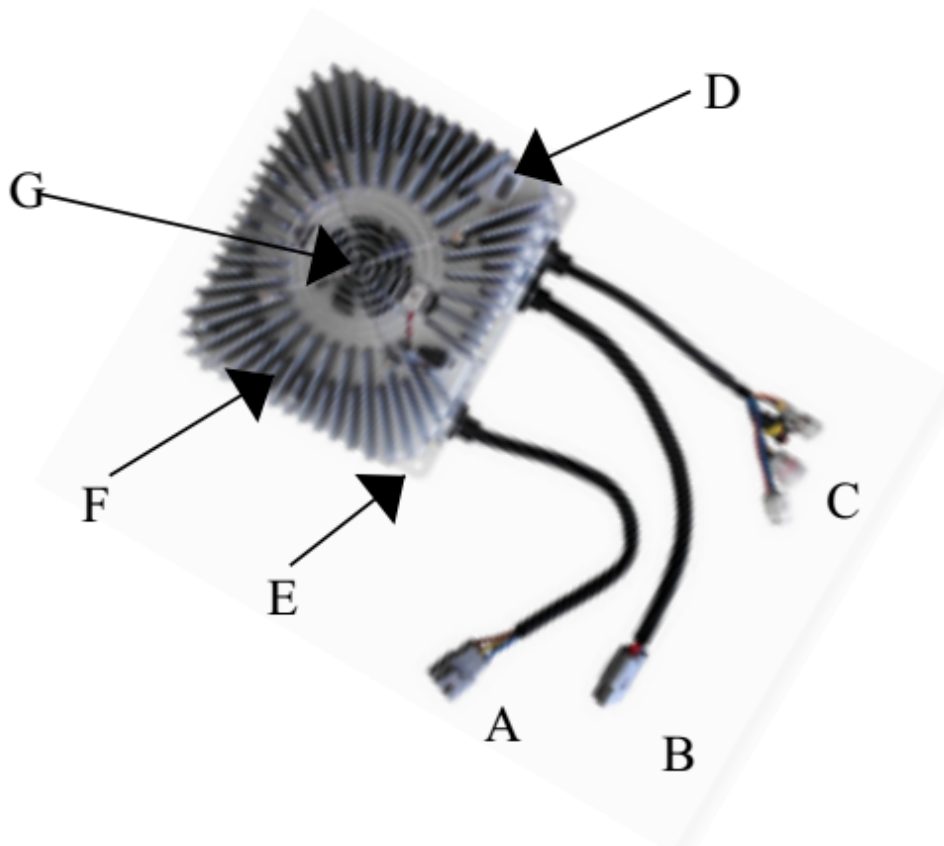
A - AC Input Cables

B - DC Output Cables

C - Signal Cables

D - Charging Indicator E Mounting plate F Shell

G - Cooling Fan and Fan Cover

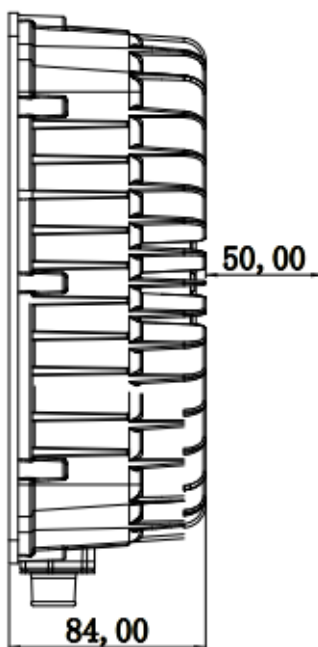
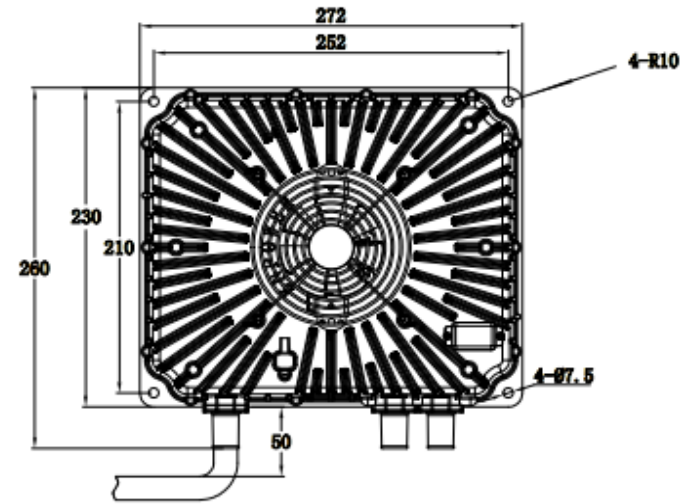


### VII LED Charge Light Information

When...	Then...
Green Light Flashing	It is Charging Normally
Flashing Yellow, Red and Green in Various Orders	Charging has recently stopped or has a Fault with Charger or Batteries. Contact Thunderstruck-ev.com.

### VIII Appearance and Installation Dimensions

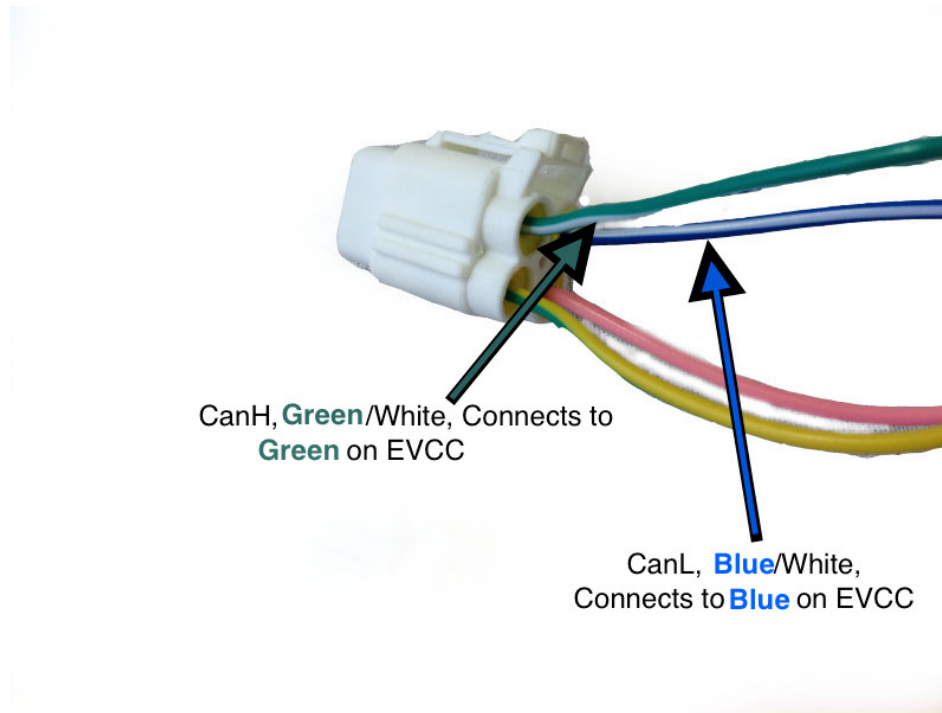
Do not bend the wires coming out of the charger until they have at least 50mm of space from where they enter the shell of the charger.



Insure that there is a 50mm gap above the charger to allow for proper ventilation.

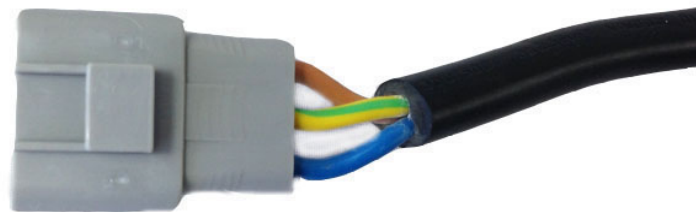
## IX Connections and Wiring

### Input Cables



**Note Above:** The Yellow and Pink wires are not used, Refer to the EVCC Manual for more details on EVCC wiring.

**For 110V**

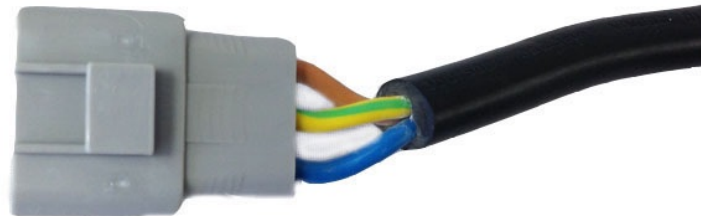


**Yellow/Green** - Ground Wire

**Blue** - Neutral Wire

**Brown** - Live Wire

For 220V



**Yellow/Green** - Ground Wire

**Blue** - Live Wire

**Brown** - Live Wire

### Output Cables

**Red** - Positive DC Out

**Black** - Negative DC Out



SB50 Connector

## X Faults and Solutions

If your charger is not working correctly, you can refer to the table below:

<b>Fault</b>	<b>Analysis</b>	<b>Solutions</b>
Battery temperature Sensor Fault	External battery temperature sensor is fault or not connected	Check sensor connection or change a new one
Battery not connected	Battery is not connected or reverse connected	Check and connect the battery correctly
Over-Temperature Protection	Charging environment temperature is too high; cooling fan is fault; air vents are obstructed	Place the charger in lower temperature environments and retry; Check whether cooling fan is at fault or air vents are obstructed
Input fault protection	Poor contact of charger's input side; Charger is broken	If no poor contact phenomenon occurs, please contact us
Charging timeout	Battery is damaged or aging	Check and replace battery
Battery Overheating	Battery is damaged or aging	Check and replace battery
Internal temperature Sensor fault	Charger is broken inside	Please contact us
Output voltage Feedback fault	Charger is broken inside	Please contact us
"Full Power "after Short charging	Battery is broken; Poor contact between charger and battery; Battery has been fully charged;	Check whether the battery is damaged; battery connecting cables are firm ; the battery is fully charged
Battery temperature becomes more than 50°C	Battery is aging; Battery voltage is lower than the nominal voltage of the charger	Check the battery, and replace bad battery; Reselect charger that match battery voltage level .
Low battery capacity after full charge	Battery is aging	Replace the battery
	Cables are too long or too thin Between the charger and battery	Reduce the output cables back to initial length
Charging time becomes too short or too long	Battery is aging	Replace the battery
	Charger overheating protection	Check if there are foreign matters around the fan and remove them Check whether the cooling fan is working correctly, or contact us to replace the fan.

LED indicator lights but no charging	Connectors are not connected firmly, or the polarity is reversed; Battery is disconnected	Connect all connectors correctly and recharge
	Battery is broken	Replace your battery with a new battery
LED indicator doesn't light	AC input is not connected firmly	Check AC power supply and chargers' input cables
	Charger is broken inside	Please contact us

If your charger still does not work correctly after referencing the above list, please record the state of the fault and charge indicator information, then contact us.



## MC3336 Series Low Volt AC Controller Instruction



### Description

MC3336 series controller is an AC motor driver for low volt electric vehicle which is designed by Zhuhai Inpower Electric Co.,Ltd. Because of adopting world class calculation for AC motor rotating speed control, it can get an accurate value of torque output on a widely range of motor rotating speed .

Compared with the DC driving system, the AC system has a wider range of motor speed output which will make the vehicle speed large increase generally. AC motor has no carbon brush, full enclosed and maintenance free which characteristics make the AC

motor more reliable than DC. AC system has better efficiency and more flexible energy regeneration controlling which can improve the travelling distance obviously.

