

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
ENERGÍAS RENOVABLES**



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHICULO ELÉCTRICO
AUTÓNOMO IMPULSADO POR ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
JULIACA - PUNO**

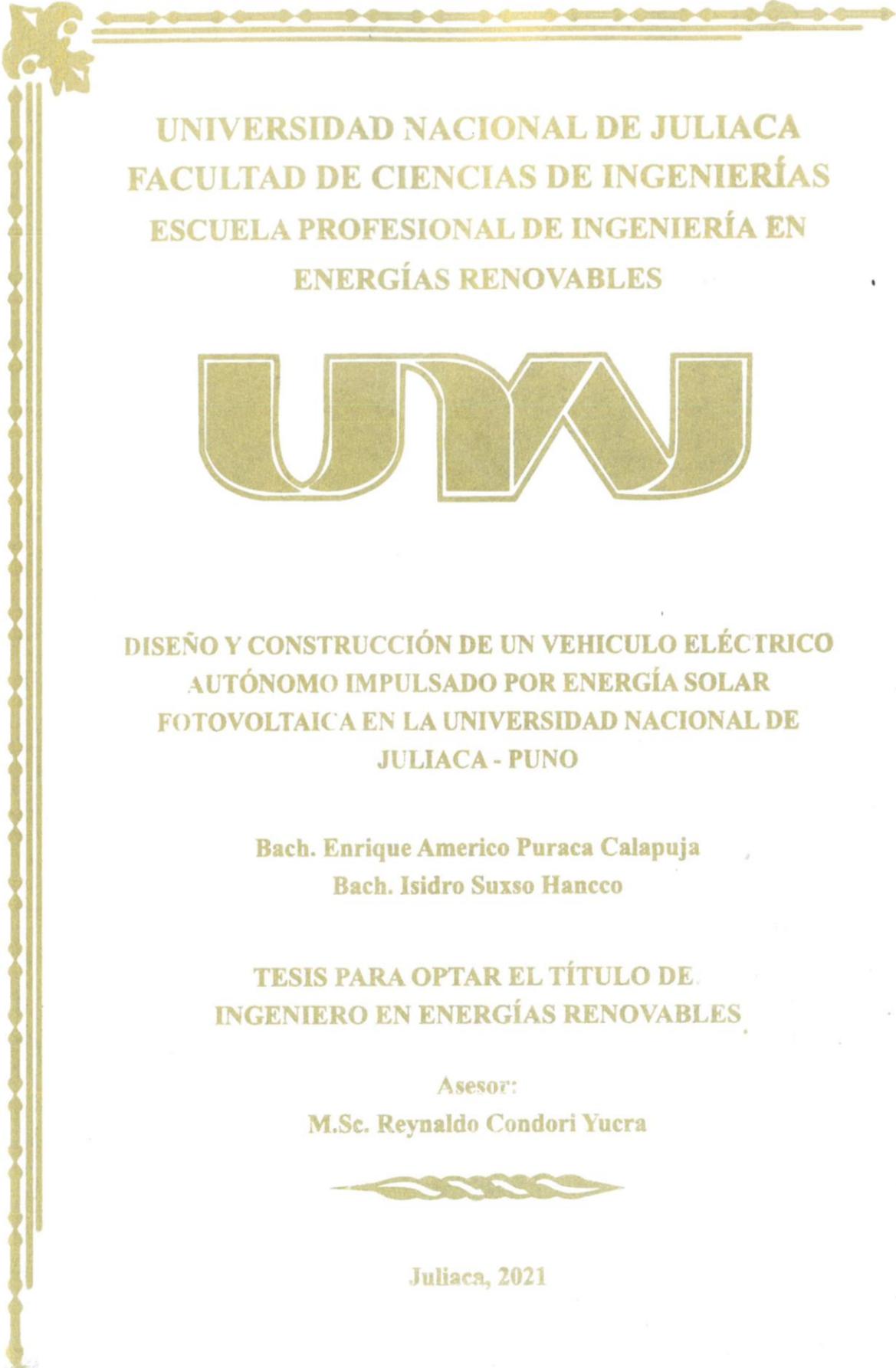
**Bach. Enrique Americo Puraca Calapuja
Bach. Isidro Suxso Hanco**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**Asesor:
M.Sc. Reynaldo Condori Yucra**



Juliaca, 2021



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
ENERGÍAS RENOVABLES**



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHICULO ELÉCTRICO
AUTÓNOMO IMPULSADO POR ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
JULIACA - PUNO**

**Bach. Enrique Americo Puraca Calapuja
Bach. Isidro Suxso Hanco**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**Asesor:
M.Sc. Reynaldo Condori Yucra**



Juliaca, 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
ENERGÍAS RENOVABLES



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO
AUTÓNOMO IMPULSADO POR ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
JULIACA - PUNO

Bach. Enrique Americo Puraca Calapuja

Bach. Isidro Suxso Hanco

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

Ingeniero en Energías Renovables

Asesor:

M.Sc. Reynaldo Condori Yucra

Juliaca, 2021

Puraca, C. E. A., & Suxso, H. I. (2021). Diseño y construcción de un vehículo eléctrico autónomo impulsado por energía solar fotovoltaica en la Universidad Nacional de Juliaca - Puno. (Tesis de Ingeniería). Universidad Nacional de Juliaca

AUTORES: Enrique Américo Puraca Calapuja e Isidro Suxso Hanco.

TÍTULO: Diseño y construcción de un vehículo eléctrico autónomo impulsado por energía solar fotovoltaica en la Universidad Nacional de Juliaca - Puno.

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2021

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (212 pp.)

NOTA: Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables - Universidad Nacional de Juliaca.

CÓDIGO: 02 – 00006 – 02/PS98

NOTA: Incluye bibliografía.

ASESOR: M.Sc. Reynaldo Condori Yucra

PALABRAS CLAVE:

Diseño, vehículo solar, innovación, solidworks, energía limpia, desarrollo sostenible.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO AUTÓNOMO
IMPULSADO POR ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA - PUNO

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS
RENOVABLES

Presentada por:

Bach. Enrique Americo Puraca Calapuja

Bach. Isidro Suxso Hanco

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. NORMÁN JESÚS BELTRÁN CASTAÑÓN

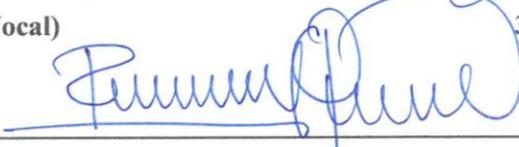
PRESIDENTE DE JURADO

Dr. HENRY PIZARRO VIVEROS

JURADO (Secretario)

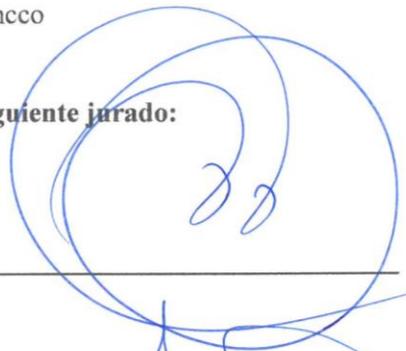
M.Sc. JHON EDUARDO ABARCA SUCA

JURADO (Vocal)



M.Sc. REYNALDO CONDORI YUCRA

ASESOR DE TESIS





2° MIEMBRO



3° MIEMBRO

DEDICATORIA

A DIOS

Por darme la oportunidad de vivir para escribir estos versos, por protegerme en salud, guiarme en estudio y en el trabajo para lograr mis objetivos. Gracias por darme la oportunidad de viajar a distintos lugares para conseguir mis objetivos y por guiar mi camino.

A MIS PADRES

A mis padres Isidro Puraca e Imelda Rosa Calapuja por darme la oportunidad de estudiar y por creer en mí, dándome ejemplos dignos de superación y entrega; porque gracias a ellos hoy puedo ver alcanzado una de mis metas ya que siempre estuvieron en los momentos más difíciles impulsándome en mi carrera, sin dudar ni un solo momento de mis capacidades e inteligencia, es por ellos que soy lo que soy. A ellos este proyecto de investigación que sin ellos no hubiese logrado el objetivo..

Enrique Americo Puraca Calapuja

Dedico A Dios quien ha sido mi fortaleza el que me ha permitido alcanzar este momento trascendental en mi vida y poder llegar a esta gran meta. A mi madre Marcelina Hanco Chura por su apoyo incondicional y la calidez de su amor y sus sabios consejos ha sido una parte fundamental para conseguir este gran logro en mi vida.

A mi padre Gregorio Suxso Mamani por su esfuerzo, cariño y comprensión que me han demostrado durante toda mi existencia, por creer en mí y alentarme a seguir adelante, por ser más que mi padre mi mejor amigo. A mis hermanos(as) Simón, Nicanor, Sabino, Basilio, María y Matilde.

A mi amiga Scharline S. M. quien con su cariño han llenado de alegría mi vida y han sido mi motivación. A mis amigos y compañeros que han transitado junto a mí a vida estudiantil.

Isidro Suxso Hanco

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a dios por guiarme en mi camino. A mis padres y hermanos por quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y fomentado mi formación académica.

Agradezco al presidente del jurado tesis Dr. Normán Jesús Beltrán Castañón y a los miembros del jurado tesis Dr. Henry Pizarro Viveros y al M.Sc. Jhon Eduardo Abarca Suca y agradecer al asesor de tesis M.Sc. Reynaldo Condori Yucra por su gran aporte y paciencia en el desarrollo del presente proyecto de investigación.

Finalmente, a la prestigiosa Universidad Nacional de Juliaca que me abrió las puertas haciendo de mi excelente profesional, a la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables, a los Ingenieros: Walter, Saúl, Julio Fredy, José Manuel y Elmer Rodrigo; por transmitir sus conocimientos y por orientar al bien camino.

Un agradecimiento especial Dr. Rodolfo Zamalloa Lopez de la Empresa Continuas Energias y la Sra. Gabriela Bonneet de la Empresa Grupo Bonneet.

Enrique Americo Puraca Calapuja

A Dios en quien creo infinitamente y me ha permitido alcanzar este logro. A mí querida familia que ha sido un pilar Fundamental en mi vida, por su apoyo incondicional. A la Universidad Nacional de Juliaca y a la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables, que me abrieron sus puertas para mi preparación profesional y de la cual estoy muy orgulloso haber transcurrido mi vida universitaria en sus aulas. A mis queridos docentes que me han impartido su catedra, conocimientos y valores que a lo largo de esta vida estudiantil lo han hecho con toda su calidad humana y buena voluntad.

Isidro Suxso Hanco

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	VII
AGRADECIMIENTO.....	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XIX
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XX
RESUMEN.....	XXI
ABSTRACT.....	XXII
INTRODUCCIÓN.....	23
CAPÍTULO I - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	25
1.1. Formulación del problema	25
1.2. Formulación de preguntas.....	26
1.2.1. Problema general	26
1.2.2. Problemas específicos.....	26
1.3. Objetivos de la investigación	26
1.3.1. Objetivo general.....	26
1.3.2. Objetivos específicos	27
1.4. Justificación de la investigación	27
1.4.1. Justificación económica.....	27
1.4.2. Justificación ambiental	27
1.4.3. Justificación tecnológica.....	27
CAPÍTULO II - REVISIÓN DE LITERATURA	28
2.1. Antecedentes	28
2.2. Origen del proyecto.....	29
2.3. Historia del vehículo eléctrico	30
2.3.1. Componentes principales.....	31
2.4. Concepto de vehículo eléctrico solar	32
2.4.1. Clasificación de vehículos alimentados por energía solar.....	33

2.4.2.	Dimensiones y parámetros de los vehículos.....	34
2.5.	Sistema estructural del vehículo	38
2.5.1.	Bastidor.....	39
2.5.2.	Criterio sobre rigidez	44
2.5.3.	Distribución de masas.....	46
2.5.4.	Espacio y ergonomía.	47
2.6.	Sistemas mecánicos	49
2.6.1.	Sistema de dirección.....	49
2.6.2.	Sistema de freno	50
2.6.3.	Sistema de suspensión	50
2.6.4.	Eje de transmisión	51
2.7.	Sistema de propulsión.....	51
2.7.1.	Elementos que componen el sistema de propulsión.....	52
2.7.2.	Motor eléctrico	52
2.7.3.	Tipos de motores eléctricos	53
2.7.4.	Ventajas y desventajas de motores AC y DC.....	60
2.7.5.	Comparación de motores eléctricos.....	61
2.7.6.	Capacidad de pendiente	61
2.7.7.	Fuerza de ascenso (FHC).....	62
2.7.8.	Fuerza aerodinámica (FAD)	62
2.8.	Energía solar y su aplicación en vehículos	63
2.8.1.	Energía solar	63
2.8.2.	Constante Solar.....	65
2.8.3.	Electricidad fotovoltaica.....	65
2.8.4.	Radiación Solar Extraterrestre.....	65
2.8.5.	Irradiancia en condiciones de estándares de medicion.....	66
2.8.6.	Horas de sol pico.	66
2.8.7.	Efecto fotovoltaico	66
2.8.8.	Materiales de fabricación.....	67
2.8.9.	Eficiencia de las celdas solares.....	67
2.8.10.	Paneles fotovoltaicos	68

2.8.11. Curvas características de los paneles fotovoltaicos	69
2.8.12. Factores que afectan las curvas características de los paneles fotovoltaicos.....	69
2.9. Sistema de almacenamiento de energía del vehículo eléctrico solar	70
2.9.1. Baterías de almacenamiento de carga	70
2.9.2. Tipos de baterías en vehículos eléctricos	71
2.9.3. Conexiones de banco de batería	73
2.10. Normas técnicas	75
2.10.1. Norma técnica FAU.....	75
2.10.2. Normas del diseño y selección fotovoltaico.....	76
CAPÍTULO III - MATERIALES Y MÉTODO.....	77
3.1. Formulación de hipótesis	77
3.1.1. Hipótesis general	77
3.1.2. Hipótesis específicas.....	77
3.2. Materiales.....	77
3.2.1. Recursos humanos	77
3.2.2. Equipos	78
3.2.3. Herramientas.....	83
3.2.4. Insumos.....	83
3.3. Procedimiento metodológico	83
3.4. Diseño de investigación	83
3.5. Característica de la zona	84
3.5.1. Ámbito de Estudio	84
3.5.2. Ubicación Geográfica:	84
3.5.3. Climatología	85
3.6. Procedimiento de la metodología.....	86
3.7. Diseño del sistema estructural del chasis.....	86
3.7.1. Selección de alternativas	86
3.8. Diseño del chasis.....	89
3.9. Cálculos.....	90
3.9.1. Ubicación del centro de gravedad.	90
3.9.2. Cálculo de los momentos respecto a los ejes del centro de gravedad	94

3.9.3. Cálculo de las coordenadas del centro de gravedad	96
3.9.4. Distribución de masas en el vehículo	98
3.9.5. Porcentaje de pesos en los ejes delantero y posterior	100
3.9.6. Determinación de las cargas que soporta la estructura tubular	102
3.10. Selección sistema de propulsión	106
3.10.1. Selección del tipo de sistema de transmisión	106
3.10.2. Diseño dinámico del vehículo	106
3.10.3. Capacidad de pendiente	107
3.10.4. Cálculo dinámico	109
3.10.5. Condiciones iniciales para la selección de los componentes del vehículo	109
3.10.6. Cálculo de potencia del motor	114
3.10.7. Selección comercial del motor	116
3.10.8. Selección comercial del diferencial	116
3.11. Dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaico.....	117
3.11.1. Implementación de paneles fotovoltaicos del vehículo eléctrico solar	117
3.11.2. Implementación de panel fotovoltaico auxiliar del vehículo eléctrico solar	119
3.11.3. Análisis de Irradiación Solar.	120
3.12. Selección sistema de almacenamiento de energía	121
3.12.1. Selección de banco de baterías	121
3.12.2. Selección de controlador de carga	123
3.13. Análisis económico vehículo eléctrico solar.....	124
3.13.1. Costo de producción del vehículo eléctrico solar	125
3.13.2. Costo de producción en cantidad.....	127
3.13.3. Alquiler del vehículo eléctrico solar para una zona turística.....	127
CAPÍTULO IV – ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	128
4.1. Resultado del diseño vehículo eléctrico solar	128
4.1.1. Dimensiones del vehículo:.....	128
4.1.2. Resultados obtenidos del centro de gravedad.....	129
4.2. Resultado del dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaico	131
4.2.1. Capacidad total de generación fotovoltaico.....	131
4.2.2. Capacidad total de acumulación de energía	131

4.2.3. Capacidad de regulador de carga.....	131
4.2.4. Capacidad sistema de propulsion	131
4.3. Especificaciones técnicas del vehículo eléctrico solar.....	132
4.4. Parámetros de operación del vehículo eléctrico solar.....	133
4.5. Horas de autonomia del vehículo eléctrico solar	134
CAPÍTULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	136
5.1. Conclusiones	136
5.2. Recomendaciones	137
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	138
ANEXOS.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Fotografía del primer vehículo eléctrico adaptado de Lopez & Caballero (2013)....	31
Figura 2.2: Diagrama unifilar de VE adaptado de Zuñiga (2014).....	32
Figura 2.3: Versión final del vehículo, con paneles y carenado adaptado de Rossi et al (2014).	33
Figura 2.4: Longitud, ancho y altura de un vehículo adaptado de Lizano (2017).....	35
Figura 2.5: Distancia entre ejes de un vehículo adaptado de Lizano (2017).....	36
Figura 2.6 : Masas suspendidas y no suspendidas de un vehículo adaptado de Lizano (2017)..	37
Figura 2.7: Ancho de vías delantero adaptado de Lizano (2017).....	37
Figura 2.8: Parâmetros que dispone el chasis adaptado de Antonio et al (2013).....	39
Figura 2.9: Bastidor convencional adaptado de Andrade (2009)	40
Figura 2.10: Bastidor en X adaptado de Lizano (2017).	41
Figura 2.11: Bastidor longitudinal adaptado de Lizano (2017).....	42
Figura 2.12: Bastidor perimétrico adaptado de Lizano (2017).....	42
Figura 2.13: Bastidor tubular adaptado de Lizano (2017).....	43
Figura 2.14: Chasis sometido a esfuerzos torsores adaptado de Lizano (2017).....	46
Figura 2.15: Determinación analítica del centro de gravedad de un vehículo adaptado de Lizano (2017).....	47
Figura 2.16: Esquema relación información – control adaptado de Antonio et al (2013).	48
Figura 2.17: Esquema de las dimensiones antropométricas consideradas adaptado de Antonio et al (2013).....	48
Figura 2.18: Esquema de ángulos de confort en la conducción adaptado de Antonio et al (2013).	49
Figura 2.19: Amortiguador hidráulico adaptado de Andrade & Alvarez (2009).	50
Figura 2.20: Sistema de suspensión de ruedas con un mismo eje adaptado de Andrade & Alvarez (2009).....	51
Figura 2.21: Diagrama de motores mas aplicativos a vehículos eléctricos adaptado de Joaquim (2012).....	53
Figura 2.22: Tipos de motores de corriente continua adaptación propia.....	54
Figura 2.23: Advanced DC BL-4001 series motor adaptado de Abatta & Moya (2013).....	55
Figura 2.24: Motor Shunt adaptado de Abatta & Moya (2013).	55

Figura 2.25: Motor de corriente continua – Imán permanente adaptado de (Abatta & Moya (2013)).	56
Figura 2.26: Motor Brushless principio de funcionamiento adaptado de Abatta & Moya (2013).	56
Figura 2.27: Motor Brushed DC adaptado del fabricante (2019).	57
Figura 2.28: Motor de induccion, acoplado a una caja reductora adaptado de Joaquim (2012).	58
Figura 2.29: Transmisión por banda adaptado de Rosero (2018).	59
Figura 2.30: Diagrama de transmisión por cadena adaptado de Rosero (2018).	59
Figura 2.31: Funcionamiento transmisión por engranes adaptado de Rosero (2018).	60
Figura 2.32: Ubicacion de recurso solar adaptado de Villanueva (2009).	64
Figura 2.33: Panel solar adaptado del fabricante (2019).	68
Figura 2.34: Curva característica de paneles solares (I-V) adaptado de Pinho & Galdino (2014).	69
Figura 2.35: La irradiacion solar de un panel fotovoltaico medido a una temperatura constante adaptado de Ñuñez & Salazar (2014)	70
Figura 2.36: Esquema simplificado de un acumulador adaptado de Ñuñez & Salazar (2014).	71
Figura 2.37: Bateria de plomo acido adaptado de Mamani (2018).	71
Figura 2.38: Bateria de grafeno adaptado de Mariscal (2016).	72
Figura 2.39: Ejemplos de formas de baterias LiFePo adaptado de Novais De Freitas (2012).	72
Figura 2.40: Bateria solar adaptado de Fonseca (2011).	73
Figura 2.41: Banco de baterias en conexión en serie adaptado de Ñuñez & Salazar (2014).	74
Figura 2.42: Banco de baterias en conexión en paralelo adaptado de Ñuñez & Salazar (2014).	74
Figura 2.43: Banco de baterias en conexión en serie y paralelo adaptado de Ñuñez & Salazar (2014).	75
Figura 3.1: Acelerador electrico de pedal adaptado de Lopez & Caballero (2013).	80
Figura 3.2: Conector universal adaptado de Lopez & Caballero (2013).	80
Figura 3.3: Controlador de velocidad adaptado de Carreño Aguillon et al (2012).	81
Figura 3.4: Controlador de carga adaptado de Lopez & Caballero (2013).	81
Figura 3.5: Multímetro digital FLUKE 179 adaptacion propia.	82
Figura 3.6: Chasis adaptación propia.	90

Figura 3.7: Distancias de las cargas desde el punto de referencia en los sentidos de los ejes X y Z adaptación propia.	92
Figura 3.8: Distancias de cargas desde el punto de referencia em sentido del eje Y adaptación propia.	93
Figura 3.9: Distancias del punto de referencia al centro de gravedad en ejes X y Z adaptación propia.	98
Figura 3.10: Distancia dx entre el centro de gravedad y entre ejes adaptación propia.	99
Figura 3.11: Medidas del área del piso de la estructura tubular del vehículo eléctrico adaptación propia.	104
Figura 3.12: Fuerzas que actúan en una pendiente adaptado Rosero (2018)	109
Figura 3.13: Diseño de estructura adaptación propia.	113
Figura 3.14: Sistema de transmisión del vehículo electrico solar adaptación propia.	117
Figura 3.15: Diagrama unifilar del vehículo eléctrico solar adaptación propia.	118
Figura 3.16: Diagrama de bloques del vehículo eléctrico solar adaptación propia.	118
Figura 3.17: Diagrama unifilar auxiliar del vehículo eléctrico solar adaptación propia.	119
Figura 3.18: Diagrama bloques auxiliar del vehículo eléctrico solar adaptación propia.	120
Figura 3.19: Irradiación solar en la ciudad de Juliaca adaptado Estacion meteorológica del Distrito Juliaca.	120
Figura 4.1: Dimensiones del vehículo eléctrico solar adaptación propia.	129
Figura 4.2: Obtención de centro de gravedad con cálculo matemático adaptación propia.	130
Figura 4.3: Obtención de centro de gravedad utilizando el software Solidworks adaptación propia.	130
Figura 4.4: Parámetros de operación del vehículo eléctrico solar adaptación propia.	134
Figura 4.5: Autonomía del vehículo eléctrico solar adaptación propia.	134
Figura 4.6: Producto final y prueba del vehículo eléctrico solar adaptación propia.	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 <i>Ventajas y desventajas entre los motores AC y DC adaptado de Rosero (2018)</i>	60
Tabla 2.2 <i>Tabla comparativa de las características entre los motores AC y DC adaptado de Paye (2019)</i>	61
Tabla 2.3 <i>Principales Características de la Energía Solar adaptado de Nuñez & Salazar (2014)</i>	64
Tabla 3.1 <i>Especificaciones de motor eléctrico 180M-32030E5-E adaptado del fabricante</i>	78
Tabla 3.2 <i>Especificaciones técnicas del driver adaptado del fabricante</i>	79
Tabla 3.3 <i>Especificaciones eléctricas del multímetro FLUKE 175</i>	82
Tabla 3.4 <i>Análisis de alternativas para el sistema estructural tubular del auto eléctrico adaptado de Lizano (2017)</i>	87
Tabla 3.5 <i>Selección de la mejor alternativa para el sistema estructural tubular adaptado de Lizano (2017)</i>	88
Tabla 3.6 <i>Análisis de alternativas para el material de la estructura tubular adaptado de Lizano (2017)</i>	88
Tabla 3.7 <i>Selección de la mejor alternativa para el material de la estructura tubular adaptado de Lizano (2017)</i>	89
Tabla 3.8 <i>Pesos de cada uno de los componentes del vehículo con sus respectivas</i>	94
Tabla 3.9 <i>Momentos generados de cada uno de los componentes del vehículo correspondiente a sus ejes adaptación propia</i>	95
Tabla 3.10 <i>Coordenadas del centro de gravedad adaptación propia</i>	97
Tabla 3.11 <i>Peso de los elementos permanentes del vehículo adaptación propia</i>	103
Tabla 3.12 <i>Parametros del vehiculo electrico solar adaptación propia</i>	107
Tabla 3.13 <i>Porcentajes en pendiente (%) vs pendientes en grados adaptación propia</i>	108
Tabla 3.14 <i>Pesos de los componentes del vehiculo electrico solar adaptación propia</i>	110
Tabla 3.15 <i>Coefficiente de rodadura adaptación propia</i>	111
Tabla 3.16 <i>Presupuesto, materiales y equipos del vehículo eléctrico solar adaptación propia adaptación propia</i>	124
Tabla 3.17 <i>Costo de producción del vehículo eléctrico solar adaptación propia</i>	126
Tabla 3.18 <i>Gastos fijos del vehículo eléctrico solar adaptación propia</i>	126

Tabla 3.19 <i>Depreciación anual del vehículo eléctrico solar adaptación propia.</i>	126
Tabla 3.20 <i>Presupuesto total del vehículo eléctrico solar adaptación propia.</i>	126
Tabla 3.21 <i>Costo total del vehículo eléctrico solar por 10 unidades adaptación propia.</i>	127
Tabla 3.22 <i>Costo de alquiler del vehículo eléctrico solar por anual, adaptación propia.</i>	127

LISTA DE ABREVIATURAS

VES	Vehículo Eléctrico Solar
VE	Vehículo Eléctrico
VCI	Vehículo de Combustión Interna
FV	Fotovoltaico
GEI	Gases del Efecto Invernadero
STC	Condiciones de Prueba Estándar
UNAJ	Universidad Nacional de Juliaca

LISTA DE SÍMBOLOS

C.A.	Corriente alterna
C.C.	Corriente continua
Isc	Corriente de corto circuito
Imp	Corriente de máxima potencia
I	Inversión
G	Irradiancia
AM	Masa del aire
m^2	Metros cuadrados
n	Número de períodos
PR	Performance ratio
TC	Temperatura de la célula
Cb	Capacidad de banco de baterías
TNOC	Temperatura nominal de operación de la célula
Voc	Tensión circuito abierto
Vmp	Tensión de máxima potencia

RESUMEN

Debido a que en la región de Puno se tiene una gran cantidad de vehículos de combustión interna que emiten dióxido de carbono CO₂. En ese contexto surge la presente tesis con el objetivo de realizar el diseño y construcción de un vehículo eléctrico autónomo impulsado por energía solar fotovoltaica. La metodología utilizada para el presente investigación es de tipo descriptivo y aplicativo porque se comprobará el sistema de alimentación fotovoltaica del vehículo eléctrico, además se utilizó un software Solidworks para diseñar la estructura tubular. El vehículo eléctrico solar tiene un peso total de 620 Kg, se alimenta de energía solar fotovoltaico instalada en su techo de una potencia de 825 W para recargar el banco de baterías de 18947.36 Wh y posteriormente alimenta el motor eléctrico trifásica de corriente continua de 10kW, con una fuerza de tracción eléctrica de 1094.32N; la energía generada total es de 4.986 kW/ día; esto aporta una carga de 25% al banco de baterías. El vehículo eléctrico solar tiene una autonomía de dos horas de recorrido de 60 Km, una velocidad 50 Km/h. con un ascenso de 8.53°. Es muy rentable y sus costos de operación son menores. Reduce emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Contribuye a la mejora de la calidad del aire y reduce la contaminación sonora.

Palabras Clave: Diseño, vehículo eléctrico solar, innovación, solidworks, energía limpia y desarrollo sostenible.

ABSTRACT

Because the Puno region has a large number of internal combustion vehicles that emit carbon dioxide CO₂. In this context the present thesis arises with the objective of carrying out the design and construction of an autonomous electric vehicle powered by photovoltaic solar energy. The methodology used for this research is descriptive and applicative because the photovoltaic power system of the electric vehicle will be verified, in addition Solidworks software was used to design the tubular structure. The solar electric vehicle has a total weight of 620 Kg, it is powered by photovoltaic solar energy installed on its roof with a power of 825 W to recharge the 18,947.36 Wh battery bank and subsequently powers the 10kW three-phase electric motor of direct current, with an electrical traction force of 1094.32N; the total energy generated is 4,986 kW / day; this brings a 25% charge to the battery bank. The solar electric vehicle has an autonomy of two hours of travel of 60 km, a speed of 50 km / h. with an ascent of 8.53°. It is very profitable and its operating costs are lower. Reduces greenhouse gas (GHG) emissions. It contributes to the improvement of air quality and reduces noise pollution.

Keywords: Design, solar electric vehicle, innovation, solidworks, clean energy, sustainable development.

INTRODUCCIÓN

La energía solar es una fuente inagotable, ecológicamente ventajosa en relación con cualquier otra fuente de energía, no produce emisión de gases de efecto invernadero. Actualmente los vehículos eléctricos ya son propulsados con energía solar fotovoltaica que alimentan a un banco de baterías para poder aumentar la autonomía energética.

En la actualidad los vehículos eléctricos son una opción viable para la reducción de uso de combustibles fósiles y no generan emisiones de gases de efecto invernadero.

Este proyecto de diseño y construcción de un vehículo eléctrico autónomo impulsado con energía solar fotovoltaica, ayuda en mitigar los gases de efecto invernadero, así también contribuye la población al desarrollo económico, ambiental y el progreso de la UNAJ en la investigación.

El presente proyecto de investigación se elaboró, en un período de dos años y se organiza de la siguiente forma:

En el Capítulo I, contiene el planteamiento del problema general y específicos, objetivos de investigación: objetivo general, objetivos específicos, justificación.

En el Capítulo II, son presentados la revisión de literatura sobre los vehículos electricos solares, en este capítulo se pretende explicar los conceptos básicos de un vehículo solar, el sistema almacenamiento de energía.

En el Capítulo III, se presenta los materiales y además se desarrolla la metodología de investigación y técnicas e instrumentos de recolección de datos, en donde dará a conocer los componentes del vehículo solar y el dimensionamiento del sistema fotovoltaico y por último el análisis de viabilidad técnica y económico.

En el Capítulo IV, V. Se analiza y se interpreta los resultados obtenidos, además da a conocer las conclusiones y algunas recomendaciones por ultimo muestra referencias bibliográficas encontradas en el diseño y construcción de un vehículo eléctrico autónomo impulsado por energía solar fotovoltaico en la UNAJ. Al final se presenta los anexos que se utilizaron en el proyecto.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema

El parque automotor en el Perú, son en su totalidad de combustión interna que provoca el cambio climático (desastres naturales) y además hacen mucho daño a la salud de las personas. Actualmente, el transporte público y de carga es fundamental en el desarrollo de las ciudades. En las ciudades contaminadas los vehículos eléctricos sería una buena propuesta para así garantizar la salud de la población sabemos muy bien la densidad poblacional aumenta cada vez más a pasar los años, la sociedad quiere contar con ambiente sin contaminación y así garantizar el futuro de sus hijos (Mamani, 2018).

El parque automotor es el responsable del 70% de la contaminación existente en el Perú y el porcentaje restante se le atribuye a las industrias estacionarias, advirtió la Dirección de Calidad ambiental del Ministerio del Ambiente (Minam).

En el año 2018 la población peruana era de 32 millones, con una tasa de crecimiento de 1% anual. Además, circula más de 1 millón 200 mil vehículos viejos emitiendo una contaminación generada que llega a 967 millones de m³ de dióxido de carbono (CO₂), equivalente a llenar 532 estadios olímpicos y cada año mueren 15.000 peruanos a causa de la contaminación. (OMS, 2018)

Es evidente que el parque automotor ha crecido 2,9% en la ciudad de Juliaca según MTC (2018). Por lo tanto, los niveles de contaminación del dióxido de carbono se han incrementado, esto debido a la cantidad de autos, motos toritos y combis de transporte público con estado de conservación muy mala esto constituyen la principal fuente de contaminación atmosférica a nivel urbano. Un aspecto a tomar en cuenta es la venta informal de gasolina procedente de Bolivia la que contiene altos niveles de plomo. lo que

ha generado problemas de salud en las personas; sabemos que las emisiones de diésel contienen cerca de 40 contaminantes peligrosos.

Por tal motivo se propone diseñar y construir un vehículo eléctrico autónomo impulsado por energía solar fotovoltaica para mitigar los gases de efecto invernadero. Además, existe gran potencial de irradiación solar en Juliaca de 5.9 Kwh/m² promedio anual, energía suficiente para aplicaciones a vehículos eléctricos con energía solar fotovoltaica.

1.2. Formulación de preguntas

1.2.1. Problema general

- ✓ ¿En qué medida influye el diseño y construcción de un vehículo eléctrico autónomo impulsado por energía solar fotovoltaica en la UNAJ?

1.2.2. Problemas específicos

- ✓ ¿Qué parámetros se debería considerar para el diseño estructural del chasis y la carrocería del vehículo eléctrico?
- ✓ ¿Qué parámetros se debería considerar para el sistema de generación, almacenamiento y propulsión del vehículo eléctrico?
- ✓ ¿Cuál sería el análisis de la viabilidad técnica, económica y ambiental?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- ✓ Diseñar y construir un vehículo eléctrico autónomo impulsado por energía solar fotovoltaica en la universidad nacional de Juliaca, Puno.

1.3.2. **Objetivos específicos**

- ✓ Diseñar el sistema estructural del chasis y la carrocería del vehículo eléctrico autónomo impulsado por energía solar fotovoltaica en la UNAJ.
- ✓ Implementar y seleccionar los parámetros del sistema de generación, almacenamiento y propulsión del vehículo eléctrico autónomo impulsado por energía solar fotovoltaica en la UNAJ.
- ✓ Analizar la viabilidad técnica, económica y ambiental del vehículo eléctrico autónomo impulsado por energía solar fotovoltaica en la UNAJ.

1.4. **Justificación de la investigación**

En este proyecto de diseño y construcción de un vehículo eléctrico autónomo impulsado con energía solar fotovoltaica. El cual ayuda en muchos aspectos de la investigación, así también contribuye al desarrollo y el progreso de la UNAJ.

1.4.1. **Justificación económica**

Desde el punto de vista socioeconómico, los vehículos eléctricos tienen que surgir como una buena alternativa en el campo comercial, y prueba de esto es el surgimiento de nuevas empresas cuyo fin es fabricar vehículos eléctricos solares para su producción en masa.

1.4.2. **Justificación ambiental**

Respecto ambiental se disminuye de forma considerable el índice de contaminación ambiental en la ciudad de Juliaca, dando como iniciativa esta propuesta del desarrollo con el prototipo de un vehículo eléctrico sustentable.

1.4.3. **Justificación tecnológica**

El proyecto de investigación contribuye de forma directa a la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables a que comprueben la teoría hecha en clase y la lleven al campo de la aplicación en forma rápida fiable y con un mayor énfasis a la investigación.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Según Lizano (2017), el proyecto de vehículos eléctricos es de gran interés desde el punto de vista innovador ya que contribuye hacia el uso de energías solar. El autor realizó dos fases, primero diseñó la geometría considerando espacios y distribución de componentes, la selección del material para construir el piso del habitáculo, la parte frontal y posterior utilizó tubos de acero estructural galvanizado. En base a estos parámetros se utilizó un software CAD/CAE para visualizar el diseño y las formas, la siguiente fase corresponde al cálculo de las cargas que estaría sometida la estructura (cargas verticales, giro, resistencia al viento, torsión, etc. a través del programa ANSYS).

Según Rosero (2018), estudia un proyecto sobre la construcción de un sistema de propulsión para un auto eléctrico biplaza UTA-CIM17, el mismo que está destinado para el uso institucional de la Universidad Técnica de Ambato en el campus de Huachi (Ecuador) en donde se implementó componentes mecánicos como eléctricos en la carrocería del vehículo. El sistema de propulsión del auto eléctrico, está compuesto por un motor eléctrico de corriente continua, un diferencial y un sistema de transmisión piñón - cadena, este sistema fue ensamblando conjuntamente con los demás sistemas que conforman el proyecto grupal de Diseño y construcción del auto eléctrico biplaza.

Según Zúñiga (2005), muestra en su proyecto de investigación titulada “Evaluación y análisis del aumento en la autonomía de un vehículo eléctrico utilizando paneles fotovoltaicos y Maximum Power Point Tracker de alta tecnología”, evalúa y analiza la viabilidad técnica de utilizar este tipo de tecnología a bordo de un vehículo eléctrico convencional. Mediante seis módulos fotovoltaicos conectados a un banco de baterías a través del controlador MPPT y montados sobre una camioneta solectria. El sistema terminado fue probado en distintas condiciones de operación para lograr analizar y evaluar

su comportamiento en diferentes escenarios. Los resultados que sea obtenido del vehículo eléctrico se logró alimentar con energia solar fotovoltaica, es amigable con el medio ambiente y por ultimo se aumentó la autonomía energetica del vehículo.

Según Nuñez et al (2014) en su tesis de investigación titulada “Diseño y construcción de un sistema eficiente de alimentación solar, mediante acumuladores de energía, para un vehículo eléctrico” propone el diseño y construcción de un vehículo eléctrico autónomo impulsado con energía solar fotovoltaico para competiciones a pequeña escala. Los usos de sistemas de dispositivos de este diseño reducen el mantenimiento, emisiones tóxicas, ruido, contaminación ambiental, por ese motivo estos se hacen atractivos para aplicarlos en los vehículos eléctricos, posteriormente plasmar en su totalidad el vehículo eléctrico solar.

Según Mamani (2018), en su investigación “Diseño de los sistemas de alimentación fotovoltaica para mejorar la autonomía energética del vehículo eléctrico de la EPIME-UNA-PUNO” se diseñó y seleccionó un sistema eficiente fotovoltaico para aumentar la autonomía energética. En su proyecto de investigación se utilizó un carro modelo escarabajo marca Volkswagen del año 1976 con un peso de 500 Kg. El resultado obtenido de esa investigación cargar un banco de baterias por el medio energia solar que necesita una radiacion de diez horas sol asi incrementar la autonomia en un 5,0% se llega a concluir que es viable el diseño y selección de los equipos y componentes necesarios para alimentación fotovoltaica del vehículo eléctrico.

2.2. Origen del proyecto

En la ciudad de Juliaca no existen investigaciones, diseños, proyecto de inversión relacionados vehículos eléctricos solares, ante el incremento del parque automotor de combustion interna

“Es muy común ver en nuestras calles como circulan vehículos con motor diésel emitiendo una gran cantidad de dióxido de carbono (CO₂) y motores a gasolina que al pasar

no sólo humean, sino que también dejan un fuerte olor a combustible que incluso es irritante para nuestros ojos, estas evidencias no solo muestran una elevada cantidad de gases tóxicos en el ambiente, sino también una mala regulación del sistema de alimentación de estos vehículos. Por lo que se deduce que, de elevar el control por parte de las autoridades, se puede disminuir no solo la contaminación ambiental sino también dar un mejor uso al combustible disponible, pues un sistema de alimentación en mal estado trae consigo un consumo de combustible elevado” (Paye, 2019).

Con el uso de medios alternativos de energía solar para el sistema de transporte se pueden reducir notablemente los índices de contaminación. En la actualidad la mayoría de vehículos están diseñados para ser alimentados por combustibles fósiles, estos vehículos tienen una limitación, en la actualidad vemos la suba del precio del combustible, esto ocasiona un problema a la sociedad; para dar la solución este inconveniente hoy en día se considera fundamental el uso de energías renovables.

2.3. Historia del vehículo eléctrico

No hay que olvidar que el vehículo eléctrico (VE) es anterior al vehículo de combustión interna (VCI) y que a finales del siglo pasado ya aparecen junto a los vehículos de vapor. Los VE fueron superiores y más aceptados que los vehículos (VCI) hasta 1920, donde la relación prestaciones/precio de los motores de gasolina condena al vehículo eléctrico a su desaparición. Se han fabricado vehículos eléctricos teniendo como fin el turismo ya que estos no alcanzan velocidades mayores a los 30Km/h y su autonomía es muy corta, Los VE debutaron en Europa el año 1880 y aparecieron en América en 1920, pero hacia 1970 el VE comenzó a ser fabricado de nuevo y ha continuado hasta ahora, a pesar de haber tenido problemas con la autonomía y el precio, pero este resulta una buena alternativa para el uso de energías limpias y renovables (Lopez & Caballero, 2013).



Figura 2.1: Fotografía del primer vehículo eléctrico adaptado de Lopez & Caballero (2013).

Los vehículos eléctricos no cuentan con un motor de combustión interna, la propulsión del vehículo es lograda por uno o hasta cuatro motores eléctricos. Es un vehículo de cero emisiones (ZEV). Es necesario recargar las baterías por medio de la red eléctrica o por medio de infraestructura dedicada; es decir, grifos de electricidad. En este tipo de vehículo también se puede cargar las baterías por medio del frenado regenerativo (Zuñiga, 2014).

2.3.1. Componentes principales

- ✓ Controlador electrónico: Recibe la información del conductor, aceleración y frenado, para luego transmitirla al motor eléctrico y así propulsar el vehículo o detenerlo.

- ✓ Convertidor electrónico de potencia: Es un convertidor para DC a AC, un inversor AC a DC y convertidor DC a DC.

- ✓ Baterías: almacena la energía necesaria para accionar el motor eléctrico.

- ✓ Motor eléctrico: Es el encargado de propulsar el vehículo.

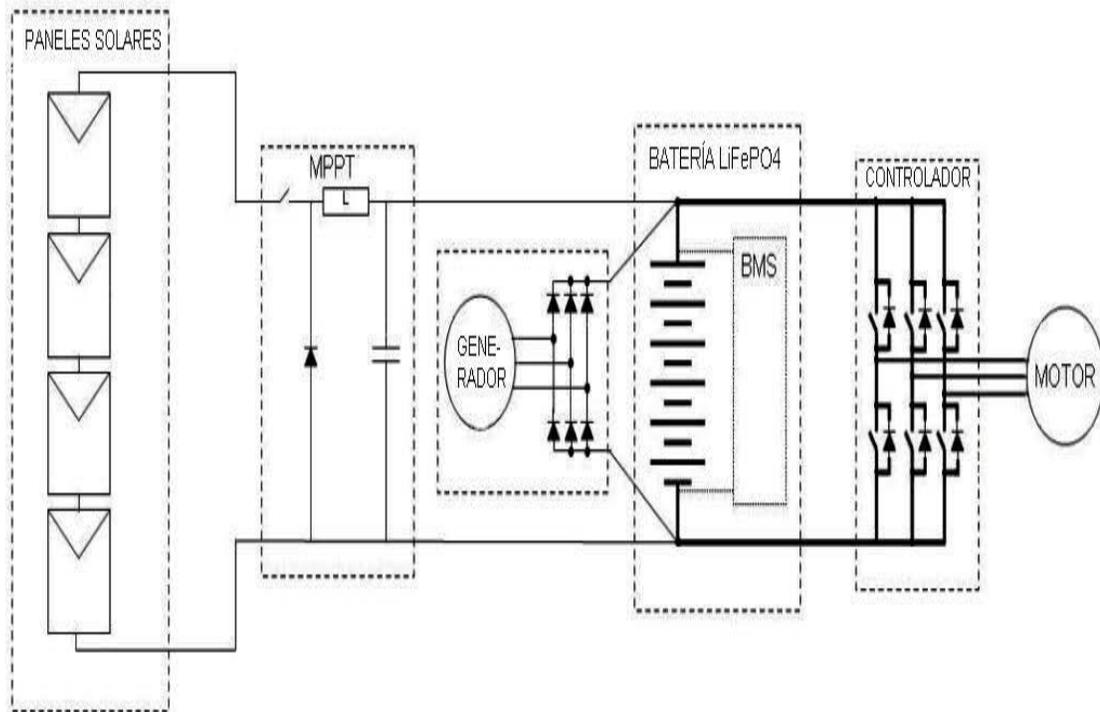


Figura 2.2: Diagrama unifilar de VE adaptado de Zuñiga (2014).

2.4. Concepto de vehículo eléctrico solar

Es un vehículo que se alimenta con energía solar, convierte directamente en electricidad por las celdas solares. Esta electricidad es almacenada en baterías y mueve un motor eléctrico que por medio de la transmisión mueve las ruedas. El piloto dentro de la cabina tiene los elementos básicos que hay en cualquier otro auto, como son, volante, acelerador y freno. Por lo general, conducir un vehículo solar será muy parecido a conducir un vehículo de gasolina. Sin el motor de combustión interna, los autos solares tienen el potencial de hacer menos ruido (Valdez, 2008).



Figura 2.3: Versión final del vehículo, con paneles y carenado adaptado de Rossi et al (2014).

2.4.1. **Clasificación de vehículos alimentados por energía solar**

Existen tres tipos de categoría de vehículos solares:

- ✓ Los que pueden funcionar prácticamente con el sol, sin requerir baterías. Este tipo tiene el lógico inconveniente que si pasa por lugares con sombras o si se nubla se reduce en gran medida sus prestaciones o se detiene.

- ✓ Los que usan los paneles para acumular energía en una o varias baterías y el motor se alimenta de ellas, los paneles aportan una gran parte de la energía que se requiere para su funcionamiento.

- ✓ Los vehículos electricos se consideren solares es imprescindible que en el lugar de la recarga exista una instalación de energía solar que proporcione la energía necesaria. Puede ser una instalación autónoma (con baterías) o con conexión a la red eléctrica que es más eficiente, de esta forma, aunque no coincidan los momentos de insolación con las horas de recarga del vehículo el balance energético final es lo que cuenta. Esta es la categoría en la que se encuentra el vehículo diseñado por considerarse apropiada por sus bajos costos y sencillo desarrollo (Carreño, 2012).

2.4.2. Dimensiones y parámetros de los vehículos

Las dimensiones generales y parámetros del vehículo son de muy importancia para las definiciones de las masas y en el estudio de las cargas.

2.4.2.1. Longitud de un automóvil

Distancia entre los planos verticales perpendiculares al plano medio del vehículo, que tocan al vehículo por adelante y por detrás. Todos los elementos del vehículo y en particular todos los órganos salientes por delante o por detrás están comprendidos entre estos dos planos. Como se puede observar en la Figura 2.4 la longitud del vehículo es de 3653 mm (Lizano, 2017).

2.4.2.2. Anchura del vehículo.

Distancia comprendida entre dos planos paralelos al plano longitudinal medio del vehículo que tocan al vehículo en los dos costados. Todos los elementos del vehículo, y en particular todos los órganos fijos que salgan lateralmente (cubos de la rueda, empuñaduras de la puerta, parachoques, etc.), están comprendidos entre estos dos planos, a excepción de los retrovisores, de los dispositivos ópticos de señalización lateral, los indicadores de presión de los neumáticos, las cortinas anti proyección flexibles, los peldaños retráctiles, las cadenas de nieve y la deflexión del neumático inmediatamente por encima del plano de apoyo (Lizano, 2017).

Se entenderá como “retrovisores “el dispositivo compuesto por espejo y soporte. Para la determinación de la anchura máxima no se considera la parte fija de los retrovisores unida a la cabina siempre y cuando no sobresalga de la anchura máxima del vehículo en más de 50 mm por cada uno de sus lados adyacentes. Como se puede observar en la Figura 2.4 la anchura del vehículo es de 1643 mm (Lizano, 2017).

2.4.2.3. Altura del vehículo

Distancia entre el plano de apoyo y un plano horizontal que toca la parte superior del vehículo. Podemos observar en la Figura 2.4 la altura del vehículo es de 1551 mm (Lizano, 2017).



Figura 2.4: Longitud, ancho y altura de un vehículo adaptado de Lizano (2017).

2.4.2.4. Distancia entre ejes de un automóvil.

Es la distancia entre las perpendiculares que inciden sobre el plano longitudinal medio del vehículo a partir de los puntos contenidos en los centros del eje delantero y del eje posterior de las ruedas como se puede apreciar en la Figura 2.5. A continuación, se indica algunas características de la distancia entre ejes.

- a. **Estabilidad.** - Una mayor distancia entre ejes implica que, con el mismo ángulo de giro de las ruedas, el vehículo gire menos ya que recorre una trayectoria con un radio mayor. Esto significa que se vuelve más estable a altas velocidades y en curvas amplias, pero menos manejables a bajas velocidades y en curvas cerradas.
- b. **Momento de Inercia respecto al giro del chasis.** - En un vehículo relativamente ligero, el peso de los ejes, ruedas, frenos y suspensiones supone un porcentaje considerable

respecto al total del chasis. Al aumentar la distancia entre ejes alejamos este peso del eje vertical de giro (situado entre los ejes). Esto supone aumentar el momento de inercia del vehículo respecto a los giros, por lo que cuesta más cambiar la dirección: se vuelve más lento de reacciones, aunque también más estable (Lizano, 2017).

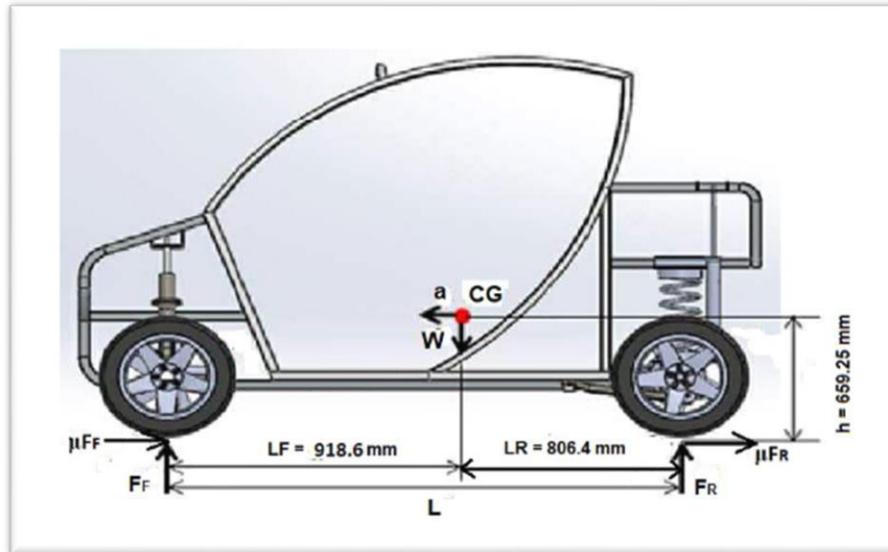


Figura 2.5: Distancia entre ejes de un vehículo adaptado de Lizano (2017).

