

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**LICENCIATURA EN DISEÑO INDUSTRIAL**

TESIS

“Carcasa para componentes electrónicos de una bicicleta eléctrica con el fin de protegerlos de una extracción sin autorización”

PRESENTA

César Adrián Hernández González

DIRIGIDO POR

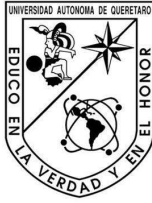
MDI. Andrés Carbajal Raya

Centro Universitario

Querétaro, Qro.

México

2020



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA LICENCIATURA**  
**EN DISEÑO INDUSTRIAL**



“Carcasa para componentes electrónicos de una bicicleta eléctrica con el fin de protegerlos de una extracción sin autorización”

**TESIS**

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

**Licenciado en Diseño Industrial**

Presenta:

**César Adrián Hernández González**

Expediente: 248778

Dirigido por:

MDI. Andrés Carbajal Raya

SINODALES

MDI. Andrés Carbajal Raya

Presidente

MDI. Sergio Alonso Martínez Ramos

Secretario

MDI. Froylan Correa Martínez

Vocal

LDI. Violeta Álvarez Granados

Suplente

## **Agradecimientos.**

Agradezco a mi hermano, mis primos, mis compañeros, amigos y profesores, que me apoyaron en la realización del proyecto.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por el amor, paciencia y apoyo incondicional, a mi padre por siempre desear y anhelar lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y cada una de sus palabras que me guiaron.

A mi asesor de tesis el MDI Andrés Carbajal Raya por la confianza en mi trabajo y su apoyo en mi toma de decisiones. A todos mis sinodales por sus comentarios y correcciones hechas para conseguir un mejor trabajo.

Al universo, por las pruebas que me hicieron crecer y a todos por darme fuerza, empuje y coraje para superarlas.

Educo en la verdad y el amor.

## Índice.

Agradecimientos.	3
Índice.	4
Índice de tablas.	8
Índice de figuras.	11
Resumen.	13
Abstract.	14
Capítulo 1. Introducción.	15
1.1.-Introducción	15
1.2.-Planteamiento del problema	16
1.3.-Justificación	17
1.4.- Antecedentes	20
1.4.1.-Movilidad	20
1.4.2.-Transportes en la ciudad	20
1.4.3.-Historia de los vehículos eléctricos	24
1.4.4-Historia de la bicicleta eléctrica	25
1.4.5.-Incremento de bicicletas	27
1.4.6.-La bicicleta eléctrica como vehículo de transporte	28
1.4.7.-Costo de la bicicleta eléctrica	32
1.4.8.-Robo de bicicletas convencionales y eléctricas	33
1.4.9.-Bicicletas eléctricas en la Universidad Autónoma de Querétaro	36
1.4.10.-Sistemas compartidos de bicicletas eléctricas	37
1.4.11- Clasificación de bicicletas eléctricas	38
1.4.12- Lugar de implementación: Querétaro	40

1.5.- Hipótesis	43
1.6.-Objetivos	43
1.6.1.-Objetivo general	43
1.6.2.-Objetivos específicos	43
Capítulo 2. Estado del Arte	44
2.1.- Dinámica de los vehículos	44
2.2.- Componentes principales de una bicicleta eléctrica	45
2.2.1.-Frenos	45
2.2.2.-Transmisión	46
2.2.3.-Motor eléctrico	46
2.2.4.-Batería	47
I. Consideraciones generales de manejo de batería:	47
2.2.5.-Display	48
2.2.6.-Sensor de pedaleo	48
2.2.7.-Controlador	49
2.2.8.-Cuadro	50
I. Tipos de cuadros de bicicleta	50
i. Diseño estructural del cuadro de una bicicleta	52
ii. Materiales para cuadro de bicicletas	53
II. Propiedades del Aluminio	54
2.2.9.-Carcasa	55
I. Tipos de carcasa	55
II. Posición de carcasa	57
III. Patentes de carcasa	59
IV. Material para carcasa	60

V. Soldadura 316 L	61
VI. Doblado de lámina	61
i. Consideraciones en el proceso de doblado	62
VII. Corte láser de lámina	64
i. Materiales que se pueden cortar	65
ii. La importancia del gas de asistencia	65
iii. Beneficios de corte láser	66
iv. Tipo de máquinas de corte láser	66
VIII. Pintura electrostática	67
i. Aplicación de la pintura electrostática.	68
IX. Partes estándar (Tornillos, Grapas, empaque)	68
X. Tornillos	68
i. Tipos de cabeza	68
ii. Tipos de ranuras de cabeza de tornillos	70
XI. Destornilladores	70
XII. Tuercas	71
XIII. Empaques	72
Capítulo 3. Proceso de diseño	73
3.0.-Introducción:	73
3.1.-Planeación: 2019	74
3.2.- Investigación de las necesidades del cliente:	75
3.2.1.- Perfil de producto	75
3.2.2.-Aspectos generales del producto y usuario	75
3.2.3.-Aspectos productivos	75
3.2.4.-Aspectos funcionales	76

3.2.5.-Aspectos ergonómicos	76
3.2.6.-Aspectos estéticos	76
3.3.-Requerimientos de diseño	76
3.3.1.-Requerimientos	76
3.3.2.-Componentes utilizados	77
3.3.3.-Cuadro utilizado	79
3.3.4.-Posición de los componentes	79
3.4- Conceptualización:	80
3.6.- Refinamiento adicional:	85
3.7.- Dibujos o modelos de control:	89
Capítulo 4. Resultados	90
4.1.-Procesos de fabricación	90
4.2.-Cronología de construcción	91
4.3.-Testing	92
Capítulo 5. Conclusiones	98
5.1.-Conclusión	98
Capítulo 6. Referencias	101
6.1.-Referencias bibliográficas	101

## Índice de tablas.

Tabla 1 Consumo energético por medio de transporte, millones de Joules/persona y Km (UITP, 2005).....	21
Tabla 2 Consumo de energía y emisiones CO2 anuales de los distintos modos de transporte en Europa (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2000).....	22
Tabla 3 Historia del vehículo eléctrico (Elaboración propia, 2020). .....	24
Tabla 4 Historia de la bicicleta eléctrica (Elaboración propia, 2020). .....	25
Tabla 5 Promedio de costo de bicicletas (eBikesHQ, 2019).....	32
Tabla 6 Sistemas compartidos de bicicletas eléctricas (Elaboración propia, 2020).....	37
Tabla 7 Comparación de potencia del motor (McLoughlin, 2012). .....	39
Tabla 8 Análisis de robos en espacios públicos de Querétaro (Elaboración propia, 2020).....	41
Tabla 9 Tipos de frenos (Elaboración propia, 2020).....	45
Tabla 10 Tipos de transmisiones (Elaboración propia, 2020).....	46
Tabla 11 Tipos de motores (Elaboración propia, 2020).....	46
Tabla 12 Unión de celdas (Battery University, 2018). ....	47
Tabla 13 Tipos de display (Elaboración propia, 2020) .....	48
Tabla 14 Tipos de sensores (Elaboración propia, 2020). ....	49
Tabla 15 Tipos de cuadro de bicicleta (Elaboración propia, 2020). .....	50



Tabla 16 Propiedades mecánicas de los materiales (Brown, 2011).	54
.....	
Tabla 17 Tipos de carcasa (Elaboración propia, 2020).	55
Tabla 18 Posición de la carcasa (Elaboración propia, 2020).	57
Tabla 19 Patentes similares (Elaboración propia, 2020).	59
Tabla 20 Tratamientos térmicos recomendados (POVEDA, 2012).	61
.....	
Tabla 21 Tipos de métodos de doblado de lámina (Perez, 2008).	63
.....	
Tabla 22 Tipos de cabeza en los tornillos (Elaboración propia, 2020).	69
.....	
Tabla 23 Tipos de tuercas (Elaboración propia, 2020).	71
Tabla 24 Tipos de empaques (Trim lok, 2016).	72
Tabla 25 Cronograma por semana 2019 (Elaboración propia, 2020).	74
.....	
Tabla 26 Componentes utilizados (Elaboración propia, 2020).	77
Tabla 27 Posición de los componentes (Elaboración propia, 2020).	80
.....	
Tabla 28 Pruebas de Modelo 0 (Elaboración propia, 2020)	83
Tabla 29 Detalles de modelo 0 (Elaboración propia, 2020).	84
Tabla 30 Pruebas de modelo 1 (Elaboración propia, 2020).	86
Tabla 31 Detalles modelo 1 (Elaboración propia, 2020).	86
Tabla 32 Detalles de modelo 1-2 (Elaboración propia, 2020).	88
Tabla 33 Procesos de fabricación (Elaboración propia, 2020).	90
Tabla 34 Cronología de construcción (Elaboración propia, 2020).	91
.....	

Tabla 35 Prueba de impermeabilidad (Elaboración propia, 2020). .....	92
Tabla 36 Análisis de prueba de impermeabilidad (Elaboración propia, 2020).....	93
Tabla 37 Retroalimentación de pruebas de impermeabilidad (Elaboración propia, 2020).....	95
Tabla 38 Pruebas de extracción sin autorización (Elaboración propia, 2020).....	96
Tabla 39 Análisis de prueba de extracción (Elaboración propia, 2020).....	96
Tabla 40 Retroalimentación de pruebas de extracción (Elaboración propia, 2020).....	97

Dirección General de Bibliotecas de la UAQ

## Índice de figuras.

Figura 1 Comparación del espacio de viaje por persona (Miralles-Guash, 2012). .....	23
Figura 2 Bicicleta eléctrica fabricada y diseñada en la Universidad Autónoma de Querétaro (Elaboración propia, 2020). .....	36
Figura 3 Fuerzas involucradas en el funcionamiento de una bicicleta (Rangel, 2017). .....	44
Figura 4 Variables cinéticas en ciclismo: principales fuerzas propulsivas y resistivas (López, 2006). .....	44
Figura 5 Controlador para bicicleta eléctrica (Bikelec, 2019). ....	49
Figura 6 Diagrama de controlador (Monocicloeselectricos, 2019). .....	50
Figura 7 Cálculo de la presión ejercida (science, 2012). .....	53
Figura 8 Materiales comunes para cuadros de bicicletas (Shaw, 2012). .....	53
Figura 9 Esquema de una lámina sometida a doblado (Perez, 2008). .....	62
Figura 10 Esquema de las etapas de un proceso de doblado (Perez, 2008). .....	62
Figura 11 Esquema del proceso de corte por láser (El roble, 2018) .....	65
Figura 12 Influencia de la relación entre la velocidad de corte y el espesor del material en el proceso de corte por láser (El roble, 2018). ....	66
Figura 13 Brazo robótico realizando el corte de un tubo / Célula corte TruLaser Cell 7040 de la marca alemana Trumpf (Trade, 2017). ....	67
Figura 14 Pistola de aplicación de pintura (Francescutti, 2007) .	68
Figura 15 Tipos de ranuras en tornillos (Benítez, Información técnica sobre tornillos, 2017). .....	70

Figura 16 Tipos de desatornilladores (Benítez, Información técnica sobre tornillos, 2017). .....	70
Figura 17 Metodología aplicada, elaboración propia basada en (Eppinger, 2004). .....	73
Figura 18 Cuadro elegido (Elaboración propia, 2020). .....	79
Figura 19 Conceptualización primera fase (Elaboración propia, 2020). .....	80
Figura 20 Conceptualización segunda fase (Elaboración propia, 2020). .....	81
Figura 21 Conceptualización tercera fase (Elaboración propia, 2020). .....	81
Figura 22 Conceptualización cuarta fase (Elaboración propia, 2020). .....	82
Figura 23 CAD de modelo 0 (Elaboración propia, 2020). .....	83
Figura 24 Modelo 0 producto construido (Elaboración propia, 2020). .....	85
Figura 25 CAD de modelo 1 (Elaboración propia, 2020). .....	85
Figura 26 Modelo 1 producto construido (Elaboración propia, 2020). .....	89
Figura 27 Resultado final (Elaboración propia, 2020). .....	100

## Resumen.

La bicicleta eléctrica es un sistema de transporte en el cual se puede trasladar a una persona de un punto a otro con la particularidad de que tiene un motor que asiste al ciclista cuando recorre largas distancias o sube colinas muy inclinadas. La parte medular de este proyecto fue desarrollar una carcasa para poder almacenar los componentes electrónicos de la bicicleta eléctrica mediante un método de apertura oculto que evita su extracción sin autorización. Este producto puede ser utilizado en un sistema compartido de bicicletas en donde estará expuesto a factores exteriores como lo es el polvo, la lluvia y el sol. Logrando un grado de protección IP54, el cual cumple protección contra polvo de tal manera que no afecte el correcto funcionamiento del sistema además de no tener fugaz al arrojar un chorro de agua desde cualquier ángulo por más de 5 minutos. Esto con el fin de llegar a ser una carcasa que no pueda ser vandalizable tan fácilmente y pueda evitar el robo de componentes electrónicos que constituyen del 60% al 80% del valor total del producto. La metodología que se usó para desarrollar el producto está basada en el libro “Diseño y desarrollo de productos” el cual fue escrito por Karl T. Ulrich y Steven D. Sppinger, en donde se añadieron algunas etapas que ayudaron a mejorar la producción en serie y la etapa de testeo del diseño. Esto se hizo para asegurar el correcto funcionamiento del diseño del cual se llegaron a producir más de 500 bicicletas eléctricas con carcasa en Querétaro (Querétaro) y en La paz (Baja california sur).

Bicicleta-Eléctrica-Carcasa-Antirrobo-Componentes

## **Abstract.**

The electric bicycle is a transportation system in which a person can be moved from one point to another with the particularity that it has a motor that assists the cyclist when traveling long distances or climbing steep hills. The core of this project was to develop a housing to store the electronic components of the electric bicycle using a hidden opening method that prevents unauthorized removal. This product can be used in a shared bicycle system where it will be exposed to external factors such as dust, rain and sun. Achieving a degree of protection IP54, which complies with protection against dust in such a way that it does not affect the correct operation of the system, as well as not having any leakage when throwing a jet of water from any angle for more than 5 minutes. This in order to become a casing that cannot be vandalized so easily and can avoid the theft of electronic components that constitute 60% to 80% of the total value of the product. The methodology that was used to develop the product is based on the book "Product Design and Development" which was written by Karl T. Ulrich and Steven D. Spinger, where some steps were added that helped improve serial production and the design testing stage. This was done to ensure the correct operation of the design from which more than 500 electric bicycles with casings were produced in Querétaro (Querétaro) and in La Paz (Baja California Sur).

Electric-Bycycle-Housing-Anti Theft-Components

# Capítulo 1. Introducción.

## 1.1.-Introducción

Los medios de transporte públicos que se usan actualmente en las ciudades no son los adecuados para las necesidades del ciudadano actual, por lo cual normalmente se prefiere usar el medio de transporte privado, éste puede incrementar el parque vehicular y llegar a congestionar las calles además de provocar una mayor emisión de dióxido de carbono.

Las ciudades más congestionadas han empezado a utilizar sistemas de movilidad integrales en los cuales se pueden emplear medios de transporte multimodales para reducir el tiempo de traslado de los usuarios, fomentando el uso del transporte público para la disminución de los vehículos privados de la ciudad. Estas opciones multimodales suelen utilizar vehículos alternativos que se alimentan de energía eléctrica y no producen emisiones CO<sub>2</sub>, ayudando a reducir los gases de efecto invernadero.

Uno de los transportes que más se utilizan es la bicicleta eléctrica que puede ser usada en conjunto con una plataforma digital que coordine los medios de transporte públicos para abastecer su demanda. La forma en la que la bicicleta es usada en la ciudad la expone a ciertos factores que ponen en riesgo su integridad y tiempo de vida, teniendo un alza en los actos vandálicos como lo son el robo de partes electrónicas, robo total y el daño a partes mecánicas.