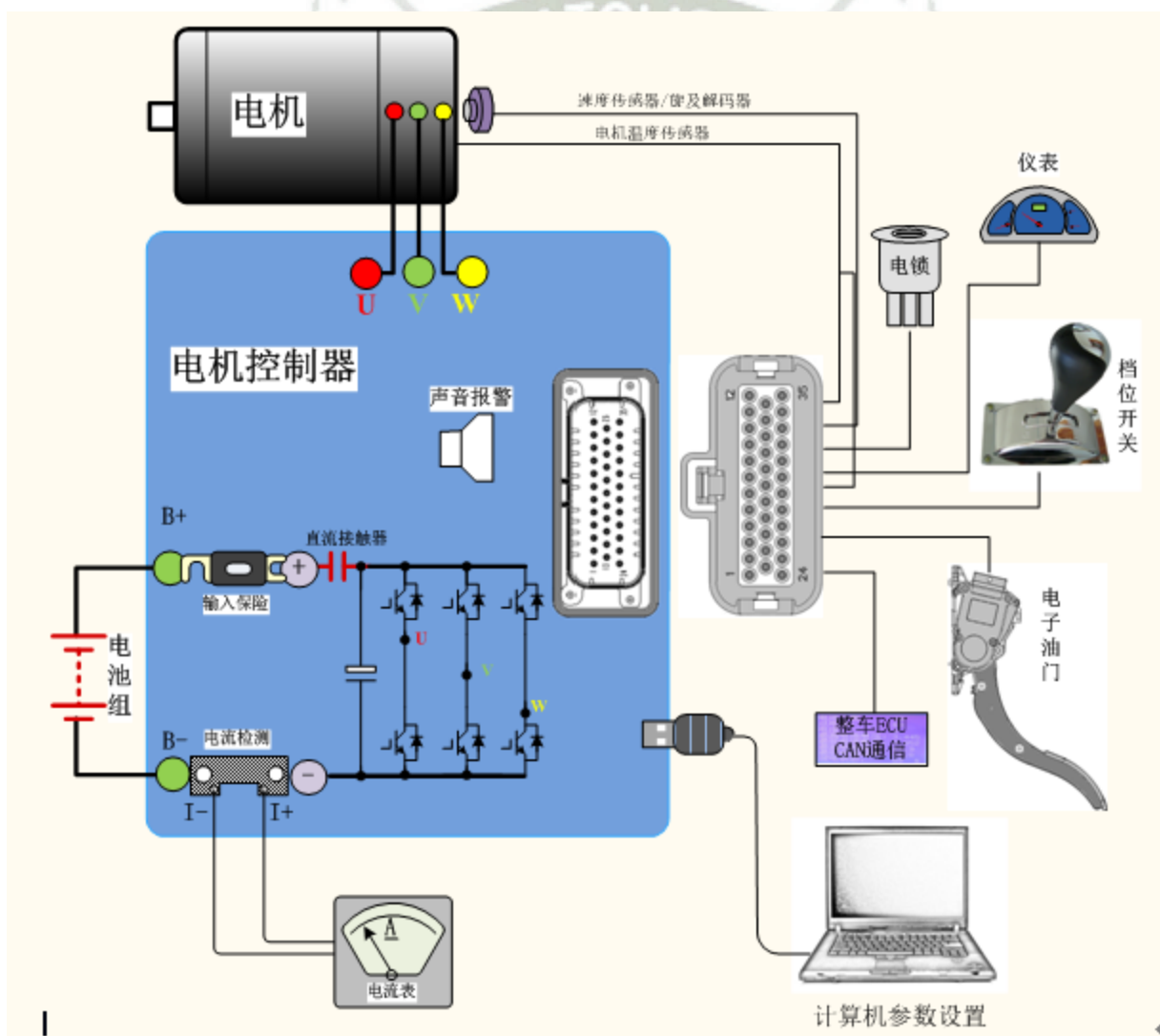
MC3336 series low volt AC controller are designed for widely applications in golf cars, sightseeing vehicles, hunting buggies, electric vehicles, heavy-duty trucks, electric yachts and other kinds of utility vehicles.

### Specifications and Technical Parameters

Technical Parameter				
Specifications		MC3336-7250	MC3336-9650	MC3336-A850
			72V	96V
Electrical performance	Input volt range (DCV)	60~90	80~120	80~125
	Max. Output current (AC/A)	500	500	500
	Rated output current (AC/A)	120	120	120
	Controller starting volt (DCV)	50	50	55
	Max. Output power (KW)	36	50	55
Operating temperature		-30 °C----- 55 °C		
Protection Grade		IP65		
INS. Class		Between Input Circuit or Output Circuit and Main Case:DC 1000V,Leakage Current: 0.05mA,Insulation Resistance:20M Ω		
Ambient Temperature		-40 °C-----70 °C		

Efficiency	98%
Cooling	Air-cooling
Shock and Vibration	GB/T2423
The Control Method of The Motor	The Vector Control Algorithm with Speed Sensor
Communication protocol	CAN
Weight	5.7KG
Cooling requirement	The Controller Must be Installed in The Place of Good Ventilation ,or Forced Cooling Must be Added.

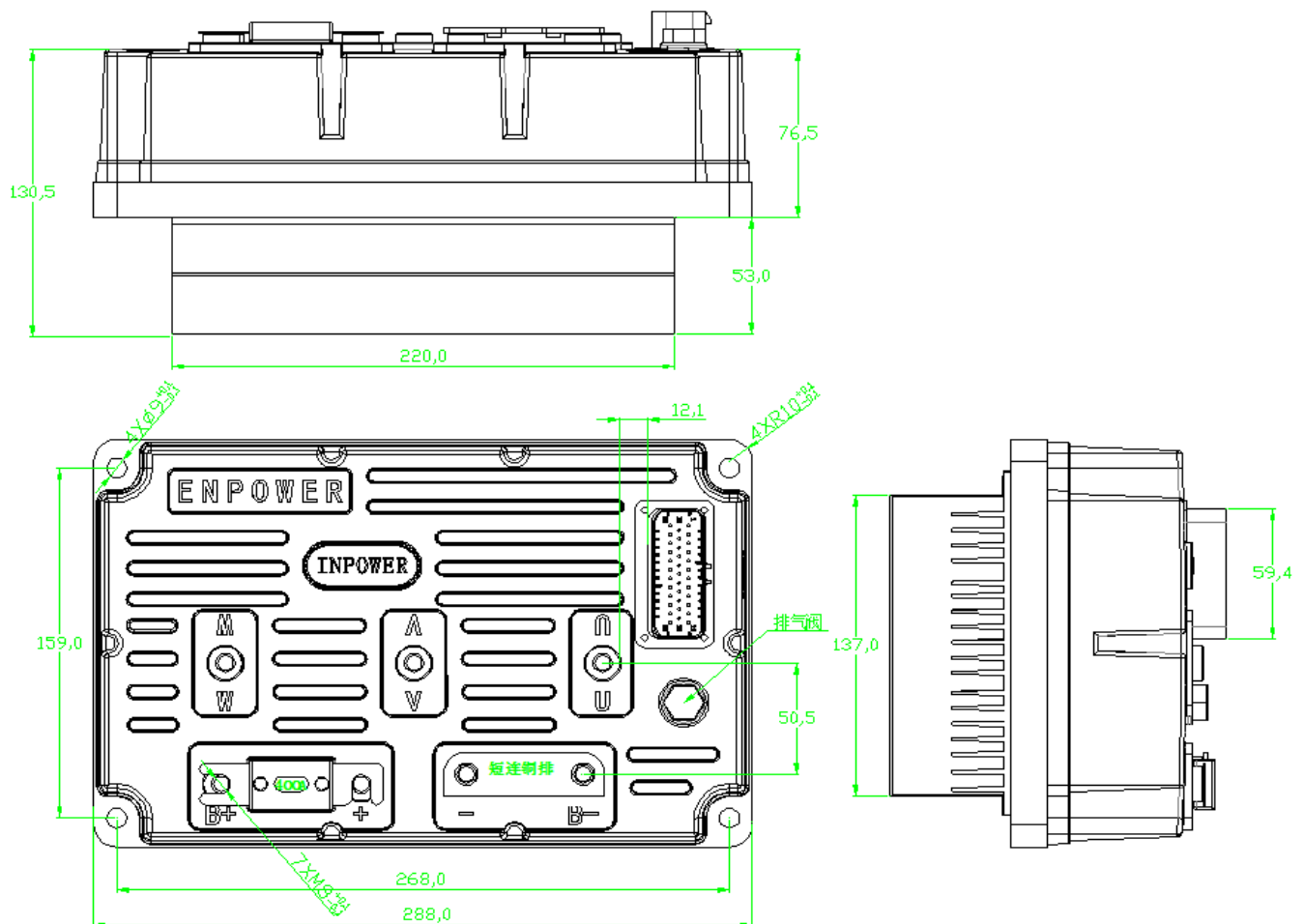
## Power Wiring of AC Motor Controller



## Application Example:

Voltage	72V	96V
the weight of the car with full load	1.2T	1.5T
Tyre Radius	0.25m	0.36m
Gear Ratio	8.0:1	6.0:1
Max Speed	75km/h	80-100km/h
The output current with Max Speed	115A	120A
Normal Speed	55km/h	60-80km/h
The output current with Normal Speed	60A	80A
Climbing Ability(loaded)	25%	25%
0~50km/h Accelerate	9s	9s