2.4.2.5. Masas suspendidas y no suspendidas.

Las diferencias de posición de las masas determinan si estas son suspendidas o no suspendidas, teniendo en consideración que las masas del auto es la suma de los dos. La diferencia de las mismas permite realizar definiciones y cálculos que son de gran importancia. En la Figura 2.6 podemos identificar a las masas suspendidas y las masas no suspendidas que existen en un vehículo.

- a. **Masas Suspendidas.** Las masas suspendidas son aquellas que están soportadas por los elementos elásticos de la suspensión, por ejemplo: motor, caja de cambios, carrocería, entre otros.
- b. **Masas no suspendidas.** Las masas no suspendidas son aquellas que están soportadas directamente por el neumático, masas, porta masas, mordazas de freno y disco de freno.

La masa no suspendida será la cual el amortiguador debe mantener en control y mantenerla en contacto con el suelo (Lizano, 2017).

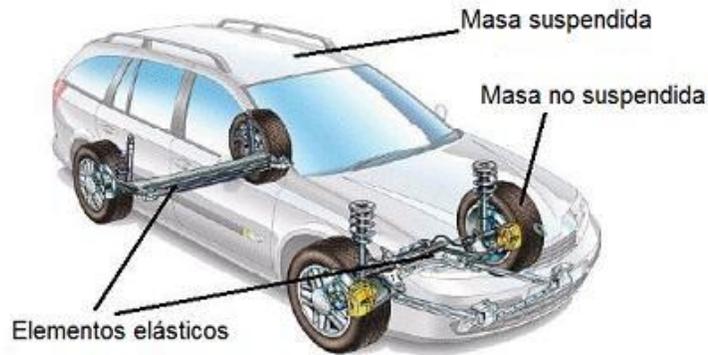


Figura 2.6 : Masas suspendidas y no suspendidas de un vehículo adaptado de Lizano (2017).

2.4.2.6. Ancho de vía.

Es la medida entre el centro de la huella del neumático izquierdo y derecho. Puede ser diferente en el tren delantero y en el posterior. En la figura 2.7 podemos apreciar el ancho de vías en la parte delantera. A continuación, se indica algunas características para el ancho de vía (Lizano, 2017).



Figura 2.7: Ancho de vías delantero adaptado de Lizano (2017)

- a) **Transferencia lateral de pesos.** - Al tomar una curva se sobrecargan las ruedas exteriores al transferirse parte del peso del vehículo. Esta transferencia disminuye al aumentar el ancho de vía.
- b) **Peso.** - Mayor anchura implica mayor peso total.
- c) **Área frontal.** - Mayor anchura suele implicar mayor área frontal y mayor resistencia aerodinámica.
- d) **Manejabilidad.** - Del mismo modo que vimos en la distancia entre ejes, una mayor anchura implica una menor maniobrabilidad al aumentar el momento de inercia respecto al eje vertical. En otras palabras, el vehículo se vuelve algo más "lento" pero también más estable.
- e) **Elección de trayectoria.** - Una mayor anchura obliga a que el centro del vehículo tenga que pasar algo ms alejado del borde de la curva, alejándonos de la trayectoria ideal. Este efecto se nota más en curvas de radio reducido (Lizano, 2017).

2.5. Sistema estructural del vehículo

La estructura es el elemento principal del vehículo. Se compone de un armazón metálico sobre el que se montan y relacionan todos los elementos del vehículo: la carrocería, el motor, la transmisión y la suspensión con las ruedas. Existen dos conceptos aplicables al diseño de la estructura resistente de los vehículos de carretera estos son el empleo de un bastidor resistente o de una estructura auto portante.

Uno de los principales problemas del usuario cuando observa su automóvil es el desconocimiento de las partes que lo integran. Este desconocimiento normalmente proviene del poco interés por estudiar sus partes, asumiendo que la complejidad del vehículo requiere estudios detallados, es necesario determinar las diferencias que existen entre dos componentes del automóvil; la carrocería y el chasis (Andrade & Alvarez, 2009).

2.5.1. Bastidor

Bastidor o chasis, constituye el soporte de todos los órganos principales del vehículo (motor, transmisión, suspensión sobre la que se apoya, dirección, ruedas, frenos). Carrocería: Conjunto de estructura y elementos de seguridad y confort que se adiciona al chasis de forma fija, para el transporte de personas. Carrocería Auto portante; aquella que en su diseño conforma el bastidor e incluye en su estructura los anclajes necesarios para el equipo mecánico y eléctrico (Andrade, 2009).

El chasis, posee una estructura que limita las posibilidades de modificaciones en algunos parámetros. Esto dispone manejar los volúmenes mencionados, con el espacio que disponen dichos parámetros modificables del chasis. Estos factores, en conjunto con los de uso y operación, determinan la ubicación de los componentes dentro del vehículo, con tal de definir qué elementos de lo existente se modifican y así, poder configurar la disposición de los dispositivos. Es importante mencionar que además de restricciones por la estructura existente, los cambios en el chasis están limitados por la factibilidad técnica y económica en los que se enmarca el proyecto (Antonio et al., 2013).

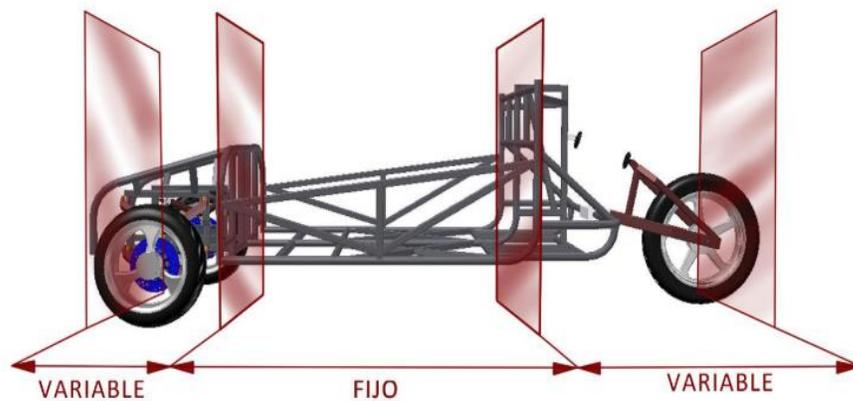


Figura 2.8: Parámetros que dispone el chasis adaptado de Antonio et al (2013).

El chasis o bastidor es el armazón sobre el que se montan y sujetan todos los mecanismos, soportando el peso de unos (motor, variador, baterías, etc.) y quedando otros colgados de él (suspensión y ruedas). La carrocería está unida al chasis y se destina al transporte de pasajeros y carga (Lopez & Caballero, 2013)

La estructura convencional está formada por largueros (situados en sentido longitudinal) ver en la Figura 2.9.

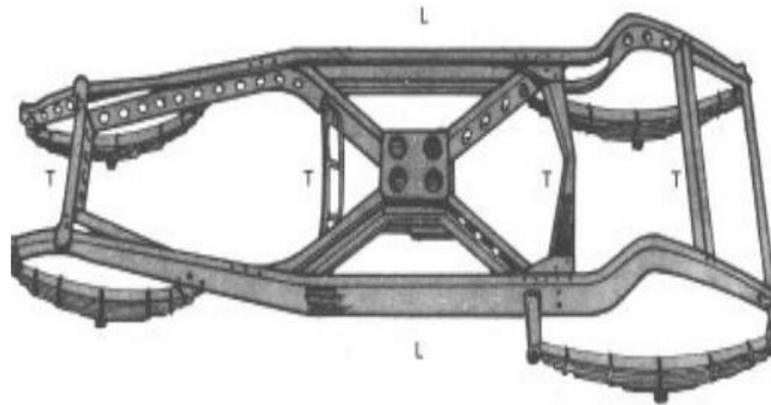


Figura 2.9: Bastidor convencional adaptado de Andrade (2009)

Además, el bastidor debe asegurar que la posición relativa de unos órganos respecto a otros permanezca fija o varíe dentro de posiciones preestablecidas para su correcto funcionamiento, como es el caso del puente posterior, las ruedas, entre otros. A continuación, se muestra algunas características que debe cumplir un bastidor:

- a. Elevada resistencia a la fatiga.
- b. Peso relativamente pequeño, para mantener baja la relación peso/potencia por una parte y abaratar el coste por otra.

Gran rigidez, es decir, ha de poder soportar los esfuerzos que se producen en la marcha, sin deformarse, en cualquier sentido (Lizano, 2017)

2.5.1.1 Tipos de bastidores

Los bastidores son variables en función del vehículo, con diferentes formas y geometría, de los esfuerzos que éste debe soportar. Existen cuatro tipos de bastidores empleados en los vehículos:

- a. **De columna o en X .-** Este bastidor se estrecha por el centro proporcionando al vehículo una estructura rígida. El travesaño delantero es muy robusto para servir de fijación para los anclajes de las suspensiones delanteras. Ver Figura 2.10. “Una variedad del mismo es el bastidor de tubo central, que cuenta con una viga longitudinal en la sección central, con perfil cuadrado o redondo y que tiene en sus elementos sendos entramados para alojar los elementos mecánicos del vehículo (Lizano, 2017).

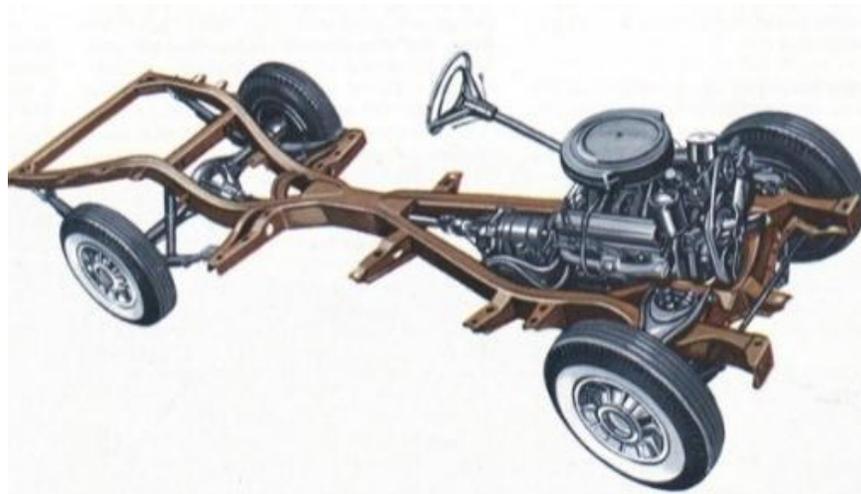


Figura 2.10: Bastidor en X adaptado de Lizano (2017).

- b. **Largueros longitudinales (H).-** Se compone de dos perfiles longitudinales, denominados largueros, unidos entre sí por varios travesaños tal como se puede apreciar en la Figura 2.11. Este tipo de bastidor es muy antiguo y el más sencillo, éste es independiente de la carrocería, es sumamente rígido y se emplea en los vehículos todo terreno e industriales (Lizano, 2017).



Figura 2.11: Bastidor longitudinal adaptado de Lizano (2017).

- c. **Perimétrico.-** Los largueros de este bastidor soportan la carrocería en la parte más ancha, ofreciendo una mayor protección en caso de impacto lateral. Los travesaños traseros están diseñados convenientemente para absorber la energía de un impacto trasero. “En caso de impacto lateral, como el larguero longitudinal se encuentra muy cerca del cerramiento del piso, se evitan en parte los aplastamientos (Lizano, 2017).

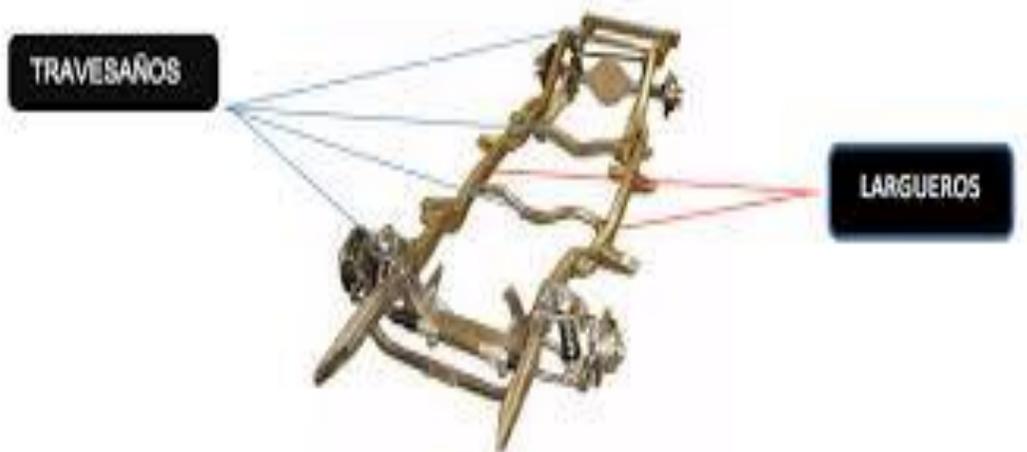


Figura 2.12: Bastidor perimétrico adaptado de Lizano (2017).

- d. Tubular.-** Está formado por una red de tubos finos soldados entre sí, que adopta la forma de una jaula. A este se montan directamente el resto de elementos del automóvil, como se puede apreciar en la Figura 2.13 un claro ejemplo de una estructura tubular. Su uso se limita a pequeños vehículos deportivos, de competición y algunos prototipos que requieren una gran rigidez, resistencia y reducción de peso; donde la carrocería tiene exclusivamente la misión estética y aerodinámica (Lizano, 2017).

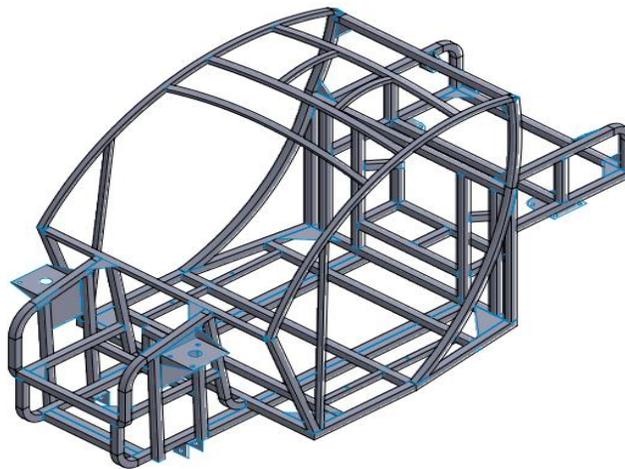


Figura 2.13: Bastidor tubular adaptado de Lizano (2017).

- e. La Carrocería.-** Los carros solares tienen diferentes formas de carrocería no existen normas determinadas en el diseño. El objetivo principal en el diseño es minimizar la resistencia del aire, maximizar la exposición al sol, los vehículos deben ser menor peso posible y más resistentes.
- ✓ **Cargas verticales:** provienen de las acciones de la gravedad, produce flexión del conjunto de la estructura y tracción/compresión en los puntos de anclaje de las suspensiones.
 - ✓ **Cargas laterales:** Aparecen por acciones dinámica en curva y por acciones aerodinámicas.

- ✓ **Cargas de torsión:** Producen el alabeo de la estructura ante acciones asimétricas como son el paso por irregularidades en la calzada (bache o elevación).

2.5.2. Criterio sobre rigidez

- a) **Rigidez:** Es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos. Se generaliza con la siguiente ecuación (Rosero, 2018).

$$k = \frac{P}{\Delta} \quad (2.1)$$

Donde:

k = Factor de rigidez

P = Representa la carga aplicada

Δ = Representa la deformación

Se debe considerar para el análisis del chasis dos conceptos importantes: la rigidez a la flexión y la rigidez torsional.

- b) **Rigidez a torsional:** Es el valor producido por la deformación del bastidor cuyos elementos sufren tensiones de tracción, compresión, flexión, sencillas o combinadas. Estos fenómenos pueden aparecer cuando un auto pasa sobre un camino lleno de baches (no todas sus ruedas están a un mismo nivel) lo que es transmitido a su estructura, en este caso el bastidor.

Se puede definir acción de un momento de torsión como:

$$M_t = F * l \quad (2.2)$$

Donde:

M_t = Momento de torsión (KNm)

F = Fuerza (N)

l = Longitud o largo (m)

Aplicando alrededor del eje longitudinal del vehículo figura y la rigidez a la torsión puede definirse por la relación

$$R_t = \frac{2\theta}{M_t} \quad (2.3)$$

Donde:

R_t = Rigidez a la torsión

M_t = Momento de torsión (KNm)

Θ = Ángulo girado por los extremos de los largueros (°)

La frecuencia propia de las oscilaciones vendrá dada por:

$$N = \frac{1}{n} * \sqrt{\frac{R_t}{I}} \quad (2.4)$$

Donde:

n = el número de ciclos por segundo.

I = el momento de inercia de la estructura (supuesto constante en toda la longitud del bastidor).

En realidad, como el perfil del bastidor varia de delante hacia atrás, la rigidez no es constante en toda la longitud, por lo que la determinación de N por cálculo resulta muy compleja (Lizano, 2017).

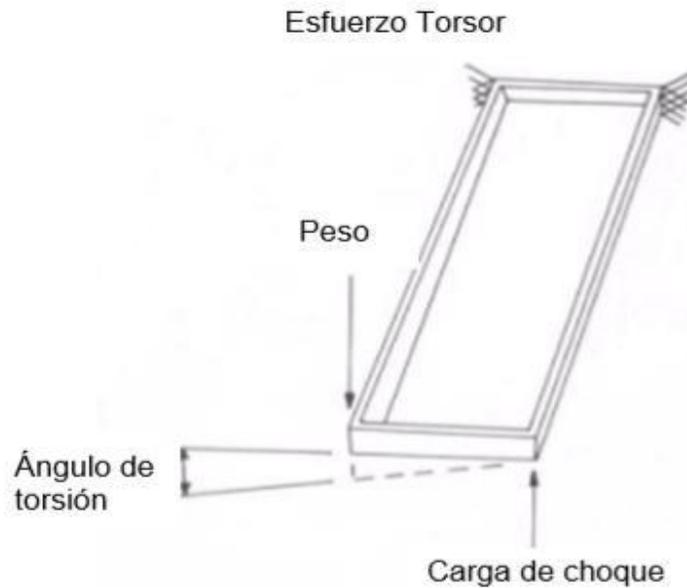


Figura 2.14: Chasis sometido a esfuerzos torsores adaptado de Lizano (2017).

2.5.3. Distribución de masas.

En el diseño de un chasis se tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Cuanto menos peso tenga el chasis, respetando la rigidez, mejor se aprovechará la potencia del motor eléctrico.
- ✓ Conviene que el centro de gravedad se encuentre lo más bajo posible con respecto al suelo, para disminuir el balaceo (Lizano, 2017).

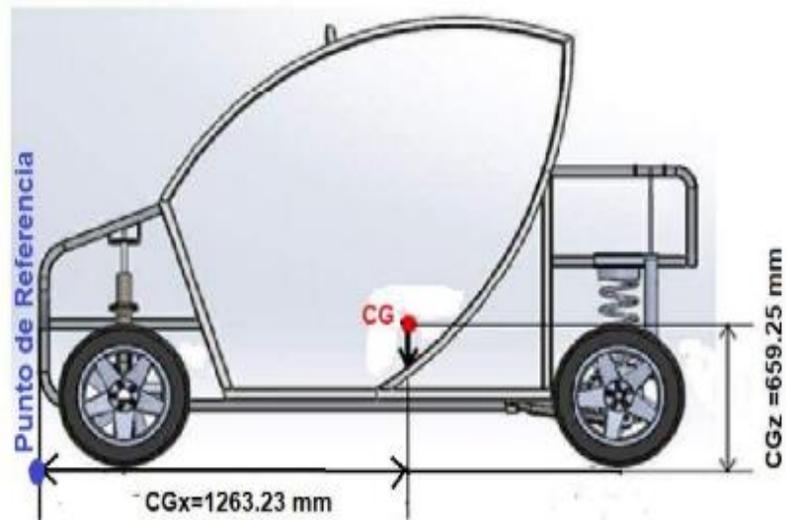


Figura 2.15: Determinación analítica del centro de gravedad de un vehículo adaptado de Lizano (2017).

2.5.4. Espacio y ergonomía.

Para el desarrollo de la interfaz de uso, es necesario abordar aspectos ergonómicos que permitan diseñar el vehículo, desde el puesto de conducción, hasta los dispositivos que facilitan el trabajo de carga y descarga del vehículo, además del ordenamiento de controles y herramientas en el vehículo, necesarios para las actividades (Antonio et al., 2013).

Para la evaluación de los aspectos ergonómicos en el vehículo, se plantea tres casos:

- ✓ Conducción del vehículo
- ✓ Frecuencia de las tareas
- ✓ Esfuerzos de carga y descarga

2.5.4.1. Ergonomía del puesto de conducción

la conducción del vehículo se puede observar dos factores que intervienen en la tarea, el primero es la postura con la que el conductor llevara a cabo las tareas de manejo, y segundo, la relación usuaria – máquina, donde la información recibida por el conductor provoca la acción de control, en respuesta de la información emitida por la máquina (Antonio et al., 2013).

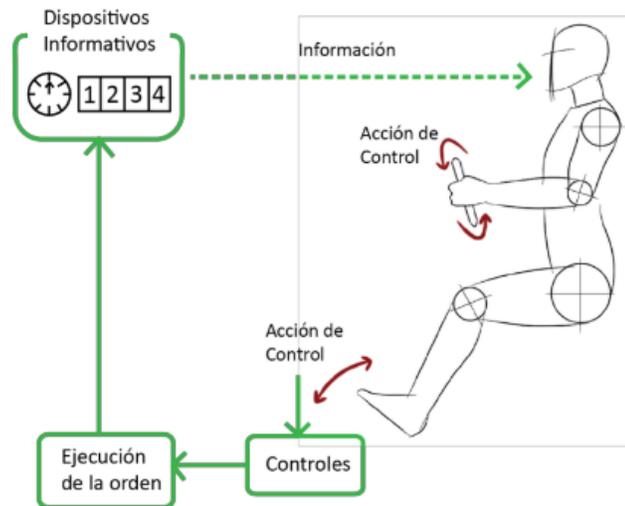


Figura 2.16: Esquema relación información – control adaptado de Antonio et al (2013).

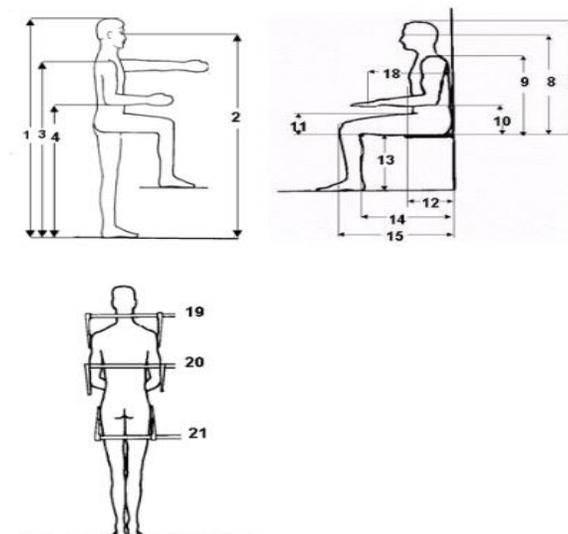


Figura 2.17: Esquema de las dimensiones antropométricas consideradas adaptado de Antonio et al (2013).

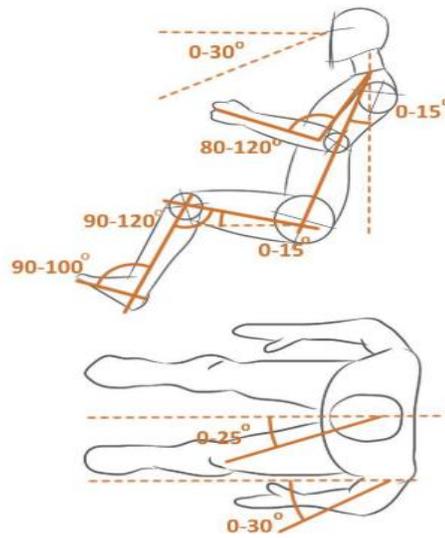


Figura 2.18: Esquema de ángulos de confort en la conducción adaptado de Antonio et al (2013).

2.6. Sistemas mecánicos

Son todos aquellos sistemas que requieren energía mecánica para su funcionamiento y que, en la mayoría de los casos, la trasladan o la transforman en otra clase de energía. En algunos de los casos no es necesario fabricar cada uno de los diferentes componentes mecánicos que conforman este proyecto, es preciso realizar un riguroso proceso de selección bajo criterios ingenieriles convenientes para cada cuestión en particular (Lopez & Caballero, 2013).

2.6.1. Sistema de dirección

La dirección permite controlar los movimientos del automóvil y es la encargada de trasladar a las ruedas, las maniobras del conductor. Este sistema está instalado en las ruedas delanteras, aunque algunos modelos disponen de sistemas avanzados en las cuatro ruedas. Básicamente, existen tres tipos de dirección, según la unión existente entre la barra de dirección y las bielas que actúan sobre las ruedas (Carreño, 2012).

2.6.2. Sistema de freno

Los frenos más usados son los de disco debido a buena capacidad de frenado y ajuste. Se usan tanto frenos mecánicos como hidráulicos y se diseñan para moverse libremente.

2.6.3. Sistema de suspensión

Los automóviles solares poseen un amplio rango de suspensiones debido a la variedad de carrocerías y chasis. La suspensión delantera más usada es la de doble brazo articulado, mientras la trasera es del tipo de brazo articulado usado en motos.

Tienen como misión absorber el exceso de fuerza del rebote del vehículo, es decir, eliminando los efectos oscilatorios de los muelles. Pueden ser de fricción o hidráulicos y estos últimos se dividen en giratorios, de pistón y telescópicos, éstos son los más usados en parque automotor (Andrade & Alvarez, 2009)

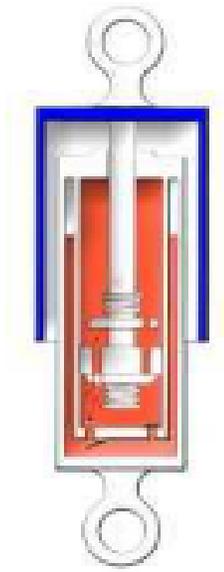


Figura 2.19: Amortiguador hidráulico adaptado de Andrade & Alvarez (2009).

El sistema de suspensión del vehículo es el encargado de controlar el comportamiento de las ruedas en contacto con el suelo, dando seguridad y confort durante la conducción y aportando estabilidad, también, soportan el peso del vehículo, absorben las vibraciones y

golpes bruscos y evitan el desajuste o rotura de algunas piezas o mecanismo (Carreño, 2012).

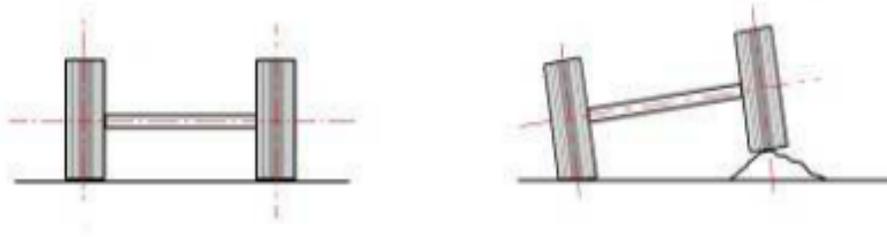


Figura 2.20: Sistema de suspensión de ruedas con un mismo eje adaptado de Andrade & Alvarez (2009).

2.6.4. Eje de transmisión

El eje trasero corresponde al elemento de transmisión de potencia y movimiento final a las ruedas, permitiendo la propulsión del vehículo, y sobre el cual va montado un sistema de transmisión por cadena, sistema de tracción diferencial que permite el viraje del auto sin derrape sobre la carretera y un sistema de frenos capaces de detener o disminuir la velocidad del vehículo (Lopez & Caballero, 2013).

2.7. Sistema de propulsión

Actualmente se tienen diferentes alternativas tecnológicas de los sistemas de propulsión, los cuales se exponen en esta sección. Tanto el sistema de propulsión de un vehículo convencional como el de un vehículo eléctrico ejercen las mismas funciones, ya que transmiten energía mecánica a las ruedas y como resultado se da el desplazamiento del vehículo (Rosero, 2018).

El sistema de propulsión eléctrica tiene los siguientes subsistemas:

- ✓ Controlador del vehículo.
- ✓ Convertidor electrónico de potencia.
- ✓ Motor eléctrico.

- ✓ Transmisión.

El subsistema de almacenamiento de energía tiene los siguientes subsistemas:

- ✓ Fuente de energía.
- ✓ Unidad de gestión de la energía.
- ✓ Unidad de carga.

El sistema de auxiliares tiene los siguientes subsistemas:

- ✓ Unidad de dirección.
- ✓ Unidad de climatización.
- ✓ Unidad de suministro de auxiliares.

2.7.1. Elementos que componen el sistema de propulsión.

Los elementos principales del sistema de propulsión son los siguientes:

- ✓ Motor eléctrico
- ✓ Sistema de transmisión de movimiento

2.7.2. Motor eléctrico

El motor eléctrico es aquel motor que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, por medio de la repulsión que presenta un objeto metálico cargado eléctricamente ante un imán permanente. Son máquinas eléctricas rotatorias (Lopez & Caballero, 2013).

Potencia del motor: La mayoría de los motores eléctricos poseen una eficiencia aproximada de 80% a 90%, es decir que el 10% o 20% son pérdidas de energía. Se utiliza la ecuación para encontrar la potencia del motor (Rosero, 2018).

$$P_{motor} = \frac{P_{calculada}}{n} \quad (2.5)$$

Donde:

P_{motor} = Potencia del motor (W)

$P_{calculada}$ = Potencia calculada (W)

2.7.3. Tipos de motores eléctricos

Tipos de motores eléctricos La principal división de motores obedece al tipo de corriente que los energiza.

- ✓ Motores de corriente continua C.C.
- ✓ Motores de corriente alterna C.A.
- ✓ Motores universales

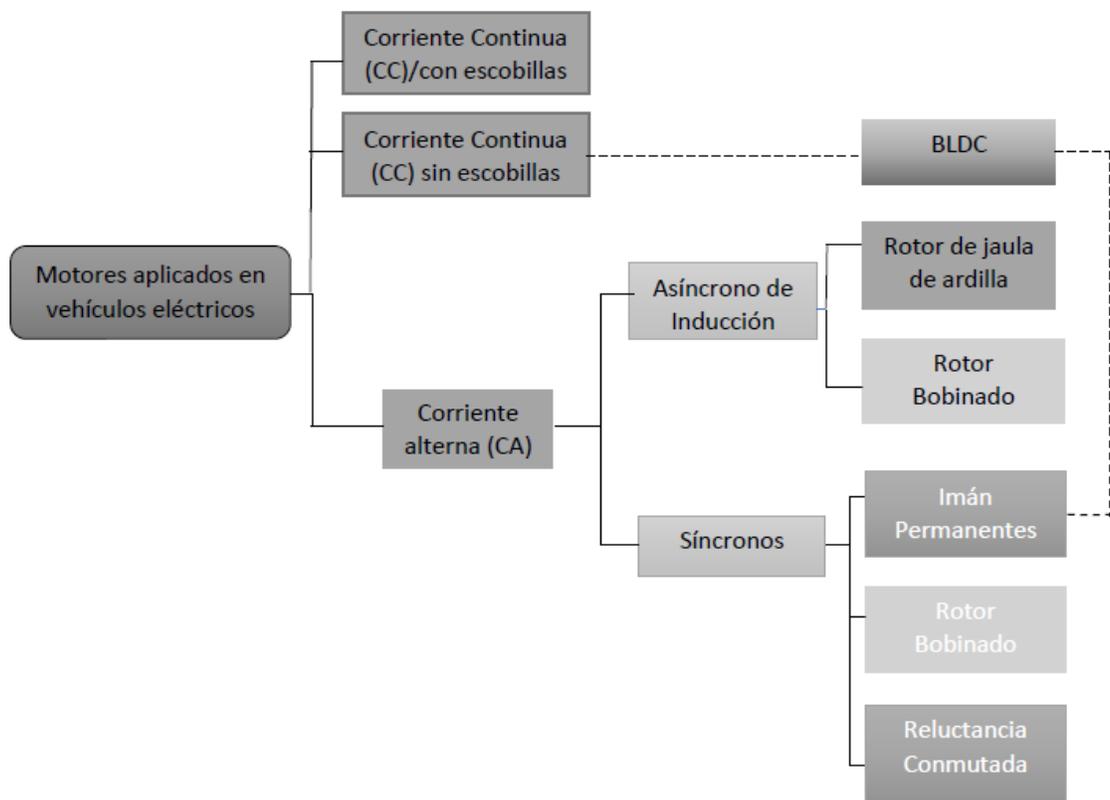


Figura 2.21: Diagrama de motores mas aplicativos a vehículos eléctricos adaptado de Joaquim (2012).

2.7.3.1. Motores de corriente continua

Como su nombre lo indica, un motor eléctrico de corriente continua, funciona con energía proveniente de baterías llamada también corriente directa. En estos motores, el inductor es el estator y el inducido es el rotor. El motor de corriente continua basa su funcionamiento en la reversibilidad de un generador de C.C. (Dínamo). El movimiento de un conductor o espira dentro de un campo magnético genera en él una corriente inducida, cuyo sentido depende del que rija el movimiento de la espira (Rosero, 2018).

Tipos de motores de corriente continua:

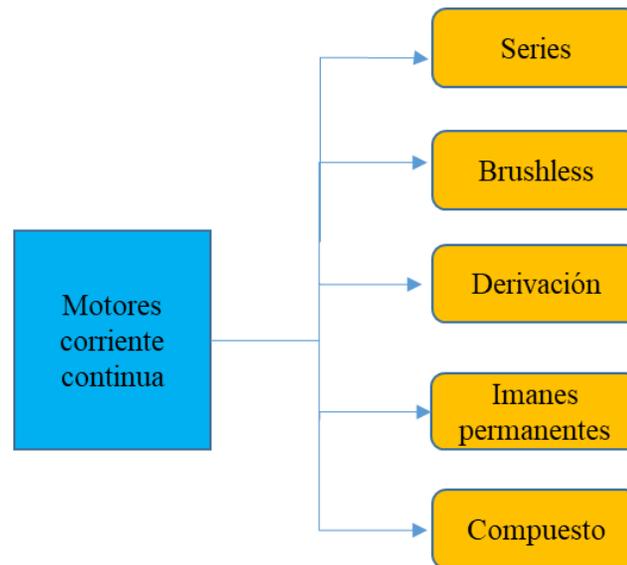


Figura 2.22: Tipos de motores de corriente continua adaptación propia

- ✓ **Motores tipo serie;** el más seleccionado para motocicletas eléctricas, porque desarrolla un inmenso torque en bajas revoluciones. El motor tipo Serie, adquiere el nombre porque su devanado de campo está conectado en serie con el inducido. Una de las ventajas de este motor es porque actúa como generador y puede ser utilizado para cargar las baterías.



Figura 2.23: Advanced DC BL-4001 series motor adaptado de Abatta & Moya (2013).

- ✓ **Motor tipo shunt;** el motor Shunt es de similar construcción que el motor tipo Serie, con excepción que este tiene devanados de campo y de armadura en conexión paralelo. Esto significa que el motor Shunt desarrolla bajo torque.



Figura 2.24: Motor Shunt adaptado de Abatta & Moya (2013).

- ✓ **Motor de imán permanente;** motor sin escobillas de imanes permanentes: La diferencia de este motor con el motor síncrono de imanes permanentes (MSIP) es la forma trapezoidal de la onda. La onda de este motor es trapezoidal debido a los devanados concentrados del mismo, en el motor síncrono de imanes permanentes los devanados están distribuidos de forma sinusoidal. El funcionamiento de este motor es igual al del MSIP (Larco, 2014).

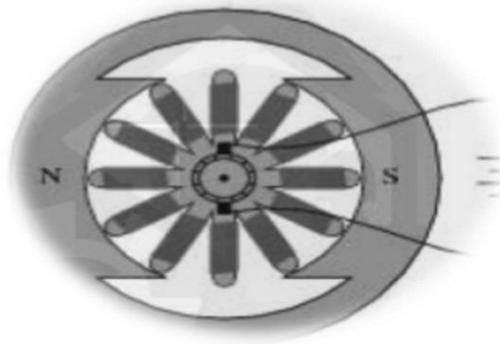


Figura 2.25: Motor de corriente continua – Imán permanente adaptado de (Abatta & Moya (2013).

- ✓ **Motor brushless;** Este tipo de motor ha cambiado gracias a los avances tecnológicos que lo han hecho con nuevos y mejores materiales en su circuito magnético, llegando a ser un motor pequeño, ligero y muy potente, además de tener propiedades de similar velocidad, torque, reversibilidad y frenado regenerativo que un motor tipo Shunt (Abatta & moya, 2013).

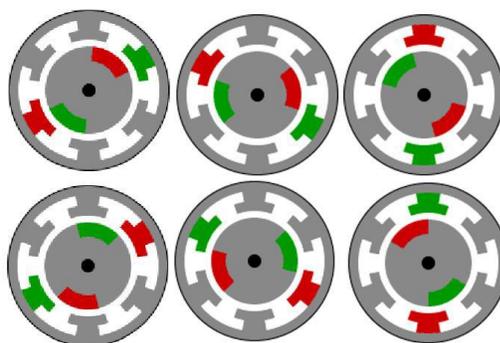


Figura 2.26: Motor Brushless principio de funcionamiento adaptado de Abatta & Moya (2013).

- ✓ **Motores brushed;** se basa en un conjunto de bobinas giratorias que actúan como un electroimán con 2 polos. El inducido o rotor es un electroimán, y el imán de campo es un eje que contacta físicamente con los cepillos, que están conectados a los polos opuestos de la fuente de alimentación (Rosero, 2018).



Figura 2.27: Motor Brushed DC adaptado del fabricante (2019).

2.7.3.2. Motores de corriente alterna

Son motores más extendidos debido a que son muy recomendables al no necesitar corriente de excitación en el rotor. Estos motores trabajan en alta eficiencia. Hay dos tipos de motores de corriente alterna los cuales son:

a. Motores asíncronos

Este tipo de motores es conocido de inducción de caja de ardilla que se usa con alimentación trifásica. Funciona por medio a los fenómenos de inducción electromagnética. Son los más utilizados en la industria por su sencillez, robustez y fácil mantenimiento. Estos motores consiguen mantener su velocidad bastante estable para diferentes regímenes de carga y poseen un buen par de arranque. Como su velocidad depende de la frecuencia de la corriente alterna con la que se los alimenta, la única forma de regular su velocidad de giro consiste en alimentarlos a través de variadores electrónicos frecuentes (Rosero, 2018)

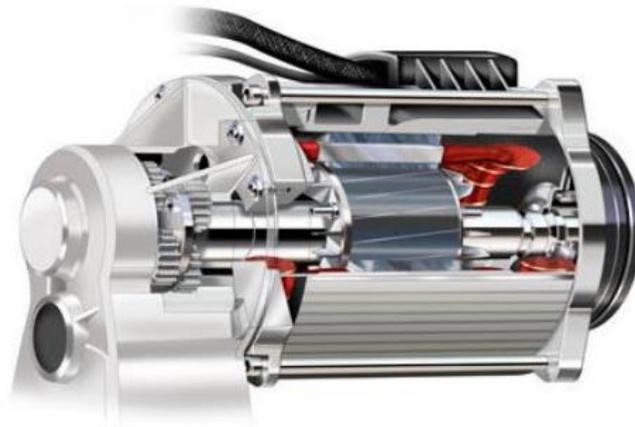


Figura 2.28: Motor de induccion, acoplado a una caja reductora adaptado de Joaquim (2012).

b. Motores síncronos

Es un alternador trifásico que funciona a la inversa. Los imanes del campo se montan sobre un rotor y se excitan mediante corriente continua, y las bobinas de la armadura están divididas en tres partes y alimentadas con corriente alterna trifásica. La variación de las tres ondas de corriente en la armadura provoca una reacción magnética variable con los polos de los imanes del campo y hace que el campo gire a una velocidad constante. Esta se determina por la frecuencia de la corriente en la línea de potencia de corriente continua (Rosero, 2018).

2.7.3.3. Motores universales

Son aquellos que pueden recibir alimentación tanto continua como alterna sin que ello se altere sus propiedades. Estos motores tienen el mismo principio de construcción de los de corriente continua, pero excitando tanto a inductor como a inducido con la misma corriente, disponiendo a ambos en serie sobre el circuito de alimentación (Rosero, 2018).

2.7.3.4. Sistema de transmisión de movimiento

Entre los sistemas de transmisión de movimiento más utilizados tenemos:

- ✓ **Transmisión por banda;** En la transmisión por banda eje conductor y conducido ubicados a una distancia C (distancia entre centros), tienen poleas (ruedas acanaladas) de diferente o igual tamaño en sus extremos de acuerdo a la relación de transmisión que se requiera, se muestra en la Figura 2.29, La diferencia de velocidades angulares $N1$ y $N2$ dependerá de la relación de diámetros de las poleas (Rosero, 2018).

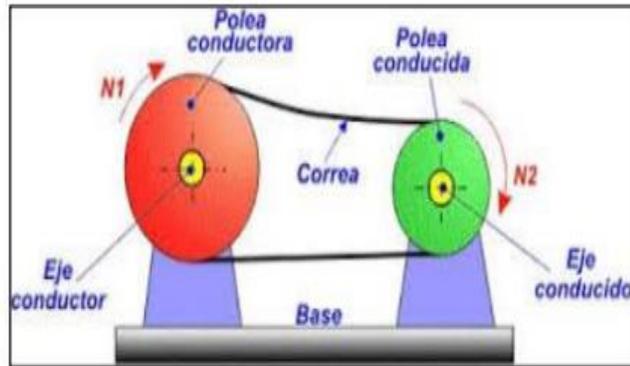


Figura 2.29: Transmisión por banda adaptado de Rosero (2018).

- ✓ **Transmisión por cadena;** es similar a la transmisión por correa. Se realiza cuando se tienen que transmitir grandes potencias con relaciones de transmisión reducidas, se muestra en la Figura 2.30, la diferencia de velocidades angulares y par de giro entre el eje conductor y el eje conducido depende de la relación que existe entre el número de dientes entre piñón conducido y piñón conductor.

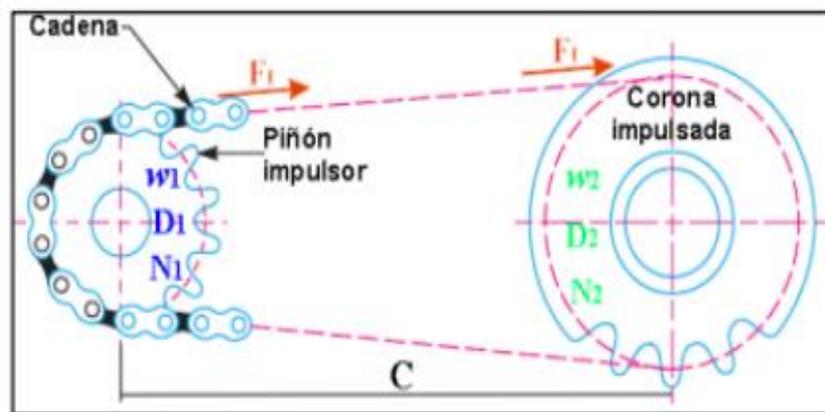


Figura 2.30: Diagrama de transmisión por cadena adaptado de Rosero (2018).

- ✓ **Transmisión por engranes;** son sistema de transmisión más utilizado en máquinas, autos, herramientas, etc. Primordialmente se utiliza para transmitir torques altos con alta eficiencia. En la Figura 2.31, muestra como es el funcionamiento básico de esta transmisión, sin embargo, los mecanismos que la utilizan lo hacen con un tren de engranajes (cajas de reducción), La relación de transmisión (i) depende de la relación entre el número de dientes del piñón conducido $Z2$ y piñón conductor $Z1$ ($i= Z2/Z1$)

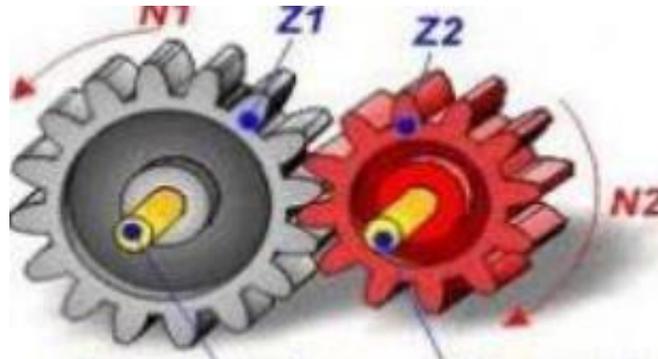


Figura 2.31: Funcionamiento transmisión por engranes adaptado de Rosero (2018).

2.7.4. Ventajas y desventajas de motores AC y DC

Se muestra en la Tabla 2.1, las ventajas, desventajas y características de los motores eléctricos AC y DC.

Tabla 2.1 Ventajas y desventajas entre los motores AC y DC adaptado de Rosero (2018)

Motor de corriente alterna (AC)	Motor de corriente continua (DC)
Diseño para velocidad única	Diseño para multi – velocidad
Baja relación peso/potencia (livianos)	Alta relación peso/potencia (pesado)
Bajo costo	Mediano costo
95% de eficiencia a carga completa	85-95% de eficiencia a carga completa
Controlador complejo y de alto costo	Controlador simple y de bajo costo
Sistema motor – controlador	Sistema motor
Inversor de alto costo	Controlador de bajo costo

2.7.5. Comparación de motores eléctricos

Comparación entre los motores vistos anteriormente en cuanto a algunas características más importantes

Tabla 2.2 *Tabla comparativa de las características entre los motores AC y DC adaptado de Paye (2019).*

Características	Motor DC / escobillas	Motor DC S/escobillas con imán permanente	Motor de inducción AC
Eficiencia	85 - 89%	95 - 97%	94 - 95%
Eficiencia con el 10% de carga	80 - 87%	73 - 82%	93 - 94%
Máxima RPM	4000 -6000	4000 – 10000	9000- 15000
Costo por HP en eje	US\$ 100-150	US\$ 100-130	US\$ 50-75
Relación costo controlador / motor	1	4	7

2.7.6. Capacidad de pendiente

Es la inclinación que puede tener un vehículo. La inclinación en porcentajes (%) no debe confundirse con la inclinación expresada en grados (°). La inclinación del 100%, no es una pared plana vertical sino que tiene una inclinación de 45° (Rosero, 2018b).

La relación de la pendiente en porcentaje (%) - grados (°) se calcula con la ecuación:

$$\text{Grados}(\theta^\circ) = \arctan\left(\frac{\text{pendiente}(\%)}{100}\right) \quad (2.6)$$

Despejando el porcentaje de pendiente se puede también expresar

$$Pendiente(\%) = 100 * \tan(\theta) \quad (2.7)$$

2.7.7. Fuerza de ascenso (FHC)

Es la fuerza o el peso total del auto eléctrico biplaza que actúa a lo largo de la pendiente en el eje x, incluyendo todos los componentes: pasajeros, motor, baterías, etc. Esta se expresa por la ecuación (Rosero, 2018).

$$F_{hc} = m * g * \sin\psi \quad (2.8)$$

Donde:

m = Masa total (kg).

g = Gravedad (m/s²).

ψ° = Ángulo de inclinación (°).

2.7.8. Fuerza aerodinámica (FAD)

Es la fuerza que sufre el vehículo al moverse en contra del viento. Esta fuerza se aplica sobre la sección transversal del vehículo y es negativa por estar contraria al movimiento. En otros casos, puede ser positiva si el viento estuviera a favor del mismo sentido, pero por motivo de diseño se considera contraria. A continuación, se calcula con la ecuación (Rosero, 2018).

$$F_{ad} = \frac{1}{2} * \rho * A * C_d * V^2 \quad (2.9)$$

Donde:

Fad = Fuerza aerodinámica (N).

ρ = Densidad del viento

A = Área (m²)

V = Velocidad (m/s)

- ✓ **Sistema diferencial de tracción:** El sistema diferencial de tracción de velocidades le permite a una rueda de tracción del vehículo girar a una velocidad diferente a su rueda opuesta, cuando el vehículo se encuentra realizando un giro; durante esta maniobra, la rueda motriz que se encuentra externa al radio de giro tiene una velocidad mayor que la rueda que se encuentra interna (Carreño, 2012).
- ✓ **Fuerza de tracción eléctrica (FTE):** Es la fuerza que genera el movimiento; es decir el motor eléctrico necesita una tracción para impulsar al vehículo eléctrico biplaza (Rosero, 2018b).

$$F_{te} = m * a + F_n + F_{hc} + F_{ad} \quad (2.10)$$

Donde:

Fte = Fuerza de tracción eléctrica (N).

m = Masa (Kg).

a = Supercifre

F_n = Fuerza de rodadura (N).

F_{hc} = Fuerza de ascenso (N).

F_{ad} = Fuerza aerodinámica (N).

2.8. Energía solar y su aplicación en vehículos

2.8.1. Energía solar

la energía solar es un recurso más importante dentro de las energías renovables. Podemos decir que desde inicios de la historia el hombre ha utilizado el sol, es la fuente de la vida y es madre de todas las energías y satisface todas nuestras necesidades como ejemplo los cultivos en forma de radiación solar y cada vez más llega radiación a nuestro planeta. el sol ha brillado desde el cielo hace unos cinco mil millones de años, y se ha calculado que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia de su vida. Podemos mencionar que es el mayor productor de energía existente en nuestro sistema planetario.

Se divide en dos rubros: el primero puede ser como fuente de calor de calor para sistemas solares térmicos y el segundo como fuente de electricidad para sistemas fotovoltaicos (Pinzón & Campos, 2013).

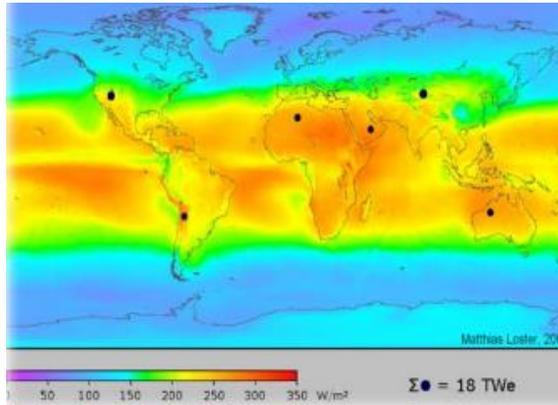


Figura 2.32: Ubicacion de recurso solar adaptado de Villanueva (2009).

