



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMOCIÓN PORTÁTIL ELÉCTRICO DE TRANSPORTE UNIPERSONAL

**AUTORES: JOSÉ DANIEL GÓMEZ ÁNGULO
CRISTIAN SANTIAGO QUEZADA VALENCIA**

DIRECTOR: ING. ERIK PAÚL HERNÁNDEZ RUEDA, MSc.

Ibarra, febrero 2023



CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Concejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMOCIÓN PORTÁTIL ELÉCTRICO DE TRANSPORTE UNIPERSONAL** presentado por los señores, **CRISTIAN SANTIAGO QUEZADA VALENCIA** con número de cédula 171246787-5 y **JOSÉ DANIEL GÓMEZ ÁNGULO** con número de cédula 100332312-6, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 15 días del mes de febrero del 2023.

Atentamente

A handwritten signature in blue ink that reads "Paúl Hernández". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

Ing. Paúl Hernández MSc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1712467875		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Quezada Valencia Cristian Santiago		
DIRECCIÓN:	Cayambe – 24 de mayo E1-20 y Terán		
EMAIL:	csquezadav@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	022363891	TELÉFONO MÓVIL:	0982702278

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Diseño E Implementación De Un Sistema De Automoción Portátil Eléctrico De Transporte Unipersonal
AUTOR (ES):	Daniel Gómez y Cristian Quezada
FECHA: DD/MM/AAAA	24/01/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Paúl Hernández MSc

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 15 días del mes de febrero de 2023

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Cristian Santiago Quezada Valencia



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003323126		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Gómez Angulo José Daniel		
DIRECCIÓN:	Otavalo – Ciudadela Imbaya 1-74		
EMAIL:	Corey_91@hotmail.es		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0968700626

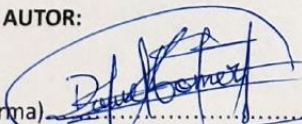
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	Diseño E Implementación De Un Sistema De Automoción Portátil Eléctrico De Transporte Unipersonal		
AUTOR (ES):	Daniel Gómez y Cristian Quezada		
FECHA: DD/MM/AAAA	24/01/2023		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/>	PREGRADO	<input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ		
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Paúl Hernández MSc		

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 15 días del mes de febrero de 2023

EL AUTOR:

(Firma) 
Nombre: Gómez Angulo José Daniel

DEDICATORIA

Con entrañable cariño dedico el presente trabajo de grado a mi madre Gloria Valencia quien supo cuidarme en mi infancia, guiarme en mi adolescencia y formarme para el mañana, a mis hermanos quienes me guiaron con sus consejos y supieron apoyarme día a día y a mi hija Alice Quezada la cual me inspira a ser mejor como persona y padre.

Cristian Santiago Quezada Valencia

AGRADECIMIENTO

Mi cálido agradecimiento a todos los docentes de la prestigiosa Universidad Técnica del Norte los cuales con gran dedicación y paciencia inculcaros sus conocimientos en mi para ser en un futuro un gran profesional como los son ellos. A mi madre la que con gran sacrificio hizo que llegue a esta etapa de mi vida. A mis hermanos los cuales con sus consejos y apoyo me fortalecieron como persona. A mi hija la que me llena de alegría en mi vida y me da fuerza para seguir adelante y, por último, pero no menos importante a mi compañero y amigo Daniel Gómez con el cual forjamos una relación de amistad que nos llevó a apoyarnos día a día compartiendo conocimientos en nuestra etapa como estudiantes, y como personas compartiendo anécdotas de vida para ser mejores en el futuro.

Cristian Santiago Quezada Valencia

DEDICATORIA

A mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida, a pesar de los obstáculos y percances en la vida cotidiana jamás perdieron la fe en mi persona, de igual manera a todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando vitalidad y fuerza para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

José Daniel Gómez Ángulo.

AGRADECIMIENTO

Por el esfuerzo, dedicación, paciencia y confianza, agradezco a todos los docentes de la prestigiosa Universidad Técnica del Norte los cuales inculcaron su conocimiento tanto como valores de vida, con el fin de forjarme para la sociedad entregando una mejor versión de un gran profesional, reflejo único de los mismos. A mis padres que día a día me han demostrado que con gran sacrificio se llega muy lejos, en este caso sumar uno más de los logros en mi vida. A mis hermanos que siempre han sido constantes en cuanto a apoyo, tanto físico como mental aportando su granito de arena en mi reloj de vida, por último, las personas que han estado contantes en mi vida sin importar por más oscuro que el escenario pareciera, han encontrado las palabras exactas para levantarme, cabe recalcar que una de ellas más que mi compañero es mi amigo Cristian Quezada, con el cuál se formado un vínculo gracias a muchas experiencia y convivencia a lo largo de nuestra vida estudiantil siendo el apoyo, el uno al otro sin importar el ámbito.

José Daniel Gómez Ángulo.

1. ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN.....	xix
CAPITULO I	1
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	1
1.1. Objetivos.....	1
1.1.1. Objetivo general	1
1.1.2. Objetivos específicos.....	1
1.2. Justificación	1
1.3. Alcance	2
1.4. Antecedentes	2
1.5. Situación actual.....	4
1.6. Materiales.....	5
1.6.1. Polímeros.....	7
1.6.2. Acero asmt a36.....	10
1.7. Fabricación por fundición	10
1.7.1. Mecanizado	11
1.7.2. Soldadura smaw	11
1.8. Conceptos básicos.....	11
1.8.1. Potencia	12
1.8.2. Torque	12
1.8.3. Velocidad tangencial	12
1.8.4. Voltaje	14
1.8.5. Corriente.....	14
1.8.6. Frecuencia	15
1.8.7. Deslizamiento.....	15
1.8.8. Eficiencia de motores eléctricos.....	16
1.8.9. Factor de carga	16

1.8.10. Efecto hall	17
1.8.11. Modulación de ancho de pulso (pwm)	17
1.8.12. Esfuerzo de compresión	17
1.9. Motores eléctricos	18
1.9.1. Tipos de motores eléctricos.....	18
1.9.2. Clasificación de los motores eléctricos cc.....	22
1.10. Batería.....	25
1.10.1. Tipos de batería	26
1.11. Controlador	27
CAPITULO II.....	27
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
2.1. Materiales y equipos	29
2.1.1. Materiales	29
2.1.2. Equipos y herramientas	32
2.2. Métodos.....	33
2.2.1. Software	33
2.2.2. Moldes positivos	36
2.2.3. Moldes negativos.....	37
2.2.4. Acabados de piezas	38
2.2.5. Descripción de la bicicleta.	38
2.2.6. Determinación de la masa a impulsar con el prototipo	41
2.2.7. Calculo de energía necesaria	42
2.2.8. Pruebas de ruta	47
CAPITULO III	52
3. DISCUSIÓN Y RESULTADOS	52
3.1. Selección de componentes para la propulsión	52
3.2. Diseños.....	53
3.3. Análisis estático	53
3.4. Materiales y construcción	59
3.5. Pruebas de ruta.....	60

3.6 Análisis de costos.....	72
3.6.1 Sistema de Propulsión.....	72
3.6.2 Diseño.....	72
3.6.3 Impresiones 3D	73
3.6.4 Fundición en Aluminio.....	73
3.6.5 Acabados de las Piezas.....	73
3.6.6 Costo Total de Manufactura.....	74
CAPITULO IV	75
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
4.1. Conclusiones	75
4.2. Recomendaciones	76
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Numero de Figura	pág.
1.1 Diagrama PWM.....	17
1.2 Partes del motor de corriente continua	19
1.3 Entrehierro	20
1.4 Colector de delgas	20
1.5 Carbones o escobillas	21
1.6 Rodamientos	21
1.7 Esquema motor de excitación independiente	22
1.8 Diagrama motor de excitación en serie	22
1.9 Motor sin escobillas.....	23
1.10 Estator motor sin escobillas.....	24
1.11 Rotores de motor sin escobillas	25
2.1 Toma de decisión.....	28
2.2 Porta pantallas.....	33
2.3 Soporte Acelerador	34
2.4 Soporte de batería	34
2.5 Soporte motor	35
2.6 Ensamble final	35
2.7 Multiplicar molde	36
2.8 Moldes negativos en arena	37
2.9 Horno y palas para extracción de escoria del aluminio	38
2.10 Bicicleta MTB urbana	39
2.11 Bicicleta MTB urbana con prototipo	40
2.12 Diagrama de fuerzas	42
2.13 Pendientes de Ibarra.....	43

2.14 Geografía de la ciudad de Ibarra.....	48
2.15 Ruta numero 1 los Ceibos - La Victoria - Universidad Técnica Del Norte.....	49
2.16 Ruta número 2 Azaya – Universidad Técnica Del Norte	49
2.17 Ruta 3 Terminal terrestre Ibarra – av. Carchi –Universidad Técnico Del Norte.....	50
2.18 Ruta 4 Terminal terrestre Ibarra – Av. 17 de julio –Universidad Técnica Del Norte.	50
3.2 Mallado solido	54
3.3 Simulación de esfuerzo tensor.....	55
3.4 Desplazamiento del tensor.....	55
3.5 Factor de seguridad.....	56
3.7 Mallado solido	57
3.8 Simulación de esfuerzo soporte de motor.....	58
3.9 Escala de colores al ser sometido esfuerzo.....	58
3.10 Calorías quemadas con asistencia vs sin asistencia ruta # 1.....	61
3.11 Tensión arterial baja y alta sin asistencia ruta # 1	62
3.12 Tensión arterial baja y alta con asistencia ruta # 1	62
3.13 Calorías quemadas con asistencia vs sin asistencia ruta # 2.....	64
3.14 Tensión arterial alta y baja sin asistencia ruta # 2	64
3.15 Tensión arterial baja y alta con asistencia ruta # 2	65
3.16 Calorías quemadas con asistencia vs sin asistencia ruta # 3.....	66
3.17 Tensión arterial baja y alta sin asistencia ruta # 3	67
3.18 Tensión arterial baja y alta con asistencia ruta # 3	67
3.19 Calorías quemadas con asistencia vs sin asistencia ruta # 4.....	69
3.20 Tensión arterial baja y alta sin asistencia ruta # 4	69
3.21 Tensión arterial baja y alta con asistencia ruta # 4.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Numero de Tabla	pág.
1. 1 Clasificación de aleaciones.....	6
1. 2 Características del duralón.....	8
1. 3 Características del teflón	9
1. 4 Propiedades del poliácido láctico	10
2. 1 Propiedades del aluminio 4032(aluminio al silicio).....	29
2. 2 Propiedades del acero A36	30
2. 3 Propiedades del poliácido láctico	30
2. 4 Características del motor	30
2. 5 Características de la batería	31
2. 6 Características de controlador motor sin escobillas	31
2. 7 Características de cargador.....	31
2. 8 Herramientas.....	32
2. 9 Información técnica de impresora	32
2. 10 Descripción de elementos de transmisión	40
2. 11 Partes de bicicleta vs peso	41
2. 12 Partes de prototipo vs peso	41
2. 13 Aerodinámica de la bicicleta	46
3. 1 Parámetros teóricos vs especificaciones del sistema.....	52
3. 2 Propiedades del estudio estático de tensores	53
3. 3 Sujeción y fuerza en tensores	54
3. 4 Propiedades del soporte de motor.....	56
3. 5 Sujeción y cargas para el estudio de soporte de motor.....	57
3. 6 Factor de seguridad.....	59

3. 7	Ruta #1- Los ceibos- La victoria- UTN SIN ASISTENCIA	60
3. 8	Ruta #1-Los ceibos- La victoria- UTN CON ASISTENCIA	61
3. 9	Ruta # 2 - Azaya- UTN SIN PROTOTIPO	63
3. 10	Ruta #2- Azaya -UTN CON PROTOTIPO	63
3. 11	Ruta #3 Terminal terrestre Ibarra – av. Carchi –UTN SIN ASISTENCIA	65
3. 12	Ruta #3 Terminal terrestre Ibarra – av. Carchi –UTN CON ASISTENCIA	66
3. 13	Ruta # 4 Terminal terrestre Ibarra – calle Oviedo –UTN SIN ASISTENCIA	68
3. 14	Ruta #Terminal terrestre Ibarra – calle Oviedo –UTN CON ASISTENCIA	68
3. 15	Resumen de valores obtenidos en ruta	70
3.16	Costo del kit de conversión	72
3.17	Costo de diseño.....	73
3.18	Costo impresión 3D	73
3.19	Costo de proceso de fundición.....	73
3.20	Insumos para acabados	74
3.21	Costo total de manufactura	74
3.22	Costo bicicleta eléctrica vs prototipo.....	74

ÍNDICE DE ECUACIONES

Numero de ecuación	pág.
1. 1 Potencia de un motor electrico	12
1. 2 Velocidad tangencial	12
1. 3 Velocidad de giro.....	13
1. 4 Revoluciones por minuto	13
1. 5 Velocidad angular.....	13
1. 6 Velocidad lineal	14
1. 7 Diferencial de potencial	14
1. 8 Flujo de corriente	14
1. 9 Frecuencia	15
1. 10 Desplazamiento	16
1. 11 Eficiencia	16
1. 12 Eficiencia ajustada.....	16
1. 13 Factor de carga.....	17
1. 14 Esfuerzo de compresion.....	17
2. 1 Relación de transmisión	39
2. 2 Velocidad lineal permitida.....	40
2. 3 Fuerza necesaria	42
2. 4 Fuerza contra el movieminto de la bicicleta.....	43
2. 5 Angulo de inclinacion	43
2. 6 Resistencia a la pendiente.....	44
2. 7 Fuerza de fricción	44
2. 8 Ecuacion de gases ideales	44
2. 9 Densidad del aire	45
2. 10 Torque necesario	47
2. 11 Velocidad final de la rueda.....	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Número de anexo	pág.
I DISEÑO SOPORTE DE ASIENTO	85
II UNIÓN ESTÁNDAR	86
III SOPORTE MOTOR PLANO.....	87
IV SUJETADOR PIEZA ASIENTO.....	88
V SUJETADORES BATERÍA MEDIDAS CORRECTAS BATERÍA SLDPRT	89
VI SOPORTE BATERÍA Y CONTROLADOR.....	90

RESUMEN

El presente proyecto inicio con la idea de preservar la actividad física en los usuarios, al igual que este daría la asistencia a los mismos, proponiendo de esta manera el prototipo portátil para bicicleta en la ciudad de Ibarra, en el cual el primer paso fue la selección de los componentes de propulsión, basándonos en cálculos previos, una vez establecido la propulsión se escogió aluminio, PLA y acero A36 como materiales de las piezas que alojan y soportan los diferentes componentes electrónicos previo a la selección hecha, para la fabricación fueron basados en los diseños posteriores realizados en software CAM en los cual nos facilitó realizar pruebas tanto de esfuerzo, al igual que nos da ayuda con el factor de seguridad en los modelos, proponiendo que los diseños tanto como el material fueron acertados en su selección evitando la ruptura según las pruebas.

Para logra su materialización se realizaron los siguientes procesos de manufactura, empezamos con la elaboración de moldes positivos por medio de impresión 3D, buscando que las piezas sean replicadas de la mejor manera de acuerdo a los diseños previamente realizados, posterior a esto se hizo uso de la pieza positiva terminada para los moldes negativos, estos son elaborados con arena y bentonita colocadas a presión dentro de cajas de moldeo en el cual en su parte intermedia es colocada la pieza positiva dejándonos una huella, en la cual posteriormente se vertió el material fundido (aluminio), estas partes son el 56.25 por ciento del prototipo, después el 31.25 por ciento de PLA usado en partes básicas sin esfuerzo y en su contrario tenemos el acero A36 con el 12.5 por ciento usados en soportes de motor.

Se comprobó su funcionamiento por medio de pruebas de ruta basadas en la movilidad de las personas y su concurrencia en las partes focales de la ciudad de Ibarra, las cuales fueron exitosas demostrando que la asistencia brindada por el prototipo cumple sus objetivos.

ABSTRACT

This project started with the idea of preserving physical activity in users, just as it would provide assistance to them, thus proposing the portable bicycle prototype in the city of Ibarra, in which the first step was the selection of the propulsion components, based on previous calculations, once the propulsion was established, aluminum, PLA and A36 steel were chosen as materials for the parts that house and support the different electronic components prior to the selection made, for the manufacture they were based on the subsequent designs made in CAM software in which it made it easier for us to carry out stress tests, as well as giving us help with the safety factor in the models, proposing that the designs as well as the material were successful in their selection, avoiding rupture according to tests.

To achieve its materialization, the following manufacturing processes were carried out, we began with the elaboration of positive molds by means of 3D printing, seeking that the pieces be replicated in the best way according to the previously made designs, after this, use of the finished positive piece for the negative molds, these are made with sand and bentonite placed under pressure inside molding boxes in which the positive piece is placed in its intermediate part, leaving an imprint, in which the molten material was later poured (Aluminium), these parts are 56.25 percent prototype, then 31.25 percent PLA used in basic effortless parts, and conversely we have A36 steel with 12.5 percent used in motor mounts.

Its operation was verified through route tests based on the mobility of people and their concurrence in the focal parts of the city of Ibarra, which were successful, demonstrating that the assistance provided by the prototype meets its objectives.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han considerado el uso de energías alternativas debido a la incertidumbre de la duración de los combustibles fósiles, al igual que su eficiencia, dando apertura a la energía eléctrica, esta se usaría en usos diversos, en los cuales podemos recalcar la propulsión de automóviles, motocicletas e incluso bicicletas(Gómez, 2021, pág. 13).

La bicicleta eléctrica data desde el año 1860, es decir desde la aparición de la primera bicicleta es considerada la energía eléctrica como propulsión en la misma, con el avance de la tecnología, se busca tener medios de transportes ecológicos y a la vez sustentables, siendo una propuesta atractiva el uso de la electricidad como asistencia sin mermar la actividad física del usuario.

En nuestro país las bicicletas eléctricas son un tema poco tratado y es un porcentaje muy bajo de personas que usan una bicicleta como medio de transporte, aunque tengan una bicicleta, su uso cotidiano carece de factibilidad debido a que el esfuerzo que se realiza para desplazarse es alto, provocando transpiración, es por eso que el uso de la bicicleta para movilizarse al trabajo termine en una situación muy poco higiénica; de igual manera la adquisición de bicicleta que tenga incorporado el sistemas eléctrico es más costoso, aun mas suponiendo que la persona si dispone de una bicicleta, sería un gasto innecesario.

Por otra parte, la contaminación es un tema que preocupa a la sociedad, los gases de efecto invernadero son producidos por la contaminación del parque automotor que usan como fuente de energía combustibles fósiles, en la actualidad una de las alternativas para dar solución a este problema es el uso de vehículos propulsados por energía eléctrica combinada con la energía de los combustibles fósiles o simplemente usando la energía eléctrica que se almacena en baterías para propulsar los motores eléctricos, esta misma idea es usada en bicicletas para contribuir con la disminución de contaminación. Ya que el gasto económico es un inconveniente considerable al implementar dinero en transporte público o en transporte privado (taxi) generando una pérdida económica en el usuario, además de generar pérdida de tiempo al usar varios tipos de transporte.

La bicicleta a través del tiempo se ha ganado su puesto como medio transporte es también una máquina de ejercicio que fortalece tanto músculos como huesos, también aporta con ejercitación cardiovascular fundamental en la salud de las personas, al tener una bicicleta que tenga un sistema eléctrico incorporado agrega una cantidad considerable de peso a la estructura de la bicicleta haciendo que la persona se esfuerce más al momento de pedalear y

sobre esforzar las condiciones físicas de una persona. Razón suficiente para tener un sistema que pueda removerse con facilidad, dándole a la bicicleta la posibilidad de no alterar la estructura original y ganar la versatilidad característica de este medio de transporte de esta manera promover los hábitos de salud en el usuario de la bicicleta.

CAPITULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de automoción portátil eléctrico para un transporte unipersonal de propulsión humana para el área urbana de la ciudad de Ibarra.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar el sistema de propulsión, carga y suministro de energía.
- Diseñar la estructura base para los sistemas de tracción, carga y suministro de energía, enfocado en la manipulación amigable con el usuario.
- Seleccionar el material y construcción del prototipo en base en lo analizado en la fase de diseño.
- Analizar los ciclos de conducción mediante pruebas de campo de los sistemas del prototipo para su validación.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El diseño e implementación de un dispositivo portátil de propulsión eléctrica nace de la necesidad de aportar con la sociedad, ya que al ser un país en vías de desarrollo en el que se fomenta el uso de la tecnología para bien común generando el incentivo correcto por el bienestar humano, estos sistemas de propulsión eléctrica portátil aportara a un futuro saludable promoviendo el uso de la bicicleta sin modificar su estructura inicial simplemente acoplando el sistema portátil con el fin de ser un apoyo para el usuario al brindar movimiento por medio del motor eléctrico, es la razón del gran impacto en diversos campos en nuestro país como es ambiental, económico, cultural entre otros , estableciendo en los últimos años la necesidad de proporcionar formación y capacitación, a las personas en los ámbitos de tecnología y emprendimiento para que estos proyectos sean viables y de la misma manera que los usuarios que los proponen puedan surgir con la confianza de tener un 99% de éxito abriendo la puerta hacia la innovación en nuevos campos que se puedan aportar con un cambio significativo e impulsando el cambio en la matriz productiva en el país con la finalidad de atender algunas de las necesidades que aquejan a la sociedad en general como es el tráfico y la emisión de contaminantes, y del otro lado dando el usuario un transporte

limpio con opción de ejercitarse dependiendo el caso en el que la persona se encuentre, de esta manera permite satisfacer con calidad las demandas de las personas de nuestro país potencializando el desarrollo de la oferta y exportación de manera estratégica favoreciendo a nuestra economía en el país.

Por otra parte, tenemos una visión a futuro de usar energías limpias, reduciendo la producción de los contaminantes emitidos por los combustibles fósiles, al igual que se incrementaría el ahorro de combustible al tener la variable energética, dando la posibilidad de ser más eficientes en cuanto es la producción del combustible fósil, con un ahorro de 9,09 a 17,5 millones de barriles equivalentes de petróleo, poniéndose en la posibilidad de optimizar la matriz energética sostenible haciendo de este sea un eje de transformación productiva y social (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017, pág. 5)

1.3. ALCANCE

Mediante el proyecto se desea dar propulsión a una bicicleta usando un sistema portátil de automoción, este se implementará en una bicicleta cuyas especificaciones estén dentro del rango de bicicletas MTB (mountain Bike) urbanas. El funcionamiento tiene como alcance los siguientes aspectos:

- Dar propulsión a una bicicleta con un ocupante
- Satisfacer las necesidades del usuario para la zona urbana en la ciudad de Ibarra
- Diseñar y construir bases que servirán para que el sistema se convierta en portátil y este debe ser:
 - De fácil de montaje
 - De fácil desmontaje
 - No alterar la estructura de la bicicleta

1.4. ANTECEDENTES

El transporte de la bicicleta hace su aparición desde tiempos de Egipto fabricando artefactos rudimentarios compuestos por dos ruedas unidas por una barra, (Paco Navarro & Alex Fernández, 2010, pág. 17) de igual manera en china conocido como un artilugio muy parecido en diseño, pero con ruedas hechas de bambú, pero en realidad los datos históricos sugieren, que las primeras noticias que se tienen sobre la bicicleta datan del año 1490, aproximadamente, (La Bicicleta, 1900, pág. 6) en una de las obras de Leonardo da Vinci, en ellos puede verse un boceto de una bicicleta con transmisión de cadena impulsada por unos

pedales, de hecho es el mismo método empleado por las actuales bicicletas, pero no fue más que una broma perpetrada en la década de 1960 (Jesus Morales Marcillo, 2018, pág. 16)

Ya que la bicicleta eléctrica nos es una creación o descubrimiento en el siglo XX, sus inicios datan del año 1870, es por lo cual el estudio de los diversos tipos de propulsión y de energías limpias para el ecosistema, nos ha llevado a lo largo de los años a buscar alternativas que nos faciliten en cuanto a implementación y uso de dichas energías, es la misma razón por la cual, la bicicleta eléctrica avanza rápidamente en muchos de los aspectos de la vida moderna, es así como en la actualidad, las personas mayores de 50 años siguen siendo las que más tienden a usar las bicicletas con motor eléctrico (Hoyos Mesa, 2014, pág. 10) Sin embargo, las encuestas llevadas a cabo en EE.UU. y en Europa Occidental sugieren que los más jóvenes están cada vez más interesados en las bicicletas eléctricas; actualmente hay profesionales jóvenes que marcan tendencia en cuanto a su uso se refiere (Pulse, 2015, pág. 5)

En el campo del transporte a diario; para ir al trabajo o ir de compras, es un transporte eficiente, mediante lo cual se han posicionado como un medio de distracción para la mayoría de personas que utilizan la bicicleta como medio de movilización o con fines deportivos (Andrés Torres Brito, 2017, pág. 11). Por otra parte la bicicleta como transporte se abre terreno en las grandes empresas de transporte y de comida rápida, esto se debe gracias a la versatilidad de la bicicleta de colarse entre el tráfico y poder llegar al destino de una manera más rápida y eficaz en muchos escenarios, cabe recalcar el nivel de aceptación de estos sistemas eléctricos de asistencia es muy elevado según estudios realizados (Prati Gabrielle, 2018, pág. 15)

En cuanto a la aparición de la “ E-bike ” también llamada “Pedelec”, fue prometedora con respecto al aumento del uso de la bicicleta. Esta dispone de una batería integrada que aumenta la potencia del pedal del piloto y, en Europa, se clasifica legalmente como bicicleta si cumple determinados criterios, uno de los cuales es un límite máximo de velocidad de 25 km/h (Dave, 2010, pág. 45)

La realidad en Ecuador en cuanto a vehículos motorizados ha ido incrementando en un 8% cada año desde el 2008 según los censos del INEC (INEC, 2017, pág. 13) , dando la apertura a la aparición de diversos transportes de carácter eléctrico, en los que incluimos a las bicicletas con propulsión eléctrica pero estas acogidas a las normas INEN como es, la definición estipulada en la norma ISO 1101 en términos de la tolerancia de alineación circular (axial). Las tolerancias en la alineación circular que se indican en representan la máxima variación

admisible en la posición de la llanta es decir la lectura completa del indicador de una rueda completamente ensamblada durante una revolución completa alrededor del eje sin movimiento axial (Norma Ecuatoriana, 2013, pág. 11)

La bicicleta en Ecuador ha evolucionado en su uso y significado desde que fue introducida a inicios del siglo XX, al principio fue una opción para transportar la correspondencia, y con el tiempo se convirtió en un instrumento de recreación debido a la fuerza con la que se insertó el automóvil en las ciudades, en particular en la capital, que desde entonces impuso un modelo de transporte. Sin embargo, a partir de los evidentes problemas que ocasiona un parque automotor abultado, la bicicleta resurge como una alternativa viable de transporte que en estos momentos cobra además un rol estratégico para sensibilizar a la ciudadanía sobre el problema de la movilidad, pero también sobre el uso del espacio público y la configuración de la ciudad (Pinto Nataly, 2015, pág. 31) hoy en día en las ciudades más grandes aun ven la forma de encontrar medios de transporte sustentables y opción más prometedora es la bicicleta.