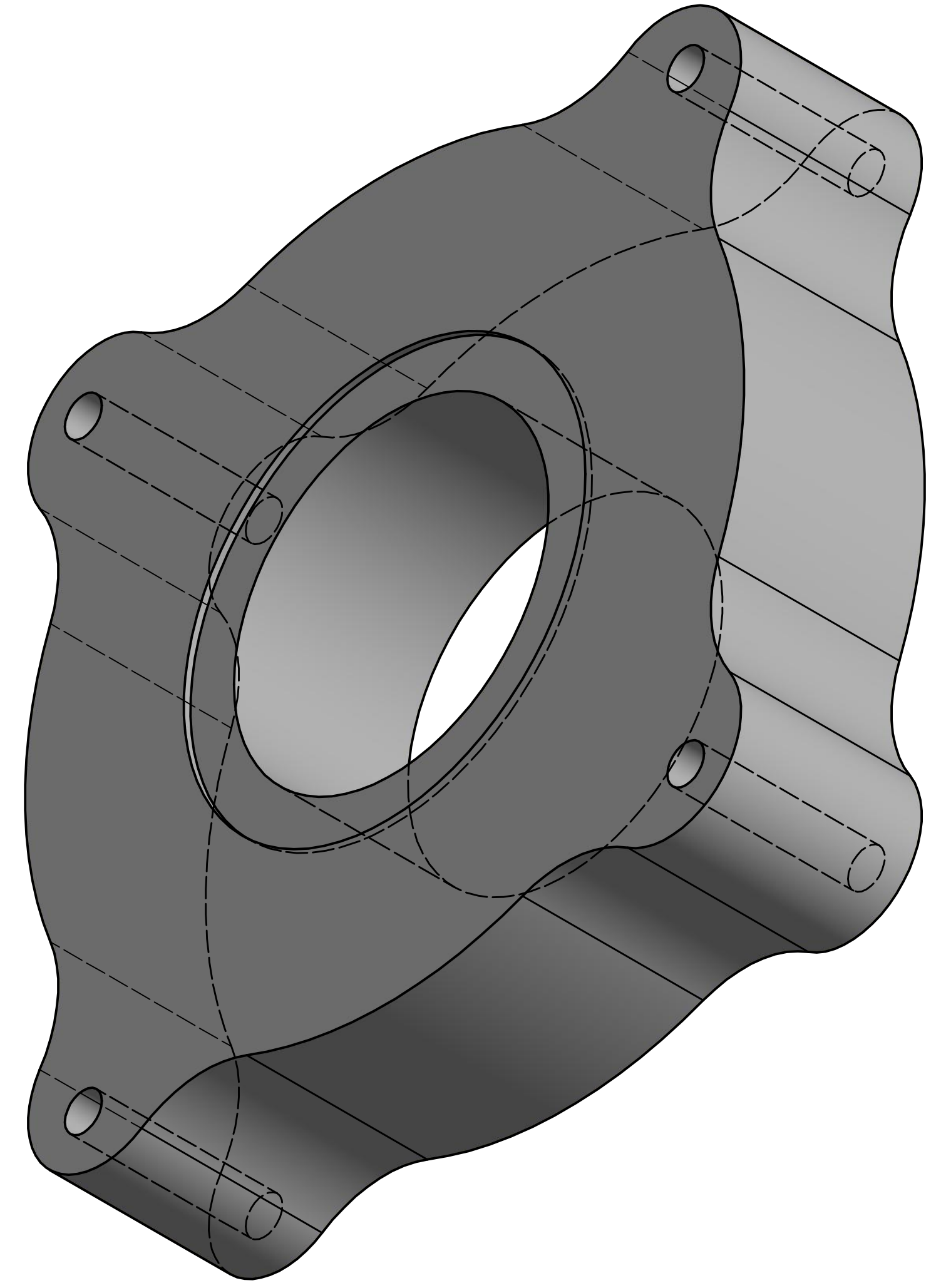
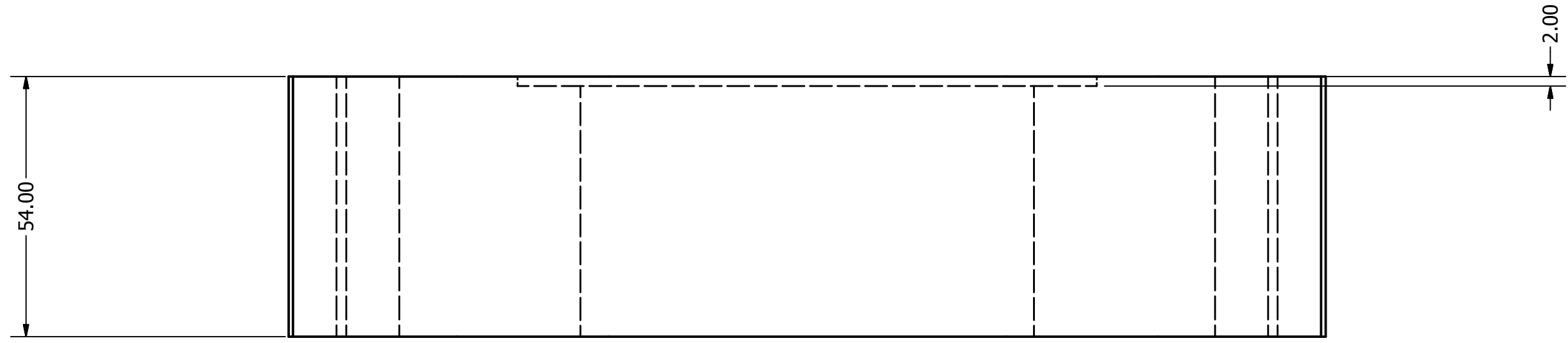
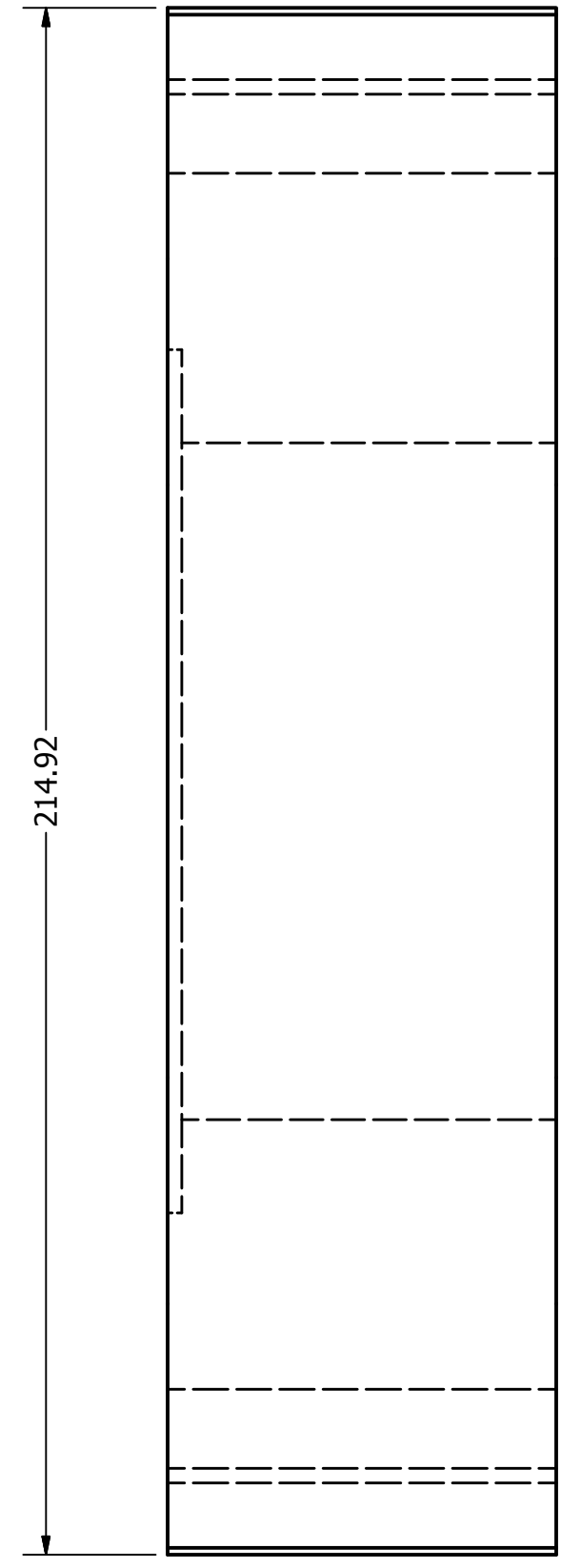
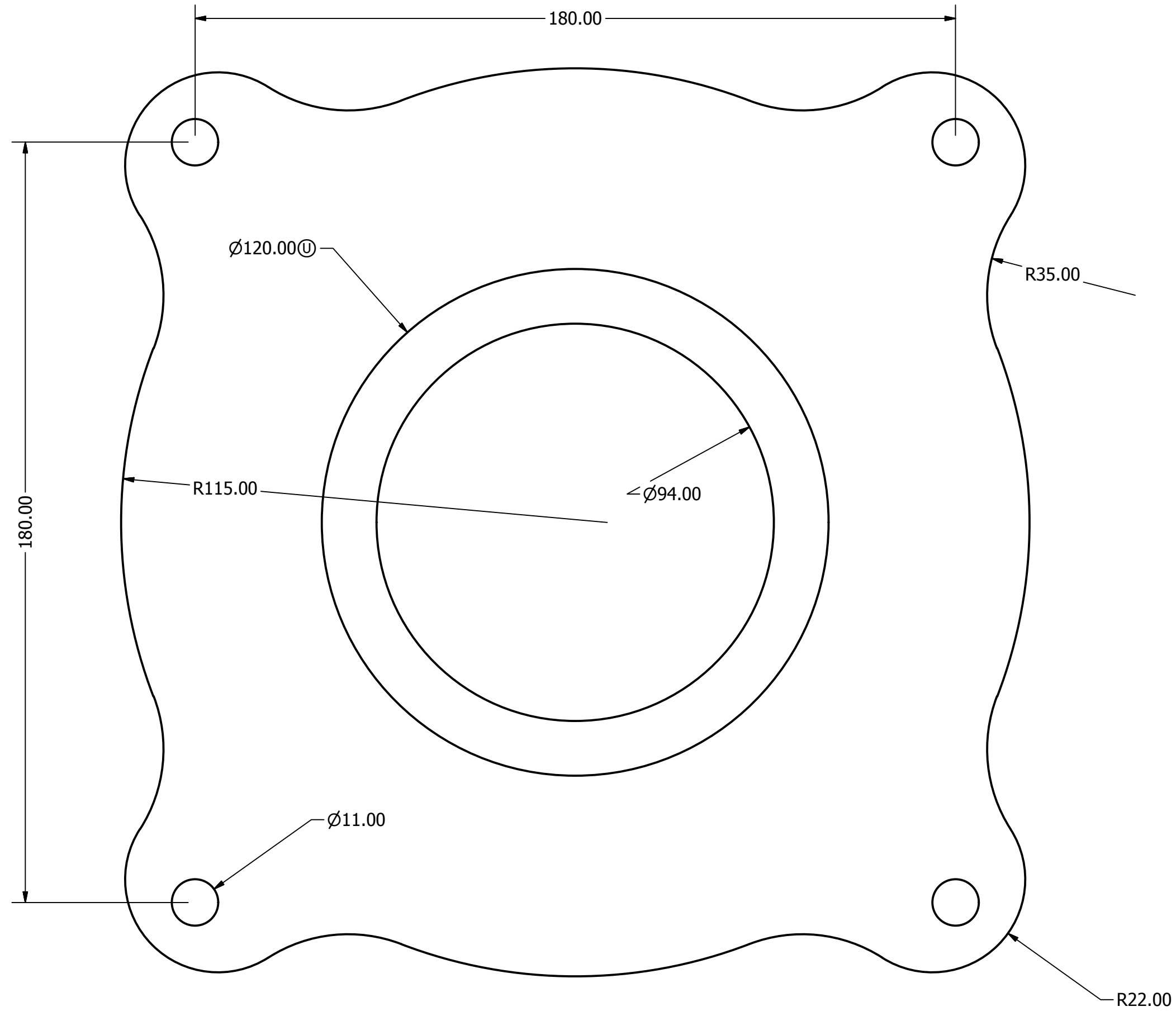
## Installation size(mm):