Esta energía presenta diversas ventajas con respecto al resto de las fuentes de energía, como también algunas desventajas y problemas de utilización. A continuación, se presentan las principales características de la energía solar en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Principales Características de la Energía Solar adaptado de Nuñez & Salazar (2014).

Ventajas	Desventajas
Es inagotable	Necesita grandes áreas para el montaje de sistemas fotovoltaicos
100% Limpia Menos ruidosa	Radiación variable Alta inversión inicial

Por lo tanto; Factores que afectan a la radiación solar:

- ✓ Geográficos
- ✓ Latitud
- ✓ Exposición
- ✓ Inclinación del suelo
- ✓ Atmosféricos
- ✓ Atmosfera (nubosidad)

- ✓ Partículas en suspensión (naturales y atropicas)
- ✓ Otros
- ✓ Estación del año
- ✓ Hora del día

Un dato curioso es que la cantidad de energía solar que llega en forma de radiación, es equivalente a unos 35 millones de veces a la energía que producen todas las centrales de generación eléctrica solamente en Chile (Villanueva, 2009).

2.8.2. **Constante Solar**

Con el fin determinar la cantidad de energía solar por unidad de tiempo, se define lo que se conoce como “Constante Solar”. Ésta se mide de manera perpendicular sobre una superficie de 1 m^2 , la cual debe estar ubicada fuera de la atmósfera terrestre a una distancia igual a la distancia promedio entre el sol y la tierra. Esta constante representa la densidad de potencia sobre el tope de la atmósfera (Ñuñez & Salazar, 2014).

Actualmente, el valor de esta referencia es:

$$I_{SC} = 1360 \frac{W}{m^2}$$

2.8.3. **Electricidad fotovoltaica**

Según (S.A., Celulas Fotovoltaicas, 2008). La energía solar fotovoltaica se basa en la captación de energía solar y su transformación en energía eléctrica por medio de módulos fotovoltaicos.

2.8.4. **Radiación Solar Extraterrestre.**

La radiación solar extraterrestre se medí fuera de la atmósfera terrestre. Esta radiación fluctúa durante el año, debido a la variación de la distancia entre el sol y la tierra. Esta variación es calculada mediante la ecuación:

$$G(n) = I_{SC} * (1 + 0,033 * \text{COS}(\frac{360*n}{365})) \quad (2.11)$$

2.8.5. Irradiancia en condiciones de estándares de medición

La Irradiancia representa la cantidad de potencia por unidad de superficie, con el objetivo de proporcionar un estándar en la industria fotovoltaica, FV, los fabricantes de paneles han adoptado por definir una nueva unidad llamada SOL. Con éste valor, se determina la máxima potencia eléctrica de salida de un panel fotovoltaico, FV y, además, es de gran utilidad para comparar paneles de distintas procedencias (Ñuñez & Salazar, 2014).

$$1SOL = \frac{1KW}{m^2}$$

2.8.6. Horas de sol pico.

En sistemas fotovoltaicos, SFV, se emplea el concepto de “horas de sol pico” (HSP).

$$HS = \frac{\text{Radiación sobre superficie horizontal durante un día (kWh / m}^2\text{)}}{1\text{kWh / m}^2} \quad (2.12)$$

Según por: Lopez y Caballero (2013), Estos paneles solares son fabricados por materiales como Silicio cristalino y arseniuro de galio. Son la elección típica para la realización de celdas solares.

2.8.7. Efecto fotovoltaico

En un captador solar el efecto fotovoltaico se presenta como una diferencia de voltaje en sus terminales cuando está bajo iluminación. Si a las terminales del captador se le conecta un aparato eléctrico, por ejemplo, una lámpara, entonces la lámpara se debe encender debido a la corriente eléctrica que pasa a través de él. A la unidad mínima en donde se lleva a cabo el efecto fotovoltaico se le llama celda solar (Lopez & Caballero, 2013).

2.8.8. Materiales de fabricación.

El efecto fotovoltaico se puede llevar a cabo en materiales sólidos, líquidos o gaseosos; pero es en sólidos, especialmente en los materiales semiconductores. Existen diferentes materiales semiconductores con los cuales se pueden elaborar celdas solares, pero mayormente se utiliza el silicio en sus diferentes formas de fabricación.

- ✓ **Silicio monocristalino:** La eficiencia de silicio monocristalino ha llegado a una eficiencia de 17% están fabricados de un solo cristal de alta pureza están certificados en mercado los fabricantes tiene una vida útil por 25 años (Lopez & Caballero, 2013).
- ✓ **Silicio policristalino:** La eficiencia de silicio policristalino es de 15% que están formadas por varios cristales de silicio su costo de fabricación son menores tiene una vida útil de 20 años va depender mucho de la fabricación (Lopez & Caballero, 2013).
- ✓ **Silicio amorfo:** La eficiencia de silicio amorfo es de rango de 5 a 10% los amorfo no tienen estructura y además no tiene un patrón ordenado la vida útil sería hasta 10 años en los últimos años se está mejorando la eficiencia (Lopez & Caballero, 2013).

2.8.9. Eficiencia de las celdas solares

La eficiencia de una célula solar (η), es el porcentaje de potencia convertida en energía eléctrica de la luz solar total absorbida por un panel, cuando una célula solar está conectada a un circuito eléctrico. Este término se calcula usando la relación del punto de potencia máxima, P_m , dividido entre la luz que llega a la celda, irradiancia (E , en W/m^2), bajo condiciones estándar y el área superficial de la célula solar (A_c en m^2) (Lopez & Caballero, 2013).

$$\eta = \frac{P_m}{E * A_c} \quad (2.13)$$

Donde:

η = Eficiencia (%).

P_m = Potencia maxima (W)

E = Irradiancia (W/ m²).

A_c = Área superficial de la célula solar (m²).

2.8.10. Paneles fotovoltaicos

Según por: Lopez y Caballero (2013), Estos paneles fotovoltaicos son fabricados por materiales como Silicio cristalino y arseniuro de galio. Son la elección típica para la realización de celdas solares

Los paneles fotovoltaicos son los mejores inventos modernos, además de ser, probablemente, el invento que más contribuye a la ecología. Los paneles solares son módulos que usan la energía que proviene de la radiación solar, y hay varios tipos, como los de uso doméstico que produce agua caliente o los paneles solares fotovoltaicos que producen electricidad, ver Figura 2.33.

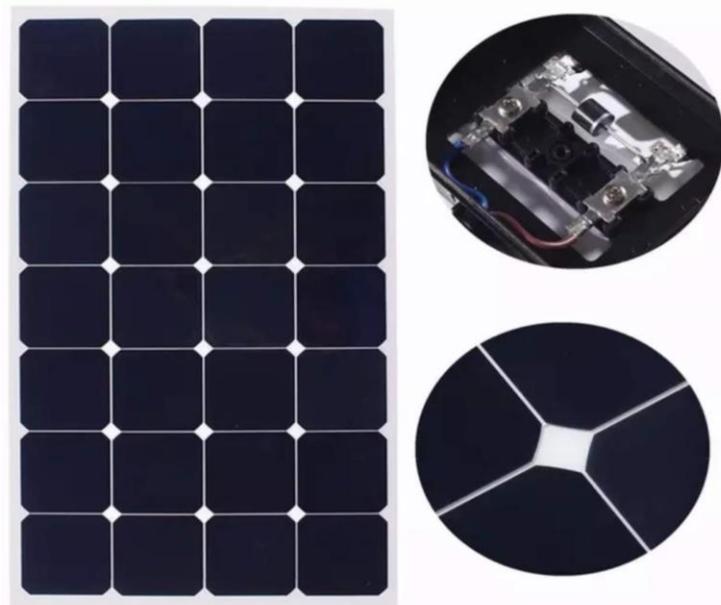


Figura 2.33: Panel solar adaptado del fabricante (2019).

Medición en condiciones de estándar para su clasificación de potencia pico del módulo son:

- ✓ Masa de aire (AM 1.5)
- ✓ Temperatura de célula de 25 °C
- ✓ Irradiancia de 1000 W/m²

2.8.11. Curvas características de los paneles fotovoltaicos

Se denomina curva corriente tensión. Cuando la corriente de salida se mantiene constante dentro del rango de tensión de trabajo, por lo general el equipo se considera como una fuente de corriente constante en este rango, ver Figura 2.34.

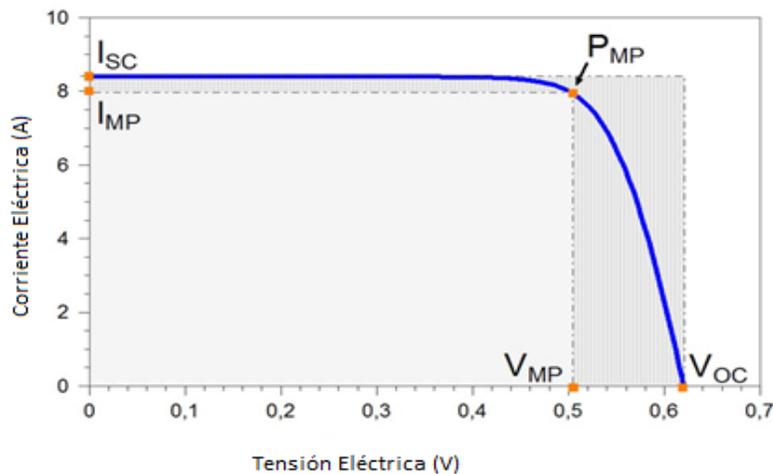


Figura 2.34: Curva característica de paneles solares (I-V) adaptado de Pinho & Galdino (2014).

2.8.12. Factores que afectan las curvas características de los paneles fotovoltaicos

La tensión del panel solar se ve afectado cuando los factores ambientales como la iluminación la intensidad de iluminación, la temperatura y el espectro de la luz solar.

- ✓ **Efecto de la intensidad de iluminación (irradiancia).**- se considera que el corriente de cortocircuito del modulo fotovoltaico es directa proporcional a la irradiancia en palabras generales la irradiancia afecta a la. En la Figura 2.35, se muestra un claro ejemplo sobre la influencia de la intensidad de iluminación sobre una curva I-V

dianosticada en un laboratorio desde una irradiación de 120 W/m² hasta 1180 W/m² a una temperatura constante.

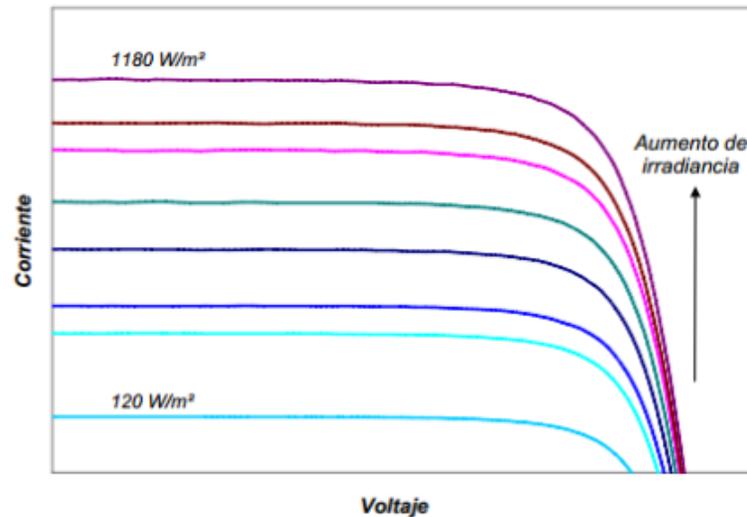


Figura 2.35: La irradiación solar de un panel fotovoltaico medido a una temperatura constante adaptado de Ñuñez & Salazar (2014)

2.9. Sistema de almacenamiento de energía del vehículo eléctrico solar

Existen varios sistemas de almacenamiento de energía, conforme o tipo de motorización que se tiene.

2.9.1. Baterías de almacenamiento de carga

El banco de baterías, permite almacenar energía eléctrica, y posteriormente será entregada al sistema de tracción, control y de servicios auxiliares. Existen variedades tecnologías con las que se puede acumular energía para mover un vehículo eléctrico. La tecnología más usada para aplicaciones móviles corresponde a los bancos de baterías de litium (Ñuñez & Salazar, 2014).

Menciona Mamani (2018), En el caso de acumuladores reversibles es posible revertir esta reacción química al invertir el sentido de la corriente de la batería, por lo que es posible volver a cargar las baterías, la reacción química entre los electrodos y el electrolito genera electricidad en corriente continua.

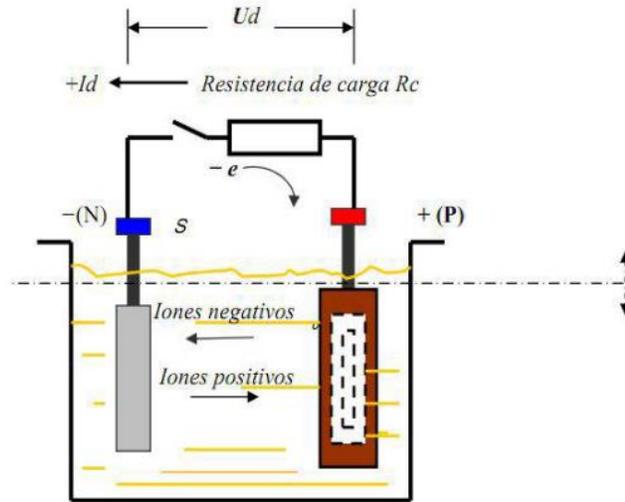


Figura 2.36: Esquema simplificado de un acumulador adaptado de Ñuñez & Salazar (2014).

En la actualidad se depende mucho de las baterías. Para mover a los relojes, para arrancar motores y extensiones larguísimas solo con el fin de escuchar radio en un paseo de campo (Walter, 2012).

2.9.2. Tipos de baterías en vehículos eléctricos

2.9.2.1. Baterías de plomo ácido

Son compuestas grandes y ppsados, plomo acido son esponjoso y trabajan con ácido sulfúrico. La vida util de bateria plomo acido es de un rango entre 3 y 5 años durante la carga y descarga, el hidrogeno es atrapado y recombinado con el oxigeno para generar el agua necesaria, este proceso no es eficiente de un 100% (Mamani, 2018).



Figura 2.37: Bateria de plomo acido adaptado de Mamani (2018).

2.9.2.2. Baterías de grafeno

Los científicos pusieron mayor atención sobre la aparición del material grafeno que hicieron experimento con baterías Li-ion. Los investigadores han demostrado el potencial del grafeno en baterías Li-ion por su alta conductividad eléctrica, desde el año 2008 los electrodos y ánodos han sido excelentes materiales electroquímicos (Mamani, 2018).



Figura 2.38: Batería de grafeno adaptado de Mariscal (2016)

2.9.2.3. Baterías de ion de litio

Estas baterías serían las ideales para un portátil. Ligera, “gran” autonomía, y las ventajas que posee. Apenas tiene puntos débiles, tan solo, la capacidad que, aun siendo de más capacitancia que las de níquel, para algunos aparatos siguen siendo escasas (Walter, 2012).



Figura 2.39: Ejemplos de formas de baterías LiFePo adaptado de Novais De Freitas (2012).

En los vehículos híbridos y eléctricos actuales, las baterías que se usan principalmente son las siguientes:

- ✓ Hidruro metálico de níquel (Ni-MH)
- ✓ Iones de litio (Li-ion)

2.9.2.4. Baterías solares

Las baterías solares son más usadas en carros solares por su resistencia a las descargas de 50% que las baterías de arranque son mejoradas de tipo de arranque que tienen placas más gruesas. Permiten un número de carga y descarga de 1000 - 2000 ciclos, gracias a las reacciones electroquímicas internas los cuales se pueden repetir varias veces. No puede generar energía sin que anteriormente pase por un periodo de carga donde se suministra electricidad.



Figura 2.40: Batería solar adaptado de Fonseca (2011).

2.9.3. Conexiones de banco de batería

Revisando la teoría y en la práctica existen tres tipos de conexiones en baterías: conexión en serie, conexión en paralelo y conexión serie y paralelo, cada una de las conexiones de las baterías se realizan en función del requerimiento (Ñuñez & Salazar, 2014).

2.9.3.1. Conexión serie

Conexión en serie se une el borne positivo o negativo de una celda, se conecta al celda opuesto. De esta manera, el resultado tendrá la sumatoria de los voltajes, mas no el amperaje manteniendo la misma capacidad de amperaje. En la Figura 2.41 se muestra la conexión de un banco tipo serie.

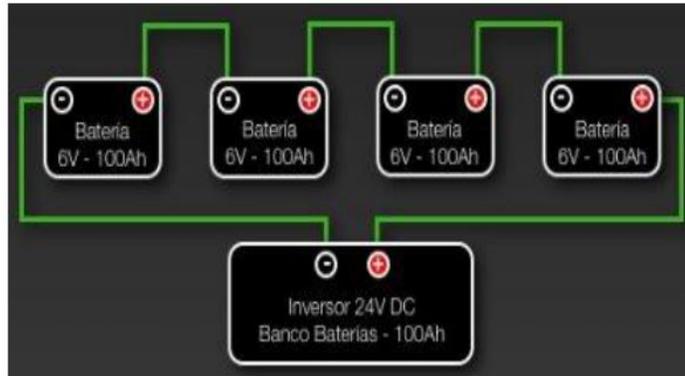


Figura 2.41: Banco de baterías en conexión en serie adaptado de Ñuñez & Salazar (2014).

2.9.3.2. Conexión paralelo

Unir en paralelo significa juntar eléctricamente bornes de la misma polaridad. La conexión en paralelo incrementa la capacidad de amperaje se suma, el voltaje permanece constante. En la Figura 2.42 se muestra la conexión de un banco tipo paralelo.

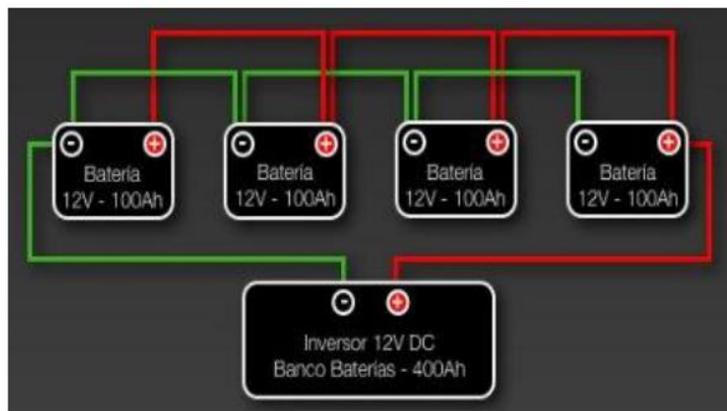


Figura 2.42: Banco de baterías en conexión en paralelo adaptado de Ñuñez & Salazar (2014).

2.9.3.3. Conexiones en serie y paralelo

En este tipo de banco se asocian conexiones en serie y paralelo dando como resultado incremento total entre bancos, es decir tanto voltaje como amperaje. En la Figura 2.43 se muestra la conexión de un banco tipo serie y paralelo (Ñuñez & Salazar, 2014)

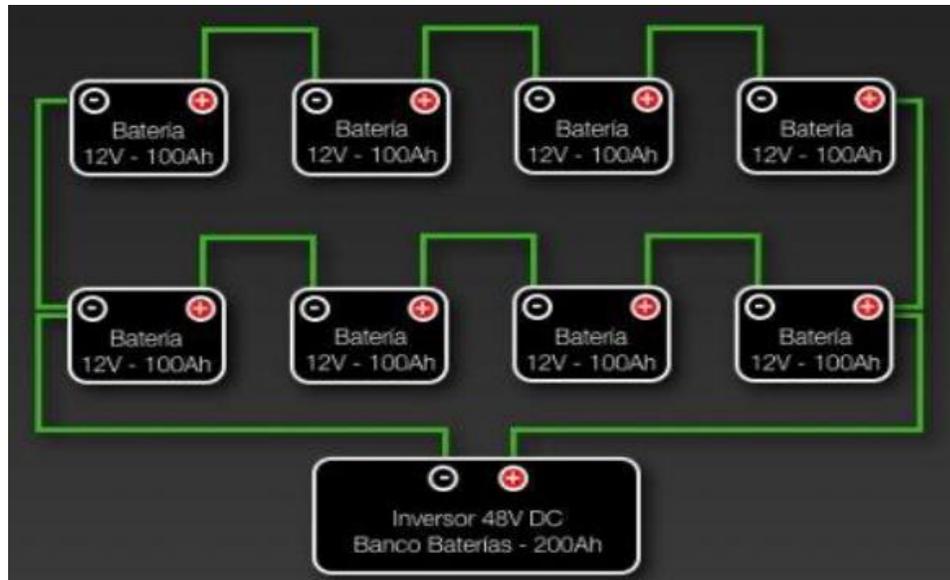


Figura 2.43: Banco de baterías en conexión en serie y paralelo adaptado de Nuñez & Salazar (2014).

2.10. Normas técnicas

2.10.1. Norma técnica FAU

FAU: Las siglas FAU significan Fórmula Automovilística Universitaria, es un organismo de control que rige a una competencia específica. Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 1323 vehículos automotores. Carrocerías de vehículo, requisitos y primera revisión: Esta norma establece los requisitos generales para el diseño, fabricación y montaje de carrocerías de vehículos para todas sus modalidades.

- ✓ **SAP2000 10.1:** El programa sap200010.1 es uno del software líder en la ingeniería estructural. Se pueden analizar cualquier tipo de estructuras con este programa, e incluso diseñar elemento por elemento de una manera precisa con los reglamentos más conocidos (ACI en EU, RCDF en México, EUROCODIGO en Europa, el método ASD, etc.).
- ✓ **Percentil 95%:** Indica que el 95% de las personas que son más pequeños que el tamaño dado.

- ✓ **Acero:** Los aceros son aleaciones de hierro carbono, aptas para ser deformadas en frío y en caliente. Generalmente, el porcentaje de carbono no excede del 1,76%.
- ✓ **Soldadura MIG:** En el sistema MIG un sistema de alimentación impulsa en forma automática y a velocidad predeterminada el alambre-electrodo hacia el trabajo o baño de fusión, mientras la pistola de soldadura se posiciona a un ángulo adecuado y se mantiene a una distancia tobera-pieza, generalmente de 10 mm.
- ✓ **Esfuerzo Axial:** El esfuerzo axial (esfuerzo normal) es el esfuerzo interno o resultante de las tensiones perpendiculares (normales) a la sección transversal de un prisma mecánico. Dada una sección transversal al eje longitudinal de una viga el esfuerzo normal es la fuerza resultante de las tensiones.
- ✓ **Esfuerzo Cortante:** La fuerza de cortante o esfuerzo cortante es el esfuerzo interno o resultante de las tensiones paralelas a la sección transversal de un prisma mecánico como por ejemplo una viga o un pilar. Este esfuerzo está directamente asociado a la tensión cortante (A. Andrade, 2009).
- ✓ La norma ISO 2410 asigna un total de 75 Kg por pasajero

2.10.2. Normas del diseño y seleccion fotovoltaico

- ✓ Se utilizó la Norma IEC 61724-1: “Photovoltaic system performance – Part 1: Monitoring”, traducido en español “rendimiento del sistema fotovoltaico. Parte 1: monitorización y rendimiento del módulo fotovoltaico.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Formulación de hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

- ✓ Con el diseño y construcción se implementa un vehículo eléctrico autónomo impulsado por energía solar fotovoltaica en la UNAJ.

3.1.2. Hipótesis específicas

- ✓ Los parámetros que sean considerado son las normas técnicas nacional e internacional para diseño estructural del chasis y carrocería del vehículo eléctrico.
- ✓ Los parámetros que sean considerado en sistema de generación son los módulos fotovoltaicos, baterías y motor eléctrico.
- ✓ Es viable la resistencia estructural, durabilidad, operatividad y amigable al medio ambiente.

3.2. Materiales

3.2.1. Recursos humanos

- ✓ Tesista
- ✓ Personal para la construcción del VES.
- ✓ Personal para el montaje del VES.

3.2.2. Equipos

✓ Motor eléctrico

Un motor eléctrico es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos que generan sus bobinas. Normalmente, están compuestos por un rotor y un estator, cuyo motor es capaz de convertir la energía de una batería en energía mecánica, posibilitando el movimiento del vehículo en cuestión.

Tabla 3.1 Especificaciones de motor eléctrico 180M-32030E5-E adaptado del fabricante

Nº	Ítems	Parámetros
1	Modelo	180M-32030E5-E
2	Motor eléctrico	Brushless
3	Potencia nominal de salida (Kw)	10
4	Tensión nominal (V):	DC72
5	Velocidad nominal (rpm):	3000
6	Corriente nominal (A):	170 ± 10%
7	Par nominal (N m):	32
8	Línea de resistencia (Ω):	± 10%(25 °C)
9	Línea EMF (V/krpm):	11,5 ± 10%
10	Rotor del momento de inercia de la (Kg m ² × 10 ⁻⁴):	220 ± 10%
11	Par estático (N m):	
12	Resistencia de aislamiento (MΩ):	DC500V> 20MΩ
13	Tiempo:	Continua
14	Temperatura ambiente:	-20 ~ + 40 °C
15	Excitación:	Imán permanente
16	Conducir método:	Accionamiento directo
17	Número de polos:	10

✓ Driver

Es un equipo electrónico que comanda a todos los componentes eléctricos, su función principal es regular los parámetros de funcionamiento

Tabla 3.2 Especificaciones técnicas del driver adaptado del fabricante

Nº	Ítems	Parámetros
1	Voltaje:	48 V/60 V/ 72V
2	Potencia:	10 KW
3	Código:	K2W36APOISM
4	Salida y entrada:	DC-DC
5	Especificaciones del artículo	
6	Nombre de la marca:	MEIANDIO
7	Origen:	CN (Origen)
8	Diseño:	Sin escobillas
9	Certificación:	CE
10	Voltaje:	72V
11	Potencia:	> 400 W
12	Tipo de motor	Motor de disco alto
13	Potencia nominal:	10 000W
14	Par / N.m:	5,4
15	Par nominal del motor / Velocidad N.m:	4900RPM / min máximo 5800RPM
16	Tipo de motor:	MY1020
17	Rueda de espigas:	Piñón T8F 11T
18	Tipo de controlador:	24MOS 3000W 48-72V 50 ^a
19	Controlador de motor de Velocidad	BLDC:
20	Controlador sin escobillas	10 KW
21	Usar para:	Scooter eléctrico, E-AUTO, E-moto, E-triciclo, E-coche

✓ **Acelerador eléctrico de pedal**

Este acelerador su función principal es regular la velocidad del motor interconectado con el variador de frecuencia y su funcionamiento es por medio de un potenciómetro

Especificaciones:

- ✓ Angulo de pedal 30°
- ✓ Resistencia de salida 0- 5K Ω 5k-0 Ω
- ✓ Vida del potenciómetro 2000000 ciclos



Figura 3.1: Acelerador electrico de pedal adaptado de Lopez & Caballero (2013).

✓ **Conector universal (VE)**

Es un conector sirve para cargar un vehículo eléctrico con energía eléctrica, es estandarizado universalmente.



Figura 3.2: Conector universal adaptado de Lopez & Caballero (2013)

✓ **Controlador de velocidad**

Es un equipo de mucha importancia que permite que puedas controlar el giro del motor eléctrico, desde muy pocas RPM hasta el máximo que pueda dar.



Figura 3.3: Controlador de velocidad adaptado de Carreño Aguillon et al (2012).

✓ **Controlador de carga**

Su principal objetivo es regular la tensión y proteger la sobrecargas y sobredescargas profundas. Además controla el estado de carga de baterías y regula la intensidad de carga de las mismas, por último alarga su vida útil del equipo. Este mismo equipo sirve para ver el estado de carga.



Figura 3.4: Controlador de carga adaptado de Lopez & Caballero (2013).

✓ **Multímetro FLUKE 175**

El multímetro digital de valor eficaz verdadero Fluke 175 es el punto de partida para los técnicos profesionales de todo el mundo. Además de incluir todas las funciones necesarias para solucionar problemas y reparar muchas averías de los sistemas eléctricos y electrónicos, el multímetro digital Fluke 175, con clasificación CAT IV 600V/CAT III 1000 V, también ofrece lecturas precisas de valor eficaz verdadero gracias a años de servicio confiable.



Figura 3.5: Multímetro digital FLUKE 179 adaptacion propia

Tabla 3.3 Especificaciones eléctricas del multímetro FLUKE 175

Especificaciones		
Voltaje de CC	Precisión	$\pm(0,15 \% + 2)$
	Resolución máxima	0,1 mV
	Máximo	1000 V
Voltaje de CA	Precisión	$\pm(1,0 \% + 3)$
	Resolución máxima	0,1 Mv
	Máximo	1000 V
Corriente CC	Precisión	$\pm(1,0 \% + 3)$
	Resolución máxima	0,01 Ma
	Máximo	10:00 a. m.
Corriente CA	Precisión	$\pm(1,5 \% + 3)$
	Resolución máxima	0,01 Ma
	Máximo	10:00 a. m.
Resistencia	Precisión	$\pm(0,9 \% + 1)$
	Resolución máxima	0,1 Ω
	Máximo	50 M Ω
Capacidad	Precisión	$\pm(1,2 \% + 2)$
	Resolución máxima	1 Nf
	Máximo	10 000 μ F
Frecuencia	Precisión	$\pm(0,1 \% + 1)$
	Resolución máxima	0,01 Hz
	Máximo	100 kHz

3.2.3. **Herramientas**

- ✓ Juego de llaves
- ✓ Alicates de fuerza
- ✓ Alicates de punta
- ✓ Alicates de corte

3.2.4. **Insumos**

- ✓ Libreta de apuntes
- ✓ Una computadora
- ✓ Una cámara
- ✓ Una impresora
- ✓ Calculadora
- ✓ Memoria USB capacidad 32Gb
- ✓ Materiales de escritorio

3.3. **Procedimiento metodológico**

El presente trabajo de investigación es de tipo descriptivo y aplicativo porque se comprobará el sistema de alimentación fotovoltaica del vehículo eléctrico. En tales estudios se diseñó y construyó el producto, modelo, pero si se dan explicaciones o razones de las situaciones, los hechos, los fenómenos.

3.4. **Diseño de investigación**

La investigación se sostiene a las teorías estudiadas de acuerdo de los componentes de sistema de chasis, sistema de propulsión, sistema de generación y almacenamiento de energía además se consideró algunas ecuaciones de otros investigadores al respecto del tema de investigación.

3.5. Característica de la zona

3.5.1. **Ámbito de Estudio**

El presente trabajo se desarrolla en el Distrito de Juliaca a 3850 msnm, en las instalaciones del Laboratorio de la Escuela profesional de Ingeniería en Energías Renovables de la Universidad Nacional de Juliaca.

3.5.2. **Ubicación Geográfica:**

✓ **Ubicación política**

Localidad : Urbanizacion la Capilla.
Distrito : Juliaca
Provincia : San Román
Departamento : Puno

✓ **Ubicación geográfica**

Coordenadas geográficas
Latitud : -15°29'17.4" S
Longitud : -70°8'59.21" W
UTM : 8287349 376668 19L
Altitud : 3824 m.s.n.m.

✓ **Temperaturas**

Temperatura mínima : -10 °C
Temperatura media : 15 °C
Temperatura máxima : 34 °C
Humedad relativa promedio : 70%

La velocidad de viento máxima en la zona del proyecto es de 113 km/h.

3.5.3. **Climatología**

✓ **Clima**

El clima de la provincia de San Román, es cambiante, y tiene las siguientes características generales:

Es frígido, ventoso y con escasa humedad, predomina el contraste térmico hay períodos en que el frío y el calor devienen en insoportables. En épocas de lluvias, generalmente entre enero y marzo, suelen hacerse presente granizadas, nevadas, truenos, relámpagos y rayos. Los vientos de diversa forma e intensidad son frecuentes.

✓ **Transporte terrestre**

El transporte terrestre en Juliaca es una actividad de gran importancia. Debido a su ubicación geográfica, Juliaca es el eje central de las comunicaciones de toda la zona sur del Perú. De Juliaca parten carreteras asfaltadas hacia Cuzco (Norte), Arequipa (Sudoeste), Puno (Sur), Huancané (Nor-Este), Lampa (Noroeste), entre otros lugares.

La Carretera Interoceánica Sur, en su tramo IV, conecta a la ciudad de Juliaca con Brasil.

En el segundo semestre del año 2009 la empresa "Concesionaria Vial del Sur" (COVISUR) reasfaltó la vía Juliaca-Puno (42 km) en todo su tramo, haciendo a esta vía mucho más transitable y rápida. Tras algunos estudios de prefactibilidad se ha sugerido que se construya una segunda vía en éste tramo a causa del alto tráfico de pasajeros y carga pesada entre dichas ciudades, se prevé que para fines del 2017 sea inaugurada la doble vía hacia la ciudad de Puno que en la actualidad se encuentra en plena ejecución.

✓ **Características del suelo**

Las características del suelo que puede presentar es suelo semirocoso, arcilloso limoso y franco limoso arcilloso.

3.6. Procedimiento de la metodología

Comprende de tres etapas el procedimiento de la metodología: sistema de chasis, sistema de propulsión, sistema de generación y almacenamiento de energía del proyecto de investigación diseño y construcción de un vehículo eléctrico autónomo impulsado con energía solar fotovoltaica en la UNAJ.

3.7. Diseño del sistema estructural del chasis

Se recurrió a referencias bibliográficas, estudios realizados, páginas webs, artículos científicos, publicaciones, catálogos, normas técnicas del vehículo eléctrico, etc. Con la finalidad de diseñar y construir el sistema estructural del chasis y la carrocería del vehículo eléctrico autónomo impulsado con energía solar fotovoltaica en la UNAJ.

3.7.1. Selección de alternativas

Según el Lizano (2017), considera tres alternativas modelos de estructura de chasis que brinda protección a sus ocupantes y seguridad a todo el vehículo, además de montar y sujetar los subsistemas se muestra en la tabla 3.4. Considerando criterios para evaluar el sistema estructural tubular: rigidez, peso del sistema, costo del sistema, facilidad de conexiones entre miembros estructurales, facilidad de construcción, manteniendo e innovación.

Tabla 3.4 *Análisis de alternativas para el sistema estructural tubular del auto eléctrico adaptado de Lizano (2017).*

Sistema Estructural Tubular del Auto Eléctrico		
Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Estructura tubular con piso de material compuesto	Estructura tubular auto portante con separaciones empernadas	Estructura tubular auto portante
Esta alternativa es innovadora ya que reemplaza el chasis tradicional de un automóvil por un piso de material compuesto con fibra de vidrio	Esta alternativa es similar a la del auto eléctrico seroElectric se puede evidenciar la separación de tres partes: parte frontal, el habitáculo y la parte posterior	Esta alternativa presenta largueros longitudinales que conectan desde la parte frontal atravesando la cabina hasta llegar a la parte posterior esta alternativa posee alta rigidez y resistencia y las uniones son mediante soldadura.

Analizando los resultados se obtuvo que la alternativa 3 es la mejor opción, mientras que la alternativa 2 presenta algunos percances en la unión.

La forma estructural que presenta el bastidor de la alternativa 3 es más rígida y las uniones son mediante soldadura muestra los resultados en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Selección de la mejor alternativa para el sistema estructural tubular adaptado de Lizano (2017).

	Rigidez	Peso del sistema	Costo del sistema	Facilidad de construcción	Mantenimiento	Innovación	Prioridad
Alternativa 1	0,032	0,098	0,042	0,018	0,018	0,018	3
Alternativa 2	0,065	0,049	0,104	0,045	0,045	0,009	2
Alternativa 3	0,098	0,049	0,104	0,045	0,045	0,09	1

En cuanto a la selección de material de la estructura tubular se proponieron tres alternativas los cuales son: alternativa 1 tubo de acero inoxidable, alternativa 2 tubo de aluminio y alternativa 3 tubo de acero estructural galvanizado. Se muestra en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Análisis de alternativas para el material de la estructura tubular adaptado de Lizano (2017).

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Tubo de acero inoxidable	Tubo de aluminio	Tubo de acero estructural galvanizado
Tubo de acero inoxidable de calidad AISI 304, posee alta rigidez, peso medio y costo elevado	Tubo de aluminio AISI/ASTM 6005, posee una rigidez media, peso liviano y costo elevado	Tubo de acero estructural galvanizado de calidad ASTM A-500, posee alta rigidez, también tiene elevado resistencia, peso medio y bajo costo

Lo más importante de un trabajo es realizarlo con materiales de calidad rigidez y resistencia con el menor costo posible dentro de ello se seleccionado la alternativa 3 tubo de acero galvanizado con una prioridad de 1. Se muestra en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Selección de la mejor alternativa para el material de la estructura tubular adaptado de Lizano (2017).

	Rigidez	Resistencia	Peso de estructura	Costo del material	Soldabilidad	Disponibilidad comercial	Prioridad
Tubo de acero inoxidable	0,065	0,065	0,065	0,033	0,029	0,015	2
Tubo de aluminio	0,033	0,033	0,098	0,065	0,015	0,279	3
Tubo de acero estructural galvanizado	0,098	0,098	0,033	0,098	0,044	0,401	1

3.8. Diseño del chasis

Durante el proceso de diseño del chasis sucederá varios cambios repetidas veces la geometría hasta que se satisfagan todos los objetivos. Por eso es necesario trabajar en un programa Solidworks. El hecho de que sea paramétrico implica que las cotas que definan

la geometría van a poder cambiar de magnitud incluso cuando la estructura esté ya dibujada. En un programa no paramétrico habría que borrar y dibujar de nuevo la zona que nos interesase cambiar como es el SAP. En nuestro caso utilizamos Solidworks para el dibujo. Todo vehículo eléctrico solar tiene unas características geométricas. De esta manera es más fácil ver qué cotas se están cambiando en el caso de que sea necesario hacerlo. Primero hay que ver cómo se va a dibujar el chasis.

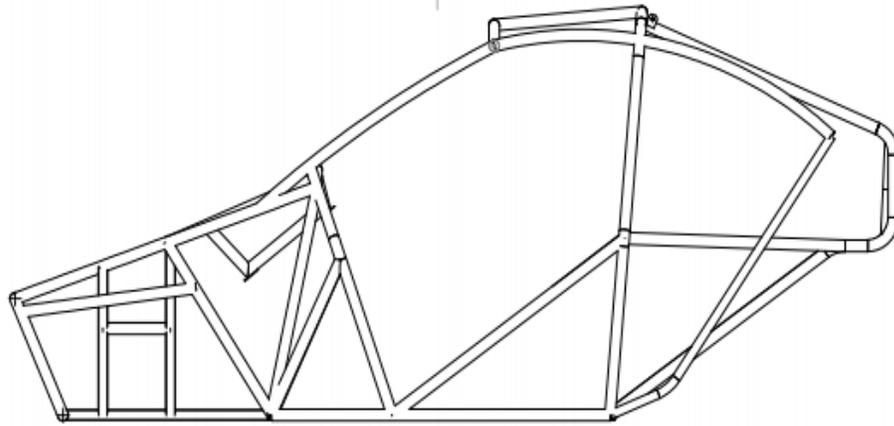


Figura 3.6: Chasis adaptación propia.

3.9. Cálculos

3.9.1. Ubicación del centro de gravedad.

El centro de gravedad es el punto en el que el peso del vehículo está adecuadamente distribuido. Este es el punto donde el vehículo se encuentra en perfecto equilibrio. La ubicación del centro de gravedad juega un papel fundamental en la dinámica del vehículo eléctrico solar, los cálculos y diseño deben estar orientados que se encuentre lo más bajo posible para que el vehículo tenga estabilidad.

Para calcular el centro de gravedad del vehículo, hay que seguir los siguientes pasos:

- ✓ Hallar El peso del vehículo
- ✓ Hallar el peso de los objetos adicionales
- ✓ Determinar el punto de referencia

- ✓ Medir las distancias del punto de referencia desde el centro del vehículo, así como de los pesos de los objetos adicionales.
- ✓ Multiplicar la distancia de cada objeto desde el punto de referencia por su peso para así hallar su momento
- ✓ Sumar los momentos
- ✓ Dividir el momento total entre el peso total
- ✓ Hallar las coordenadas del centro de gravedad

A continuación, se detalla una figura en la que se halla los pesos de cada uno de los componentes del vehículo y sus respectivas distancias desde el punto de referencia a cada uno de los ejes.

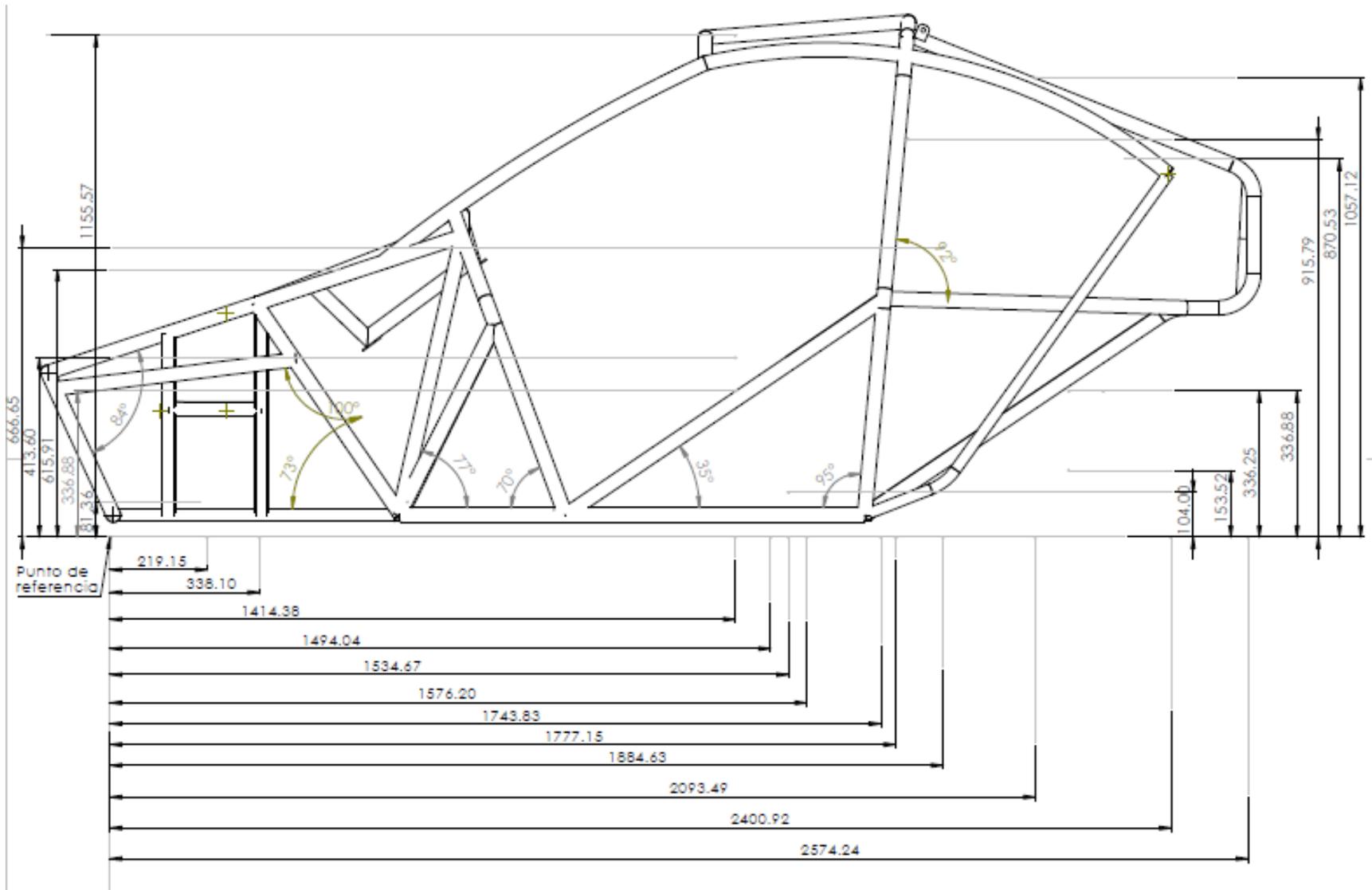


Figura 3.7: Distancias de las cargas desde el punto de referencia en los sentidos de los ejes X y Z adaptación propia.

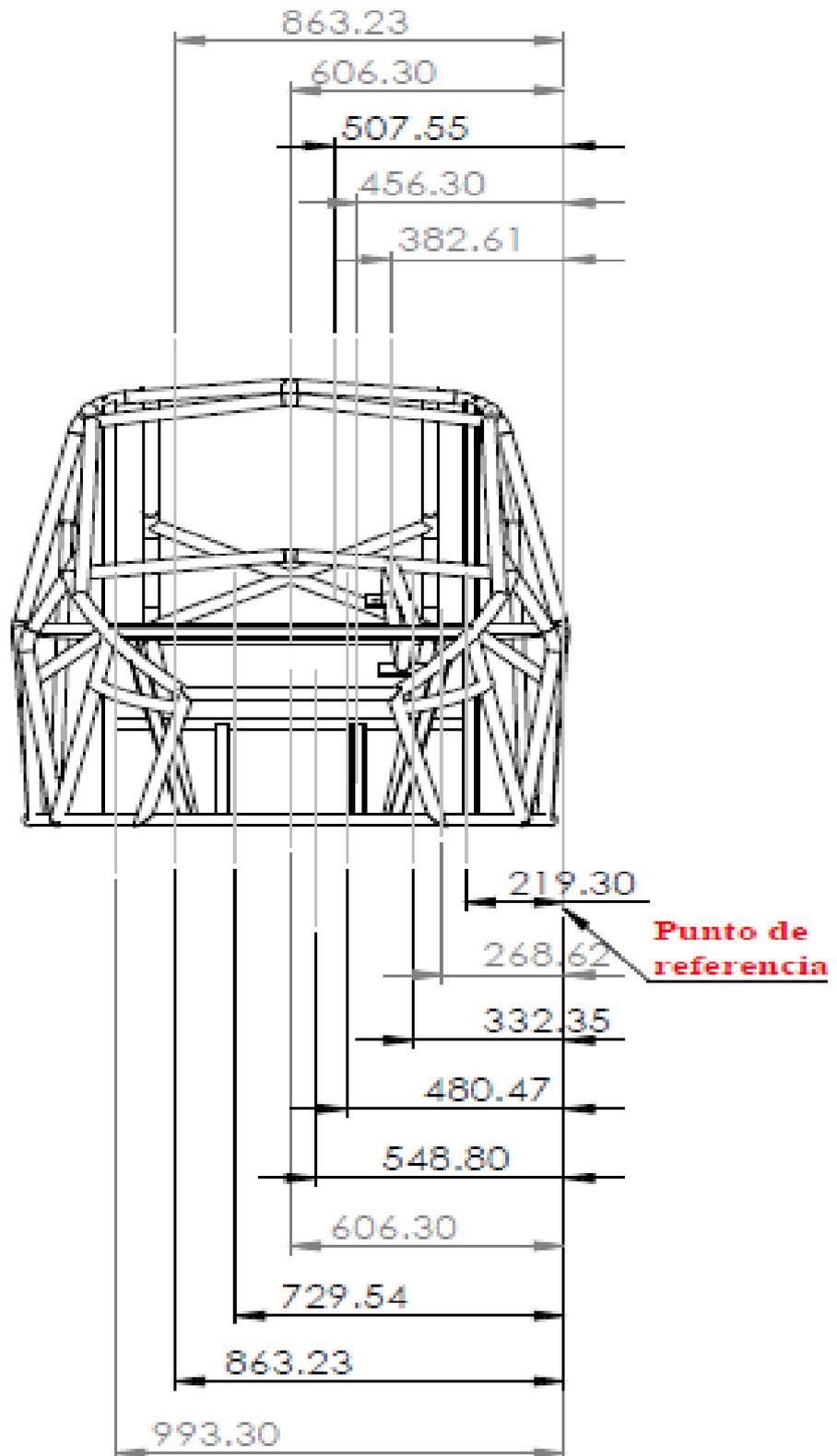


Figura 3.8: Distancias de cargas desde el punto de referencia en sentido del eje Y adaptación propia.

Tabla 3.8 Pesos de cada uno de los componentes del vehículo con sus respectivas distancias correspondientes a sus ejes adaptación propia.

	Elemento	Masa del elemento (Kg)	Distancia en el eje X (mm)	Distancia en el eje Y (mm)	Distancia en el eje Z (mm)
1	Sistema de dirección	8,7	219,15	456,30	81,36
2	Primera panel solar	4,5	318,10	606,30	615,91
3	Primer asiento	8	1494,04	382,61	336,88
4	Segundo asiento	8	1494,04	863,23	336,88
5	Piloto	75	1494,04	382,61	413,6
6	Copiloto	75	1494,04	863,23	413,6
7	Segundo panel solar	4,5	1534,67	606,30	1155,57
8	Sistema electrónico	3	1576,20	507,55	104
9	Estructura tubular	140	1414,38	606,30	198,09
10	Primera batería	30	1743,83	219,30	915,79
11	Segunda batería	30	1743,83	332,35	915,79
12	Tercera batería	30	1743,83	480,47	915,79
13	Cuarta batería	30	1743,83	729,54	915,79
14	Quinta batería	30	1743,83	863,23	915,79
15	Sexta batería	30	1743,83	993,30	915,79
16	Séptima batería	11	1777,15	268,62	666,65
17	Tercera panel	19	1884,63	606,30	1057,12
18	Motor eléctrico	20	2093,49	606,30	336,88
19	Diferencial	34	2093,49	548,80	153,52
20	Transmisión	25	2492,92	548,80	336,25
21	Cuarta panel	4.3	2574,24	606,30	870,53

3.9.2. Cálculo de los momentos respecto a los ejes del centro de gravedad

Se requiere multiplicar la distancia de cada objeto desde el punto de referencia por su peso para así hallar su momento. De esta manera se obtiene el momento de cada objeto.

$$M_x = F * r_x \quad (3.1)$$

$$M_y = F * r_y \quad (3.2)$$

$$M_z = F * r_z \quad (3.3)$$

En la siguiente tabla se aprecia los momentos de los ejes X, Y y Z.