En la actualidad es un sector desconocido aún para muchas personas en el país ya que la variedad en cuanto características eléctricas y sus sistemas de transmisión tanto como acoples se está adaptando, por medio de las diversas modificaciones a bicicletas ya existentes en nuestro país, dando otra de las razones en las cuales las bicicletas eléctricas forman parte de un mercado no explotado por el hecho de ser un país petrolero en el cual siempre se ha visto la energía por parte de los combustibles fósiles, esto se debe a que en el país los costos de combustible, estacionamiento y algunos otros factores económicos no han marcado un fuerte impacto en su población, tomando en cuenta los subsidios a los cuales se acogen los combustibles. Por esta razón en el Ecuador, nadie o casi nadie utiliza bicicletas eléctricas, Ecuador tiene un serio problema con el tráfico, principalmente en las ciudades grandes como Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato debido a la geografía de las ciudades y por el crecimiento que éstas han tenido en los últimos años, sumándose a ellas otras ciudades del país (Salgado & Arboleda, 2014, pág. 17)

1.5. SITUACIÓN ACTUAL

La situación actual en la ciudad de Ibarra, muestra el crecimiento del parque automotor en exceso, identificando claramente las necesidades de los usuarios en cuanto a movilización y transporte, sumando de esta manera los sistemas alternativos de movilidad por medio del uso de energías alternativas, como es la electricidad implementada en bicicletas, también

llamadas E-Bike las son respaldadas por estudios realizados en Europa y países en desarrollo, que demuestran superioridad a los transportes convencionales propulsados por energías fosiles u otras energías.

En la actualidad la bicicleta es considerada, tanto como una forma de ejercitarse y de transporte económico ya que no utiliza de combustibles fósiles para su movimiento. Los sistemas eléctricos para bicicletas son una alternativa para a los medios de transporte, al ser de una constitución reducida en comparación de buses, autos personales, taxis estas no ocupan tanto espacio esto se traduce en una disminución de tráfico y por ende de contaminación.

Los sistemas de las bicicletas eléctricas a lo largo de la historia han evolucionado hasta sistemas actuales donde el motor eléctrico que le da movimiento a la bicicleta va incorporado en el eje de las ruedas delantera o posterior, o en el mismo eje que conecta con la biela y el pedal, estos sistemas agregan peso extra a la estructura de la bicicleta, haciendo que le cueste más esfuerzo al conductor el moverse en caso de quedarse sin carga en pleno viaje u olvidar cargar el sistema previamente o si desea usar la bicicleta para realizar ejercicio sin tener que sobre exigir las condiciones físicas de quien pedalea en la bicicleta.

Razón suficiente para la creación de un sistema de fácil remoción, el cual acorde a la demanda del usuario será usado a su criterio, dejando atrás la impetuosa tarea del cambio definitivo de la rueda delantera o posterior, considerando la naturaleza del prototipo, el peso extra presente, al no estar esté en funcionamiento es eliminado con una simple separación de componentes, prevaleciendo la naturaleza integra de la bicicleta.

1.6. MATERIALES

En esta sección se encuentran definiciones y características sobre los distintos tipos de materiales tomados en cuenta para la elaboración del proyecto de titulación.

La definición de materiales se conoce como el elemento base o compuesto químico elaborado sistemáticamente, con características específicas dependiendo de su uso, sus propiedades pueden ser físicas, químicas, ópticas, acústicas, entre otras (Amado, 2018, pág. 56). La selección del material correcto se realizó considerando parámetros y requerimientos, debido a los esfuerzos de flexión y tracción sometidos en el sistema de automoción portátil eléctrico de transporte unipersonal. Los materiales considerados para el desarrollo del proyecto fueron aluminio, teflón, y duralón.

a) ALUMINIO

En la variedad de metales existentes en la tierra el aluminio data de 5000 años atrás, siendo utilizado por varias civilizaciones en diversos usos, con el entendimiento de la química y los procesos de neutralización, el proceso de obtención del aluminio evoluciona en la línea del tiempo hasta llegar 1888 con el ingeniero Charles Martin Hall, por medio de un proceso químico involucrando la bauxita, la criolita y algo de espato de flúor, obtiene una masa susceptible a electrolizar y posterior a eso observa la formación de pequeños glóbulos de aluminio dando el inicio a la producción industrial de aluminio en conjunto de Pittsburg Reduction Company que más tarde se convertiría en la Aluminium Company of América (Katz, 2015, pág. 13)

b) PROPIEDADES DEL ALUMINIO

Se caracteriza por ser ligero y su densidad es baja de $2,7 \text{ g/m}^3$, al igual que es un buen conductor térmico y eléctrico, en cuanto a su punto de fusión es de $650 \text{ }^\circ\text{C}$, en su superficie tiende a formar una capa de alumina la cual lo hace resistente a la corrosión, respecto a las propiedades físicas al ser puro es un material blando dúctil, su rigidez es baja a comparación de los aceros, considerando una diferencia de 130 GPa de límite elástico es decir de 71.7 GPa , demostrando así su fácil mecanización en procesos como soldadura, forja, fundición o extrusión (Coba, 2020, pág. 18)

c) ALEACIONES DEL ALUMINIO

Con el fin de cambiar las propiedades del aluminio es necesario incluir aleantes, la Tabla 1.1 muestran las alteraciones en el aluminio, que dependerá de los elementos añadidos y sus reacciones químicas o fisicoquímicas en el mismo lo cual favorecerá o desfavorecerá en sus características.

Tabla 1. 1 Clasificación de aleaciones

Trabajadas	Aleaciones principales	Fundición	Aleante
1xxx	Composición pura	1xx.x	Composición pura
2xxx	Cobre	2xx.x	Cobre
3xxx	Manganeso	3xx.x	Manganeso
4xxx	Silicio	4xx.x	Silicio
5xxx	Magnesio	5xx.x	Magnesio
6xxx	Magnesio y silicio	6xx.x	Sin uso
7xxx	Zinc	7xx.x	Zinc
8xxx	Estaño	8xx.x	Estaño
9xxx	Uso futuro	9xx.x	Sin uso.

Fuente: (Náutica, 2015, pág. 5)

En la clasificación de las aleaciones de aluminio tenemos dos grupos de importancia como es fundición y trabajadas o forja.

d) ALEACIONES FORJADAS

Este tipo de aleaciones son originadas con el objetivo de conseguir un efecto de endurecimiento, las principales aleaciones son Al-Mg-Zn, de esta manera se produce un efecto de endurecimiento por precipitación en el material como también se consigue una densidad y ligereza inferior del mismo haciéndolas idóneas en las estructuras aeronáuticas (Aguilar, 2014, pág. 33)

e) ALEACIONES POR FUNDICIÓN

Este tipo de aleación es perfecto para dar forma a diferentes piezas ya sean de simple diseño o complejo en el cual la colada de metal líquido se vierte en el molde tomando la forma de dicha pieza, cabe recalcar que las piezas tienden a envejecer naturalmente en determinados periodos de tiempo después de la fundición, pero con una alta resistencia a la corrosión y buena maquinabilidad sin tratamientos térmicos a diferencia de la forjada esta tiene una menor resistencia (Aluminio & Fabal, 2017, pág. 18)

1.6.1. POLÍMEROS

El estudio de los polímeros nace con la necesidad de producir nuevos materiales los cuales cuenten con propiedades físicas y químicas superiores a otros materiales, en la actualidad este se ha vuelto un material imprescindible de la vida cotidiana, incluso estos se producen a escala industrial sin tomar en cuenta sus propiedades (Rodrigo Soza Hernández, 2010, pág. 10).

Se entiende por polímero a las macromoléculas, su obtención es por medio de la polimerización traducido en la formación por monómeros las cuales están unidades repetidamente a lo largo de una cadena, estas secuencias de cadenas son las directas responsables de sus características (Lledó & Pikkarainen, 2012, pág. 41)

Dentro de esta familia de polímeros encontramos las poliamidas que se caracterizan por sus excelentes propiedades mecánicas y térmicas, en cuanto a su estructura está formada por puentes de hidrogeno las cuales la hacen susceptible a la transformación en material biodegradable (Bermudez, 1998, pág. 23)

a) DURALÓN

El duralón tiene sus inicios en el complejo DuPont en el año 1933, el principio base de este fue dado con el descubrimiento de Wallace Carothers sobre las poliamidas, que comprendían como una división entre los polímeros, estos se caracterizaban por tener propiedades mecánicas superiores a otros materiales (Velázquez Francisco, 2018, pág. 22)

El duralón es un termoplástico perteneciente a la familia de nylon en las series del 6-10 de las poliamidas conocido como nylon 6A sus características son muy similar al grilon, sin embargo, en sus especificaciones cambian con su composición molecular, en algunos casos reemplazando a materiales existentes como el bronce, el aluminio, el hierro y algunos aceros (Almagro, 2007, pág. 11).

• CARACTERÍSTICAS DEL DURALÓN

Al darle un acabado lizo a la superficie del duralón disminuye el coeficiente de rozamiento al mínimo, haciéndolo perfecto para la construcción de piezas en movimiento circular o deslizante (Amanta Sánchez, 2015, pág. 26). En la Tabla 1.2 podemos ver las características que posee el duralón

Tabla 1. 2 Características del duralón

Características mecánicas	Valor	Unidad
Densidad	1,14	g/cm ³
Limite elástico	85	MPa
Módulo de elasticidad a la tracción	3200	MPa
Dureza Brinell (por penetración de bola)	70/160	MPa
Resistencia al alargamiento, por 1%, tras 1000 hrs	5	MPa
Desgaste por fricción, en las mismas condiciones	0,23	m/km
Temperatura de fusión	220	°C

Fuente: (San metal, 2020 n.d.)

b) TEFLÓN

Su aparición fue fortuita debido a un error del Químico Roy S. Plunkett, el cual trabajaba en la creación de un gas refrigerante en el año de 1938, las características del nuevo material presentaban una determinada viscosidad, al igual que su resistencia térmica alcanzaba hasta los 300° (Fernández, 2016, pág. 15)

Roy S. Plunkett trabaja para la empresa Kinetic Chemicals la cual era subsidiaria de la empresa DuPont y no fue hasta el año 1945, que la empresa DuPont lo registro con el nombre comercial de teflón.

• CARACTERÍSTICAS DEL TEFLÓN

El PTFE más conocido como teflón de manera comercial, es un polímero de alto peso molecular, debido a que se trata de un polímero inerte, es decir que su reacción ante otras sustancias químicas es nula, ya que los átomos de flúor protegen a la cadena carbonada, por otra parte, su coeficiente de fricción es muy bajo (Rodrigo Soza Hernández et al., 2010, pág. 22). En la Tabla 1.3 observamos las características que posee el teflón.

Tabla 1. 3 Características del teflón

Propiedades	Valor
Densidad	2.14 - 2.20 g/cm ³
Resistencia a la tensión	140 – 350 kg/cm ²
Coeficiente de fricción	0.10 - 0.04
Resistencia a la tracción	15 MPa
Resistencia a la compresión	8 MPa
Resistencia a la flexión	40 MPa
Límite de fluencia	25 MPa
Modulo elástico	550 MPa
Temperatura de distorsión °C	120
Resistencia a temperatura °C	260 - 278

Fuente: (Iván Bohman, n.d., pág. 1)

e) POLIÁCIDO LÁCTICO (PLA)

Sus inicios datan de 1845 por medio del químico Pelouze, el cual obtuvo el poliácido por medio de destilación de agua obteniéndolo de baja densidad, al pasar el tiempo en ochenta años después Wallace y Carothers científicos de Dupont obtienen PLA de baja densidad molecular al calentar el ácido láctico y someterlo al vacío, debido al alto costo de la obtención del material en la época este es patentado por la empresa Dupont, al pasar el tiempo la tecnología avanza en los medios de fermentación lo cual abarata los costos de producción para este material y en 1997 la empresa Cargill al unirse con otras compañías empieza a producir el polímero (Carothers, 1997, pág. 16)

• PROPIEDADES POLIÁCIDO LÁCTICO

Con el fin de dar a conocer las propiedades del poliácido láctico también conocido como PLA y comúnmente usado para la impresión de piezas por deposición de materia utilizando maquinas conocida como impresoras 3D tenemos la siguiente Tabla 1.14.

Tabla 1. 4 Propiedades del poliacido láctico

Propiedad	Valor
Densidad	1,24 g/cm ³
Temperatura de fusión	145-160 °C
Alargamiento a la rotura	100-160%
Módulo de tracción	3,31-3,86 GPa
Limite elástico	60 MPa
Resistencia a la tracción	110-145 MPa
Temperatura de Transición	55 – 60 °C

Fuente: (Ñauta & Vergara, 2017, pág. 14)

Para su uso podemos decir que al momento de aplicar este material en una impresora 3D tendremos los siguientes modos de uso como una temperatura de cama en la impresora 3D de entre 60°C a 70°C, una temperatura de extrusor de entre 180°C a 230°C, el punto de fusión de este material es de 60°C además que es un material biodegradable (Bordignon et al., 2018, pág. 14)

1.6.2. ACERO ASMT A36

Considerado uno de los aceros más comunes a nivel global dentro de la construcción de estructuras se caracteriza por su composición baja de carbono estas son menores del 1% y en cuanto al hierro del 98% entre sus ventajas tenemos su ductilidad, tenacidad, gran facilidad de soldadura, resistencia a la fatiga, igual que su rehusó al ser desmontado, por otra parte sus desventajas recaen en la facilidad de oxidación o reacción a factores ambientales por esta razón su mantenimiento o cobertura debe ser de manera eficaz (Aranda & Dután, 2009, pág. 24)

1.7. FABRICACIÓN POR FUNDICIÓN

Existen tres diferentes tipos de fabricación de piezas, entre las cuales podemos encontrar el proceso de fabricación por moldeo o deformación, el cual se realiza sin pérdida de materia por medio de fusión o moldeo. Este último proceso se lleva a cabo fundiendo material y vertiéndolo en moldes los cuales tienen la forma deseada, esto se puede aplicar con materiales tales como plástico, metales, cemento, vidrio. Podemos mencionar dos tipos de moldes un llamado macho y otro llamado hembra, el macho es generalmente elaborado artesanalmente con yeso, madera, entre otros materiales, los moldes hembras o moldes perdidos son generalmente hechos de arena o arcilla, una vez realizado los moldes estos se unen cara con cara para formar un espacio interno vacío en el cual se vierte la colada o material fundido (Intelángelo & Benato, 2018, pág. 13)

1.7.1. MECANIZADO

Este es un proceso en el cual se sustrae material de la materia prima para llegar a un objeto con una forma completamente diferente a la de su estado inicial, dentro de estos procesos podemos mencionar el mecanizado manual en la cual una persona es la encargada de realizar el mecanizado usando herramientas manuales tales como roscador, limas, segueta, buril, cincel entre otros. Otro tipo de mecanizado es con máquinas o herramientas entre las que encontramos el taladro en la cual se sujeta la pieza para posteriormente usar la herramienta llamada broca para realizar la perforación o mecanizado en la pieza la cual teóricamente es del mismo diámetro de la broca y con una profundidad deseada

En la actualidad el mecanizado no solo se realiza por sustracción de materia sino también por adición de este, en este proceso podemos encontrar lo que son técnicas aditivas en la que interviene la tecnología de impresión 3D que consiste en construir objetos por medio de la adición progresiva de capas de material (Ruscitti, 2020, pág. 12)

1.7.2. SOLDADURA SMAW

Se conoce como soldadura, al método de unión entre los aceros por medio de un electrodo revestido o con recubrimiento, de igual manera esto dependerá del material a soldar y sus características, su función base es a través de una corriente eléctrica, que puede ser directa o alterna, produciendo un corto circuito al estar el electrodo en contacto con el material a unir, el arco producido en el corto alcanza temperaturas de 5500 °C al producirse esto el núcleo del electrodo es depositado al igual que se forma una nube la cual cubre el proceso evitando humedad y elementos contaminantes (Flores, 2016, pág. 37).

El electrodo más común en la industria es el 6011 con un revestimiento de tipo celulósico este puede usar corriente continua o alterna, el material que se deposita tiene rápida solidificación al igual que el arco es de fácil movilidad (Soldadura INDURA, 2014, pág. 19).

1.8. CONCEPTOS BÁSICOS

A continuación, damos a conocer conceptos básicos, dentro del marco de principio función de máquinas eléctricas rotativas con el fin de alcanzar una comprensión, tanto en unidad de medidas y función.

1.8.1. POTENCIA

La potencia es la velocidad con la que gira un sólido rígido (eje) hablando mecánicamente, hablando eléctricamente la potencia es la transformación de un tipo de energía (eléctrica) a otro (mecánica) en un determinado tiempo, la unidad de medida es el watt, pero por ser muy pequeña en la industria se utiliza el kilowatt (KW) (Obando et al., 2016, pág. 61).

1.8.2. TORQUE

El torque es la fuerza que se aplica en un punto de un sólido rígido (eje) hablando mecánicamente, en los motores eléctricos el par o torque es una unidad de fuerza newton-metro o libra-pie, el par es menor cuando la velocidad de giro aumenta haciendo que el torque disminuya debido a la disminución del flujo magnético del entrehierro (David & Jaguaco, 2014, pág. 31).

Existe una relación entre torque y potencia en un motor eléctrico que es potencia igual a la velocidad por el torque:

$$\text{potencia}=\text{velocidad}*\text{intensidad} \quad [1. 1]$$

Deduciendo de esta ecuación podemos decir que a mayor velocidad tendremos un torque reducido por eso los motores con velocidades bajas serán más robustos que los que son de mayores velocidades (Contreras & Sánchez, 2010, pág. 16).

1.8.3. VELOCIDAD TANGENCIAL

Se define como velocidad al espacio recorrido por un objeto en un determinado tiempo.

$$V = \frac{x}{t} \quad [1. 2]$$

Donde:

v: Velocidad

x: Distancia

t: Tiempo

a) VELOCIDAD DE GIRO

La velocidad de giro de un motor responde al número de polos que contiene el mismo, es decir que si existen un número mayor de polos en el motor las revoluciones serán más lentas,

dicha velocidad es obtenida en la salida del eje y la podemos apreciar con la siguiente expresión, revoluciones por minuto o a su vez como velocidad angular en los motores eléctricos (RPM) (BUN-CA, 2009, pág. 18).

$$W = N = 2\pi F \quad [1. 3]$$

Donde:

W= Velocidad de giro.

N= Newton.

F= Frecuencia de alimentación.

Cuando se obtiene velocidades angulares su unidad de medida es los radianes es por lo cual se ve en la necesidad de realizar la transformación a una unidad linear como es los metros sobre segundo en tal caso se deberá realizar la siguiente operación.

$$RPM = \frac{120F}{\#polos} = \frac{60F}{\# pares polares} \quad [1. 4]$$

Dónde:

R.P.M. = Revoluciones por minuto o velocidad angular.

F = Frecuencia.

b) VELOCIDAD ANGULAR

La velocidad angular se traduce en la división del desplazamiento angular sobre un intervalo de tiempo.

$$w = \frac{\theta}{t} \quad [1. 5]$$

Donde:

w = Velocidad angular.

θ = Angulo.

t = Tiempo.

La relación de esta magnitud circular con una lineal se establece por medio de la ecuación (Farina Juan, Grigioni Liliana, 2014, pág. 23).

$$v = r * w \quad [1. 6]$$

Donde:

v = Velocidad lineal.

r = Radio.

w = Velocidad angular.

1.8.4. VOLTAJE

Llamado también como tensión eléctrica o diferencia de potencial, se define así al trabajo necesario para que una carga positiva viaje de un punto a otro.

$$E = [V_A - V_B] \quad [1. 7]$$

Donde:

E = Voltaje o Tensión.

V_A = Potencial del punto A.

V_B = Potencial del punto B.

El diferencial de voltaje o potencial es crucial para los motores ya que gracias a esto se aprovecha en su totalidad en la operación del motor entre los voltajes más usados están comúnmente son: 127 V, 220 V, 380 V, 440 V, 2300V y 6000 V (Videla Flores, 2013, pág. 21).

1.8.5. CORRIENTE

Se llama corriente al flujo de carga que pasa en un determinado punto, en un conductor eléctrico en un lapso, es representado por la ecuación:

$$I = \frac{Q}{t} \quad [1. 8]$$

Donde:

I = Corriente eléctrica.

Q = Flujo de carga que pasa por el punto P.

t = Tiempo.

Su unidad se la conoce como el ampere este simboliza al flujo de carga con la rapidez de un coulomb por segundo en cualquiera que sea el punto, ya que en los motores eléctricos existen otros tipos de corriente las cuales son necesarias en su funcionamiento (Quintela, 2000, pág. 18).

a) CORRIENTES EN EL MOTOR ELÉCTRICO (NOMINAL, DE VACÍO, ARRANQUE, DE ROTOR BLOQUEADO)

Se conoce como corriente nominal, al valor que se consume en operación de motor esto en condiciones normales, por otra parte, tenemos la corriente de vacío a la cual se identifica como la corriente que consume el motor cuando no trabaja con carga, el cual sería del 20 al 30% de su corriente nominal, en cuanto a su corriente de arranque se considera al excedente que los motores suelen consumir de la corriente nominal en una medida de dos a ocho veces superior, por último la corriente de bloque se puede decir que es la corriente máxima soportable en el motor cuando su rotor está detenido por completo (Videla Flores, 2013, pág. 16).

1.8.6. FRECUENCIA

Es el número de ciclos o repeticiones del mismo movimiento durante un segundo, su unidad es el segundo-1 que corresponde a un Hertz [Hz] también se llama ciclo [seg -1 = Hertz = Ciclo]. La frecuencia y el periodo están relacionados inversamente (Videla Flores, 2013, pág. 17).

$$f = \frac{1}{T} \quad \therefore T = \frac{1}{f} \quad [1. 9]$$

Dónde:

T = Tiempo o periodo.

f = Frecuencia.

1.8.7. DESLIZAMIENTO

Ya que el giro de los motores asincrónicos a diferencia de los motores sincronismo cuya velocidad de giro es la misma, se conoce como deslizamiento a la diferencia de velocidades de sincronismo y del rotor, esta a su vez se expresa como un porcentaje.

$$S = \frac{n_s - n}{n_s} \times 100 \quad [1. 10]$$

Donde:

S = Desplazamiento.

n_s = Velocidad de sincronismo.

n = Velocidad del rotor.

Cuando la velocidad de rotación se aproxima más a la de sincronismo demuestra que el deslizamiento es menor ocupando menor cantidad de corriente nominal.

1.8.8. EFICIENCIA DE MOTORES ELÉCTRICOS

Se toma en cuenta el consumo de energía para definir el gasto comparando la relación de la potencia mecánica entre la potencia eléctrica que ingresa, por esta razón la eficiencia se expresa de la siguiente manera.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia Eléctrica que entra}}{\text{Potencia mecánica de salida}} \quad [1. 11]$$

Esta ecuación sería ideal en un fundamento teórico lamentablemente en el motor eléctrico encontramos pérdidas lo cual se traduce a la siguiente ecuación.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia Eléctrica que entra-pérdidas}}{\text{Potencia mecánica de salida}} \quad [1. 12]$$

De acuerdo a la eficiencia estos se subdividen en estándar que su funcionamiento es básico, de alto rendimiento que tuvieron su lugar en los años noventa dando una perspectiva de uso de la energía racional en concordación al trabajo y por último tenemos los Premium, los cuales mejoran su funcionamiento en base a su armado con materiales de calidad y por ende elevan su costo (BUN-CA, 2009, pág. 24).

1.8.9. FACTOR DE CARGA

Ya que la potencia nominal de un motor nos da a conocer la entrega de la potencia mecánica en el motor a través del eje, se deduce que el factor de carga es un índice indicativo de la potencia del motor en operación (Videla Flores, 2013, pág. 46).

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{potencia descrita en la placa del motor}}{\text{potencia real entregada}} \quad [1. 13]$$

1.8.10. EFECTO HALL

El efecto Hall consiste en la producción de una caída de voltaje a través de un conductor o semiconductor con corriente, bajo la influencia de un campo magnético externo. Para esto es necesario que la dirección del campo magnético sea perpendicular a la dirección de flujo de la corriente (Murdocca, 2009, pág. 36).

1.8.11. MODULACIÓN DE ANCHO DE PULSO (PWM)

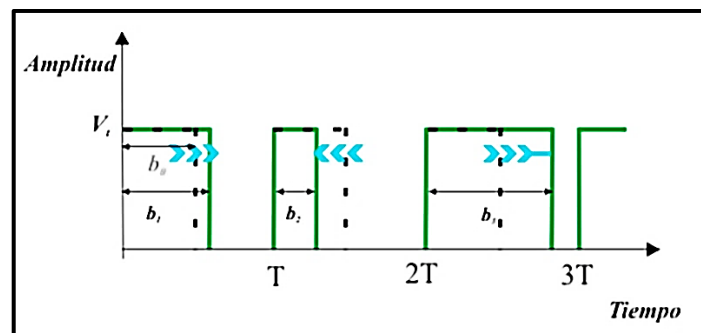


Figura 1.1 Diagrama PWM
(Bernal, 2013, pág. 65).

En la Figura 1.1 observamos Pulse Width Modulation o modulación de ancho de pulso (PWM), es un tipo de señal en función del tiempo, su señal de onda es de forma cuadrada y es usada por una gran cantidad de dispositivos electrónicos en la actualidad (Careaga, 2019, pág. 17).

1.8.12. ESFUERZO DE COMPRESIÓN

Se considera esfuerzo de compresión a la deformación que se produce en los elementos al ser sometidos a una carga, también se considera el tipo de material a usar (Vicente, 2011, pág. 33).

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \quad [1. 14]$$

Donde:

σ_t : Esfuerzo cortante.

F: Fuerza

A: Área

1.9. MOTORES ELÉCTRICOS

Los motores eléctricos utilizables fueron presentados en 1834 por Von Jacobi y utilizados como medios de transporte en taxis, camiones comerciales e incluso en diferentes tipos de maquinaria industrial, su gran inconveniente fue la limitación del avance tecnológico en cuanto a las baterías que se utilizaban por lo tanto muchos de los medios de transporte fueron descartados tiempo después de su adquisición, aun así, se siguió utilizando en la industria (Burbano Ortiz, 2018, pág. 37).

Se puede decir que el inicio de los motores eléctricos fue con la demostración del principio de funcionamiento de estos, Michael Faraday científico británico fue quien lo propuso en el año de 1821 (Beléndez, 2015, pág. 19).

Desde entonces varios inventores perfeccionaron el motor eléctrico, uno de estos fue Nikola Tesla el cual invento el primer motor de corriente alterna en el año de 1888, cabe destacar también al célebre inventor italiano Antonio Pacinotti el cual creó el inducido en forma de anillo, esta máquina transformaba el movimiento mecánico en energía eléctrica hoy en día se lo conoce comúnmente como Dinamo que no es más que un motor invertido (Hyundai, 2021.)

1.9.1. TIPOS DE MOTORES ELÉCTRICOS

En su clasificación podemos nombrar motores como el de corriente alterna usados industria como motores trifásico asíncrono de tipo jaula de ardilla, en cuanto a motores de corriente continua, que son más usados en lo que respecta a locomoción, montacargas entre otros (Bueno, 2014, pág. 36).

a) MOTOR ELÉCTRICO CC

Primero definiremos lo que es la corriente continua o también conocida como corriente directa (CC, CD), este tipo de corriente es usado en baterías las cuales tienen una polaridad de positivo a negativo, la corriente lo que provoca es que se cree un flujo de electrones en un solo sentido cuyos extremos llegan a un acumulador de corriente (Moreno Vallejo & Estupiñán Vega, 2009, pág. 52).

En cuanto aplicaciones acapara una amplia gama, gracias a su facilidad y precisión, ya que se lo puede controlar en cuanto a su velocidad, entregando así cinco veces el par nominal,

pero este dependerá del suministro de energía dejándonos como características principales de estos motores un torque elevado y velocidad modulable (Valenzuela, 2013, pág. 31)

• PARTES DEL MOTOR ELÉCTRICO CC

A continuación, se detalla las partes más importantes de un motor de corriente continua.