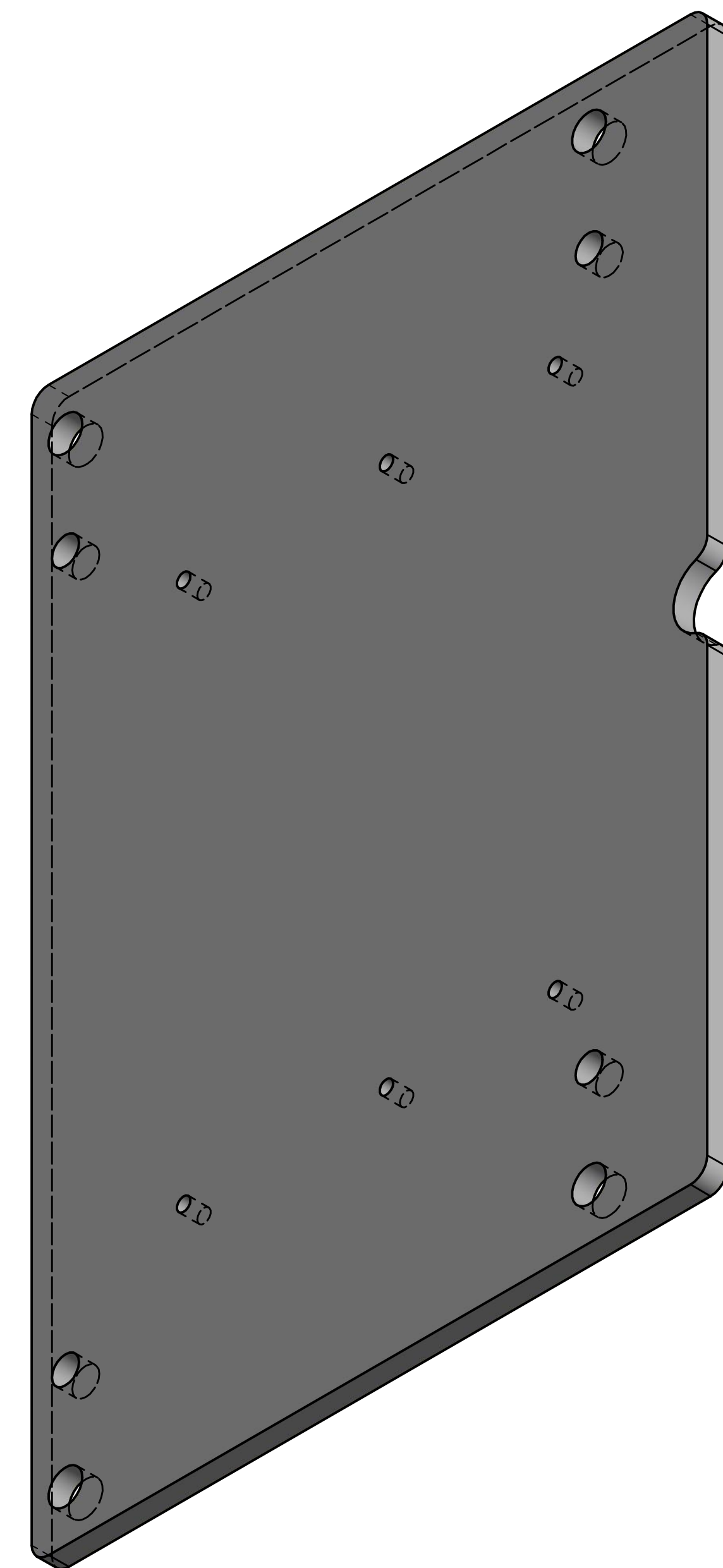
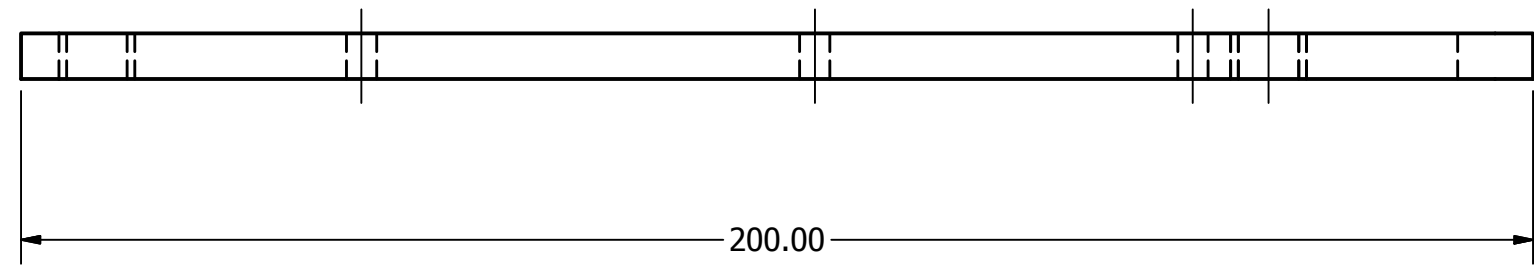
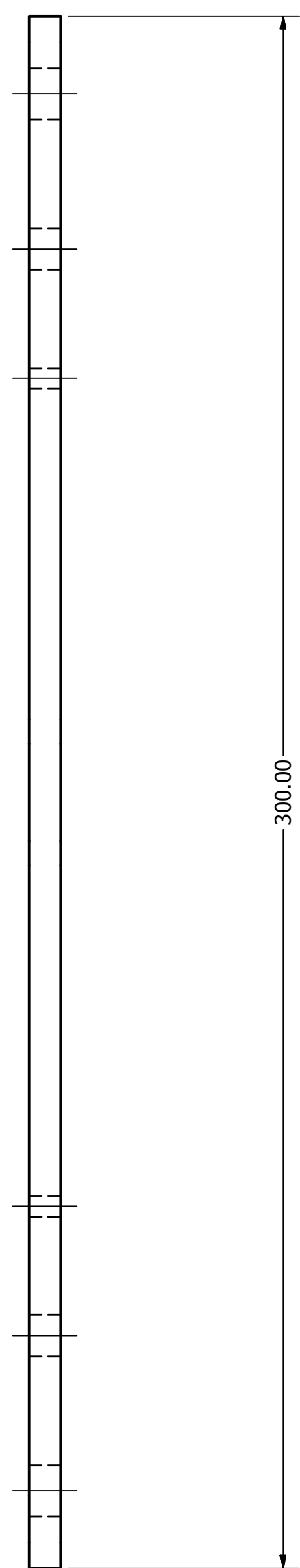
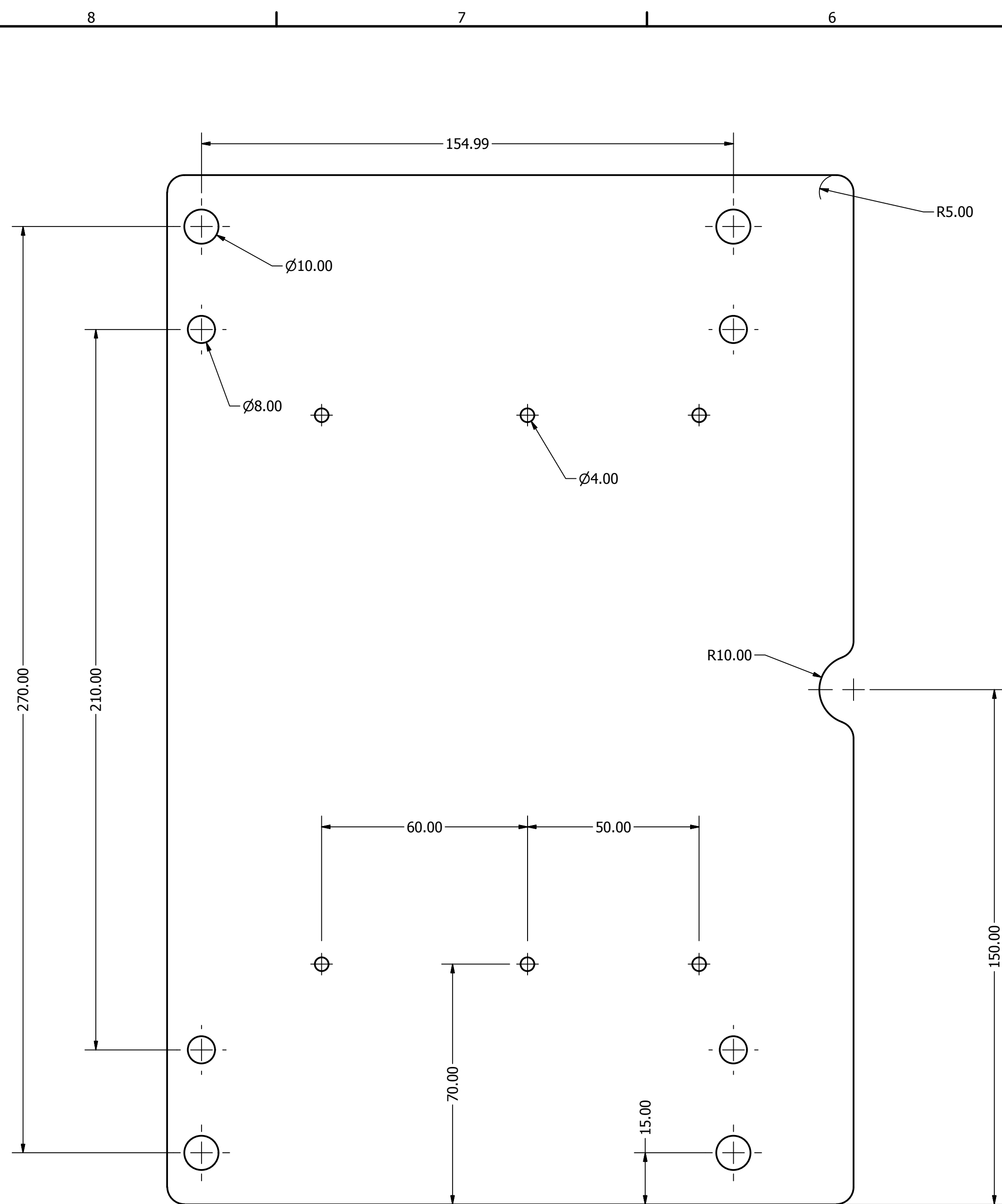
## Fault List and Trouble Shooting:

Fault Code	sound	Possible causes
0	No sound	No fault at present or controller doesn't work
1	continual beep	There is signal output when push the pedal and turn on the KSI ; Pedal connection badly, wrong or signal mismatching with controller
2	1 long 2 short	Ignition failed (restart)
3	1 long 3 short	Over current (motor wire connection short circuit, loosened or encoder signal wrong)
4	1 long 4 short	Controller overheat( stop and cooling)
5	1 long 5 short	Relay doesn't work or unconnected on B+(check volt between B+ and B- which should be battery volt)
6	1 long 6 short	Current detectors fault (return to depot repair)
7	1 long 7 short	encoder fault( check whether signal output ok)
8	1 long 8 short	BMS fault (which is just for lithium Battery system)
9	1 long 9 short	Low volt(Check the battery voltage)
10	1 long 10 short	Over volt(Check the battery voltage )t
11	1 long 11 short	Motor overheat (stop for cooling or check the thermistor)
13	1 long 13 short	Pedal fault

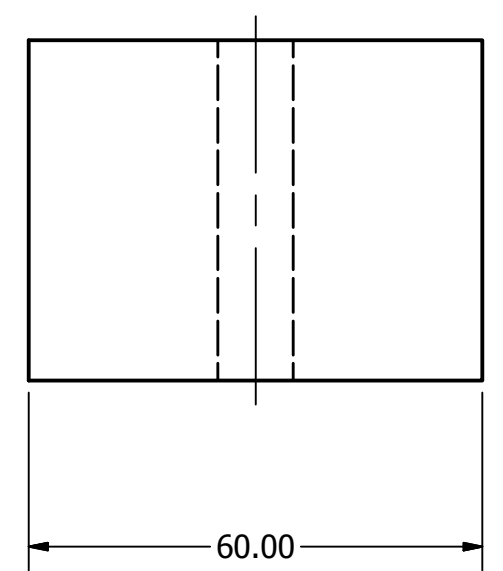
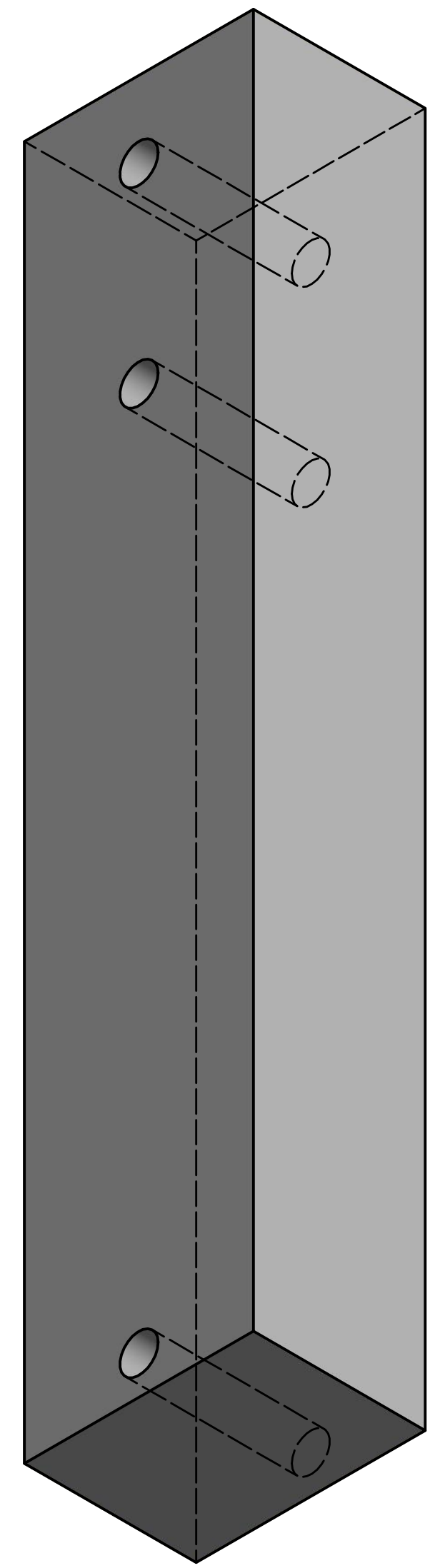
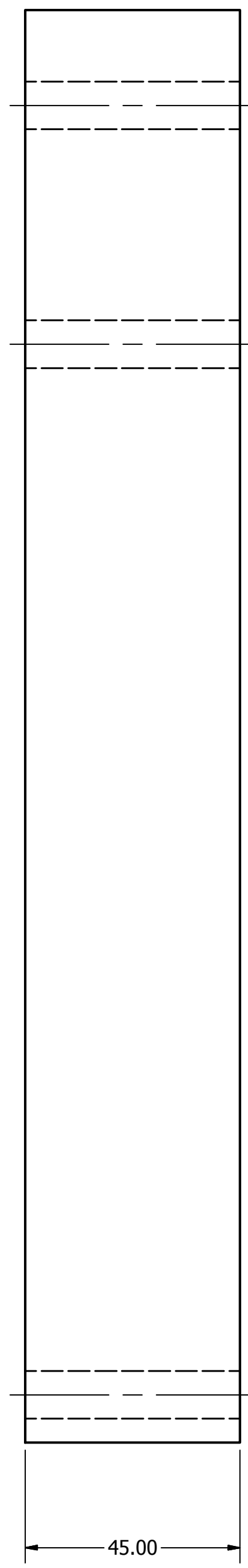
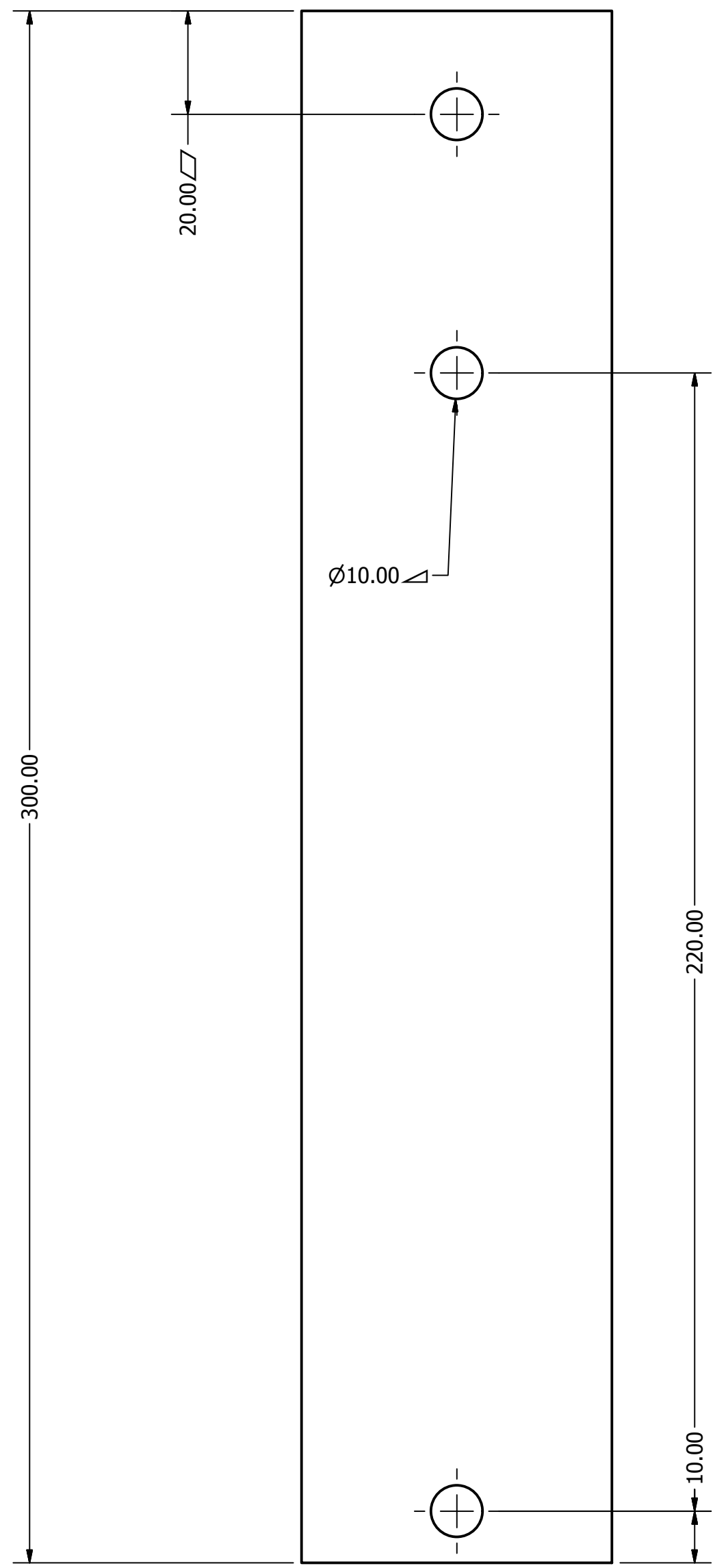