## 1.2.-Planteamiento del problema

Las bicicletas eléctricas son un sistema de transporte en el cual el usuario puede ir de un punto A a un punto B, siendo asistido por un motor eléctrico el cual reducirá el desgaste físico del usuario en subidas o trayectorias largas. Estas se llegan a utilizar en las ciudades que buscan ofrecer un medio de transporte alternativo para disminuir la contaminación o reducir el parque vehicular de las calles (Miralles-Guasch, 2012).

Esta alternativa tan simple y económica comenzó a tener un papel más protagónico a principios del siglo XX frente a los problemas de transporte que presentaban no sólo las grandes capitales, sino también las comunidades rurales (Jonathan X. Weinert, 2007). Lo que la diferencia de la bicicleta convencional es que esta está constituida de un motor no mayor a 25 watts, una batería de litio, controlador, display y diferentes sensores para medir la fuerza y velocidad en tiempo real (Elcykelvaruhuset, 2019).

Como se puede observar en la Tabla 5, este tipo de bicicletas son utilizadas en estaciones al aire libre en donde se puede presentar la principal problemática de este tipo de vehículos, que es el alto nivel de actos vandálicos que sufren en el espacio público como los es el robo de partes electrónicas o el daño a cualquier parte que esté expuesta (Naturvardsverket, 2019).

Las carcasas que hay para componentes electrónicos de una bicicleta eléctrica, suelen ser de un material plástico que no garantiza la seguridad de los componentes, ya que pueden ser quemada o cortada con facilidad como fue en el caso en la ciudad de Madrid con la compañía BICIMAD además de que ésta puede sufrir grandes daños si llegase a impactar en el suelo o chocar contra alguna superficie (El Confidencial, 2018). Existen bicicletas que guardan internamente los componentes electrónicos, pero pueden añadir demasiado peso a la estructura además de que el precio aumenta considerablemente en este tipo de diseños.



El costo de una bicicleta eléctrica es una de las principales desventajas que puede llegar a tener esta nueva alternativa de movilidad, ésta puede variar ampliamente desde \$12,935.79 MXN (\$600 USD) a \$172,477.20 MXN (\$8000 USD) (eBikesHQ, 2019). La parte medular de este proyecto es desarrollar una carcasa para bicicleta eléctrica que esté diseñada para almacenar sus componentes electrónicos y a su vez protegerlos de una extracción sin autorización ya que estos constituyen alrededor del 60% al 90% del costo total de la bicicleta eléctrica (sixthreezero, 2019).

Los sistemas que garanticen la seguridad de los componentes electrónicos de la bicicleta eléctrica brindarán más años de vida al producto y garantizarán el correcto funcionamiento, brindando mayor confianza al usuario. Siendo este un producto que está a la intemperie, cada elemento de la bicicleta estará en contacto con el agua y el polvo, factores que pueden producir un corto circuito o dañar los componentes electrónicos y afectar su tiempo de vida.

### 1.3.-Justificación

En la historia de la bicicleta eléctrica hubo un incremento exponencial en el 2005 cuando a ésta se le incorporó la batería de litio y se comenzaron a utilizar materiales de menos peso específicamente en el cuadro y en sus componentes. Este nuevo medio de transporte comenzó a ganar popularidad en China en el 2009 logrando vender cerca de 21 millones de unidades y repuntando en la Unión Europea en el 2012 llegando a vender cerca de 854,000 unidades (Portal, 2018). Este crecimiento continuó hasta el 2015 donde se vendieron en el mundo cerca de 40 millones de bicicletas eléctricas, cerca del 90% en china, 5% en Europa y 0.7% en Estados Unidos (Ramzy, A., 2018). Para medir el uso de esta alternativa de movilidad en el 2018 se colocaron alrededor del mundo cerca de 3000 contadores que registraron 518 millones de viajes en bicicleta eléctrica en 39 países diferentes poniendo en evidencia el creciente uso de este nuevo medio de transporte (Elcyklar, 2019).

En un estudio se comparó el costo total por kilómetro que pueden tener algunos vehículos en la ciudad, contando la energía, la compra y el mantenimiento. La bicicleta eléctrica llegó a menos de \$0.15 MXN/KM cuando sus principales competidores como lo es el Scooter a gasolina estaban en un promedio de \$0.67 MXN/KM y el automóvil de bajo consumo llegó a \$13.41 MXN/KM. Esta información recopilada en el 2007 nos puede dar una referencia clara de una de las principales ventajas como lo es el costo tan accesible que puede llegar a tener este tipo de vehículos comparándolos con su principal competencia. Pero en la actualidad esta diferencia no haría más que agrandarse debido a que el precio de la gasolina ha escalado de \$10.38 MXN/LT en el 2007 a \$18.82 MXN/LT en el 2019 además a esto se le tiene que sumar el incremento de la devaluación anual (Jonathan X. Weinert, 2007).

La bicicleta eléctrica puede recorrer alrededor de 35-50 km con una carga de 6-8 horas (Nikhil Hatwar, 2013) y además puede alcanzar una velocidad de 20 km/h a 25 km/h. Estas características garantizan que la bicicleta pueda usarse en la ciudad con un desempeño adecuado en los traslados del día a día (Dimitrios Thomas, 2015). Además, este medio de transporte es el que tiene los niveles más bajos de consumo de energía según la Unión Internacional de Transporte Público ayudando a reducir el nivel las emisiones de CO<sub>2</sub> al transportarse. La bicicleta eléctrica también puede modificar el comportamiento de las personas que la llegan a usar, aumentando su actividad física semanal y fomentando otros medios de transporte como la bicicleta convencional (Cairns S. , 2017).

Una de las principales desventajas de este medio de transporte se presenta al llegar al destino, al momento de almacenar o estacionar la bicicleta eléctrica tratando de evitar el robo total o el robo de sus partes como lo son: la batería, sillín, motor, ruedas, sensores etc. Pero la mayor desventaja que se ha registrado es el precio tan elevado que puede llegar a tener la bicicleta y sus componentes (Naturvardsverket, 2019). Este puede variar desde \$12,935.79 MXN (\$600 USD) a \$172,477.20 MXN (\$8000 USD) (eBikesHQ, 2019). Los dos componentes principales que

diferencian a la bicicleta convencional de la eléctrica es la batería y el controlador. La batería es aproximadamente del 50% al 60% del costo total de la bicicleta, el motor es del 30% al 40% y el cuadro tan sólo del 10% (sixthreezero, 2019).

En América del Norte cada 30 segundos se roban una bicicleta convencional, sumando una cantidad de 2 millones de bicicletas robadas al año. Esto según el registro más grande de bicicletas en el mundo conocido como 529 Garage. Esta organización también declara que sólo 1 de cada 5 bicicletas se denuncian como robadas y sólo el 5% de los dueños recuperan su bicicleta (Jessica Coulon, 2019).

A lo largo de estos años se han reportado actos vandálicos y de robo a bicicletas eléctricas de uso compartido en varias partes del mundo con los mayores ejemplos en Madrid y Barcelona. Pero en el 2018 y 2019 este número incrementó sorpresivamente, según la asociación de viajeros y aseguradora de bicicletas Royal Dutch Touring Club (ANWB). Al menos 3800 bicicletas eléctricas fueron reportadas como robadas ante esta aseguradora, un 38% más que en el 2018. Esta aseguradora declara que este medio de transporte ganó mucha popularidad y pasó de ser sólo un medio de transporte recreativo a uno de los más importantes en estas ciudades, debido a esta demanda las bicicletas se dejan más desatendidas con mayor frecuencia en lugares públicos, en los cuales son los principales focos de robo y vandalismo. También se logró detectar que el robo de partes eléctricas como lo es la batería, el controlador, motor y sensores son robados por grupos organizados delincuentes que buscan la reventa de estas partes, siendo estos los componentes con más valor en este medio de transporte (NL TIMES, 2019).

## 1.4.- Antecedentes

### 1.4.1.-Movilidad

La movilidad es un conjunto de desplazamientos, de personas y mercancías, que se hacen en un entorno físico. Se refiere a la totalidad de desplazamientos que se realizan en la ciudad. Estos desplazamientos son realizados por medio de medios o sistemas de transporte: Bicicleta, coche, caminando o en transporte público. Todos con la función de facilitar la accesibilidad a determinados lugares (IDAE, 2011).

Cuando hablamos de una mejor movilidad y ciudades sustentables, no se refiere sólo a innovaciones tecnológicas sino a crear ciudades con un diseño urbano más eficiente y amigable con el medioambiente. El tráfico trae consigo varias consecuencias sanitarias negativas y económicas en donde es necesario mejorar la movilidad urbana. El objetivo principal de estos cambios es crear un medio de transporte público más atractivo para los nuevos usuarios y a su vez devolver dignidad a los miles de personas que los usan diariamente. Una buena movilidad urbana maximiza el aprovechamiento del recorrido en donde el usuario se mueve por diversos tipos de transporte debido a su buena conexión y accesibilidad. Esto provee de una mejora para el individuo y la ciudad, asegurando el funcionamiento continuo de las zonas urbanas. Crear más autopistas o vías creará tráfico y más crecimiento a la extensión de la ciudad (Purschke, 2016).

### 1.4.2.-Transportes en la ciudad

La manera en la cual los ciudadanos de todo el mundo se movilizan es parecida, ya que todos usamos casi los mismos medios de transporte. En la siguiente tabla podemos observar el consumo energético que cada transporte tiene, siendo el alto gasto de este recurso un gran problema. El uso de medios de transporte con motor es una de las fuentes de emisiones más importantes, ya que según cifras del INEGI pasamos de 15,611,916

unidades en el 2000 a 47,790, 950 unidades en el 2018 tan sólo en México (INEGI, 2018).

El consumo energético no es homogéneo para todos los medios de transporte mecánicos. Cuando se suma el coste energético de la producción del vehículo privado y del combustible, el transporte motorizado es el que más consume. El menor gasto lo tiene la bicicleta y los transportes públicos se sitúan de forma intermedia.

*Tabla 1 Consumo energético por medio de transporte, millones de Joules/persona y Km (UITP, 2005).*

Medio de transporte	Producción del vehículo	Combustible	Total
Bicicleta	0,5	0,3	0,8
Tranvía	0,7	1,4	2,1
Autobús	0,7	2,1	2,8
Tren de cercanías	0,9	1,9	2,8
Transporte privado o motorizado de gasolina.	1,4	3	4,4
Transporte privado motorizado diésel	1,4	3,3	4,7

En los medios de transporte actuales encontramos una relación muy estrecha entre la energía consumida y las emisiones CO<sub>2</sub>. Casi todos son consumidores directos de derivados del petróleo, exceptuando al ferrocarril que utiliza generalmente motor eléctrico; en los países europeos buena parte de esta electricidad proviene de los combustibles fósiles. Debido a esto se debe considerar que la energía eléctrica puede llegar a contaminar, a causa de la quema de combustible para producirla y la fabricación de baterías para almacenarla.

Tabla 2 Consumo de energía y emisiones CO2 anuales de los distintos modos de transporte en Europa (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2000).

Medio	Energía (M tep)	Energía (%)	CO2 (M t)	CO2 (%)
Carretera	261,4	81,4	754,6	92,9
Aviación	46,4	14,5	33,7	4,1
Ferrocarril	7,0	2,2	5,8	0,7
Navegación	6,2	1,9	18,1	2,3

Las ciudades calificadas con mejor movilidad tienen en común la diversidad en sus medios de transporte (trenes, camiones y bicicletas compartidas) que crea un entorno de integración logrando una armonía muy buena en la fluidez de los usuarios. Este tipo de proyectos tan ambiciosos requieren de una gran planificación, sin embargo, en la mayoría de las ciudades o zonas metropolitanas cada municipio planifica lo que quiere sin coordinación y se planifica para el próximo año y medio; esto causa un gran problema lleno de proyectos inconclusos (ITDP, 2010).

Algunos de los medios de transporte que más han funcionado en Latinoamérica específicamente en Medellín municipio de Colombia y Santiago de Chile son los Autobuses de tránsito rápido que funcionan con sistemas de prepago que agilizan las operaciones y aumentan la seguridad del transporte, además del Metrocable que cruza la ciudad por los aires aminorando la congestión de las vías terrestres y teniendo un horario fijo que ayuda a el usuario a llegar a tiempo a su destino. Sin mencionar que una de las claves para una mejor movilidad es la accesibilidad. Más que enfocarnos en mover personas cada vez más lejos a un costo mayor. Se deben promover los vehículos de baja velocidad porque permiten una alta eficiencia urbana en menos espacio y genera más valor derivado del potencial y las economías urbanas (Brand, 2012).

En la siguiente figura se puede apreciar el espacio que se necesita para los diferentes tipos de vehículos que tenemos en la ciudad y la velocidad promedio en la cual se mueven. Podemos concluir que la bicicleta es el vehículo que se desempeña de una mejor manera dentro de la ciudad, debido a su poco espacio y su velocidad promedio.

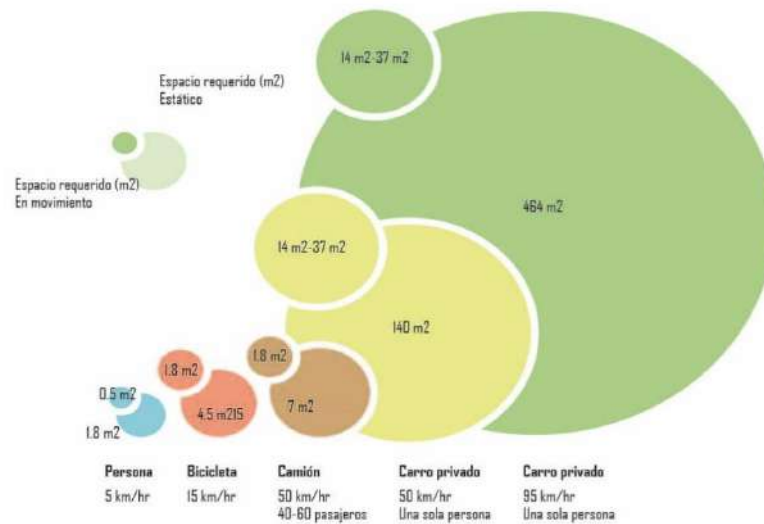


Figura 1 Comparación del espacio de viaje por persona (Miralles-Guasch, 2012).

La bicicleta como medio de transporte si bien es conocido no se usa de manera tan cotidiana en las ciudades es por eso que se deben desarrollar estrategias para fomentar su uso. Una de las estrategias que ha funcionado fue hecha por el Festival de Eco Movilidad Mundial, en la edición del 2013 donde le pidieron a la gente que dejaran sus autos por ese periodo y que dejarán más espacio para peatones y ciclistas, demostrando que las necesidades básicas pueden ser satisfechas sin ser dependientes del automóvil usando una bicicleta que a pesar de no tener la velocidad de un transporte privado puede solventar las necesidades de movilidad de la mayoría de los ciudadanos (Miralles-Guasch, 2012).

### 1.4.3.-Historia de los vehículos eléctricos

El desarrollo de vehículos eléctricos es una de las alternativas para sustituir los motores de combustión interna y el uso de combustibles fósiles. A continuación, se analiza la historia y la evolución de los vehículos eléctricos.

Tabla 3 Historia del vehículo eléctrico (Elaboración propia, 2020).