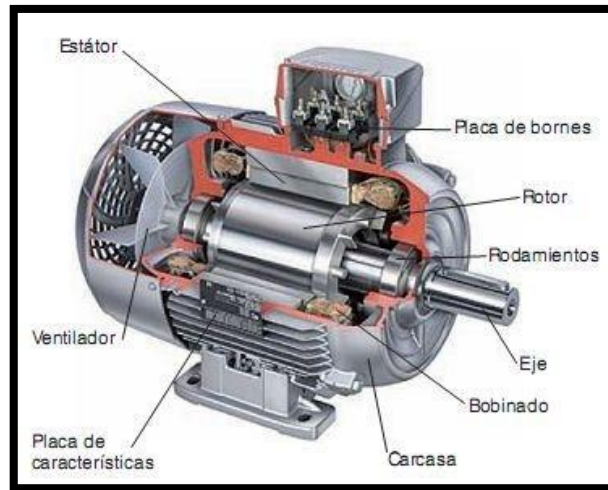


Figura 1.2 Partes del motor de corriente continua
(Burbano Ortiz, 2018, pág. 17).

Acorde a la Figura 1.2 se aprecia todas las partes del motor de corriente continua. (Villalba, 2013, p. 21).

ESTATOR

El estator es una de las partes más importantes en los motores eléctricos son de material ferromagnético más conocido como culata, en el cual porta, polos inductores por pares constituidos por un núcleo y expansiones en sus extremos, de igual manera encontramos en los polos los devanados de inducción que son hilos de cobre aislado, estos son alimentados corriente continúa generando alternancia en polaridades norte y sur, inducidos en un campo magnético (Villalba, 2013, pág. 21).

ROTOR

El complemento del estator o inductor es el rotor o inducido, es la parte móvil de la máquina, su constitución es formada por chapas de acero, estas contienen un porcentaje de silicio de 0,5mm de espesor, separadas unas de otras por una capa de barniz, este es armado en el eje de la máquina, en su parte externa se aprecian ranuras con determina inclinación con respecto

a su generador, en los cuales van alojadas las bobinas del devanado, comúnmente el material de este son hilos de cobre aislados (Malavé Antonio, 2013, pág. 51).

ENTREHIERRO

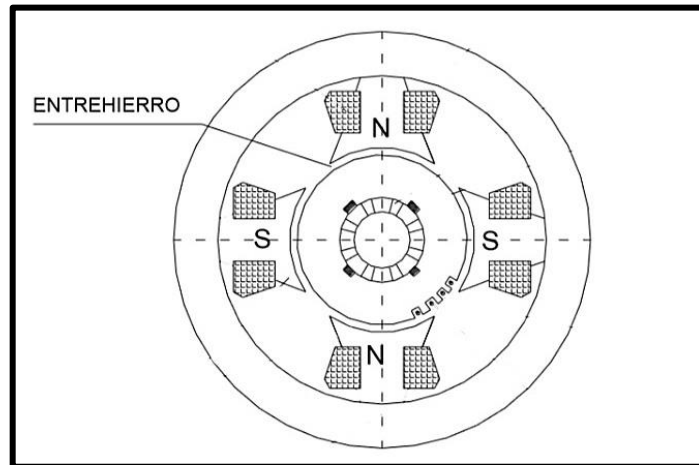


Figura 1.3 Entrehierro

Se conoce como entrehierro al espacio que hay entre el estator y el rotor mostrado en la Figura 1.3, es preciso la existencia de este espacio para evitar la fricción, aunque el espacio debe ser lo menor posible, esto se debe a reluctancia magnética proporcionada por el aire, por otra parte, si el entrehierro fuese más amplio se debilitara el campo magnético del inductor (Villalba, 2013, pág. 51).

COLECTOR DE DELGAS

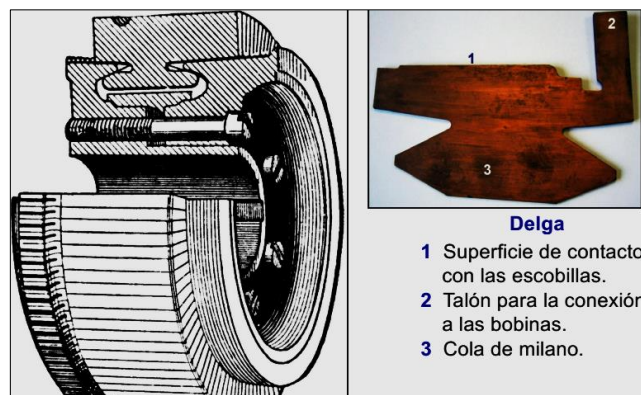


Figura 1.4 Colector de delgas

(Rodríguez, 2017, pág. 10).

El colector de delgas se caracteriza por tener el mismo número de delgas que de bobinas al igual que el rotor este va montado en el eje de giro mostrado en la Figura 1.4, cada delga se

une eléctricamente a las bobinas en puntos de conexión, en sus propiedades físicas se pueden apreciar que son de cobre de elevada pureza, al igual que estas son separadas por películas de mica y de esta forma también son aisladas (Villalba, 2013, pág. 52).

ESCOBILLAS

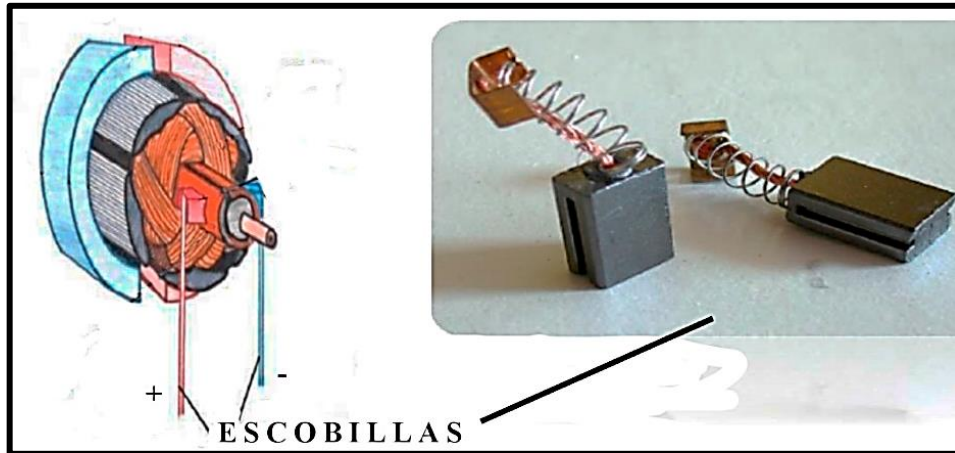


Figura 1.5 Carbones o escobillas
(Patiño, 2018, pág. 13).

Las escobillas son las encargadas de conectar el circuito de corriente continua del exterior con el conector de delgas por medio de fricción, se caracterizan por ser de carbón conocido también como grafito visto en la Figura 1.5, para mantener la fricción se encuentran en una porta escobillas el cual proporciona la presión adecuada y por ende el contacto correcto, ya que su vida útil se acorta por la fracción durante su trabajo deben ser cambiadas periódicamente (Villalba, 2013, pág. 52).

COJINETES

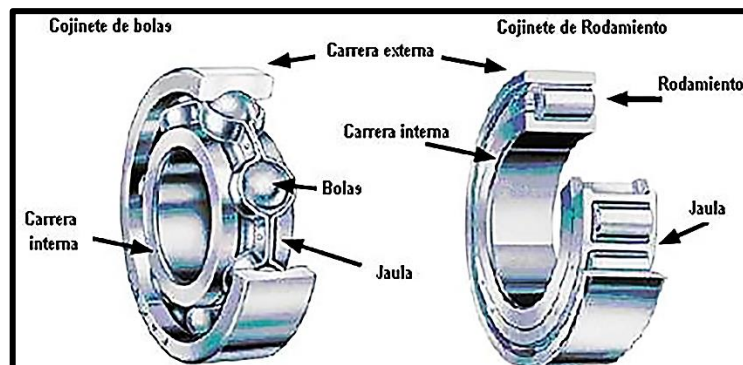


Figura 1.6 Rodamientos
(Burbano Ortiz, 2018, pág. 20).

Por último, tenemos los cojinetes los cuales cumplen con las funciones de fijar y sostener el eje en la maquina eléctrica mostrado en la Figura 1.6, otro factor importante es la disminución de la fricción en operación reduciendo así el consumo de potencia.

1.9.2. CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS CC

En cuanto respecta a la clasificación podemos encontrar que los motores de corriente continua se dividen según su conexión de bobinas, estos son:

a) MOTOR DE EXCITACIÓN INDEPENDIENTE

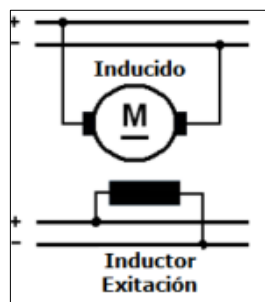


Figura 1.7 Esquema motor de excitación independiente
(Fern, 2012, pág. 12).

En la Figura 1.7 observamos un esquema de un motor de excitación independiente el cual es muy estable, esto se debe a la excitación la cual es producida por una fuente de tensión independiente, de tal forma que no causa variaciones de carga en el rotor, es utilizado en motores de alta y baja potencia, ya que tiene un torque de arranque elevado y su velocidad es constante, esto hace que sea fácil de operar. Sus principales aplicativos son trefilería, extrusión de plásticos y gomas, desenrollado de bobinas, retrocesos rápidos en vacío de ganchos de grúas y máquinas de serrar, torneado y taladrado de materiales, etc. (Didáctica, 2001, pág. 31).

b) MOTOR DE EXCITACIÓN EN SERIE

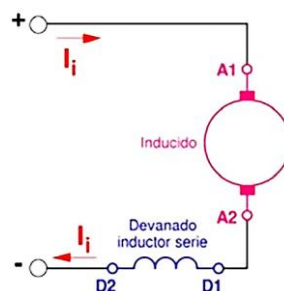


Figura 1.8 Diagrama motor de excitación en serie
(Rodríguez, 2017, pág. 30).

En la Figura 1.8 vemos el diagrama de un motor de excitación en serie en la cual la intensidad en el motor es la misma debido a su configuración de conexión en serie, es decir el devanado de excitación está conectado de esta forma al inducido, este devanado es formado por pocas espiras, pero con un hilo grueso el cual tiene una resistencia baja al paso de corriente, se caracteriza por su velocidad en función de carga, de esta forma si la carga fuera demasiado pesada el motor se detendrá, pero al ser muy liviana se acelera, debido a esto es imposible que trabaje en vacío, al suceder esto el motor se desbordaría produciendo daños del mismo, con el fin de reducir el riesgo se elimina el conectado en paralelo del rotor con un resistencia (Garcia, 2009, pág. 20).

Ya que su torque en arranque es alto, es preferido en máquinas que precisen mover grandes cargas y su potencia siempre es constante a cualquier velocidad dándole el nombre de motor autorregulador de potencia (Didáctica, 2001, pág. 12).

e) MOTOR SIN ESCOBILLAS CC

Con el pasar del tiempo los motores sin escobillas se han abierto paso ganando popularidad en los últimos años, sus campos de uso en la actualidad son varios como automóviles incluso aeronaves, todo esto gracias a sus características en su conmutación al transferir la energía, esta es realizada electrónicamente, eliminando la problemática de los motores convencionales de escobilla como es el ruido, rendimiento, pérdida por efecto joule, y un mayor mantenimiento.

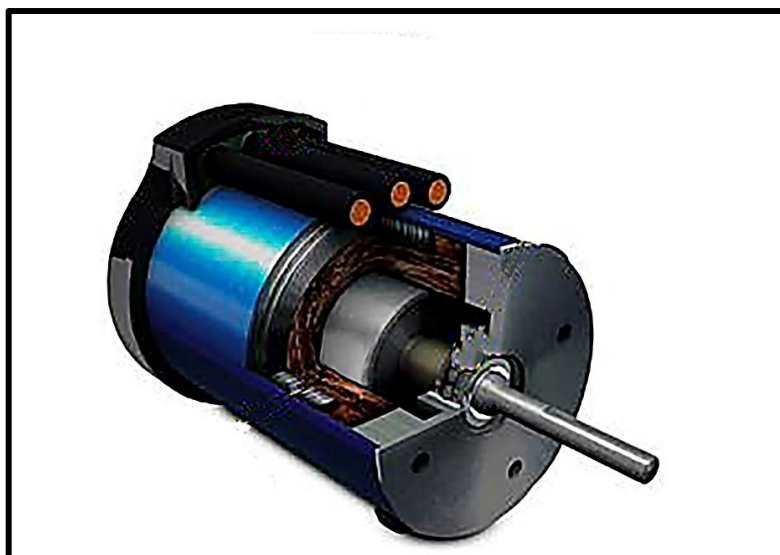


Figura 1.9 Motor sin escobillas
(vBullentin, 2012, pág. 12).

En la Figura 1.9 observamos la estructura de un motor sin escobillas. Entre las ventajas de los motores sin escobillas sobre los motores convencionales es mejor la relación de velocidad-torque, mayor respuesta dinámica, eficiencia, vida útil, al igual que la relación existente entre torque y peso haciendo posible su uso en espacios muy reducidos, por otra parte, sus desventajas son muy reducidas, pero de alto impacto como es un alto costo y su control es complejo (Fajri, 2012, pág. 33).

Su funcionamiento es basado en la posición que se ubica el rotor, esto es gracias a las señales enviadas por los sensores de efecto hall que se encuentran en el interior, se le llama a esto la secuencia de 6 pasos que completan una revolución eléctrica dando 60 grados hasta que cambia de estado uno de los sensores y a su vez la conmutación se actualiza, dependiendo el número de polos magnéticos determinara el número de ciclos eléctricos indicando que se completa una revolución mecánica (Angarita, 2011, pág. 28).

• PARTES DEL MOTOR SIN ESCOBILLAS CC

Las partes que a continuación se enumeran detallan los componentes del motor sin escobillas.

ESTATOR

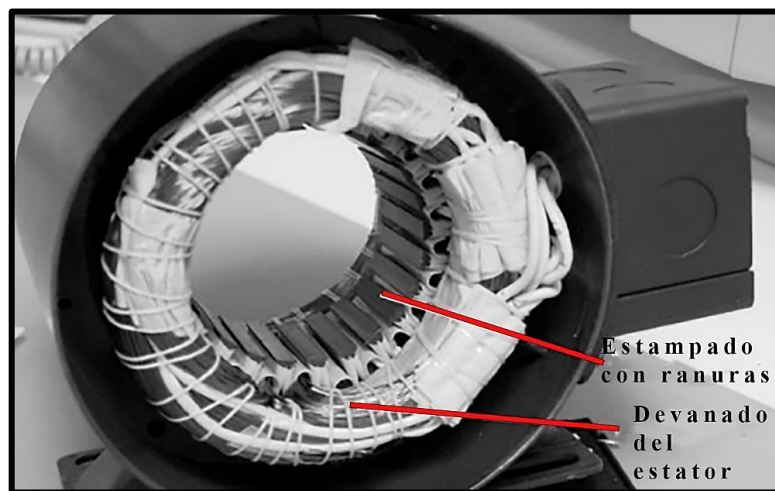


Figura 1.10 Estator motor sin escobillas
(Jimbo Tacuri, 2015, pág. 19).

En la Figura 1.10 podemos ver el estator sin escobillas y como su constitución se basa en la conexión de tres fases en su interior las cuales se conectan en estrella en la mayor parte de los motores de esta clase, también podría estar conectados en delta, pero no es muy común, en cada uno de sus devanados se diferencian entre trapecoidales y sinusoidales que se

diferencian en su conexión interior en los núcleos demostrando diferentes fuerzas de la fuerza electromotriz, por ende sus corrientes también responden a estos nombres trapezoidales y sinusoidales aumentando el uso de cobre en su construcción (Angarita, 2011, pág. 33).

ROTOR

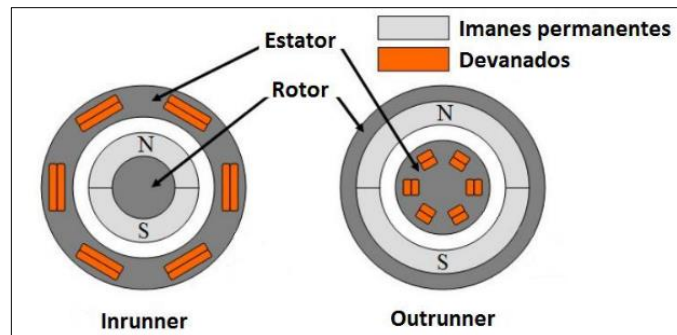


Figura 1.11 Rotores de motor sin escobillas
(Ramos, 2015, pág. 21).

Su principal componente de constitución son los imanes permanentes como podemos observar en la Figura 1.11, ya que es la parte móvil del motor, su colocación con respecto al estator es una clave en su diseño, entre sus muchas combinaciones y disposiciones posibles de los imanes, pero no lo hace decisivo ya que estas configuraciones se obtendrán para satisfacer determinadas demandas entre esta las más comunes tenemos:

- Inrunner, rotor en el interior. Mayores revoluciones por voltio, menor par.
- Outrunner, rotor en el exterior del estator. Mayor par, menor velocidad (Ramos, 2015, pág. 52).

1.10. BATERÍA

En el transcurso del tiempo, las baterías han marcado una gran diferencia en cuanto movilidad de energía se refiere, ya que han estado presentes en nuestro cotidiano vivir por más de 100 años, hasta en los más simples artefactos como una calculadora hasta la actualidad los autos eléctricos y otras aplicaciones de alto alcance tecnológico (Gómez, 1996, pág. 3).

La batería es un dispositivo capaz de almacena energía en forma electroquímica y es el más usado para almacenarla (Santa María Federico, 2014, pág. 15).

1.10.1. TIPOS DE BATERÍA

Los diversos tipos de baterías que podemos mencionar a continuación, acorde al avance de la tecnología

a) BATERÍA DE PLOMO

Las baterías de plomo son consideradas como de reacción secundaria ya que la reacción química provocada en su interior por medio del plomo y el electrolito es reversible y se puede recargar por medio del movimiento del alternador que es arrastrado por el motor (Guanoluisa Taco & Pazmiño Estrella, 2008, pág. 75).

b) BATERÍA NÍQUEL CADMIO

Se caracteriza por ser una batería robusta y de bajo costo, sus ciclos de carga son relativamente rápidos, su electrodo positivo está compuesto por hidróxido de níquel el cual reacciona con el electrodo negativo compuesto de hidróxido de cadmio todo por medio de una solución de hidróxido de potasio ya que tienen una gran duración son superiores al plomo, pero debido a su baja densidad energética estas tienden a sufrir por el efecto memoria (Chuquimarca Rigoberto, 2017, pág. 10).

c) BATERÍA ION-LITIO

La batería de ion litio es capaz de almacenar energía eléctrica, en el cual emplea el desplazamiento de iones de litio desde el ánodo hasta el cátodo, valiéndose de un electrolito el cual está compuesto por iones de litio, este sirve como puente en el proceso ya sea en el almacenamiento o en la carga de la batería, sus ciclos de vida al igual que su densidad energética son de larga duración (Rodríguez & Ortiz, 2020, pág. 41).

d) BATERÍA POLÍMERO DE LITIO

Su tecnología es la misma que las de ion litio su diferencia radica en su electrolito el cual también hace sus funciones de separador como un sólido en la cual su densidad de energía es mayor, al igual que su estructura es más ligera dando la oportunidad de tener celdas desde 1mm de grosor, entre sus desventajas lamentablemente tienden a explotar si son perforadas y su inestabilidad en sus ciclos de carga y descarga (Chuquimarca Rigoberto, 2017, pág. 13).

1.11. CONTROLADOR

El controlador, es el encargado de gestionar la energía necesaria al motor, alimentando al motor por medio de pulsos, el controlador suele ser específico para cada tipo de motor, dando a conocer a este elemento como parte fundamental al igual que la batería y el motor, entre sus funciones esta regular la velocidad y el par (SEK, 2018, pág. 19).

CAPITULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

De acuerdo con lo ya investigado en el capítulo I y en base a la teórica descrita en el mismo se da paso al capítulo II.

En este capítulo describimos como realizamos cada una de las piezas desde cero y que usamos para su fabricación.

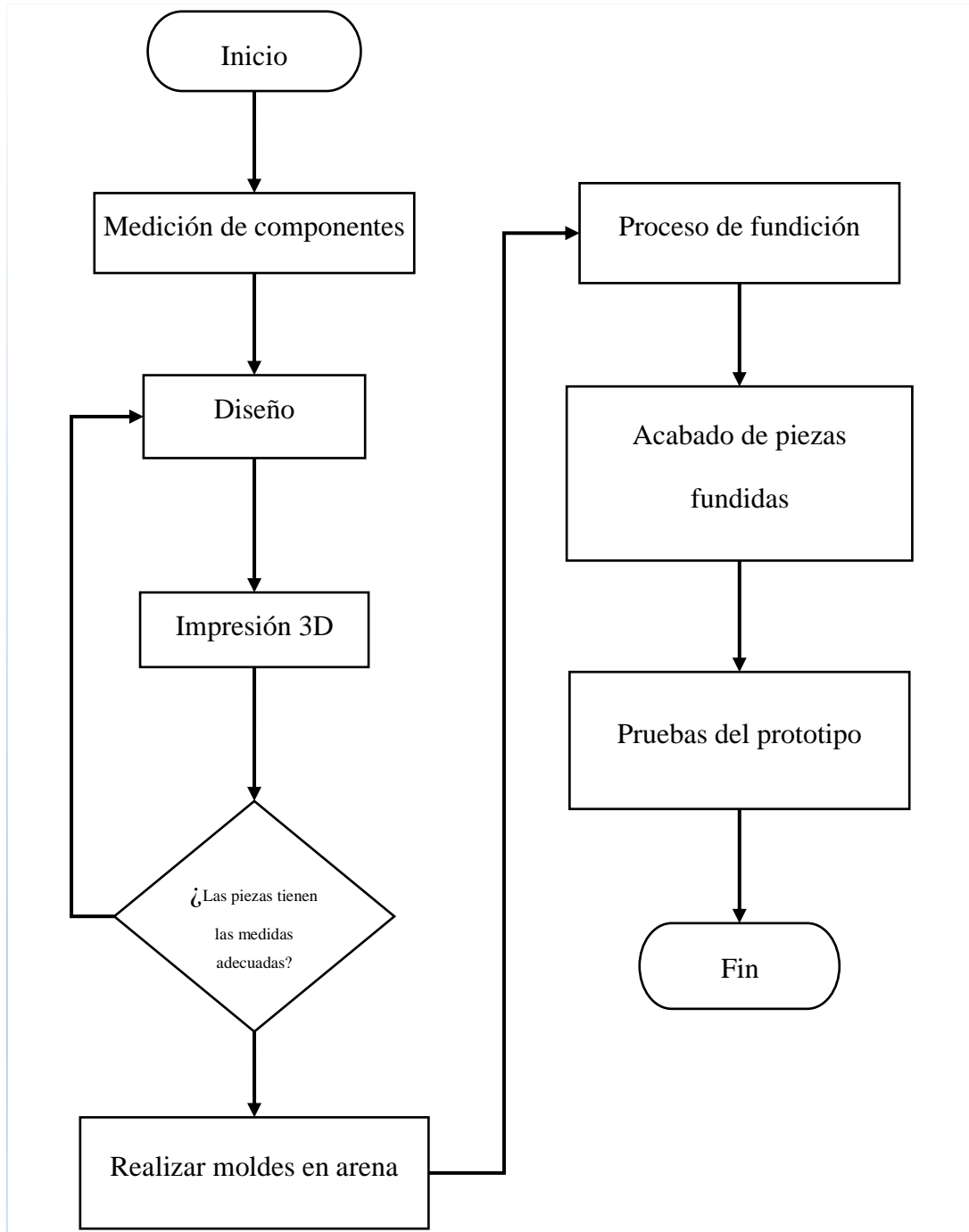


Figura 2.1 Toma de decisión

En la Figura 2.1 observamos un cuadro de toma de decisiones en cuanto al proceso de manufactura que se llevó a cabo en el proyecto de titulación.

2.1. MATERIALES Y EQUIPOS

Todos los implementos, incluidos materiales y herramientas son detallados con la mayor precisión en este capítulo.

2.1.1. MATERIALES

Los materiales siguientes fueron usados en la elaboración del proyecto.

a) ALEACIÓN DE ALUMINIO 40 32

Este material fue utilizado en el soporte del acelerador, batería, controlador y motor, a continuación, en la Tabla 2.1 observamos las propiedades del aluminio 4032.

Tabla 2. 1 Propiedades del aluminio 4032(aluminio al silicio)

PROPIEDADES	PARÁMETRO
Densidad	2.68 g/cc
Resistencia a la tracción máxima	≥ 359 MPa
Resistencia a la tracción en rendimiento	≥ 331 MPa
Alargamiento a la ruptura	4.00%
Módulo de elasticidad	79.0GPa
Resistencia a la fatiga	110MPa
Resistencia al corte	262MPa
Maquinabilidad	70%
Resistividad eléctrica	0.00000450 ohm-cm
Límite de fluencia del aluminio	276 MPa
COMPONENTES DEL ALUMINIO	PORCENTAJE
Aluminio	85 %
Cromo	≤ 0.10 %
Cobre	0.50-1.30 %
Hierro	≤ 1.0 %
Manganeso	0.80-1.30 %
Níquel	0.50-1.30 %
Silicio	11.0 -13.5 %
Zinc	≤ 0.25 %

Fuente: (José et al., 2012, pág. 75).

b) ACERO ASTM A36

A continuación, se muestra la Tabla 2.2 con las propiedades más destacadas de este acero A36, este fue usado como barras de sujeción entre el motor y el eje de la rueda posterior.

Tabla 2. 2 Propiedades del acero A36

Acero estructural ASTM A36	
Limite a la fluencia MPa	250
Resistencia ultima a la tracción MPa	400
Módulo de Young En GPa	200
Densidad kg/m ²	7850
Punto de fusión °C	1538

Fuente: (Guzñay Miranda, 2012, pág. 34).

c) POLIÁCIDO LÁCTICO(PLA)

Debido a sus características este fue usado como material en la porta pantalla ya que su esfuerzo es reducido, a continuación, en la Tabla 2.3 mencionamos algunas de las propiedades del poliláctico.

Tabla 2. 3 Propiedades del poliláctico

PROPIEDADES	DATOS
Densidad	1.25 g/cm ³
Resistencia a la ruptura	59-60 MPa
Resistencia a la tracción	48-53 MPa
Alargamiento hasta ruptura	3-6 %
Densidad de masa fundida	2-10 g/10min
Temperatura de fundido	150-195 centígrados
Módulo de tensión	3500 MPa
Resistencia a la temperatura	40-70 centígrados
Modulo elástico	4GPa
Dureza	15MPa

Fuente: (A. Amado, 2014, pág. 18).

d) MOTOR

Se utilizó un motor sin escobillas el cual va a dar movimiento a la bicicleta y a continuación en la tabla 2.4 mencionamos sus características.

Tabla 2. 4 Características del motor

Tipo	Brushless
Potencia	500W
Voltaje	48V
Disposición	Sin escobillas
Tipo de sensor	Efecto Hall
Max. Torque	>48 N.M
Peso	3Kg
Posición	Eje frontal o posterior
Compatibilidad	7 velocidades
RPM	315 a 240

Fuente: (Bafang Hub Motor Review | eBike, n.d.)

e) BATERÍA

Es la encargada de dar energía al controlador el cual va a distribuirla a los diferentes componentes, y en la Tabla 2.5 mencionamos algunas de sus características.

Tabla 2. 5 Características de la batería

Tipo	Celdas de litio
Disposición	En serie
Tarjeta BMS (balanceador de carga)	20 ^a
Voltaje	48V
Amperaje	13 ^a
Dimensión de la batería	L15.35*W4.33*H2.95 pulgadas
Peso de la batería	3.5 Kg/ 8 libras
Autonomía	35 km 50 km con pedaleo

Fuente: (E-Bike, n.d.)

f) CONTROLADOR.

En la Tabla 2.6 mencionamos las características del controlador, este se usó para controlar los diferentes componentes electrónicos en el prototipo.