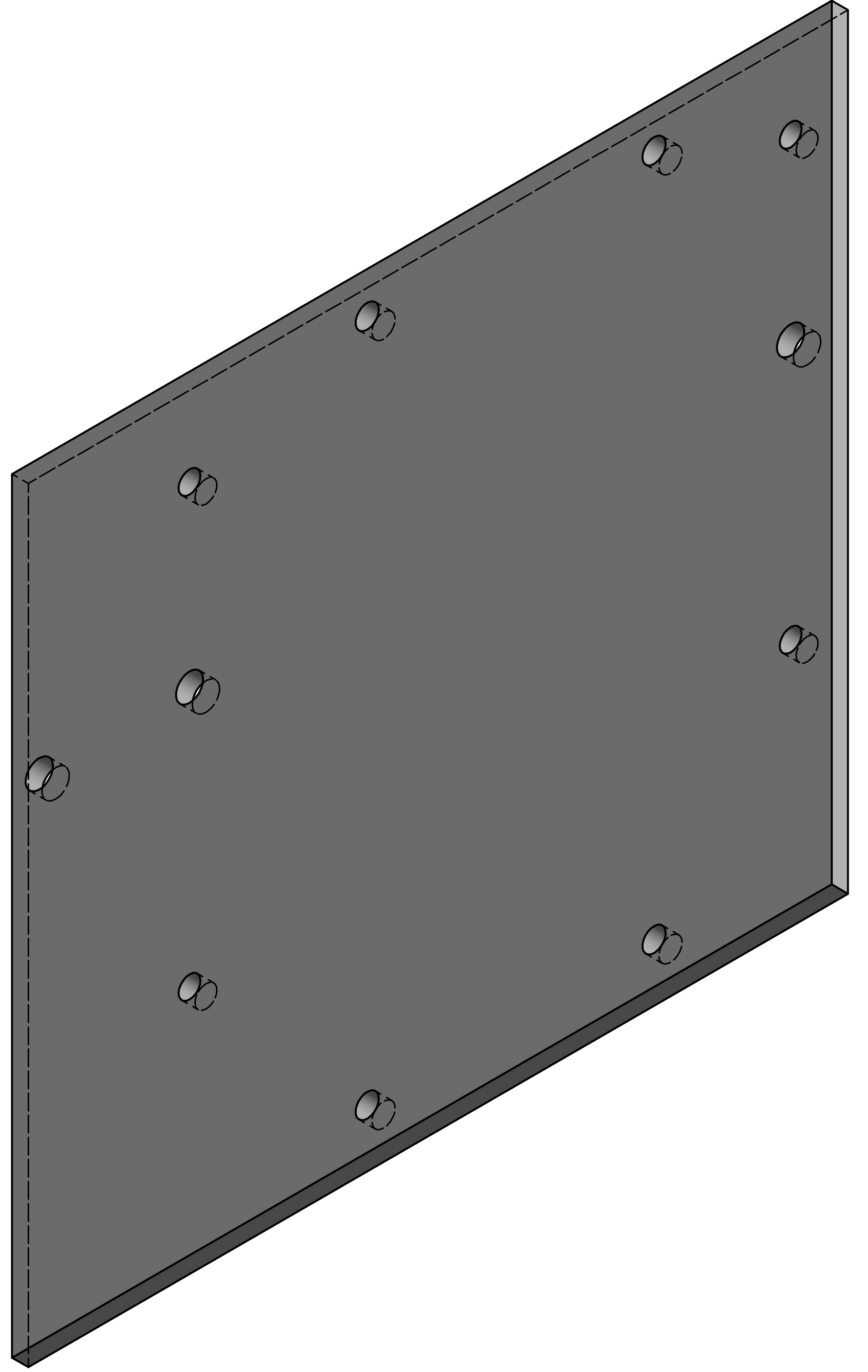
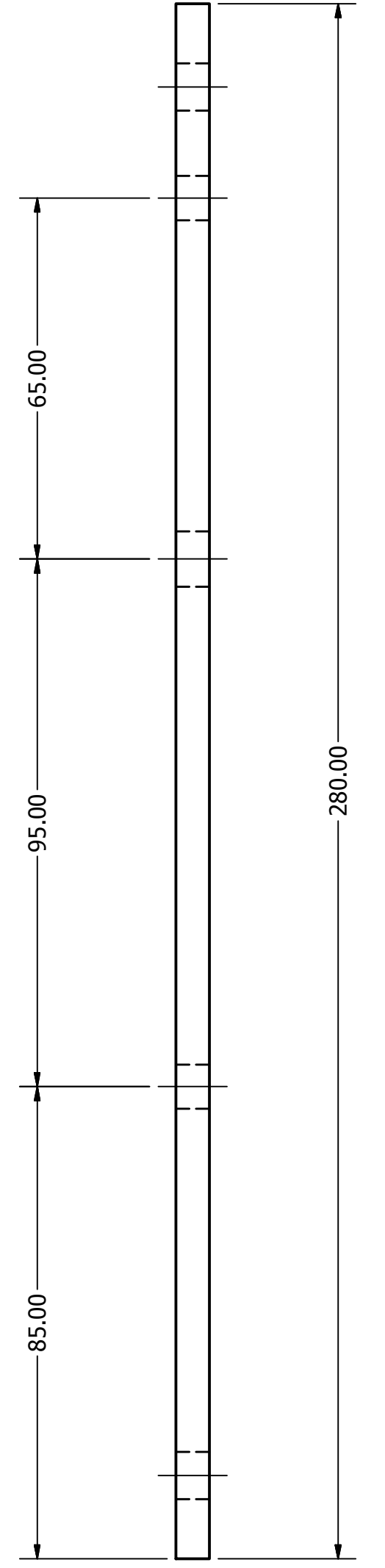
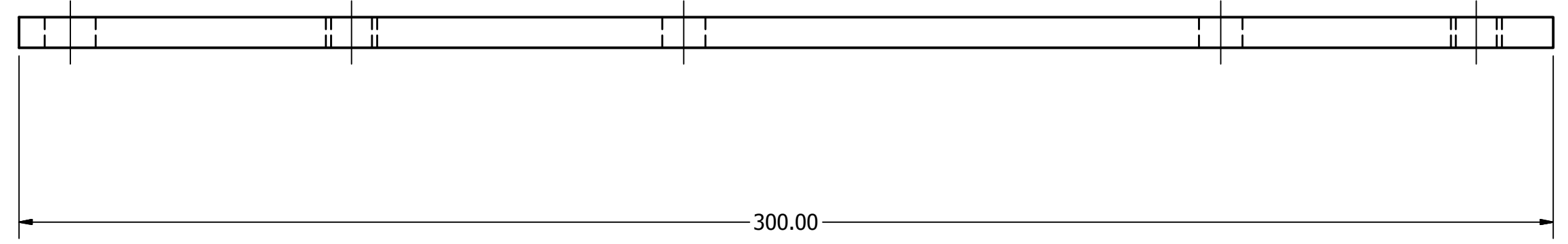
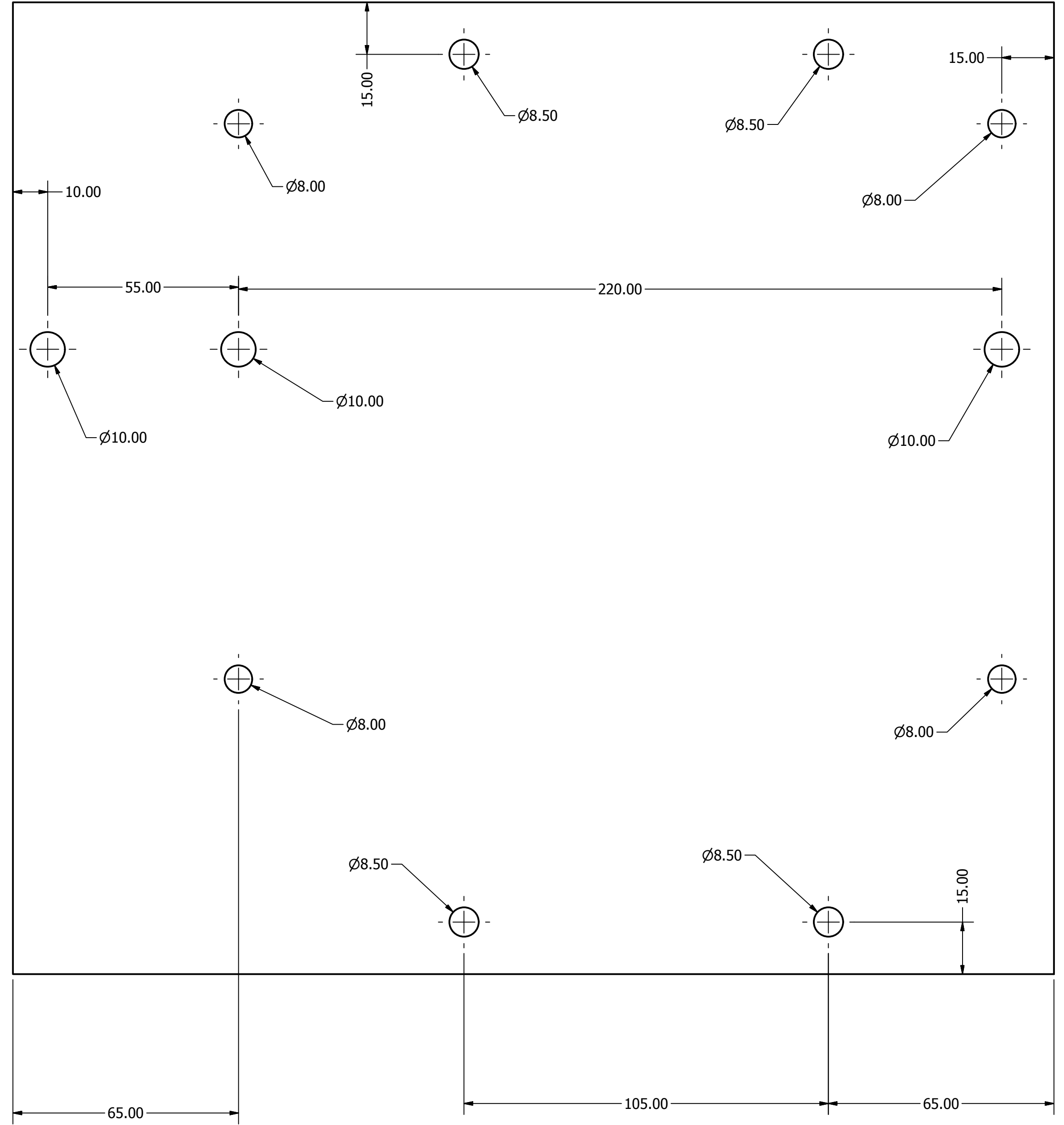
DRAWN	JORGE LUIS	13/05/2017		
CHECKED			TITLE	
QA				
MFG				
APPROVED				
			SIZE	DWG NO
			D	Acople motor
			SCALE	1 : 1
				SHEET 1 OF 1