Imagen	Autor / Inventor	Descripción	Fuente
	Ányos Jedlik 1828	Vehículo eléctrico que era un modelo de pequeño tamaño movido por un motor eléctrico inventado por él mismo.	(Cuadrado, 2014)
	Thomas Davenport 1834	Primer vehículo eléctrico movido por una batería, con motor de corriente continua	(Cuadrado, 2014)
	Robert Anderson 1839	Primer coche movido por electricidad, usando una batería.	(Anderson, 2018)
	Strating 1835	Vehículo accionado por baterías no recargables, que es el precedente de los actuales coches eléctricos.	(Anderson, 2018)
	Robert Davidson 1837	Primera locomotora eléctrica inventada impulsado con motores eléctricos.	(Anderson, 2018)

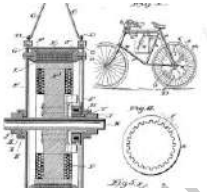
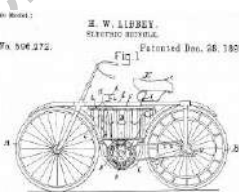


#### 1.4.4-Historia de la bicicleta eléctrica

En esta tabla se logró analizar la evolución de la bicicleta eléctrica, notando un cambio en su estructura y la tecnología que se usa en ella. Se puede observar que al principio los motores y la estructura que se usaban tenían un peso considerable que aumentaba el consumo de energía y a su vez disminuye la maniobrabilidad del ciclista al compararla con una bicicleta tradicional. Pero en cuanto la tecnología fue avanzando la bicicleta fue reduciendo sus dimensiones, creando una estructura más ligera con materiales como el aluminio, titanio y fibra de carbono.

A su vez la batería transformó sus dimensiones y peso debido a la compresión y ligereza de las baterías de litio. La estética de la bicicleta eléctrica se ha hecho más limpia, esto ha ayudado a aumentar su ligereza, portabilidad y maniobrabilidad.

Tabla 4 Historia de la bicicleta eléctrica (Elaboración propia, 2020).

Imagen	Año	Autor / Inventor	Descripción	Fuente
	1895	Orden Bolton Junior	Primera patente de bicicleta eléctrica con un motor montado en el buje de la rueda trasera. No tenía marchas, consumía hasta 100 Ah de una batería de 10 V.	(portal, 2015)
	1897	Hosea Libbey	Bicicleta eléctrica con motor alojado alrededor del eje pedalier. Utiliza dos motores, dos baterías y dos ruedas para diferentes funciones.	(Bikeon, 2019)

	1898 Humbert	Máquina eléctrica con las baterías posicionadas entre los dos ciclistas.	(Herrera, Bicicleta eléctrica desde sus inicios hasta la actualidad, 2016)
	1949 Minneapolis Lejay Manufacturing	Bicicleta eléctrica fabricada con un generador de Ford T acoplado a la rueda trasera. Llegaba 50-75 millas por carga.	(BlueisKewl, 2015)
	1960 Moulton Consultants Ltd	Patente con un sistema en el que la rueda trasera dispondría de una doble transmisión por cadena, una proveniente del pedalier y la otra del motor eléctrico.	(MOULTON, 1960)
	1975 Augustus Kinzel	En este modelo la electricidad que llegaba al motor era producida por un generador que estaba localizado en los pedales.	(Herrera, Bicicleta eléctrica desde sus inicios hasta la actualidad, 2016)

	1995	Currie	Bicicleta con batería de plomo de 12V, con características de un ciclomotor.	(Herrera, Bicicleta eléctrica desde sus inicios hasta la actualidad, 2016)
	1996	Raleigh Select	Bicicleta integrada con el sistema Sanyo que brindaba asistencia al usuario cuando era necesario.	(Cymru, 2009)
	2001	Honda	Primera bicicleta que contaba con una batería de litio y con un peso considerablemente ligero.	(Sphere, 2013)

#### 1.4.5.-Incremento de bicicletas

A finales de la década de 1990 existían varios modelos de bicicletas eléctricas que incluían los primeros sensores y controladores para los sistemas electrónicos, así como las primeras baterías con carga más duradera. Pero el verdadero boom de la venta de este medio de transporte fue hasta el 2005 con la incorporación de la batería de litio y la reducción de peso en las bicicletas que fue logrado mediante el cambio de los materiales y la reducción del tamaño de sus componentes. Estas nuevas propiedades de este atractivo sistema de transporte hicieron que sus ventas comenzarán a incrementar logrando vender en el 2012 cerca de 854,000 bicicletas eléctricas tan sólo en La Unión Europea. En Francia se vendieron en el 2011 cerca de 37,000 bicicletas eléctricas, cifra que subió

a cerca de 134,000 en el 2016. En Italia se vendieron cerca de 124,000 unidades en el 2016 y 24,000 fueron producidas el mismo año creciendo un 40.5% comparado con el año previo (Portal, 2018). La bicicleta eléctrica tuvo su venta máxima en China vendiendo cerca de 21 millones de unidades en el 2009 que es más del total de automóviles en ese año (9.4 millones). Desde un punto de vista global en el 2015 se vendieron cerca de 40 millones de bicicletas eléctricas alrededor del mundo, cerca del 90% en China, 5% en Europa y 0.7% en Estados Unidos (Ramzy, A., 2018).

Gracias a este nuevo medio de transporte se han logrado hacer más de 518 millones de viajes en bicicleta eléctrica en más de 39 países durante el 2018. Esta cifra fue tomada con 3000 contadores alrededor del mundo poniendo en evidencia su creciente uso a principios de este siglo (Elcyklar, 2019).

#### 1.4.6.-La bicicleta eléctrica como vehículo de transporte

Si introducimos una bicicleta eléctrica en la vida de los ciudadanos podemos modificar su comportamiento según una prueba en la ciudad Brighton en Reino Unido en donde se le prestó una bicicleta asistida eléctricamente a 80 empleados por un periodo de 6 a 8 semanas en el cual al menos tres cuartas partes la utilizaron una vez por semana con un promedio de 25 a 30 km, esta prueba dio como resultado una reducción general en el kilometraje del automóvil del 20%. Pero aún más importante creó un cambio en el comportamiento del usuario, el 59% de las personas reportaron que durante el tiempo que se les prestó la bicicleta su actividad física aumentó de manera considerable. Además de que después de este periodo el 38% de los participantes querían aumentar su actividad de uso de la bicicleta convencional, cuando se dio la opción a bicicleta eléctrica este porcentaje subía a 76%.

Los participantes señalaron que a la hora de usar la bicicleta lo único que les causaba molestia era que se sentían más desprotegidos, no podían usar el celular de manera cómoda y tomaban mucho tiempo para

prepararse para hacer cualquier viaje en este medio de transporte. Por el lado contrario les agradaba que los tiempos de traslado se hacían mucho más cortos además de disfrutar estar fuera del automóvil para sentir las corrientes de aire del camino (Cairns S. B., 2017).

El mercado de la bicicleta eléctrica ha ido creciendo de una manera muy importante. En algunas entrevistas en las ciudades con más alto uso de bicicleta como lo es Ámsterdam y Utrecht se analizaron varios casos entre dueños de bicicleta eléctrica de un rango de 50 a 60 años investigando acerca de sus motivos de compra y su experiencia. Un gran sector de esta población la adquirió debido a que por motivos de salud no tenían la condición física para usar una bicicleta convencional y prefirieron este sustituto para los desplazamientos hacia lugares de su vida cotidiana. Algunas de las dificultades más marcadas para su uso, es que la bicicleta puede llegar a ser demasiado pesada o puede llegar a ser difícil de manipular. La mayoría de los ciclistas que usaban bicicletas eléctricas en estas ciudades eran causa de cuestionamientos por parte de sus colegas que usaban bicicletas normales, llegando a niveles en los cuales los usuarios ocultaban la batería y accesorios para pasar desapercibidos entre las bicicletas convencionales.

Los usuarios después de adquirir su bicicleta han empezado a sustituir a los automóviles por la bicicleta eléctrica debido su capacidad de recorrer más fácilmente viajes cortos, al mismo tiempo la bicicleta eléctrica es elegida por personas que no contemplaría el ciclismo convencional por considerarlo una actividad física de demasiada exigencia (Jones, 2016).

En la ciudad de Helmond, al sur de los países bajos, el SWOV Institute for Road Safety Research realizó un estudio en cuanto a la seguridad de las bicicletas eléctricas. Se contó con la intervención de varios ciclistas en un recorrido de aproximadamente 3.5 km en el cual los resultados mostraron que, sin importar la edad, los usuarios viajan más rápido en una bicicleta eléctrica que en una convencional, estos varían su velocidad durante el tipo de camino, en las rectas la diferencia llega a 4

km/h en contraste con las curvas en donde la diferencia se reduce a 1.5 km/h. Aunque en las bajadas la velocidad de la bicicleta convencional se lograba igualar con la bicicleta eléctrica aproximadamente a 25 km/h, en las curvas las dos reducían su velocidad considerablemente. La carga mental de ambos usuarios es la misma en rectas, pero al llegar a las curvas los ciclistas con mayor edad experimentaron una carga mental más grande que en las curvas además de presentar carencia de habilidades para adaptar su comportamiento ciclista (Twisk, 2013).

Estudios previos muestran que los ciclistas con más edad suelen tener accidentes cuando dan vueltas en la esquina o en intersecciones. Es posible que debido a la combinación de la alta carga mental y la alta velocidad en situaciones complejas contribuyen a una alta tasa de accidentes a ciclistas mayores (Martens, 2001).

La bicicleta eléctrica puede ser usada para promover la actividad física como una alternativa para las personas sedentarias que usan el automóvil cotidianamente. La mayoría de las personas puede adaptar el uso de su bicicleta como transporte para cambiar su inactividad física y mejorar su salud (B., 2011).

Una de las ventajas principales que ofrece este tipo de vehículos es el costo tan accesible que puede tener. Si analizamos el costo total por kilómetro recorrido, contando la energía, la compra y el mantenimiento. La bicicleta eléctrica llegó en el 2007 a menos de \$0.15 MXN/KM cuando sus principales competidores como lo es el Scooter a gasolina estaban en un promedio de \$0.67 MXN/KM y el automóvil de bajo consumo llegó a \$13.41 MXN/KM. Esto nos puede dar una referencia de la diferencia del gasto que se tiene entre los vehículos más utilizados. En la actualidad esta diferencia no haría otra cosa más que agrandarse, debido a que el precio de la gasolina ha escalado de \$10.38 MXN/LT en el 2007 a \$18.82 MXN/LT en el 2019 además a esto se le tiene que sumar el incremento de la devaluación anual que se puede presentar en este tipo de vehículos (Jonathan X. Weinert, 2007).

Otra de las principales ventajas es su autonomía ya que puede recorrer alrededor de 35-50 km con una carga de 6-8 horas (Nikhil Hatwar, 2013). A su vez, esta puede alcanzar una velocidad alrededor de los 20 km/h dependiendo del peso del usuario, esto hace de la bicicleta eléctrica un medio de transporte ideal para moverse dentro de la ciudad con la seguridad de que tendrá suficiente carga para los traslados del día a día. (Dimitrios Thomas, 2015).

Desde un punto de vista ambiental el petróleo que consume el automóvil convencional en áreas urbanas llega a producir un rango de emisiones altas: HC (Hidrocarburos) 3.57 g/km, CO 3.15 g/km, Co<sub>2</sub> 1.82 g/km, y No 2.29 g/km. Pero por el contrario la bicicleta eléctrica en las ciudades siendo una alternativa al automóvil llega a producir esos niveles de contaminación cada 100 km ahorrando una media de 8.5 L de gasolina y reduciendo la producción de estas emisiones (Robert Joumard, 1995). También esta posee los niveles más bajos de su consumo de energía según la Unión Internacional de Transporte Público (Producción: 0.5 Combustible: 0.3 Millones de Joules/persona y Km) esto ayuda a reducir el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Si bien este nuevo medio de transporte puede traer muchos beneficios a nuestra vida y nuestras ciudades, a lo largo de la historia del uso de la bicicleta eléctrica han surgido varios puntos negativos. Una de las principales desventajas se presenta al tratar de almacenarla de forma segura al momento de llegar a algún lugar. A los usuarios se les complica bloquearla o asegurarla para evitar su robo total o el robo de sus partes como lo son: la batería, sillín, ruedas, motor etc. Pero parece que la mayor desventaja que limita más su uso es el precio tan elevado que puede tener una bicicleta eléctrica y sus componentes (Naturvardsverket, 2019).

#### 1.4.7.-Costo de la bicicleta eléctrica

El costo de una bicicleta eléctrica puede variar ampliamente desde \$12,935.79 MXN (\$600 USD) a \$172,477.20 MXN (\$8000 USD). Sin embargo, la mayoría de las bicicletas eléctricas comienzan alrededor de \$32,339.48 MXN (\$1500 USD) y van subiendo desde ese precio. Para sacar estas cifras se analizaron más de 450 modelos en los cuales más del 70% estaba en el rango de \$21,559.65 (\$1000 USD) a \$86,238.60 (\$4000 USD) y cerca de 25% de las bicicletas eléctricas se estiman arriba de \$86,238.60 (\$4000 USD) y muy pocas (Menos del 5%) tenía un precio inferior a \$21,559.65 (\$1000 USD) (eBikesHQ, 2019).

Tabla 5 Promedio de costo de bicicletas (eBikesHQ, 2019).

Rango de precio USD	Rango precio MXN	No. de bicicletas	% de Total
<b>\$0-\$1000</b>	\$0-\$21,559.65	6	1.3%
<b>\$1000-\$2000</b>	\$21,559.65 - \$43,119.30	142	30.4%
<b>\$2000-\$3000</b>	\$43,119.30- \$64,678.95	112	24.0%
<b>\$3000-\$4000</b>	\$64,678.95 - \$86,238.60	88	18.8%
<b>\$4000-\$5000</b>	\$86,238.60 - \$107,798.25	44	9.4%
<b>\$5000-\$6000</b>	\$107,798.25 - \$129,357.90	40	8.6%
<b>\$6000-\$7000</b>	\$129,357.90 - \$150,917.55	18	3.9%
<b>&gt;\$7000</b>	>\$150,917.55	17	3.6%
	Total	467	100%

El costo de una bicicleta depende principalmente de los componentes, así como de su marca. Sin embargo, hay dos componentes principales que tendrá la bicicleta eléctrica sobre la bicicleta tradicional. Estos son la batería y el motor, componentes medulares que a su vez pueden llegar a aumentar significativamente el costo total.



La batería puede representar una parte importante del costo de una bicicleta eléctrica. Para los proveedores de baterías de primer nivel como lo son Panasonic, Samsung, LG y Sony. Sólo la batería típica de 500 Wh puede llegar a tener un costo de \$7545.88 MXN (\$350 USD) a 9701.84 (\$450 USD). Este precio puede incrementar dependiendo del diseño de la batería y la manera de empaquetarse. Además de la batería se debe de contemplar el costo del kit de conversión que incluye, el motor, display, controlador, sensores y cableado que puede oscilar entre los \$21,559.65 (\$1000 USD) y los \$38,807.37(\$1800 USD) (zoomo, 2020).

Al desglosar el costo total de los componentes de una bicicleta eléctrica, aproximadamente el 10% es el costo de la bicicleta, del 30% al 40% es el costo del motor y del 50% al 60% es del costo de la batería (sixthreezero, 2019).

Aunque las bicicletas eléctricas han ganado mucha popularidad recientemente, todavía están muy lejos del número de bicicletas tradicionales producidas en serie. A medida que las bicicletas eléctricas se vuelven más populares y la demanda de motores y baterías aumenta, es de esperar que los precios bajen a medida que estos componentes se producen más en masa, aumentando la competencia en el mercado y mejorando la tecnología.

#### 1.4.8.-Robo de bicicletas convencionales y eléctricas

Más de dos millones de bicicletas se roban cada año en América del Norte, lo que significa que cada 30 segundos, a alguien le roban su vehículo. Y el problema sólo ha ido creciendo: en las últimas dos décadas, los robos de bicicletas se han multiplicado. Algunas estadísticas provienen de Proyecto 459, el creador del registro de bicicletas más grande del mundo conocido como 529 Garage el cual es una plataforma donde están registradas millones de unidades. Según su investigación el robo en América del Norte es un problema de miles de millones de dólares. De los

más de dos millones de bicicletas que se roban cada año, la policía generalmente solo recupera varios cientos de miles.

Según los datos de la organización, solo 1 de cada 5 bicicletas se denuncia como robada, menos del 20% de los propietarios de bicicletas conocen el número de serie de su bicicleta, y solo el 1% de los propietarios alguna vez registra sus bicicletas en algún tipo de registro como el del proyecto 529 Garage.