Tabla 2. 6 Características de controlador motor sin escobillas

Modelo	48V500W
Tipo	Controlador motor brushless DC
Voltaje de entrada	48V DC
Serie	SY20200608024
Voltaje mínimo	40 +/- 0.5 V DC
Corriente máxima	15 +/- 1 amperes
Sets de velocidad	1-4.2V

Fuente:(Bafang Hub Motor Review | eBike, n.d.)

g) SISTEMA DE CARGA.

El cargador ya mencionado es uso exclusivo para cargar baterías de Ion litio no se debe darle otros usos y mencionamos sus características en la Tabla 2.7.

Tabla 2. 7 Características de cargador

Modelo	STC-8108LD
Entrada de corriente	100-240AC
Frecuencia de corriente de entrada	50/60Hz
Potencia de entrada	140W
Salida de corriente	+48 V DC
Amperaje de salida	2.5 amperes
Tipo de cargador	Batería Li-Ion

Fuente: (Bafang Hub Motor Review | eBike, n.d.)

2.1.2. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Con referencia a todo lo que concierne en equipos, herramientas y demás insumos que se usaron en la elaboración del presente proyecto establecimos la siguiente Tabla 2.8.

Tabla 2. 8 Herramientas

Equipos	Descripción	Numero
Desarmadores	Plano y estrella	4
Martillo	De tipo bola	1
Limas	Lima de grano grueso y grano delgado	4
Lijas	Lija de acero número 80,100,220,400,1000	7
Taladro	Roto martillo marca BP	1
Entenalla	Entenalla de 3" y de 2" marca BP	2
Esmeril	Esmeril de 5" marca BP	1
Playo de presión	Playo regulable	1
Amoladora	Amoladora marca Bosch	1
Disco de desbaste	Disco de desbaste de metal de 7"	1
Disco de pulir	Disco de 7" para pulir metal	1
Brocas	Brocas de metal número	
Roscadores	Machuelos de roscar M4	
Broca escalonada	Broca para acero escalonada de hasta	1
Hexágonos	Juego de hexagonales	1

2.1.2.1 IMPRESORA 3D

Esta máquina nos facilitó la materialización de piezas por medio de filamento plástico fundido a temperaturas elevadas.

Tabla 2. 9 Información técnica de impresora

Modelo	Impresora 3D Ender 3 Pro
Tecnología	FDM (modelado por deposición fundida)
Voltaje de entrada	100 ~ 120V, 6.8A, ;200 ~ 240V/3.4A, 50/60Hz
Tamaño de equipo	440x410x465mm
Tamaño de impresión	220x220x250mm
Grosor de impresión	(0.06 - 0.6 mm)
Diámetro de boquilla	0.4mm intercambiable (Soporta 0.2, 0.3, 0.6, 0.8, 1.0mm)
Velocidad de impresión	Hasta 100 mm/s
Temperatura de boquilla	Hasta 250°C
Temperatura de la cama de impresión	Hasta 110°C
Filamento	PLA, ABS, Madera, TPU, Gradiente, Fibra de Carbón, etc.
Archivo de formatos	STL, Obj, G-Code
Software de corte compatible	Cura, Repetier-Host, Simplify3D
Soporta hasta 200 horas de trabajo continuas	

Fuente: (CreAtec, n.d., pág. 13).

2.2. MÉTODOS

El tipo de metodología que se utilizó para la elaboración del proyecto de titulación es cuantitativo de diseño experimental debido a que por medio de la obtención de información cuantitativa podemos corroborar o no la hipótesis planteada.

2.2.1. SOFTWARE

Los softwares que se implementan dan la facilidad de modificación a tiempo real del diseño tanto como impresión según sean los requerimientos del proyecto.

a) SOFTWARE CAD

Este programa fue utilizado con el fin de diseñar las partes del proyecto con el cual establece una idea clara de la estructura final, al igual que en el transcurso del diseño se puede realizar cambios a voluntad del diseñador por parámetros de corrección o desviación.

b) DISEÑOS

Para la realización de las piezas del presente trabajo nos ayudamos de software Solidworks 2020 con licencia proporcionada por la Universidad Técnica del norte, en el cual por medio de operaciones base se logró obtener de la mejor manera los diseños ya previstos por medio de bosquejos, a continuación, se detalló cada una de las piezas.

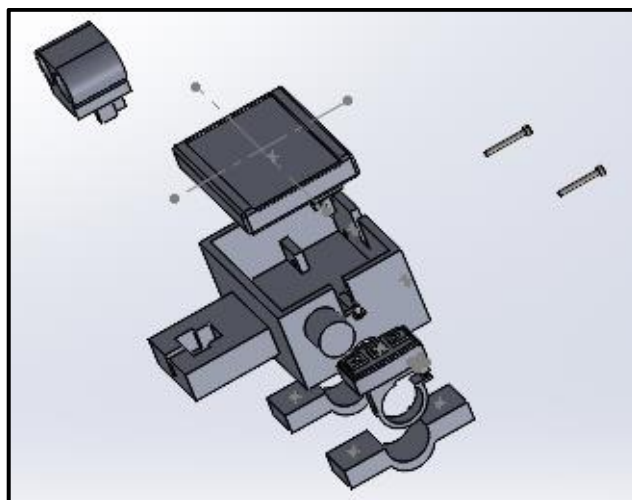


Figura 2.2 Porta pantallas

Las piezas fueron diseñadas por medio de operaciones como extrucción de salientes tanto como cortes hasta obtener el diseño adecuado, en cada pieza se tomaron medidas de los

elementos de propulsión y accesorios, tal como se aprecia en la Figura 2.2, esta pieza es la encargada de sujetar la pantalla LCD en la cual se puede observar información del motor y batería al igual que la velocidad en kilómetros por hora, el nivel de carga de la batería, la marcha en la que se encuentra el motor, entre otros, también aloja una luz led y un puerto USB para la carga de dispositivos.

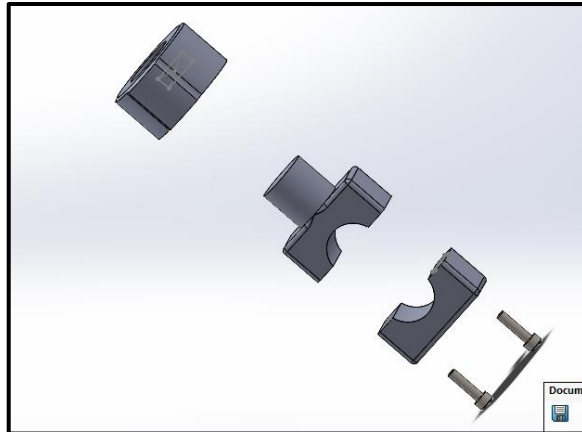


Figura 2.3 Soporte Acelerador

En la Figura 2.3, se observa ensamble del acelerador el cual se sujeta por medio de presión en el soporte, este a su vez es colocado por medio de un sujetador al manubrio.

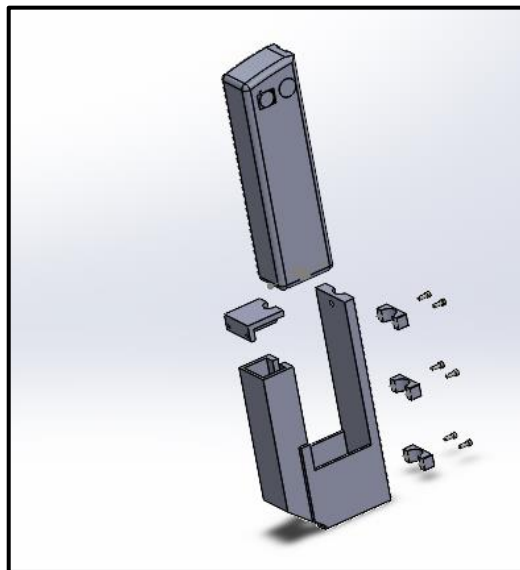


Figura 2.4 Soporte de batería

En cuanto al suministro de energía y control se diseñó esta pieza, la cual alberga los componentes como se puede apreciar en la figura 2.4.

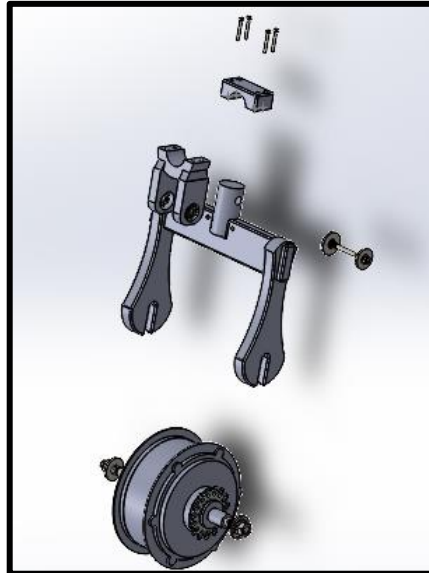


Figura 2.5 Soporte motor

El soporte del motor tiene dos funciones las cuales son soportar el peso del motor al igual que unirlo con el cuadro de la bicicleta como se observa en la Figura 2.5.

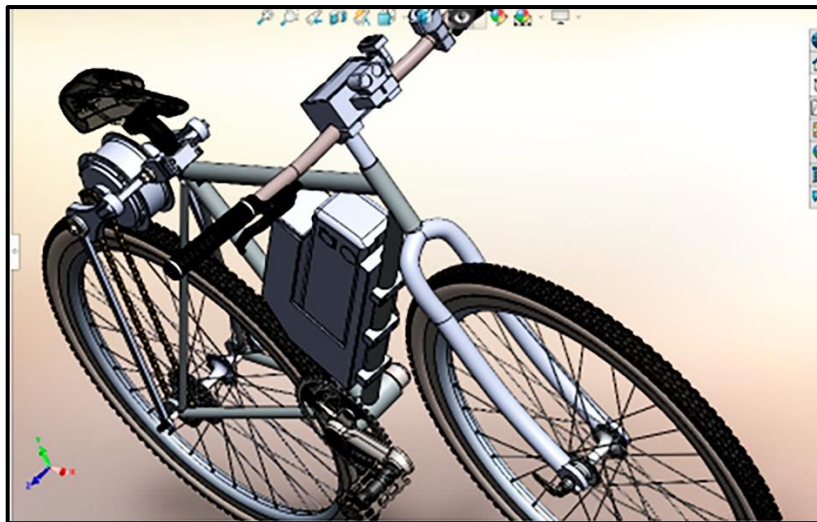


Figura 2.6 Ensamble final

Por último, tenemos la modelación presentada en la bicicleta completa donde todos los elementos ya diseñados son colocados para tener un modelo el cual nos guiamos para el ensamble después materialización de las mismas piezas como se muestra en la Figura 2.6.

c) SOFTWARE CAM

Se utilizó el software libre Ultimaker Cura con el fin de materializar las piezas en impresión 3D por medio de estereolitografía la cual es una aplicación de tecnología utilizada en la

manufactura y producción tanto de piezas definitivas como para la elaboración de modelos, prototipos, patrones.

d) IMPRESIONES 3D

Transformamos el formato que STL (Stereolithography) en un formato que la impresora pueda reconocer para imprimir las piezas (G-code toolpath) que posteriormente se utilizaron como moldes positivos para la obtención de los negativos para el proceso de fundición.

Dentro del software encontramos una serie de herramientas que se modificaron para obtener piezas lo suficientemente fuertes para soportar el proceso de moldeo sin recibir daño además de ser lo suficiente mente capaz de albergar componentes del prototipo.

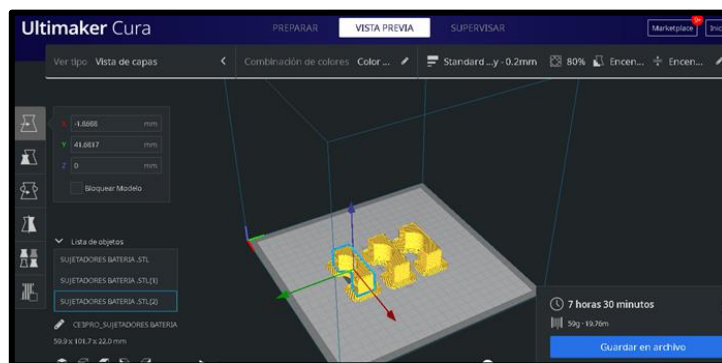


Figura 2.7 Multiplicar molde

Ya que el prototipo usa tanto base en aluminio y PLA se usaron diferentes herramientas dependiendo de las piezas como observamos en la Figura 2.7, las que se utilizarían para moldes usaron diferentes tipos de ajustes de impresión, mientras que las que se usaron para portar componentes usaron ajustes que harían que las piezas sean de mejores acabados y aún más resistentes.

2.2.2. MOLDES POSITIVOS

Una vez que terminamos de transformar los archivos STL a G-code el siguiente paso fue imprimir las piezas utilizando la impresora 3D Ender 3 Pro.

Para imprimir cada una de las piezas primero se debe precalentar la máquina para que el material llegue a una temperatura de fusión y pueda imprimir cada una de las piezas. Este proceso es muy sencillo ya que la misma maquina ya tiene pre - guardado las temperaturas de precalentamiento solo debemos seleccionar PREPARE y a continuación PREHEAT PLA, esto hará que el extrusor se caliente a una temperatura de 260°C y la cama o plancha a 90°C.

Una vez que la maquina alcanzo las temperaturas necesarias el siguiente paso es imprimir la pieza ingresando a PRINT FROM TF y posteriormente seleccionamos la pieza que deseamos. En este punto la maquina disminuye su temperatura a la que se pre guardo anteriormente en el programa Ultimaker Cura estabilizándose en 220°C en el extrusor y en la cama a 65°C.

2.2.3. MOLDES NEGATIVOS

Una vez terminado el proceso de impresión de las piezas del prototipo se prosiguió con la fabricación de las piezas en aluminio, el primer paso es utilizar las piezas en PLA como moldes positivos para la fabricación de moldes negativos hechos con una mezcla de arena y bentonita ya que el proceso que se utilizó para la fabricación de las piezas fue por medio de fundición de aluminio.



Figura 2.8 Moldes negativos en arena

En la Figura 2.8 se puede observar el proceso que se llevó a cabo para la fabricación de unas de las piezas del prototipo. Seguido a este paso se calentó el horno a una temperatura aproximada de 650 °C para fundir el material en un crisol se colocó el aluminio reciclado de diferentes partes automovilísticas para fundirlo.



Figura 2.9 Horno y palas para extracción de escoria del aluminio

Las palas se las calentó a la temperatura de la colada de aluminio para usarlas como removedor de impurezas de la mezcla y para verter la misma en los moldes de arena previamente elaborados como se muestra en la Figura 2.9.

Como paso final se esperó aproximadamente 3 minutos para que se solidifique el aluminio y se removió las piezas con un gancho para su posterior enfriamiento a temperatura ambiente.

2.2.4. ACABADOS DE PIEZAS

Como ya se sabe el proceso de fundición por moldes de arena tiene como resultado unas piezas con rugosidades e imperfecciones, para solucionar se utilizó materiales, herramientas y equipos para dar un mejor acabado a las piezas fabricadas. Para tener una superficie plana se usó un esmeril de mano con disco de piedra en las piezas grandes y un esmeril de banco para las piezas pequeñas, posteriormente se aplicó una capa de masilla para cubrir desperfectos en la misma, después de unos minutos se lijo los excesos, se perforo las piezas con brocas de diferentes tamaños y se procedió a dar roscados a las piezas bases para introducir los tornillos y sujetarlas, como punto final se aplicó una capa de fondo para posteriormente pintar cada una de las piezas del color seleccionado.

2.2.5. DESCRIPCIÓN DE LA BICICLETA.

En el presente trabajo de titulación se usó una bicicleta de tipo MTB (mountain Bike) urbana la que nos presenta la siguiente descripción:

- Cuadro estándar de acero.
- Suspensión rígida.
- Aros de aluminio 26”.
- Frenos.
- 21 velocidades.



Figura 2.10 Bicicleta MTB urbana

En la Figura 2.10 vemos el tipo de bicicleta usado para el montaje de las piezas elaboradas.

- **RELACIÓN DE TRANSMISIÓN.**

El Sprocket escogido es de 16 dientes dándonos una relación de transmisión haciendo referencia con el Sprocket más pequeño de la bicicleta en mención el resultante por medio de la fórmula es:

$$Rt = \frac{\text{conductor}}{\text{conducido}} \quad [2.1]$$

La velocidad promedio establecida por la ley de transporte en cuanto a vehículos de propulsión humana establece que es de 30km/h en el territorio ecuatoriano (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011, pág. 12).

Por lo tanto, podemos calcular la velocidad angular de la rueda posterior de la bicicleta utilizando la velocidad establecida previamente en la norma INEN con la siguiente expresión:

$$V_l = W_p * r_{rp} \quad [2. 1]$$

De donde:

V_l : Velocidad lineal permitida (INEN).

W_p : Velocidad angular en la rueda trasera.

r_{rp} : Radio de la rueda trasera.

Para el presente proyecto se usaron dos sprockets, uno de 16 dientes el cual está unido al motor, dando movimiento por medio de una cadena a otro de 16 dientes situada en la manzana de la rueda posterior, a continuación, se describe los componentes de transmisión en la tabla 2.10.

Tabla 2. 10 Descripción de elementos de transmisión

ELEMENTO	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
Sprocket 16 dientes	Conductor	Acero
Sprocket 16 dientes	Conducido	Acero
Cadena	Transmisión	Acero



Figura 2.11 Bicicleta MTB urbana con prototipo

En la figura 2.11 se observa el prototipo terminado montado en la bicicleta.

2.2.6. DETERMINACIÓN DE LA MASA A IMPULSAR CON EL PROTOTIPO

Uno de los temas más importantes fue la determinación de la masa que será asistida por el prototipo, con este fin se dividió en tres grupos:

- Peso de la bicicleta completa incluido todos sus accesorios.
- Peso del prototipo y componentes electrónicos.
- Peso de una persona promedio.

En primera instancia se realizó un desensamble de la bicicleta para su posterior pesaje el cual es detallado en la Tabla 2.11.

Tabla 2. 11 Partes de bicicleta vs peso

Elementos	Peso Kg
Rueda delantera	2.1
Rueda trasera	1,8
Manubrio	0,666
Piñón de cambios	0,479
Pedal	0,337
Catalina	0,873
Frenos	0,430
Manigueta de cambios	0,167
Asiento	0,615
Cadena	0,288
Eje	0,166
Cuadro	4,7
Total	12,62

Con el mismo objetivo se realizó el pesaje del asistente eléctrico y sus componentes detallado en la tabla 2.12.

Tabla 2. 12 Partes de prototipo vs peso

Elementos de propulsión	Peso Kg
Controlador	0,333
Motor + piñón	3,68
Acelerador	0,040
Sensores	0,027
Pantalla + luz	0,232
Batería	4,0
Elementos de sujeción	
Sujeción de asiento	0,285
Sujeción de porta batería y controlador	0,561
Porta acelerador	0,285
Soporte del motor	1.1

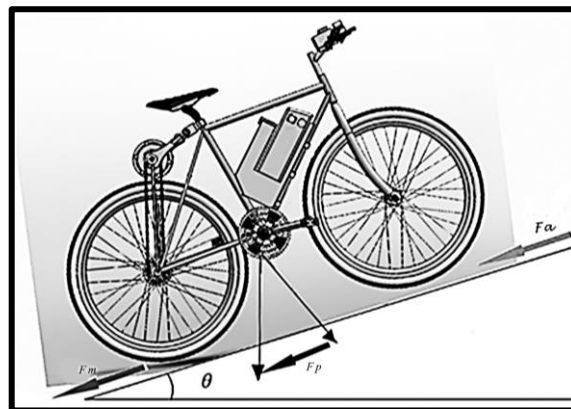
Tabla 2.12 partes del prototipo vs peso (continuación)

Elementos de propulsión	Peso Kg
Sujeción de pantalla	0,045
Tensores	0,951
Porta batería y controlador	3,0
Cadena	0,254
Porta pantalla + luz	0,277
Total	13,97

Para finalizar se tomó en cuenta una persona adulta en un rango de edad de 18 a 59 años, la cual tiene un peso promedio en hombres de 58,2 kg según (EC INEC, 2015, pág. 7). Al finalizar se calculó un peso total de 84,77 kg ha movilizizado por el prototipo.

2.2.7. CALCULO DE ENERGÍA NECESARIA

Una vez que se estableció el peso que el sistema debe impulsar se debió analizar las fuerzas que intervienen al momento de utilizarse por medio de un diagrama de cuerpo libre mostrado a continuación:

**Figura 2.12** Diagrama de fuerzas

En el diagrama se expuso las fuerzas a vencer, por lo tanto:

$$F_{necesaria} = F_m + F_p + F_a \quad [2. 2]$$

F_m : Fuerza contra el movimiento de la bicicleta

F_p : Fuerza contra la pendiente

F_a : Fuerza contra del aire

La sumatoria de estas fuerzas es la resultante de la energía necesaria para generar movimiento en la bicicleta, a continuación, se detalla cada una de estas fuerzas para su mejor comprensión.

a) **FUERZA CONTRA EL MOVIMIENTO DE LA BICICLETA**

$$F_m = m \cdot g \cdot C_u \cdot \cos \theta \quad [2. 3]$$

En donde:

m: Masa del sistema

g: Gravedad en la tierra

C_u : Coeficiente entre neumáticos y superficie del suelo

θ : Angulo de inclinación de la ciudad de Ibarra

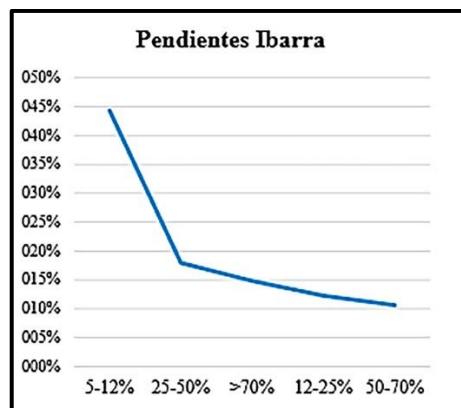


Figura 2.13 Pendientes de Ibarra

Fuente: (Dirección de planificación y desarrollo territorial, 2020, pág. 35),

Previamente se obtuvo la masa del sistema, la gravedad es un valor constante en la tierra, en cuanto al valor del ángulo de inclinación tenemos que es de 5% determinado por el estudio de (Dirección de planificación y desarrollo territorial, 2020, pág. 35), mostrado en la figura 2.13, se expresó este valor porcentual con el fin de ser usado dentro de la fórmula establecida se realizó la siguiente operación:

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\%}{100} \quad [2. 4]$$

Para el valor de coeficiente de fricción entre en caucho y el pavimento es de 0.008 para el caso de una bicicleta, reemplazando estos valores en la ecuación 2.4

b) FUERZA DE RESISTENCIA A LA PENDIENTE

En base a la figura del diagrama se comprende que esta fuerza es determinada por la ecuación:

$$F_p = m * g * \sin \theta \quad [2. 5]$$

Donde:

m: Masa del sistema

g: Gravedad en la tierra

θ : Angulo de inclinación en Ibarra

c) FUERZA DE FRICCIÓN CONTRA EL AIRE

De acuerdo a (Peakperformance, 2019) se establece la fuerza de fricción en contra del aire por medio de la ecuación:

$$F_a = \frac{1}{2} * \rho * c_r * A_c * v^2 \quad [2. 6]$$

Donde:

ρ : Densidad del aire

C_r : Coeficiente de fricción del aire

A_c : Área de un ciclista

V: Velocidad limite permitida de un ciclista

Ahora bien, para resolver la ecuación 2.7 se la desfragmento por partes para tener un mejor entendimiento de esta.

De acuerdo con la ecuación de los gases ideales, se determinó que:

$$P * V = m * R * T \quad [2. 7]$$

Despejando en función de la masa (m) tenemos que:

$$m = \frac{P * V}{R * T}$$

Por otra parte, la densidad del aire para la ciudad de Ibarra es determinada por la ecuación:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [2. 8]$$

Despejando en función de la masa la fórmula de la densidad tenemos que:

$$m = \rho * V$$

Por medio de una igualación de las ecuaciones 2.8 y 2.9 obtiene:

$$\rho * V = \frac{P * V}{R * T}$$

En la cual se despejo en función de la densidad obteniendo:

$$\rho = \frac{P}{R * T}$$

Donde:

P: Presión atmosférica en la ciudad de Ibarra

R: Constante de gas ideal para el aire




T: Temperatura en escala kelvin

Para la ciudad de Ibarra la presión atmosférica se encuentra a 70.135 Kpa según el estudio(Pabón Arias, 2016, pág. 15) y una temperatura promedio de 23 °C y la constante de gas ideal del aire es igual a 0.2870 kJ/kg*K según (Boles Michael, 2012)lo cual podemos expresar de la siguiente manera 0.2870 Kpa*m³/kg* K, estos datos los reemplazamos en la fórmula 2.7.

Para encontrar el coeficiente de fricción del aire y el área del ciclista podemos utilizar la siguiente tabla utilizando los valores marcados.

Reemplazando el valor del área de un ciclista en la Tabla 2.13, haciendo la debida conversión de pies cuadrados a metros cuadrados podemos obtener el valor de F_a.

Tabla 2. 13 Aerodinámica de la bicicleta

Descripción			Fuerza en libra a 20M.P. H	Datos aerodinámicos			Coeficiente de resistencia a la rodadura	
				Coeficiente de arrastre	Área frontal (pies cuadrados)	Área frontal efectiva (pies cuadrados)		
Bicicletas estándar	Todoterreno juvenil BMX	30 lb (bicicleta) 120 lb (conductor) Neumáticos 20 in diámetro 40 psi		5.52 2.10	1.1	4.9	5.4	.014
	Bicicleta europea De manubrio recto	40 lb (bicicleta) 160 lb (conductor) Neumáticos 27 in diámetro 40 psi		6.14 1.20	1.1	5.5	6	.0060.
	Bicicleta de turismo de brazos rectos	25 lb (bicicleta) 160 lb (conductor) Neumáticos 27 in diámetro 90 psi		4.40 0.83	1	4.3	4.3	0.0045

Fuente: (Gross et al., 1983, pág. 68).

Una vez encontrados los valores de cada una de las fuerzas que intervienen en el diagrama de cuerpo libre se reemplaza en la ecuación 2.7.

Una vez encontrados los valores de cada una de las fuerzas que intervienen en el diagrama de cuerpo libre se reemplaza en la ecuación 2.3, utilizando la siguiente formula:

$$P_{\text{necesario}} = \text{fuerza necesaria} * \text{velocidad permitida}$$

d) TORQUE NECESARIO

Según,(Gate, 1983, pág. 106) el torque en función del radio es expresado por la ecuación:

$$T = r * F \quad [2. 9]$$

Donde:

r: Radio de la rueda

F: Fuerza necesaria

e) VELOCIDAD FINAL DE LA RUEDA

Para calcular la velocidad obtenida en la rueda posterior después de ser impulsada por el motor se tiene la siguiente ecuación:

$$V = w * r \quad [2. 10]$$

Donde:

w: Velocidad angular.

r: Radio de rueda.

2.2.8. PRUEBAS DE RUTA

Para las pruebas de ruta se midió los siguientes parámetros:

- Voltajes del sistema.
- Estado físico del ciclista utilizando la frecuencia cardiaca del sujeto (tensión alta y baja).
- Pulsaciones por minuto (ppm).
- Distancia recorrida.
- Tiempo de recorrido.
- Gasto calórico.

Para lo cual se tomó en cuenta 8 pruebas de recorrido 4 de ellas usando el prototipo y las otras 4 sin el prototipo para así analizar la utilidad de este.