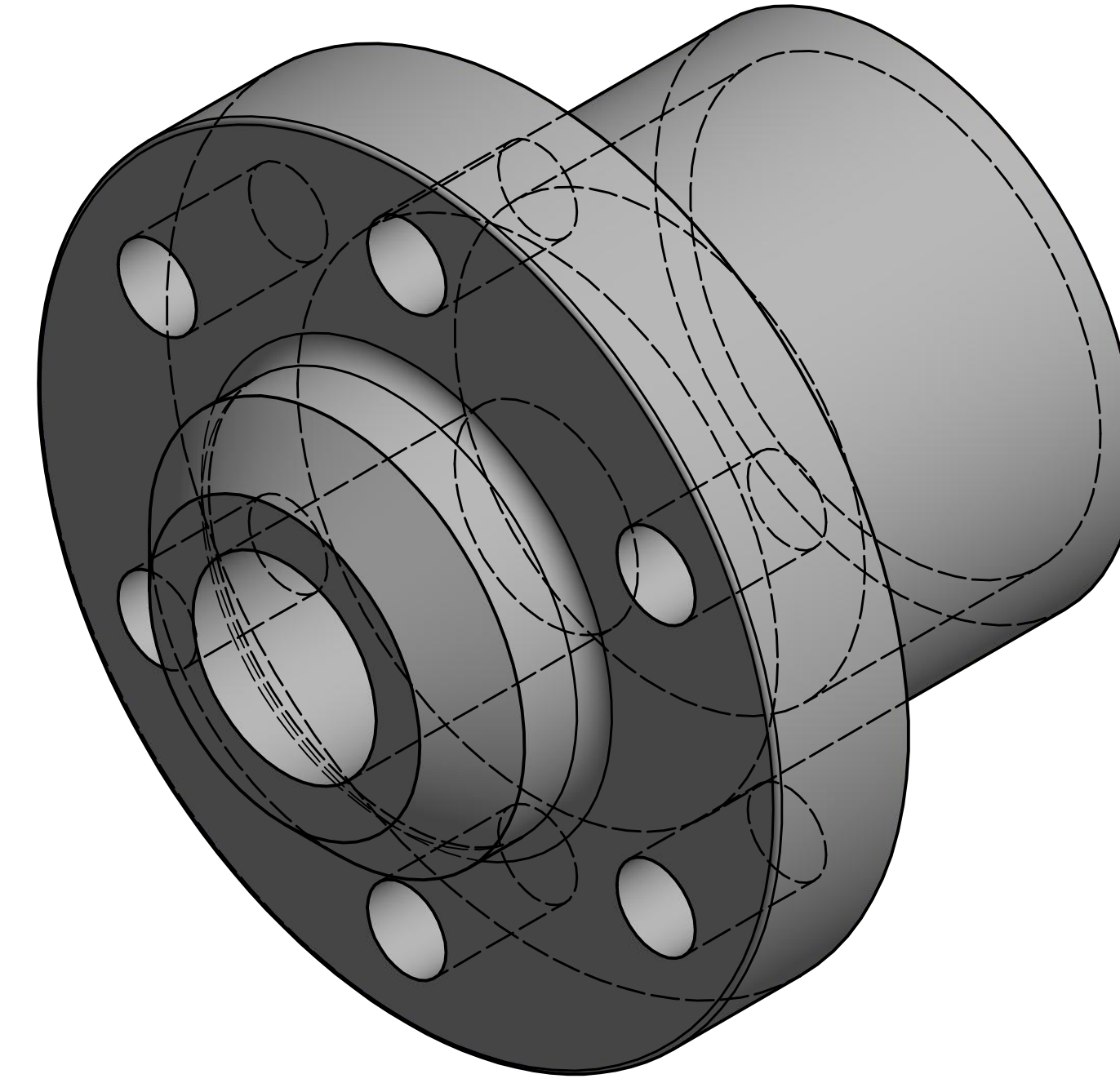
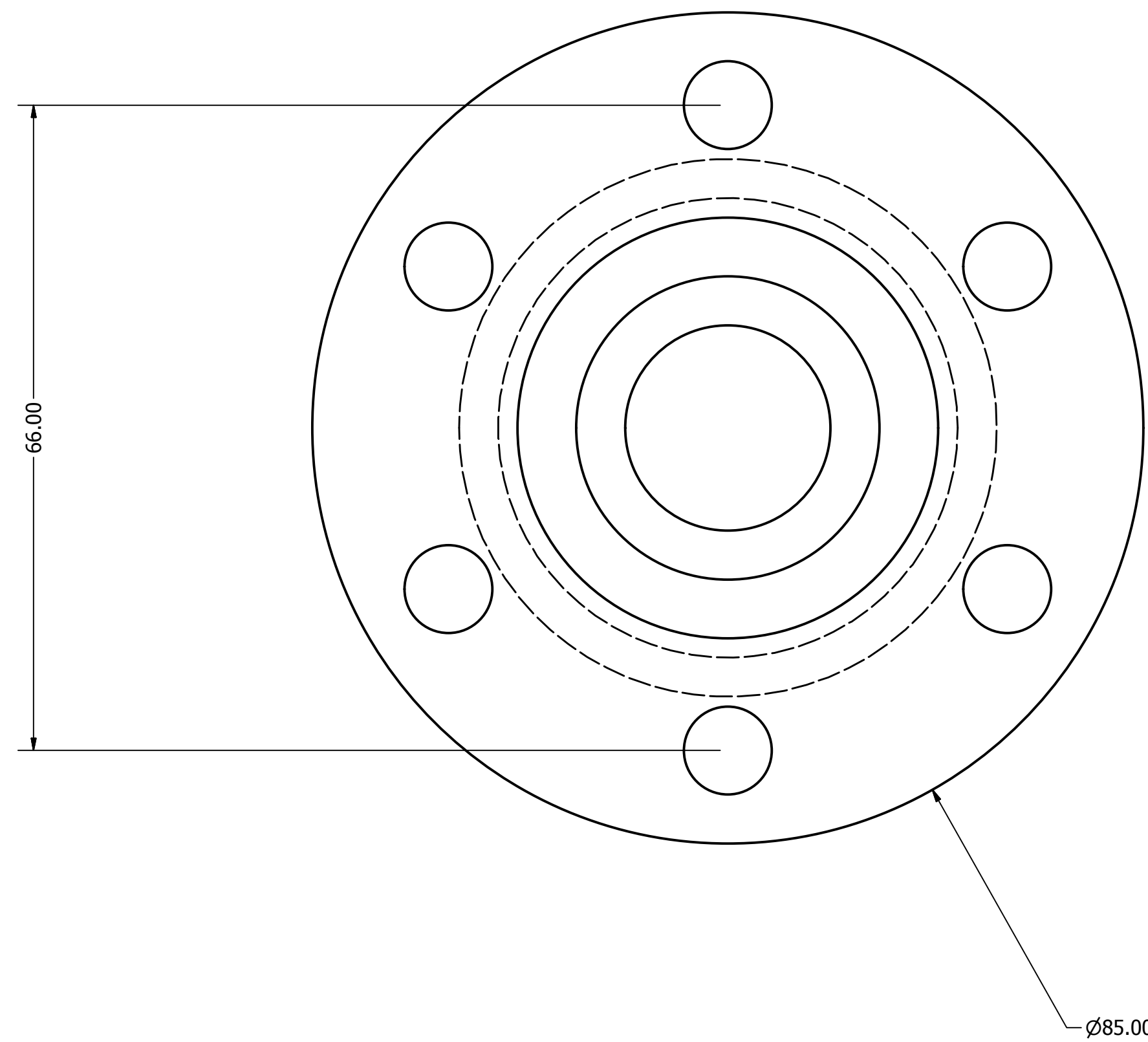
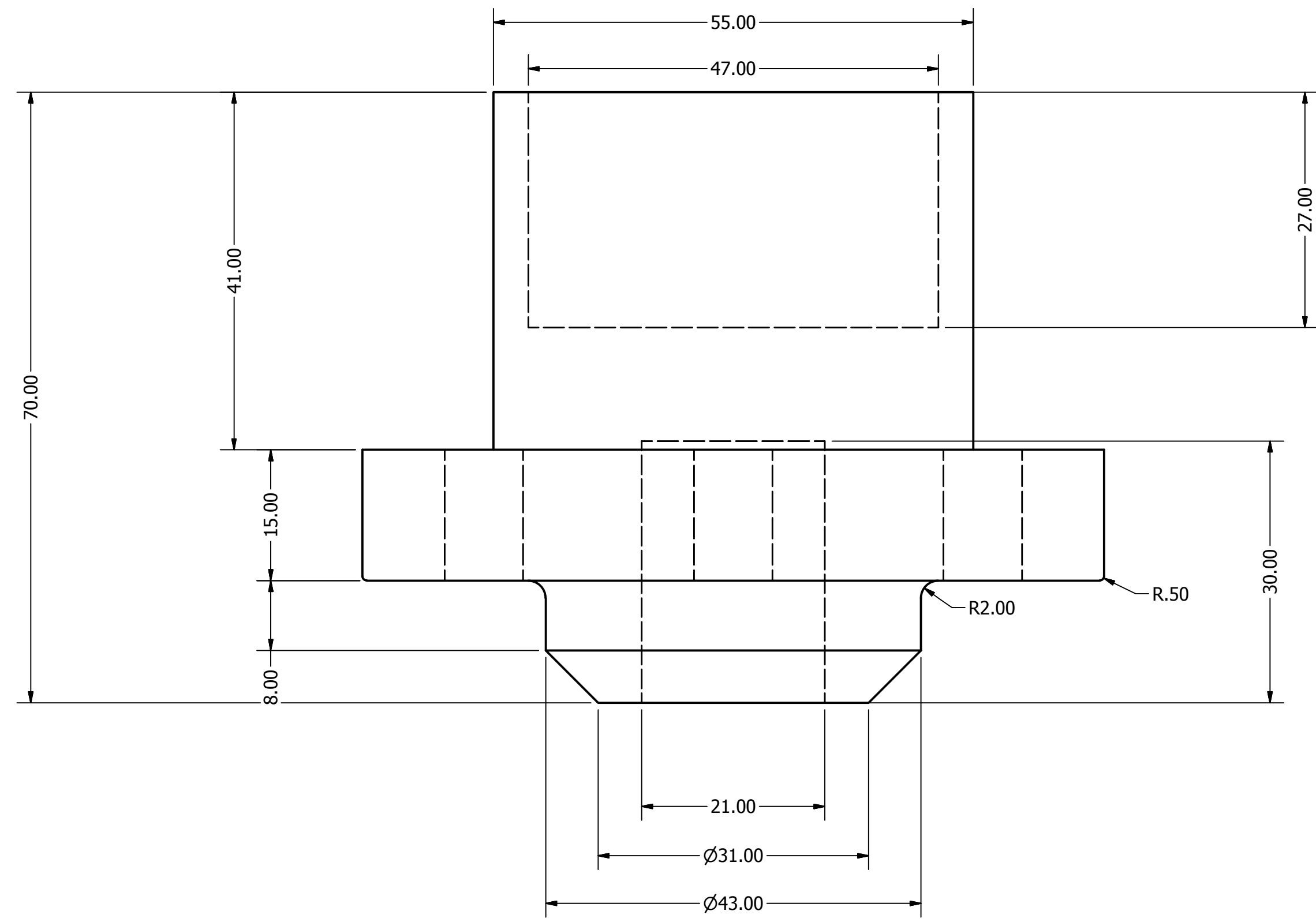
DRAWN	JORGE LUIS	13/05/2017		
CHECKED			TITLE	
QA				
MFG				
APPROVED				
			SIZE	DWG NO
			D	Base controldor
			SCALE	REV
			1 : 1	1 OF 1