Con estas sombrías estadísticas, no es de extrañar que solo el 5% de los propietarios recuperen su bicicleta robada (Jessica Coulon, 2019).

Uno de los casos principales de robo de bicicletas eléctricas en espacio público fue del caso BICIMAD en Madrid que cerró el año 2015 con 656 bicicletas desaparecidas, esta cifra se pudo bajar a 276 casos en el 2017. El número de bicicletas inservibles que no se pueden reparar para volver a usarse también tuvo una importante reducción de 383 a 107 y por último las que fueron vandalizadas pero que se pudieron recuperar se redujeron de 774 a 349. Para esta reducción se usaron 3 estrategias fundamentales: control por GPS de las bicicletas, mejora continua del sistema de anclaje y una estrecha colaboración con la Policía Municipal y Policía Nacional (El Confidencial, 2018).

El número de bicicletas eléctricas robadas en los Países Bajos aumentó explosivamente el año pasado, según la asociación de viajeros y aseguradora de bicicletas Royal Dutch Touring Club (ANWB). Más de 3800 bicicletas eléctricas fueron reportadas como robadas ante el ANWB en el 2019, un 38% más que en el 2018. Los montos de las reclamaciones aumentaron en un 47%. Esta asociación de seguros atribuye el aumento de robos a que actualmente la bicicleta no se usa con fines recreativos como había sido antes, sino que ahora una gran cantidad de alumnos y trabajadores las usan para su transporte diario, el resultado es que actualmente se dejan desatendidas con mayor frecuencia en lugares públicos, como lo son los centros comerciales, estaciones de tren y áreas de entretenimiento en donde son los principales focos de robo. Se logró

detectar que las bicicletas convencionales son robadas por ladrones de conveniencia, por el contrario, las bicicletas eléctricas son robadas por grupos organizados delincuentes que aparecen en varias partes del país. (NL TIMES, 2019).

También en el 2018 en la ciudad de Barcelona, se comenzaron a utilizar las bicicletas eléctricas de la compañía BICING, pero estas se vieron afectadas por el vandalismo y robo de unidades, planeaban poner en la calle 1000 bicicletas eléctricas, pero finalmente se ha quedado en 300 por el saqueo presentado. El ayuntamiento de Barcelona declaró que el número de bicicletas vandalizadas es cerca del 12% de un servicio que registra diariamente 40.000 desplazamientos. Actos como lo son el pegado de adhesivos, grafitis, daño o robo de partes eléctricas, son acciones que se presentan casi a diario, pero se pueden reparar y no implican la sustitución de la bicicleta. Además, las estaciones se vandalizaron cerca de un 9.35% del total de estaciones (Cronica global, 2018).

En 2019 en el país de costa rica se implementó un sistema de bicicletas eléctricas compartido por parte de la empresa OMNi, la cual reportó daños en dos bicicletas eléctricas en menos de 24 horas, las cuales se desmantelaron y se dejaron sin partes además de otras dos bicicletas que fueron recuperadas gracias a que cuentan con GPS. En esta primera semana se lograron concretar cerca de 5000 viajes con la disponibilidad de 400 bicicletas. Tras estos sucesos se realizó una campaña de concientización para fomentar su cuidado y buen uso, creando cultura en cuanto este nuevo medio de transporte (Hidalgo, 2019).

En el caso de las personas que pueden retirar su batería, esta puede llegar a ser pesada y estorbosa al cargarla, eso evita que el usuario prefiera llevarla y puede poner en riesgo el equipo electrónico al dejarlos en lugares públicos (Naturvardsverket, 2019).

#### 1.4.9.-Bicicletas eléctricas en la Universidad Autónoma de Querétaro



*Figura 2 Bicicleta eléctrica fabricada y diseñada en la Universidad Autónoma de Querétaro (Elaboración propia, 2020).*

En octubre del año 2016 se inició el proyecto de bicicleta eléctrica (Biciuaq) dirigido por el Departamento de Diseño e Innovación ubicado en el parque Biotecnológico de la Universidad Autónoma de Querétaro. Este proyecto tenía como objetivo realizar el desarrollo de un vehículo de dos ruedas motorizado que permitiera ayudar al usuario por medio de la asistencia de un motor eléctrico y así facilitar el transporte a sus diversas actividades cotidianas. Este prototipo creado con Acero Inoxidable 316 y una batería de litio de 500 w llegaba a alcanzar una velocidad máxima de 40 km/h. Para este proyecto se puso como prioridad el diseño de un cuadro de acero inoxidable y la integración de componentes de mercado como el motor, la batería y los sensores. La batería de litio estaba dentro de la carcasa de plástico y se podía retirar al llegar al destino, pero ésta llegaba a tener muchas vibraciones al pasar por un camino con irregularidades además de que si se dejaba en la intemperie podría tener un corto circuito al mojarse o incluso podía ser robada fácilmente a pesar de tener un sistema de fijación.

#### 1.4.10.-Sistemas compartidos de bicicletas eléctricas

Hasta el día de hoy existen más de 600 ciudades alrededor del mundo que tienen sus propios sistemas de bicicletas compartidas y más programas están iniciando cada año. Los sistemas más grandes están en China, en ciudades como Shanghái y Hangzhou. En París, Londres y Washington, D.C. con sistemas altamente exitosos que han ayudado a promover el ciclismo como un valor viable y una buena opción de transporte.

Este sistema compartido tiene la esencia de que cualquiera puede recoger una bicicleta en un lugar y devolverla a otro, haciendo posible el transporte punto a punto, impulsado por humanos. Por lo general se usan bicicletas cómodas compuestas de piezas especialmente diseñadas que desalientan al robo y reventa además de monitorear en tiempo real las tasas de ocupación de las estaciones a través de comunicaciones inalámbricas, esto puede complementarse con un sistema de bloqueo totalmente automatizado que permite garantizar la seguridad de las bicicletas (Institute for Transportation and Development Policy, 2018).

*Tabla 6 Sistemas compartidos de bicicletas eléctricas (Elaboración propia, 2020).*

Imagen	Marca	Unidades	Vandalismo	Fuente
	BiciMAD	2028 bicicletas  165 estaciones	1006 bicicletas robadas  1625 estaciones dañadas  4500 reparaciones (Sillines, ruedas o estaciones)	(IBERDRO LA, 2014)          (El país, 2015)

	BilbaoBizi	450 bicicletas 30 estaciones	Sólo daños a partes externas.	(Bicicletas eléctricas.com, 2018)
	E-Bicibox	300 bicicletas 45 estaciones	Sólo daños a partes externas.	(Tu ciudad, 2019)
	Ecobici	340 bicicletas 28 estaciones	Sólo daños a partes externas.	(Excelsior, 2017)
	JUMP	Sin estaciones 250 unidades	Sólo daños a partes externas.	(WeeRide, 2018)
	DEZBA	Sin estaciones +- 100 Bicicletas	Sólo daños a partes externas.	(Crónica ambiental, 2018)

#### 1.4.11- Clasificación de bicicletas eléctricas

La mayoría de los países diferencian entre bicicletas y vehículos motorizados por medio de un impuesto, seguro y regulaciones de seguridad más estrictas, sin embargo, una bicicleta con un motor eléctrico puede ser todavía considerado una bicicleta según el tamaño de su motor. En la mayoría de estos el límite de la potencia del motor es de 250w (McLoughlin I. V., 2012).

Tabla 7 Comparación de potencia del motor (McLoughlin, 2012).

País	Potencia de salida de motor
Australia	200w
Canadá	500w
Europa	250w
India	250w
Japón	250w
Nueva Zelanda	300w
Singapur	200w
Reino Unido	250w
Estados unidos de américa	750w

Otra limitación usada para determinar si es o no es una bicicleta eléctrica está basada en la velocidad alcanzada siendo un ejemplo el límite de velocidad de 24 km/h en Japón y en Estados Unidos, y Canadá de 32 km/hr. Finalmente, hay limitaciones legales especiales particulares para el caso de una bicicleta asistida por pedaleo, ya que en la ley europea y de Singapur se requiere que se pedalee un cierto tiempo antes de que el motor pueda prenderse y el motor debe de apagarse automáticamente después de que los pedales hayan sido dejados de usar.

Las leyes suecas establecen que una bicicleta eléctrica debe de ser asistida mediante pedaleo, lo que ellos denominan como "Pedal Assistance System". Este sistema debe de actuar cuando los pedales se estén usando, haciendo que el motor se encienda si se tiene un incremento de fuerza en los pedales con el fin de aumentar la fuerza de impulso. Este motor no debe de dar más impulso de velocidad cuando se alcanza la velocidad de 25 km/h. Estas leyes solo permiten motores menores a 25 watts, si esto se excede o se desvía, la bicicleta se clasificaría como otro tipo de vehículo (Elcykelvaruhuset, 2019).

#### 1.4.12- Lugar de implementación: Querétaro

Cuando se diseña un objeto que estará en la ciudad se debe analizar el entorno y el clima en el cual se implementará para así lograr un tiempo de vida del producto más duradero. Los aspectos más importantes que se deben analizar en este diseño por ser un producto de uso exterior son la temporada de lluvias para realizar una adecuada protección ante el agua, y los actos delictivos dirigidos hacia los objetos de uso público dentro del estado de Querétaro, para prevenirlos y reducirlos.

##### **Clima:**

La etapa de lluvias comienza en el mes de junio y termina en la primera quincena de octubre. En esta época se presenta en forma de chubascos producidos por las nubes cúmulos con gestos y cúmulos nimbos de gran desarrollo vertical que más tarde se precipitan produciendo en la región central del estado unos 600 a 700 mm de lluvia.

En la región del centro y sur del Estado la intensidad de la precipitación expresada en milímetros de lluvia por 24 horas es generalmente de unos 40 mm. En la porción central y sur de Querétaro se registran menos de 60 días con lluvia al año. Los días nublados llegan a ser de 40 a 60 días al año (Ostos, 1970).

El clima en el municipio es templado semiseco, caracterizado por un verano cálido. La temperatura media anual es de 18° C". Los meses más calurosos son mayo y junio; alcanzando temperaturas máximas de 36 °C, en tanto que los más fríos son los meses de diciembre y enero, en los que se registran temperaturas mínimas de -3°C (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2005).



## Robos:

Tabla 8 Análisis de robos en espacios públicos de Querétaro (Elaboración propia, 2020).

Imagen de objeto	Características del robo	Detalle	Fuente
	Luminaria solar (700 pilas) y postes.  (Diario de Querétaro, 2018)  Zona: Carretera del Ejército mexicano	Posible encubrimiento de autoridades. Actuación en la noche y con grúa eléctrica.  Gasto: 40-45 millones de pesos.	(Diario de Querétaro, 2018)
	Luminaria solar (600 pilas) y postes.  Zona : El Marqués	Posible encubrimiento de autoridades. Actuación en la noche y con grúa eléctrica.  Gasto: 40 millones de pesos.	(Diario de Querétaro, 2018)
	3 piezas maqueta monumental  (Diario de Querétaro, 2019)  Zona: Alameda Querétaro	Lugar muy descubierto y pieza difícil de robar.  Gasto: 9 millones 59 mil pesos.	(El Querétaro, 2018)
	Robo de placas metálicas de monumentos  (El Universal, 2014)  Zona	Plaza pública  Gasto: Desconocido.	(Luján, 2014)

---

: Plaza  
fundadores



Robo de  
coladeras  
(El Queretano,  
2018)

Este ha acabado en  
accidentes mortales.  
Gasto: 36,00 pesos  
mensuales.

(Hernán  
dez,  
2018)

Zona: Los  
molinos, El  
tepetate, Adolfo  
Bécquer,  
Mercado  
Escobedo.

---

## 1.5.- Hipótesis

El diseño de una carcasa para almacenar los componentes electrónicos de una bicicleta eléctrica con un método de apertura oculto evitará su extracción sin autorización.

## 1.6.-Objetivos

### 1.6.1.-Objetivo general

Diseñar una carcasa para almacenar los componentes electrónicos de una bicicleta eléctrica con un método de apertura oculto para evitar su extracción sin autorización

### 1.6.2.-Objetivos específicos

- Evitar robo de componentes electrónicos
- Construir un prototipo funcional de la propuesta de diseño
- Evaluar el grado de impermeabilidad de la bicicleta eléctrica

## Capítulo 2. Estado del Arte

### 2.1.- Dinámica de los vehículos

Entre las diferentes fuerzas externas que intervienen en el rodado de una bicicleta están la gravedad, la masa total del sistema, la resistencia del aire, la fricción de la llanta, la inclinación de la pendiente, el radio de la rueda trasera, el torque aplicado a los pedales, la inercia y la velocidad deseada del sistema (Del, 2017).

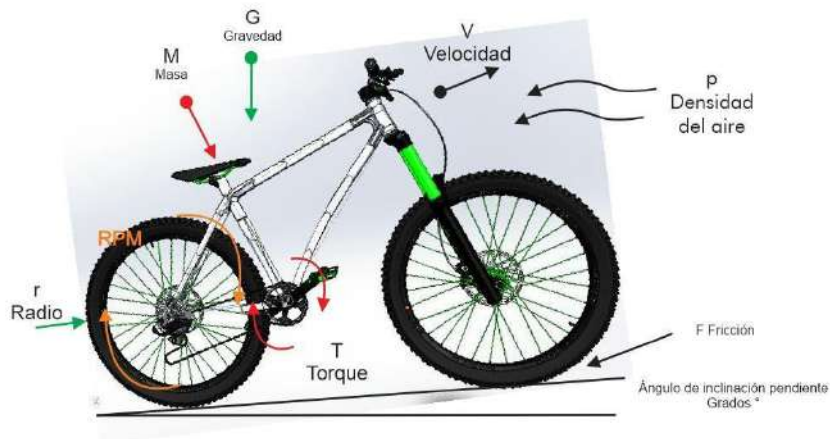


Figura 3 Fuerzas involucradas en el funcionamiento de una bicicleta (Rangel, 2017).

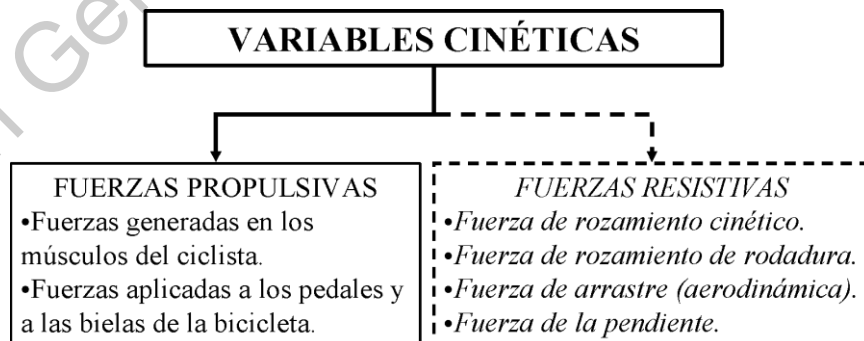


Figura 4 Variables cinéticas en ciclismo: principales fuerzas propulsivas y resistivas (López, 2006).

La fuerza de rozamiento cinético se manifiesta en la cadena y los cojinetes de las ruedas (FRc). La fuerza de rozamiento de rodadura se origina cuando las ruedas contactan y giran por encima del suelo (FRr).

Una de las principales fuerzas resistivas es la fuerza de arrastre que tiene su origen en la interacción entre el sistema ciclista-bicicleta y el aire (FA) y la fuerza de la pendiente que depende de la inclinación del terreno y el peso del sistema ciclista-bicicleta (López, 2006).


Los ciclistas destinan una potencia que suele ser inferior al 10% para vencer las fuerzas de rozamiento cinético y por rodadura. Sin embargo, más del 90 % de la potencia que ellos tienen se destina a vencer la fuerza de arrastre y la fuerza de pendiente. Esta última depende de la inclinación del terreno y el peso del sistema ciclista-bicicleta.