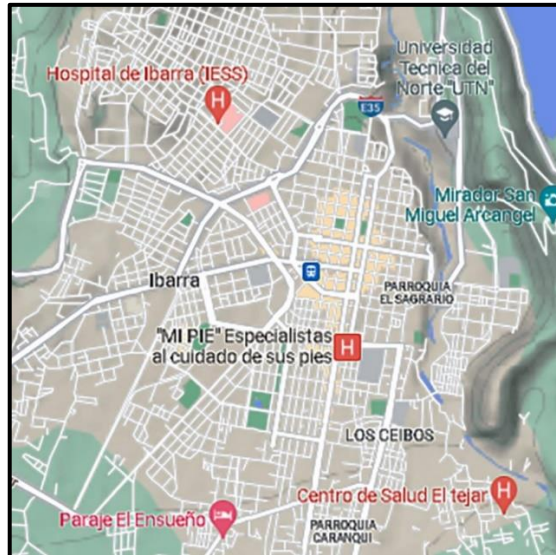


Figura 2.14 Geografía de la ciudad de Ibarra
(Google Maps, n.d.)

En la Figura 2.14 se puede observar la geografía que encontramos en la ciudad de Ibarra, notando que en su mayoría no tenemos pendientes elevadas por lo cual se comprobó el funcionamiento del sistema para condiciones de alto y bajo esfuerzo.

(Álvarez, 2018, pág. 48), identifica que las rutas en las cuales se probó el prototipo analizando la movilidad en la ciudad de Ibarra haciendo énfasis en el desplazamiento hacia instituciones educativas como la Universidad Técnica del Norte y su inicio sea en lugares de mayor frecuencia de viajes entre las cuales manifestamos las siguientes:

- a) La victoria con una frecuencia de viajes de semanales de 4179.
- b) Los ceibos con una frecuencia de viajes de semanales de 3809.
- c) Azaya con una frecuencia de viajes de semanales de 2018.

Para lo cual trazamos las siguientes rutas.



Figura 2.15 Ruta numero 1 los Ceibos - La Victoria - Universidad Técnica Del Norte (Google Maps, 2022.)

Como podemos ver en la Figura 2.15 vemos la ruta desde el barrio Los Ceibos pasando por el barrio La Victoria de Ibarra hasta la Universidad Técnica del Norte con un tiempo estimado en vehículo privado de 9 minutos, este tiempo vario de acuerdo con el tráfico que se tenga en la zona y con una distancia de recorrido de 4.9 km.

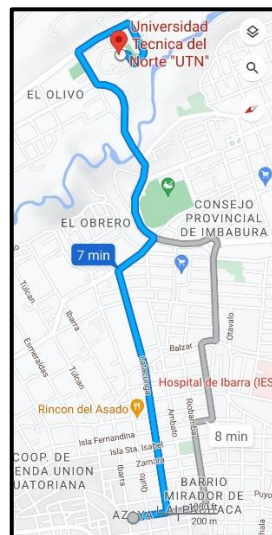


Figura 2.16 Ruta número 2 Azaya – Universidad Técnica Del Norte (Google Maps, 2022.)

En la Figura 2.16 se observa la ruta número 2 que es desde el barrio Azaya de la ciudad de Ibarra hasta la Universidad Técnica del Norte, con un tiempo estimado en vehículo automotor es de 7 minutos de acuerdo con el tráfico en la zona y con una distancia de recorrido de 3.5 km.

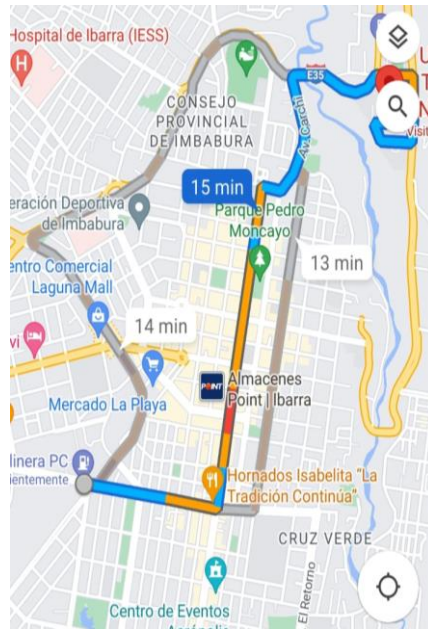


Figura 2.17 Ruta 3 Terminal terrestre Ibarra – av. Carchi –Universidad Técnico Del Norte (Google Maps, 2022.)

Al igual que se trazó las siguientes rutas con el fin de dar un punto más objetivo desde la movilidad y sitios concurridos de la ciudad de Ibarra es por esto por lo que se tomó como punto inicial al terminal terrestre por la av. Sánchez y Cifuentes para posterior pasar por la Av. Carchi hasta llegar a la universidad Técnica del Norte mostrado en la Figura 2.17 con un estimado 4.2 km en un tiempo de 16 minutos en automotor.

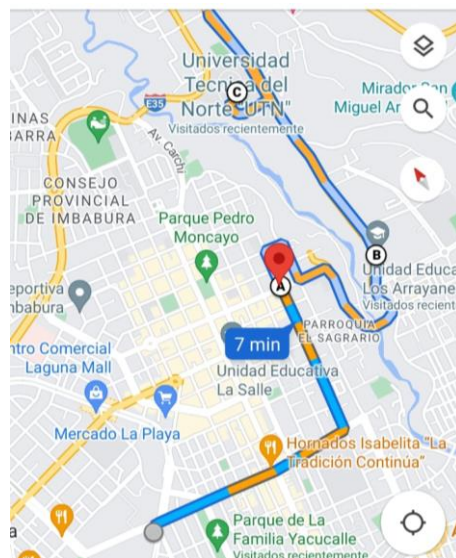


Figura 2.18 Ruta 4 Terminal terrestre Ibarra – Av. 17 de julio –Universidad Técnica Del Norte. (Google Maps, 2022.)

La siguiente ruta se traza por la Av. Sánchez y Cifuentes hasta llegar a la calle Miguel Oviedo, para posterior subir por la Av. 17 de Julio hasta llegar a Universidad Técnica del Norte con un estimado de 17 minutos en un tramo de 4.8 km como observamos en la Figura 2.18.

CAPITULO III

3. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Una vez que en el capítulo II se estableció los materiales a usar al igual la metodología propuesta en cuanto a fabricación y pruebas, el capítulo III se muestran y se debatió los resultados obtenidos. En esta sección se describió cada componente usado, fabricación del prototipo y pruebas en ruta

3.1. SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA LA PROPULSIÓN

La investigación fue dirigida hacia los motores de corriente continua (CD), debido a su facilidad de abastecimiento de energía. A su vez, nos enfocamos en su naturaleza de dicho motor la cual implica que su mantenimiento es mínimo, por lo tanto, de la gama de motores previamente mencionados en el capítulo II, damos el enfoque en los tipos de motor con y sin escobillas, ya que de acuerdo con esto los motores sufren mayor o menor desgaste.

Después de haber realizado los cálculos pertinentes en cuanto a potencia velocidad y fuerza requerida se realizó la comparativa tanto con el motor a adquirir y las especificaciones preestablecidas por la agencia nacional de tránsito en cuanto velocidad.

De acuerdo con la comparativa en la Tabla 3.1 las especificaciones cumplen con los requerimientos obtenidos, por medio del cálculo de la Ecuación 2.7, por otra parte al hacer el cálculo de 0% de inclinación la velocidad y potencia se rigen a lo que plantea la normativa nacional de tránsito con respecto a las bicicletas, por ende los parámetros para asistir en la bicicleta con una persona de 81.64 kg y con una estatura de 1.73m, las especificaciones de la propulsión son considerablemente altas debido a la tecnología de un motor sin escobillas, evitando el desgaste prematuro de sus componentes, por otra parte, esta tecnología nos permite obtener excelentes relaciones velocidad y par.

Tabla 3. 1 Parámetros teóricos vs especificaciones del sistema

Parámetros	Resultados obtenidos	Especificaciones del sistema
Torque necesario	19.9 N*m	48 N*m
Potencia	495.80 watts	500watts
	Velocidad	Velocidad establecida por la ley
Velocidad	38.26 Km/h	35Km/h

Fue seleccionado el motor sin escobillas o también conocido como motor BRUSHLESS. El encargado de controlar tanto el par del motor y su voltaje es llamado controlador, un componente netamente electrónico, estos componentes son únicos para cada motor, al igual

que con la batería, es por esto por lo que la batería ya mencionada, entre sus características especificadas en el capítulo II nos muestran claramente, que su diseño tanto en almacenamiento como en suministro de energía solo puede ser usada en este equipo. Una vez esclarecido sus parámetros para su funcionamiento la obtención del por así decirlo kit de propulsión lo encontramos de manera conjunta, es decir al adquirirlo tendremos motor, controlador, batería, acelerador, pantalla interfaz con el usuario freno con sensor de paro del motor, una luz led inclusive un puerto de carga USB, dependiendo nuestras necesidades.

3.2. DISEÑOS

Los diseños están basados en la estructura de la bicicleta evitando distorsionar o intervenir en su forma original, al igual que las piezas sean resistentes y ligeras, el primer paso para que en su materialización fue el diseño de las partes del prototipo por medio del software CAD, otro aspecto que se consideró son de las partes que conforman la propulsión y suministro de energía, ya que en estos componentes se dificultó reducir el tamaño, por lo cual se adecuó en función a sus dimensiones y funcionalidad, posterior a esto se hizo uso del software CAM, mediante este programa, se colocó los parámetros base como son; espesor en las piezas, mallado interno y el grosor de las líneas de impresión para lo cual nos estima el tiempo de salida.

3.3. ANÁLISIS ESTÁTICO



Se realizaron pruebas estáticas con el fin de obtener valores de referencia en fiabilidad de las partes fundamentales del prototipo, para el tipo de mallado se hizo uso de un mallado estándar. El primer elemento al que se realizó la prueba estática son los tensores en el prototipo después de haber establecido los parámetros como es tipo de sujeción, el material, cargas demostradas en las siguientes en las Tablas 3.2.

Tabla 3. 2 Propiedades del estudio estático de tensores

Tratado como	Propiedades volumétricas
Sólido	Masa:0,951 kg Volumen:3,54765e-05 m ³ Densidad:7.850 kg/m ³ Peso:9.32 N
Componentes	Propiedades
Sólido	Nombre: ASTM A36 Acero Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Crit. de error pred: Ten. de von Mises máx. Límite elástico: 250 N/mm ² Límite de tracción: 400 N/mm ²

Se estableció la sujeción y fuerzas que se ejercerán en los tensores para el estudio estático detalladas en la tabla 3.3.

Tabla 3. 3 Sujeción y fuerza en tensores

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-2		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Presión-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 85 Unidades: N/m ²

El mallado que se usó es estándar, sin embargo, algunos datos base dependen del material y el tamaño de la pieza como la tolerancia y el tamaño de elementos. Se estableció 16 puntos para una malla de alta calidad, con un número de tamaño de 3,28697 mm por elemento, al igual que una tolerancia de 0.164348 mm entre ellos.

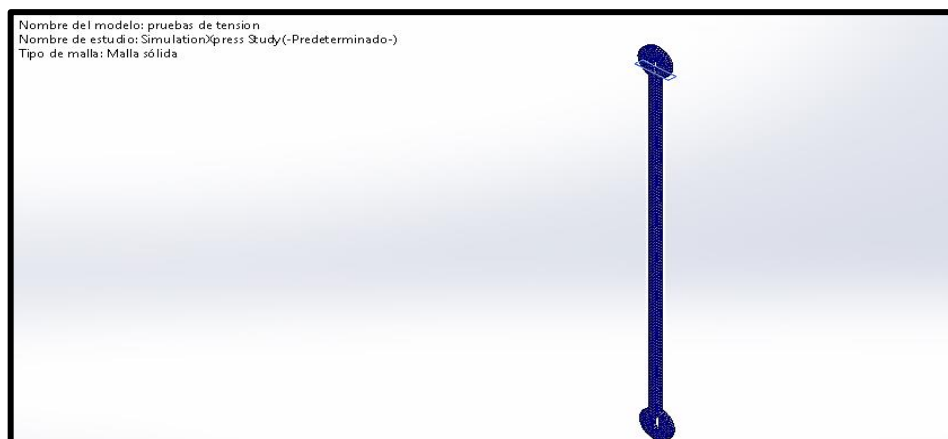


Figura 3.1 Mallado solido

De acuerdo con la Figura 3.2 el mallado es predeterminado como estándar por el programa. Se encontró el máximo y el mínimo en cuanto a elasticidad del elemento en cuestión demostrando su capacidad para realizar el trabajo previsto al igual que la acertada decisión del material propuesto que es el acero ASTM A36, sus puntos clave en el nodo 4260 con un valor de $6,700e-09\text{N/mm}^2$ (MPa) como mínimo y el nodo 12147 al máximo de $2,874e-04\text{N/mm}^2$ (MPa).

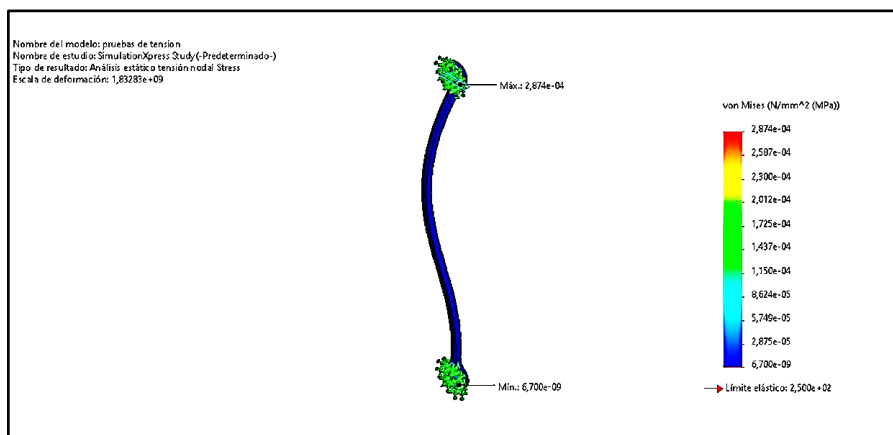


Figura 3.2 Simulación de esfuerzo tensor

El color azul en la Figura 3.3 del elemento nos indica que su elasticidad el cual lleva el nombre de límite de Von Mises es capaz de resistir en cuanto al esfuerzo que se le aplica de 85 newtons, ya que el esfuerzo aplicado es de 82 newtons tomando en cuenta peso y esfuerzo del prototipo la simulación es exitosa demostrando su factibilidad.

En cuanto al desplazamiento se observó su valor máximo es de $2,547e^{-08}$ mm en el punto, es decir un solo nodo número 8579 con un desplazamiento de $2,547e-08\text{mm}$, la zona determinada por URES, es decir son evaluados en los tres ejes.

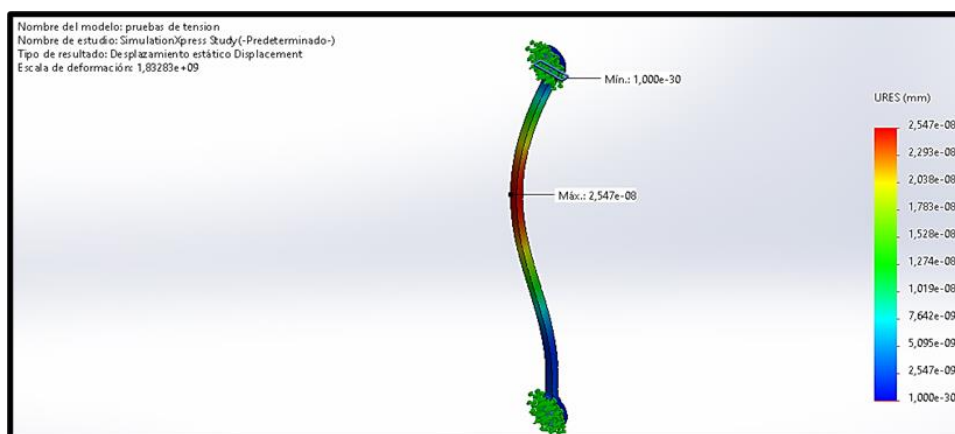


Figura 3.3 Desplazamiento del tensor

Los colores en la Figura 3.4 nos ayudan a identificar los puntos exactos del desplazamiento en el elemento, los colores de azul a rojo indican la transición del esfuerzo a la zona de coloración roja.

Para el factor de seguridad se basa en la tensión de Von mises es decir en la elasticidad del material de acuerdo con lo obtenido en el estudio los valores son superiores a 1 haciendo la pieza confiable en cuanto a su material.

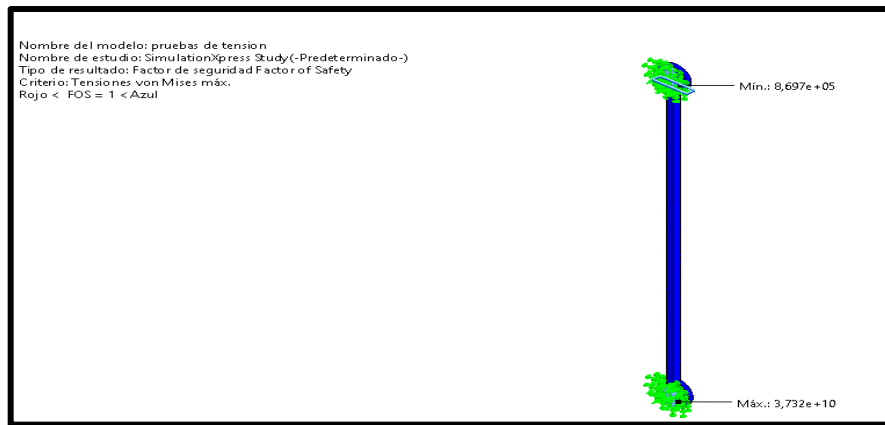
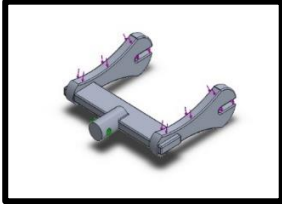


Figura 3.4 Factor de seguridad

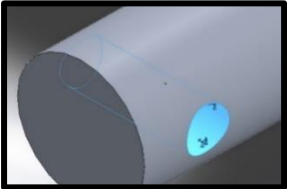
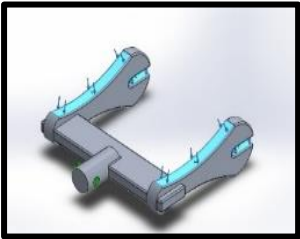
En la Figura 3.5 observamos el soporte de sujeción de motor es la siguiente pieza clave para el estudio estático ya que este en conjunto con el soporte recibirán el esfuerzo directo de las cargas, en la Tabla 3.4 se muestran las propiedades básicas de material como lo es su masa, volumen, densidad y peso, al igual que las cargas aplicadas en el estudio son en cuatro caras del modelo como se muestra en la imagen.

Tabla 3. 4 propiedades del soporte de motor

Tratado como	Propiedades volumétricas
 <p data-bbox="486 1740 568 1771">Sólido</p>	<p data-bbox="951 1585 1283 1720"> Masa:1,02823 kg Volumen:0,000383667 m³ Densidad:2.680 kg/m³ Peso:10,0766 N </p>
Propiedades	Componentes
<p data-bbox="253 1816 799 2004"> Nombre: 4032-T6 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 315 N/mm² Límite de tracción: 380 N/mm² </p>	<p data-bbox="959 1895 1273 1926" style="text-align: center;">SOPORTE DE MOTOR</p>

Para llevar a cabo el estudio se debe colocar, tanto sujeción como fuerzas mostradas en la Tabla 3.5.

Tabla 3. 5 Sujeción y cargas para el estudio de soporte de motor

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 100 N

Una vez establecido las cargas y la sujeción se selecciona el tipo de mallado que se usó es sólido debido a la naturaleza de la pieza, por otra parte, esta mallado también es estándar en base a 16 puntos jacobianos para una alta calidad, el tamaño de los elementos es de 7,26823 mm con una tolerancia de 0,363412 mm.

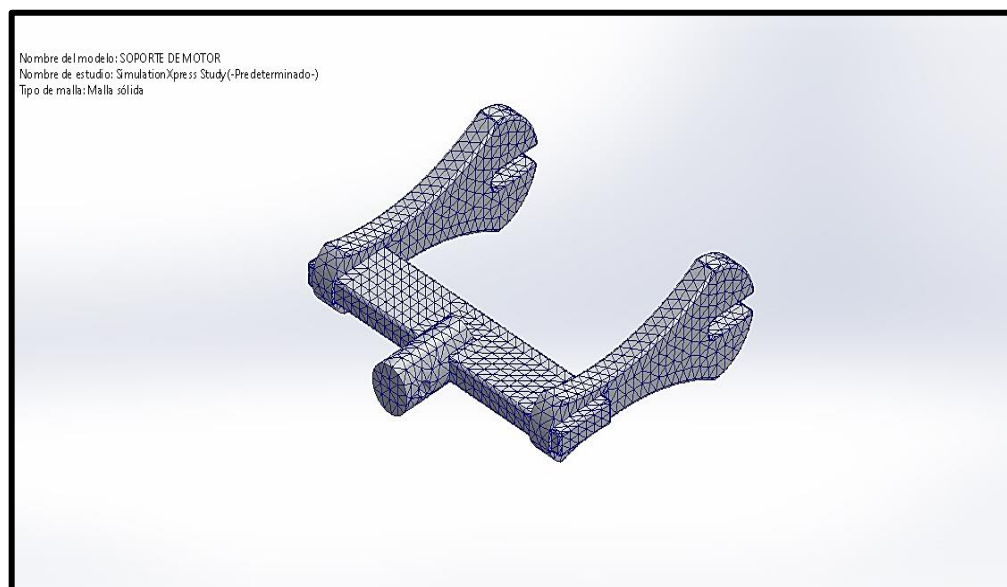


Figura 3.5 Mallado sólido

La Figura 3.7 se usó un tipo de mallado solido determinado por el tipo de pieza en el simulador. El primer análisis que se realiza es el de Von Mises o de elasticidad de la pieza sometido a la carga propuesta dio como resultado $3,596e-05\text{N/mm}^2$ (MPa) en el nodo 6879 como mínimo y $2,691e+01\text{N/mm}^2$ (MPa) en el nodo 17864 como máximo, la transición de color azul al verde muestra que el elemento soporte de motor es capaz de soportar el esfuerzo de hasta 100 newtons, ya que la carga real incluso es menor dio a conocer que su estructura y material son los adecuados.

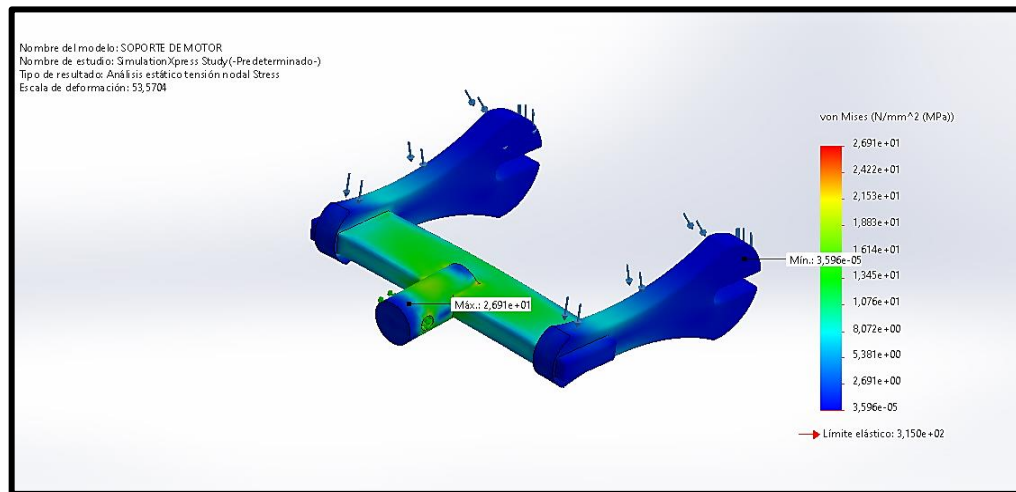


Figura 3.6 simulación de esfuerzo soportes de motor

En cuanto al desplazamiento que la pieza sufre al ser sometido a la fuerza dio a conocer un valor máximo de $4,110e-01\text{mm}$, de igual manera se aprecia en la Figura 3.8 que este valor se sitúa en las partes finales de la pinza del soporte sin embrago es muy reducido

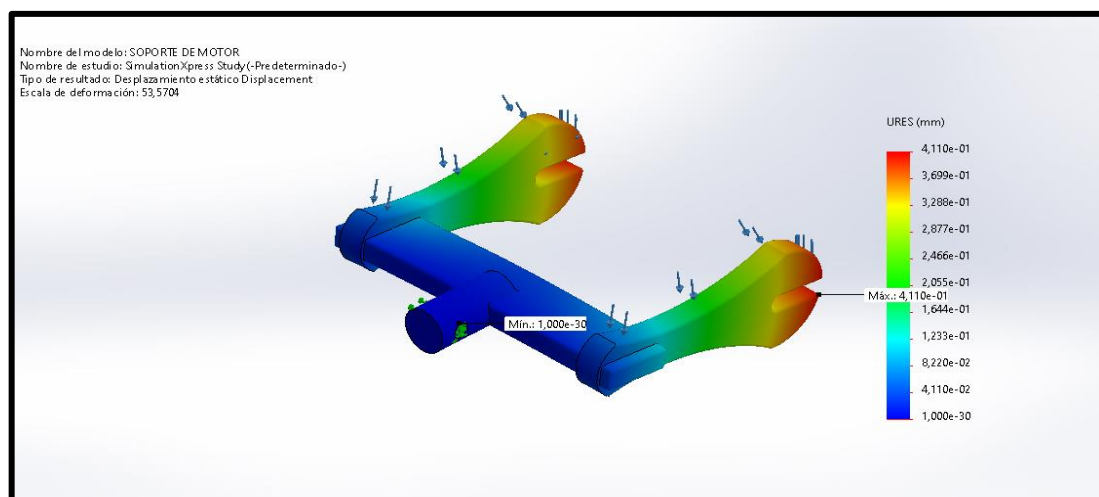


Figura 3.7 Escala de colores al ser sometido a esfuerzo

Por último, tenemos el factor de seguridad en la pieza que demostró al ser superior a 1, en la Figura 3.9, es decir la seguridad y fiabilidad del soporte de motor por medio del análisis estático es acorde a lo que se busca para el prototipo, sus detalles se encuentran en la Tabla 3.6.

Tabla 3. 6 Factor de seguridad

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad	Tensión de von Mises máx.	1,171e+01 Nodo: 17864	8,761e+06 Nodo: 6879

Las piezas ya mencionadas anteriormente, son las que se someten a esfuerzos considerables en el prototipo dando a conocer que su diseño tanto como selección de su material fueron acertados para proceder a la fabricación.

3.4. MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN

Los materiales que fueron seleccionados para realizar el prototipo son, acero A36, aluminio y PLA, los cuales, en base a sus características principales plasmadas en el CAPITULO II, por medio de comparativas del aluminio en contraste a otros elementos.

Es la razón fundamental por la cual fue escogido como material principal al aluminio 4032 por su resistencia a la deformación, dureza, al igual que su elasticidad entre otras, una vez establecida la superioridad del aluminio frente al duralón y teflón para piezas de esfuerzo en el proyecto, el factor económico jugo un papel importante debido a que el aluminio en cuestión es básicamente reciclado de partes automotrices, lo cual lo hace un material accesible y económico en comparación con los otros materiales, los materiales como el acero A36, fue empleado como barras de soporte en el prototipo debido a su dureza y resistencia a la compresión, por último, el PLA por su facilidad de mecanizado y características, fue utilizado para la obtención de positivos, estos a su vez fueron temporales remplazados por el aluminio, el tiempo de materializarlos oscilo desde las cuatro hasta las setenta y dos horas de impresión, al igual que dependió del tamaño de cada pieza, el porta pantalla se decidió conservarlo en material PLA, ya que esta componente que no sufrió grandes esfuerzos, otro factor de relevancia del PLA fue su plasticidad, esta juega un importante papel debido a que el prototipo es desmontable, su ensamblaje y desensamblaje serán constantes, es decir hay mayor riesgo de deformación del material al someterlo a fuerza, produciendo daño en los roscados o ruptura de las piezas.