Tabla 3.9 *Momentos generados de cada uno de los componentes del vehículo correspondiente a sus ejes adaptación propia.*

Elemento		Momento respecto al eje X (Kg.mm)	Momento respecto al eje Y (Kg.mm)	Momento respecto al eje Z (Kg.mm)
1	Sistema de dirección	1906,61	3969,81	707,83
2	Primera panel solar	1431,45	2728,35	2771,60
3	Primer asiento	11952,32	3060,88	2695,04
4	Segundo asiento	11952,32	6905,84	2695,04
5	Piloto	112053,00	28695,75	31020,00
6	Copiloto	112053,00	64742,25	31020,00
7	Segundo panel solar	6906,02	2728,35	5200,07
8	Sistema electrónico	4728,60	1522,65	312,00
9	Estructura tubular	198013,20	84882,00	27732,60
10	Primera batería	52314,90	6579,00	27473,70
11	Segunda batería	52314,90	9970,50	27473,70
12	Tercera batería	52314,90	14414,10	27473,70
13	Cuarta batería	52314,90	21886,20	27473,70
14	Quinta batería	52314,90	25896,90	27473,70
15	Sexta batería	52314,90	29799,00	27473,70
16	Séptima batería	19548,65	2954,82	7333,15
17	Tercera panel	35807,97	11519,70	20085,28
18	Motor eléctrico	41869,80	12126,00	6737,60
19	Diferencial	71178,66	18659,20	5219,68
20	Transmisión	62323,00	13720,00	8406,25
21	Cuarta panel	11069,23	2607,09	3743,28
TOTAL		1016683,22	369368,39	320521,61

3.9.3. Cálculo de las coordenadas del centro de gravedad

Una vez obtenido el valor del momento total de cada objeto con respecto a cada uno de sus ejes procedemos a dividir para el peso total del vehículo con sus componentes. Como se puede apreciar en la siguiente ecuación.

$$CG = \frac{M}{F} \quad (3.4)$$

Donde:

CG = Centro de Gravedad

M = Momento (Kg.mm)

F = Fuerza (Kg)

a. Coordenada del centro de gravedad respecto al eje X desde el punto de referencia.

Usando la Ecuación 3.4 para calcular el centro de gravedad respecto al eje X tenemos:

$$CG = \frac{M}{F}$$

$$CG_x = \frac{1016683.22(Kg.mm)}{620Kg}$$

$$CG_x = 1639.81mm$$

b. Coordenada del centro de gravedad respecto al eje Y desde el punto de referencia.

Usando la Ecuación 3.4 para calcular el centro de gravedad respecto al eje Y tenemos:

$$CG = \frac{M}{F}$$

$$CG_y = \frac{369368.39(Kg.mm)}{620Kg}$$

$$CG_y = 595.75mm$$

c. Coordenada del centro de gravedad respecto al eje Z desde el punto de referencia.

Usando la Ecuación 3.4 para calcular el centro de gravedad respecto al eje Z tenemos:

$$CG = \frac{M}{F}$$

$$CG_z = \frac{320521.61(Kg.mm)}{620Kg}$$

$$CG_z = 516.97mm$$

Tabla 3.10 *Coordenadas del centro de gravedad adaptación propia.*

VALORES DE UBICACIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD		
X	1639.81mm	Desde adelante hacia atrás
Y	595.75 mm	Desde el lado izquierdo al lado derecho
Z	516.97 mm	Desde el suelo hacia arriba

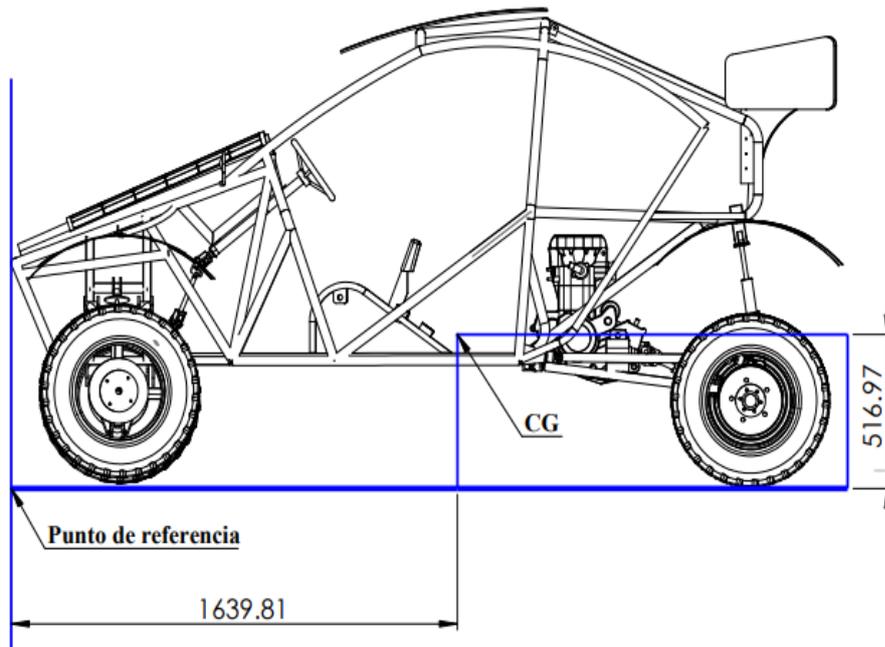


Figura 3.9: Distancias del punto de referencia al centro de gravedad en ejes X y Z adaptación propia.

3.9.4. Distribución de masas en el vehículo

Es fundamental conocer cómo se distribuyen las masas en los ejes del vehículo para realizar diversos cálculos y simulaciones en el software, por esta razón se utilizan las siguientes formulas:

$$\sum M_A = 0 \tag{3.5}$$

$$W_2 * b - W\left(\frac{b}{2} - dx\right) = 0 \tag{3.6}$$

$$\sum M_B = 0 \tag{3.7}$$

$$-W_1 * b + W\left(\frac{b}{2} + dx\right) = 0 \tag{3.8}$$

Se realiza una sumatoria de momentos en los puntos A y B, que corresponden a los ejes delantero y posterior respectivamente para despejar W1 y W2. El valor de dx corresponde a la distancia desde el punto medio entre la longitud entre ejes o batalla y el centro de gravedad. En la Figura 3.10 se puede apreciar la distancia dx.

Donde:

$$L = 2317.88 \text{ mm y } LF = 407.54 \text{ mm}$$

$$CG_x = L_F + L_1 \quad (3.9)$$

Despejando L_1 de la Ecuación 3.9 tenemos:

$$L_1 = CG_x - L_F$$

$$L_1 = 1639.81 \text{ mm} - 407.54 \text{ mm}$$

$$L_1 = 1232.27 \text{ mm}$$

Determinamos así el valor de dx con la Ecuación 3.10

$$dx = \frac{L}{2} - L_1 \quad (3.10)$$

$$dx = \frac{2317.88 \text{ mm}}{2} - 1232.27 \text{ mm}$$

$$dx = -73.33 \text{ mm}$$

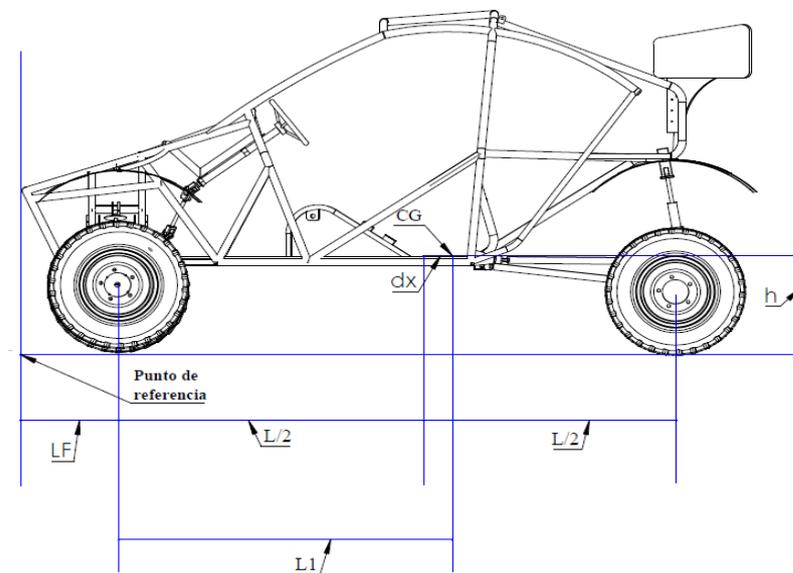


Figura 3.10: Distancia dx entre el centro de gravedad y entre ejes adaptación propia.

Al despejar W_1 y W_2 de las Ecuaciones 3.6 y 3.8 se obtiene:

$$W1 = \frac{w}{2} + \frac{W * dx}{b} \quad (3.11)$$

$$W2 = \frac{w}{2} - \frac{W * dx}{b} \quad (3.12)$$

Donde:

MA = Momento en A

MB = Momento en B

$W1$ = Distribución de peso en el eje delantero

$W2$ = Distribución de peso en el eje posterior

W = Peso total

El peso del vehículo será de 620 Kg obteniendo así:

$$W1 = \frac{620}{2} + \frac{620 * (-73.33mm)}{2317.88mm}$$

$$W1 = 290.38Kg$$

$$W2 = \frac{620}{2} - \frac{620 * (-73.33mm)}{2317.88mm}$$

$$W2 = 329.61Kg$$

3.9.5. Porcentaje de pesos en los ejes delantero y posterior

Es la razón que existe entre el peso en cada eje con el peso total del vehículo.

$$\%W1 = \frac{w_1}{w} * 100 \quad (3.13)$$

Al reemplazar valores de la Ecuación 3.13 se obtiene:

$$\%W1 = \frac{290.38Kg}{620Kg} * 100$$

$$\%W1 = 46.84\%$$

$$\%W2 = \frac{w_2}{w} * 100 \quad (3.14)$$

Al reemplazar valores de la Ecuación 3.14 se obtiene:

$$\%W2 = \frac{329.61Kg}{620Kg} * 100$$

$$\%W2 = 53.16\%$$

El peso del vehículo está distribuido en 46.84% en el eje delantero y 53.16% en el eje posterior.

Para cada neumático delantero se divide esta masa para 2.

$$W_{td} = \frac{W1}{2} \quad (3.15)$$

Al reemplazar valores de la Ecuación 3.15 se obtiene:

$$W_{td} = \frac{290.38Kg}{2}$$

$$W_{td} = 145.19Kg$$

El peso que soporta cada neumático delantero es 145.19 Kg.

A continuación, el cálculo para los neumáticos posteriores:

Para cada neumático posterior se divide esta masa por 2.

$$W_{td} = \frac{W2}{2} \quad (3.16)$$

Al reemplazar valores de la Ecuación 3.16 se obtiene:

$$W_{td} = \frac{329.61Kg}{2}$$

$$W_{td} = 164.80Kg$$

Cada neumático posterior soportará 164.80 Kg.

3.9.6. **Determinación de las cargas que soporta la estructura tubular**

Para el diseño de la estructura tubular es importante evaluar las cargas que va a soportar la estructura, previo al análisis computacional estático, al que va ser expuesto el bastidor.

Las dimensiones y pesos exactos se desconocen y por ello se ha considerado pesos estimados de cada uno de los elementos que conforma el vehículo eléctrico solar, a continuación, se detalla cada una de las cargas vivas y muertas estimadas para su diseño.

3.8.6.1. Carga vertical simétrica (flexión)

Un vehículo estructural se diseña considerando las siguientes cargas

a) Carga Permanentes (Pe).

Comprende el peso propio de la estructura y el de todas aquellas partes que están permanentemente ligadas la misma.

Por lo tanto:

$$Pe = \Sigma(\text{Peso del elemento} * \text{Nro. de elementos}) \quad (3.17)$$

El peso del vehiculo se encuentra en la Tabla 3.11 es de 470 Kg

Tabla 3.11 *Peso de los elementos permanentes del vehículo adaptación propia.*

	Componente	Peso (Kg)	Peso (N)
1	Sistema de direccion	8.70	85.35
2	Primera panel solar	4.50	44.15
3	Asientos (2)	16.00	156.96
5	Segundo panel solar	4.50	44.15
6	Sistema electronico	3.00	29.43
7	Estructura tubular	140.00	1373.40
8	Baterias (6)	180.00	1765.80
9	Septima bateria	11.00	107.91
10	Tercera panel	19.00	186.39
11	Motor electrico	20.00	196.20
12	Diferencial	34.00	333.54
13	Transmision	25.00	245.25
14	Cuarta panel	4.30	42.18
	Total	470	4611

b) Carga de Seguridad (Cs).

Se debe conocer el área total del habitáculo de carga (Ah) del prototipo, en este caso el habitáculo es para dos ocupantes. Para ello se puede verificar las medidas del piso de la estructura tubular en la Figura 3.11.

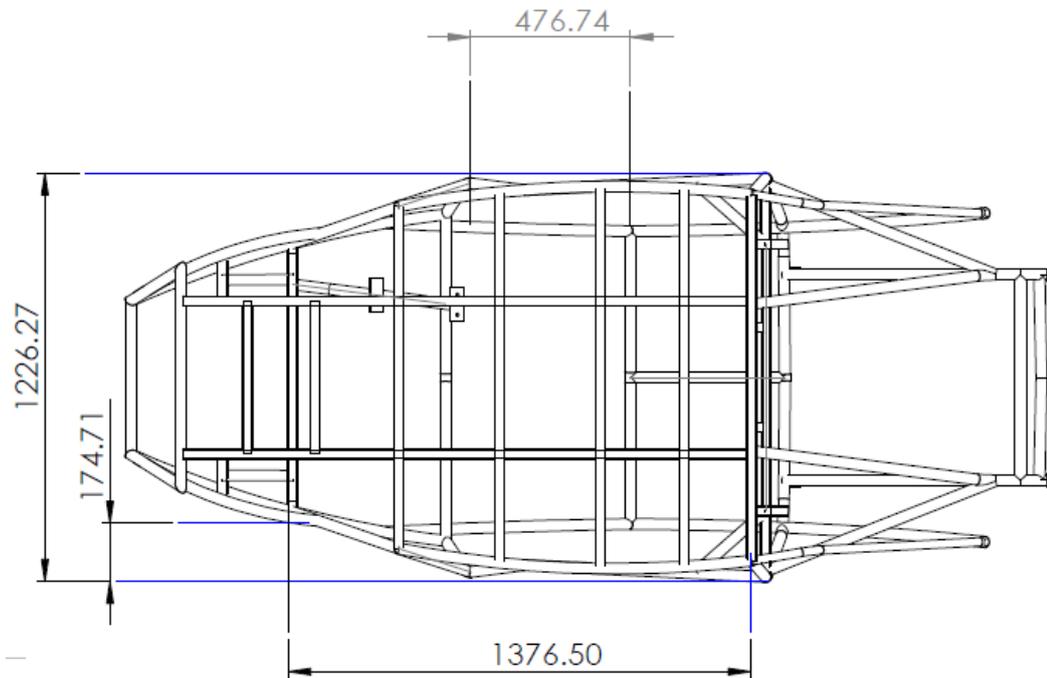


Figura 3.11: Medidas del área del piso de la estructura tubular del vehículo eléctrico adaptación propia.

$$Ah = (b * h) - (b_1 * h_1) \quad (3.18)$$

Donde:

Ah = Área del habitáculo (m²)

b = base del área mayor

h = altura del área mayor

b1 = base de las áreas triangulares menores

h1 = altura de las áreas triangulares menores

Al reemplazar valores de la Ecuación 3.18 se obtiene:

$$Ah = (1.37 * 1.22) - (0.47 * 0.174)$$

$$Ah = 1.58m^2$$

Por lo normal esta carga es de 20 Kg por cada m² entonces tenemos:

$$Cs = 20 \frac{Kg}{m^2} * Ah \quad (3.19)$$

Al reemplazar valores de la Ecuación 3.19 se obtiene:

$$C_s = 20 \frac{Kg}{m^2} * 1.58m^2$$

$$C_s = 31.60Kg$$

c) Carga muerta (CM)

Es la suma de la carga permanente más la carga de seguridad.

$$C_m = P_e + C_s \quad (3.20)$$

Al reemplazar valores de la Ecuación 3.20 se obtiene:

$$C_m = 470Kg + 31.60Kg$$

$$C_m = 501.60Kg$$

d) Carga Viva (Cvi)

Es la carga a llevar más una sobrecarga de 10%, la carga a transportar es la del conductor más la del acompañante (Lisano, 2017).

La norma ISO 2410 asigna un total de 75 Kg por pasajero.

$$C_{vi} = \text{Peso ocupantes} + (\text{peso ocupantes} * 0.1) \quad (3.21)$$

$$C_{vi} = 150 + (150 * 0.1)$$

$$C_{vi} = 165Kg$$

Después de tener los valores de las cargas vivas y las cargas muertas obtenemos el valor de la carga vertical total.

$$C_v = C_m + C_{vi} \quad (3.22)$$

$$C_v = 501.60\text{Kg} + 165 \text{ Kg}$$

$$C_v = 666.6\text{Kg}$$

3.10. Selección sistema de propulsión

Se implementa y se selecciona los parámetros del sistema de generación, almacenamiento y propulsión del vehículo eléctrico autónomo impulsado por energía solar fotovoltaica en la UNAJ.

3.10.1. Selección del tipo de sistema de transmisión

Una vez revisado diferentes investigaciones, los sistemas de transmisión de movimiento, es necesario seleccionar el más óptimo para el proyecto y proceder con su diseño.

Según Rosero (2018), Los sistemas de transmisión más comunes son: transmisión de engranes, transmisión por poleas y transmisión por cadena. El proceso de transmisión por poleas y correas es descartado ya que puede presentar resbalamientos y pérdida de energía, otro inconveniente sería que no tendría la fuerza necesaria para dar el movimiento. El selecciona la alternativa 2; transmisión por engranes.

Por tal motivo se elige la metodología de Rosero (2018), por los siguientes criterios: que el costo será menor, la disponibilidad de los componentes será accesible, no ocupa demasiado espacio de la carrocería, tendrá una velocidad normal de conducción, tendrá facilidad en el diseño del sistema y su mantenimiento será más sencillo.

3.10.2. Diseño dinámico del vehículo

Al diseño del sistema de propulsión es muy necesario considerar e identificar los parámetros de mayor importancia.

Tabla 3.12 *Parametros del vehiculo electrico solar adaptación propia.*

Parametros del diseño del vehiculo electrico solar	
Estructura	Liviana y resistente al impacto
Paneles solares	4
Baterias	6
Neumaticos	R18
Traccion	Posterior
Suspension	Amortibador con resorte
Velocidad	60 Km/h
Peso maximo	620 Kg
Largo	3069.74mm
Ancho	1536.10mm
Alto	1577.74mm

Se debe considerar los siguientes parámetros para el cálculo del diseño dinámico:

- ✓ Peso total del auto eléctrico biplaza
- ✓ Velocidad deseada:
- ✓ Porcentaje de pendiente:
- ✓ Aceleración:

3.10.3. Capacidad de pendiente

Es la inclinación que tiene un vehículo. La inclinación está dada en porcentajes (%) no debe confundirse con la inclinación expresada en grados (°). Se puede observar en la Tabla 3.13.

La relación de la pendiente en porcentaje (%) - grados (°) se calcula con la Ecuación 3.23:

$$\text{Grados}(\theta^\circ) = \arctan\left(\frac{\text{Pendiente}(\%)}{100}\right) \quad (3.23)$$

Despejando el porcentaje de pendiente se puede también expresar:

$$\text{Pendiente (\%)} = 100 * \tan(\theta) \quad (3.24)$$

Según Rosero (2018), todo vehículo eléctrico debe ser capaz de subir pendientes de al menos 15 % para una conducción normal de desplazamiento, pero al menos del 20 % si se viaja con regularidad por carreteras con subidas y bajadas constantemente. En la tabla 3.13 se muestra porcentajes en pendientes.

Tabla 3.13 *Porcentajes en pendiente (%) vs pendientes en grados adaptación propia.*

Pendiente en grados (°)	Pendiente en porcentaje (%)
1	1.74
2	3.49
3	5.24
4	7.00
5	8.75
6	10.51
7	12.28
8	14.05
9	15.83
10	17.63
11	19.43
12	21.25
13	23.08
14	24.93
15	26.79
16	28.67
17	30.57
18	32.49
19	34.43
20	36.39

3.10.4. Cálculo dinámico

Para implementar el sistema de propulsión es necesario conocer las fuerzas resistentes a las que tienen que hacer frente al vehículo, para posteriormente seleccionar los componentes de sustitución. En este caso, para el cálculo dinámico en una pendiente, el vehículo eléctrico solar analizando la 2ª ley de Newton donde menciona la sumatoria de las fuerzas en el eje X es igual a la masa por la aceleración. Para poder tener una visión más realista se debe introducir todas las fuerzas que actúan sobre el vehículo en movimiento en una pendiente como se muestra en la Figura 3.12.

$$F_{te} - F_{rr} - F_{ad} - F_{hc} = m * a \quad (3.25)$$

Dónde:

F_{rr} =Fuerza de rodadura.

F_{te} = Fuerza de tracción.

F_{ad} =Fuerza de aerodinámica.

F_{hc} =Fuerza de ascenso del vehículo.

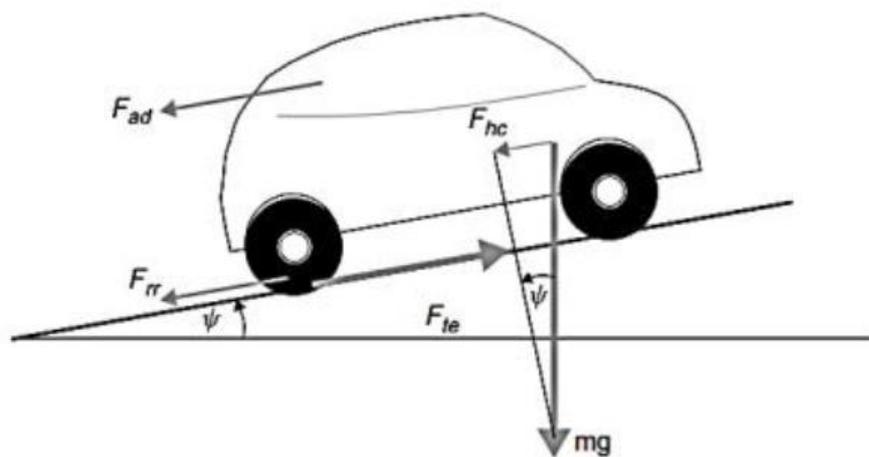


Figura 3.12: Fuerzas que actúan en una pendiente adaptado Rosero (2018)

3.10.5. Condiciones iniciales para la selección de los componentes del vehículo

Según Belloni (2009), para los cálculos iniciales partimos de asumir el peso de estructura (carrocería, baterías, motor, diferencial, accesorios, panel solar, etc.)

Tabla 3.14 Pesos de los componentes del vehiculo electrico solar adaptación propia.

	Componente	Peso (Kg)
1	Sistema de direccion	8.70
2	Primera panel solar	4.50
3	Asientos (2)	16.00
4	Pasajeros (2)	150.00
5	Segundo panel solar	4.50
6	Sistema electronico	3.00
7	Estructura tubular	140.00
8	Baterias (6)	180.00
9	Septima bateria	11.00
10	Tercera panel	19.00
11	Motor electrico	20.00
12	Diferencial	34.00
13	Transmision	25.00
14	Cuarta panel	4.30
	Total	620

3.9.5.1. Fuerza de ascenso (F_{hc})

Es la fuerza o el peso total del vehiculo eléctrico solar que actúa a lo largo de la pendiente en el eje x, incluyendo todos los componentes.

$$F_{hc} = m * a * \text{sen}\theta \quad (3.26)$$

Dónde:

m = Masa total (kg).

g = Gravedad (m/s²).

θ° = Ángulo de inclinación en grados (15% = 8,53°)

Al reemplazar valores de la Ecuación 3.26 se obtiene:

$$F_{hc} = 620Kg * \frac{9.81m}{S^2} * sen(8.8)$$

$$F_{hc} = 902.15N$$

3.9.5.2. Fuerza de fricción (F_{rr})

Esta fuerza contrapone al movimiento del vehículo eléctrico solar lo que ocasiona la fricción entre los neumáticos y la superficie del vehículo, donde se esté desplazando y está dada por la Ecuación 3.5.

$$F_{rr} = \mu_{c-a} * m * g * cos \psi \quad (3.27)$$

Dónde:

F_{rr}=Fuerza de fricción.

μ_{c-a} = Coeficiente de rodadura entre el caucho y asfalto (0,015).

m = Masa total (kg).

g = Gravedad (m/s²).

ψ = Pendiente de inclinación en grados. (15% = 8,53°)

En otros casos, el coeficiente de rodadura entre neumático y suelo, para facilidad de cálculos, se da por medios de la Tabla 3.15 para el coeficiente de rodadura.

Tabla 3.15 *Coeficiente de rodadura adaptación propia.*

Tipo de vehículo	Superficie		
	Hormigón - asfalto	Dureza media	Arena
Turismos	0.015	0.08	0.3
Camiones	0.12	0.06	0.25
Tractores	0.02	0.04	0.2

Se reemplaza en la Ecuación 3.27:

$$F_{rr} = 0.015 * 620Kg * \frac{9.8m}{s^2} * \text{Cos}(8.53)$$

$$F_{rr} = 90.13N$$

Para el coeficiente de rodadura cuando depende de la velocidad se expresa con la Ecuación 3.28

$$u_{c-a} = 0.0085 + \frac{0.018}{P} + \frac{1.59 * 10^{-6}}{P} * V^2 \quad (3.28)$$

Dónde:

P= Presión de los neumáticos de 2.5 Bares.

V= Velocidad estimada (25 km/h)

$$u_{c-a} = 0.0085 + \frac{0.018}{2.5} + \frac{1.59 * 10^{-6}}{2.5} * (25)^2$$

$$u_{c-a} = 0.016$$

$$F_{rr} = 0.016 * 620Kg * \frac{9.8m}{s^2} * \text{Cos}(8.53)$$

$$F_{rr} = 96.14N$$

3.9.5.3. Fuerza aerodinámica (F_{ad})

Es la fuerza que sufre el vehículo al moverse en contra del viento. Esta fuerza se aplica sobre la sección transversal del vehículo y es negativa por estar contraria al movimiento. En otros casos, puede ser positiva si el viento estuviera a favor del mismo sentido, pero por motivo de diseño se considera contraria. A continuación, se calcula con la Ecuación 3.29 (Rosero,2018).

$$F_{ad} = \frac{1}{2} * \rho * A * C_d * V^2 \quad (3.29)$$

3.9.5.4. Cálculo de la sección transversal del vehículo eléctrico solar

Para el cálculo transversal se debe tener la altura y el ancho del vehículo eléctrico solar. En la Figura 3.13, se ilustra el esquema de estructura que se diseñó mediante el programa Software con sus respectivas medidas. Con Ecuación 3.30 se calcula el área transversal:

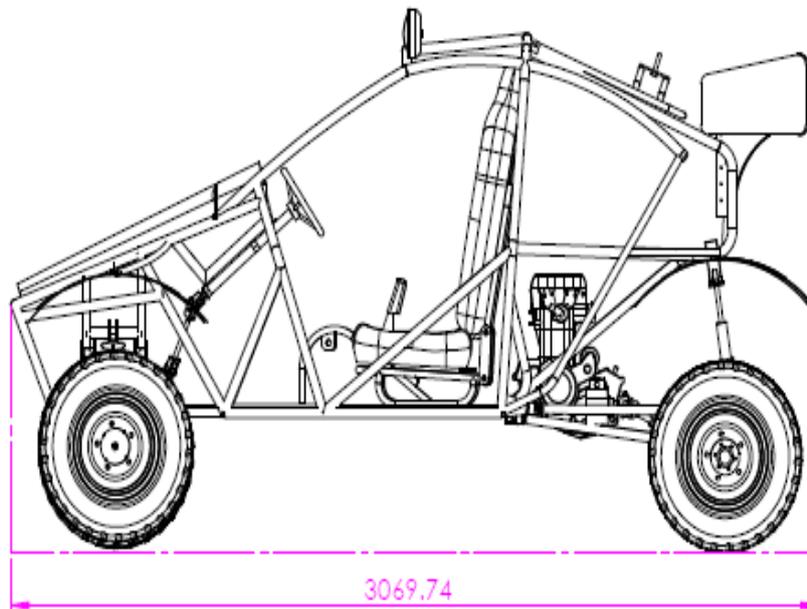


Figura 3.13: Diseño de estructura adaptación propia.

$$A = \text{Ancho} * \text{Altra} \quad (3.30)$$

$$A = (1.53 * 1.57) m^2$$

$$A = 2.40 m^2$$

Se reemplaza los valores en la ecuación 3.29.

$$F_{ad} = \frac{1}{2} * 1.225 \frac{Kg}{m^3} * 2.40m^2 * 0.29 * \frac{(13.89)^2 m^2}{s^2}$$

$$F_{ad} = 82.24N$$

La velocidad estimada de fuerza de fricción del viento es de 25 Km/h es decir, 6,944 m/s, por el aumento de autonomía y por ahorro de energía, considerando que esta será la velocidad adecuada para conducir en una pendiente. Mientras que para carreteras planas la velocidad máxima estima es de 50 km/h es decir; 13,89 m/s (Rosero,2018).

3.9.5.5. Fuerza de tracción eléctrica (F_{te})

Es la fuerza que genera el movimiento; es decir es la tracción que necesita alimentar el motor eléctrico para impulsar al vehículo eléctrico solar.

$$F_{te} = m * a + F_{rr} + F_{hc} + F_{ad} \quad (3.31)$$

$$F_{te} = 620Kg * 0.04 \frac{m}{s^2} + 90.13N + 902.15N + 82.24N$$

$$F_{te} = 1099.32N$$

3.10.6. Cálculo de potencia del motor

3.9.6.1 Calculo de la potencia en plano horizontal

$$F_{te} = m * a + F_{rr} + F_{ad}$$

$$F_{ad} = 82.24N$$

$$F_{rr} = u_{c-a} * m * g$$

$$F_{rr} = 0.015 * 620Kg * 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{rr} = 91.14N$$

$$F_{te} = 620Kg * 0.04 \frac{m}{s^2} + 91.14N + 82.24N$$

$$F_{te} = 198.18N$$

$$P_{calculada} = 198.18N * 13.89 \frac{m}{s}$$

$$P_{calculada} = 2752.72W$$

a. Potencia del motor en plano horizontal

$$P_{motor} = \frac{P_{calculada}}{n}$$

$$P_{motor} = \frac{2752.72W}{0.85}$$

$$P_{motor} = 3238.49W = 3.238KW = 4.364HP$$

3.9.6.2. Cálculo de la potencia en plano inclinado

Al aplicar la ecuación 3.32, se obtiene el valor de la potencia requerida para impulsar el vehículo eléctrico en condiciones de pendiente máxima.

$$P_{calculada} = F_{te} * V_{max} \quad (3.32)$$

$$P_{calculada} = 1099.32N * 6.944 \frac{m}{s}$$

$$P_{calculada} = 7633.67W$$

b. Potencia del motor en plano inclinado

La mayoría de los motores eléctricos poseen una eficiencia aproximada de 80% a 90%, es decir que el 10% o 20% son pérdidas de energía. Se utiliza la ecuación 3.33, para encontrar la potencia del motor (Rosero, 2018).

$$P_{motor} = \frac{P_{calculada}}{n} \quad (3.33)$$

$$P_{motor} = \frac{7633.67W}{0.85}$$

$$P_{motor} = 8980.78W = 8.980KW = 12.10HP$$

3.10.7. Selección comercial del motor

Después de determinar las condiciones iniciales de la potencia del motor para el vehículo eléctrico solar, se investigó fabricantes de motores eléctricos para su selección. El tipo de motor será de corriente continua ya justificado anteriormente.

Para la selección del motor eléctrico la mejor alternativa fue el Motor eléctrico brushless modelo 180M-32030-E, porque cumple con los parámetros de diseño del vehículo eléctrico. Es decir, su capacidad de carga máxima es de 900 kg mayor al peso total del vehículo, el peso del motor es liviano 20kg y la potencia varía de 6 a 10 kW nominales a 72V.

3.10.8. Selección comercial del diferencial

Para poder seleccionar correctamente el diferencial tomaremos en cuenta los siguientes parámetros que en algunos casos ya se dimensionaron con anterioridad:

- ✓ Relación de transmisión
- ✓ Vida útil
- ✓ Distancia entre ruedas posteriores
- ✓ Capacidad de carga

3.9.8.1. Selección del diferencial

Para poder seleccionar el diferencial de la manera correcta nos basamos en los datos

mencionados con anterioridad

- ✓ Relación de transmisión del grupo del diferencial = 12:38
- ✓ Vida útil = 16.000 y 20.000 horas de servicio
- ✓ Distancia entre ruedas posteriores = 980 mm
- ✓ Capacidad de carga = 650 Kg

Por lo tanto escogemos un diferencial de acuerdo a las características de selección como se muestra en la Figura 3.14.

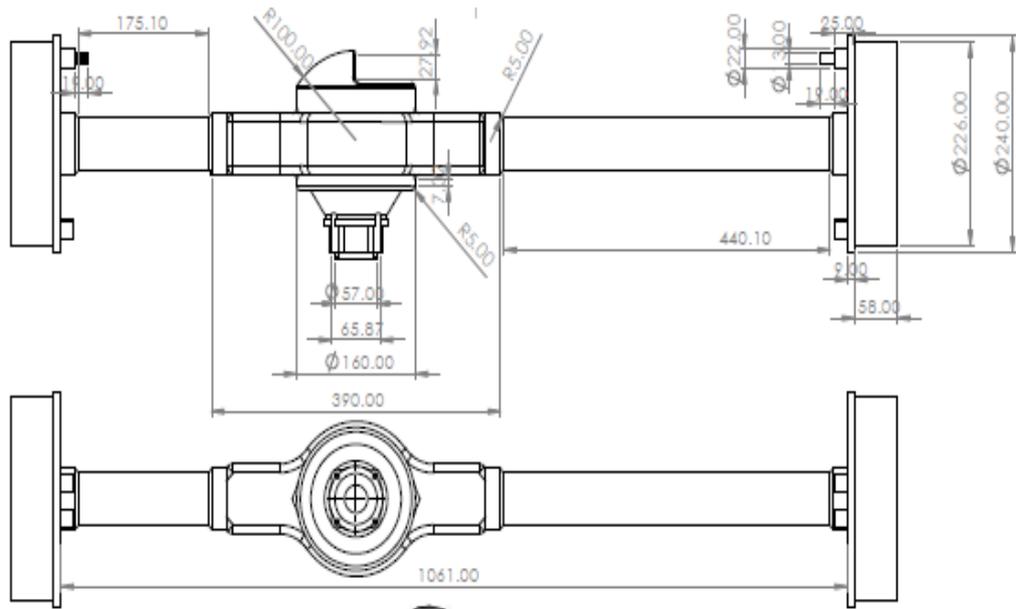


Figura 3.14: Sistema de transmisión del vehículo eléctrico solar adaptación propia.

3.11. Dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaico

Para selección de sistema de generación fotovoltaico debemos ver la relación de eficiencia y costo para decidir una buena alternativa además debemos tomar en cuenta los criterios técnicos se consulta las especificaciones técnicas del equipo, en donde da a conocer los datos necesarios del equipo.

Implementación de paneles fotovoltaicos del vehículo eléctrico solar

Para encontrar las máximas dimensiones en el vehículo eléctrico solar, con el fin de implementar el sistema fotovoltaico, se diseñó el área adecuado de 4.5m². Luego realizar el montaje de sistema fotovoltaico.

En la Figura 3.15, se observa el diagrama unifilar del VES, en donde nos muestra la conexión de los módulos FV, el controlador MPPT, batería untracell, el drive y las medidas de los conductores.

DIAGRAMA UNIFILAR DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

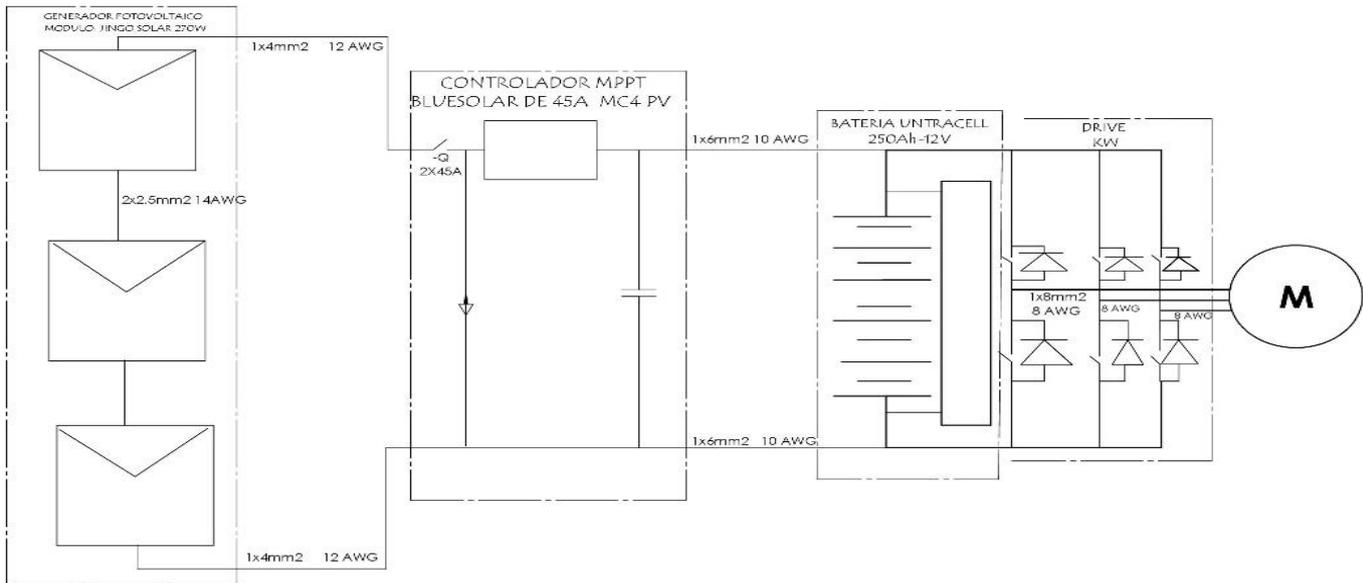


Figura 3.15: Diagrama unifilar del vehículo eléctrico solar adaptación propia.

ARREGLO DE PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO

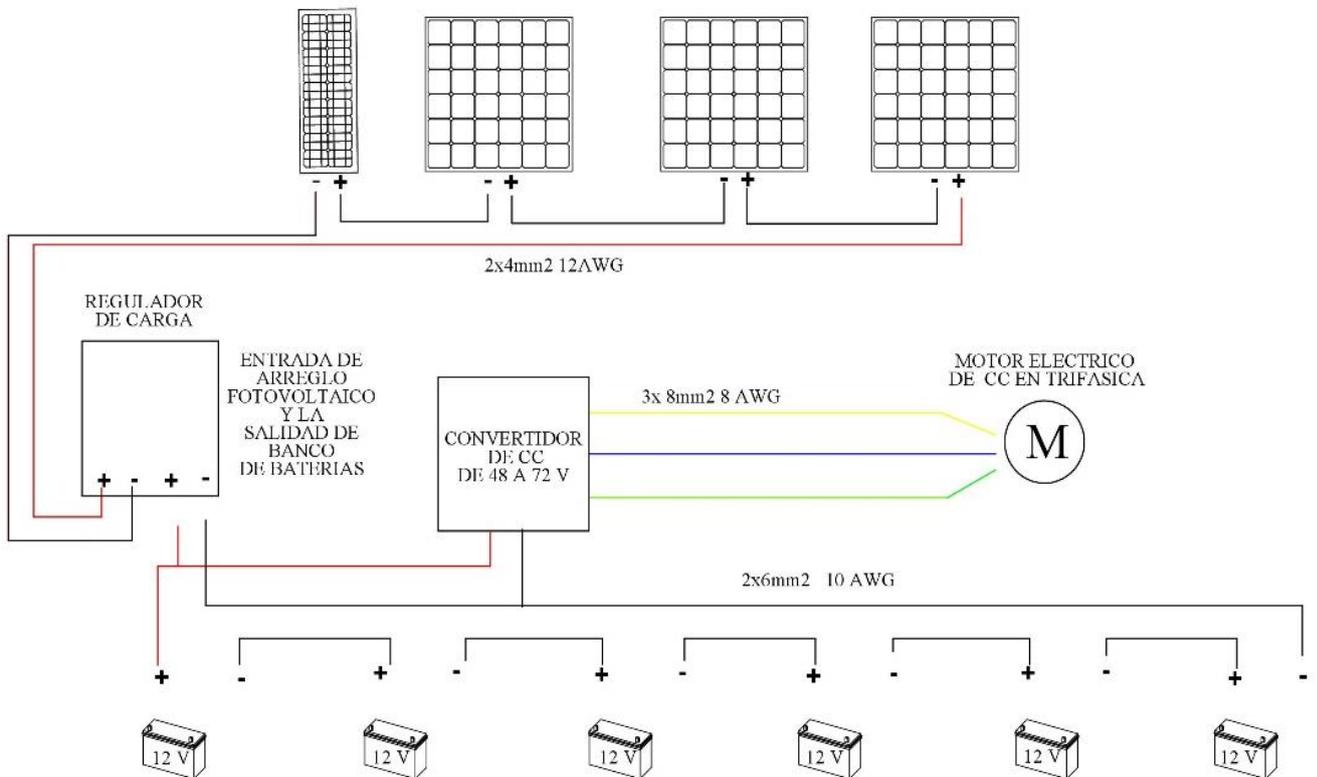


Figura 3.16: Diagrama de bloques del vehículo eléctrico solar adaptación propia.

3.11.1. Implementación de panel fotovoltaico auxiliar del vehículo eléctrico solar

Se implementaron un sistema auxiliar de panel solar para la alimentación de componentes eléctricos del VES.

En la Figura 3.17, Diagrama unifilar auxiliar del vehículo eléctrico solar, en donde nos muestra la conexión de los módulos FV, el controlador MPPT, batería untracell y las medidas de los conductores.

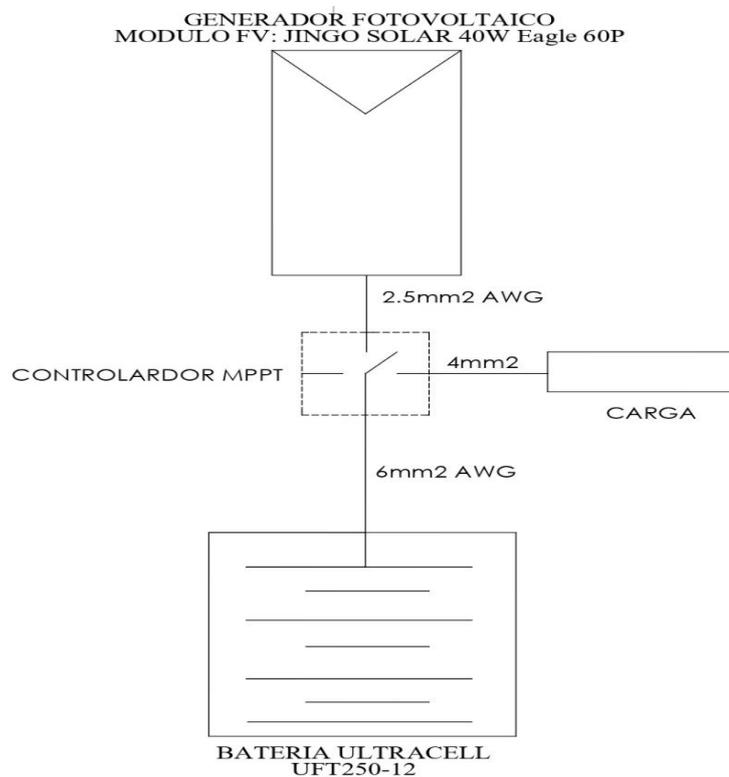


Figura 3.17: Diagrama unifilar auxiliar del vehículo eléctrico solar adaptación propia.

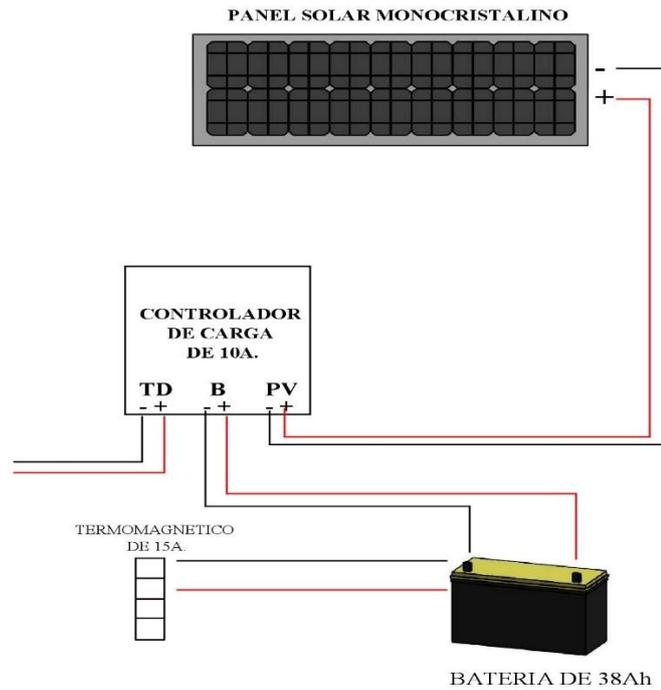


Figura 3.18: Diagrama bloques auxiliar del vehículo eléctrico solar adaptación propia.

3.11.2. Análisis de Irradiación Solar.

La figura muestra la irradiación solar diaria media anual de la Región de Puno. Las unidades de irradiación están en kWh/m² y están dianosticados entre los meses de enero hasta diciembre, como se puede apresiar en la Figura 3.19. El promedio anual es de 5.9 kWh/m² en la ciudad de Juliaca.

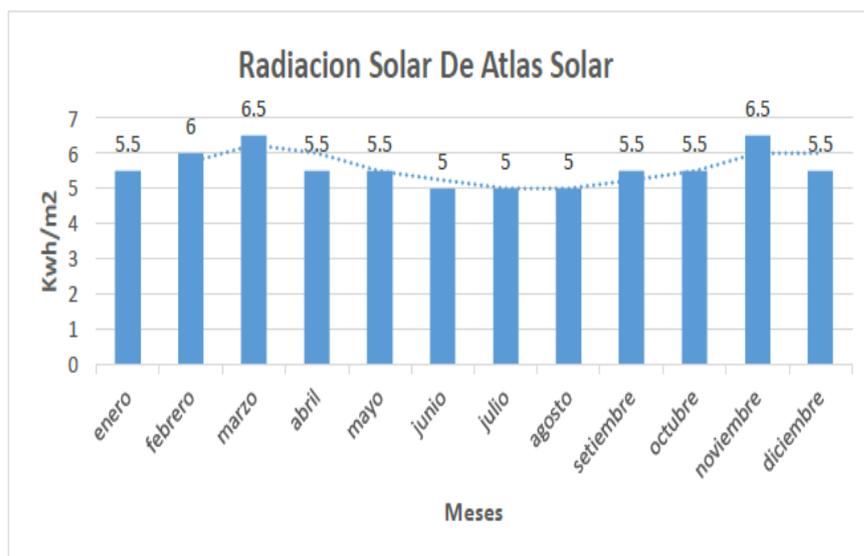


Figura 3.19: Irradiación solar en la ciudad de Juliaca adaptado Estacion meteorológica del Distrito Juliaca.

3.12. Selección sistema de almacenamiento de energía

Menciona SunFields (2017), para la selección de la batería se debe considerar la máxima profundidad de descarga (estacional y diaria) y el número de días de autonomía. Como norma general, se tiene en cuenta estos parámetros:

3.12.1. Selección de banco de baterías

Se considera la siguiente ecuación para determinar el consumos medios diarios (Lmd):

$$Lmd = \frac{Lmd(DC) + \frac{Lmd(AC)}{\eta_{inv}}}{\eta_{bat} * \eta_{con}} \quad (3.34)$$

Reemplazando a la ecuación se obtiene:

$$Lmd = \frac{9000 + \frac{0}{1}}{0.95 * 1.0}$$

$$Lmd = 9473.68W$$

Se consideró dos horas de autonomía

$$Lmd = 9473.68 * 2$$

$$Lmd = 18947.36Wh$$

Se utiliza la ecuación (3.9), para determinar la capacidad nominal en función de la descarga máxima diaria (Cnd) de batería.

$$C_{nd} (Wh) = \frac{Lmd}{P_{Dmax.d} * F_{CT}} \quad (3.35)$$

Reemplazando a la ecuación 3.35 se obtiene:

$$C_{nd}(Wh) = \frac{18947.36Wh}{0.17 * 1.0}$$

$$C_{nd}(Wh) = 111455.05Wh$$

$$C_{nd}(Ah) = \frac{111455.05Wh}{84V}$$

$$C_{nd}(Ah) = 1.326Kwh$$

Para determinar la capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima estacional (Cne) se hace referencia en la ecuación (3.36).

$$C_{ne}(Wh) = \frac{L_{md} * N}{P_{Dmax.e} * F_{CT}} \quad (3.36)$$

Reemplazando a la ecuacion 3.36 se obtiene:

$$C_{ne}(Wh) = \frac{18947.36Wh * 1.0}{0.95 * 1.0}$$

$$C_{ne}(Wh) = 19944.58 \frac{Wh}{dia}$$

$$C_{ne}(Ah) = \frac{C_{ne}(Wh)}{V_{Bat}} \quad (3.37)$$

Reemplazando a la ecuacion 3.36 se obtiene:

$$C_{ne}(Ah) = \frac{19944.58 \frac{Wh}{dia}}{84V}$$

$$C_{ne}(Ah) = 237.43Ah$$

3.12.2. Selección de controlador de carga

Para seleccionar el controlador de carga, debemos determinar cual es la máxima corriente que debe soportar el regulador, a su entrada, pero también a su salida. Para determinar la corriente de entrada al regulador se hace el producto corriente de cortocircuito de un módulo fotovoltaico, y se multiplica por el número de las ramas conectadas en serie. Para determinar esto se hace referencia a la ecuación (3.38).

$$I_{entrada} = 1.25 * I_{MOD.SC} * N_p \quad (3.38)$$

$$I_{MOD.SC} = \frac{P_M}{V_{Bat}}$$

$$I_{MOD.SC} = \frac{275W}{12V}$$

$$I_{MOD.SC} = 22.91A$$

$$I_{entrada} = 1.25 * 22.91A * 1.0$$

$$I_{entrada} = 28.63A$$

Para determinar la corriente de salida hay que calcular las potencias de las cargas DC y las cargas AC. Para determinar esto se hace referencia a la ecuación (3.13)

$$I_{salida} = \frac{1.25 * (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}})}{V_{bat}} \quad (3.39)$$

$$I_{salida} = \frac{1.25 * (9473.68W + 0)}{84V}$$

$$I_{salida} = 140.97A$$

3.13. Análisis económico vehículo eléctrico solar

El análisis económico del Diseño y construcción de un vehículo eléctrico autónomo impulsado por energía solar fotovoltaica en la Universidad Nacional de Juliaca – Puno, nos permitio hallar la viabilidad del proyecto en el tiempo y tomar una decisión sobre el proyecto. Por lo tanto, necesitamos calcular los costos de fabricacion. Estos parámetros se calcularán conociendo los presupuesto del proyecto, costo de depreciación y gastos por gestión administrativa. Para poder determinar los parámetros económicos es necesario conocer los valores mostrados en la Tabla 3.13, la Tabla 3.14, la Tabla 3.15, la Tabla 3.16 y la Tabla 3.17, cabe mencionar que la viabilidad del proyecto, depende del tipo de interés aplicado.