## 2.2.- Componentes principales de una bicicleta eléctrica

### 2.2.1.-Frenos

Permite mantener la bicicleta parada sin que la velocidad aumente o para reducir la aceleración cuando el usuario lo desee. Existen dos tipos de frenos: Frenos de buje y frenos de llanta que actúan bajo la presión ejercida sobre ambos lados de la llanta y frenos de buje




Tabla 9 Tipos de frenos (Elaboración propia, 2020).

Imagen					
<b>Tipo</b>	Caliper	Cantilever	V-brake	Disco hidráulico	Contrapedal
<b>Fuente</b>	(ONOGAL, 2019)	(Bikester, 2018)	(SRAM, 2015)	(ciclista, 2014)	(Biciplan, 2014)

### 2.2.2.-Transmisión

Este tipo de objetos se usa para transmitir la energía de los conductores a las ruedas motrices de la bicicleta. La mayoría también incluyen algún tipo de mecanismo para modificar la velocidad a través de sus relaciones de transmisión.



Tabla 10 Tipos de transmisiones (Elaboración propia, 2020).

Imagen			
<b>Tipo</b>	Transmisión tradicional	Transmisión interna	Transmisión de cardan
<b>Fuente</b>	(QWIC, 2018)	(TERRA, 2018)	(Wikiwand, 2018)

### 2.2.3.-Motor eléctrico

Este dispositivo es el encargado de transformar la energía eléctrica que genera la batería en movimiento a través del controlador de potencia, en algunas ocasiones los picos de potencia llegan a los 350 W.

Tabla 11 Tipos de motores (Elaboración propia, 2020).

Imagen		
<b>Tipo</b>	Motor en eje de rueda	Motor en eje de pedalier
<b>Fuente</b>	(Biobike, 2019)	(Biobike, 2019)

## 2.2.4.-Batería

Las baterías se encargan de almacenar la electricidad necesaria para poner en funcionamiento todo el sistema eléctrico además de determinar por sus características la autonomía de la bicicleta. Existen varios tipos de batería: Baterías de plomo, baterías de níquel e hidruro metálico (Ni-Mh) y baterías de litio.

Tabla 12 Unión de celdas (Battery University, 2018).

Tipo de unión de celdas	Diagrama
<p>Conexión en serie</p> <p>Agregar celdas en serie incrementa el voltaje; la capacidad permanece igual.</p>	
<p>Conexión en paralelo</p> <p>Con celdas en paralelo, la capacidad en Ah y el tiempo de funcionamiento se incrementan mientras que el voltaje queda igual.</p>	
<p>Conexión Serie/Paralelo</p> <p>Esta configuración provee la máxima flexibilidad de diseño. Poner las celdas en paralelo ayuda en el manejo de voltaje.</p>	

### I. Consideraciones generales de manejo de batería:

Se tiene que revisar la polaridad de las baterías, si se llegase a tener una polaridad invertida se puede producir un cortocircuito. Las baterías se deben de remover del cargador con la carga completa además de que las

celdas se deben de cargar a temperatura ambiente para evitar un sobrecalentamiento (Battery University, 2018).

### 2.2.5.-Display

Este display permite a los usuarios controlar las funciones de la bicicleta. Este suele mostrar la potencia del motor, kilómetros recorridos, la velocidad actual, la velocidad media y máxima del recorrido.

Tabla 13 Tipos de display (Elaboración propia, 2020)


Imagen			
<b>Tipo</b>	Pantalla LED	Pantalla LCD	Pantalla LED
<b>Fuente</b>	(Nicolai bicycles, 2019)	(King meter, 2018)	(Retrofitting, 2018)

### 2.2.6.-Sensor de pedaleo

Esto determina el tiempo en el cual funcionará el motor y cuándo debe pararse, además puede ser buen reflejo de la calidad de la bicicleta. Existen dos tipos de sensores:



Tabla 14 Tipos de sensores (Elaboración propia, 2020).

Imagen		
		
<b>Tipo</b>	Sensor de movimiento	Sensor de presión
<b>Fuente</b>	(Andantte, 2018)	(BTN, 2018)

### 2.2.7.-Controlador

El controlador determina cuánta electricidad pasará de la batería al motor, regulando su correcto funcionamiento, activando el motor y regulando su potencia para asistir de manera correcta al ciclista. La mayoría de los controladores limitan la velocidad máxima por medio del voltaje, el corte de corriente por baja tensión/voltaje para proteger la batería de una descarga excesiva (Bikelec, 2019).



Figura 5 Controlador para bicicleta eléctrica (Bikelec, 2019).

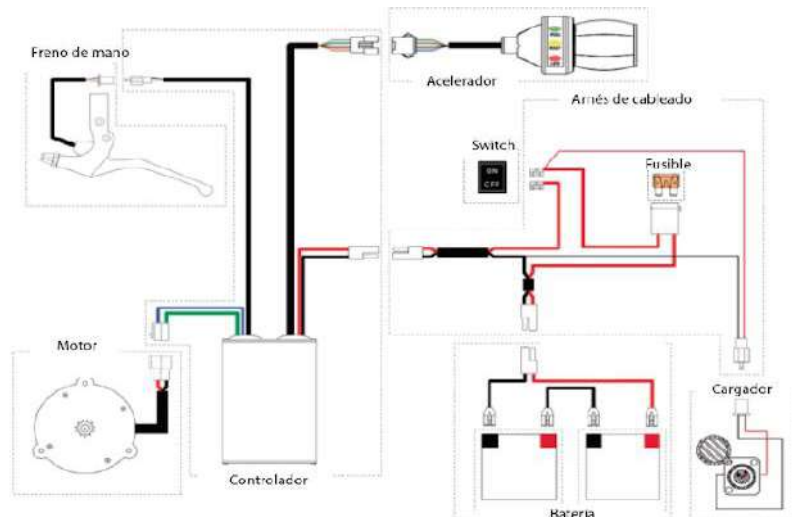



Figura 6 Diagrama de controlador (Monocicloeselectricos, 2019).

## 2.2.8.-Cuadro

### I. Tipos de cuadros de bicicleta

Tabla 15 Tipos de cuadro de bicicleta (Elaboración propia, 2020).

Imagen	Marca	Descripción	Fuente
	Giant Anthem	<p>Cuadro de montaña: Este tipo de cuadro está diseñado para una travesía fuera de ruta con gran resistencia en su estructura.</p> <p>Su manubrio suele ser recto o con doble altura.</p>	(carrascoe sciclismo, 2018)



Focus

Cuadro de ruta:  
Diseño orientado a un uso en pavimento con el objetivo de incrementar su velocidad. Su manubrio regularmente es drop-bar para una postura más aerodinámica.

(evobikes, 2018)

---



Giant

Cuadro híbrido:  
Cuadro bastante versátil que combina las características del cuadro de montaña y el de ruta. Tiene una alta resistencia y con una geometría que permite que el usuario tenga una posición cómoda para relajar los brazos y el cuello.

(Giant, 2016)

---



Mercurio

Cuadro urbano:  
Diseño orientado para la ciudad con una construcción sólida en el cuadro y sus partes para soportar las condiciones de la ciudad. Logra que el usuario esté en una posición relajada al torso y brazos.

(Mercurio, 2019)

---

	Wayscral	<p>Cuadro plegable:</p> <p>La mayoría están diseñadas para un uso urbano, aunque hay algunas que soportan viajes largos. Este modelo es muy sensible a las imperfecciones del camino.</p>	(Norauto, 2018)
	Electra	<p>Cuadro cruiser:</p> <p>Cuadro diseñado para trayectos cortos y sobre pavimento. Su geometría y manubrio permiten una postura muy relajada para el usuario.</p>	(Alltricks, 2018)
	Bullit	<p>Cuadro de carga:</p> <p>Utilizadas para mover carga con una estructura sumamente fuerte.</p>	(Bicizine, 2010)

*i. Diseño estructural del cuadro de una bicicleta*

El primer factor que entender sobre la resistencia de un cuadro es el estrés, que es medido aplicando una carga (fuerza) que es distribuida sobre una sección del material, cuando se le aplica una fuerza se ajusta hasta que la fuerza haya sido balanceada. Para eso se toma el cálculo del área de la sección transversal y el estrés normal es calculado utilizando el área, la fuerza externa y el resultado se expresa en Pascales o psi (science, 2012).

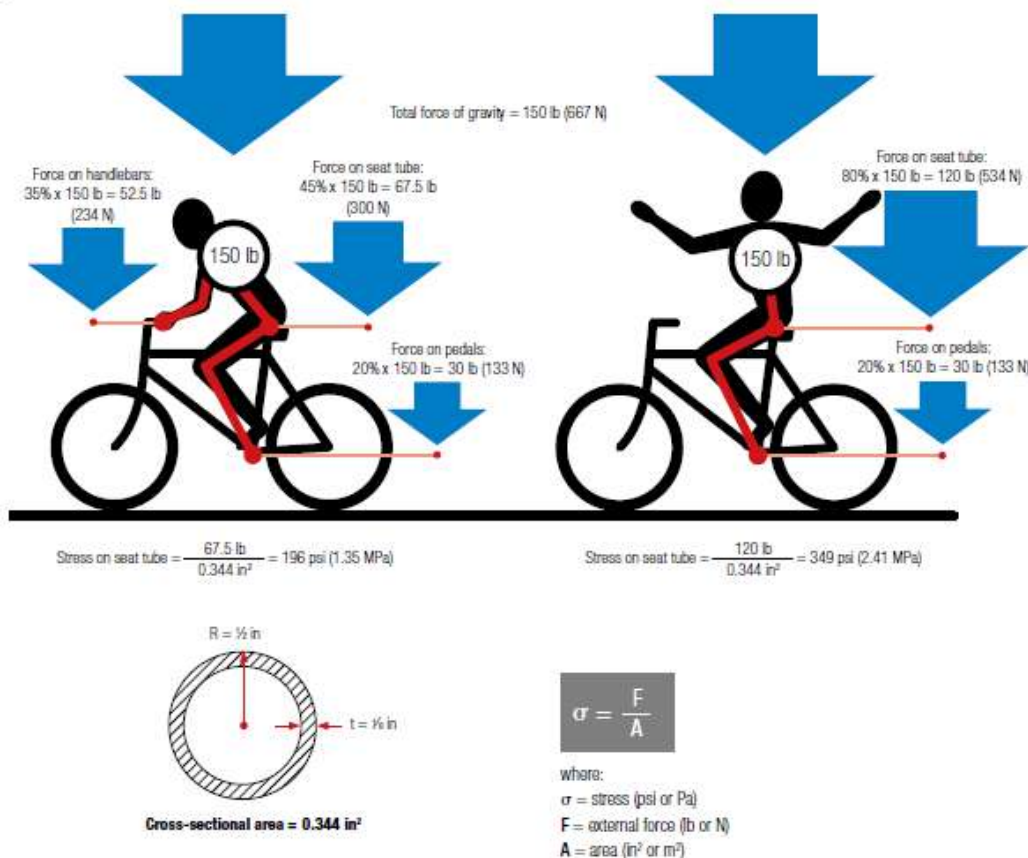


Figura 7 Cálculo de la presión ejercida (science, 2012).

## ii. Materiales para cuadro de bicicletas

Existe una gran variedad de materiales usados en los cuadros de la bicicleta, antes estos eran creados con madera, pero las bicicletas modernas están creadas de aluminio, acero, titanio y fibra de carbono. Otros no tan comunes son el bambú, termoplásticos y magnesio. (ASM International, 2014)



Figura 8 Materiales comunes para cuadros de bicicletas (Shaw, 2012).

Estos marcos tienen una amplia gama de propiedades mecánicas, no hay material en la tabla que tenga ventajas en las propiedades de cada

categoría, debido a eso todavía se continúan creando marcos con esta gran variedad de materiales (ASM Handbook, 1991).

Tabla 16 Propiedades mecánicas de los materiales (Brown, 2011).

	Módulo de elasticidad (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la fatiga a 50.000 ciclos. (MPa)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Soldabilidad y maquinabilidad	Costo (USD per kg)
Aluminio 6061-T6	72	241-320	75	2700	Excelente	\$ 2.42
Aluminio 7005-T6	72	250	-75	2780	Excelente	\$ 2.87
Acero-4130	205	650	250		Excelente	\$ 0.95
Titanio Grado 9	91-95	621-750	250	7800	Justa	\$ 57.40
Fibra de carbono	275-415	Varía	Varía	4480	Justa	Varía

## II. Propiedades del Aluminio

El aluminio 6061, tiene ventajas y desventajas en comparación con los otros materiales. La mecánica importante de las propiedades para comparar los materiales del cuadro de la bicicleta incluye la densidad del material, la resistencia a la tracción, resistencia, resistencia a la fatiga, soldabilidad y coste.

El aluminio 6061 tiene el segundo más bajo índice de densidad en comparación con los otros materiales, con una densidad que es del 60% de titanio, y 35% de acero 4130. La resistencia a la tracción del 6061 es

inferior a 7005, y alrededor del 43% de Acero 4130 y titanio. La baja densidad del aluminio permite que los diámetros de tubo más grandes sean utilizados para aumentar la resistencia, lo que lo hace competitivo e incluso ventajoso cuando en comparación con el acero. El principal inconveniente del titanio es el alto costo, haciendo que el material sea menos común para los cuadros de bicicletas. El aluminio 6061 es más costoso que el acero, pero es relativamente barato lo que lo hace asequible para la fabricación de un marco. El principal inconveniente del aluminio es la baja resistencia a la fatiga en comparación con los otros materiales del marco (Dwyer, 2012).

## 2.2.9.-Carcasa

### I. Tipos de carcasa

Tabla 17 Tipos de carcasa (Elaboración propia, 2020).

Imagen	Características	Fuente
	<p>Material: ABS/Aluminio</p> <p>Ubicación: Debajo de sillín</p>	(E-BIKE, 2018)
	<p>Material: Plástico</p> <p>Ubicación: Debajo de sillín</p>	(Fastakeep, 2012)



Material: Tela (power, 2013)

Ubicación: Centro de cuadro

---



Material: ABS/ Aluminio (B, s.f.)

Ubicación:

Ubicación: Centro de cuadro

---



Material: Plástico (CBT, 2015)

Ubicación: Arriba de rueda trasera

---



Material: Plástico/Metal (Lapierre, 2017)

Ubicación: Centro cuadro (Fijo)

---



## II. Posición de carcasa

La posición de la batería y los diferentes componentes electrónicos que usa la bicicleta eléctrica pueden variar dependiendo del modelo de la bicicleta, puede estar en una estructura interna o puede estar localizada en el exterior de ésta. La batería puede ser extraíble o fija, la extraíble es la mejor opción debido a que dará mayor seguridad frente a robos y la carga de la batería será más cómoda.

Tabla 18 Posición de la carcasa (Elaboración propia, 2020).

Imagen	Marca	Descripción	Fuente
	KTM Macina	Posición de carcasa delantera fija:  Carcasa incrustada en la estructura del cuadro en la parte delantera.  Tiene cerradura para asegurar la batería al cuadro.	(SPEED.E, 2019)
	Moma	Posición de carcasa trasera semifija:  Carcasa colocada en la parte trasera del cuadro, asegurada con doble cerradura en la parte superior e inferior.  Se suele retirar el sillín para poder retirarla.	(moma, 2018)
	Del sol	Posición de carcasa delantera semifija:  Carcasa colocada en la parte delantera del	(Reckless, 2017)

---

cuadro, con una  
cerradura.



---

Retro 5.6 Posición de carcasa trasera semifija: (Bicyclass, 2017)

Carcasa colocada en la parte trasera en forma de carga bultos, sólo algunos modelos tienen cerradura.