La fundición se realiza por medio de moldeo en arena y vertido de aluminio, finalmente se dio acabados a las piezas, debido a la superficie rugosa por el proceso de fundición, para su ensamblaje final se hace uso únicamente de las llaves tipo Allen número 3mm,4mm,4.76mm (3/16”) y una llave ajustable o inglesa de 150 mm (6”).

3.5. PRUEBAS DE RUTA

Para la obtención de un valor real en cuanto a las rutas se realizaron cinco pruebas por ruta considerando los parámetros con y sin asistencia.

En la Tabla 3.7, se puede apreciar que la tensión arterial varía de manera considerable, es decir el esfuerzo realizado por el usuario es mayor, al igual que las pulsaciones por minuto, la distancia recorrida es de 4.9 km, variando su tiempo por prueba 14 a 16 minutos, quemando un aproximado de 155 a 176 calorías en cada prueba.

Tabla 3. 7 Ruta #1- Los ceibos- La victoria- UTN SIN ASISTENCIA

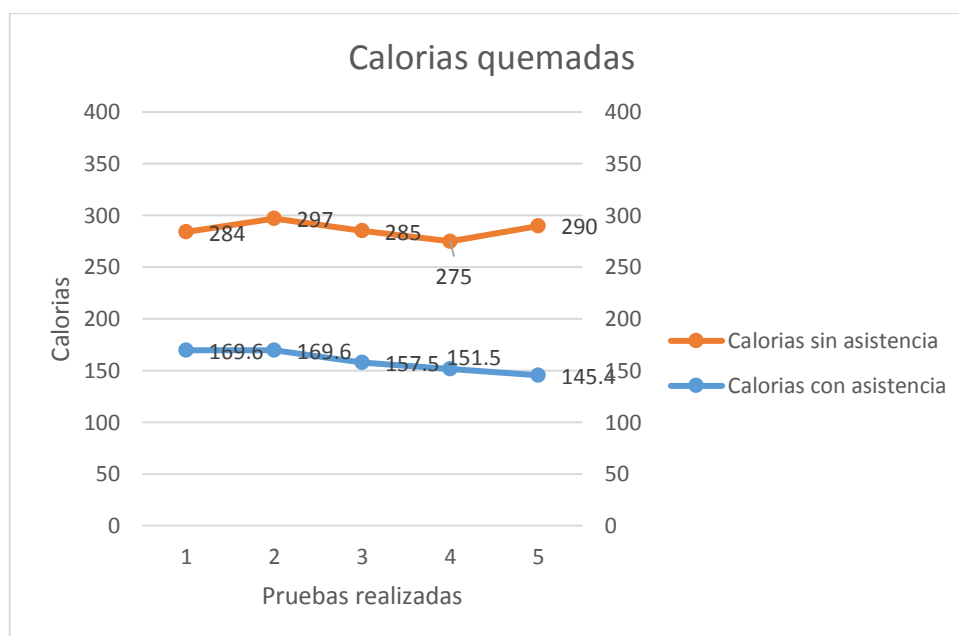
Datos	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4		Prueba 5	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
Tensión alta	132	152	131	154	128	149	135	155	130	151
Tensión baja	85	88	91	95	91	92	94	89	79	85
Ppm	101	155	80	154	82	149	80	152	90	148
Hora	10:25 am	10:41 am	10:15 am	10:30 am	10:18 am	10:32 am	10:23 am	10:39 am	10:33 am	10:48 am
Tiempo	15,10 min		15,07 min		14,24 min		16,20 min		15,22 min	
Calorías	164 Cal		164 Cal		155 Cal		176 Cal		166 Cal	

En la Tabla 3.8 se observó que el tiempo transcurrido por cada prueba varía entre 14.15 a 15.47 minutos, por otra parte, el consumo de calorías está en un rango de 84.8 a 90.9 en cada prueba, al contar con asistencia se considera el parámetro de voltaje del sistema de propulsión dando un consumo de 7.56 voltios en promedio.

Tabla 3. 8 Ruta #1-Los ceibos- La victoria- UTN CON ASISTENCIA

Datos	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4		Prueba 5	
	Inicio	final	Inicio	final	Inicio	Final	Inicio	final	Inicio	final
Tensión alta	132	131	126	129	127	133	134	133	132	136
Tensión baja	85	90	91	93	91	95	94	96	92	97
Ppm	100	98	80	94	82	92	80	88	90	95
Hora	10:11 am	10:25 am	10:01 am	10:16 am	10:25 am	10:39 am	10:06 am	10:21 am	10:02 am	10:17 am
Tiempo	14.15 min		15,47 min		14,37 min		15,20 min		15,23 min	
Calorías	84.8 Cal		90.9 Cal		84.8 Cal		90.9 Cal		90.9 Cal	
Voltaje	65v	58.6 v	65v	57.6v	65v	57.3v	65v	57.9v	65v	58.3v

Para tener una mejor apreciación de los valores obtenidos en la tabla anterior se decidió realizar un diagrama de líneas y así apreciar los resultados de una manera más resumida.

**Figura 3.8** Calorías quemadas con asistencia vs sin asistencia ruta # 1

Es notorio la diferencia de consumo de calorías al no contar con asistencia como nos muestra la Figura 3.10, es decir la inactividad del usuario al estar asistido es muy evidente.

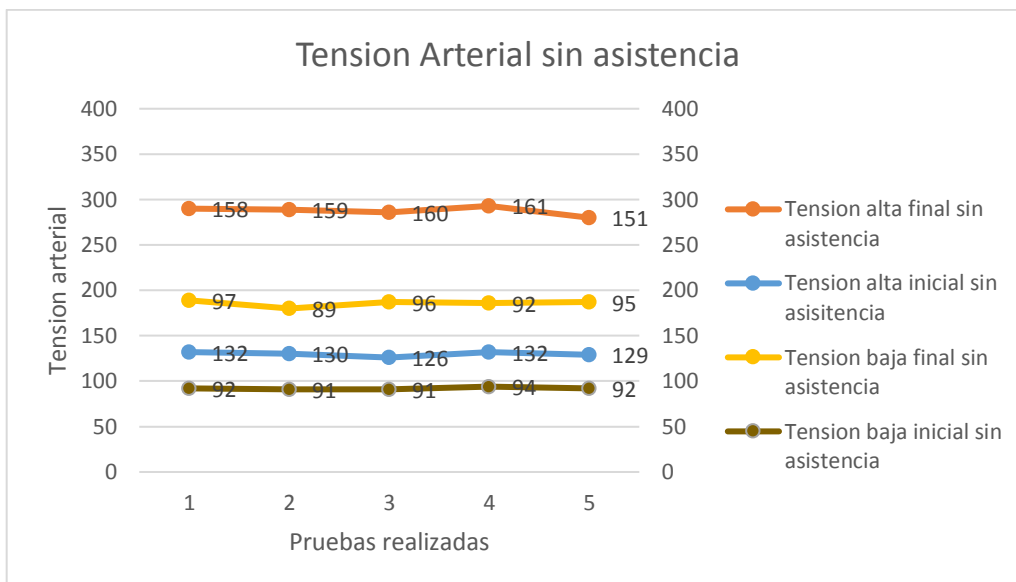


Figura 3.9 Tensión arterial baja y alta sin asistencia ruta # 1

La tensión arterial se comprende como la presión ejercida en las paredes venas está vinculada directamente con los latidos del corazón, esta al igual se categoriza en tensión alta se mide cuando el corazón se contrae y baja cuando el corazón se relaja, la variación de latidos en el corazón, la Figura 3.11 indico el incremento de esta únicamente al final esto se debe al esfuerzo que realizo el usuario en cada una de las pruebas.

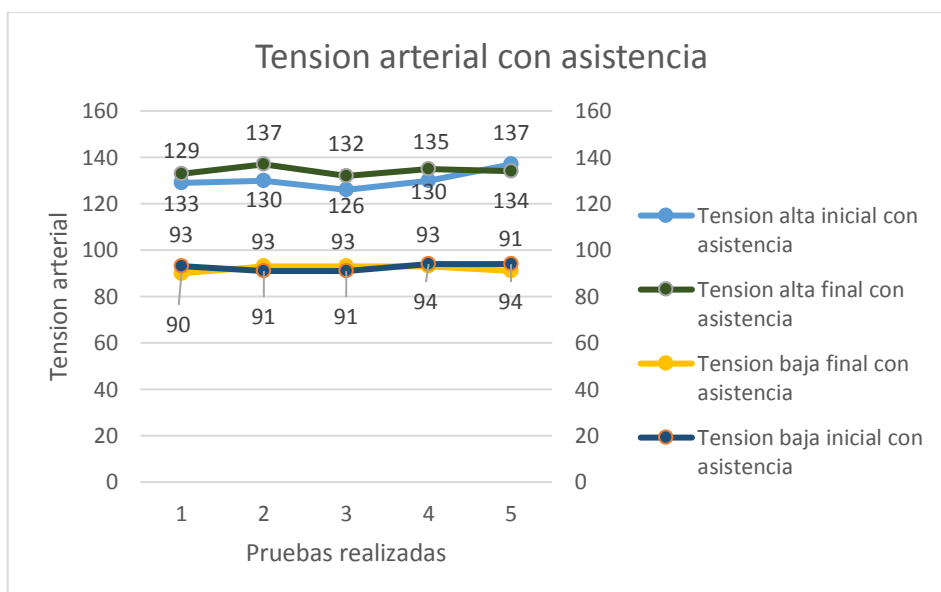


Figura 3.10 Tensión arterial baja y alta con asistencia ruta # 1

Al hacer usos del asistente en la Figura 3.12 se demuestra que la tensión arterial fue constante sin variantes, más que de dos a tres dígitos con la reducción del esfuerzo del usuario.

La Tabla 3.9 se recolecto los siguientes resultados, dándonos valores en tiempo de 12.23 a 17.9 minutos, en una distancia de 3,5 km, el consumo energético por otra parte fue de 133 a 186 calorías.

Tabla 3. 9 Ruta # 2 - Azaya- UTN SIN PROTOTIPO

Datos	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4		Prueba 5	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
Tensión alta	134	152	130	155	124	150	131	153	127	154
Tensión baja	95	88	91	90	91	89	94	86	96	92
Ppm	93	154	79	153	82	151	80	150	90	152
Hora	9:34 am	9:46 am	9:15 am	9:30 am	9:18 am	9:31 am	9:23 am	9:37 am	9:33 am	9:50 am
Tiempo	12,23 min		15,19 min		13,34min		14,26 min		17,09min	
Calorías	133 Cal		165 Cal		145 Cal		155 Cal		186 Cal	

La Tabla 3.10 se obtuvo los siguientes datos, en cuanto al tiempo oscila de 11.13 minutos a un máximo de 14.18, la igual que su gasto calórico fue de 66.6 a 84.8 calorías, en cuanto a voltaje tenemos un consumo de 5.02 voltios en 3,5 km

Tabla 3. 10 Ruta #2- Azaya -UTN CON PROTOTIPO

Datos	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4		Prueba 5	
	Inicio	final	Inicio	final	Inicio	final	Inicio	final	Inicio	final
Tensión alta	113	146	130	140	127	133	125	140	129	132
Tensión baja	73	91	91	92	91	92	94	96	91	93
Ppm	90	95	79	92	82	94	80	97	90	95
Hora	9:04 am	9:15 am	9:15 am	9:28 am	9:07 am	9:21 am	9:03 am	9:16 am	9:33 am	9:45 am
Tiempo	11.13 min		13,23 min		14,18 min		13,15 min		12,27 min	
Calorías	66.6 Cal		78.8 Cal		84.8 Cal		78.8 Cal		72.7 Cal	
Voltaje	65 v	58.2 v	65 v	60.3v	65v	61.1v	65v	59.9v	65v	60.4v

De igual manera que en los resultados de la ruta Los ceibos- La victoria realizamos diagramas para apreciar de mejor manera los resultados obtenidos.

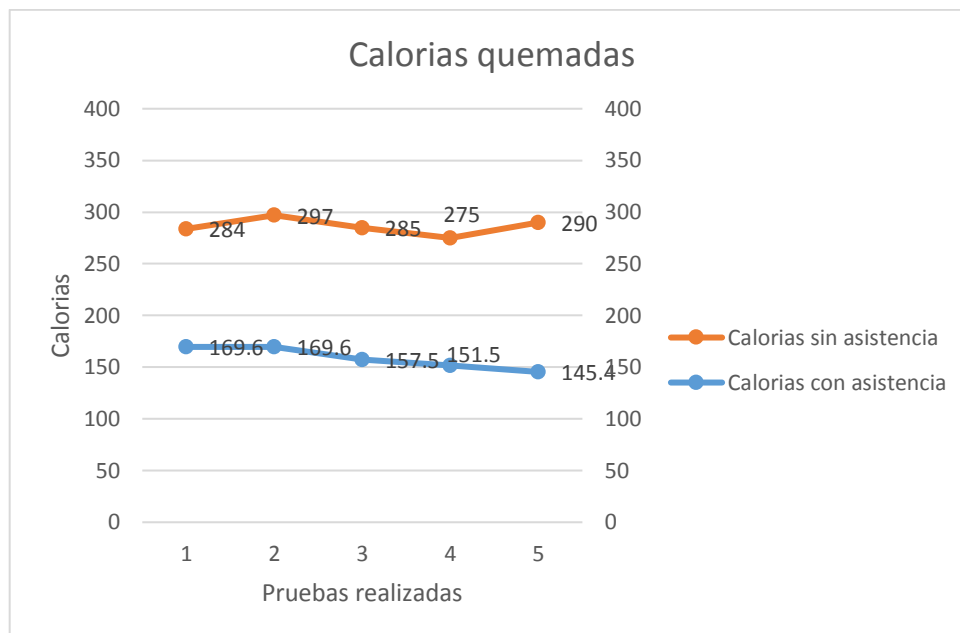


Figura 3.11 Calorías quemadas con asistencia vs sin asistencia ruta # 2

Comparando los valores obtenidos del consumo calórico, al igual que la prueba anterior fue elevado sin asistencia como se muestra en la Figura 3.13.

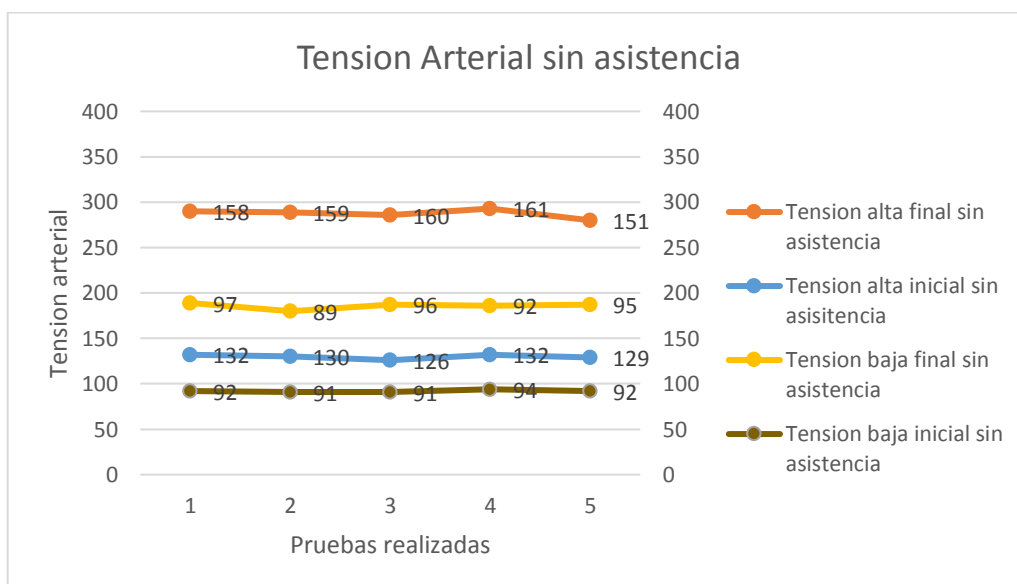


Figura 3.12 Tensión arterial alta y baja sin asistencia ruta # 2

La tensión arterial sin el asistente en la ruta # 2 como se observa en la Figura 3.14 fue alta únicamente al final de las pruebas tanto en la baja como en alta, de la misma manera los latidos por minuto variaron.

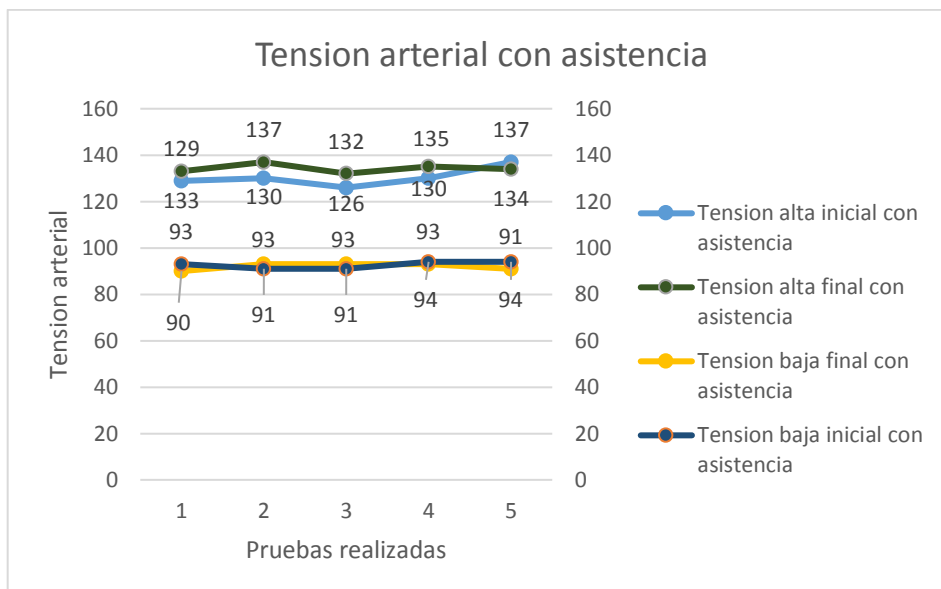


Figura 3.13 Tensión arterial baja y alta con asistencia ruta # 2

En cuanto a la tensión al ser asistido la variación fue baja como se muestra en la Figura 3.15, de acuerdo con esto las pulsaciones por minuto también lo son como se indica en la Tabla 3.17

Los resultados obtenidos en la Tabla 3.11, son de 25.23 minutos como mínimo hasta un máximo de 27.24 minutos en una distancia de 4.2 km con un consumo calórico desde 275 a 290 calorías.

Tabla 3. 11 Ruta #3 Terminal terrestre Ibarra – av. Carchi –UTN SIN ASISTENCIA

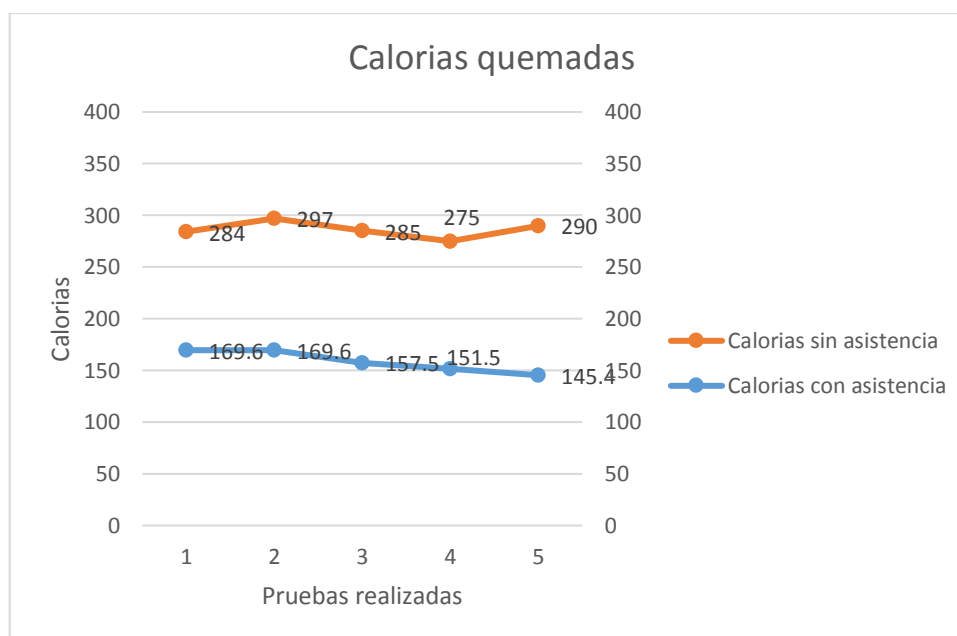
Datos	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4		Prueba 5	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
Tensión alta	132	158	130	159	126	160	132	161	129	151
Tensión baja	92	97	91	89	91	96	94	92	92	95
Ppm	93	156	89	155	82	157	80	152	90	153
Hora	11:05 am	11:31 am	11:15 am	11:42:15 am	11:15 am	11:35 am	11:10 am	11:33 am	11:03 am	11:28 am
Tiempo	26,11 min		27,24 min		26,16 min		25,23 min		25,6 min	
Calorías	284 Cal		297 Cal		285 Cal		275 Cal		290 Cal	

Los resultados en la Tabla 3.12 adquiridos en las pruebas son de 25.07 minutos hasta los 28.12 con un consumo calórico de 145.4 hasta 169.6 calorías, el voltaje fue registrado en un consumo de 6.48 voltios en promedio.

Tabla 3. 12 Ruta #3 Terminal terrestre Ibarra – av. Carchi –UTN CON ASISTENCIA

Datos	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4		Prueba 5	
	Inicio	final	Inicio	final	Inicio	final	Inicio	final	Inicio	Final
Tensión alta	129	133	130	137	126	132	130	135	137	134
Tensión baja	93	90	91	93	91	93	94	93	94	91
Ppm	95	92	79	91	82	94	80	95	90	96
Hora	12:14 pm	12:44 pm	12:01 pm	12:28 pm	12:07 pm	12:33 pm	12:13 pm	12:48 pm	12:02 pm	12:27 pm
Tiempo	28,10 min		28,12 min		26,03 min		25,07 min		24,14 min	
Calorías	169.6 Cal		169.6 Cal		157.5 Cal		151.5 Cal		145.4 Cal	
Voltaje	65v	58.7v	65v	58.3 v	65v	58.5 v	65v	58.7v	65v	58.4v

La ruta 3 nos dio a conocer un consumo mayor en cuanto a voltaje sin embargo el tiempo es similar ya que en la ruta prevista las señalizaciones son numerosas, al igual que se acataron las leyes de tránsito en cuanto a circulación dentro del territorio.

**Figura 3.14** Calorías quemadas con asistencia vs sin asistencia ruta # 3

Tal cómo indican los resultados y la Figura 3.16, al ser mayor la distancia en la ruta # 3, sin asistencia el consumo de calorías fue incrementado incluso más que en las otras pruebas.

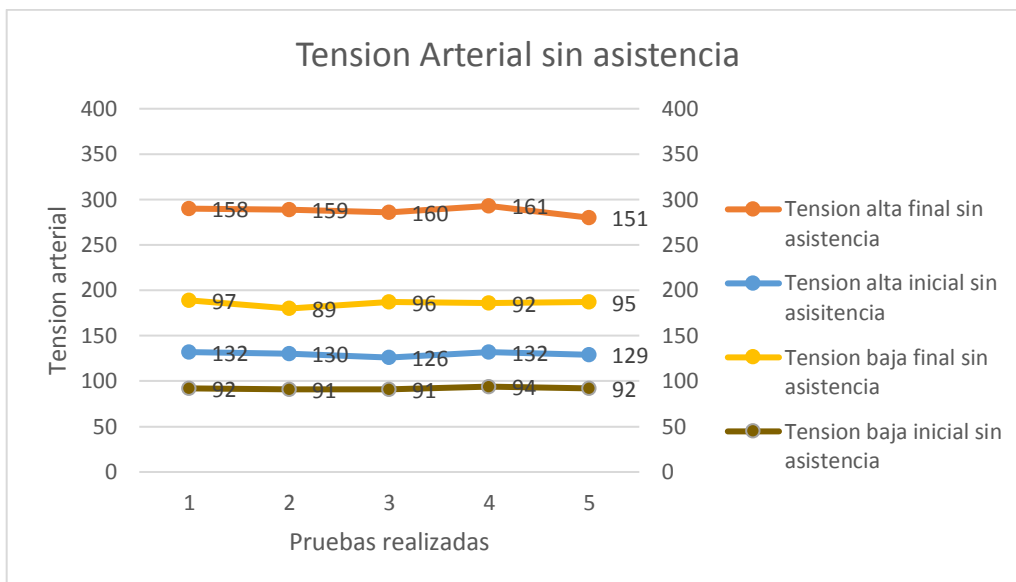


Figura 3.15 Tensión arterial baja y alta sin asistencia ruta # 3

La Figura 3.17 muestra la tensión la alta final fue muy elevada al igual que la baja en un tramo de 4.2 km incluso habiendo paradas intermitentes por la señalética.

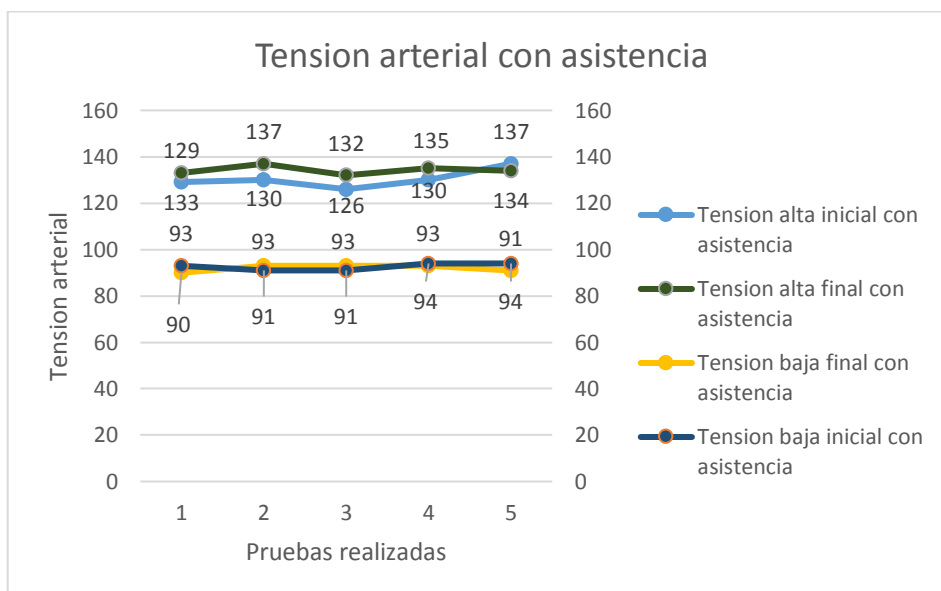


Figura 3.16 Tensión arterial baja y alta con asistencia ruta # 3

La tensión arterial tuvo una variación en un rango mínimo al tener asistencia como muestra la Figura 3.18.

Los resultados plasmados en la Tabla 3.13 fueron desde 26.10 minutos que variaron hasta los 31.21 minutos entre las distintas pruebas, al igual que un gasto calórico de 284 calorías

en un mínimo hasta llegar a un máximo de 340 calorías estos valores fueron reflejados en una distancia de 4.5 km.