Tabla 3.16 Presupuesto, materiales y equipos del vehículo eléctrico solar adaptación propia adaptación propia.

ITEMS	DESCRIPCION DE EQUIPOS	COSTO UNIT. (S/.)	CANT.	COSTO TOTAL (S/.)
1.0 Sistema mecánica				
1.1	Corona eje caja retro y llanta	1,200.00	1	1,200.00
1.2	Rotulas	18.00	4	72.00
1.3	Suspensión larga	35.00	4	140.00
1.4	Suspensión delantera	50.00	2	100.00
1.5	Caña timón cruceta cremallera	150.00	1	150.00
1.6	Trapecios araña disco cali per	175.00	2	350.00
1.7	Llantas posterior y aros	280.00	2	560.00
1.8	Asientos	60.00	2	120.00
1.9	Pintura naranja closs	38.00	1	38.00
1.10	Base zinc cromato	38.00	1	38.00
1.11	Tiñer de pintura y zinc cromato	12.00	5	60.00
1.12	Cables de caja	18.00	4	72.00
1.13	Pernos y arandelas tuercas	250.00	1	250.00
1.14	Estructura tubular	500.00	1	500.00
1.15	Bocina	8.00	1	8.00
1.16	Cable eléctrico de 100 M	60.00	1	60.00
1.17	Cinta aislante	6.00	3	18.00
1.18	Masilla	21.00	1	21.00
1.19	Faros delanteros	35.00	2	70.00
1.20	Guardafangos 1 M X 1.50 M	60.00	1	60.00
1.21	Direccionales	4.00	4	16.00
1.22	Luces stop	5.00	2	10.00
1.23	Comandos	18.00	2	36.00

1.24	Ramal eléctrico	17.00	1	17.00
1.25	Cables de frenos	10.00	4	40.00
1.26	Pintura negra	15.00	1	15.00
1.27	Plancha metal	30.00	1	30.00
1.28	Madera osb	75.00	1	75.00
1.29	Marroquín x 2m	48.00	1	48.00
1.30	Cinta de seguridad	100.00	1	100.00
1.31	Retrovisores	20.00	1	20.00
1.32	Tacómetro	15.00	1	15.00
1.33	Correas de seguridad	40.00	2	80.00
1.34	Otros	150.00	1	150.00
2.0 Sistema propulsión				
2.1	Motor eléctrico de 10kW DC-DC	6,253.85	1	6,253.85
2.2	Convertor de trifásica	1,500.00	1	1,500.00
2.3	Cargador de batería de 72V	2,000.00	1	2,000.00
3.0 Sistema almacenamiento				
3.1	Uft250-12 12v 250ah	1,752.22	6	10,513.32
3.2	Batería ritar 12V 38AH	100.00	1	100.00
4.0 Sistema panel solar fotovoltaico				
4.1	Modulo Eagle 60p 260-280 W poli cristalino	900.00	3	2,700.00
4.2	Controlador	500.00	1	500.00
5.0 Cableado				
5.1	Cable fase y neutro 2x4mm2	2.22	30	66.57
6.0 Servicio de transporte				
6.1	Remolque	500.00	1	500.00
7.0 Montaje y puesta en operación				
7.1	Mano de obra	1,000.00	1	1,000.00
8.0 Ingeniería, gastos generales y administrativos				
8.1	Gastos generales y administrativos	2,000.00	1	2,000.00
TOTAL				31,672.74

3.13.1. Costo de producción del vehículo eléctrico solar

Se estima el costo de producción del vehículo eléctrico solar por una unidad vehicular por mes.

Tabla 3.17 *Costo de producción del vehículo eléctrico solar adaptación propia.*

PRODUCCIÓN DE 1 UNIDAD POR MES				
soldador	1	S/	1,200.00	S/ 1,200.00
mecánico automotriz	1	S/	1,200.00	S/ 1,200.00
ayudantes mecánicos	1	S/	800.00	S/ 800.00
administrador	1	S/	1,100.00	S/ 1,100.00
TOTAL				S/ 4,300.00

Tabla 3.18 *Gastos fijos del vehículo eléctrico solar adaptación propia.*

DETALLES DE GASTOS FIJOS		
Alquiler	S/	150.00
Luz y Agua	S/	50.00
Internet	S/	80.00
Otros	S/	100.00
TOTAL	S/	380.00

Tabla 3.19 *Depreciación anual del vehículo eléctrico solar adaptación propia.*

DEPRECIACIÓN ANUAL		S/
Valor de equipos en Soles		30,000.00
porcentaje de Depreciación	30%	9,000.00
Meses en actividad	12	
Depreciación mensual	S/	750.00

Tabla 3.20 *Presupuesto total del vehículo eléctrico solar adaptación propia.*

COSTO OPERATIVO POR PROTOTIPO		
Materiales y Accesorios	S/	31,672.74
Recursos Humanos	S/	4,300.00
Gastos Fijos	S/	380.00
Depreciación Equipos	S/	750.00
TOTAL	S/	37,102.74

3.13.2. Costo de producción en cantidad

Se estima el costo de producción del vehículo eléctrico solar por 10 unidades por 12 mes. En la Tabla 3.21, muestra costo unitario de S/. 32, 365.74 nuevos soles y realizando un descuento de utilidad S/. 1,782.00 nuevos soles; el precio de venta del vehículo es S/. 30,583,74 nuevos soles.

Tabla 3.21 Costo total del vehículo eléctrico solar por 10 unidades adaptación propia.

COSTO PRODUCCIÓN			TOTAL EN	COSTO UNIT
UNIDADES	COSTO	UND. S/	SOLES S/	S/
				32,365.74
Material y				COSTO
Accesorios	10	31,672.74	316,727.40	VENTA
Recursos Humanos	1	4300.00	4,300.00	30,583.74
Gastos Fijos	1	380.00	380.00	UTILIDAD
Depreciación				
Equipos	3	750.00	2,250.00	1,782.00
TOTAL			323,657.40	17,820.00

3.13.3. Alquiler del vehiculo electrico solar para una zona turistica

El alquiler de un vehículo de combustión interna en la región de Puno es de S/. 60 nuevos soles por día. En la Tabla 3.22, muestra el costo de alquiler del vehículo eléctrico solar por 12 meses; el costo de alquiler es de S/. 13,200 nuevos soles. Se menciona que en tres años se podrá recuperar el costo del VES.

Tabla 3.22 Costo de alquiler del vehículo eléctrico solar por anual, adaptación propia.

ALQUILER DE VEHICULO	VEHICULOS	DIA	DIAS X MES	PRECIO X DIA	SUB-TOTAL	TOTAL, X 1 DIA	TOTAL, X MES	X 6 MESES	X 12 MESES
INTI-TITICAR	1	1	22	S/ 50.00	S/ 50.00	S/ 50.00	S/ 1,100.00	S/ 6,600.00	S/ 13,200.00

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultado del diseño vehículo eléctrico solar

Una de las características más importantes de este vehículo eléctrico solar es su facilidad para ser compartido en cuatro aspectos esenciales: acceso, energía, espacio y conectividad. Se trata de un vehículo biplaza al que se accede y que se conduce con suma facilidad. Su pequeño tamaño le permite maniobrar fácilmente en cualquier ciudad y facilita el estacionamiento.

Su diseño es robusto y estable, con un chasis tubular de acero galvanizado dotado de una jaula antivuelco, garantiza la seguridad de sus ocupantes. Además, los neumáticos actúan como parachoques para proteger la carrocería.

Está diseñado para resistir el desgaste de su uso intensivo. Tanto en el interior como en el exterior se utilizan materiales reciclados siempre que sea posible, con superficies fáciles de limpiar y piezas fáciles de reemplazar. La lista de materiales y la construcción se han optimizado, lo que hace que el VES sea asequible y garantice un CAPEX (gastos de capital) y un OPEX (gasto operacional) bajos para los usuarios.

El resultado obtenido en el diseño de chasis llega un peso de 140Kg, además el peso total de vehículo eléctrico solar es de 620 Kg.

4.1.1. Dimensiones del vehículo:

- ✓ longitud: 3.06 m
- ✓ ancho: 1.53 m
- ✓ Altura: 1.57 m

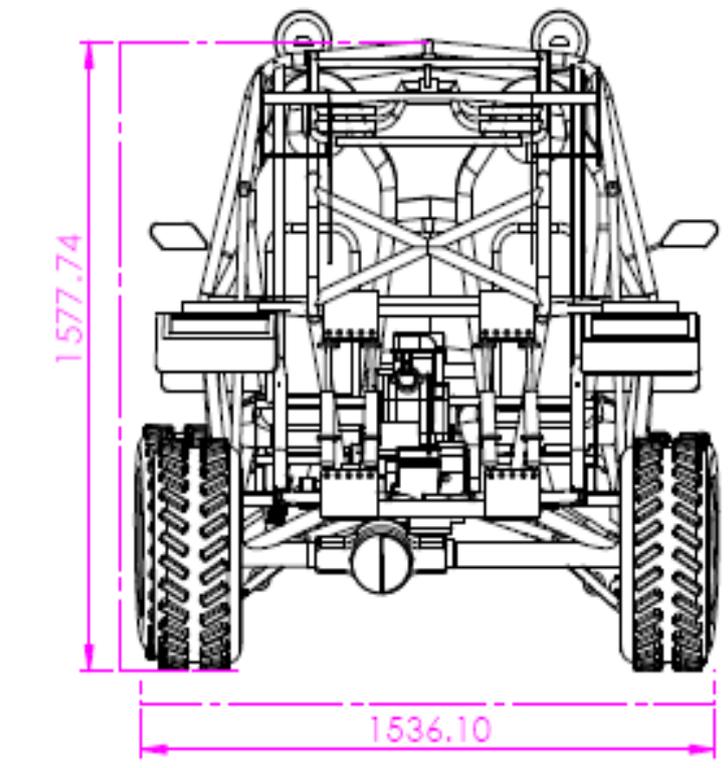


Figura 4.1: Dimensiones del vehículo eléctrico solar adaptación propia.

4.1.2. Resultados obtenidos del centro de gravedad

Se ubicó el centro de gravedad realizando los cálculos matemáticos y utilizando el software solidworks como se muestra en las figuras. El peso del vehículo está distribuido en 46.84% en el eje delantero y 53.16% en el eje posterior, además el peso que soporta cada neumático delantero es 145.19 Kg y el neumático posterior soportará 164.80 Kg.

Resultados obtenidos del centro de gravedad en ecuaciones matemáticas:

- ✓ X: 1639.81 mm, desde adelante hacia atrás
- ✓ Y: 595.75 mm, desde el lado izquierdo al lado derecho
- ✓ Z: 516.97 mm, desde el suelo hacia arriba

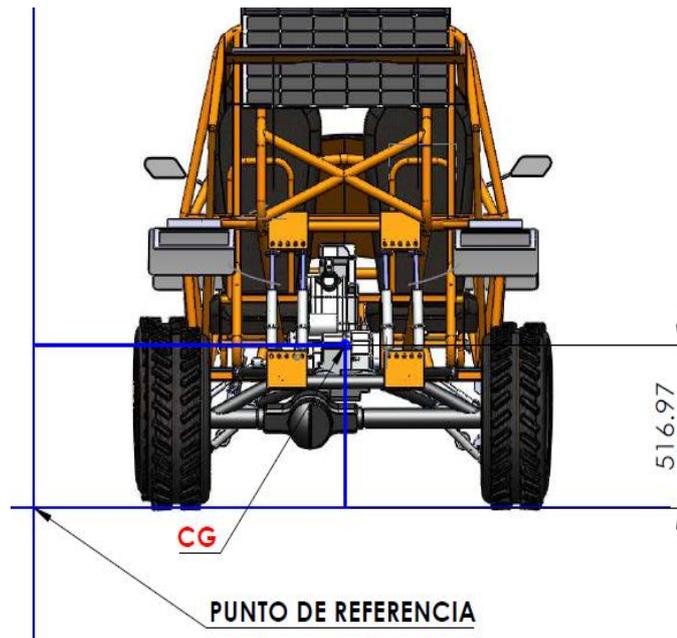


Figura 4.2: Obtención de centro de gravedad con cálculo matemático adaptación propia.

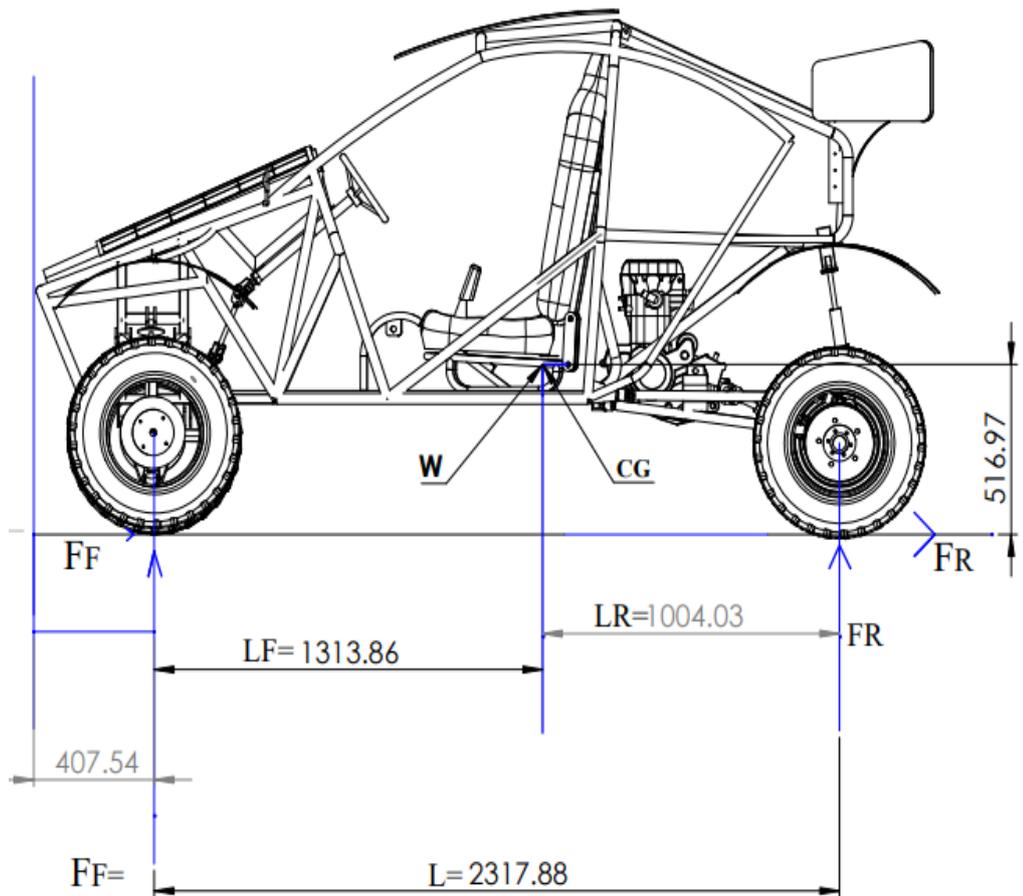


Figura 4.3: Obtención de centro de gravedad utilizando el software Solidworks adaptación propia.

4.2. Resultado del dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaico

Sus baterías intercambiables proporcionan 60 kilómetros de autonomía y se reemplazan siempre que el vehículo necesite una recarga rápida. El estado de carga de la batería, además de otros parámetros como la tasa de descarga máxima, la temperatura de las celdas y los indicadores de uso indebido, como daños por agua o fuerzas G excesivas, se monitorean y están disponibles para el operador.

Además, incorpora otras opciones de carga como tomas de corriente para la recarga vinculada y la carga rápida en corriente continua a partir de la energía de los paneles solares instalados en las instalaciones del operador. El sistema de recarga solar automática proporciona hasta 10 kilómetros adicionales cada día.

4.2.1. Capacidad total de generación fotovoltaico

La implementación se realiza con 3 Paneles solares de 275 W de cada uno, con una potencia generada de 825 Wp, de tipo Policristalino de alta eficiencia; marca Jinko Solar; modelo: Eagle 60P 260-280W (**Ver anexo**)

4.2.2. Capacidad total de acumulacion de energia

Se seleccióno y se implemento 07 baterías de 12V - 250 Ah 330 x 172 x 217.8 mm de eficiencia de 97% ; marca ultracell, modelo UFT250-12. (**Ver anexo**)

4.2.3. Capacidad de regulador de carga

Se implemento con un regulador de carga, con una corriente de entrada de 22.91A y corriente de salida 140.97A (**Ver anexo**)

4.2.4. Capacidad sistema de propulsion

El vehiculó tiene un motor eléctrico de Corriente Continua de 10 Kw, con una fuerza de traccion electrica de 1094.32N.

Debido a que una implementación con motor de corriente alterna resulta más costosa y más voluminosa, ya que haciendo una equidad entre un sistema de corriente alterna y uno de corriente continua, en el de corriente alterna para obtener una misma potencia que en una de corriente continua necesitamos un mayor número de baterías para alimentar un motor trifásico de corriente alterna además que necesitaríamos un convertidor DC/AC para la conexión entre baterías y motor por lo que resulta ser más pesada y costosa, es por eso que realizaremos la implementación con un motor de corriente directa que nos será de mayor utilidad para nuestro vehículo liviano.

4.3. Especificaciones técnicas del vehículo eléctrico solar

Se muestra la ficha técnica del vehículo eléctrico solar, además detalla las propiedades que presenta VES.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE VEHICULO ELECTRICO SOLAR	
	
MOTOR ELECTRICO	10kw
Potencia máxima DC	72 DC
Potencia máxima kW/rpm	80 kW/rpm
Par máximo	254 Nm/ 3000 rpm
Tensión nominal	84V
PRESTACIONES	
Velocidad máxima	60 km/h
Aceleración de 0-100 km/h	13,89 s
CONSUMO Y AUTONOMÍA	
Consumo eléctrico	1.326 KWh
Autonomía NEDC	60km
	80km
TRANSMISIÓN	
Tracción	Trasera
INFORMACIÓN TÉCNICA BATERÍA	

Tipo	Ultracell
Capacidad	250Ah
Capacidad útil	— Kwh — Kwh
Extraíble (S/N)	Si
Numero de celdas	—
Tipo de carga / tiempo 100%	220V/16A / 24 – 6.5 horas
Carga / tiempo 100%	4 días
PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO	
Pmax	275 W
Vmp	42V
Imp	8.61 A
Voc	39.1 V
Isc	9.15 ^a
%	18.80
DIMENSIONES	
Largo	3053.17 mm
Ancho	1572.04 mm
Alto	1.550 mm
Distancia entre ejes	2.700 mm
PESO	
Peso en vacío min/max	470kg /620kg
CAPACIDADES	
Peso Max autorizado	900kg
Número de puertas	2
Número de plazas	2
Capacidad de maletero	10l
CHASIS y NEUMÁTICOS	
Suspensión delantera	Pseudo-Mc Pherson
Suspensión trasera	Ballesta de torsión
Frenos delanteros	Disco
Frenos traseros	Tambor
Neumáticos delanteros	4.50R12
Llanta delantera	Aluminio 12"
Neumáticos trasera	AT 25X12 SIN TUBO
Llantas traseras	Aluminio 12"

4.4. Parámetros de operación del vehículo eléctrico solar

En la Figura 4.4 se muestra los parámetros de operación VES con un peso de 620 Kg con pendiente de 7 grados.

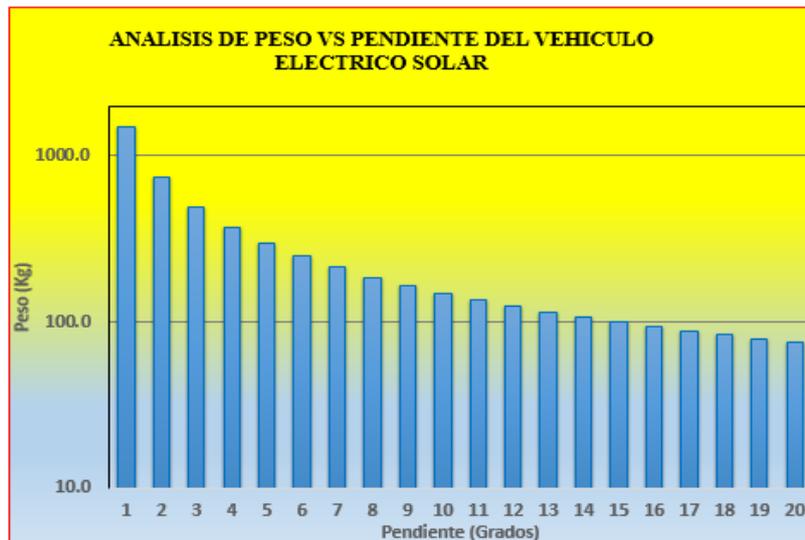


Figura 4.4: Parámetros de operación del vehículo eléctrico solar adaptación propia.

4.5. Horas de autonomía del vehículo eléctrico solar

En la Figura 4.5 muestra la autonomía a una carga de 100%, llegando con un voltaje de 82 Voltios máximo se analiza lo siguiente la autonomía es de 2 horas.

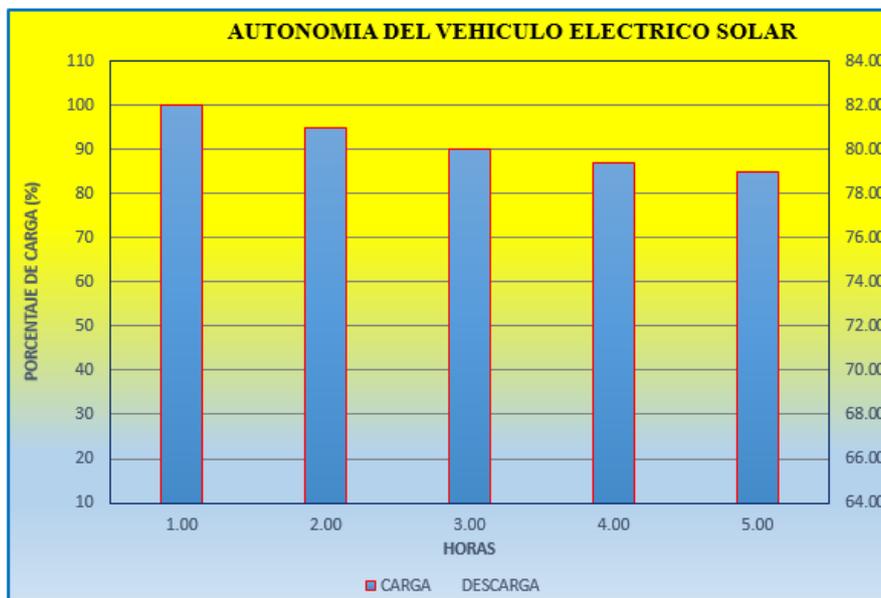


Figura 4.5: Autonomía del vehículo eléctrico solar adaptación propia.



Figura 4.6: Producto final y prueba del vehículo eléctrico solar adaptación propia.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se desarrolló el diseño del sistema estructural del vehículo con el software Solidworks, considerando todas las normas técnicas, su diseño es robusto y estable, con un chasis tubular de acero galvanizado dotado de una jaula antivuelco, garantiza la seguridad de sus ocupantes. Además, los neumáticos actúan como parachoques para proteger la carrocería. Una de las características más importantes de este vehículo eléctrico solar es su facilidad para ser compartido en cuatro aspectos esenciales: acceso, energía, espacio y conectividad. Se trata de un vehículo biplaza al que se accede y que se conduce con suma facilidad. Su pequeño tamaño le permite maniobrar fácilmente en cualquier ciudad y facilita el estacionamiento. Las medidas del vehículo: largo de 3069.74 mm, ancho 1536.10 mm, alto de 1577.74 mm y el peso máximo es de 620 Kg.

Se implementó y seleccionó todos los parámetros necesarios al vehículo eléctrico solar, esta implementado con 3 módulos fotovoltaicos con cada uno de 275 W, aprovechando una energía generada 825 W, también cuenta con 7 baterías de marca Ultracell, teniendo una energía almacenada de 19.94KW. Se determinó la potencia del motor en plano horizontal de 3.23KW y además se determinó la potencia del motor en plano vertical de 8.98KW. Por último, la energía generada total es de 4.986 kW/ día; esto aporta una carga de 25% al banco de baterías.

Por último, se realizó la prueba; resultando con una autonomía de 60 Km, con una velocidad 60 Km/h y con un ascenso de 8.53°. Además, el costo de producción es de S/. 37,102.74 nuevos soles. Llegamos a la conclusión que la fabricación de vehículos eléctricos solares técnicamente y económicamente es factible. Además, contribuye a la mejor calidad de vida de los usuarios; al generar empleo y ahorro económico. Impulsa la capacitación gradual de técnicos y la instalación de talleres especializados. Aumenta la eficiencia energética en el sector transporte. Reduce

emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Contribuye a la mejora de la calidad del aire y reduce la contaminación sonora.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda al estado peruano y a las instituciones públicas y privadas invertir presupuesto sobre este tema de investigación, que es muy importante hay profesionales capaces de realizar diferentes proyectos científicos en área de energías renovables.

En la presente investigación se realizó los cálculos necesarios para el diseño y construcción del vehículo eléctrico autónomo impulsado por energía solar fotovoltaica y luego ser implementado, sin embargo; se recomienda desarrollar e investigar sobre el control y automatización de este tipo de VES, puede ser un tema muy interesante para trabajos futuros de investigación.

Se recomienda construir e instalar estaciones de recarga con sistemas fotovoltaicos ya que se cuenta con un buen recurso solar en nuestra región de Puno. se recomienda a las empresas o instituciones que estén dispuestas a invertir en este rubro.

Se recomienda hacer estudios de inyección de energía a través del vehículo eléctrico solar.

Para servicio urbano, podría ser muy atractivo tener vehículos eléctricos solares transitando en calles y así cuidar la salud de las personas no solo a ellos también a nuestra planeta

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andrade, A. (2009). Diseño y construcción del chasis para un vehículo tipo buggy
- Andrade, F., & Alvarez, A. (2009). Diseño y construcción del chasis para un vehículo tipo buggy de la fórmula automovilística universitaria (FAU). Tesis. <https://doi.org/10.16924/riua.v0i14.540>
- Antonio, Á., Silva, V., Vehículo, P. D. E., Para, E., Traslado, E. L., & Liviana, D. E. C. (2013). Proyecto de vehículo eléctrico para el traslado de carga liviana para la localidad de Huatacondo.
- Carreño Aguillon, E., Vacca Melo, E., & Lugo Ariza, I. (2012). Diseño y fabricación de un vehículo autónomo impulsado por energía solar. Design and Making of an Autonomous, Solar-Energy-Powered Vehicle, 16(32), 92–107.
- Carreño, E. del P. (2012). Diseño y fabricación de un vehículo autónomo impulsado por energía solar, 91–106.
- Lizano, C. (2017). Diseño y construcción de la estructura tubular para la carrocería del prototipo de un auto eléctrico biplaza UTA- CIM17, 1–165. Retrieved from [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27931/1/Tesis I. M. 463 - Lizano Núñez Carlos David.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27931/1/Tesis%20I.%20M.%20463%20-%20Lizano%20N%C3%BAñez%20Carlos%20David.pdf)
- Lopez, L., & Caballero, O. (2013). Propuesta del prototipo de un vehículo eléctrico sustentable.
- Mamani, J. (2018b). Diseños de los sistemas de alimentación fotovoltaica para mejorar la autonomía energética del vehículo eléctrico de EPIME UNA Puno, 102. Retrieved from http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9329/Mamani_Apaza_Juan_Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Novais De Freitas, J. carlos. (2012). Proyecto de análisis de funcionamiento de carros eléctricos. Universidade Do Minho, 201.
- Ñuñez Ñuñez, M., & Salazar Molina, C. (2014). Diseño y construcción de un sistema eficiente de alimentación solar, mediante acumuladores de energía, para un vehículo eléctrico, 58. Retrieved from <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>
- Paye, E. (2019). Diseño de un vehículo eléctrico para la región altiplánica.
- Pinzón, C., Corral, C., Nájera, R., & Campos, D. (2013). Selección de un sistema solar fotovoltaico para un vehículo eléctrico. CULCyT, 4(50), 28.
- Rivero, D. S. B. (2008). Introducción a la Metodología de la Investigación 1, 1–94.
- Rosero, D. (2018a). Diseño y construcción del sistema de propulsión para un prototipo de auto eléctrico biplaza UTA-CIM17, 137. Retrieved from <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29865>
- Rossi, S., Spina, M., Bengler, F., de la Vega, R., Leegstra, R., & Santillán, G. (2014). Pampa Solar: un proyecto multidisciplinario para la construcción de un vehículo solar. Pampa Solar: Un Proyecto Multidisciplinario Para La Construcción de Un Vehículo Solar, 25(48), 225–249.
- Ruiz, Mi., Nataly, T., Mirella, M., Yanchatipan, C., & Zhindon, D. (2014). Elaboración de un carro a escala que funcione con energía solar. Journal of Chemical Information and Modeling, 1–50.
- Valdez, C. (2008). "Diseño y fabricación de un automóvil de energía solar para personas con capacidades diferentes el huasteco".
- Villanueva Gutierrez, L. (2009). Implementación de un sistema fotovoltaico en un vehículo eléctrico para la carga de batería, 1–67.

Walter, C. P. J. D. S. C. (2012). Implementacion de un sistema electrico alimentado por energia solar, a un vehiculo monoplaaza propulsado por un motor electrico, 118.

Zuñiga. (2005). Analisis y evaluacion del aumento en la autonomia de un vehiculo electrico utilizando celdas fotovoltaicas y MPPT de alta tecnologia.

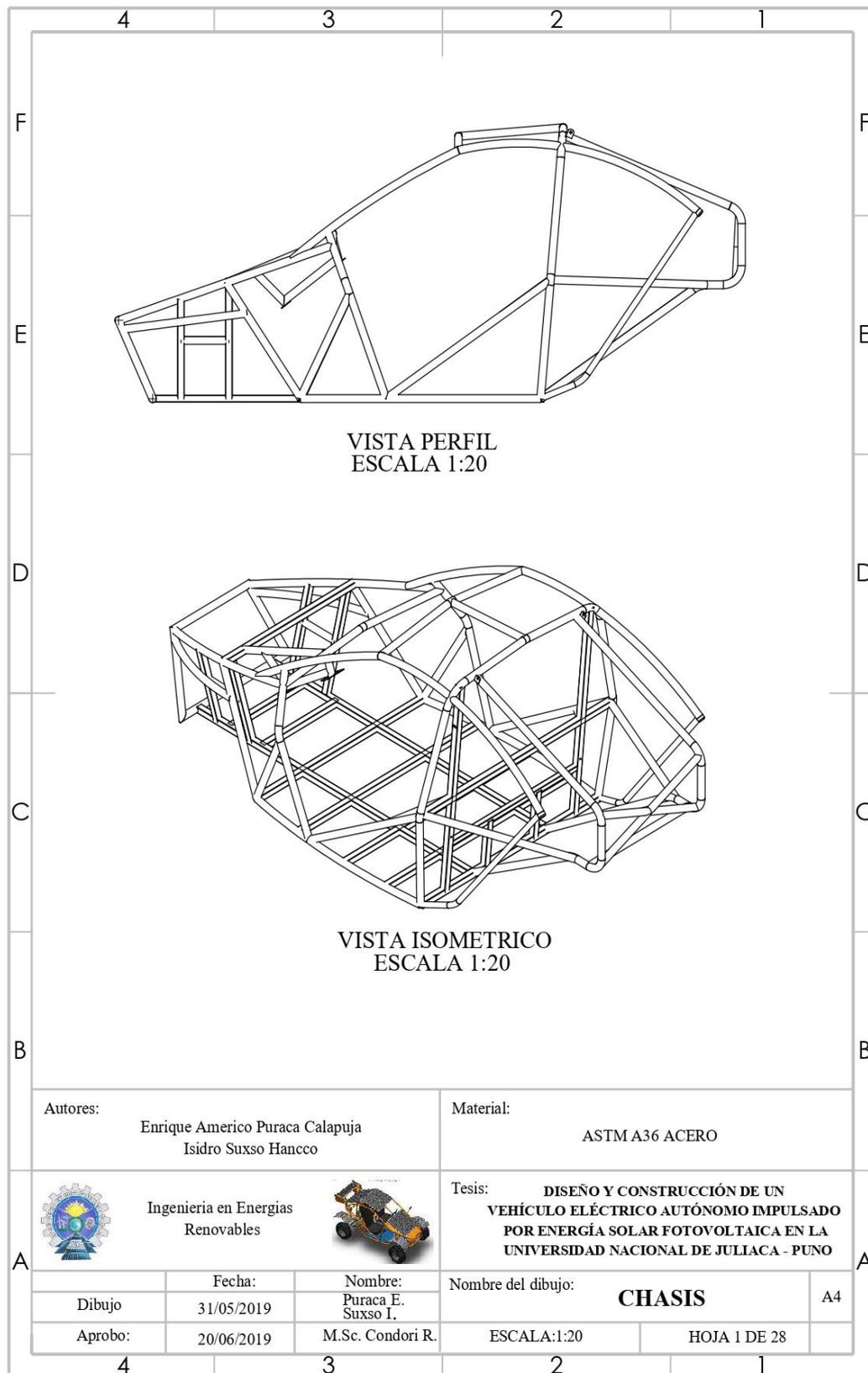
Zuñiga, V. A. (2014). Tesis PUCP - Propuesta de las características técnicas de un vehículo eléctrico para uso privado en Lima Metropolitana. Tesis PUCP, 96.

ANEXOS

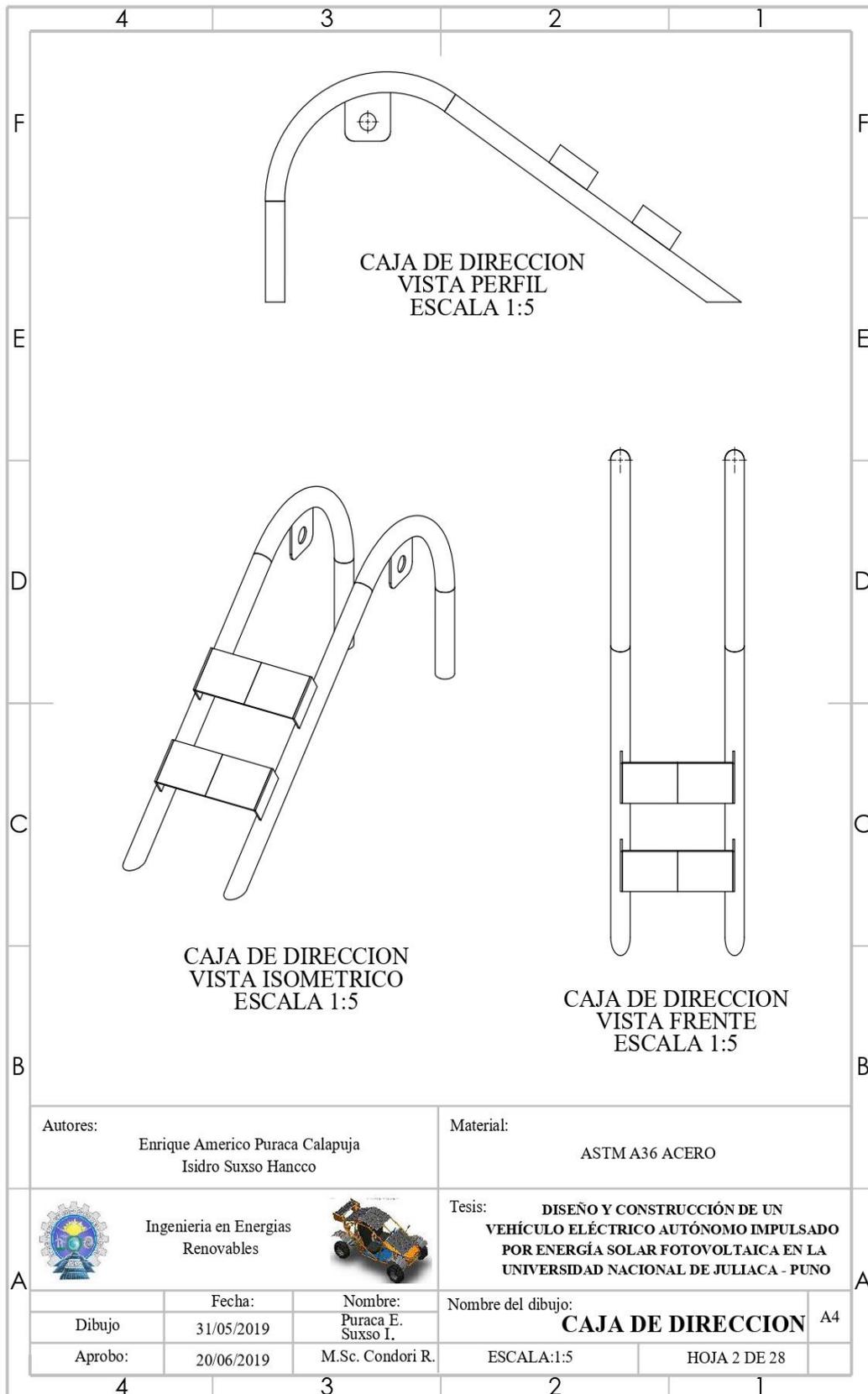
ANEXO N° 1

PLANOS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

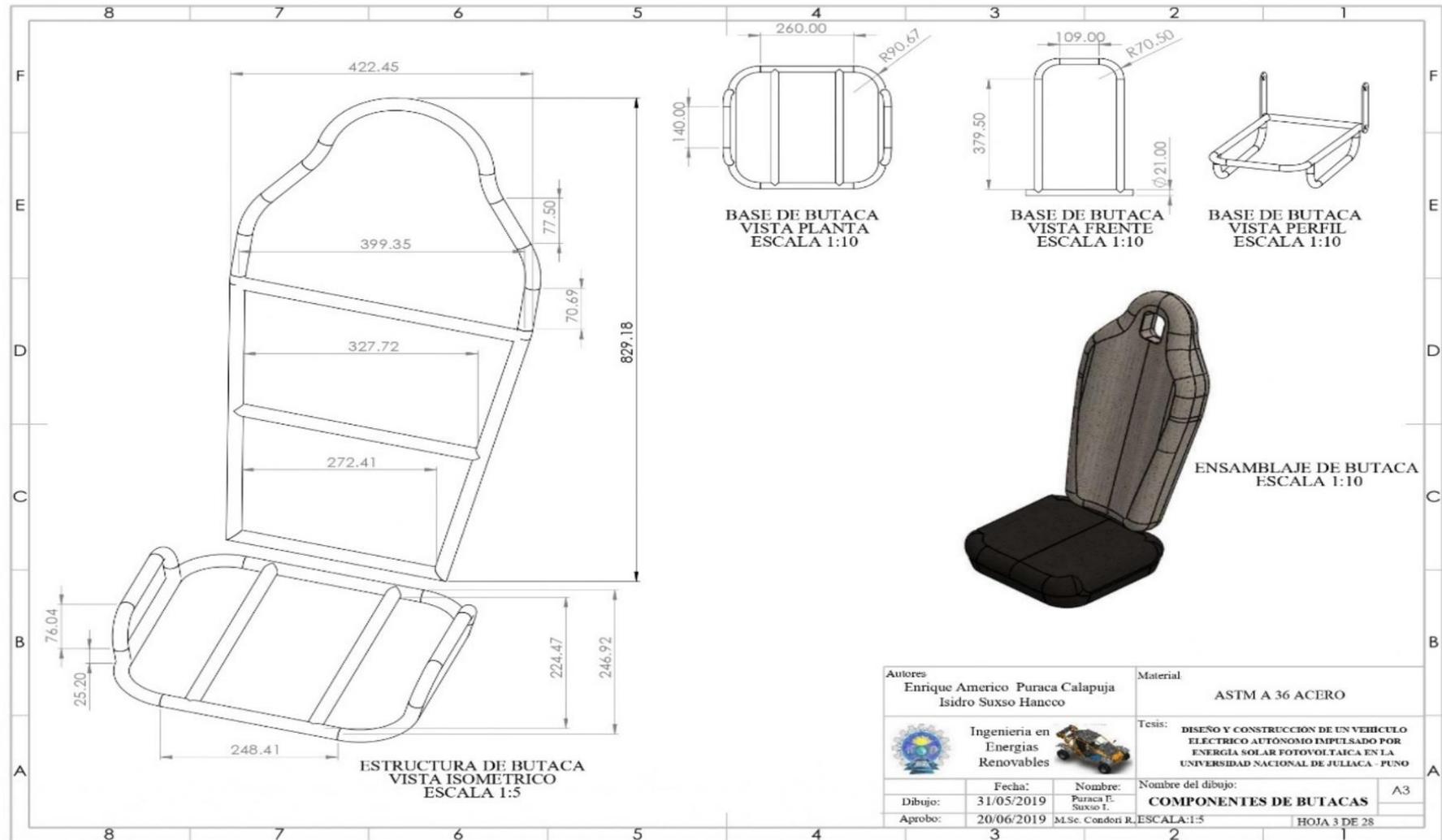
A.1.1. Chasis del vehículo eléctrico solar



A.1.2. Soporte de caja de velocidades y freno de mano



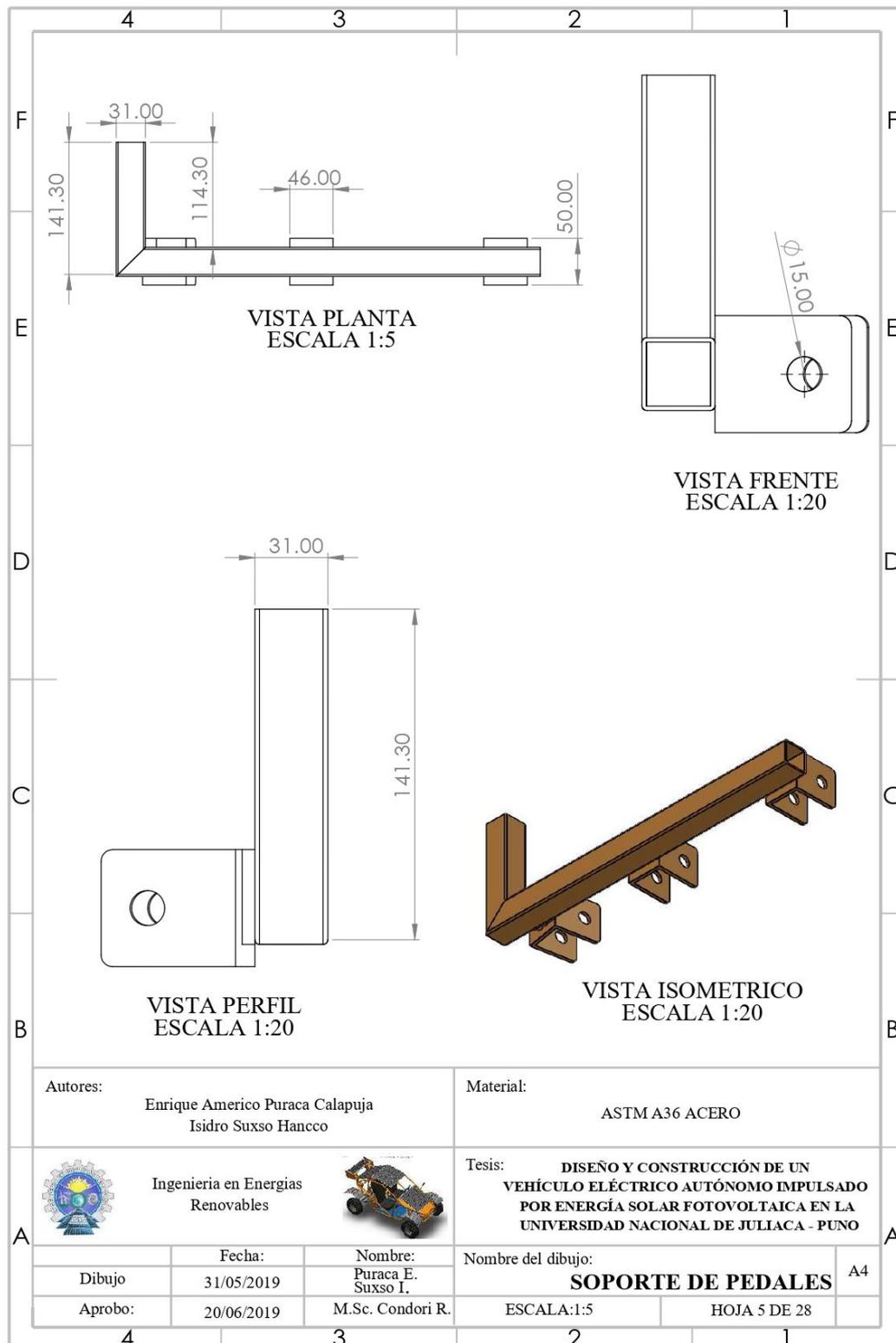
A.1.3. Estructura de asiento del vehículo eléctrico solar



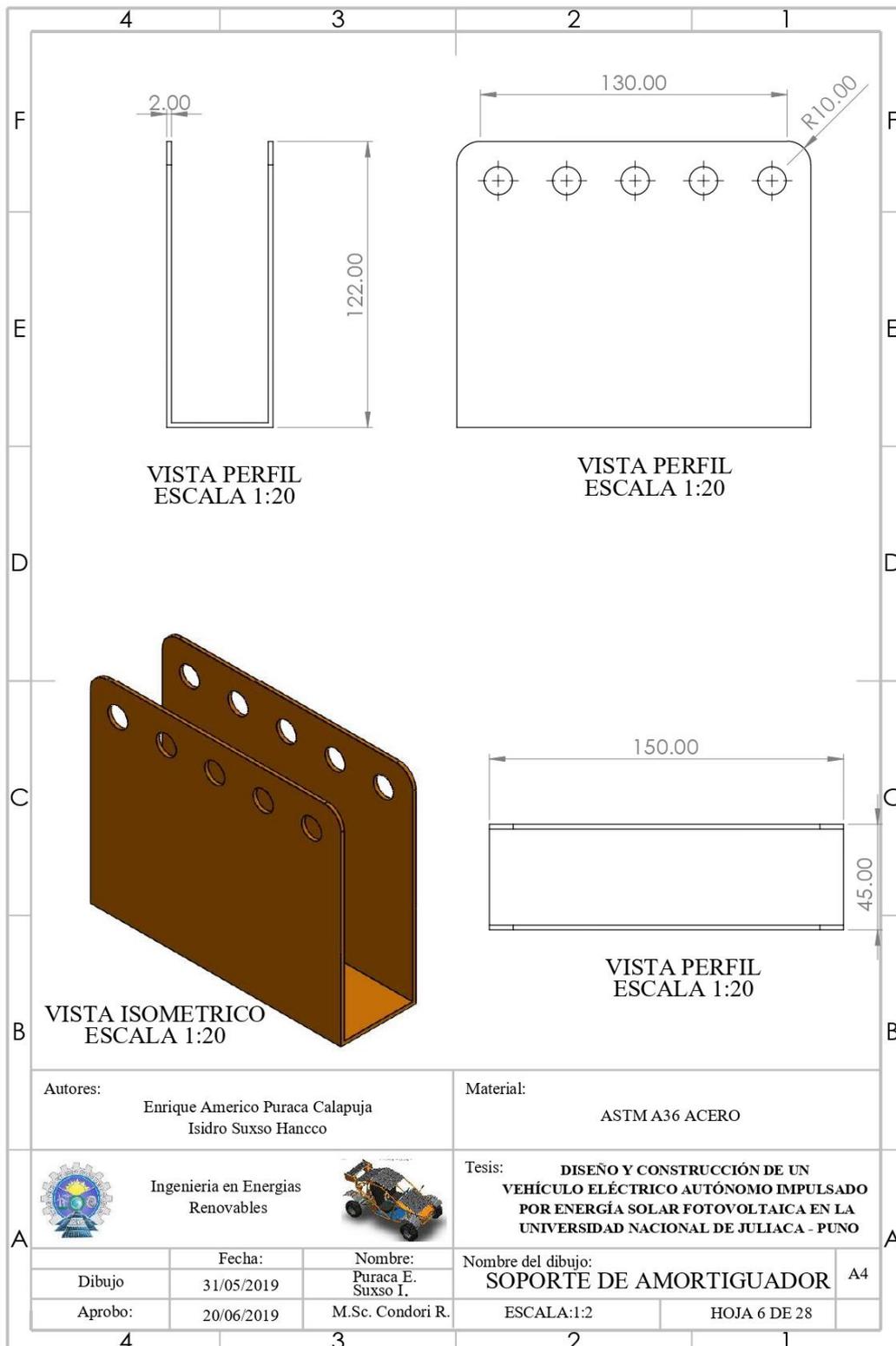
A.1.4. Butaca del vehículo eléctrico solar