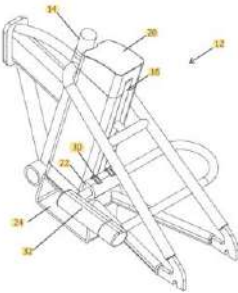
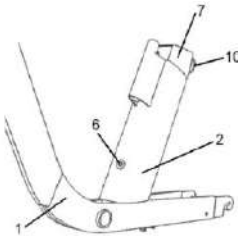
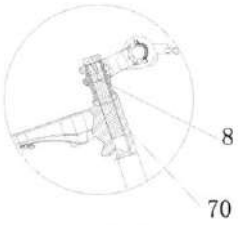

---

La carcasa suele ser la parte más pesada y cara de la bicicleta eléctrica debido a que contiene todos los componentes electrónicos. Se debe de tener algunas consideraciones: La bicicleta es muy sensible en cuanto a su distribución de peso, la batería se recomienda que se coloque lo más cerca al centro de gravedad natural de la bicicleta. Podemos observar casos como la carcasa instalada en el portabultos que no son óptimas, ya que están colocadas en la parte superior del marco y esto afectará el comportamiento de conducción de la bicicleta en altas velocidades.

La bicicleta va a estar propensa a caídas o a un impacto frontal, por lo tanto, la batería debe de estar protegida para que en dado caso de un accidente esta no llegue a golpear el suelo ni ningún objeto duro. Se debe de proteger la batería con alguna estructura que también puede ayudar a endurecer el marco considerablemente. La batería no debe de tener contacto directo con un calor intenso o radiación solar directa durante un periodo prolongado. A su vez no debe exponerse a la lluvia o nieve constante cuando esté estacionada. Es importante colocar los componentes electrónicos lo más cerca posible entre sí debido a que esto reduce en gran medida la longitud de los cables y a su vez aumenta la radiación electromagnética no deseada (SPEED.E, 2019).

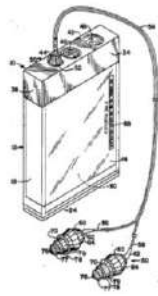
### III. Patentes de carcasa

Tabla 19 Patentes similares (Elaboración propia, 2020).

Número de patente	Autor	Imagen	Características
US20180111652A1	Gal HALEV I		Dispositivo antirrobo para batería de bicicleta eléctrica que bloquea la batería al cuadro, con opción de bloquear también la rueda trasera.
US20180257724A1	Miguel VITAL HUICI	 FIG. 3a	Dispositivo antirrobo para bicicleta eléctrica que comprende un perfil hueco con una abertura que aloja la batería. Se abre por medio de una cerradura con pestillo desplazable.
US9868483B2	Dandan Yang	 FIG. 4	Dispositivo antirrobo inteligente para bicicleta, donde este posee un cerrojo, un tubo hueco, una micro unidad central de procesamiento y una batería.
US20190077475A1	Kunhua ZHOU, Yu Zhou		Esta invención es una caja de batería antirrobo para bicicleta eléctrica. Coincide con la forma del tubo superior del cuadro manteniendo el aspecto de una bicicleta completa.

---

4,584,718 Kip L.  
Fuller



Este dispositivo tiene una abertura para insertar y extraer el radio del gabinete con una cubierta impermeable sellada para cierre de la abertura.

---

#### IV. *Material para carcasa*

Los aceros inoxidables austeníticos están hechos de una aleación de acero inoxidable y níquel, estos son los más utilizados por sus amplias propiedades. El contenido de cromo varía de 16% a 28%, el del níquel de 3.5% a 22% y el del Molibdeno 1.5% a 6%.

Los tipos más comunes son el AISI 304, 304L, 316, 316L, 310 y 317 que poseen un excelente factor de higiene, resistencia a la corrosión, excelente soldabilidad y no se endurecen por tratamiento térmico. Estos se pueden utilizar tanto a temperaturas criogénicas como a elevadas temperaturas. Sus principales aplicaciones son en uso doméstico, equipo de uso hospitalario y en la industria alimentaria. Para la carcasa se pretende usar el acero inoxidable **AISI 316** que tiene una alta resistencia a la corrosión por picaduras en comparación con los demás.

Los químicos halógenos como lo son el flúor, cloro, bromo y yodo pueden producir este tipo de corrosión. El cloro puede ser encontrado en ambientes marinos y algunas veces en el agua potable, es por eso que al acero inoxidable se le introduce en la aleación un elemento molibdeno (MO) en una proporción del 2% al 3% (POVEDA, 2012).

Tabla 20 Tratamientos térmicos recomendados (POVEDA, 2012).

Forjado	Recocido temperatura recocida	Medio de enfriamiento recocido	Dureza Brinell barras recocidas	Temple
1150-1200° C No forjar debajo de 900° C enfriar rápidamente	1010-1120	Enfriar rápidamente hasta temperatura ambiente	150	Endurecible solo por trabajo mecánico

#### V. Soldadura 316 L

El material AISI 316 se puede soldar con electrodos de soldadura E3-16L o ER316L, estos son de bajo contenido de carbono y dan una resistencia mecánica inferior al material que se va a soldar. Para poder garantizar si la resistencia del cordón de la soldadura es igual a la exigida como mínimo en el material base que en el caso del AISI 316 son MPA: (515 N/mm=53 Kg/m<sup>2</sup>) se recomienda realizar una probeta de soldadura primero. Algo que se debe de contemplar es que a partir de los 300 grados Celsius el acero inoxidable se cubriría de óxidos oscuros y comenzará a contaminar los alimentos o el entorno. En este caso se debe de recurrir al titanio ya que tiene un bajo grado de toxicidad a altas temperaturas y es por eso por lo que se usa para implantes quirúrgicos.

#### VI. Doblado de lámina

El doblado en frío de láminas es el proceso más utilizado para los metales en la cual una sección recta de la lámina es transformada por una sección curva, mediante la aplicación de cargas, sometiéndose a un esfuerzo más allá de su límite elástico en tensión en el exterior y en compresión en el interior del doblado.

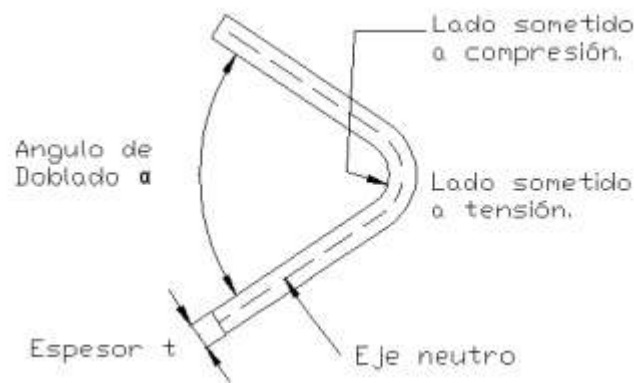


Figura 9 Esquema de una lámina sometida a doblado (Perez, 2008).

Cuando se realiza este proceso la superficie exterior hace que el material sea más delgado y causa un desplazamiento en el eje neutro a lo largo del cual el material no se deforma, pero por otro lado el interior del doblado se desplaza un promedio de  $0.4*t$  en la mayoría de los casos.

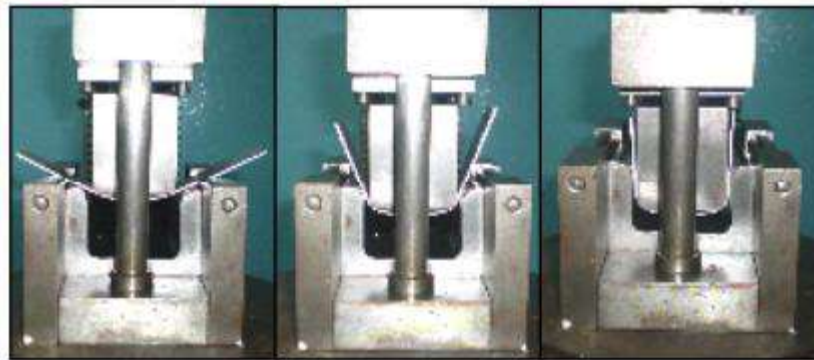
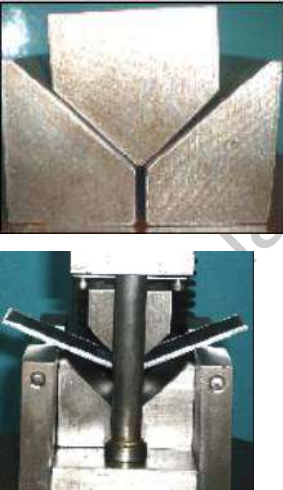
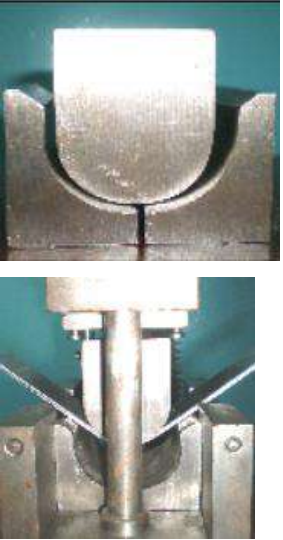


Figura 10 Esquema de las etapas de un proceso de doblado (Perez, 2008).

#### i. Consideraciones en el proceso de doblado

La lámina se deforma alrededor de un eje recto, mediante la acción de un punzón que entra en contacto con la lámina que está colocada sobre dos apoyos separados. Después de que el metal se ha sometido a esfuerzos más allá del límite elástico, éste está propenso a tener cierta cantidad de recuperación elástica. Esto pasa cuando el radio de doblado es más pequeño, hay un material más grueso o un ángulo de doblado más grande (Perez, 2008).

Tabla 21 Tipos de métodos de doblado de lámina (Perez, 2008).

Descripción	Imagen
<p data-bbox="316 434 517 465">Doblado en "V"</p> <p data-bbox="316 501 954 636">Este método requiere de una matriz en forma de V, el punzón, el metal a ser deformado la fuerza externa y los apoyos.</p>	
<p data-bbox="316 958 475 990">Doblado "U"</p> <p data-bbox="316 1025 983 1209">El material toma la forma de la matriz en U cuando se le aplica presión con el punzón. Se debe bajar la velocidad de la máquina para que no se mueva la lámina al ser doblada.</p>	

---

### Doblado en "U Canal"

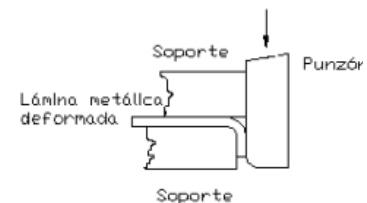
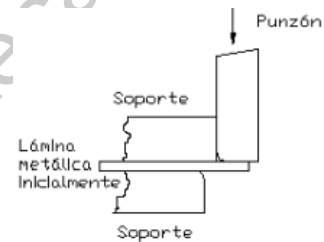
Las características geométricas y los parámetros son diferentes a los anteriores, se recomienda hacer pruebas y analizar el radio del doblado interior de la lámina con el punzón para que no haya problemas con la matriz.



---

### Doblado "Al aire"

En este caso el ángulo de doblado debe ser excedido compensando la recuperación del material al retirar el punzón. Normalmente el ángulo de estas herramientas es de 85 grados. Una de sus principales ventajas es que requiere de menos fuerza para cumplir su función, además de poder doblar láminas de mayor calibre o placas pesadas en diferentes ángulos.



---

### VII. Corte láser de lámina

El láser es una ampliación de luz que se da por el estímulo de una emisión de radiación simulada, (Light Amplification of Simulated Emission of Radiation). El láser de CO<sub>2</sub> es el más común, este es comprimido en un medio activo colocándolo en un sistema de dos espejos conocido como resonador óptico en el cual la energía es suministrada por medio de una descarga eléctrica logrando una gran excitación y provocando una emisión espontánea de luz. La emisión del rayo debe de ser directa del resonador al material con una pérdida mínima de poder. Éste genera una perforación en el material el cual permite que el calor generado por el rayo pueda cortar



o desplazar el material mediante los gases de asistencia (oxígeno, aire o nitrógeno).

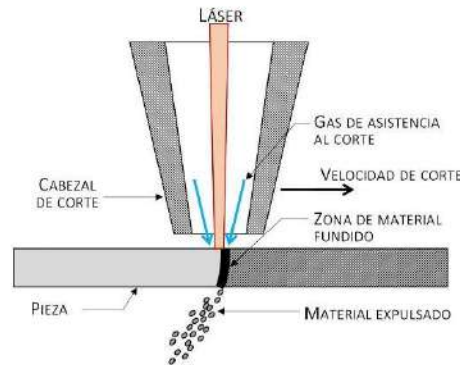


Figura 11 Esquema del proceso de corte por láser (El roble, 2018)

La herramienta más popular para poder realizar el corte láser es el control numérico por computadora (CNC) que es capaz de lograr cortes a la medida y precisos gracias a que utiliza un software avanzado (El roble, 2018).

*i. Materiales que se pueden cortar*

El corte láser es capaz de cortar calibres delgados y hasta una pulgada en materiales como el: acero al carbón, acero inoxidable, acero galvanizado, zinc, aluminio, madera, plástico y acrílico. Esto puede variar en materiales altamente reflectivos.

*ii. La importancia del gas de asistencia*

Los gases activos como el oxígeno puro o el aire tienen reacciones exotérmicas que pueden generarse en el material, debido a esto se recomienda ajustar la velocidad y la potencia del láser variando la energía liberada entre un 60% y un 70% al hacer las primeras pruebas.

Cuando se usa el oxígeno como gas de asistencia se produce una reacción exotérmica que se le llama corte por combustión. Gracias a que este tiene una tasa de eliminación de material muy alta se necesita de un láser de menor potencia. En el caso de gases que se comportan de manera inerte al momento de cortar como el argón o el nitrógeno, se tiene que ajustar el flujo al mínimo necesario para la evacuación del material fundido,

ya que esto puede causar un aumento en el gasto económico (Exequiel, 2016).

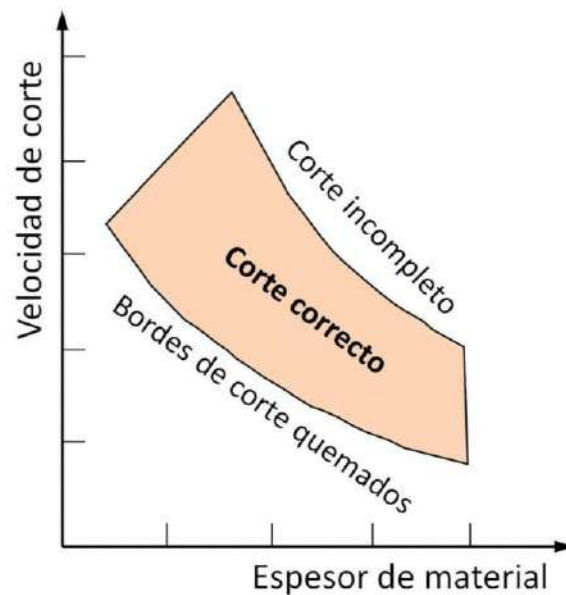


Figura 12 Influencia de la relación entre la velocidad de corte y el espesor del material en el proceso de corte por láser (El roble, 2018).

### iii. Beneficios de corte láser

El corte con láser CNC puede realizar perfiles complejos en serie sin necesidad de herramientas logrando una precisión que pocos métodos tienen de una manera rápida y rentable. La limpieza del corte es de las principales características que ofrece este proceso dejando bordes limpios sin rebabas y evitando la contaminación del material ya que este no entra en contacto con la superficie.

### iv. Tipo de máquinas de corte láser

Existen dos tipos de máquinas, las cartesianas y las robotizadas.

En las máquinas cartesianas se pueden lograr cortes en 2D si se cuentan con 3 ejes y en 3D si tiene la capacidad de 5 ejes. Se puede decir que son máquinas con menores exigencias a la rigidez debido a que no hay fuerzas de corte sino sólo inerciales logrando gran exactitud en los cortes a altas velocidades y elevadas aceleraciones.

En el caso del brazo robótico este posee una mayor versatilidad y flexibilidad al proceso en comparación con las máquinas cartesianas. Esta

máquina suele ser más económica y su uso está muy extendido en plantas de alta productividad. El haz de láser suele llegar a través de una fibra óptica hasta el cabezal de corte situado en el extremo del robot.