Tabla 3. 13 Ruta # 4 Terminal terrestre Ibarra – calle Oviedo –UTN SIN ASISTENCIA

Datos	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4		Prueba 5	
	Inicio	final	Inicio	final	Inicio	final	Inicio	final	Inicio	final
Tensión alta	129	157	130	152	126	159	129	157	128	157
Tensión baja	91	96	91	92	92	93	94	96	82	96
Ppm	94	159	79	161	88	160	80	157	90	153
Saturación de oxígeno	92 %	94 %	89 %	92 %	90 %	94 %	93 %	94 %	92 %	94 %
Hora	12:12 pm	12:4 pm	12:02 pm	12:33 pm	12:22 pm	12:51 pm	12:13 pm	12:39 pm	12:17 pm	12:56 pm
Tiempo	29,11 min		31,21 min		29,22 min		26,10 min		29,23 min	
Calorías	317 Cal		340 Cal		318 Cal		284 Cal		318 Cal	

Por otra parte, al ser asistido no refleja una variante de 17.22 minutos hasta los 25.20 minutos de tiempo transcurrido en 4.5 km, tal como la tabla 3.14 nos indica, el gasto calórico vario entre 103 calorías en un mínimo y 151.2 como máximo, su voltaje tuvo un consumo de 7.52 voltios.

Tabla 3. 14 Ruta #Terminal terrestre Ibarra – calle Oviedo –UTN CON ASISTENCIA

Datos	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 4		Prueba 5	
	Inicio	final	Inicio	final	Inicio	final	Inicio	final	Inicio	final
Tensión alta	134	129	130	132	131	134	129	134	129	132
Tensión baja	95	89	91	92	91	94	94	95	82	96
Ppm	92	93	89	93	87	92	90	94	90	95
Hora	1:13 pm	1:24 pm	1:09 pm	1:22 pm	1:05 pm	1:22 pm	1:16 pm	1:32 pm	1:19:14 pm	1:36 pm
Tiempo	17,31 min		25,20 min		17,22 min		18,28 min		19,32 min	
Calorías	103 Cal		151.5 Cal		103 Cal		109.1 Cal		115.1 Cal	
Voltaje	65v	57.4v	65v	57.8v	65v	57.3v	65v	57.4v	65v	57.2v

Por último, en la ruta Terminal terrestre Ibarra – calle Oviedo –UTN observamos con diagramas de líneas los diferentes resultados en cuanto a calorías consumidas y Tensión arterial alta y baja cuando usamos o no el prototipo.

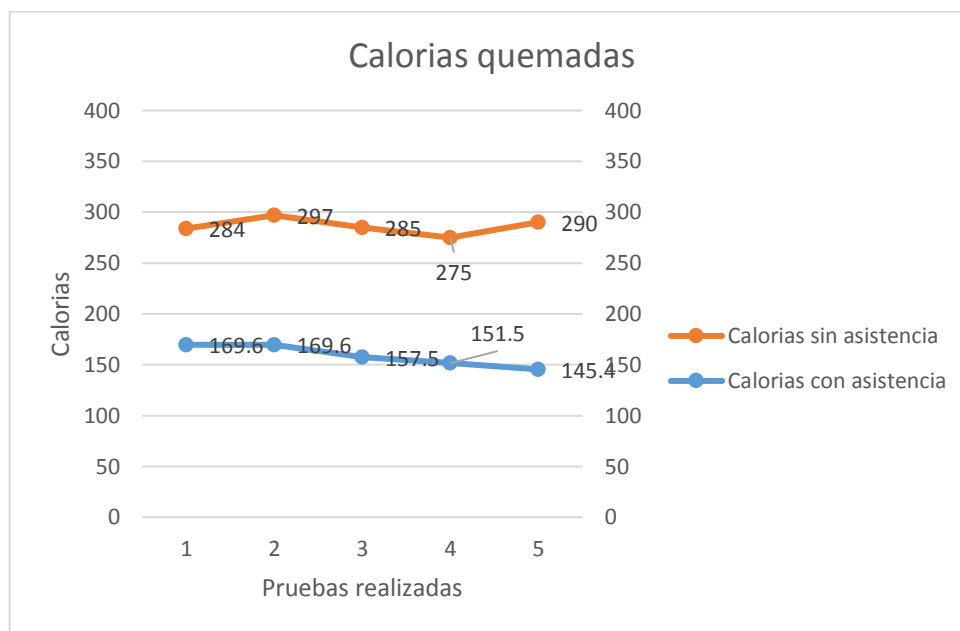


Figura 3.17 Calorías quemadas con asistencia vs sin asistencia ruta # 4

Por último, en la Figura 3.19 observamos que el consumo de calorías fue mayor sin asistente a diferencia de la primera sube en un 200%, mientras que con asistencia se mantuvo parcialmente bajo.

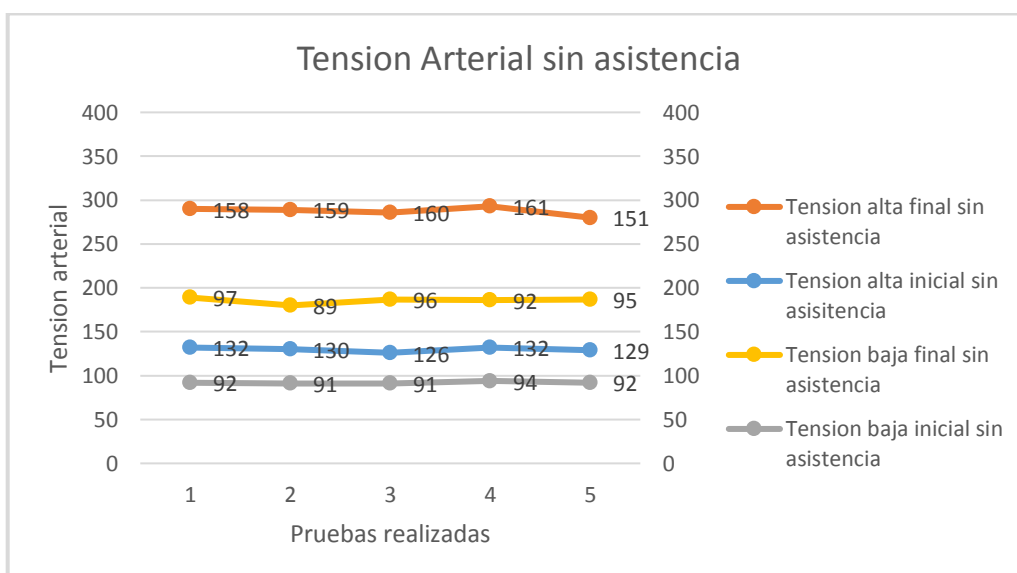


Figura 3.18 Tensión arterial baja y alta sin asistencia ruta # 4

La figura 3.20 se grafica los resultados obtenidos que al igual que las pruebas anteriores la tensión significativa fue la final alta vinculada con el esfuerzo del usuario, por ende, las pulsaciones finales por minuto obtenidas en la tabla 3.21 son concordantes.

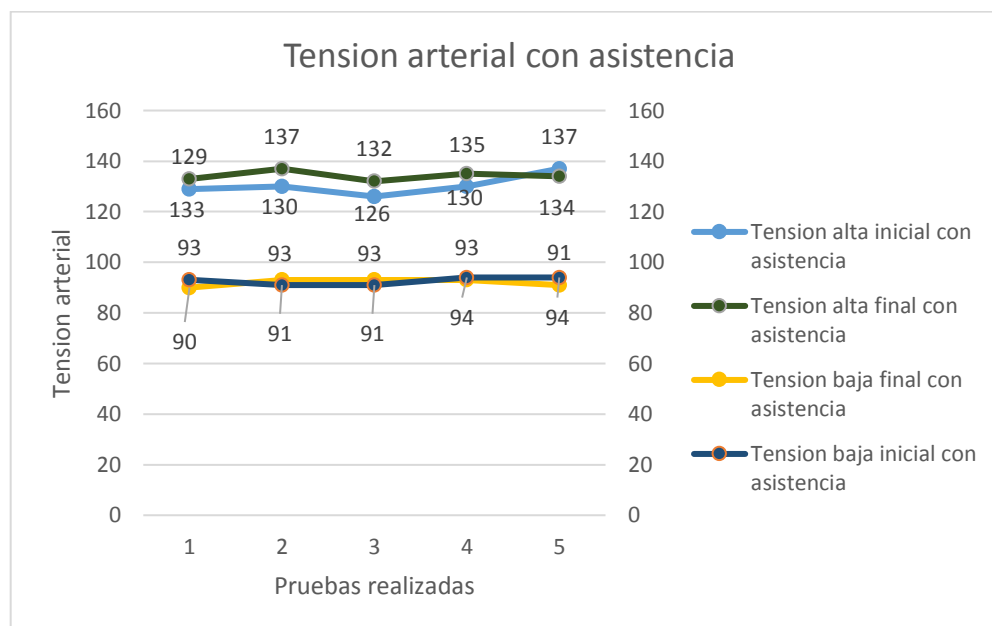


Figura 3.19 Tensión arterial baja y alta con asistencia ruta # 4

En la Figura 3.21 se demostró una vez más que al hacer uso de asistencia la tensión arterial no se altera.

En la siguiente Tabla 3.15 se observa los datos promedio obtenidos, los cuales son un indicativo de la diferencia que existió al hacer uso del prototipo en contraste de no ser usado el mismo.

Tabla 3. 15 Resumen de valores obtenidos en ruta

Datos	RUTA 1				RUTA 2			
	SIN ASISTENCIA		CON ASISTENCIA		SIN ASISTENCIA		CON ASISTENCIA	
	Promedio		Promedio		Promedio		Promedio	
	Inicio	final	Inicio	final	Inicio	final	Inicio	final
Tensión alta	131,2	152,2	130,2	132,4	129,2	152,8	124,8	138,2
Tensión baja	88	89,8	90,6	94,2	93,4	89	88	92,8
Ppm	86,6	151,6	86,4	93,4	84,8	152	84,2	94,6
Tiempo	15,23 min		14,48 min		14,42 min		13,20 min	
Voltaje			65 v	57,94 v			65 v	59,98
Calorías	165 cal		88.4 cal		156.8 cal		76.34 cal	

Tabla 3. 15 Resumen de valores obtenidos en ruta (continuación)

	RUTA 3				RUTA 4			
	SIN ASISTENCIA		CON ASISTENCIA		SIN ASISTENCIA		CON ASISTENCIA	
Datos	Promedio		Promedio		Promedio		Promedio	
	Inicio	final	Inicio	final	Inicio	final	Inicio	final
Tensión alta	129,8	157,8	130,4	134,2	128,4	156,4	130,6	132,2
Tensión baja	92	93,8	92,6	92	90	94,6	90,6	93,2
Ppm	86,8	154,6	85,2	93,6	86,2	158	89,6	93,4
Tiempo	26,34 min		26,30 min		29,04 min		25,26min	
Voltaje			65 v	58,52 v			65 v	57,42v
Calorías	286.2 cal		158.72 cal		315.4 cal		116.34 cal	

De acuerdo a los datos obtenidos promediados, se puede apreciar la gran diferencia que existe al ser asistido y el esfuerzo ejercido por el usuario, como se muestra en la Tabla 3.15 el valor de tensión alta y baja tanto inicial como final referente a la ruta uno podemos acotar, en cuanto a las pulsaciones por minuto se ve una gran diferencia en cuanto al estado de reposo tenemos 86.6 ppm al iniciar la prueba, posterior a esta se observa que las ppm son de 151.6, demostrando el alza de las mismas debido al esfuerzo que el usuario ha realizado, contrastando estos valores a los obtenidos en el uso del prototipo es evidente que las pulsaciones por minuto al final de la ruta son de 93.4, dándonos la diferencia de baja de pulsaciones de 58.2 ppm, es decir reduciendo el esfuerzo en un 61.60 %, de esfuerzo en el usuario.

Tomando el consumo diario de una persona es de 2000 calorías, las pruebas de ruta nos muestran un consumo promedio de 11.54 % de calorías sin asistencia, por otra parte, el consumo promedio de calorías con asistencia es de 5.5 %, con un ahorro de energía del 6.04 % en el usuario, considerando que el prototipo es portátil, al no interferir en la estructura de la bicicleta esta puede ser usada en para actividad física o el requerimiento del usuario.

En cuanto al tiempo transcurrido se pudo observar que son limitados en un rango muy corto entre el uso del prototipo y la propulsión del usuario, cabe recalcar que el usuario tendrá que exigirse un esfuerzo considerable para cumplir dichos tiempos.

Por otra parte, los voltajes registrados muestran un consumo de la batería aproximados en 5 a 7 voltios en distancias entre 3,5 y 4,9 km, esto demostró que su desgaste fue mínimo en cuanto a todas las rutas previstas cumpliendo con las expectativas del proyecto.

Tal como se muestra en cada una de las rutas, todos los parámetros fueron recurrentes en cada uno de los aspectos tanto como calorías consumidas, tiempo, kilómetros recorridos, asistencia al usuario.

3.6 ANÁLISIS DE COSTOS

Se analizó el costo de adquisición de componentes, el diseño de cada una de las piezas que sirvieron como soporte o acoplamiento para los componentes previamente adquiridos, la impresión de las piezas en una máquina 3D, un proceso de fabricación de las piezas por medio de fundición y finalmente un acabado de las piezas para su presentación.

3.6.1 SISTEMA DE PROPULSIÓN

Para la adquisición de los componentes que se acoplaron a las diferentes piezas diseñadas usamos medios digitales como lo es la página virtual de Alibaba para adquirirlos, dicha página virtual nos redireccionó al producto de marca BAFANG el cual distribuye este tipo de componente, en la Tabla 3.16 observamos en detalle los accesorios que conforman este kit y su respectivo valor.

Tabla 3.16 Costo del kit de conversión

Componentes	Costo total en dólares
Motor	55
Batería	87
Controlador	65
Manigueta	8
Display o pantalla	13
Acelerador	11
Puerto de carga USB	9
Linterna o luz nocturna	8
Total	256

3.6.2 DISEÑO

El diseño realizado en función a las piezas se hizo por medio de los autores sin embargo el tiempo que este tomó para su elaboración es considerado de acuerdo con la tarifa más básica, dentro de los parámetros, en la Tabla 3.17 se aprecia tanto las horas implementadas en diseño al igual que los posibles imprevistos como es la falla en cuanto a medidas.

Tabla 3.17 Costo de diseño

Elementos	Detalle	Cantidad en horas	Costo por hora en dólares
Mano de obra		8	8.50
Imprevistos por rediseño	Mal dimensionado de piezas	3	8
		Total	92

3.6.3 IMPRESIONES 3D

En cuanto a las impresiones en la Tabla 3.18 consta el precio unitario de cada pieza, esto debida a la demanda su precio se vio reducido al mínimo, sin embargo los errores que se hacen presentes tenían el mismo costo.

Tabla 3.18 Costo impresión 3D

Elementos	Detalle	Cantidad	Costo
Piezas		8	15
Imprevistos de reimpresión	Daños de extrusor, pieza inconclusa	2	15
		Total	150

3.6.4 FUNDICIÓN EN ALUMINIO

Nos valimos de un tercero para realizar este proceso, ya que es necesario instalaciones e insumos, cada pieza se determinó un valor como se muestra en la Tabla 3.19 la variación de precio es debido a su tamaño.

Tabla 3.19 Costo de proceso de fundición

Elementos	Cantidad	Costo
Porta batería y controlador	1	45
Sujeciones de porta batería	3	8
Porta acelerador	1	10
Sujeción de porta acelerador	1	8
Soporte de motor	1	35
Sujeción de soporte de motor	1	10
Total		132

3.6.5 ACABADOS DE LAS PIEZAS

En la Tabla 3.20 detallamos los insumos que se utilizaron al igual que la adquisición de algunas herramientas que fueron de carácter necesario para realizar los acabados.

Tabla 3.20 Insumos para acabados

Descripción	Numero	Costo
Bicicleta	1	60
Pintura en aerosol	6	3.75
Plano y estrella	4	1.55
Martillo tipo bola	1	2.75
Lima de grano grueso y grano delgado	4	0.60
Lija de acero número 80,100,220,400,1000	7	0.80
Roto martillo marca BP	1	45
Entenalla de 3" marca BP	1	35
Entenalla de 2" marca BP	1	25
Esmeril de 5" marca BP	1	56
Playo regulable	1	5.55
Amoladora marca Bosch	1	70
Disco de desbaste de metal de 7"	1	3.50
Disco de 7" para pulir metal	1	3.75
Brocas de metal número 8,10,12	5	6.30
Machuelos de roscar M4	1	4.56
Broca para acero escalonada de hasta	1	3.65
Juego de hexagonales	1	6.40
Acero A36	1	5
	Total	368.36

3.6.6 COSTO TOTAL DE MANUFACTURA

Una vez detallado el costo de lo mencionado anteriormente, se realizó la suma de todos los gastos mostrados en la Tabla 3.21.

Tabla 3.21 Costo total de manufactura

Elementos	Cantidad	Costo
Kit de conversión	1	265
Diseño	3	92
Impresión 3D	1	150
Fundición en aluminio	1	132
Insumos	1	368.36
	Total	998.36

Para tener una mejor comprensión en cuanto a costos se refiere, se realizó una comparativa con una bicicleta eléctrica que posee las mismas características que tiene el prototipo, en la Tabla 3.22 podemos ver el precio de la bicicleta versus el prototipo terminado.

Tabla 3.22 Costo bicicleta eléctrica vs prototipo

Precio en dólares de bicicleta eléctrica	Precio en dólares del prototipo terminado
1559	998.36

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

1. Después de realizar el análisis teórico y mediante la aplicación de cálculos se encontró que en la ciudad de Ibarra es necesario un motor eléctrico sin escobillas que mínimo provea 495,80 watts y 19.9 N*m por lo que se adquirió un motor de 500 watts con 48 N*m, de esta forma se logró solventar los requerimientos de propulsión de la bicicleta, sistema de propulsión y un usuario.
2. Para el diseño del sistema de automoción portátil eléctrico de transporte unipersonal, fue necesario seleccionar la propulsión y usando la herramienta software CAD se realizó cada una de las piezas acorde con las dimensiones requeridas por los componentes y la bicicleta, para el propósito de la presente no fue necesario modificar la estructura física de la bicicleta por que esta cumplía con los requerimientos base del proyecto en cuanto a portabilidad.
3. El proceso de selección del material fue comprobado mediante análisis estático, en la cual se optó por seleccionar aluminio 4032 y acero A36 en virtud de la exigencia a la que van a ser sometidas las partes en función del esfuerzo, esta elección en proceso demostró ser una decisión acertada para el desarrollo de las piezas en cuestión que fueron el soporte de motor y tensores, en las diferentes pruebas de esfuerzo y desplazamiento aplicadas el material soporto sin mayor dificultad, brindando el factor de seguridad mayor 1 lo que implica que es seguro o no fallara, de igual manera el PLA se usó para la elaboración de piezas que albergan componentes que no están sometidos a esfuerzos.
4. En cuanto a las pulsaciones por minuto se ve una gran diferencia en cuanto al estado de reposo tenemos 86.6 ppm al iniciar la prueba, posterior a esta se observa que las ppm son de 151.6, demostrando el alza de las mismas debido al esfuerzo que el usuario ha realizado, contrastando estos valores a los obtenidos en el uso del prototipo es evidente que las pulsaciones por minuto al final de la ruta son de 93.4, dándonos la diferencia de baja de pulsaciones de 63.2 ppm, es decir reduciendo el esfuerzo en un 57.12 %, de esfuerzo en el usuario.

Tomando el consumo diario de una persona es de 2000 calorías, las pruebas de ruta nos muestran un consumo de un 11.54 % de calorías sin asistencia, por otra parte, el consumo

de calorías con asistencia es de 5.5 %, con un ahorro de energía del 6.04 % en el usuario, por otra parte, los voltajes registrados muestran un consumo de la batería aproximados en 5 a 7 voltios en distancias entre 3,5 y 4,9 km, esto demostró que su desgaste fue mínimo en cuanto a todas las rutas previstas cumpliendo con las expectativas del proyecto.

4.2. RECOMENDACIONES

1. Al adquirir los componentes deben ser en conjunto mas no por separado, esto se debe a sus características de fabricación, es decir se complementan, particularmente lo que se refiere a motor, controlador y batería, evitar la manipulación de los componentes sin previo conocimiento al uso de estos exceptuando la batería la cual se deberá cargar después de su uso.
2. Hacer uso de la guía práctica de software CAD (SolidWorks) con el fin de facilitar la creación de los diseños.
3. Evitar que los componentes electrónicos sufran daños por agentes externos como es humedad, agua o suciedad, al igual que no se debe exceder los límites de velocidad preprogramados en el prototipo debido a que el sistema de frenos podría sufrir fatiga excesiva o fallo completo.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

1. boles michael, c. A. Y. (2012). Termodinamica - cengel 7th: vol. 7^a edicion (mcgraw hill (ed.)).
2. Bun-ca. (2009). Manual técnico de motores eléctricos (2009th ed.). Diseño editorial s.a.
3. Videla flores, a. (2013). Manual de motores eléctricos. Manual de motores eléctricos, 3–5. [Kimerius.com/app/download/5783169262/manual+de+motores+eléctricos.pdf](https://www.kimerius.com/app/download/5783169262/manual+de+motores+eléctricos.pdf)

revista

1. Inec. (2017). Anuario de estadísticas de transporte 2017 diciembre, 2018. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/estadisticas_economicas/estadistica_de_transporte/2017/2017_transporte_presentacion.pdf
2. Pulse, a. R. (2015). La ciudad del futuro es de los ciclistas. 2014.

Documentos de internet

1. Google maps. (n.d.). Retrieved april 18, 2022, from <https://www.google.com/maps/@0.3501332,-78.1189252,14z/data=!5m1!1e4>

Tesis o proyectos de titulación

2. Aguilar, j. (2014). Universidad politécnica salesiana sede quito. Tesis, 1–118. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/ups-cyt00109.pdf>
3. Almagro, j. S. (2007). Universidad san francisco de quito universidad san francisco de quito. Director, 1–50. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=s0718-07642019000300083&script=sci_arttext&tlng=n
4. Aluminio, a. D. E., & fabal, c. C. (2017). Escola politécnica superior.
5. Álvarez, d. (2018). Estudio de patrones de movilidad de trabajadores y estudiantes de la universidad técnica del norte para estimar el consumo de energía en función del tipo de transporte utilizado. Universidad técnica del norte.
6. Amado, a. (2014). Síntesis, propiedades y aplicación del ácido poliláctico a partir del almidón de la papa. Propiedad intelectual de la universidad nacional de san agustín de

- arequipa universidad, 104.
[Http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/unsa/2885/mtamsia005.pdf?sequence=1&isallowed=y](http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/unsa/2885/mtamsia005.pdf?sequence=1&isallowed=y)
7. Amado, m. M. (2018). Material-es. November.
 8. Amanta sánchez. (2015). Diseño y construcción de la base para el brazo robótico “utn.” 120.
 9. Andrés torres brito. (2017). Propuesta de diseño de la estructura de un cuadro de bicicleta impulsada por un motor eléctrico, con un estudio y análisis que determine el material altamente adecuado existente en el país. 1–132.
[Http://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2767/4/documento tesis .pdf](http://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2767/4/documento%20tesis.pdf)
 10. Angarita, o. F. B. (2011). Control de motores sin escobillas. July, 1–47.
 11. Antonio, m. D. M. (2013). “implementación de un sistema didáctico - práctico de conversión de energía mecánica - eléctrica para pruebas, demostración y visualización de los componentes de generación eléctrica.
 12. Aranda, d., & dután, v. (2009). Estudio de aceros estructurales para la construcción de carrocerías para buses. Bibdigita, 146.
 13. Bafang hub motor review | ebike. (n.d.). Bafang hub motor review | ebike choices. Retrieved january 24, 2022, from <https://www.ebikechoices.com/bafang-hub-motor-review/>
 14. Beléndez, a. (2015). Faraday y la teoría electromagnética de la luz. Openmind, 1–6.
 15. Bermudez, m. (1998). Estudio estructural de nylons. Universidad politécnica de catalunya, 1, 1–33.
 16. Bernal, m. S. (2013). Comunicacion vía fibra óptica utilizando modulación de retardos ópticos como portadoras de información. 68–70.
 17. Bordignon, f., iglesias, a., & hahn, á. (2018). Diseño e impresión de objetos 3d. [Http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/69819](http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/69819)
 18. Bueno, d. (2014). Motor eléctrico. Tipos y fundamentos, 17. [Https://1mecanizadoelarenal.files.wordpress.com/2014/11/motor-electrico.pdf](https://1mecanizadoelarenal.files.wordpress.com/2014/11/motor-electrico.pdf)
 19. Burbano ortiz, j. F. (2018). Reparación de una bicicleta eléctrica. 79. [Http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/7287](http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/7287)
 20. Careaga, d. O. (2019). Control de motores a pasos bipolares. March 24th 2019, 1–4. [Https://microtutorialesdc.com/course/programing/mikroc/curso-pic-17](https://microtutorialesdc.com/course/programing/mikroc/curso-pic-17)
 21. Carothers, w. (1997). Poliácido láctico (pla).