DRAWN	JORGE LUIS	13/05/2017		
CHECKED			TITLE	
QA				
MFG				
APPROVED				
			SIZE	DWG NO
			D	Base de jebe
			SCALE	REV
			1 : 1	
			SHEET 1 OF 1	



DRAWN	JORGE LUIS	13/05/2017		
CHECKED			TITLE	
QA				
MFG				
APPROVED				
			SIZE	DWG NO
			D	Base del motor
			SCALE	REV
			1 : 1	
			SHEET 1 OF 1	



DRAWN	JORGE LUIS	08/07/2016		
CHECKED			TITLE	
QA				
MFG				
APPROVED				
			SIZE	DWG NO
			D	piñon
			SCALE	2 : 1
				SHEET 1 OF 1

8 7 6 5 4 3 2 1

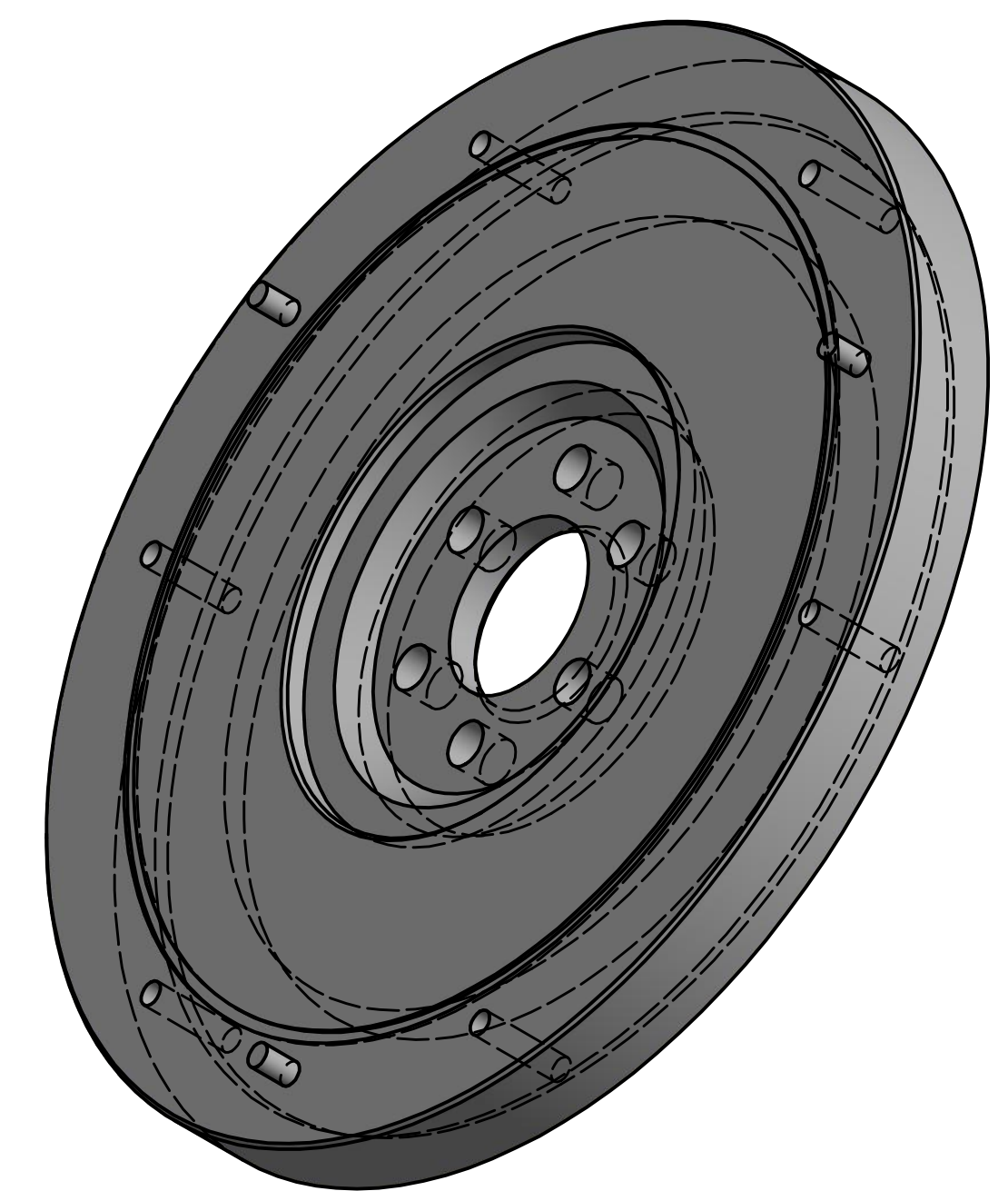
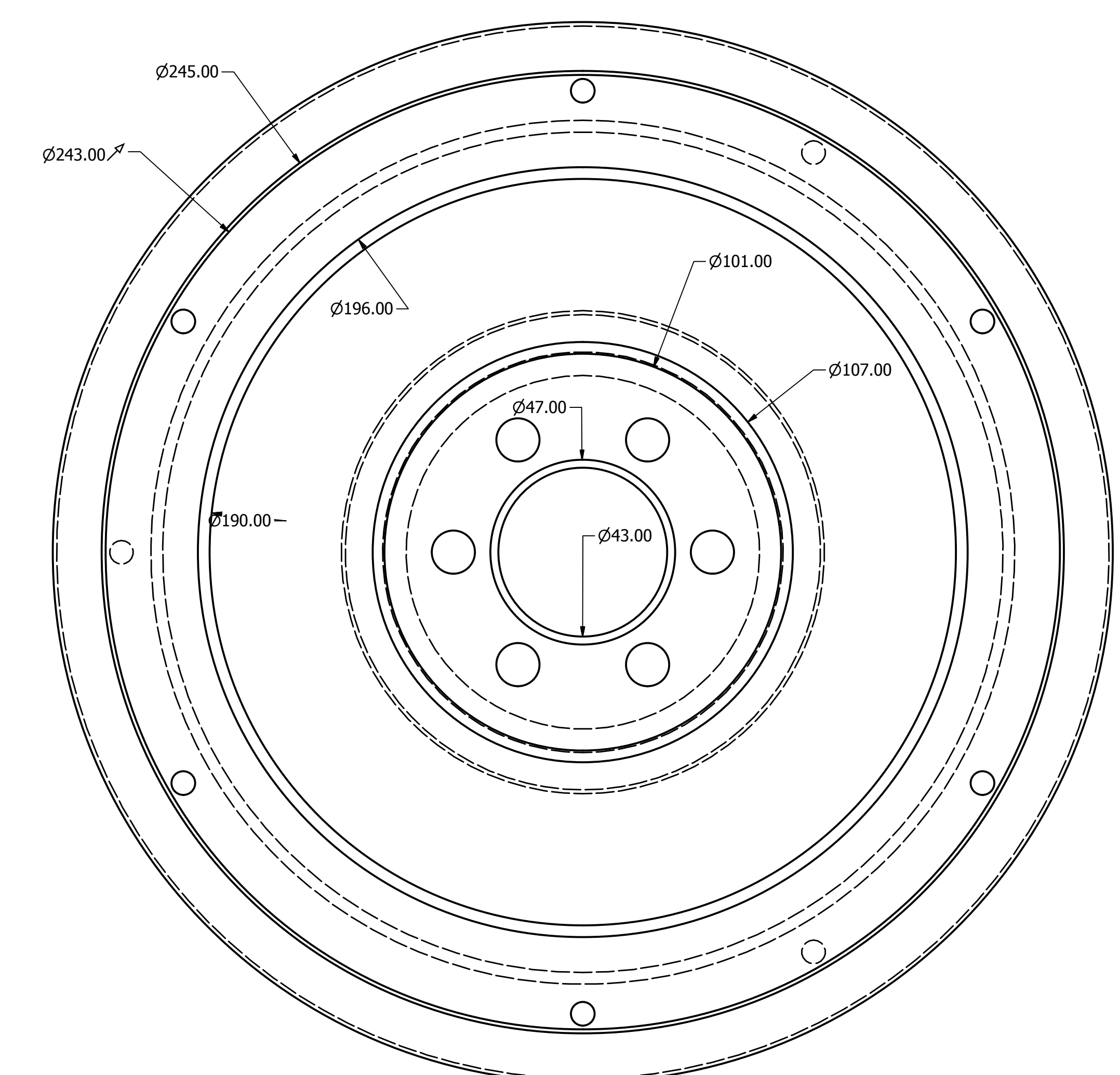
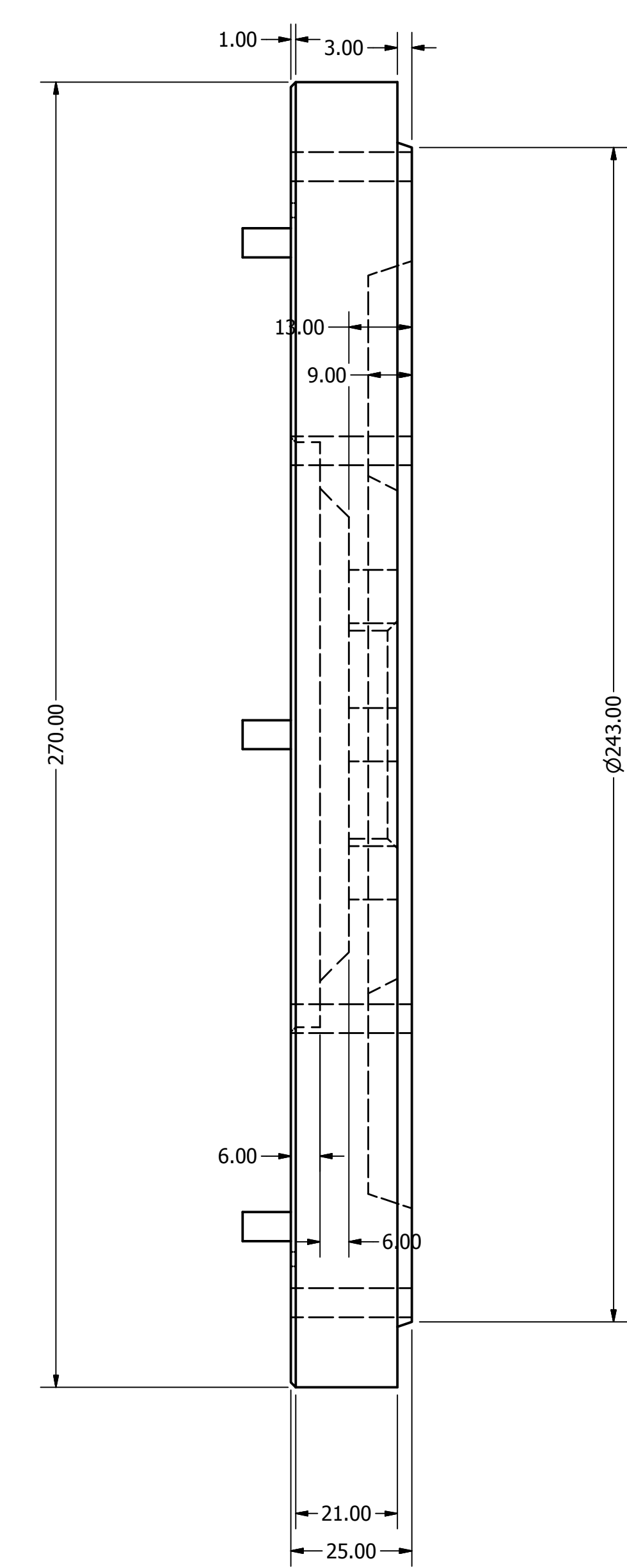
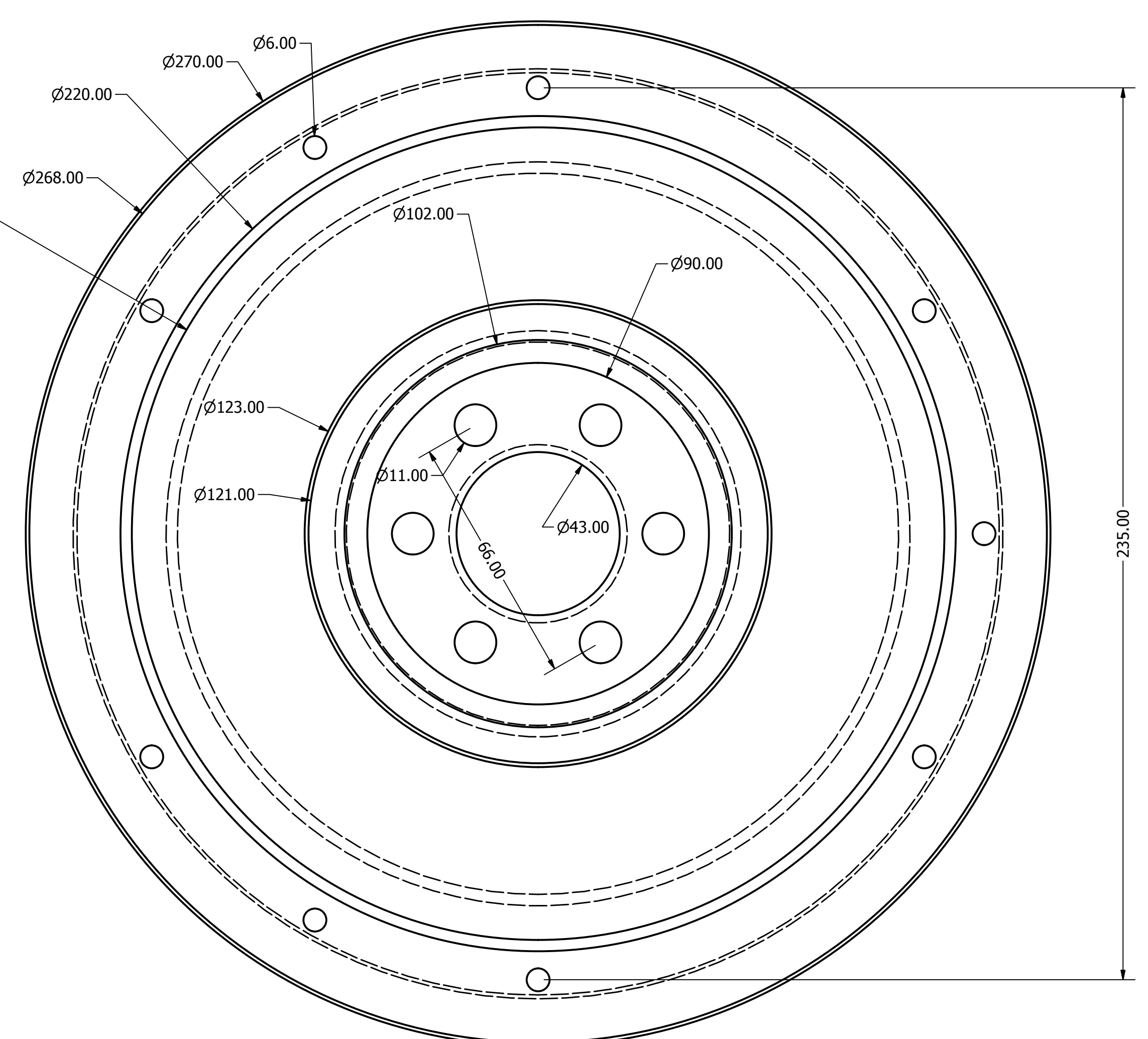
D