Figura 13 Brazo robótico realizando el corte de un tubo / Célula corte TruLaser Cell 7040 de la marca alemana Trumpf (Trade, 2017).

#### VIII. Pintura electrostática

La pintura electrostática es una mezcla homogénea de partículas finas hecha de minerales, pigmentos y resinas en estado sólido. Esta se puede aplicar con pistola electrostática para polvo en el que se mezcla con aire y se carga eléctricamente. Las partículas cargadas eléctricamente se adhieren a la superficie a ser pintada que está conectada a tierra. Estas permanecen adheridas a la pieza por carga estática y son inmediatamente calentadas en un horno donde se transforman en un revestimiento continuo. Cuando la pintura se funde los componentes químicos, en este caso las resinas, reaccionan entre sí formando una película. El resultado es un revestimiento uniforme de alta calidad adherido a la superficie que es atractivo y durable.

La mayoría de las ventajas de la pintura electrostática están reflejadas en la eficiencia de la aplicación. Este método no es inflamable y tiene un costo reducido, ya que tiene un reciclaje del 95% de la pintura que no queda aplicada a la pieza además de tener una buena resistencia fisicoquímica muy superior frente a impactos, rayones y agentes químicos.

*i. Aplicación de la pintura electrostática.*

Este método de aplicación está basado en el principio de funcionamiento de un imán, en donde dos cargas opuestas se atraen. Primero se transporta la pintura por medio de mangueras a través de un sistema de vacío creado por aire comprimido a alta velocidad, hasta la pistola de aplicación. Estas pistolas de aplicación cargan eléctricamente la pintura con voltajes aproximados a los 90.000 V, cargando negativamente las partículas de la pintura y la pieza que va a ser pintada se carga positivamente para generar la atracción de la pintura misma.

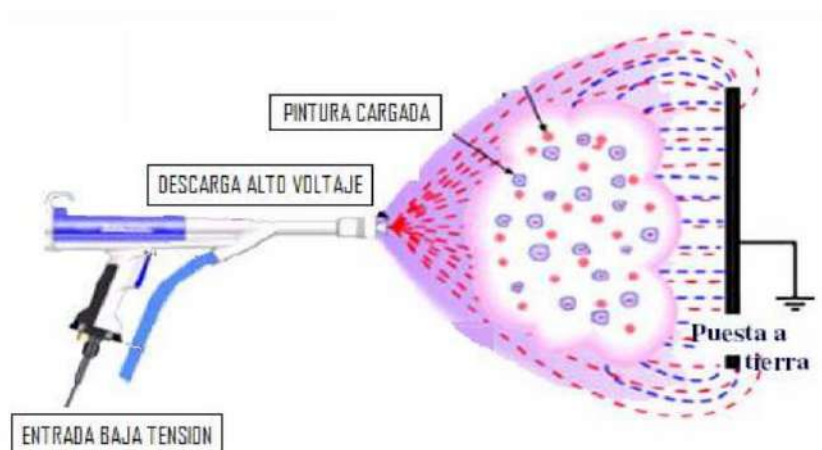


Figura 14 Pistola de aplicación de pintura (Francescutti, 2007)

**IX. Partes estándar (Tornillos, Grapas, empaque)**

**X. Tornillos**

Se denomina tornillo a un elemento mecánico de forma cilíndrica que es utilizado para sujetar y fijar uniones de elementos desmontables.

Este está compuesto de tres partes: Cabeza, Cuerpo y Rosca.

*i. Tipos de cabeza*

La cabeza del tornillo es la parte más ancha y esto permite sujetar o girar un tornillo con la ayuda de las herramientas adecuadas. El diseño de las cabezas de tornillos se basa en dos necesidades que son, obtener la superficie de apoyo adecuada para la herramienta y la necesidad de seguridad a dispositivos que requieran herramientas especiales para su

apertura así dificultando que el personal no autorizado acceda al interior, por lo que existen distintas formas de cabeza:

Tabla 22 Tipos de cabeza en los tornillos (Elaboración propia, 2020).

Imagen	Descripción		
	<p>Cabeza plana</p> <p>En este tornillo la cabeza queda al ras de la superficie. Es usado comúnmente en la carpintería.</p>		<p>Cabeza Oval</p> <p>Se puede hundir en la superficie y dejar la cabeza en el exterior. Es utilizado para fijar elementos metálicos como herramientas o chapas.</p>
	<p>Cabeza redondeada</p> <p>Se utiliza para unir piezas delgadas donde hay vibración, se usa con arandelas o rondanas para mejor sujeción.</p>		<p>Cabeza cuadrada</p> <p>Es utilizado para la sujeción de las herramientas ya que son especiales para soportar una tensión de ajuste muy fuerte.</p>
	<p>Cabeza hexagonal</p> <p>Estos son usados en la mayoría de las uniones metálicas. Sus 6 lados permiten una mayor sujeción al momento de realizar el ajuste deseado.</p>		<p>Cabeza cilíndrica</p> <p>Este tipo de cabeza se utiliza para sujetar piezas donde no se necesita mucha fuerza de ajuste.</p>

ii. Tipos de ranuras de cabeza de tornillos

La ranura es un espacio en el cual se acopla un destornillador, es posible que un tornillo no tenga ranura como en el caso de los tornillos de copa o llave inglesa. Las ranuras cubren la necesidad de seguridad, ya que según las ranuras será más fácil o difícil de desatornillar:



Figura 15 Tipos de ranuras en tornillos (Benítez, Información técnica sobre tornillos, 2017).

La punta del destornillador no debe ser demasiado grande porque podría fracturar la cabeza del tornillo en la parte profunda de la ranura y si esta llega a ser muy pequeña puede deformar la ranura (Benítez, Información técnica sobre tornillos, 2018).

XI. Destornilladores



Figura 16 Tipos de destornilladores (Benítez, Información técnica sobre tornillos, 2017).

## XII. Tuercas

La tuerca es la pieza que se enrosca en la rosca del tornillo para hacer la sujeción o el ajuste de la pieza que queremos unir. Tiene un agujero circular en el medio labrado en forma helicoidal-espiral que se ajusta a la rosca del tornillo (Areatecnología, 2016).

Tabla 23 Tipos de tuercas (Elaboración propia, 2020).

Imagen	Descripción	Imagen	Descripción
	Hexagonal Tiene 6 caras que la ayudan a ser ajustada sin mucho esfuerzo.		Cuadrada Tiene 4 caras de forma cuadrada.
	Ciega Es una variante que tiene solo un plano que presenta un orificio de entrada. Normalmente su uso es de tipo decorativo.		Con Arandela a presión Incorpora una arandela fija, la cual está provista de estrías que impiden que se afloje involuntariamente.
	Mariposa Reconocida por su forma y su uso vinculado a la necesidad de apriete y afloje rápido.		Grapa para tornillo Grapa automotriz que cuenta con una rosca para ajustar tornillos, se puede colocar en lámina.
	Autoblocante Esta tuerca incorpora un aro de nylon en uno de sus planos horizontales, evitando que se afloje en		Cabeza Moleteada Para tuercas que se deben enroscar con la fuerza de la mano.

situaciones de vibración.



#### Almenada

La tuerca almenada tiene un diseño para poder colocar un pasador anti-giro de bloqueo.



#### Ranurada

Sus ranuras se agarran al material para evitar la rotación o el giro de la tuerca.

### XIII. Empaques

Tabla 24 Tipos de empaques (Trim lok, 2016).

Imagen	Descripción
	<b>Empaque "u"</b> Borde de plástico mylar de diferentes colores. Tiras protectoras que se pueden moldear a las puertas laterales con un adhesivo ya incluido en su superficie.
	<b>Empaque "U"</b> Este empaque puede encontrarse en dos materiales EPDM (Etileno Propileno Diseño tipo M ASTM) o Vinil, sirve para cubrir fillos metálicos, de vidrio etc. No incluye adhesivo y se puede pegar con Cianoacrilato, con el cual se puede adherir al metal a algunos plásticos y cerámicos.



## Capítulo 3. Proceso de diseño

### 3.0.-Introducción:

Este proyecto fue desarrollado por medio de la metodología basada en el libro “Diseño y desarrollo de productos” el cual fue escrito por Karl T.Ulrich y Steven D.Sppinger en donde se desarrolla el diseño y manufactura del producto. A esta metodología se le añadieron algunas etapas que ayudarán a mejorar la producción en serie y la etapa de testeo del diseño (Eppinger, 2004).



Figura 17 Metodología aplicada, elaboración propia basada en (Eppinger, 2004).

### 3.1.-Planeación: 2019

En esta fase se realizó la identificación de oportunidades en conjunto de la estrategia corporativa además de contemplar los objetivos del mercado y los avances de la tecnología. La parte medular de esta fase fue la declaración de la misión del proyecto, en el cual se especificaron las metas comerciales, objetivos comerciales del producto y sus limitaciones. Esto se logró en diversas juntas semanales y mensuales en conjunto con el equipo de diseño de la UAQ y la empresa VETELIA.

Tabla 25 Cronograma por semana 2019 (Elaboración propia, 2020).

Etapa	Semanas	Actividades
Planeación	48-1	-Creación de plataforma para organización de información
Investigación de las necesidades del cliente		-Estructura de trabajo
Requerimientos de diseño	2-3	-Dimensiones de geometría -Definición de componentes mecánicos -Definición de componentes electrónicos
Conceptualización	4-6	-Cuadro de bicicleta (6 conceptos) -Forma de batería y componentes
		-Evaluación de planeación -Primera revisión de propuestas modelo 0 -Revisión de requerimientos
Refinamiento preliminar	7-12	- <b>Prototipo cuadro de bicicleta 0</b> - <b>Prototipo digital de carcasa 0</b> -Ingeniería inversa componentes electrónicos -3 conceptos de batería -Ruteado interno -Sketch preliminar -Definición piezas estandar
		- <b>Prototipo predesarrollo carcasa 0</b> -Entrega planos: cuadro de bicicleta 0 / carcasa 0 -Diseño modelo 0 -Revisión de resultado
Refinamiento adicional	9-18	- <b>Prototipo cuadro de bicicleta 1</b> - <b>Prototipo digital de carcasa 1</b> -Revisión de propuestas para modelo de carcasa 1
		- <b>Prototipo predesarrollo carcasa 1</b> -Entrega planos: cuadro de bicicleta 1 / carcasa 1 -Diseño modelo 1 -Revisión de resultado
Dibujos o modelos de control	15-22	- <b>Prototipo predesarrollo carcasa 1-2</b> -Entrega planos: carcasa 1-2 -Revisión de resultado
		- <b>Testing</b> -Pruebas funcionales -Pruebas de impermeabilidad -Prueba de extracción sin autorización
Coordinación con ingeniería, manufactura y vendedores externos	23	-Planos final de cuadro -Planos final de carcasa -Retroalimentación de testing
		-Cambios de ingeniería -Ajustes de soldadura -Ajustes dimensionales
		-Ajustes en sistema electrónico -Consolidación de cambios de ingeniería en dibujos

### 3.2.- Investigación de las necesidades del cliente:

En esta etapa se identificaron los problemas que puede tener el producto al estar en contacto directo con el usuario permitiendo una investigación íntima de las interacciones entre el producto, entorno y el usuario.

#### 3.2.1.- Perfil de producto

El producto por desarrollar es una carcasa que pueda contener los componentes electrónicos de una bicicleta eléctrica como son: batería, controlador y otros accesorios para así lograr resguardarlos del vandalismo y la intemperie.

#### 3.2.2.-Aspectos generales del producto y usuario

La carcasa deberá de ser capaz de realizar las siguientes actividades:

- a. Almacenar los componentes electrónicos
- b. Tener fácil acceso a los componentes para su mantenimiento.
- c. Proteger los componentes del clima exterior.
- d. Proteger los componentes ante una extracción sin autorización.

#### 3.2.3.-Aspectos productivos

La manufactura de la carcasa tendrá que hacerse con la tecnología y materiales disponibles en el municipio de Querétaro o algunos estados aledaños, evitando aumentar el costo de exportar recursos o tecnología. Para la fabricación se está contemplando usar lámina de acero inoxidable o aluminio evitando usar plástico, para que sea más resistente el producto y pueda ser reparado. Se tiene también en consideración usar corte láser CNC, máquinas de doblado de lámina, soldadura con gas de aporte y pintura electroestática.

### 3.2.4.-Aspectos funcionales

La carcasa será capaz de ser abierta por el personal autorizado para dar mantenimiento preventivo y correctivo al sistema eléctrico y a su vez limitar el acceso a personas que no tengan autorización.

El diseño de la carcasa se deberá ensamblar al cuadro de la bicicleta eléctrica tal manera que no afecte cualquier función de la bicicleta. Además de que debe de proteger los componentes del clima exterior como lo es la lluvia, el polvo y el sol.

### 3.2.5.-Aspectos ergonómicos

La bicicleta eléctrica en la que se colocará esta carcasa deberá tener la antropometría que se necesita para la población que habita en el municipio de Querétaro, haciendo de este producto una experiencia agradable para el usuario.

La carcasa deberá poder ser abierta por el técnico con una postura cómoda y eficaz para así dar mantenimiento preventivo y correctivo a los componentes electrónicos.

### 3.2.6.-Aspectos estéticos

Se determinó realizar un diseño simple y minimalista para evitar confusión del usuario al tener demasiadas interfaces o texturas en el exterior. Además de ocultar el sistema de apertura que el técnico accionará para abrir la carcasa.

## 3.3.-Requerimientos de diseño





### 3.3.1.-Requerimientos

- a. Incorporar dentro de la carcasa todos los componentes electrónicos y accesorios necesarios para el funcionamiento de la bicicleta eléctrica.
- b. Nula vista del sistema que el técnico accionará para su apertura

- c. Diseño que cause aversión del usuario al sistema de apertura de la carcasa.
- d. Capacidad de 40 celdas de batería
- e. Ajustable a cuadro de bicicleta ya diseñado
- f. No provocar altas vibraciones cuando se esté usando
- g. Evitar filtraciones de agua
- h. Diseño de fácil manufactura para la empresa
- i. No interrumpir la acción de pedaleo o cualquier otro movimiento del ciclista

### 3.3.2.-Componentes utilizados

Tabla 26 Componentes utilizados (Elaboración propia, 2020).

Componente	Imagen	Características	Fuente
<b>Frenos V-brake</b>		Frenos con sensor para controlador.	(OUMIAO, 2018)
<b>Transmisión</b>		Shimano Nexus 3 velocidades	(SHIMANO, 2018)
<b>Motor</b>		36 V 250W	(OUMIAO, 2018)
<b>Batería</b>		Celdas de litio	(VHBW, 2019)

<b>Display</b>		Pantalla LCD	(OUMIAO, 2018)
<b>Sensor</b>		Sensor de pedaleo	(OUMIAO, 2018)
<b>Controlador</b>		Voltaje: DC 36V	(OUMIAO, 2018)
		Corriente: 15 A	

Dirección General de Bibliotecas de la UAQ

### 3.3.3.-Cuadro utilizado



*Figura 18 Cuadro elegido (Elaboración propia, 2020).*

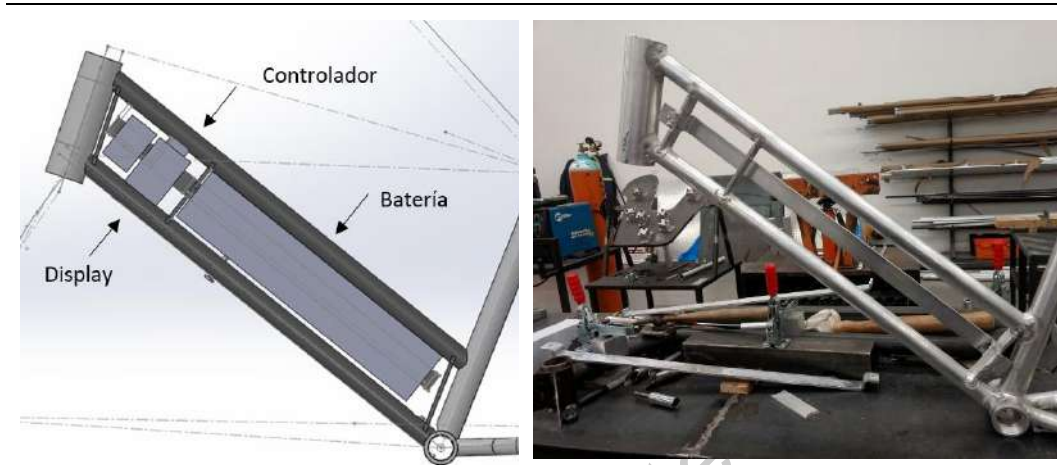
El equipo de diseño de la UAQ realizó 6 diseños de cuadro para este proyecto del cual se eligió este cuadro debido a que sus dimensiones eran las adecuadas para adaptar de mejor manera los componentes electrónicos que serían colocados en su estructura además de añadir resistencia estructural suficiente para su uso diario. Este cuadro se produjo antes de la carcasa para poder analizar el producto final y adaptar la carcasa a este con las tolerancias necesarias.