22. Chuquimarca rigoberto. (2017). Universidad politécnica salesiana sede cuenca “diseño y desarrollo de una batería de alto voltaje para un vehículo de competencia tipo formula sae eléctrico.”
23. Coba, a. G. M. B. Y. M. A. O. (2020). Escuela politécnica nacional.
24. Contreras, e., & sánchez, r. (2010). Diseño y construcción de un banco de prácticas de motores eléctricos, como apoyo a la asignatura diseño de máquinas ii. 66, 37–39.
25. Createc. (n.d.). Impresora 3d creality ender 3 pro - 220*220*250 mm. 01(55), 8141.
26. Dave, s. (2010). Life cycle assessment of transportation options for commuters. 1–16.
27. David, a., & jaguaco, c. (2014). Escuela politécnica nacional.
28. Didáctica, u. (2001). Motores de corriente continua programa de formación abierta y flexible.
29. Dirección de planificación y desarrollo territorial. (2020). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón ibarra. Gadmu ibarra, 99. https://www.academia.edu/27357890/plan_de_desarrollo_y_ordenamiento_territorial_del_cantón_cuenca
30. E-bike, b. P. 350w 576wh. (n.d.). 48v 12ah bicicleta eléctrica batería pack 350w 576wh e-bike cuna cargador de litio | ebay. Retrieved january 24, 2022, from <https://www.ebay.com/itm/173834485877>
31. Ec inec. (2015). Revista de estadística y metodologías. Revista de estadística y metodologías, 1, 104. [Http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/bibliotecas/revista_estadistica/revista_de_estadistica_y_metodologias-tomo-i.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/bibliotecas/revista_estadistica/revista_de_estadistica_y_metodologias-tomo-i.pdf)
32. Ecuatoriana, c. (2013). Ecuatoriana nte inen-iso 4210 corrigendo. 1–5.
33. Fajri, m. (2012). Motor brushless. 885. [Http://logikadelger.blogspot.co.id/2012/03/membuat-driver-motor-brushless-dari.html](http://logikadelger.blogspot.co.id/2012/03/membuat-driver-motor-brushless-dari.html)g (diakses pada 26 september 2016)
34. Farina juan, grigioni liliana, p. M. (2014). Movimiento circular. Universidad nacional de rosario, 7304–14, 18.
35. Federico santa maría. (2014). Tecnología de las baterías definición y clasificación. [Www2.elo.utfsm.cl/~elo383/apuntes/presentacionbaterias.pdf](http://www2.elo.utfsm.cl/~elo383/apuntes/presentacionbaterias.pdf)%5cn
36. Fernández, m. (2016). Historia de los plásticos. ¿qué es el plástico? [Http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:nmvqatthw8j:www.ehu.es/reviberpol/pdf/ene09/garcia.pdf+&cd=10&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:nmvqatthw8j:www.ehu.es/reviberpol/pdf/ene09/garcia.pdf+&cd=10&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec)

37. Fern, r. (2012). Motores electricos para la industria. Motores electricos para la industria, 45.
[Http://www.usmp.edu.pe/vision2016/pdf/materiales/motores_electricos_para_la_in.pdf](http://www.usmp.edu.pe/vision2016/pdf/materiales/motores_electricos_para_la_in.pdf)
38. Flores, c. E. (2016). Soldadura al arco eléctrico smaw. 08, 12.
[Http://www.drweld.com/smaw.html](http://www.drweld.com/smaw.html)
39. Garcia, h. (2009). Motores de corriente directa (c.d.). Motores, 16–34.
40. Gate, p. G. (1983). Física_ momento de torsión. 44, 93–110.
41. Gómez, f. (2014). Uso de energías alternativas como reemplazo de los combustibles tradicionales en vehículos de transporte y particulares en la argentina.
42. Gómez, p. (1996). Baterías de litio: la alternativa al plomo y al cadmio. Investigación y ciencia (ciencia y empresa), abril.
43. Gross, a. C., kyle, c. R., & malewicki, d. J. (1983). The aerodynamics of human-powered land vehicles. In sci. Am. (vol. 249, issues 6, dec. 1983, pp. 126–134).
44. Guanoluisa taco, m. O., & pazmiño estrella, d. C. (2008). Cargador de baterías de plomo-ácido de 48 voltios. 90. [Https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/643/1/cd-1560%282008-06-18-01-05-30%29.pdf](https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/643/1/cd-1560%282008-06-18-01-05-30%29.pdf)
45. Guzñay miranda, m. F. (2012). Estudio del comportamiento del acero a36 mediante ensayos de tracción para determinar fallas en elementos estructurales, mediante la norma astm e-8”. Repo.uta.edu.ec, 265.
46. Hoyos mesa, j., montoya restrepo, a., diez, a., & bohórquez, j. (2014). Investigación, diseño y prototipo de una bicicleta eléctrica y tecnologías emergentes en baterías . Investigaciones aplicadas, 8(1), 60–70.
47. Hyundai. (n.d.). Historia del motor eléctrico - hyundai canarias. Retrieved april 13, 2021, from <https://blog.hyundaicanarias.com/historia-del-motor-electrico/#>
48. Instituto ecuatoriano de normalización. (2011). Rte inen-004-6. 1–58.
49. Intelángelo, roque., & benato, alberto. (2018). Fundición y moldeo taller ii. Politécnico, 1–30.
50. Iván bohman. (n.d.). Nylon información general nylon y teflón información general. 46.
51. Jesús morales marcillo. (2018). Escuela técnica superior de ingeniería industrial conversión de bicicletas a eléctricas y abastecimiento autónomo.
52. Jimbo tacuri, j. E. (2015). Caracterización del funcionamiento de un motor eléctrico de corriente continúa sin escobillas brushless con 1000 watts de potencia. [Https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7891](https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7891)

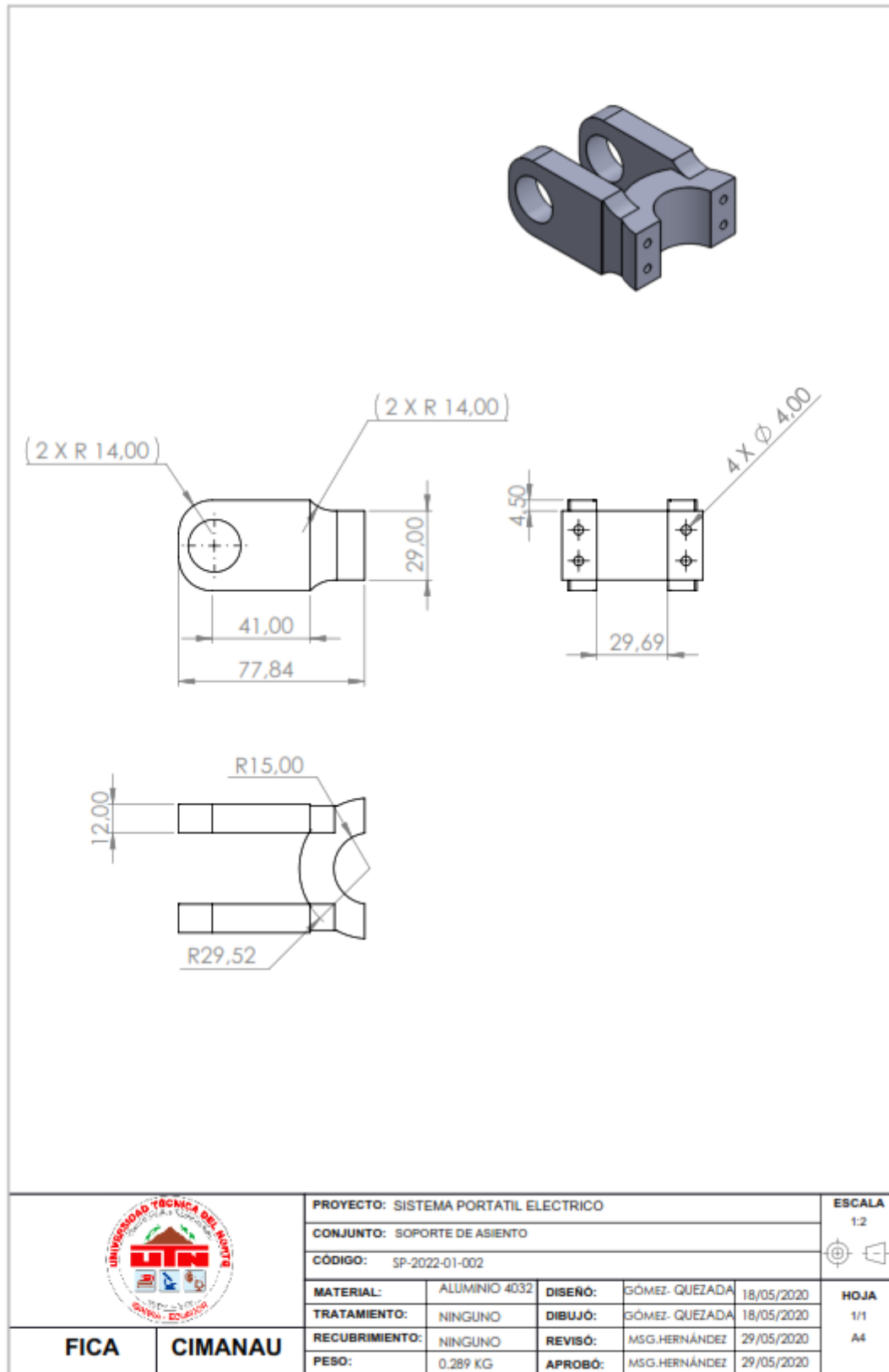
53. José, d., murillo, z., oviedo, d., andrade, c., membreño, c., & 1995, b. D. ; (2012). Universidad internacional del ecuador. 71.
54. Katz, m. (2015). 07_aluminio.pdf. [Http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2020/04/07_aluminio.pdf](http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2020/04/07_aluminio.pdf)
55. La bicicleta. (1900).
56. Lledó, r. S., & pikkarainen, e. K. (2012). Materiales poliméricos. 1–53.
57. Moreno vallejo, m. E., & estupiñán vega, d. A. (2009). Reinstalación y mejoramiento del sistema eléctrico de un vehículo suzuki forsa i para competencia de rally. *実験医学*, 27(7), 233. [Http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/801/1/t-uide-718.pdf](http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/801/1/t-uide-718.pdf)
58. Murdocca, r. M. (2009). Sensores de efecto hall-teclado. 1–8. [Http://www0.unsl.edu.ar/~interfases/labs/lab09.pdf](http://www0.unsl.edu.ar/~interfases/labs/lab09.pdf)
59. Ñauta, a., & vergara, m. (2017). Simulación de termo fluidos de pla natural y abs en el proceso de impresión en 3d. Universidad politécnica salesiana.
60. Náutica. (2015). El aluminio clase construcción y estructura náutica 2015.
61. Obando, s., ortiz, j., & loya, a. (2016). Potencia y energía.
62. Pabón arias, a. R. (2016). Universidad técnica del norte. Universidad técnica del norte.
63. Paco navarro, & alex fernández camps oriol altisench • cristina garcía bañuelos jordi juliá • miguel ángel. (2010). Ingeniería de la bicicleta.
64. Patiño, j. (2018). Instituto profesional y técnico de veraguas curso : máquinas eléctricas (taller v) tema : n ° 1 motores de corriente continua grado : xii-a y c electricidad motores de corriente directa (c . D .). Taller v, 1–18.
65. Peakperformance. (2019). ¿es o no es importante el peso en el ciclismo? - peak performance pty. 29/07/2019. [Https://peakperformancepty.com/blog/es-o-no-es-importante-el-peso-en-el-ciclismo/](https://peakperformancepty.com/blog/es-o-no-es-importante-el-peso-en-el-ciclismo/)
66. Pinto, n., frank, f., & alcívar, d. (2015). La situación de la bicicleta en ecuador : avances , retos y perspectivas. Friedrich ebert stiftung, 19. [Http://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/11340.pdf](http://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/11340.pdf)
67. Prati, g., marín puchades, v., de angelis, m., pietrantoni, l., fraboni, f., decarli, n., guerra, a., & dardari, d. (2018). Evaluation of user behavior and acceptance of an on-bike system. *Transportation research part f: traffic psychology and behaviour*, 58, 145–155. [Https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.06.005](https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.06.005)
68. Quintela, r. (2000). 3. Corriente eléctrica.

69. Ramos, a. (2015). Departamento de ingeniería de sistemas y computación - proyecto - enar. Enar-archianalysis, 25483. [Http://backus1.uniandes.edu.co/~enar/dokuwiki/doku.php?id=archianalysis#analysis_function_catalog](http://backus1.uniandes.edu.co/~enar/dokuwiki/doku.php?id=archianalysis#analysis_function_catalog)
70. Rodrigo soza hernandez. (2010). Plasticos de ingenieria. Plasticos de ingenieria, 4(3), 1–26. [Https://estudioyensayo.files.wordpress.com/2008/11/plasticos-de-ingenieria.pdf](https://estudioyensayo.files.wordpress.com/2008/11/plasticos-de-ingenieria.pdf)
71. Rodríguez, a., & ortiz, m. (2020). Baterías de ion litio : presente y futuro. 165–178. [Https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/141388](https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/141388)
72. Rodríguez, m. (2017a). Máquinas de corriente continua. Universidad de cantabria (españa), 0(0), 1–27.
73. Rodríguez, m. (2017b). Máquinas de corriente continua. Universidad de cantabria (españa), 0(0), 1–27.
74. Ruscitti, a. (2020). Impresión 3d, tecnología abierta de fabricación digital. May.
75. Salgado, a. F. B., & arboleda, j. D. S. (2014). Colegio de ciencias e ingeniería andrés felipe benítez salgado juan diego sánchez arboleda alfredo valarezo, ph. D., director de tesis.
76. S a, s. (n.d.). Termoplásticos: nylon - poliamida 6. Retrieved april 4, 2021, from <http://www.sanmetal.es/productos/termoplasticos/nylon-poliamida-6/9>
77. Secretaría nacional de planificación y desarrollo. (2017). Plan nacional de desarrollo 2017-2021-toda una vida. 84. [Http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/pnbv-26-oct-final_0k.compressed1.pdf](http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/pnbv-26-oct-final_0k.compressed1.pdf)
78. Sek, a. J. V. R. U. I. (2018). Análisis del comportamiento de un motor eléctrico, adaptado a una motocicleta, bajo características de torque, potencia y velocidad. 68–70.
79. Soldadura indura. (2014). Electroodos para aceros al carbono. 1. [Www.cryogas.com.co/content/storage/co/biblioteca/be9c677c9a414e56b688f4013da62d07.pdf](http://www.cryogas.com.co/content/storage/co/biblioteca/be9c677c9a414e56b688f4013da62d07.pdf)
80. Valenzuela, j. (2013). Manual de tipos de motores eléctricos, reconocimiento y tipo de aplicaciones en la industria. Escuela politécnica nacional.
81. Vbulletin. (2012). Coches rc. Coches radiocontrol electricos. Cochesrc gasolina. [Http://www.cochesrc.com/](http://www.cochesrc.com/)
82. Velázquez francisco. (2018). Departamento de ciencias de la energía y mecánica. 1–195.
83. Vicente, c. L. (2011). Tipos de esfuerzos físicos. Revista digital para profesionales de la enseñanza, 15, 1–18.

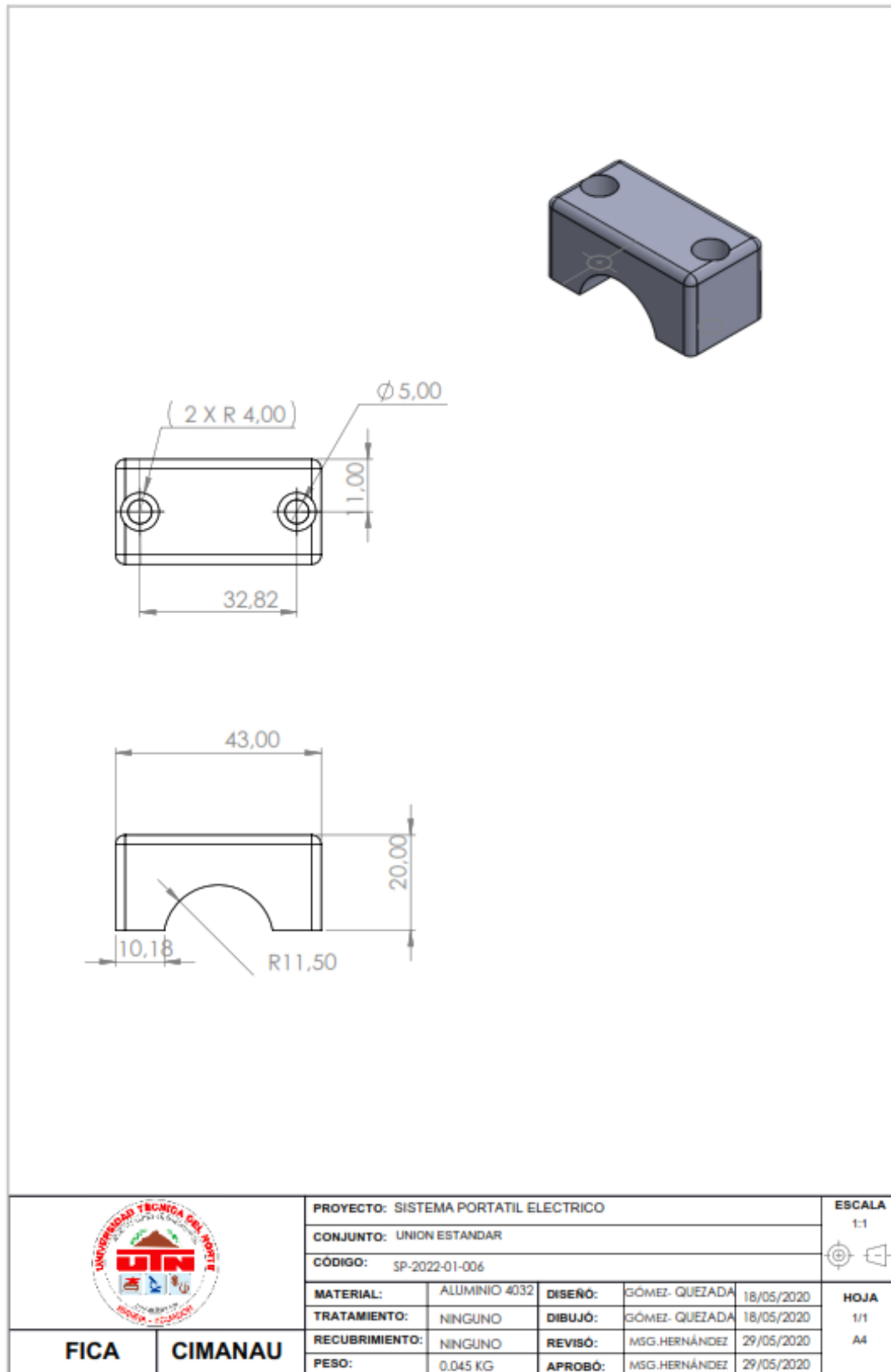
84. Villalba, h. (2013). Motores de corriente continua. Grupo weg, unidad de energía brasil, dc, 1–13. <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2010/01/motores-electricos-parte-i1.pdf>

ANEXOS

ANEXO I DISEÑO SOPORTE DE ASIENTO



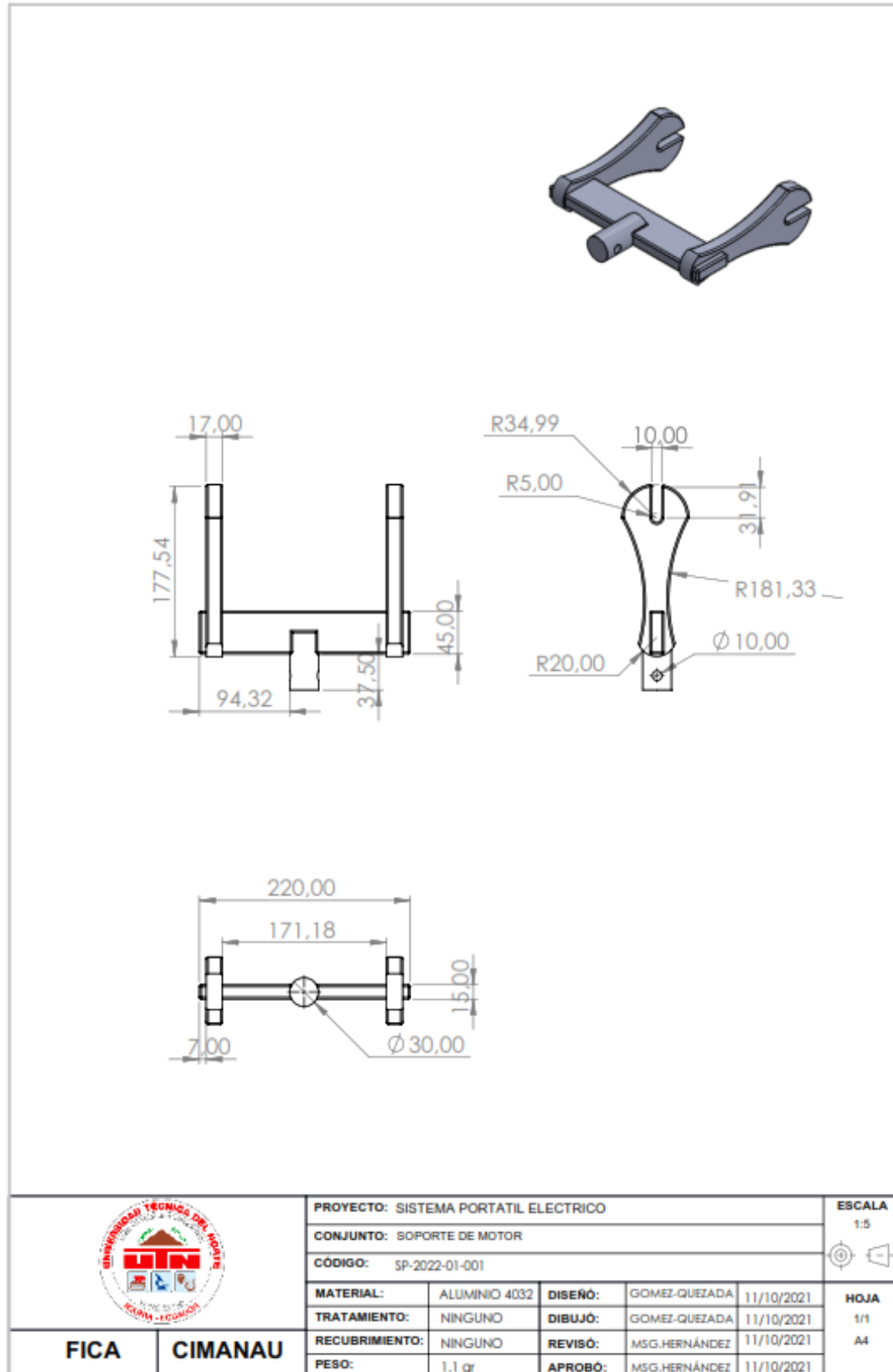
ANEXO II UNIÓN ESTÁNDAR



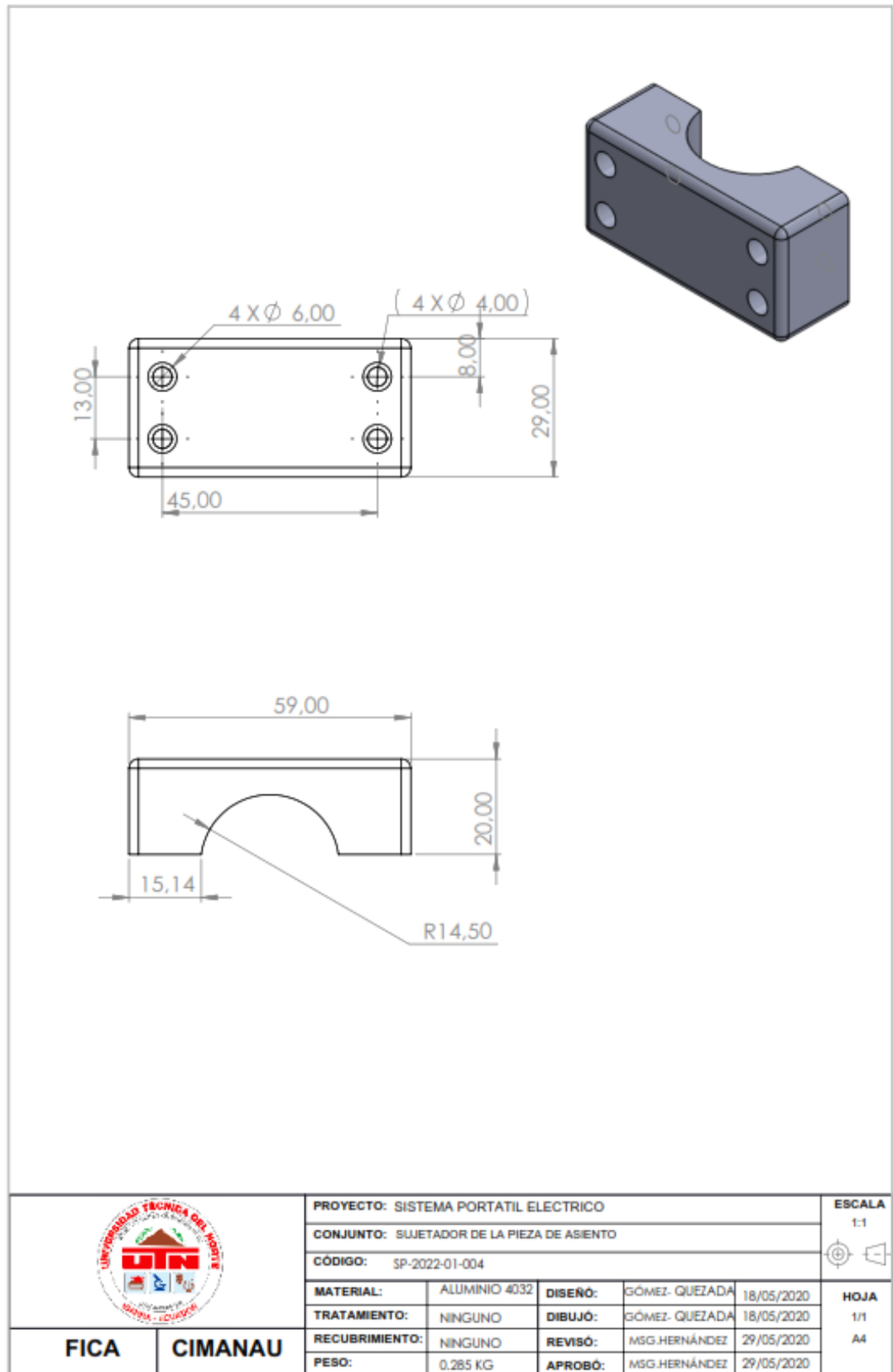
FICA

CIMANAU

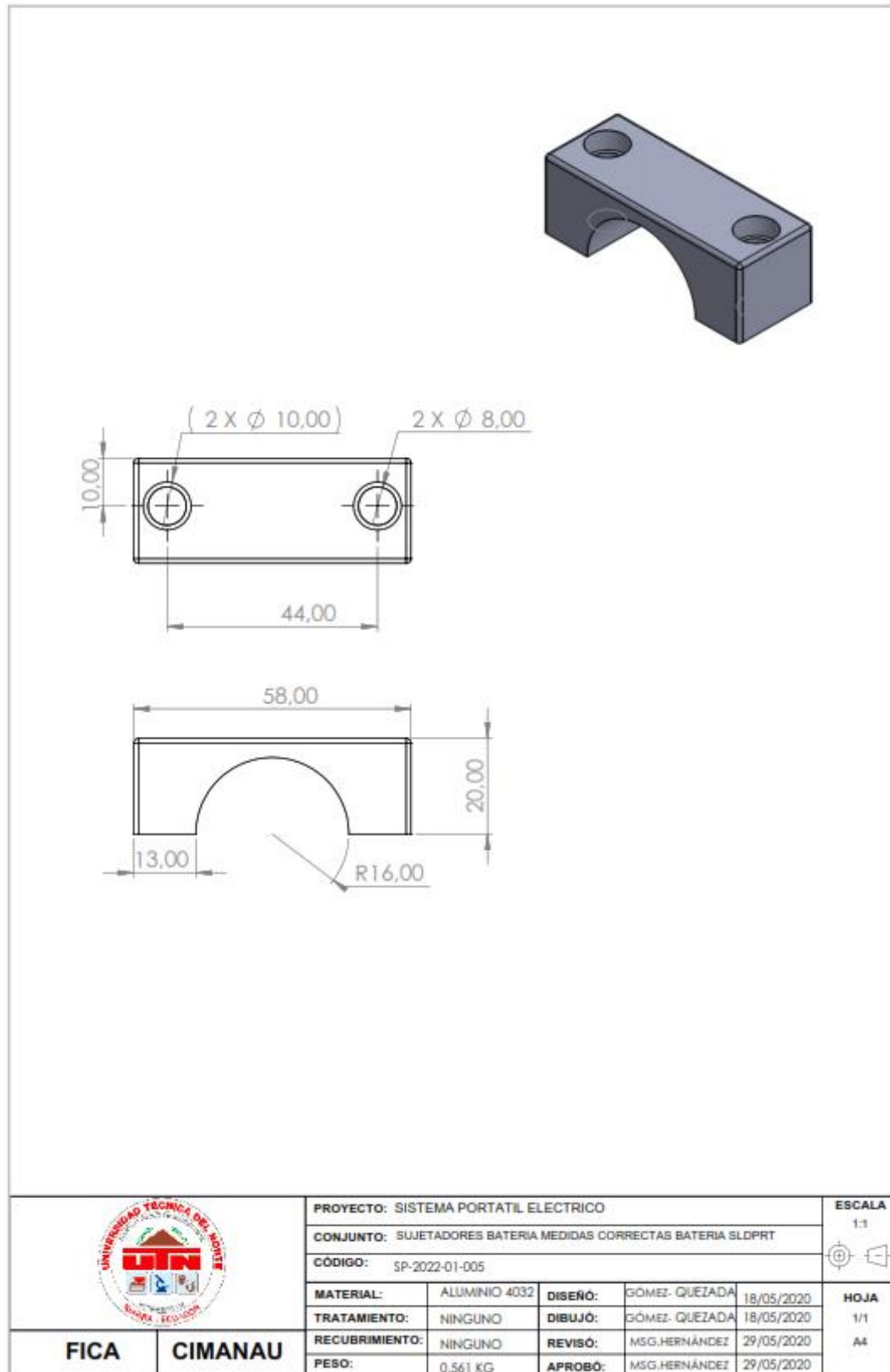
ANEXO III SOPORTE MOTOR PLANO



ANEXO IV SUJETADOR PIEZA ASIENTO



ANEXO V SUJETADORES BATERÍA MEDIDAS CORRECTAS BATERÍA SLDPRT



ANEXO VI SOPORTE BATERÍA Y CONTROLADOR