C

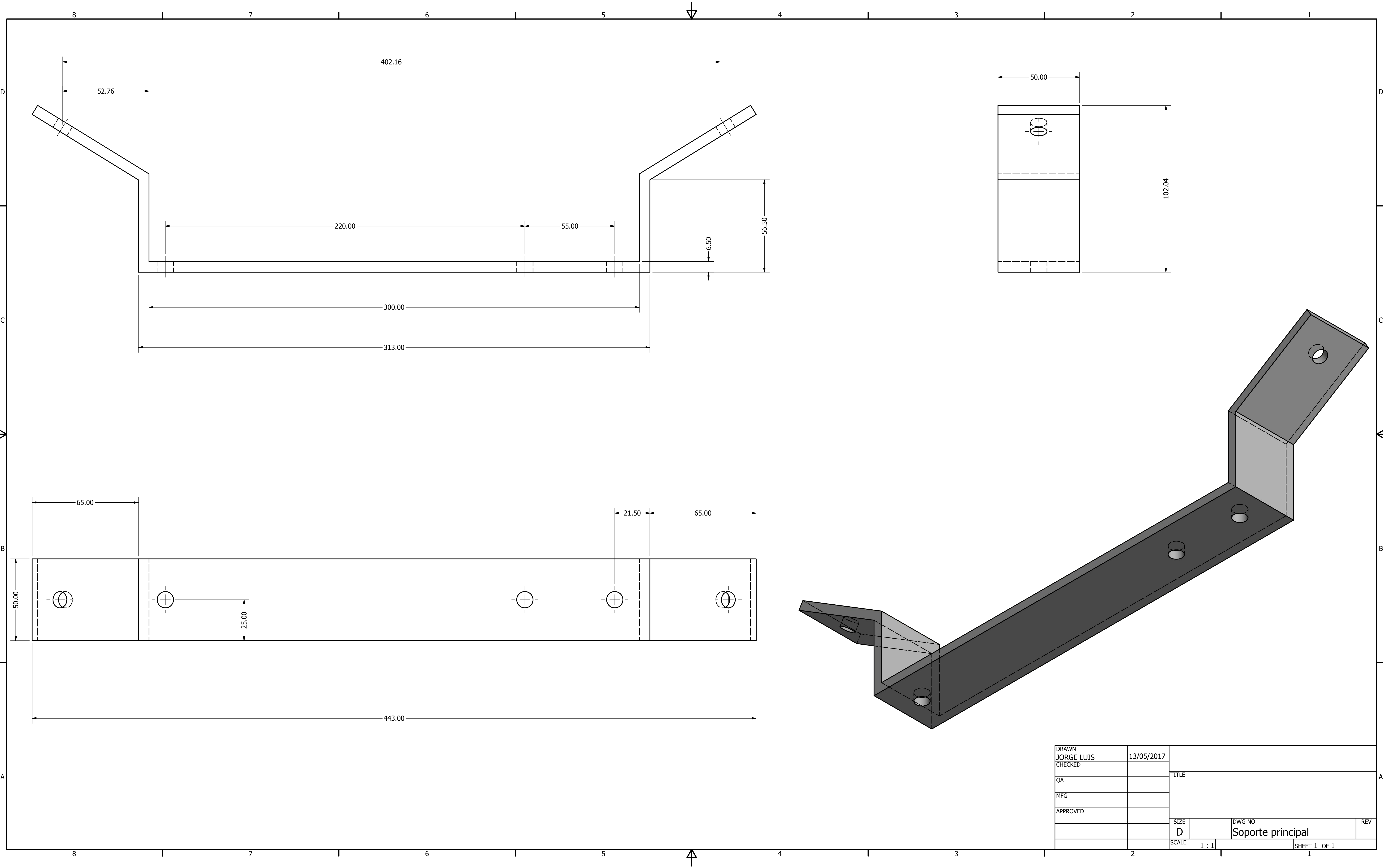
B

A

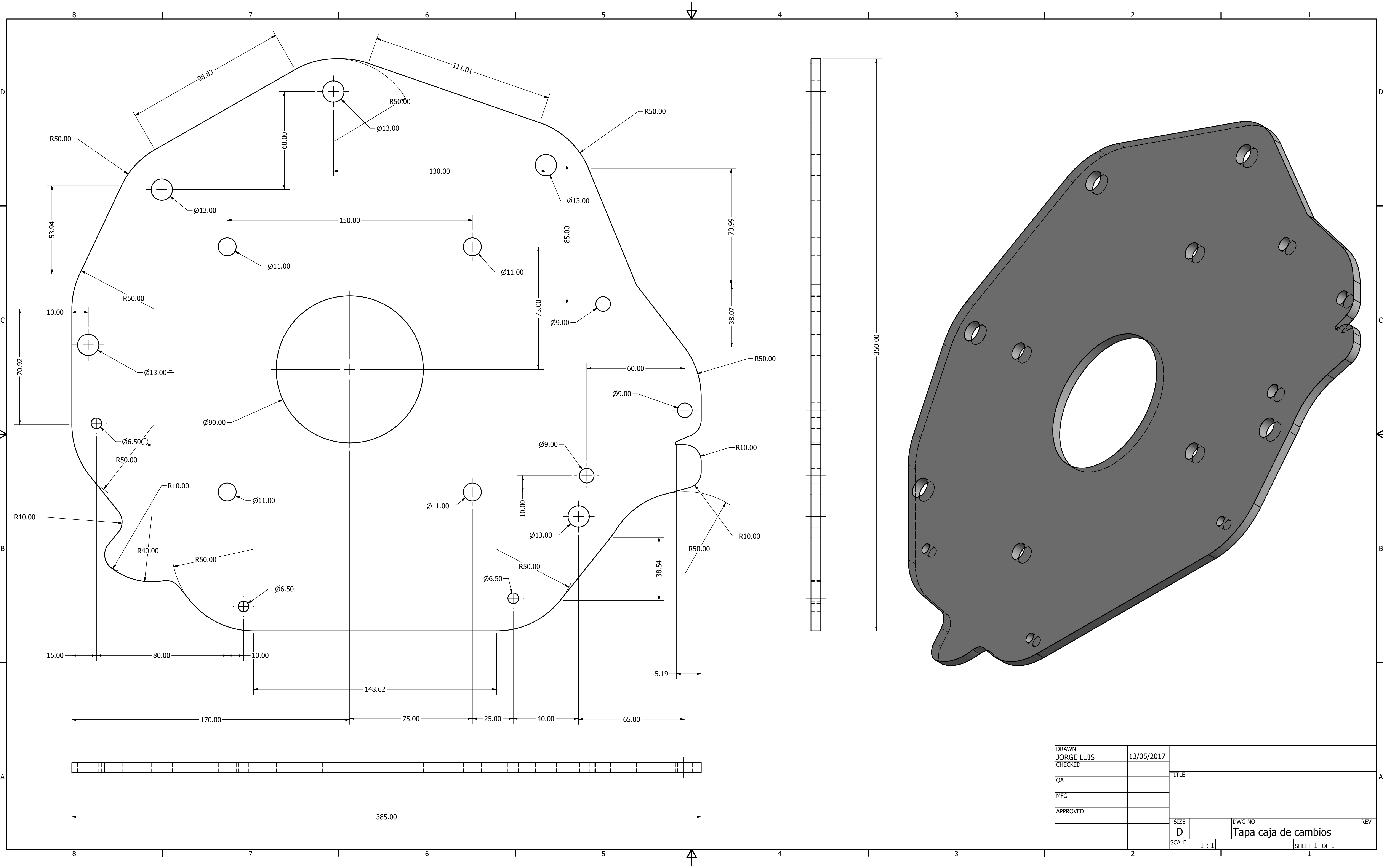
8 7 6 5 4 3 2 1



DRAWN	JORGE LUIS	08/07/2016			
CHECKED			TITLE		
QA					
MFG					
APPROVED					
			SIZE	DWG NO	REV
			D	Plato	
			SCALE	1 : 1	SHEET 1 OF 1



DRAWN	JORGE LUIS	13/05/2017	TITLE	
CHECKED			TITLE	
QA			TITLE	
MFG			TITLE	
APPROVED			TITLE	
			SIZE	DWG NO
			D	Soporte principal
			SCALE	REV
			1 : 1	
			SHEET 1 OF 1	



DRAWN	JORGE LUIS	13/05/2017		
CHECKED			TITLE	
QA				
MFG				
APPROVED				
			SIZE	DWG NO
			D	Tapa caja de cambios
			SCALE	REV
			1 : 1	
			SHEET 1 OF 1	