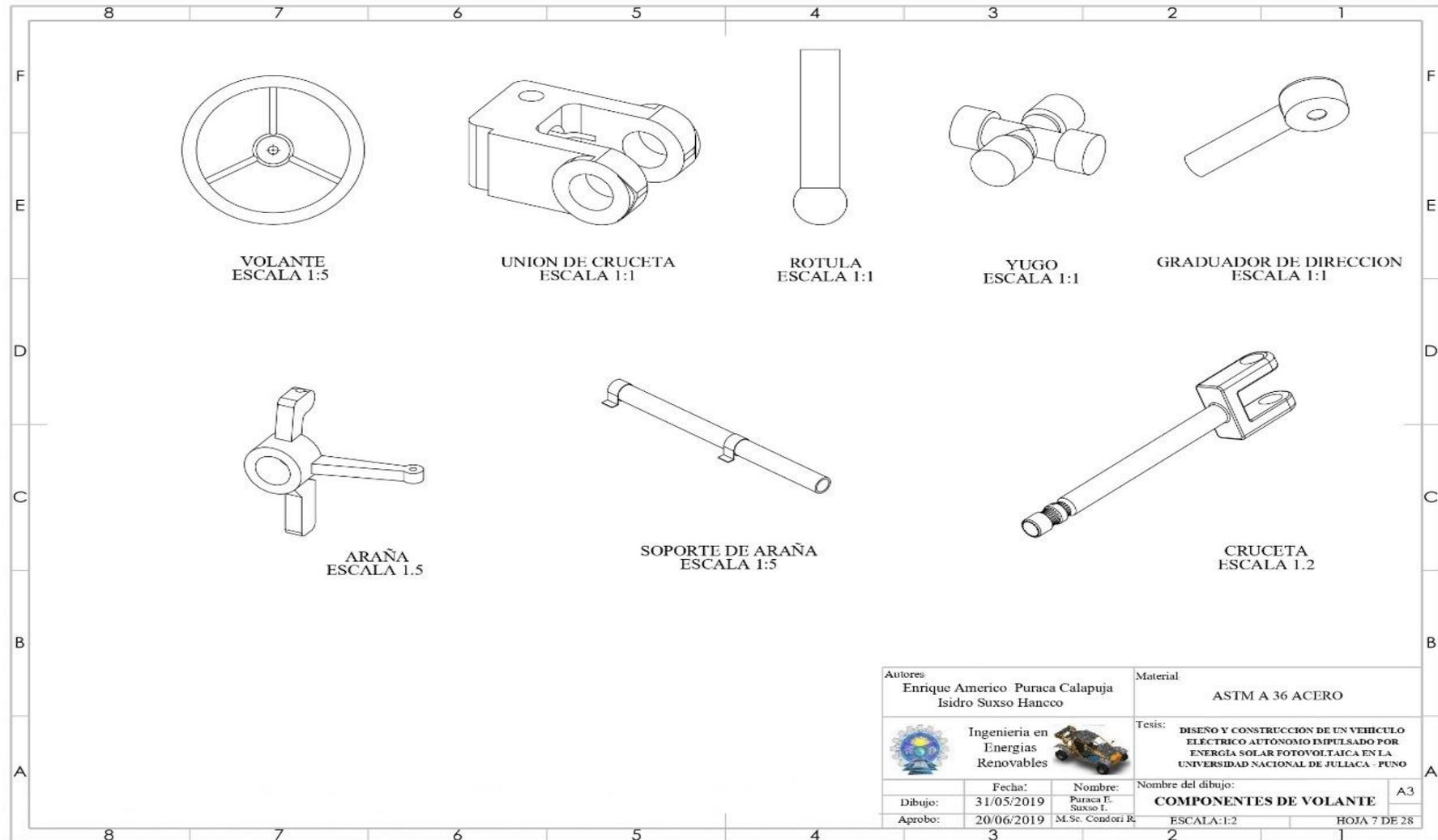
A.1.5. Soporte de aceleración y frenos



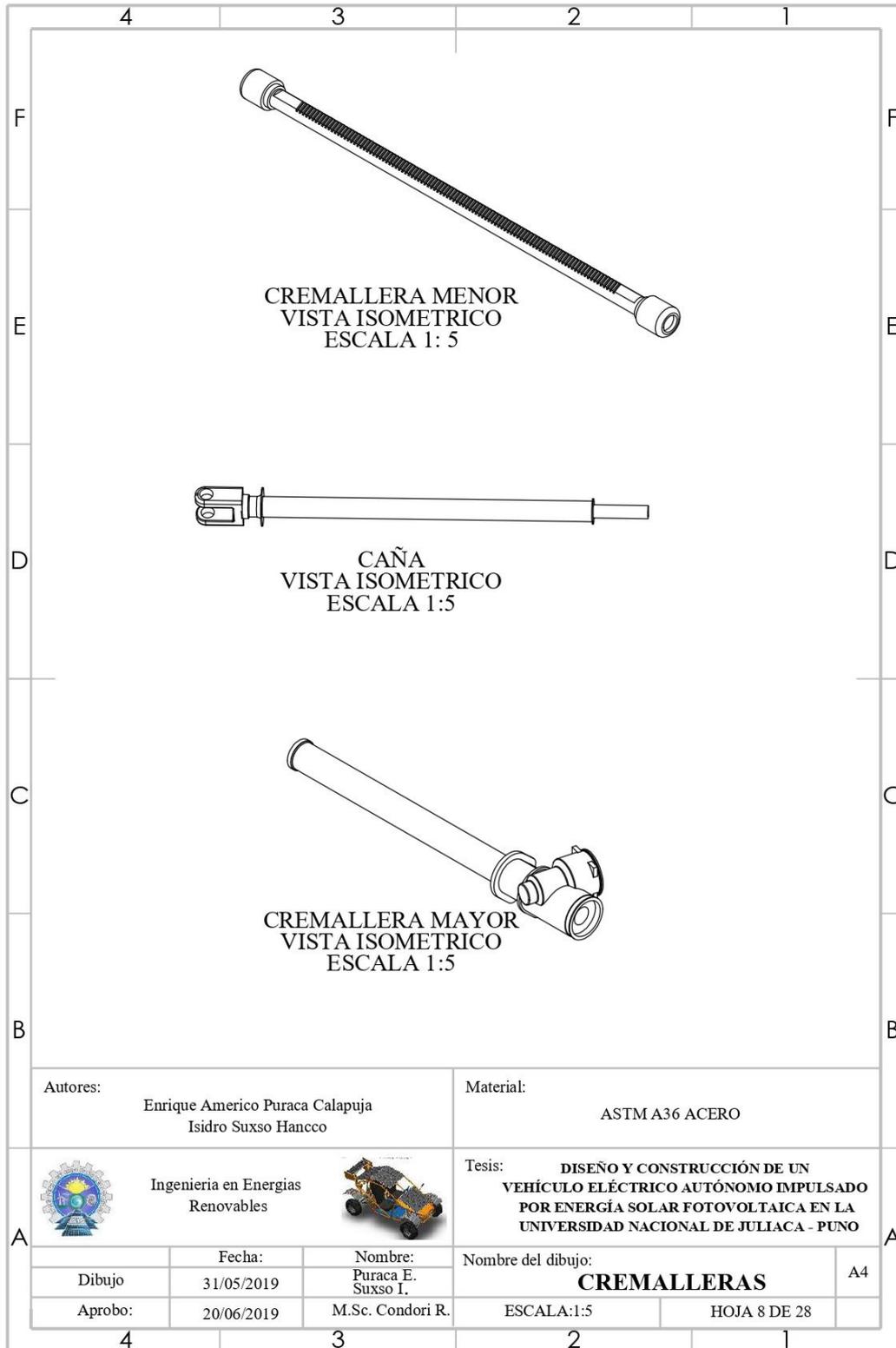
A.1.5. Soporte de amortiguador



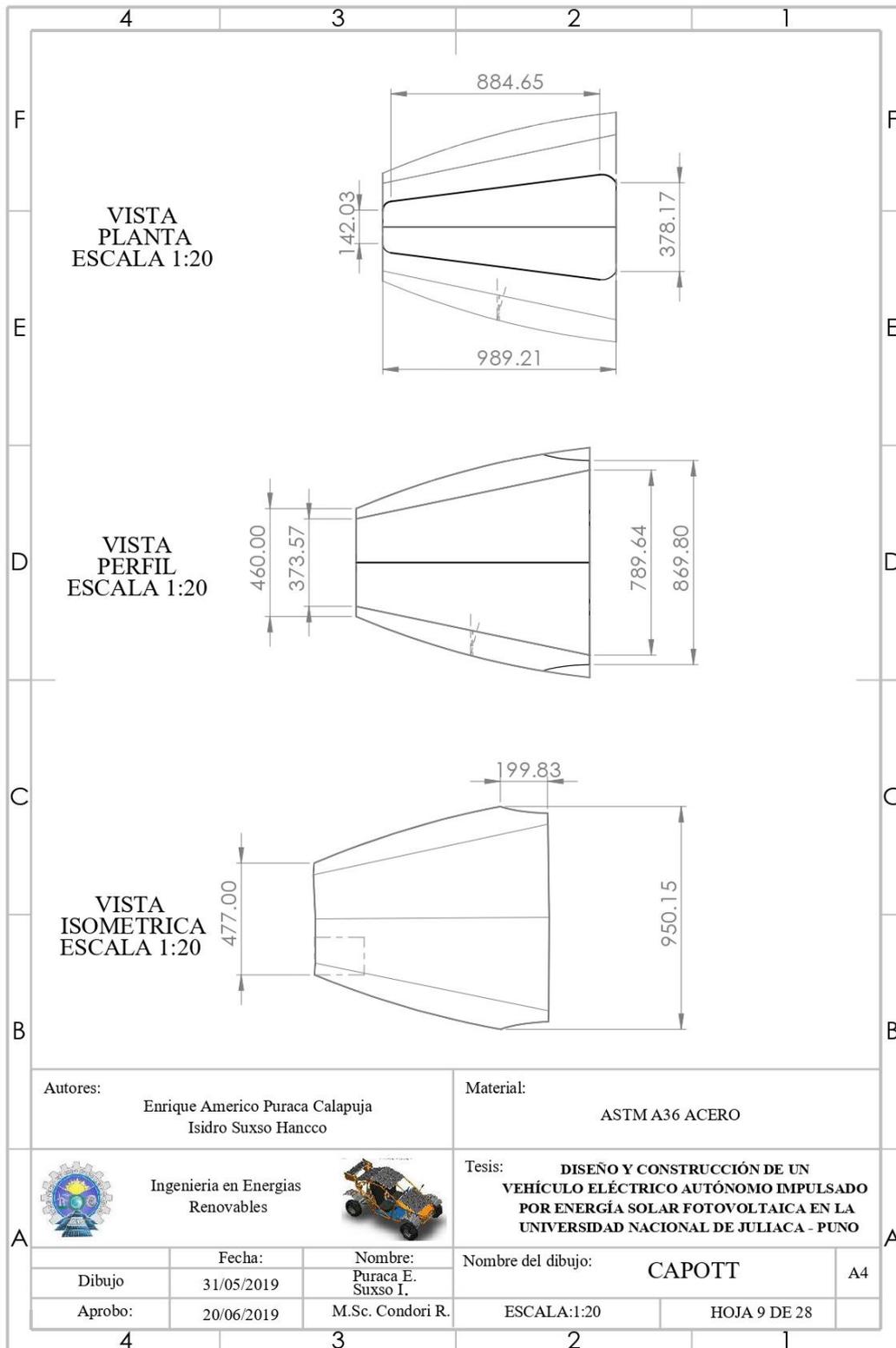
A.1.6. Componentes de sistema de dirección mecánica del volante



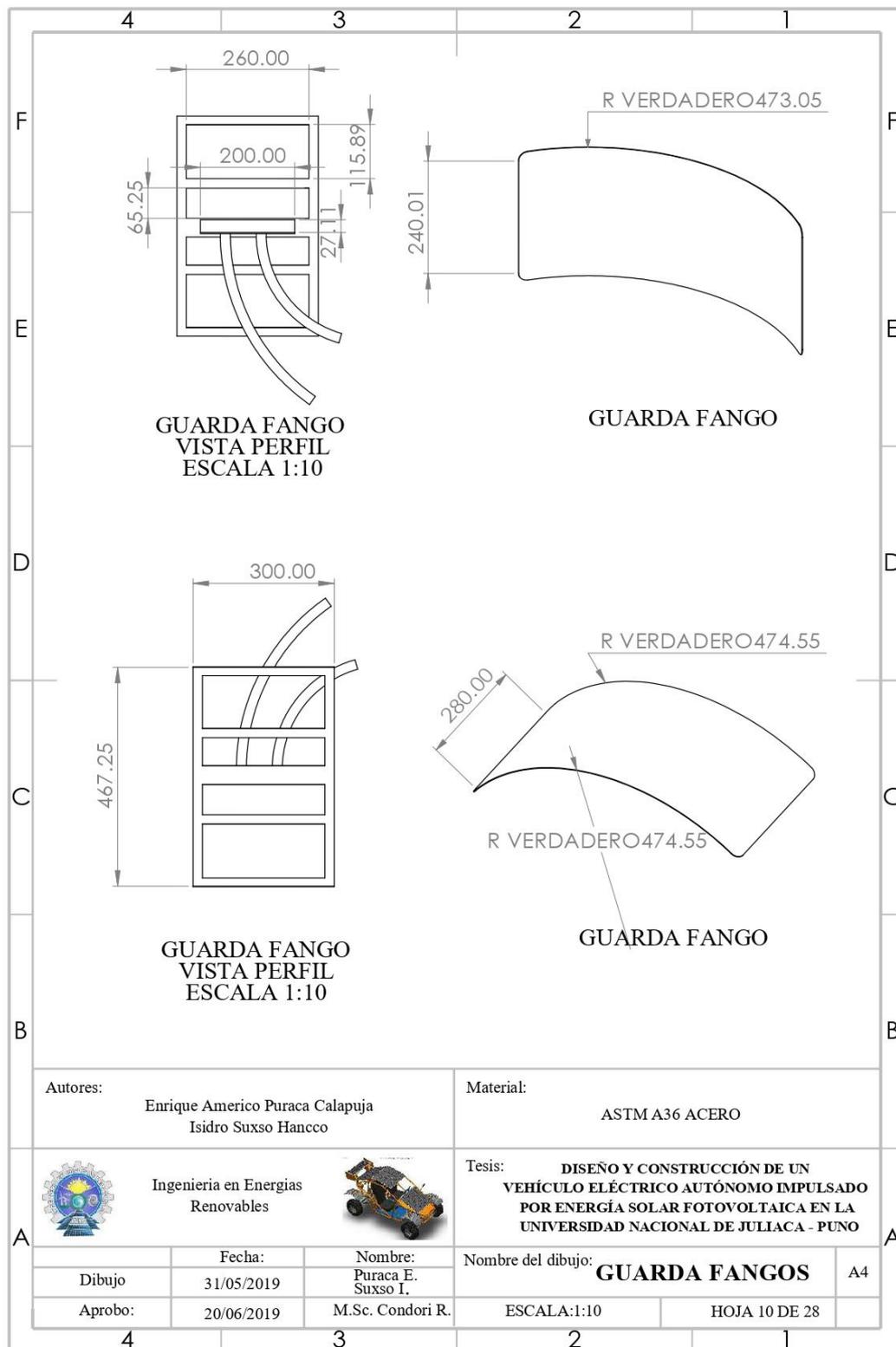
A.1.7. Cremallera mecanica.



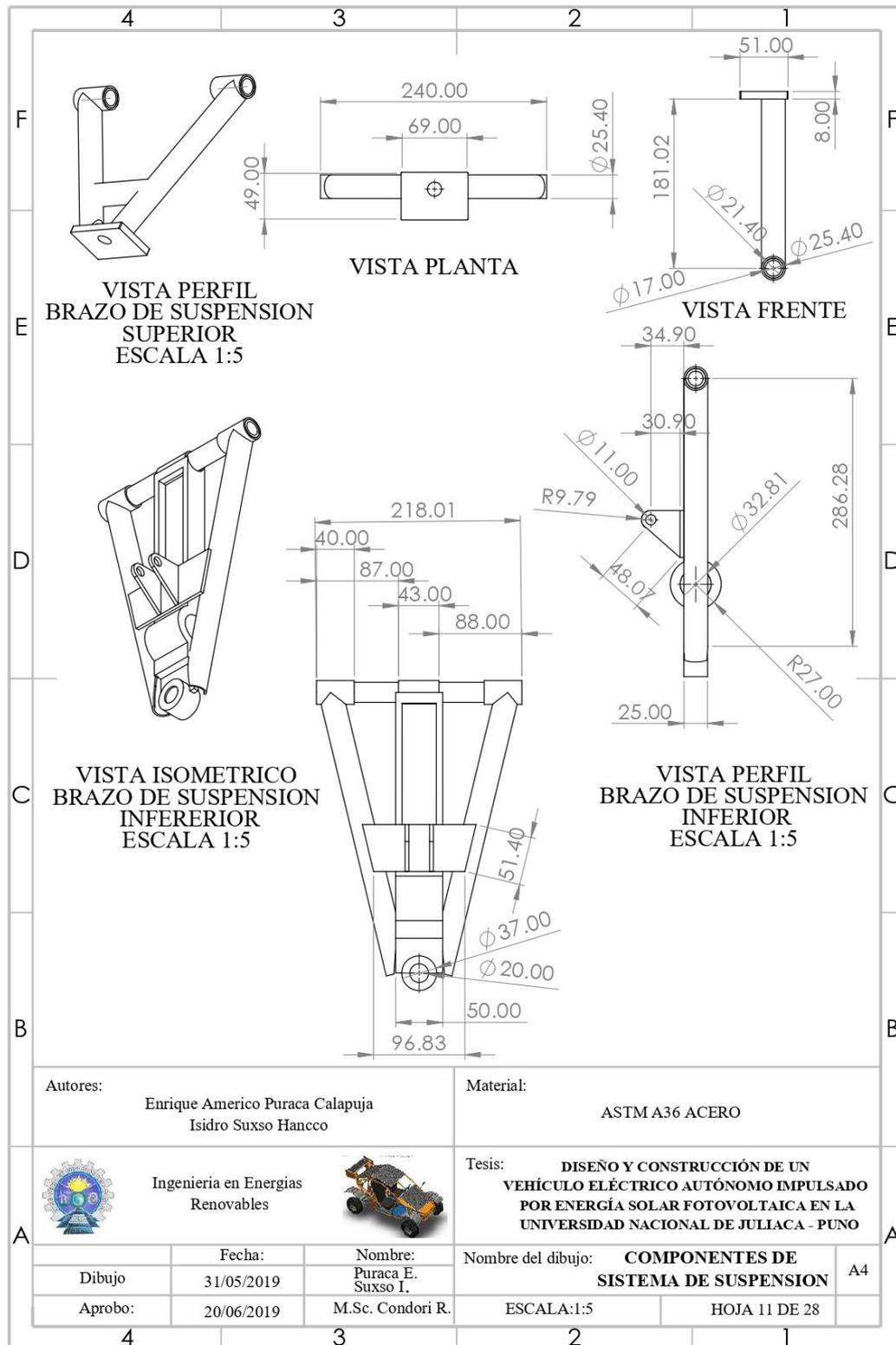
A.1.8. Capott



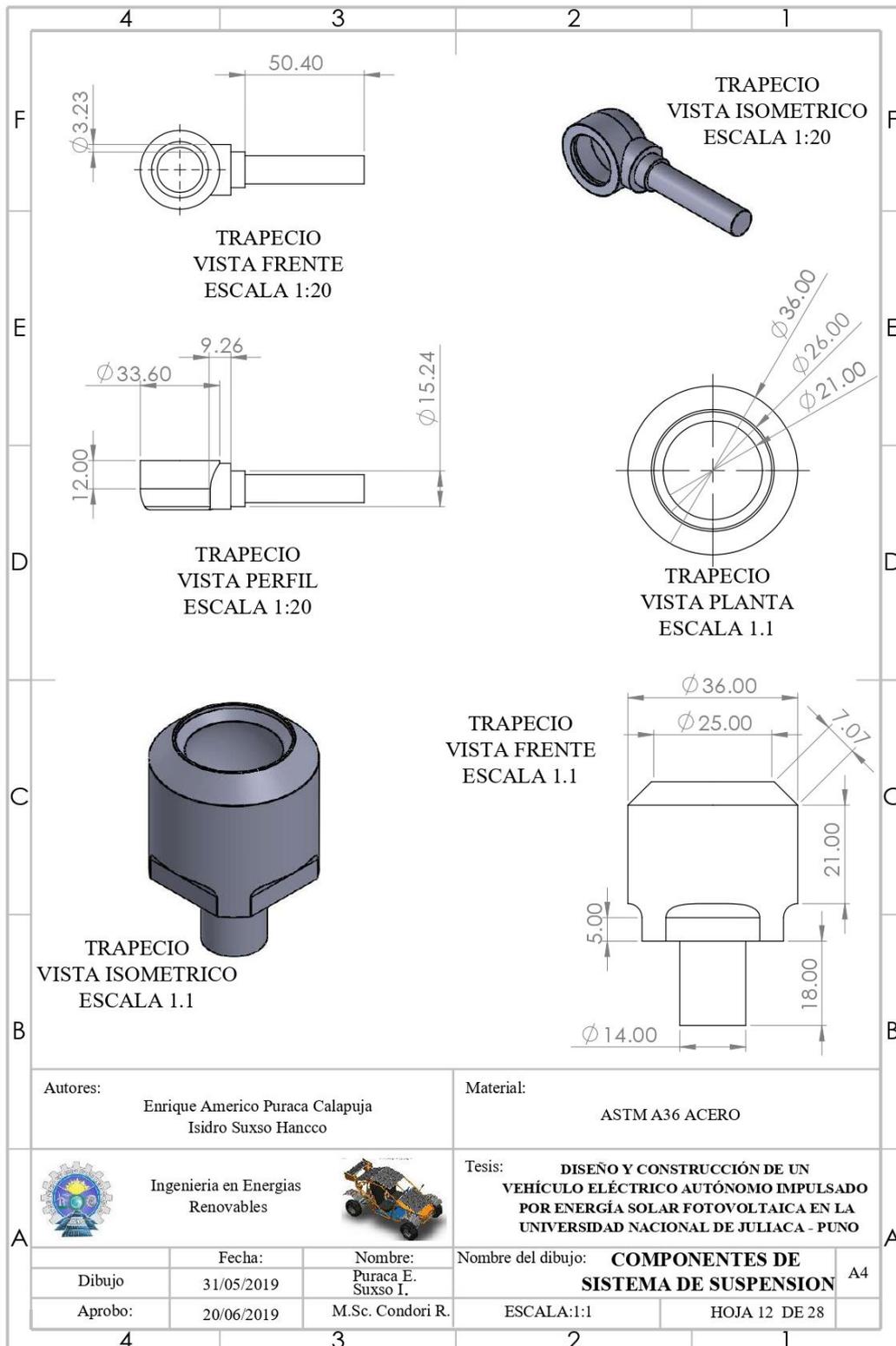
A.1.9. Guarda fangos del vehículo eléctrico solar



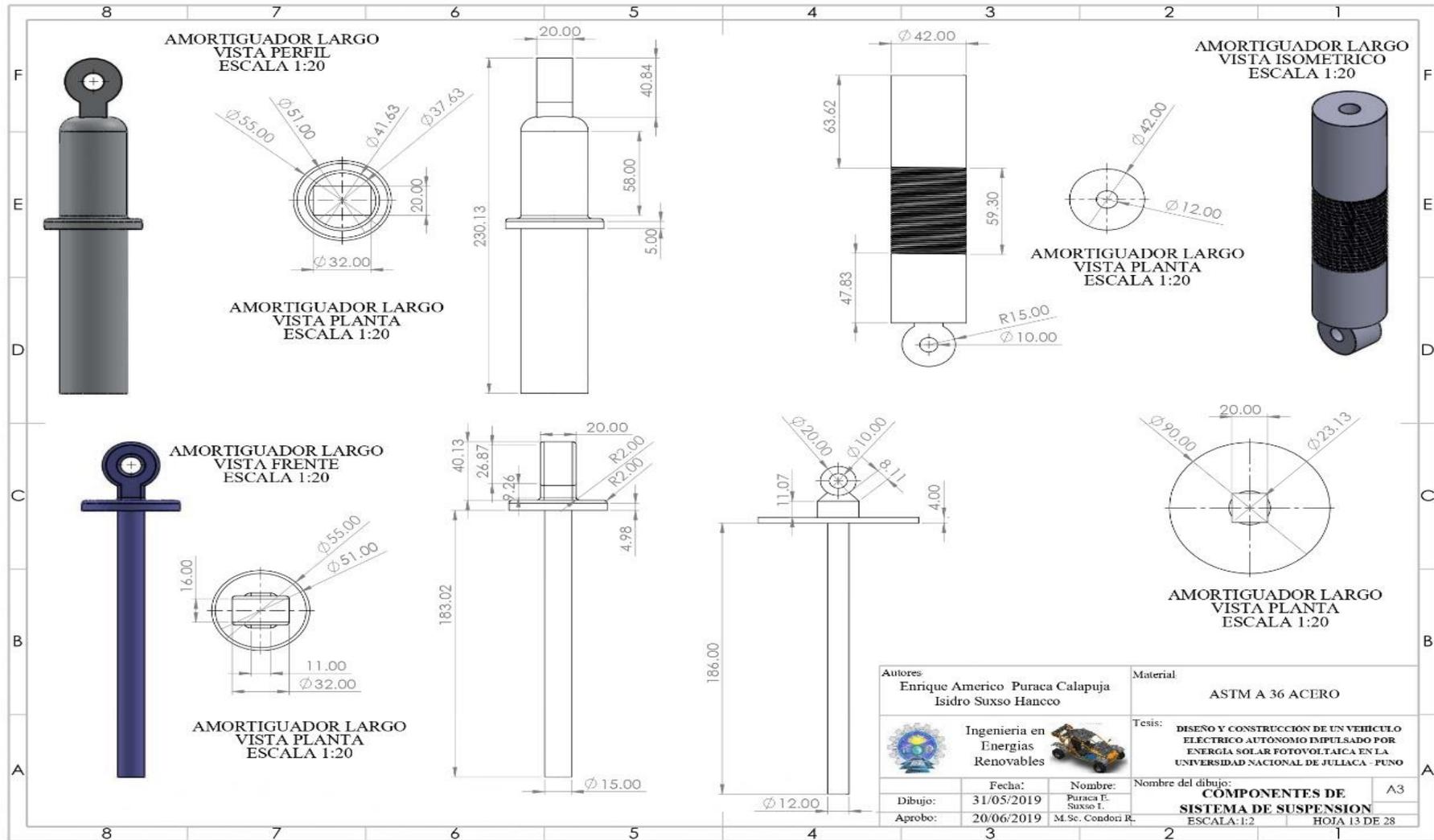
A.1.10. Trapecios y brazos de suspensión del vehículo eléctrico solar.



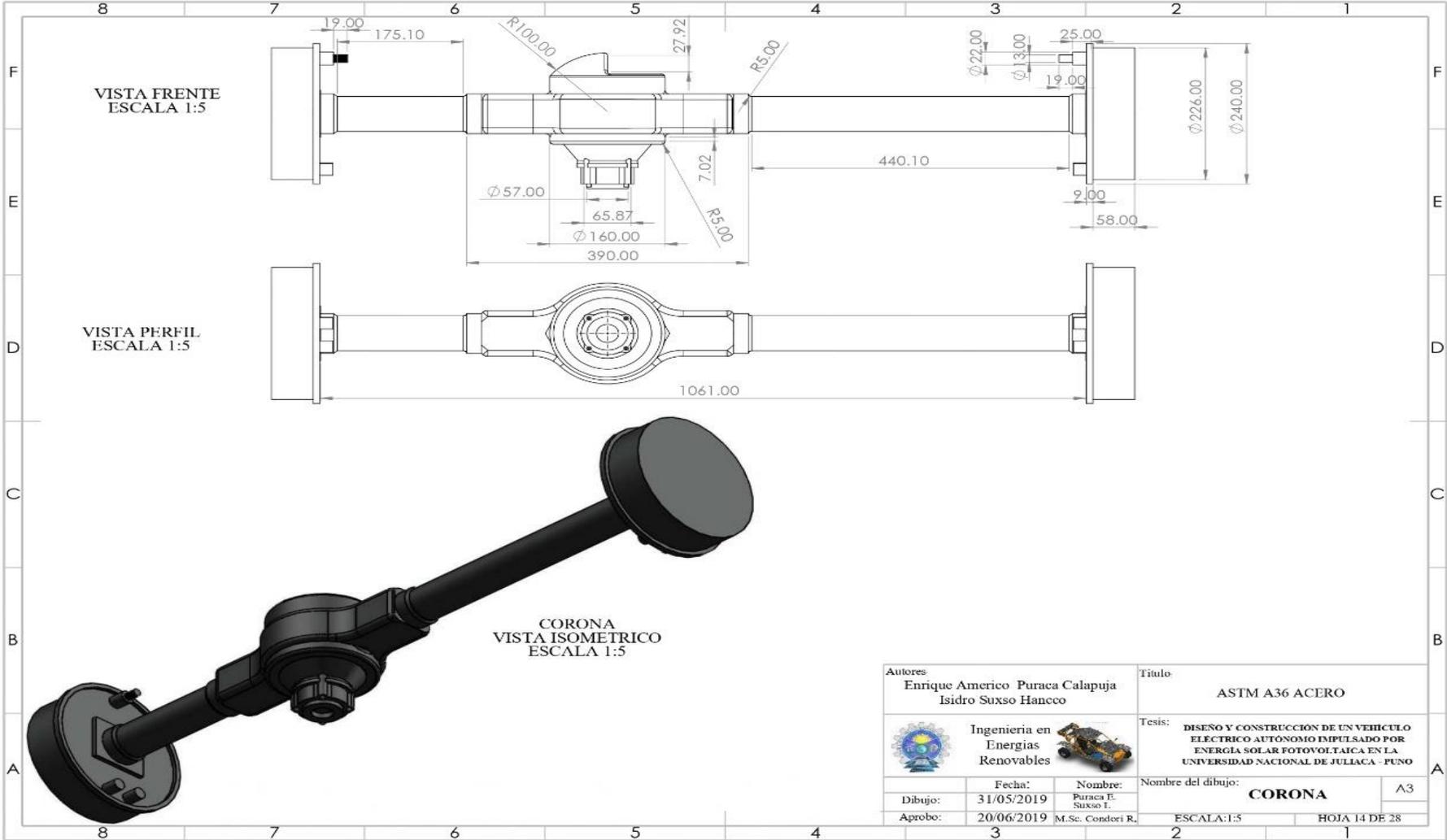
A.1.11. Rotulas de trapecio



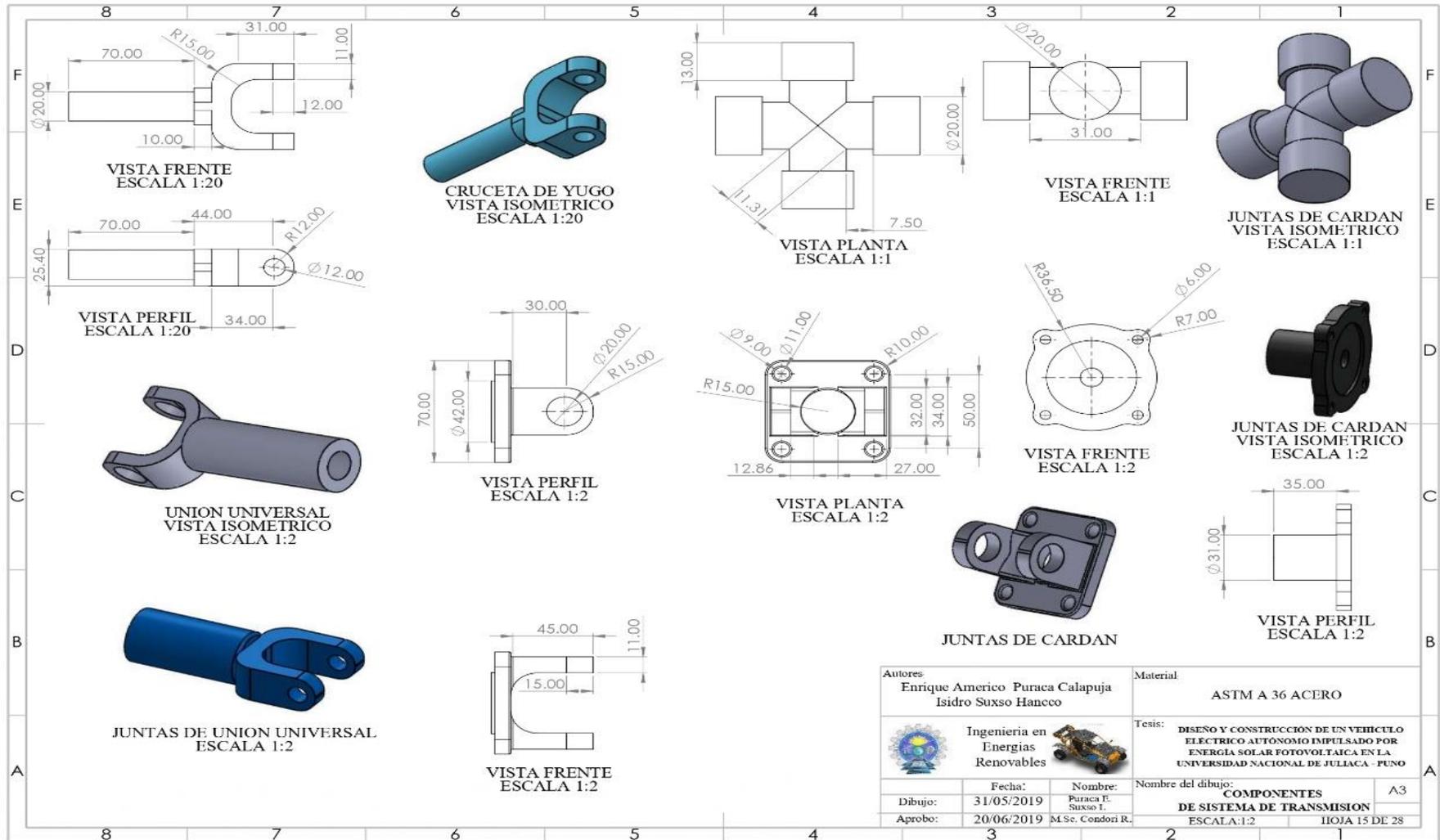
A.1.12. Amortiguadores del vehículo eléctrico solar.



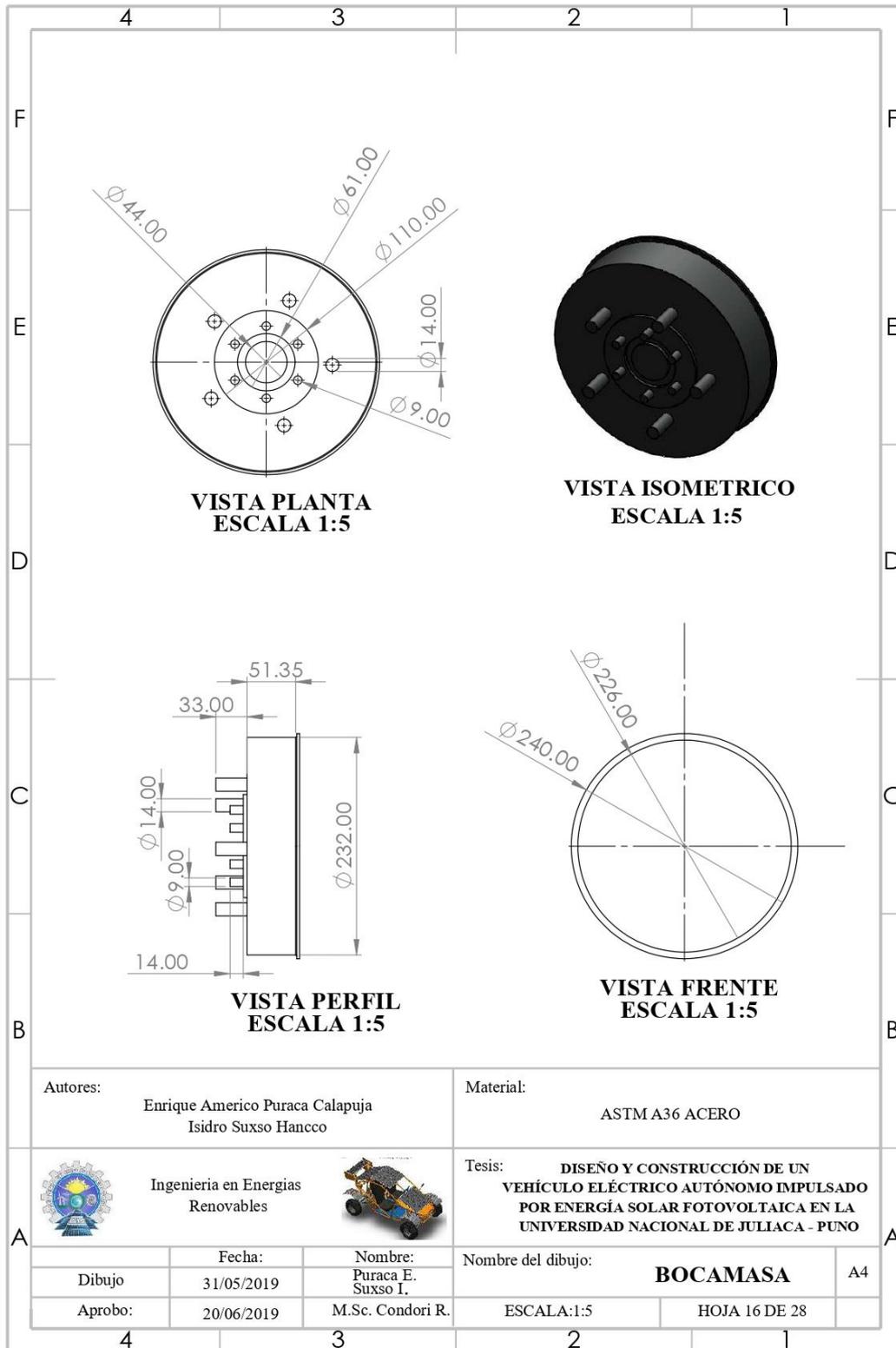
A.1.13. Diferencial del vehículo eléctrico solar



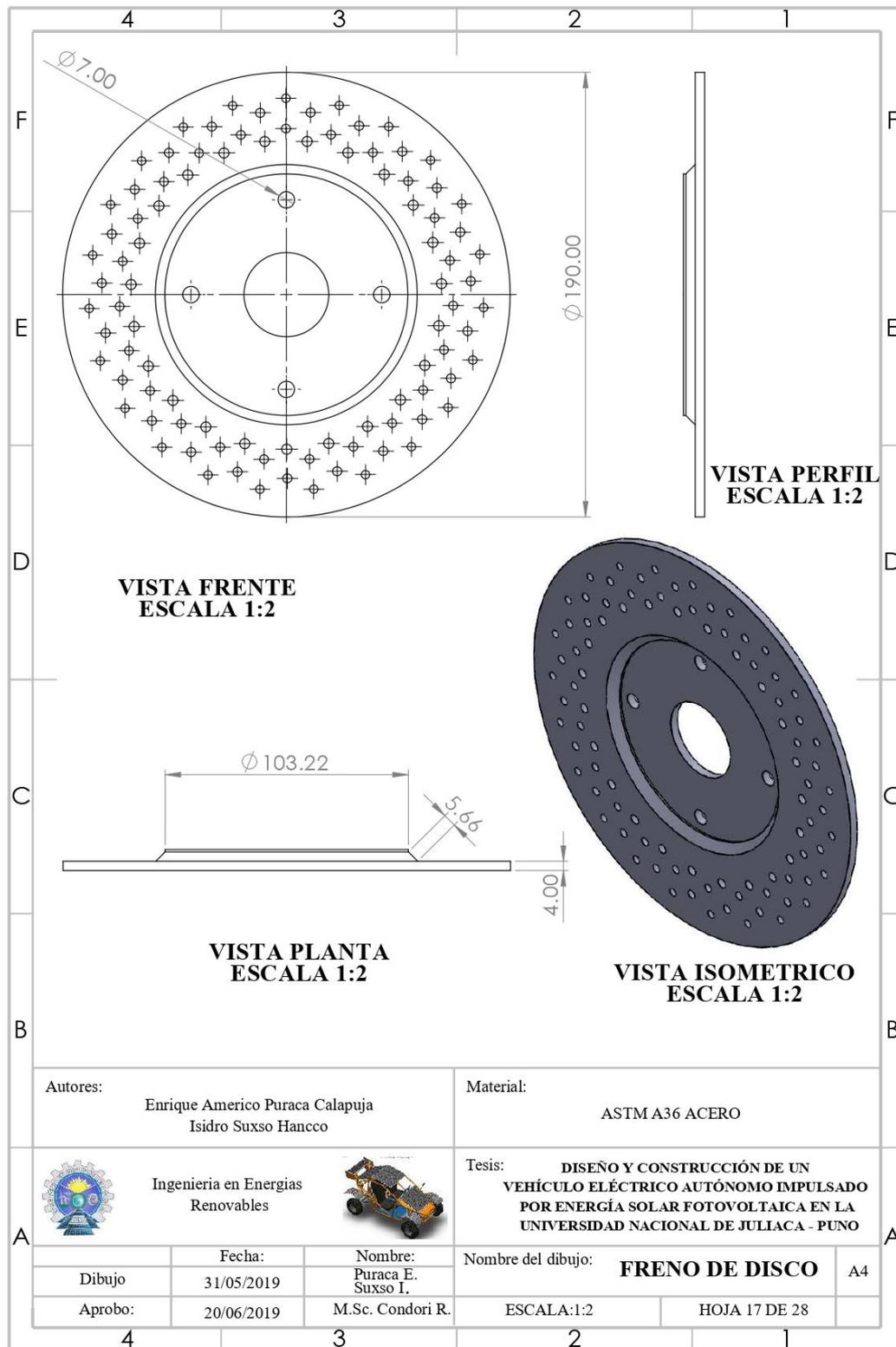
A.1.14. Componentes de arbol de transmision.



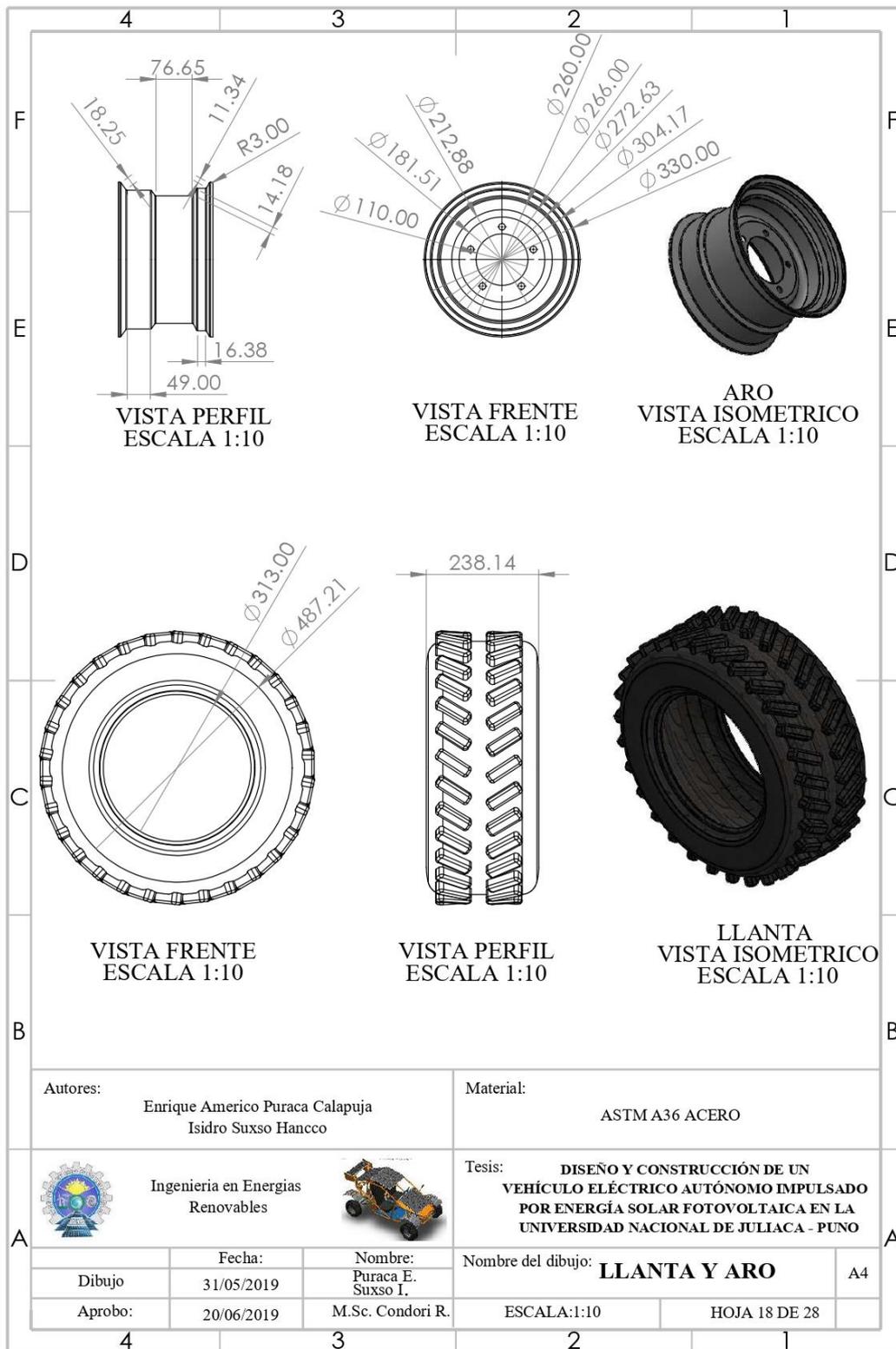
A.1.15. Bocamasa del vehículo eléctrico solar



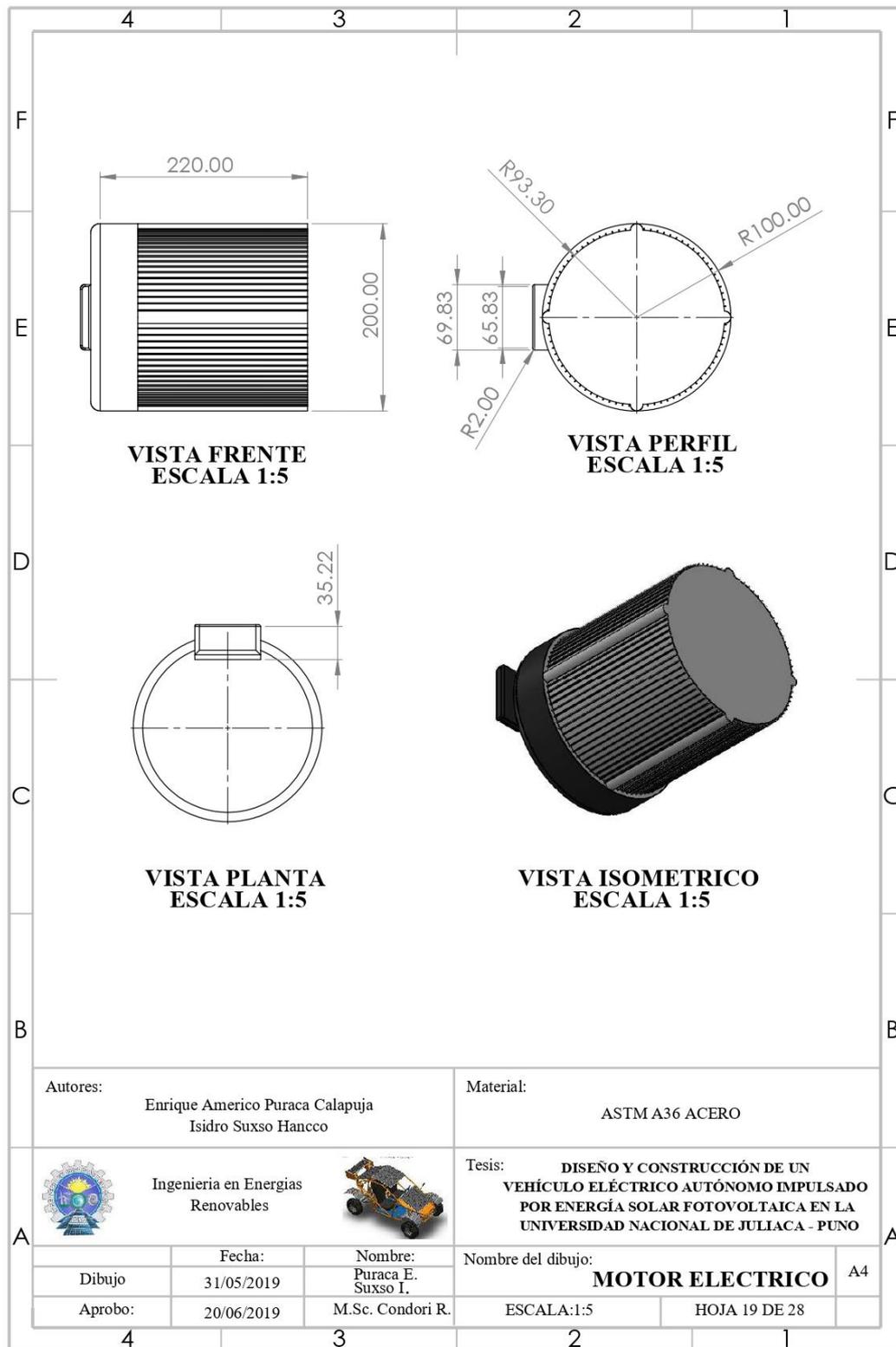
A.1.16. Freno de disco del vehículo eléctrico solar



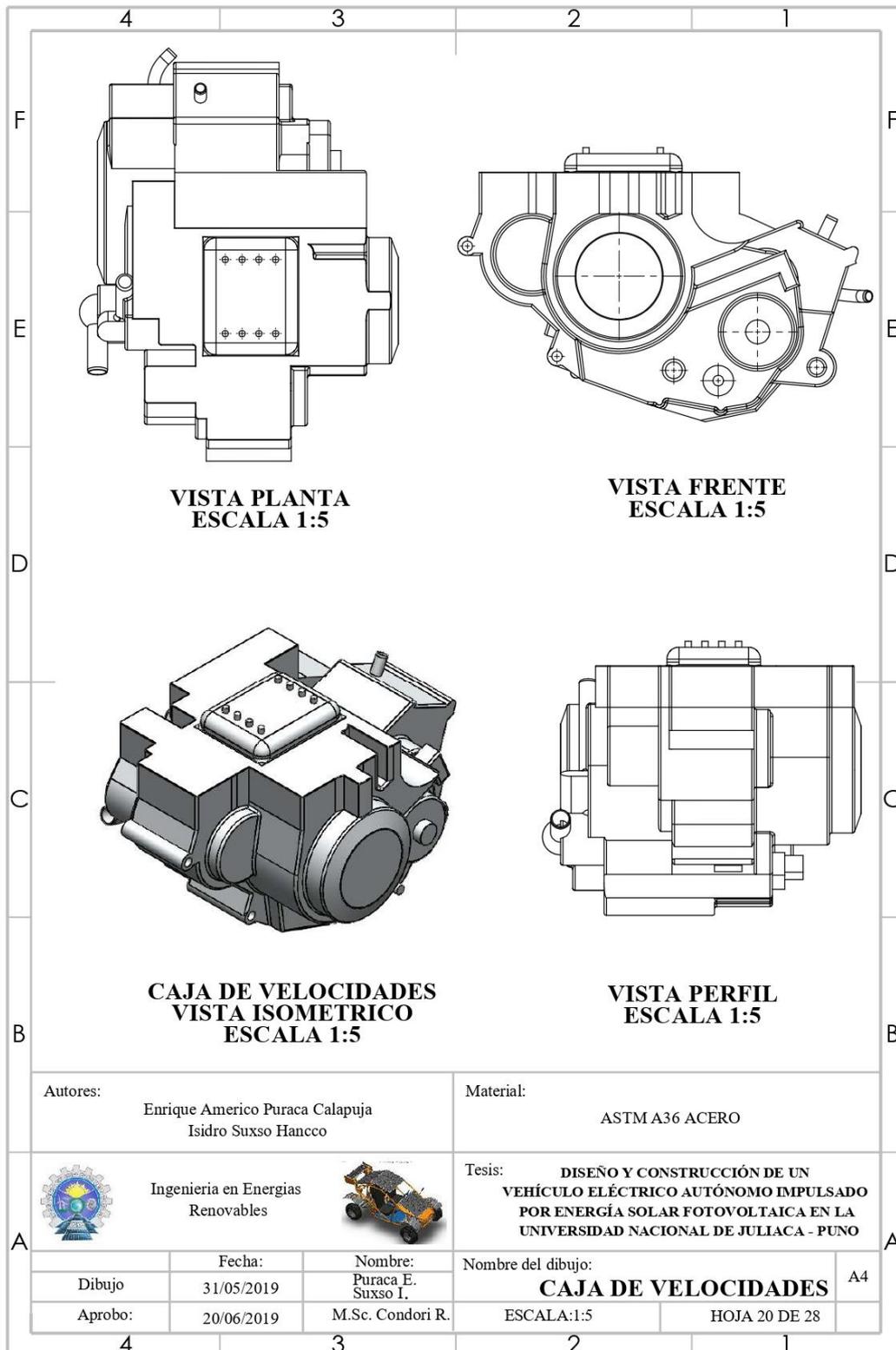
A.1.17. Neumático y aro del vehículo eléctrico solar



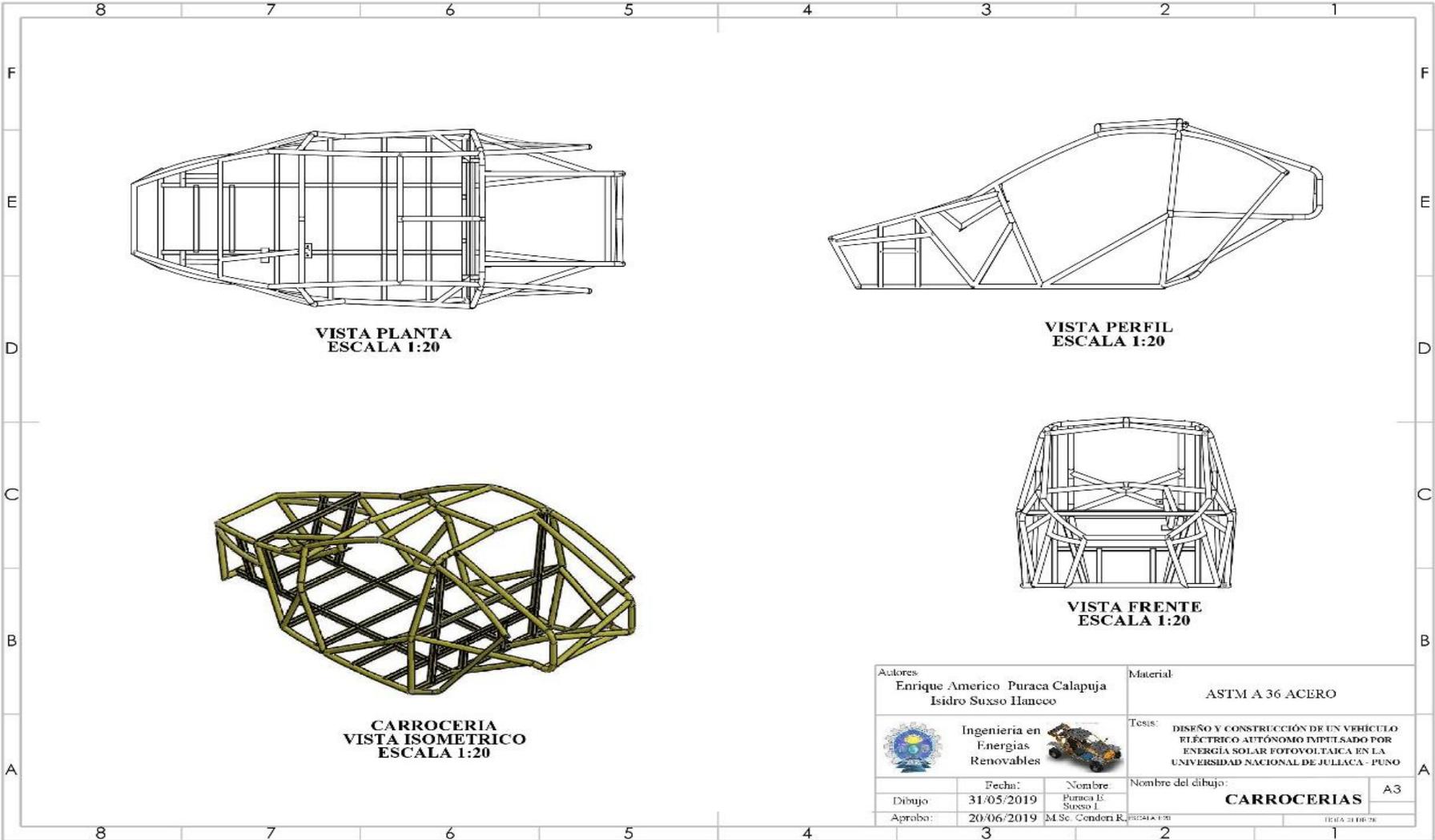
A.1.18. Motor eléctrico trifásico en DC



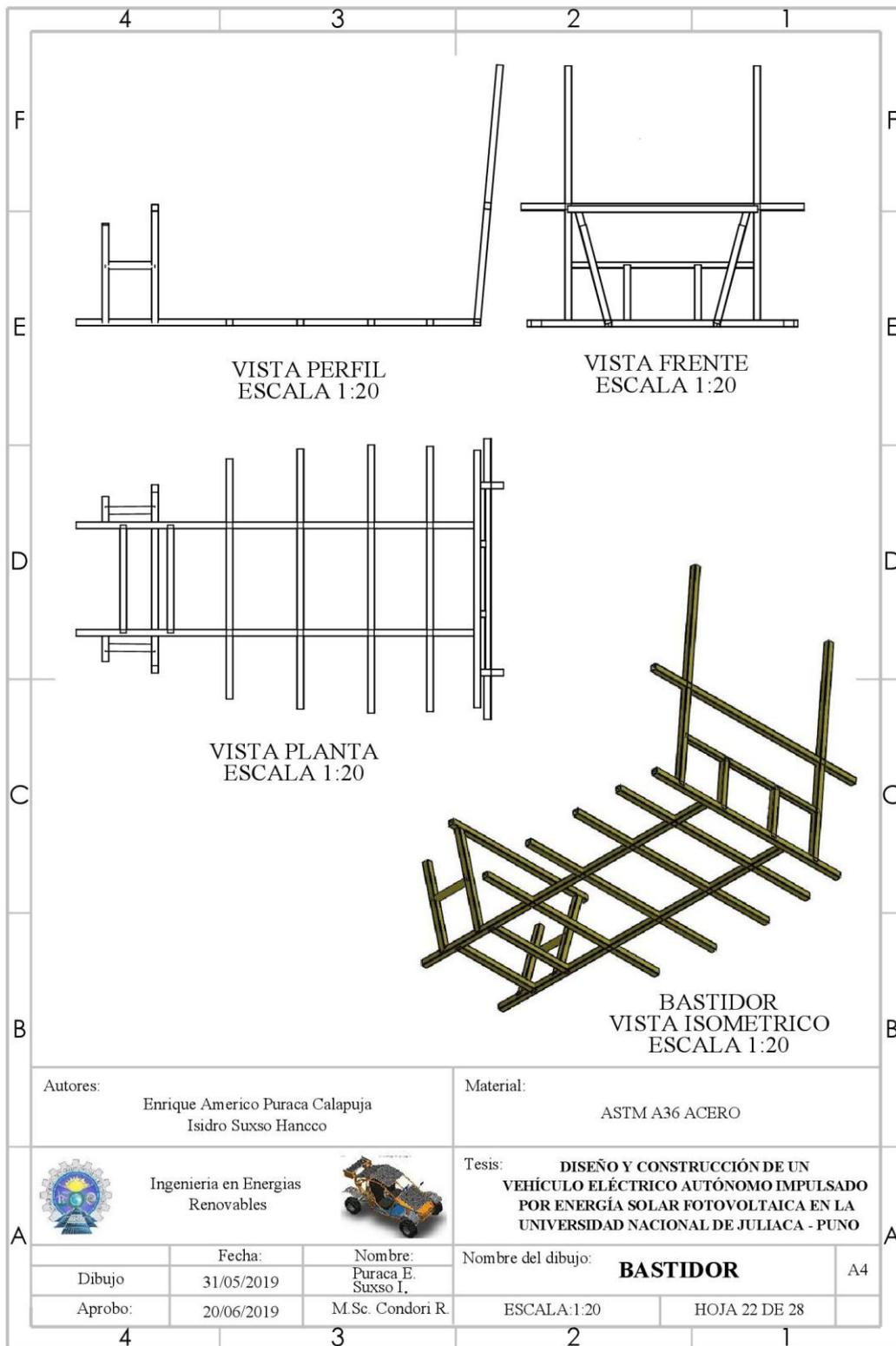
A.1.19. Caja de velocidades del vehículo eléctrico solar.



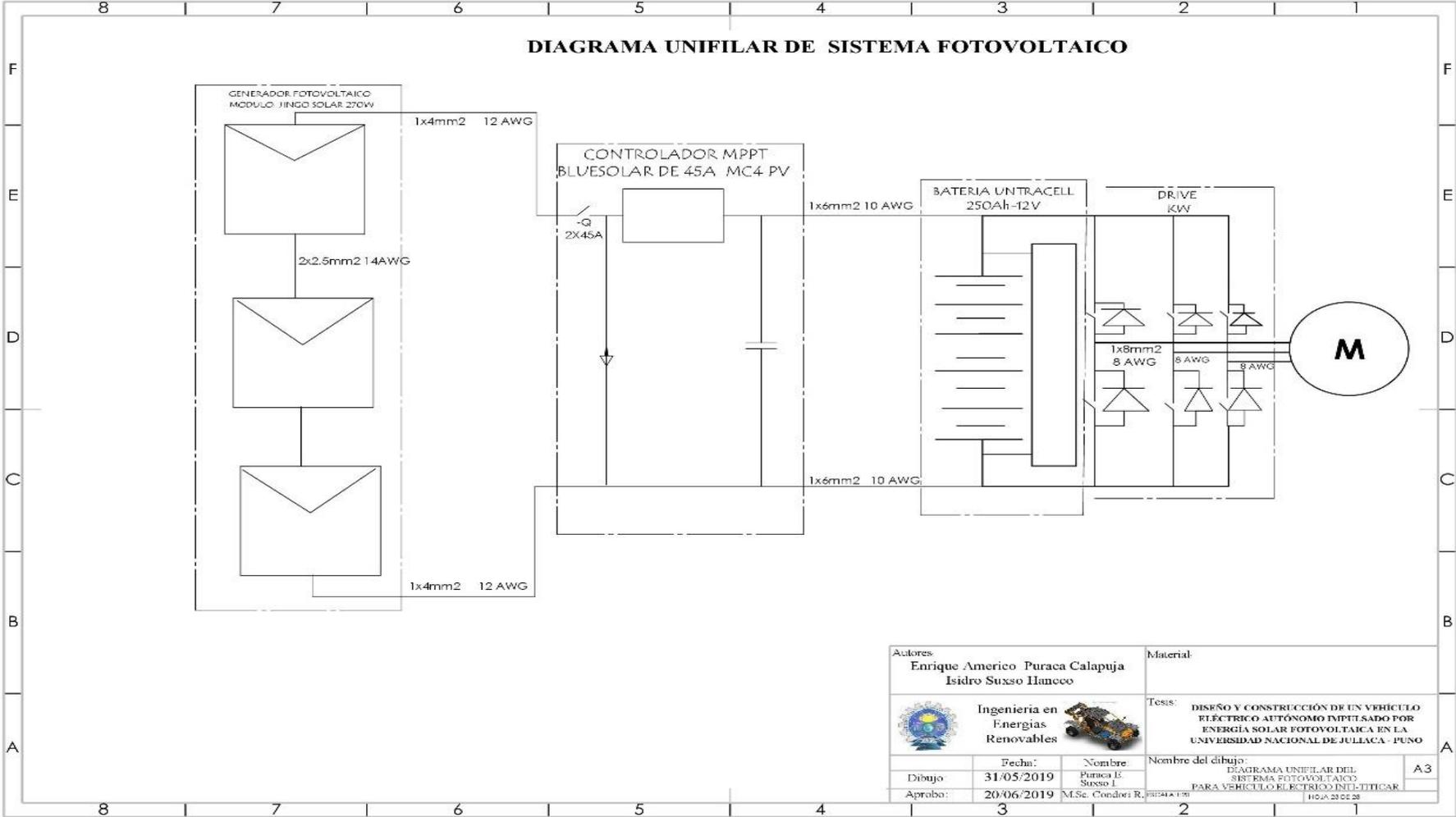
A.1.20. En diferentes vistas la carrocería del vehículo eléctrico sol



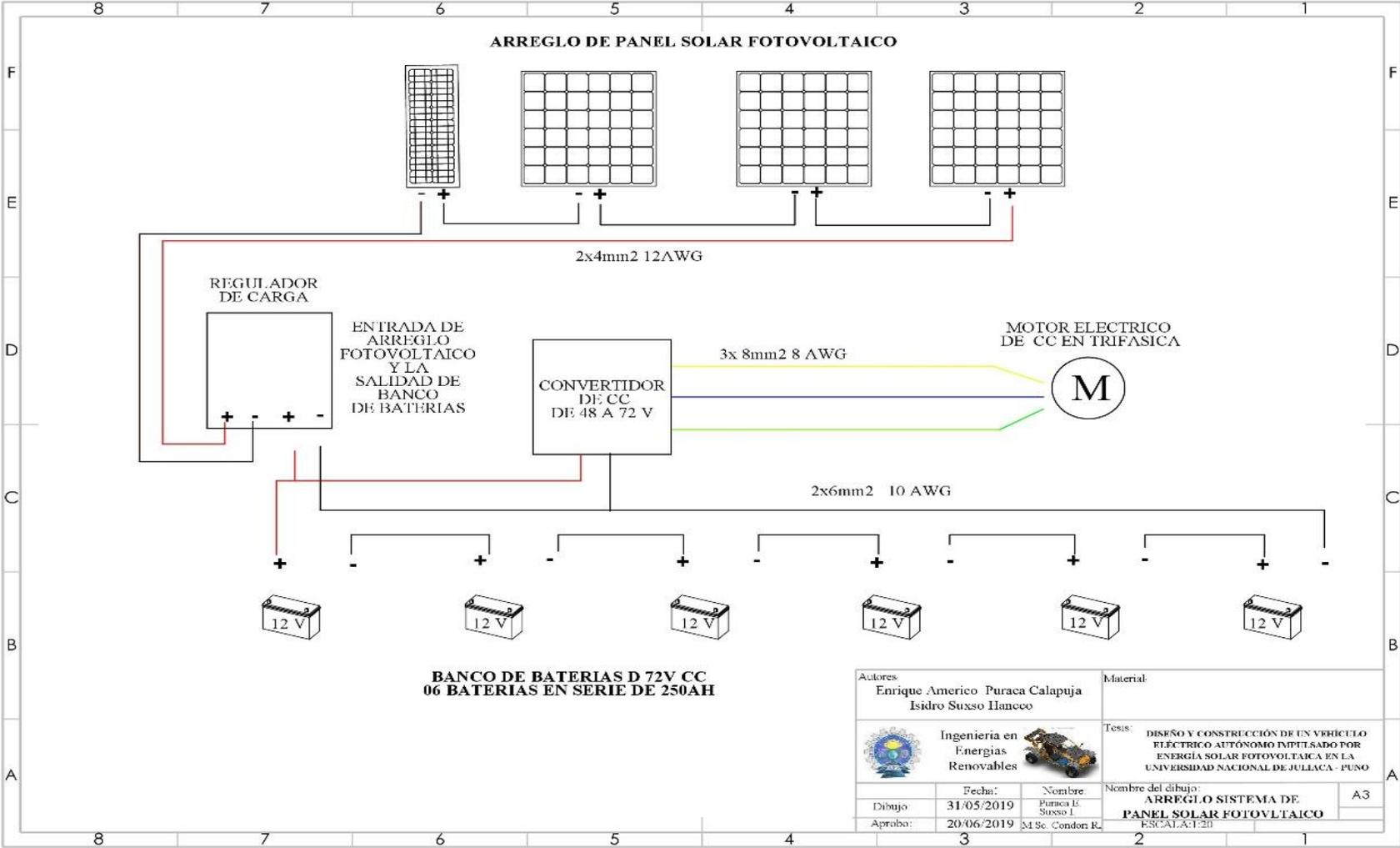
A.1.21. Bastidor de vehículo eléctrico solar



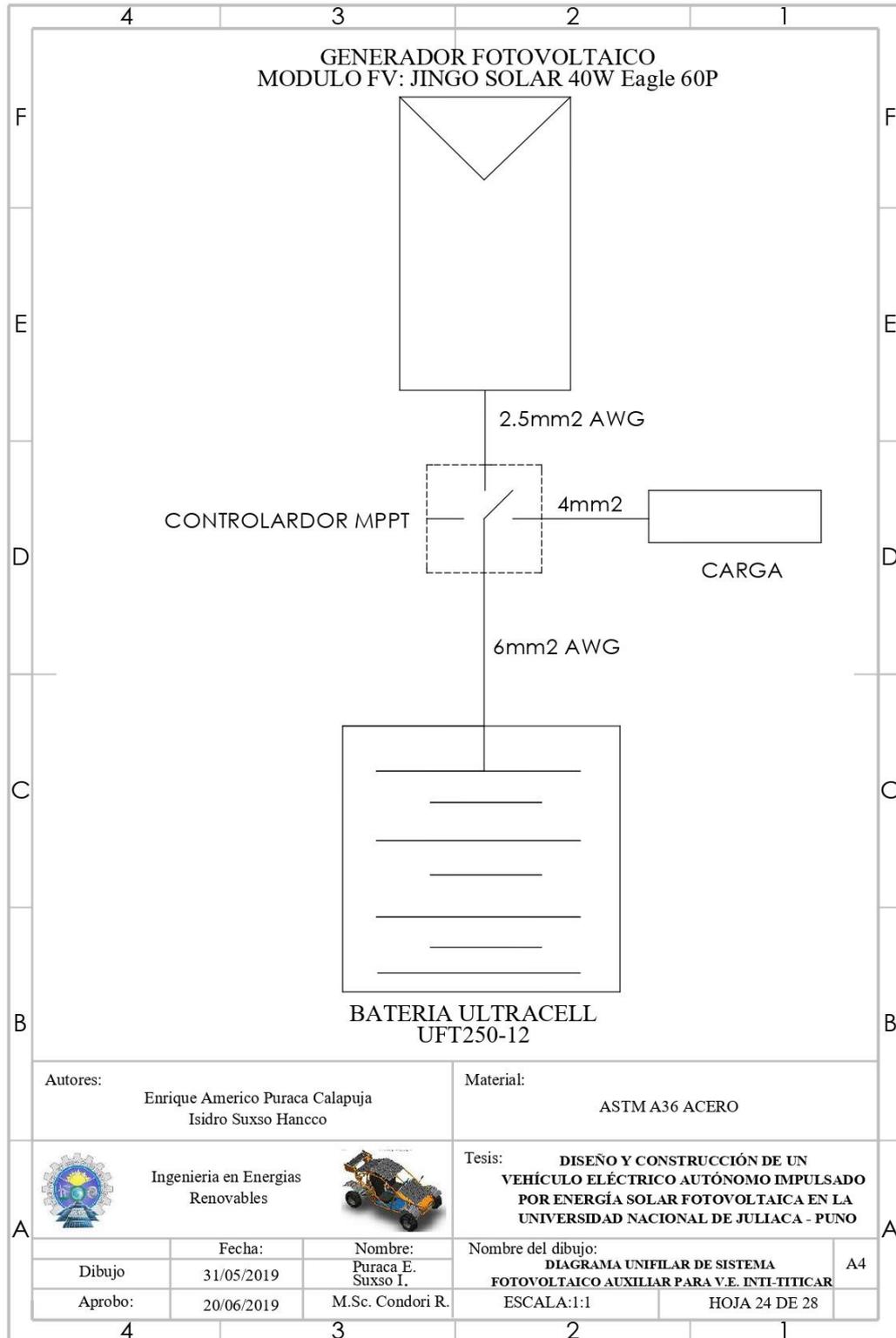
A.1.22. Diagrama unifilar del sistema solar fotovoltaico conectado en vehículo eléctrico solar.



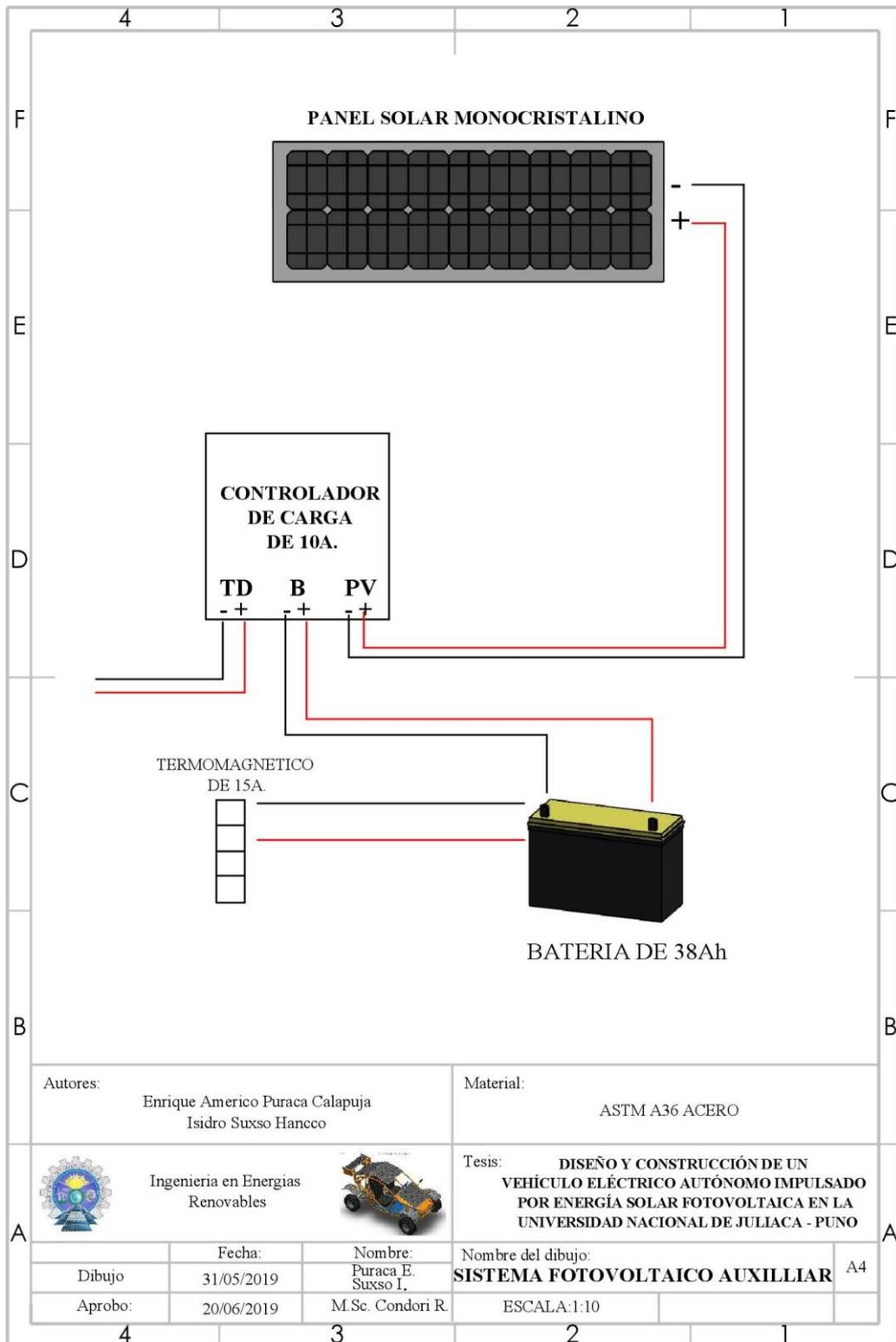
A.1.23. Arreglo fotovoltaico del vehículo eléctrico solar.



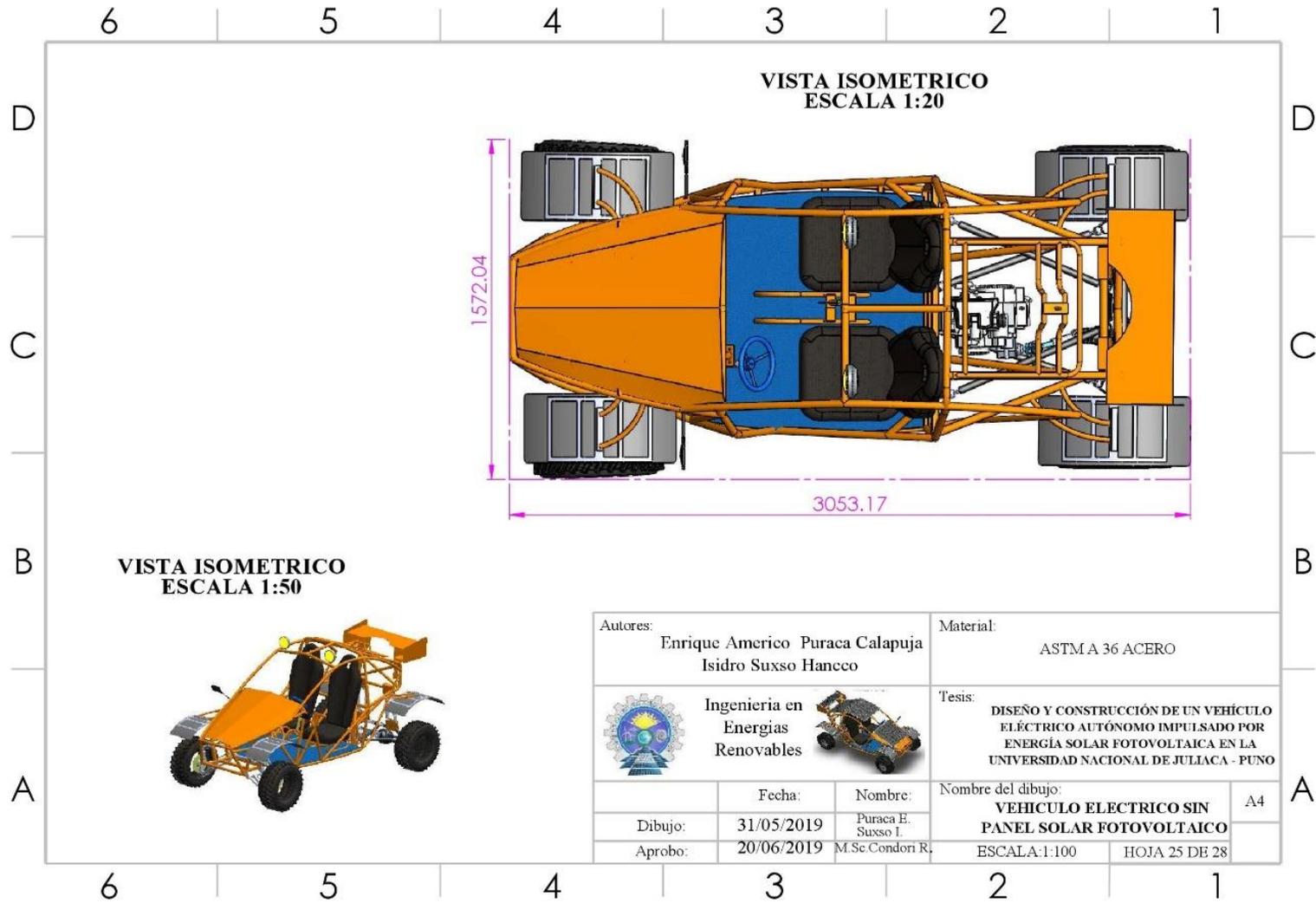
A.1.24. Diagrama unifilar del sistema solar fotovoltaico conectado en vehículo eléctrico auxiliar



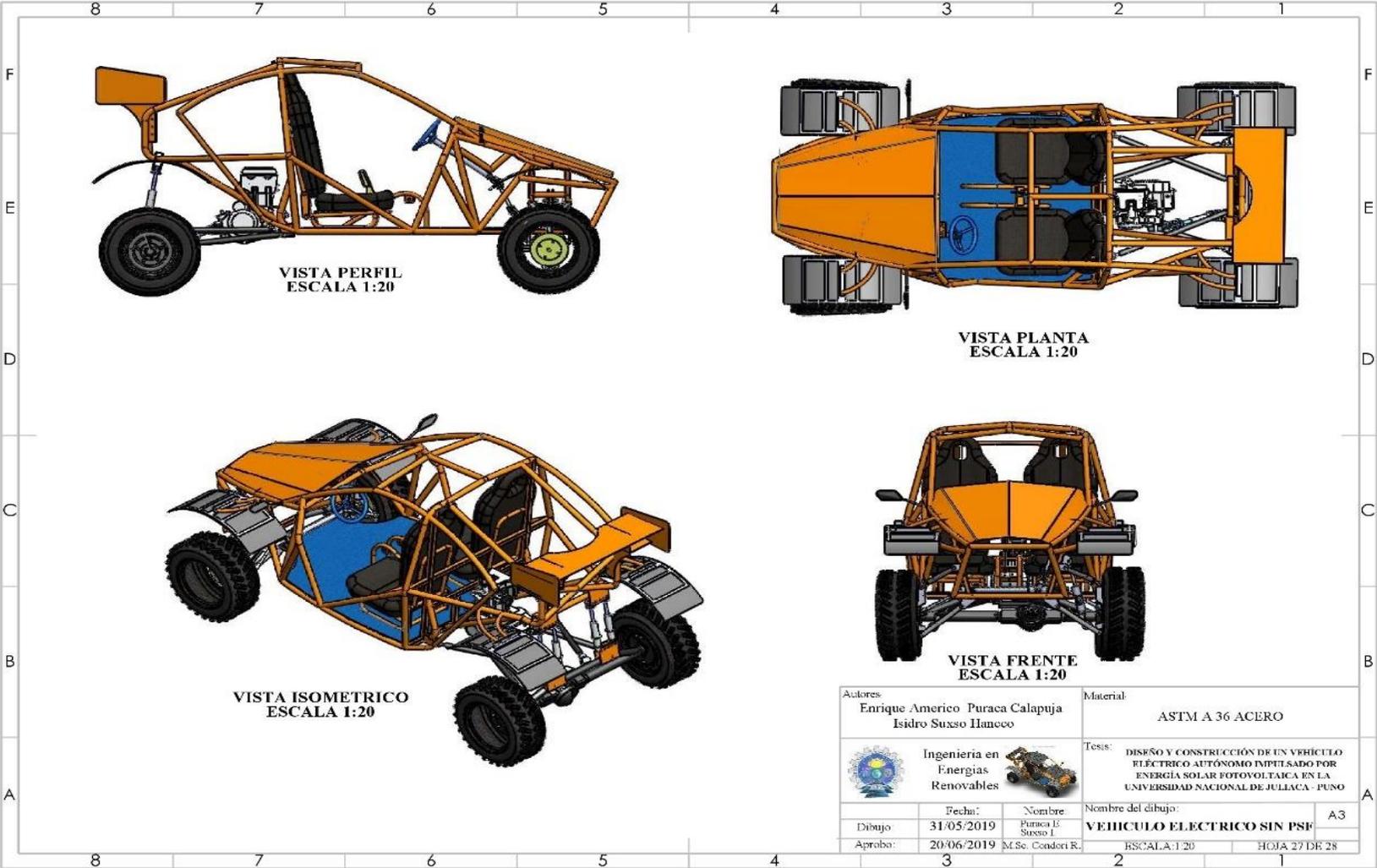
A.1.25. Sistema panel fotovoltaico auxiliar.



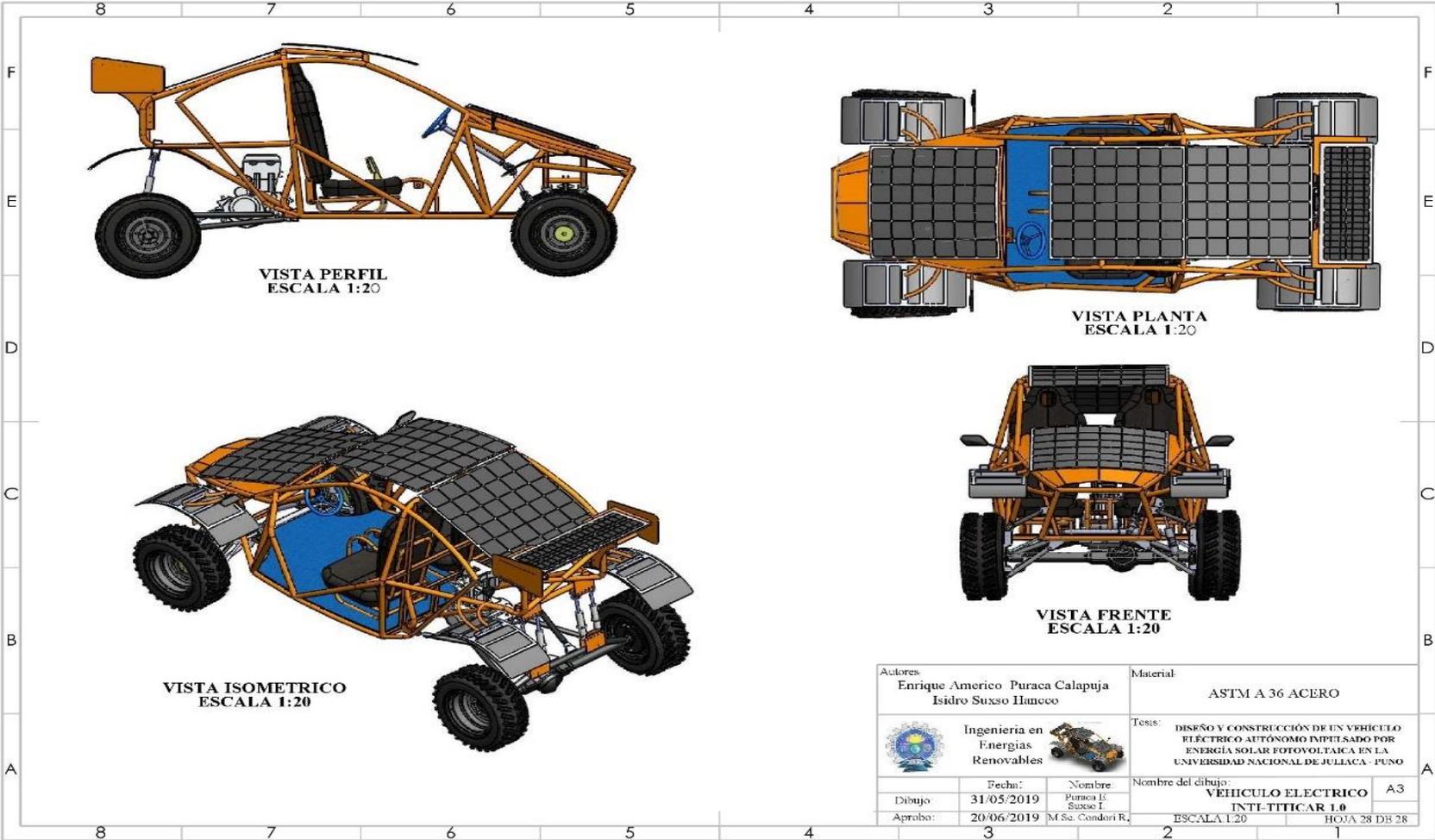
A.1.26. Vehículo eléctrico solar sin panel fotovoltaico



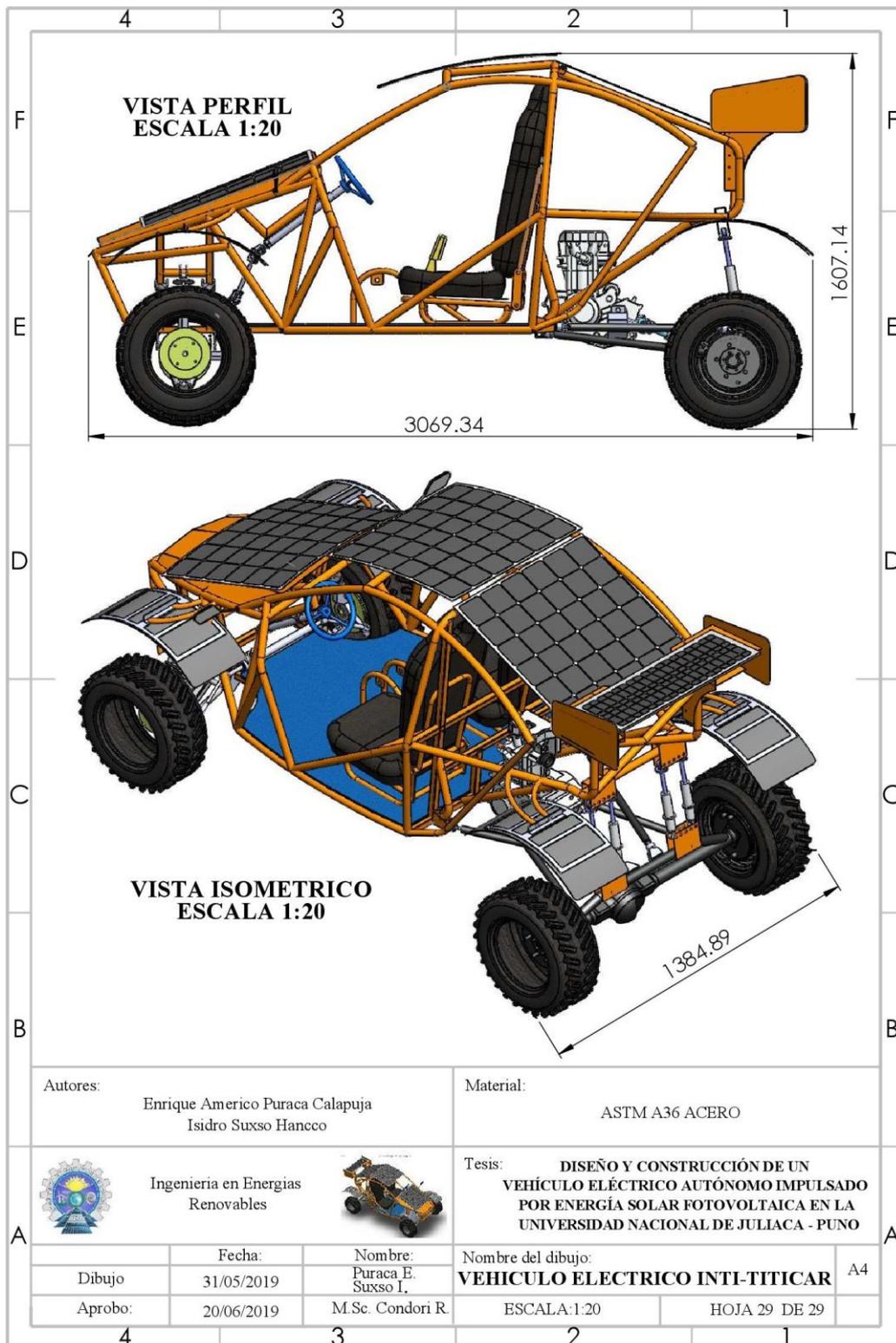
A.1.27. Vehículo eléctrico en diferentes vistas sin panel fotovoltaico



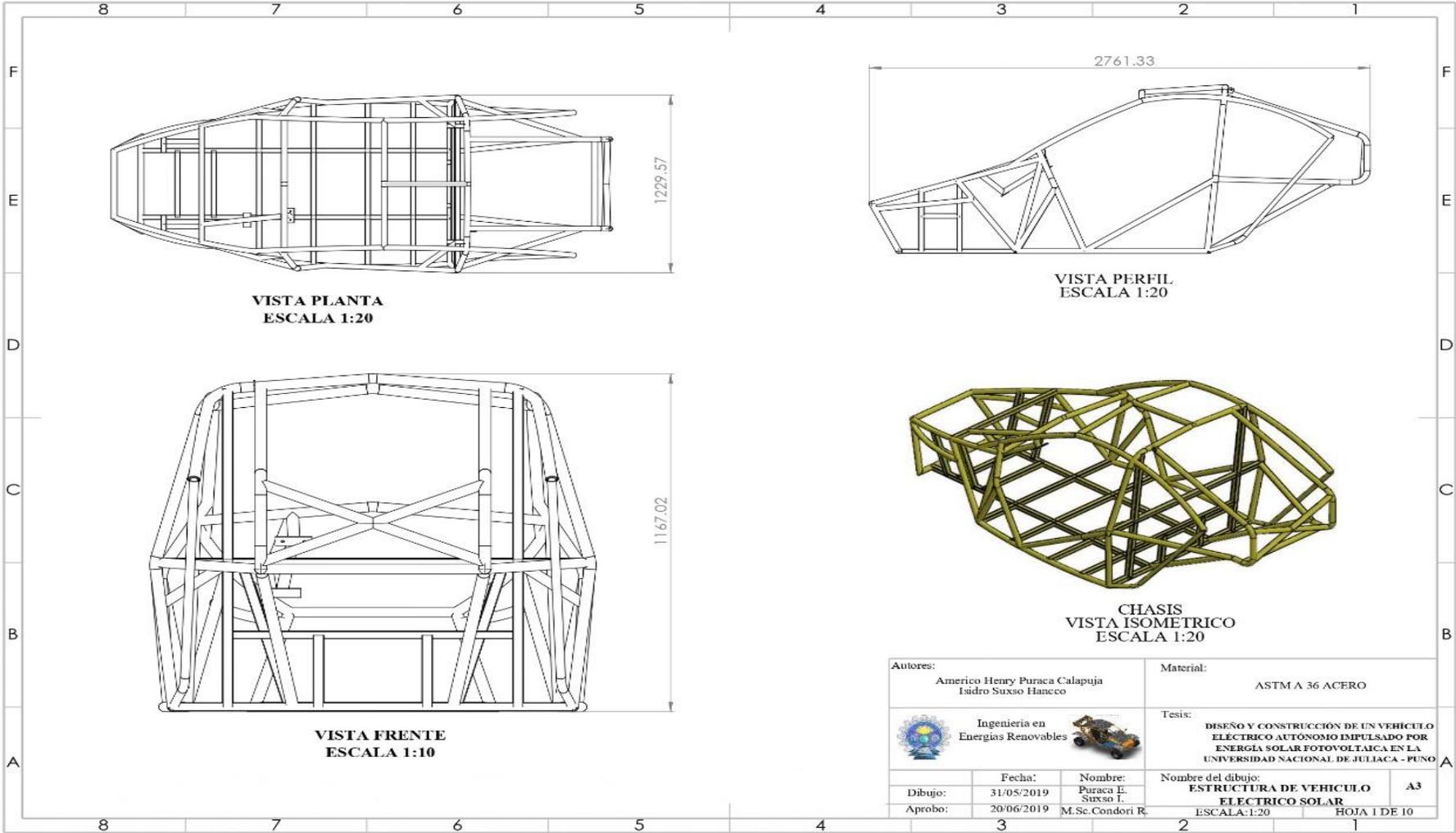
A.1.28. Vehículo eléctrico en diferentes vistas con paneles fotovoltaicos^o



A.1.29. Vehículo eléctrico terminado con panel solar fotovoltaico



A.1.30. Chasis del vehiculo electrico solar y sus medidas respectivamente.

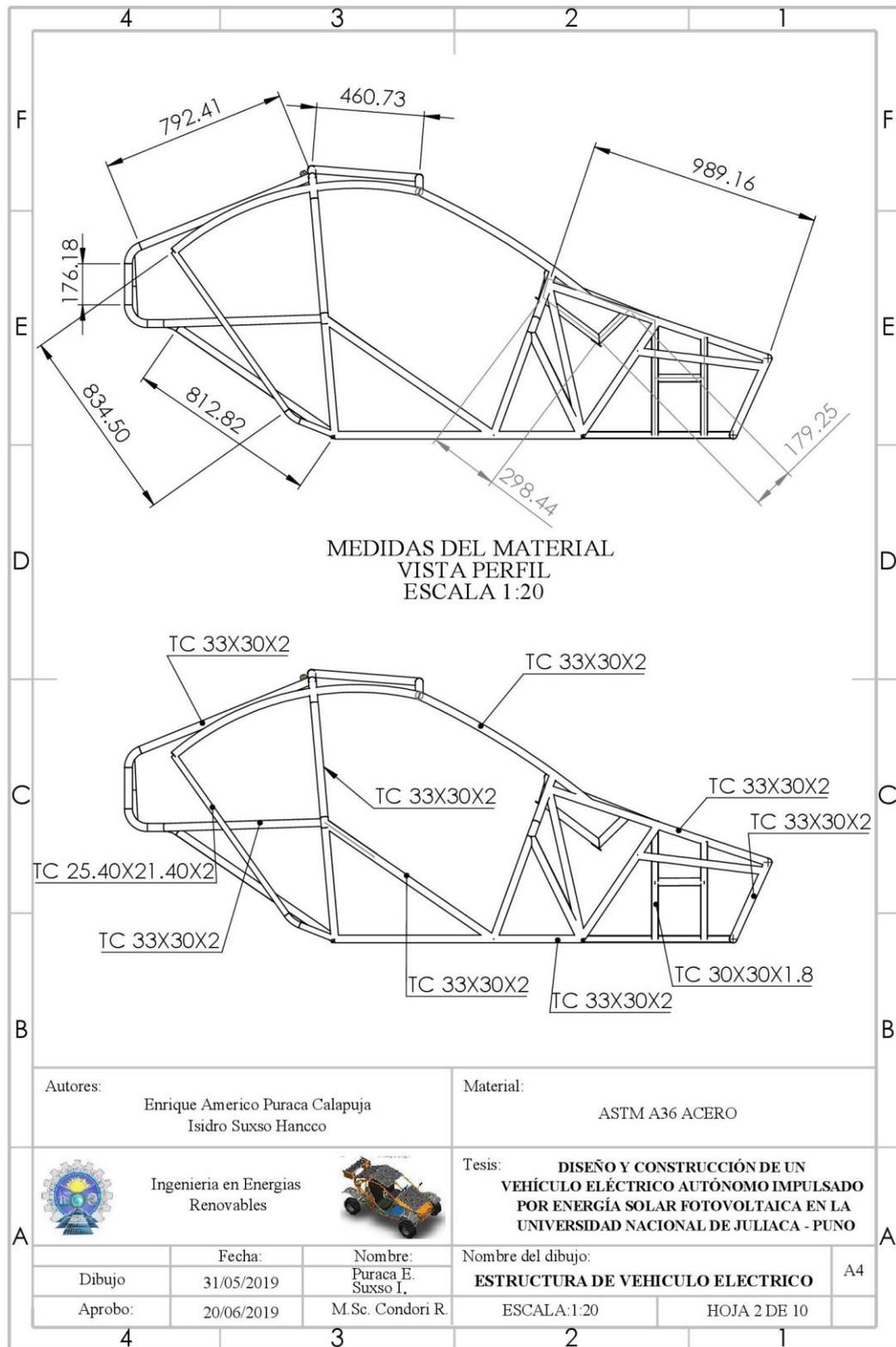


ANEXO N° 2

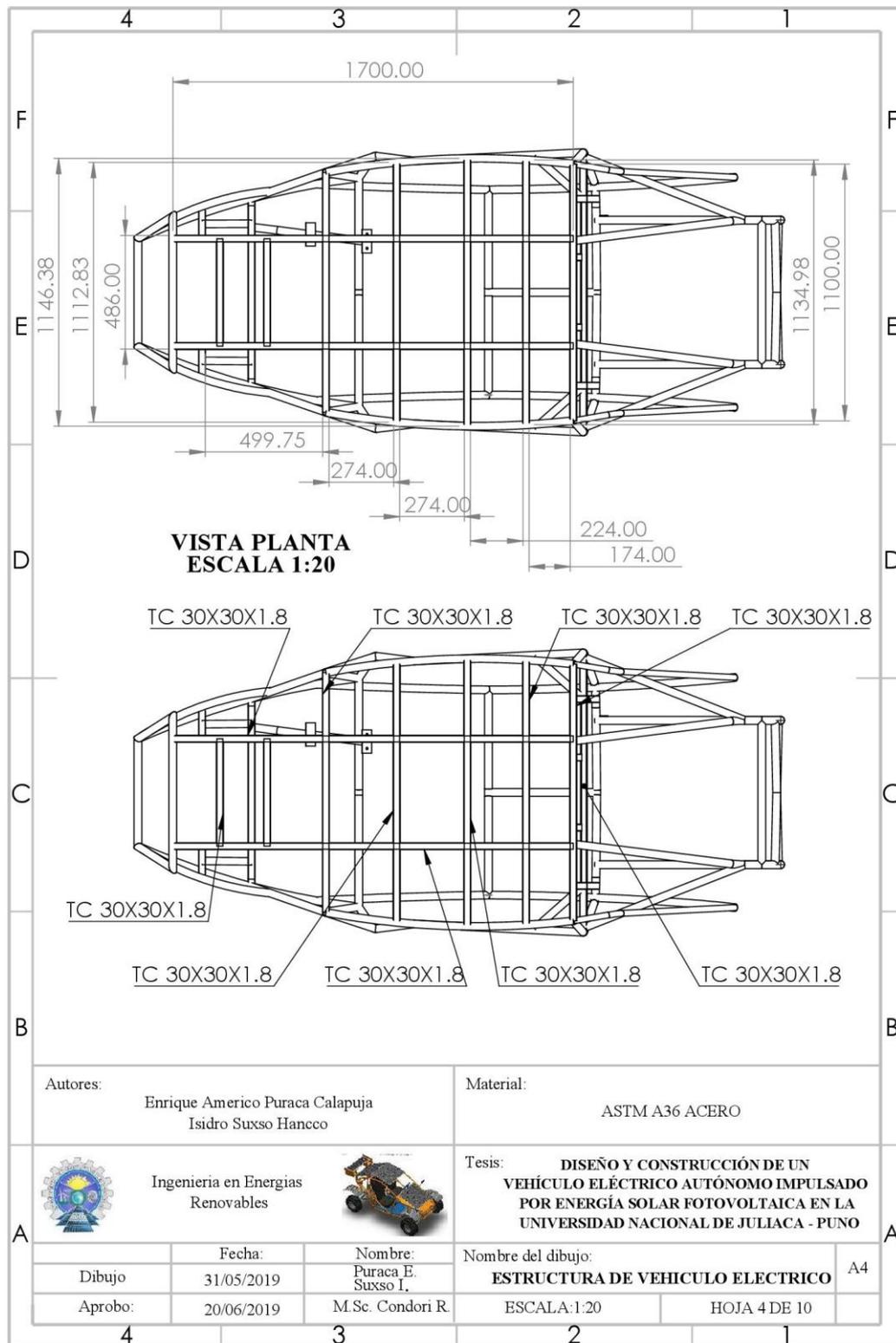
PLANOS DE TUBERIA DEL VEHÍCULO

ELÉCTRICO SOLAR

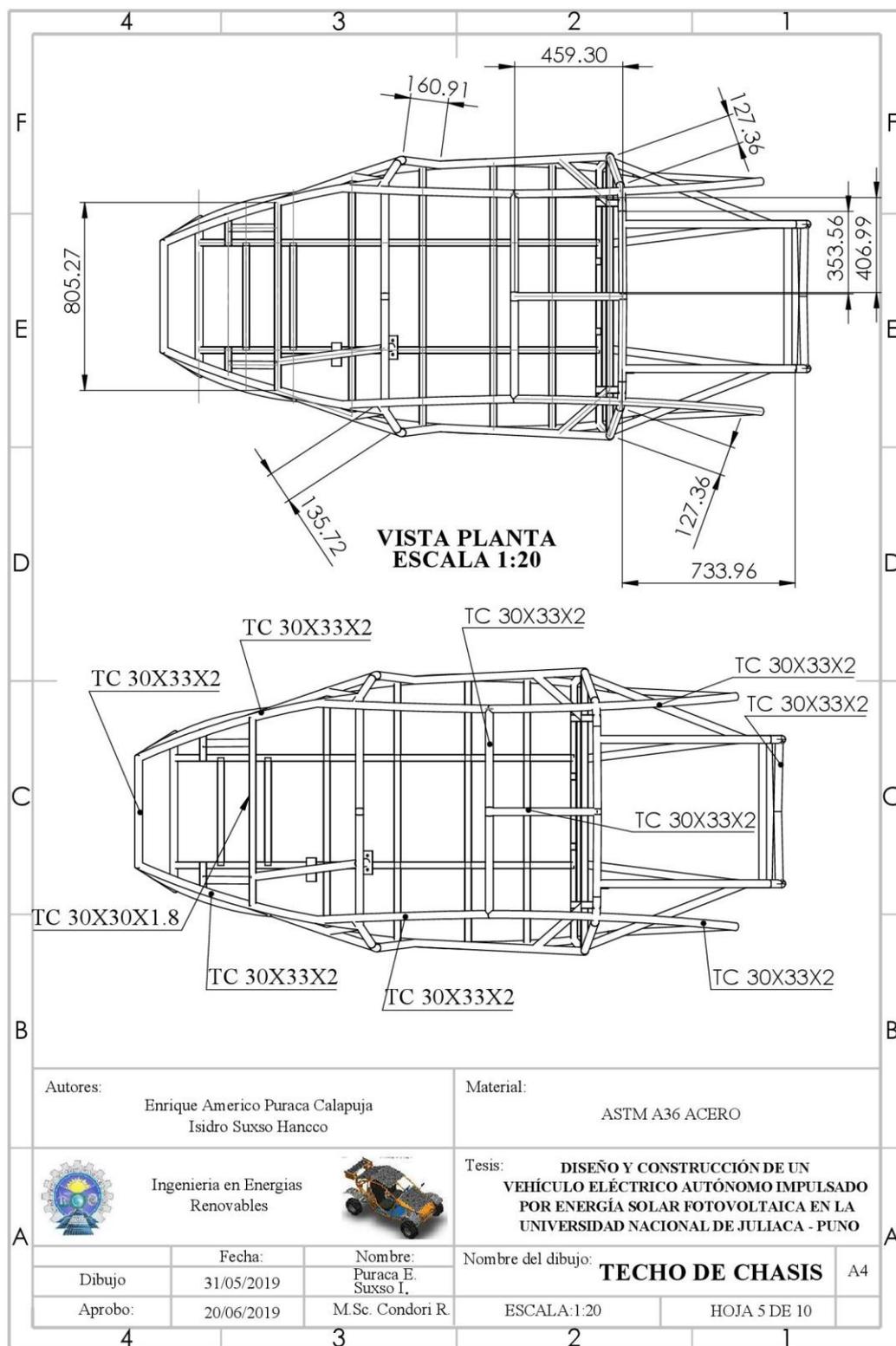
A.2.1. Medidas de tubería del vehículo eléctrico solar



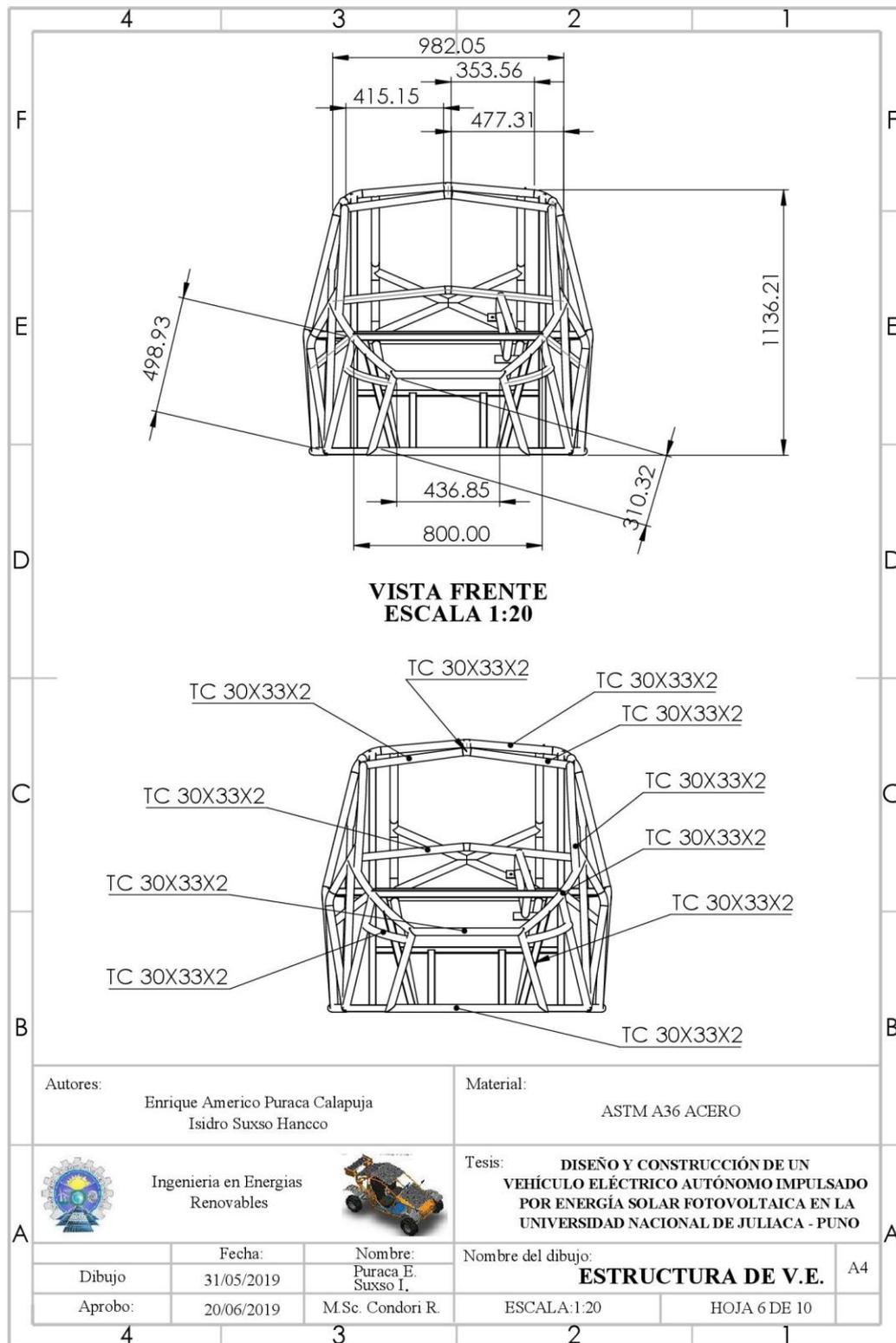
A.2.3. Medidas del material de tubería del vehículo eléctrico solar en vista planta.



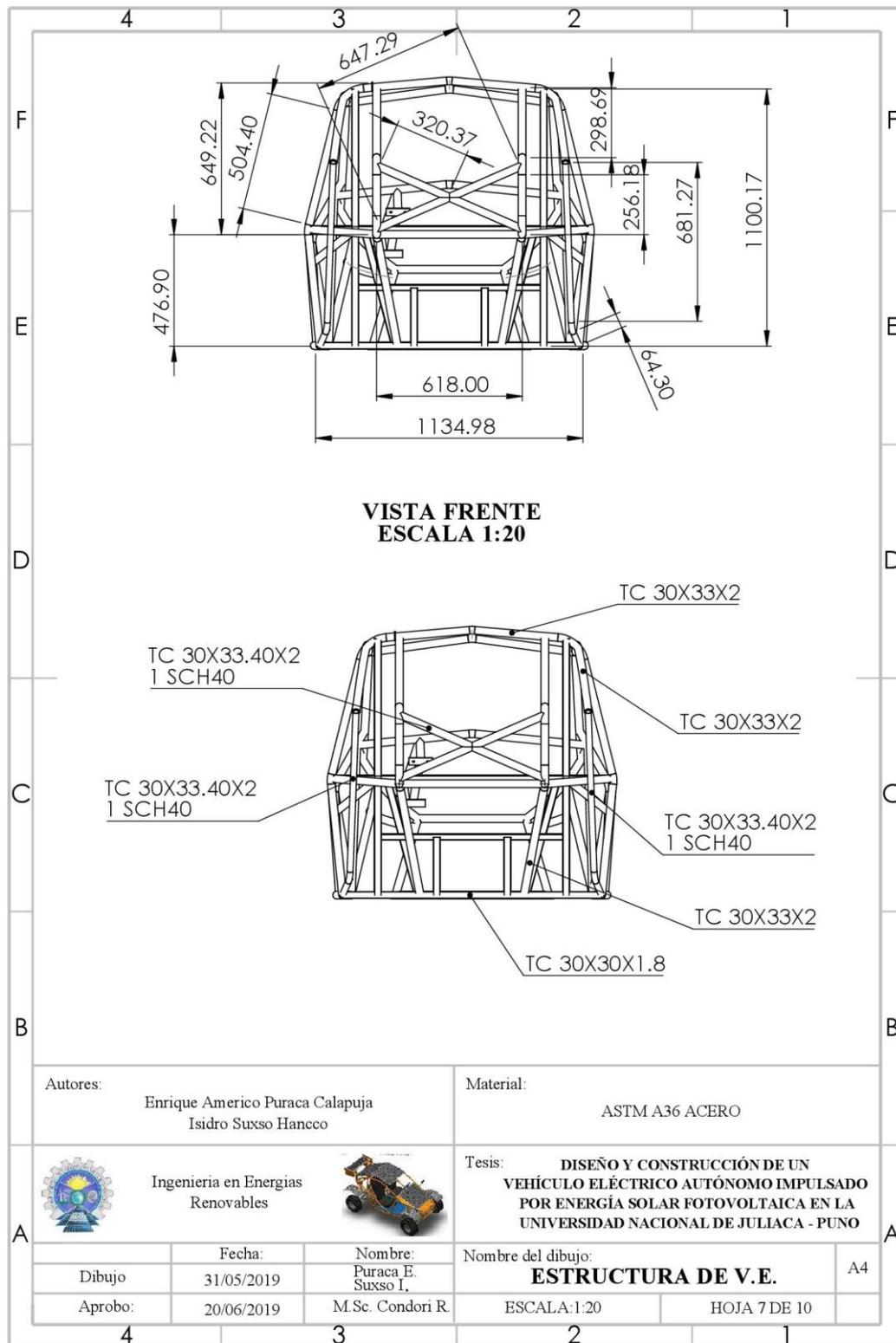
A.2.4. Medidas del techo del vehículo eléctrico solar en vista planta.



A.2.5. Medidas de chasis delantero del vehículo eléctrico solar en vista frente.



A.2.6. Medidas de chasis posterior del vehículo eléctrico solar en vista frente

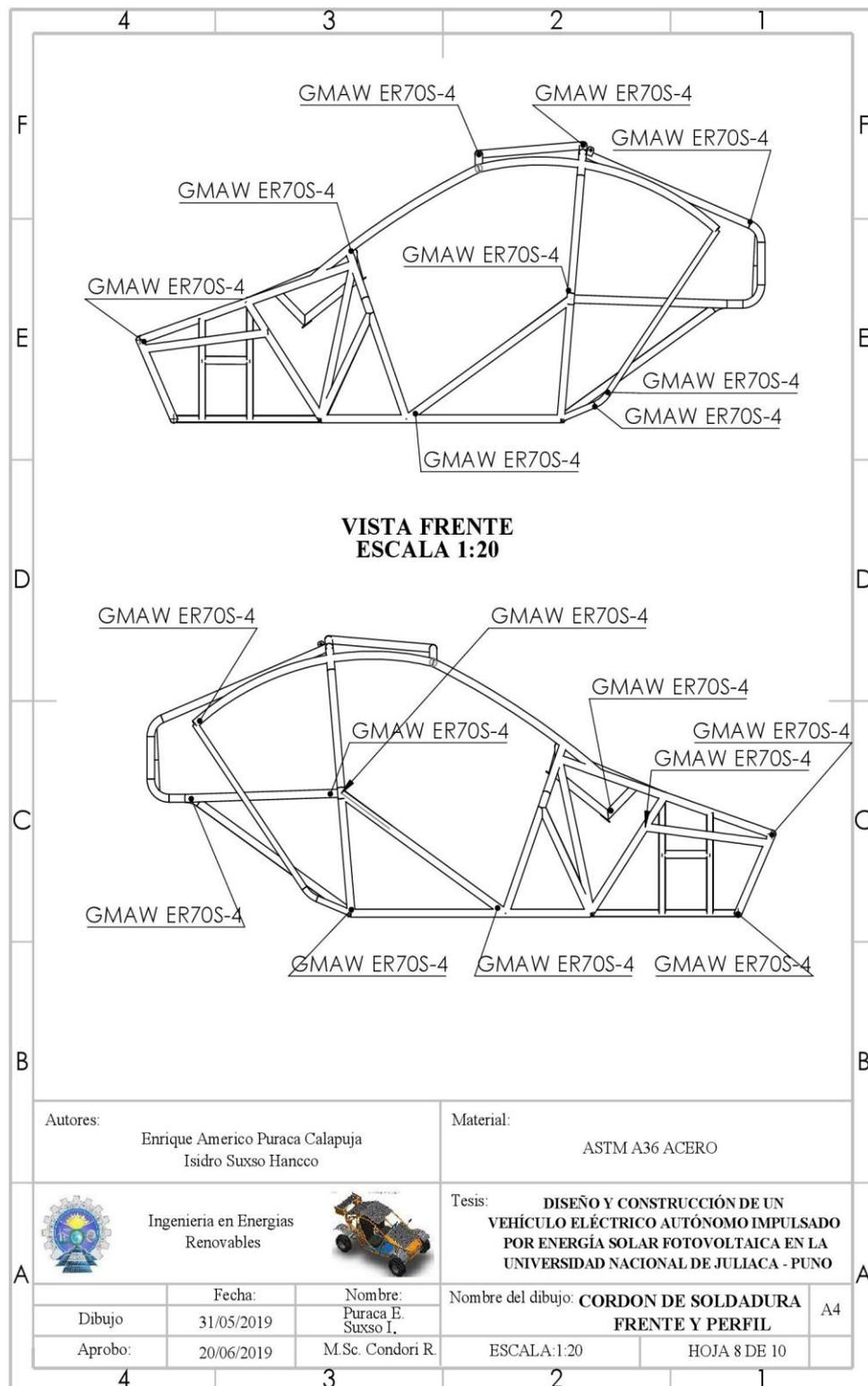


ANEXO N° 3

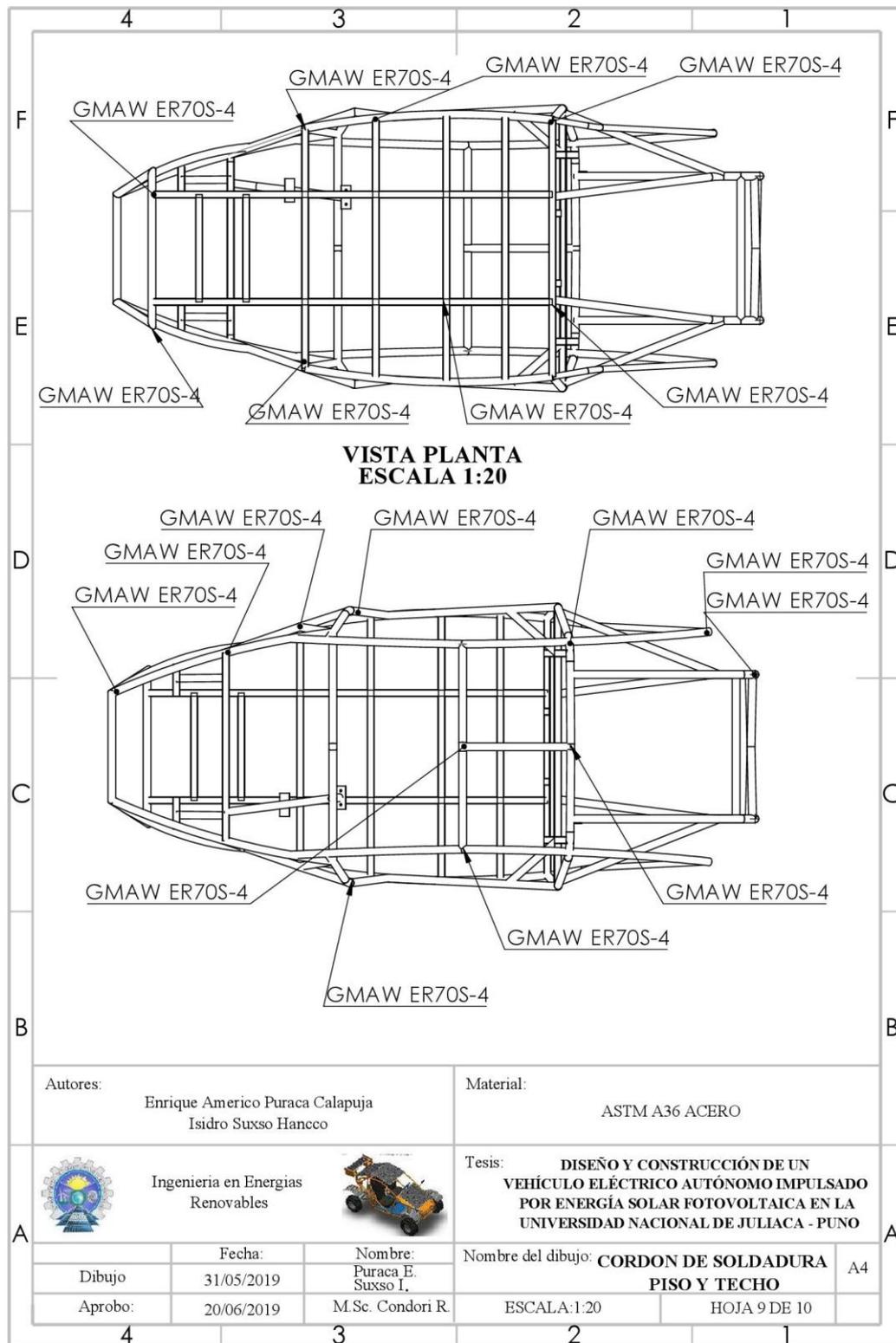
PLANOS DE SOLDADURA DEL VEHÍCULO

ELÉCTRICO SOLAR

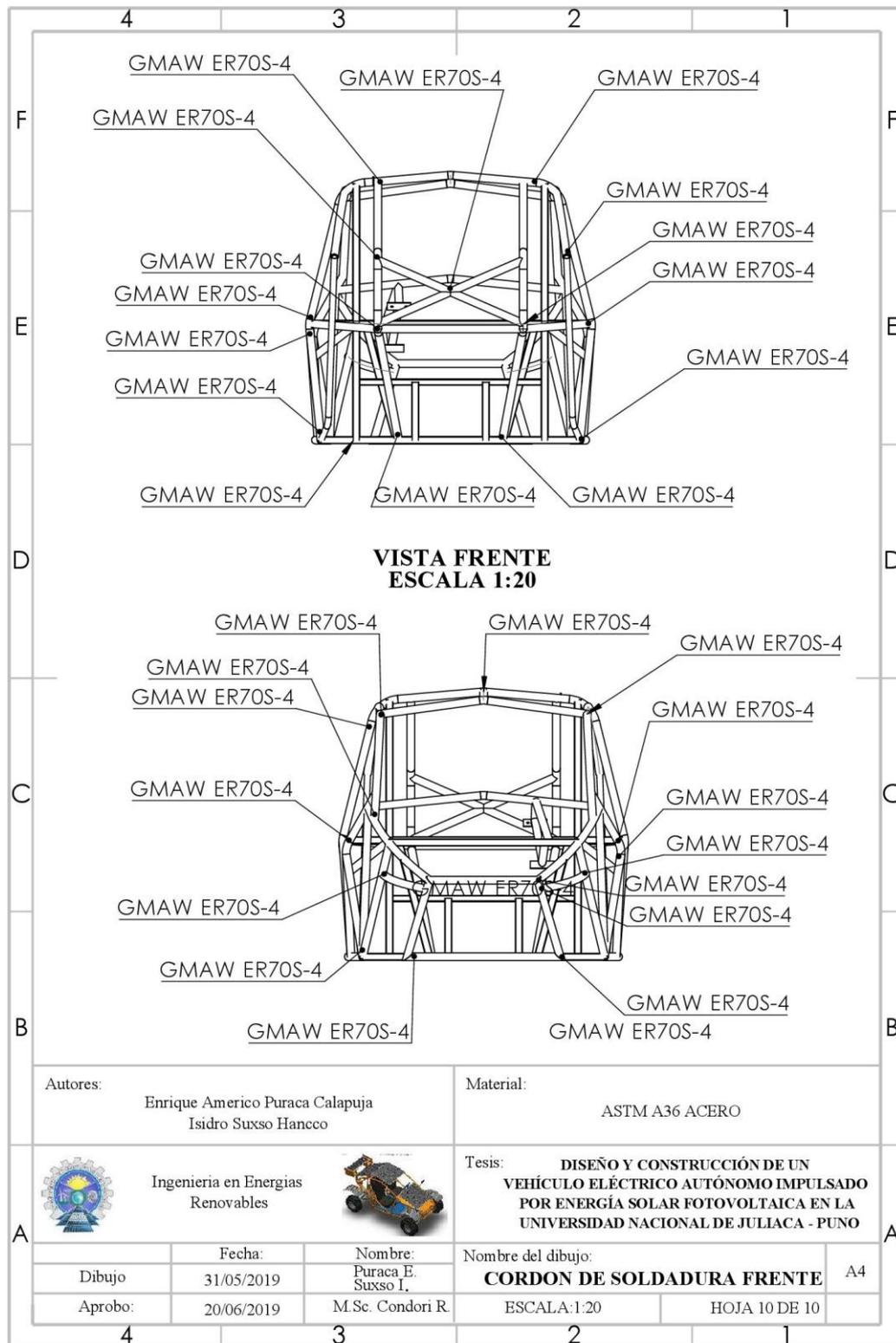
A.3.1. Utilización de cordón de soldadura MIG/MAG semiautomática GMAW



A.3.2. Soldadura en vista planta.



A.3.3. Soldadura en vista frente.



ANEXO N° 4

CONSTRUCCIÓN DEL VEHÍCULO

ELÉCTRICO SOLAR

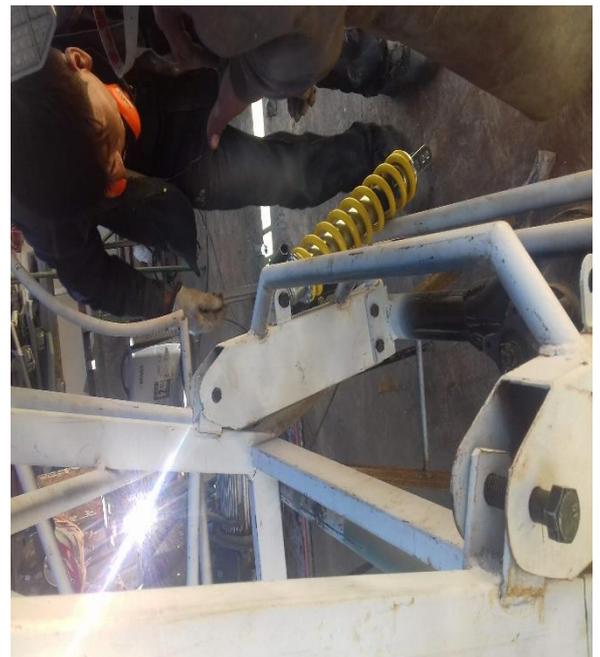
A.4.1. Conformación de componentes eléctricos como: (Sistema Propulsión, Sistema Acumulación y Sistema Fotovoltaico).



A.4.2. Soldadura por puntos en las uniones en el tubo cuadrado estructural de ASTM A36 30X30X2mm para conformar el bastidor y transmisión



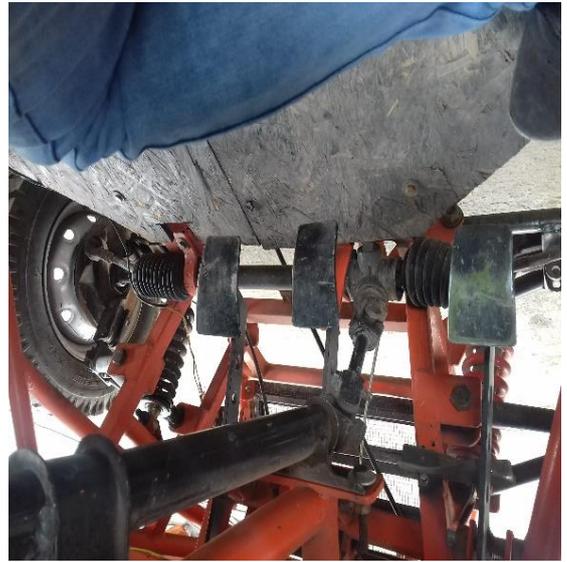
A.4.3. Doblado de tubo para construcción del chasis



A.4.4. Montaje de Sistema Propulsión y sistema de almacenamiento.



A.4.5. Montaje de Sistema Fotovoltaico

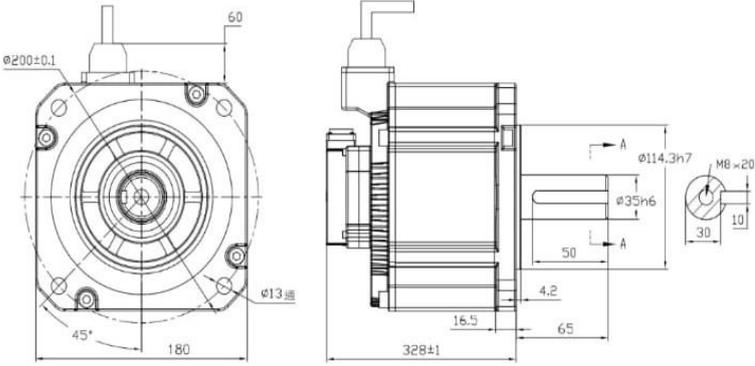


ANEXO N° 5

FICHAS TÉCNICAS DEL VEHÍCULO

ELÉCTRICO SOLAR

A.5.1. Ficha técnica del motor eléctrico

 <p style="text-align: center;">Modelo</p>	 <p style="text-align: center;">180M-32030E5-E Motor eléctrico brushless</p>
Potencia nominal de salida (Kw)	10
Tensión nominal (V):	DC72
Velocidad nominal (rpm):	3000
Corriente nominal (A):	170 ± 10%
Par nominal (N m):	32
Línea de resistencia (Ω):	± 10%(25 °C)
Línea EMF (V/krpm):	11,5 ± 10%
Rotor del momento de inercia de la (Kg m ² × 10 ⁻⁴):	220 ± 10%
Par estático (N m):	
Resistencia de aislamiento (MΩ):	DC500V> 20MΩ
Tiempo:	Continua
Temperatura ambiente:	-20 ~ + 40 °C
Excitación:	Imán permanente
Conducir método:	Accionamiento directo
Número de polos:	10
Vibración clase:	F
Velocidad máxima (rpm):	3100
Instantánea Max actual (A):	350 ± 10%
Instantánea de par máximo (N m):	64
Línea de inductancia (mH):	± 10%
Par coeficiente (N.m/):	0. 18 ± 10%
Comentarios componente:	Incremental codificador 2500PPR
Tensión nominal ...	
Ruido (dB):	≤ 60dB nada de ruido especiales
Vibración clase:	V 15 A
La humedad ambiental:	20 ~ 80% sin condensación
Montaje:	Brida método
Peso (Kg):	29

A.5.2. Ficha técnica de tubería SCHUDELE 40 se utilizó 0.133 pg.

Tubería SCHEDULE 40 con Costura								
Diámetro	Diámetro		SCH 40					
Nominal	Externo							
NPS	Pg	Mm	Grosor	Pared	Presión Int. Trab.		Peso Aprox.	
			pg	mm	PSI	Kg/m	Lb/pie	Kg/m
1/8	0.405	10.29	0.068	1.73	6170	434	0.25	0.37
1/4	0.54	13.72	0.088	2.24	5970	420	0.43	0.63
3/8	0.675	17.15	0.091	2.31	4810	338	0.57	0.85
1/2	0.84	21.34	0.109	2.77	4610	324	0.85	1.27
3/4	1.05	26.67	0.113	2.87	3750	264	1.13	1.69
1	1.315	33.4	0.133	3.38	3510	247	1.68	2.5
1 1/4	1.66	42.16	0.14	3.56	2880	202	2.27	3.39
1 1/2	1.9	48.26	0.145	3.68	2590	182	2.72	4.05
2	2.375	60.33	0.154	3.91	2180	153	3.65	5.45
2 1/2	2.875	73.03	0.203	5.16	2390	168	5.79	8.64
3	3.5	88.9	0.216	5.49	2070	146	7.58	11.3
3 1/2	4	101.6	0.226	5.76	1890	133	9.11	13.58
4	4.5	114.3	0.237	6.02	1750	123	10.79	16.09
6	6.625	168.28	0.28	7.11	1395	98	18.97	28.28
8	8.625	219.08	0.322	8.18	1227	86	28.55	45.57
10	10.75	273.05	0.365	9.27	1113	78	40.48	60.36
NORMA: ASTM A312								
Longitud aprox. 6 mts con costura								

A.5.3. Ficha técnica de batería.

UFT250-12
12V 250AH
Front Terminal
Ultracell®
Quality In Every Discharge

UFT250-12



Physical Specification

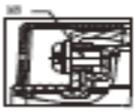
Part Number	UFT250-12
Length	682 ± 2 mm
Width	128 ± 2 mm
Container Height	320 ± 2 mm
Total Height (with terminal)	320 ± 2 mm
Approx Weight	80.0 kg

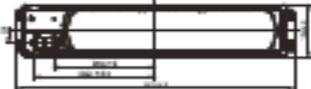
Specifications

	Nominal Voltage	12V
	Nominal Capacity (100HR)	250.0AH
Terminal Type	Standard Terminal	F11
Container Material	Standard Option	ABS
Rated Capacity	20hr, 1.80V/cell, 25°C	201.0 AH/10.1A
	10hr, 1.80V/cell, 25°C	190.0 AH/9.0A
	5hr, 1.75V/cell, 25°C	165.5 AH/8.3A
	1hr, 1.60V/cell, 25°C	123.5 AH/6.2A
Max Discharge Current	1600A (5s)	
Internal Resistance	Approx 2.8m Ω	
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -15°C~50°C
		Charge: 0°C~40°C
		Storage: -15°C~40°C
	Nominal Operating Temp. Range	25±3°C
	Cycle Use	Initial Charging Current less than 57.0A Voltage 14.4V ~ 15.0V at 25°C Temp. Coefficient -30mV/°C
	Standby Use	No limit on Initial Charging Current Voltage 13.5V ~ 13.8V at 25°C Temp. Coefficient -30mV/°C
Capacity effect by Temperature	40°C	103%
	25°C	100%
	0°C	86%
Design Floating Life at 25°C	12+ Years	
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.	

Dimensions

■ F11 Terminal






Revised: 02 Dec 2015
 ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE



A.5.4. Ficha técnica de panel Jinko solar Eagle 60P

www.jinkosolar.com

Jinko Solar
Building Your Trust in Solar

Eagle 60P

260-280 Watt

POLY CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2008-ISO14001:2004-OHSAS18001
certified factory.

ISO61215-IEC61730 certified products.



(5BB)



KEY FEATURES



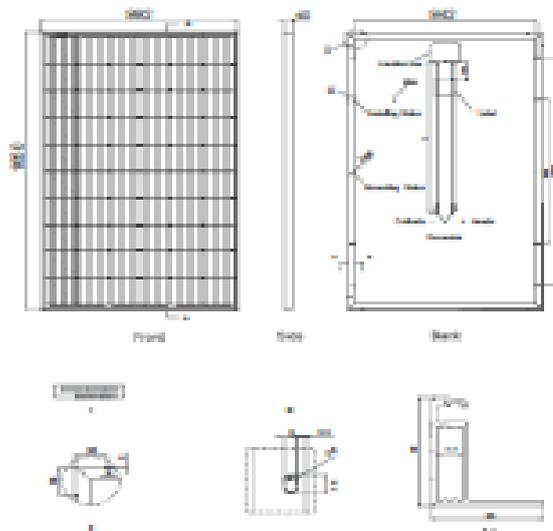
- 
5 Busbar Solar Cell:
5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- 
High Power Output:
Polycrystalline 60-cell module achieves a power output up to 280Wp.
- 
PID RESISTANT:
Eagle modules pass PID test, limited power degradation by PID test is guaranteed for mass production.
- 
Low-light Performance:
Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.
- 
Severe Weather Resilience:
Certified to withstand wind load (2400 Pascal) and snow load (500 Pascal).
- 
Durability against extreme environmental conditions:
High salt mist and ammonia resistance certified by TÜV NORD.
- 
Temperature Coefficient:
Improved temperature coefficient decreases power loss during high temperatures.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty + 25 Year Linear Power Warranty



Engineering Drawings

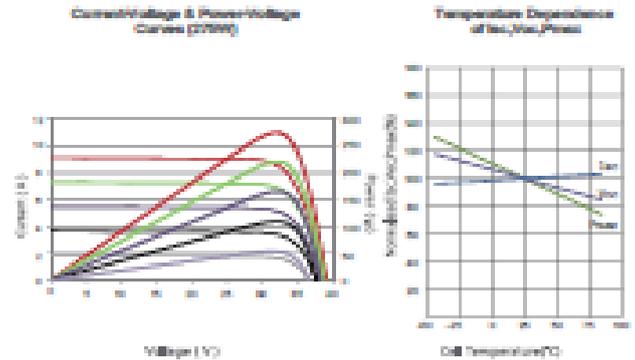


Packaging Configuration

(Two pallets=One stack)

28pcs/pallet, 56pcs/stack, 728 pcs/40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Poly-crystalline 156x156mm (6 inch)
Number of cells	60 (6x10)
Dimensions	1652x992x40mm (65.08x39.05x1.57 inch)
Weight	15.0 kg (41.9 lbs)
Front Glass	3.2mm, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TUV 1x4.0mm ² , Length: 900mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM260PP-60		JKM270PP-60		JKM275PP-60		JKM275PP-60		JKM280PP-60	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	260Wp	192Wp	265Wp	197Wp	270Wp	200Wp	275Wp	204Wp	280Wp	208Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	31.1V	28.7V	31.4V	29.0V	31.7V	29.4V	32.0V	29.8V	32.3V	30.1V
Maximum Power Current (Imp)	8.37A	6.71A	8.44A	6.78A	8.52A	6.80A	8.61A	6.85A	8.66A	6.91A
Open-circuit Voltage (Voc)	38.1V	35.2V	38.8V	35.3V	39.5V	35.4V	39.1V	35.4V	39.4V	35.8V
Short-circuit Current (Isc)	8.96A	7.21A	9.03A	7.28A	9.09A	7.35A	9.15A	7.44A	9.20A	7.56A
Module Efficiency STC (%)	15.88%		16.16%		16.52%		16.80%		17.11%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.40%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.21%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.05%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

STC: ☀️ Irradiance 1000W/m² 📡 Cell Temperature 25°C ☁️ AM=1.5

NOCT: ☀️ Irradiance 800W/m² 📡 Ambient Temperature 20°C ☁️ AM=1.5 🌀 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ±3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. EN-JKM-280PP-60_rev2017

A.5.5. Ficha técnica de controlador

Controladores de carga BlueSolar con conexión roscada o MC4 PV MPPT 150/45, MPPT 150/60, MPPT 150/70, MPPT 150/85, MPPT 150/100

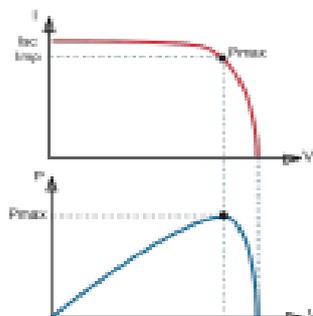
www.victronenergy.com



Controlador de carga solar
MPPT 150/70-Tr



Controlador de carga solar
MPPT 150/70-MC4



Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:
Corriente de salida (i) de un panel solar como función de tensión de salida (V).
El punto de máxima potencia (MPPT) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de la V alcanza su pico.

Curva inferior:
Potencia de salida P = I x V como función de tensión de salida.
Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a Vmp.

Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)
Especialmente con cielos nubosos, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial
En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPPT) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPPT local que pudiera no ser el MPPT óptimo. El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPPT óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión
Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

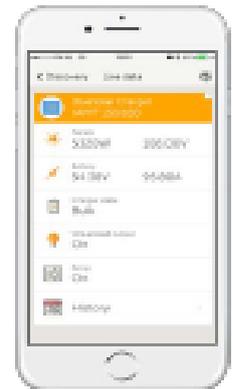
Algoritmo de carga flexible
Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descarga > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

Amplia protección electrónica
Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles PV.
Protección de corriente inversa PV.

Sensor de temperatura interna
Compensa la tensión de carga de absorción y flotación en función de la temperatura.

Opciones de datos en pantalla en tiempo real
- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android consulte "Mochila Inteligente de conexión Victron" o Bluetooth®
- Panel ColorControl



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Tensión nominal de 12 / 24 V. Se necesita una herramienta de software para seleccionar 24 V.				
Corriente de carga nominal	60A	80A	70A	80A	100A
Potencia PV nominal (12V / 24V)	630W	800W	1000W	1200W	1410W
Potencia PV nominal (20V / 24V)	1200W	1200W	2000W	2400W	2800W
Potencia PV nominal (6V / 24V)	2800W	3400W	4000W	4800W	5600W
Corriente de cortocircuito máxima PV (2)	30A	30A	30A	30A	30A
Tensión máxima del circuito de entrada PV	150 V máxima absoluta en las condiciones más frías 14,5 V en arranque y funcionamiento al máximo				
Eficiencia máxima	98%				
Autosensado	10mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predefinidos: 14,4 / 28,8 / 63,2 / 126,4 (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predefinidos: 13,6 / 27,2 / 60,4 / 120,8 (ajustable)				
Algoritmos de carga	variable multistage				
Compensación de temperatura	-18 mV / 0,1 mV / -68 mV / °C				
Polarización	Polaridad inversa de la batería (Batería, no conectada con el cable) / Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Temperatura				
Temperatura de trabajo	-32 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 60°C)				
Humedad	95% sin condensación				
Función de comunicación de datos con el usuario	Victron (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	SI (no sincronizado)				
CARGA					
Color	Azul (SAL 101-2)				
Terminal PV (2)	23 mm ² / AWG22 (conector T4) Dos conectores de conexión MC4/MC4 (conector de hasta 150/70) Tres conjuntos de conexión MC4/MC4 (modelos 150/85 y 150/100)				
Batería de batería	23 mm ² / AWG22				
Tipo de polarización	P/N (compensación electrónica), P/N (para sin conexión)				
Tasa	1kg				
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 160 x 210 x 60mm Modelos MC4: 210 x 210 x 60mm			Modelos Tr: 210 x 260 x 100mm Modelos MC4: 260 x 260 x 100mm	
ESTÁNDARES					
Seguridad	EN/IEC 62109				
<p>1a) Si se conecta más potencia PV, el controlador limitará la potencia de entrada. 1b) La tensión PV deberá ser menor que 150 V (tensión de la batería) para que arranque el controlador. 1c) Una vez arrancado, la tensión PV máxima será de 150V + 10V. 2) Un sistema PV con una corriente de cortocircuito más alta debería tener un cableado. 3) Modelos MC4 se pueden conectar varios paneles solar conectados en paralelo los cables de conexión de cables solares. Corriente máxima por conexión MC4: 30A. Dos conexiones MC4 están conectadas en paralelo a un regulador MPPT.</p>					

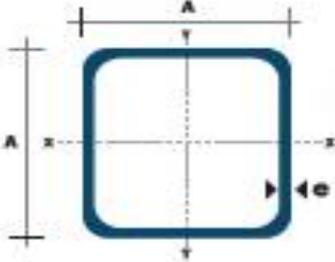
A.5.6. Ficha técnica de tubo estructural cuadrado

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales:

Norma:	NIE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Azabado:	Acero negro o Galvanizado
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm a 100mm
Espesores:	Desde 1,20mm a 5,00mm





Dimensiones			Área		Eje X-X Y-Y	
A mm	Espesor mm (t)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm ²
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,80	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,08	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,48	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,58
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,48	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,25	2,85	11,05	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,85	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,68	3,74	21,28	7,09	2,38
60	3,0	5,42	6,61	35,08	11,89	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,48	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	18,08	2,92
75	4,0	8,59	10,55	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,89	24,80	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,80	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,85	228,09	45,22	3,89
100	5,0	14,49	18,26	270,57	54,11	3,84



www.dipacmanta.com

ANEXO N° 6

ANTECEDENTES

DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO SOLAR

A.6.1. Participación en el encuentro y exposición mundial de energía renovables “SUN WORLD 2019 PERÚ” el vehículo solar "IntiTITICAR 1.0" el cual fue el primer protagonista en ese magno evento, siendo elogiado por el Sr. Presidente de la República, Primer Ministro, Viceministro, Ministro de Energía y Minas, Ministra del Medio Ambiente, participantes de este gran evento y demás autoridades nacionales e internacionales.



A.6.2. Presidente de la República del Perú: Martin Vizcarra, Ministro de Energía y Minas: Juan Carlos Liu

<https://www.flickr.com/photos/presidenciaperu/49066946416/in/album-72157711786620933//>



A.6.3. Imágenes en centro de convenciones Lima - Peru



A.6.4. Imágenes de los amigos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables UNAJ, se visualiza el Docente de EPIER Ing. Pedro Julián Puma Roque.



A.6.5. En estas imágenes se visualiza el Dr. Rodolfo Zamalloa López representante de la Empresa Española Continua Energías Positivas.



A.6.6. En estas imágenes se visualiza la visita del Presidente de Ministro del Peru el Dr. Vicente Antonio Zeballos



A.6.7. En estas imágenes se visualiza la visita de Secretario Nacional de Energía de Panamá Jorge Rivera y la Dra. Guadalupe González. Además se visualiza Víctor Cáceres Huamán (UNI) y Celia Canchari Cespedes (UNTELS).



ANEXO N° 7

RECORRIDO

DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO SOLAR

A.7.1. Visita a la ciudad de Lima – Peru, recorriendo las calles del Capital.



A.7.2. Visita al instituto de Investigacion en Energias Renovables y Eficiencia Energetica UNAJ

(Ayabacas – Juliaca)



A.7.3. Visita a la Provincia de Azangaro



A.7.4. Visita al Distrito de San Juan de Salinas.



ANEXO N° 8

PUBLICACIONES

DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO SOLAR

A.8.1. Fue publicado en el Diario El Peruano.

<https://www.elperuano.pe/noticia-innovaciones-energia-solar-86581.aspx>

Tipo de cambio:
Compra: 3.368
Venta: 3.373

Año de la lucha contra la
corrupción y la impunidad

DIARIO OFICIAL DEL BICENTENARIO

El Peruano 194 AÑOS
FUNDADO EL 22 DE OCTUBRE DE 1825 POR EL LIBERTADOR SIMÓN BOLÍVAR

Buscar... **Buscar**

DOMINGO 17
de noviembre de 2019

INICIO ACTUALIDAD + MUNDO OPINIÓN + DERECHO DEPORTE ESPECIALES + CULTURAL



CIENCIA PERUANA

Innovaciones con energía solar

Conozca los cinco proyectos de innovación con energías renovables que representaron al Perú en el Sun World 2019, que reunió en Lima a expertos de todo el mundo en energías limpias.

Publicaciones Oficiales

Últimas noticias

- (17:30) Universitario no pudo con UTC y deja a Alianza Lima como único puntero
- (17:25) Inician piloto de fiscalización electrónica en eje vial Tacna - Garcilaso - Arequipa
- (17:00) Minedu impulsará proceso de licenciamiento de institutos tecnológicos y pedagógicos
- (16:41) El Perú reclama entendimiento, diálogo y unidad, señala jefe del Gabinete
- (16:26) Acción ejemplar: anciano olvidó S/2,000 en cajero y policía se los devolvió
- (16:16) Vasectomía sin bisturí: en tres meses 125 varones se sometieron al procedimiento
- (15:33) Sismo de magnitud 4.3 se registró en Ancash

EDITORIAL

Efectividad de los programas sociales

Estas iniciativas gubernamentales ayudan a combatir los grandes desequilibrios de la sociedad al incluir a sectores históricamente olvidados.

A.8.2. Fue publicado en el Diario La República.

<https://larepublica.pe/sociedad/2019/11/14/juliaca-estudiantes-universitarios-crean-auto-solar-atmp/1?ref=photogallery>



SOCIEDAD

Estudiantes universitarios de Juliaca crean un auto solar

Además, el gobierno anunció que instalará paneles solares en viviendas en el marco del "Sun World Perú 2019".

A.8.3. Fue publicado en el Diario Andina

<https://andina.pe/agencia/noticia-conoce-vehiculo-solar-construido-estudiantes-de-universidad-juliaca-774138.aspx>

English Versio

Lo último Actualidad Galería Canal Online Videos Especiales Perfiles

Conoce el vehículo solar construido por estudiantes de la Universidad de Juliaca

Proyecto científico abre camino a más iniciativas de energía renovable.



Es un vehículo impulsado con energía solar fotovoltaica, con una estructura metálica y paneles solares flexibles.

14:42 | Lima, nov. 15.

[f](#) [t](#) [in](#) [w](#) [p](#)

Isidro Suxso y Enrique Américo Puraca, estudiantes de la Universidad Nacional de Juliaca (Puno), son los creadores del Intiticar I, un vehículo solar todoterreno

A.8.4. Fue publicado en el twitter PCM: MSC. Vicente Antonio Zeballos

<https://twitter.com/pcmperu/status/1194334891632140288>

 **Consejo de Ministros** 
@pcmperu Seguir 

¡De Juliaca para el mundo! 🇵🇪🌍🚗 El Intiticar I, vehículo solar todoterreno, fue presentado hoy en el #SunWorld2019. El titular de la PCM, @VicAZeballos, conoció este proyecto desarrollado por estudiantes de la #UNAJ, que abre camino a más iniciativas de energía renovable.



11:23 - 12 nov. 2019

A.8.5. Fue publicado en Proactivo noticias

Link del video

<https://web.facebook.com/proactivoperu/videos/2493586287592189/?t=29&v=2493586287592189>

Inicio → Energía → Conoce el vehículo solar construido por estudiantes de la Universidad de Juliaca (video)

ENERGÍA NOTICIAS

Conoce el vehículo solar construido por estudiantes de la Universidad de Juliaca (video)

Por: Redacción ProActivo Publicado 15/11/2019

787



Es un vehículo impulsado con energía solar fotovoltaica, con una estructura metálica y paneles solares flexibles.

A.8.6. Fue publicado en El Gas Noticias



LO ÚLTIMO

GAS

COMBUSTIBLE

ENERGÍA

TRANSPORTE

MINERÍA

EVENTOS

ACTUALIDAD ENERGÍA

Conoce el vehículo solar construido por estudiantes de la Universidad de Juliaca

NOV 15, 2019 144



Isidro Suxso y Enrique Américo Puraca, estudiantes de la Universidad Nacional de Juliaca (Puno), son los creadores del Intiticar I, un vehículo solar todoterreno que no necesita gasolina, ni petróleo para su funcionamiento, en su reemplazo aprovecha la energía del sol.

Hace cinco años, en las aulas de la Universidad Nacional de Juliaca, nació la idea. Y fue en el patio de la casa de Enrique Américo que empezaron a diseñar y construir este vehículo con financiamiento propio. Fueron varias horas sin dormir y mucho esfuerzo pero el resultado valió la pena.

Este carro va hasta 80 kilómetros por hora, y si se colocaran baterías de litio tendría una autonomía de hasta 120 kilómetros. No hace ruido y tiene cinco velocidades, detalla Puraca.

A.8.7. Fue publicado en su página oficial de SUNEDU.



Sunedu

7 horas • 🌐



☀️🚗 Isidro Suxso y Enrique Puraca, estudiantes de la **Universidad Nacional de Juliaca - UNAJ**, crearon el **#Inticar!**: un vehículo solar con estructura metálica y paneles solares flexibles de alta eficiencia.

Conoce más de esta iniciativa ➡️ bit.ly/2KuAaSH





UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

"Universidad Pública de Calidad"