### 3.3.4.-Posición de los componentes

La posición de los componentes fue determinada por la empresa productora, debido a que necesitan el controlador y el display en la parte más alta de la carcasa para facilitar su accionamiento. Recordemos que el

objeto más pesado es la batería, ésta debe de estar en el punto de gravedad más bajo para así evitar más peso cerca del manillar para que no afectara la maniobrabilidad al mover el manubrio.

Tabla 27 Posición de los componentes (Elaboración propia, 2020).



### 3.4- Conceptualización:

#### Primera fase:

En esta fase se trabajó con la conceptualización de 16 ideas en un plano frontal donde se prioriza la sujeción hacia los tubos del cuadro (Círculos amarillos y el ensamble directo de la parte móvil y la semi-fija).

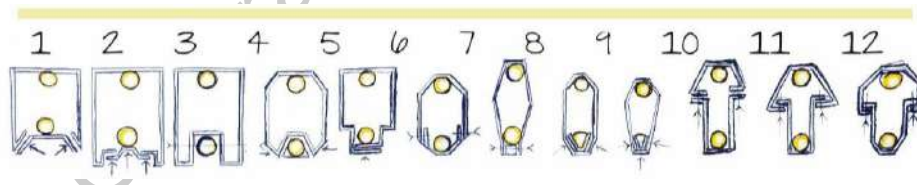


Figura 19 Conceptualización primera fase (Elaboración propia, 2020).

#### Segunda fase:

Con la exploración de la fase anterior se generaron 4 conceptos en los cuales se prioriza la sujeción entre parte móvil y parte semi-fija así generando un resultado más detallado.



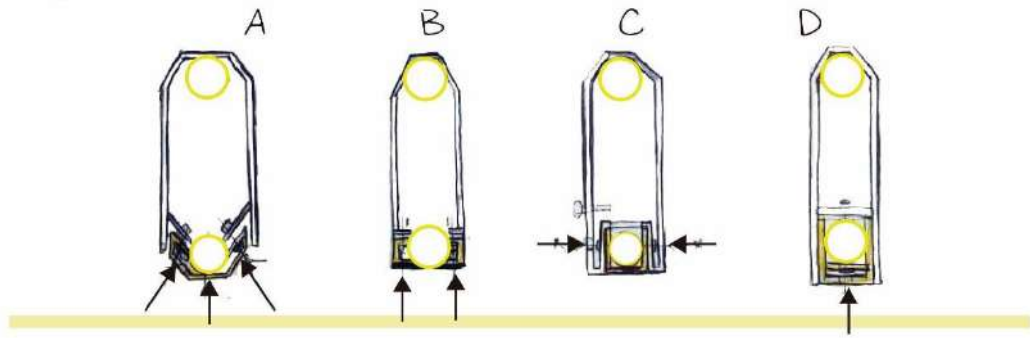


Figura 20 Conceptualización segunda fase (Elaboración propia, 2020).

**Tercera fase:**

Posteriormente se hace un primer acercamiento a detalle en un plano tridimensional de la idea que cumplía de mejor manera los requerimientos (A).

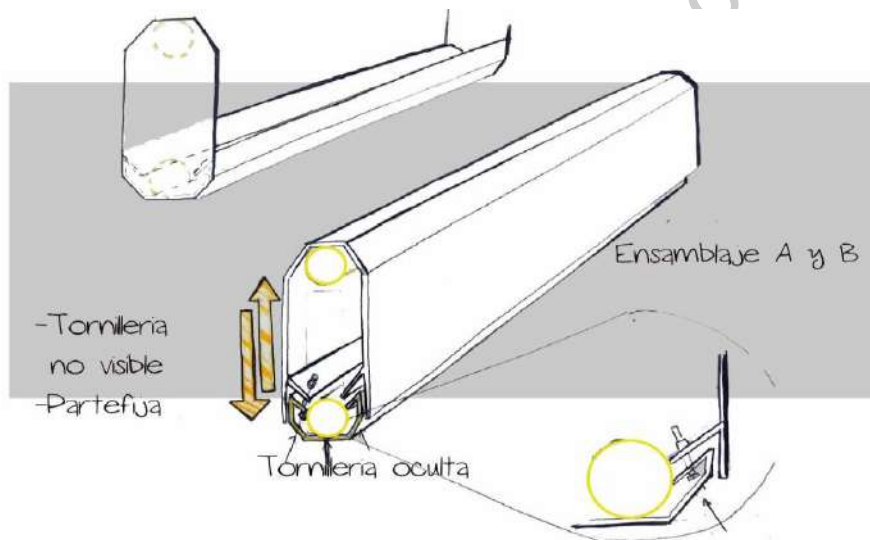


Figura 21 Conceptualización tercera fase (Elaboración propia, 2020).

Dirección

### Cuarta fase:

Al final se hace un dibujo a detalle de la propuesta, donde se consideraron todas las sujeciones que la carcasa tendrá, así como una previsualización de su apariencia montada y desmontada.

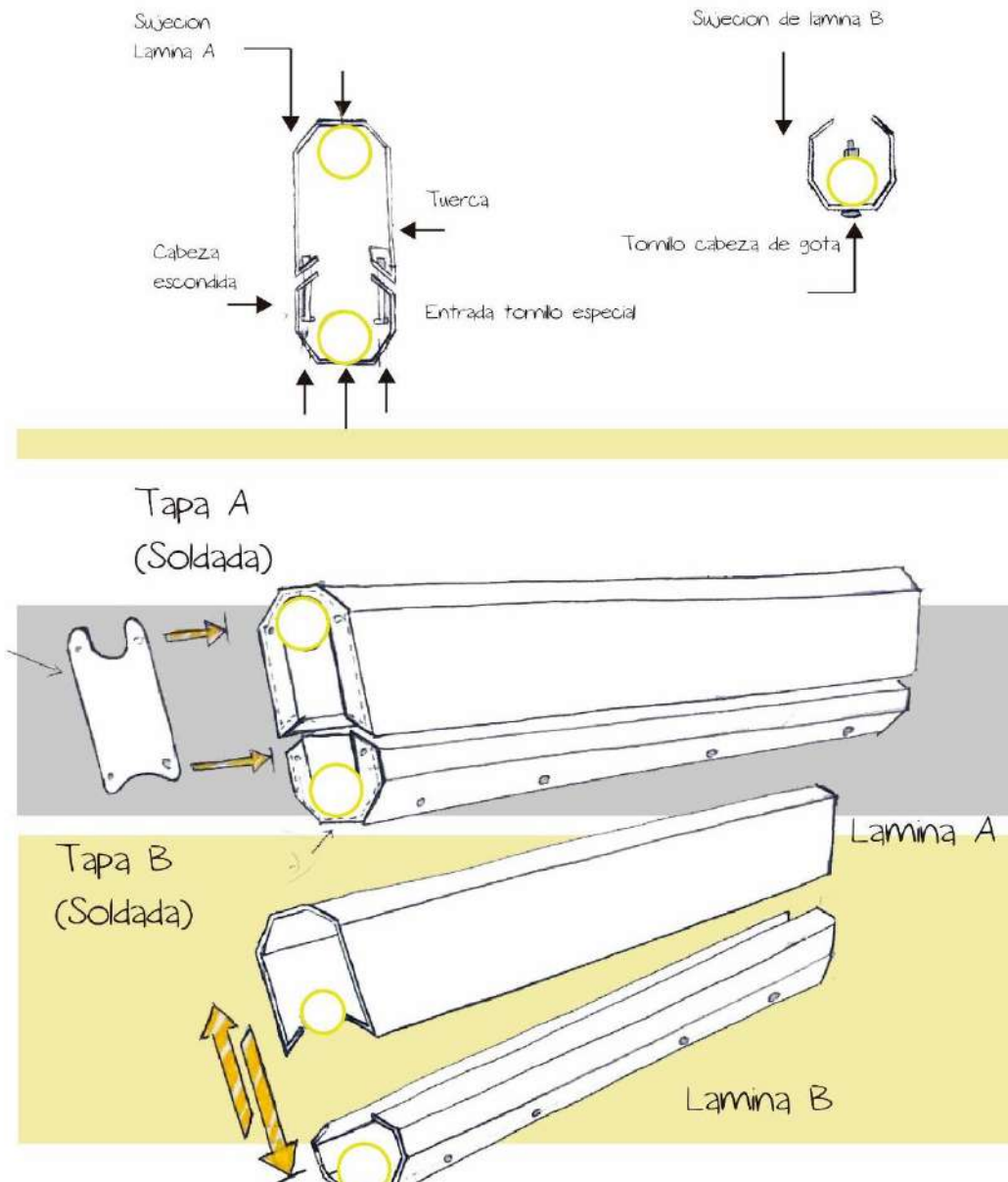


Figura 22 Conceptualización cuarta fase (Elaboración propia, 2020)

### 3.5.- Refinamiento preliminar:



Figura 23 CAD de modelo 0 (Elaboración propia, 2020).

Tabla 28 Pruebas de Modelo 0 (Elaboración propia, 2020)

Imagen	Descripción
	Prueba en PTR de 3x2 pulgadas para evaluar la posibilidad de que ésta sea la carcasa. Las celdas se colocan en una formación 2x11 y son conectadas por tiras bilaterales.
	Además de la batería se colocan los componentes electrónicos que se usarán, para evaluar el mantenimiento de la carcasa.



Se colocó en el cuadro provisional la carcasa para analizar sus dimensiones máximas y mínimas.

Tabla 29 Detalles de modelo 0 (Elaboración propia, 2020).

Imagen	Descripción
	El modelo 0 se fabricó con lámina de acero inoxidable calibre 16, este tenía a sus extremos un espacio para ajustarse a los tubos del cuadro.
	Los cables del display no pudieron ocultarse debido a la forma de sujeción de la carcasa.
	La tapa que tenía en la parte inferior, tiene 6 tornillos que ajustan toda la carcasa, aunque al estar expuestos se podía tener acceso a estos fácilmente.
	La parte de los extremos de la carcasa no tenía un sello impermeable y podía filtrarse agua por estos orificios.



Figura 24 Modelo 0 producto construido (Elaboración propia, 2020).

### 3.6.- Refinamiento adicional:



Figura 25 CAD de modelo 1 (Elaboración propia, 2020).

Tabla 30 Pruebas de modelo 1 (Elaboración propia, 2020).


Imagen	Descripción
	En esta prueba se evaluó la manera de sujetar la parte semi-fija a la estructura del cuadro por medio de un tornillo cabeza de gota y una tuerca.

Tabla 31 Detalles modelo 1 (Elaboración propia, 2020).

Imagen	Descripción
	El tubo del cuadro que está en contacto directo a la parte semi-fija no entraba de manera sencilla debido a que no tenía la tolerancia adecuada.
	El modelo 1 excedió 3.5 cm en la anchura del producto, además de no tener las dimensiones correctas en la parte semi-fija, en el espacio de la grapa del tornillo.



El modelo 1 excedió 2 cm en la altura total y creaba un espacio excesivo para los componentes.



En este modelo se pudo evaluar el sistema de cierre de la carcasa, por medio de tornillo y grapa de tornillo. Nos arrojó nuevas tolerancias para los barrenos y los dobleces.

Tabla 32 Detalles de modelo 1-2 (Elaboración propia, 2020).

Imagen	Descripción
	<p>Cuando se cerraba esta carcasa por completo no había espacio para el empaque que se colocaría entre la parte del tubo superior de la bicicleta y el lomo de la carcasa.</p>
	<p>En la parte superior existía la posibilidad de ingreso de agua debido a la forma plana de la lámina y la curva generando un hueco en los extremos.</p>
	<p>La parte posterior de la carcasa al retirarse chocaba en la parte del tubo del asiento, rayando el cuadro de la bicicleta cada vez que se retiraba.</p>





La solera que estaba soldada al cuadro y cubría la parte central de la carcasa tenía una inclinación errónea que generaba un espacio por donde se filtraba el agua.



*Figura 26 Modelo 1 producto construido (Elaboración propia, 2020).*

### 3.7.- Dibujos o modelos de control:

Los dibujos y modelos de control no se adjuntan en este documento debido a que, hasta la fecha de la publicación de esta tesis, el producto está pasando por un proceso de registro de Diseño Industrial y Modelo de utilidad en el IMPI. Por lo cual esta información se mantiene oculta para no afectar el desarrollo de los trámites de las partes involucradas.

## Capítulo 4. Resultados

### 4.1.-Procesos de fabricación

Tabla 33 Procesos de fabricación (Elaboración propia, 2020).

Imagen	Descripción
	<p>Armado:</p> <p>JIG diseñado para dar los primeros puntos de soldadura que ayudan a dar la referencia exacta de la posición de los tubos.</p>
	<p>Detalles:</p> <p>Detallado de cordones de soldadura en un rack que disminuye la variación en la fabricación del cuadro.</p>
	<p>Cordón detallado:</p> <p>Cordones definitivos que dan la rigidez estructural necesaria.</p>

## 4.2.-Cronología de construcción

Tabla 34 Cronología de construcción (Elaboración propia, 2020).

Imagen	Descripción
	Semana 21: 35 cuadros
	Semana 22: 75 cuadros 35 carcasas
	Semana 23: 25 bicicletas ensambladas (Sin carcasa)



Semana 43:

200 bicicletas con carcasa listas para funcionamiento.

---

### 4.3.-Testing

*Tabla 35 Prueba de impermeabilidad (Elaboración propia, 2020).*



Paso 1:

La prueba atendió la norma internacional **CEI 60529 Degrees of Protection**.

Logrando un grado de protección IP54, donde se especifica que debe tener protección contra polvo para que no afecte el correcto funcionamiento del equipamiento. Además de no tener fugas al arrojar un chorro de agua desde cualquier ángulo por un tiempo no menor a 5 min



La prueba impermeabilidad simuló una lluvia ocasional que se puede presentar en el ambiente. Esta prueba se realizó en un ambiente controlado al aire libre donde se rociaron 15 litros de agua de manera aleatoria en la zona de la carcasa en un tiempo aproximado de 5 minutos.



Paso 2:

Se limpió el agua acumulada en el exterior para que no se combinara con el agua que pudo ingresar al interior de la carcasa.

Tabla 36 Análisis de prueba de impermeabilidad (Elaboración propia, 2020).

Imagen	Descripción
A person is holding a blue cylindrical component, likely a battery or a part of the frame, near a bicycle frame. The bicycle is positioned on a paved surface, and the person is wearing a dark shirt and jeans.	<p>Apertura:</p> <p>Se colocó la bicicleta en estado de reposo, tratando de no ladear o inclinarla para que el agua de otras zonas no se filtra al interior.</p>
A close-up view of a blue bicycle frame, showing a small opening or joint. The frame is painted a bright blue color.	<p>Detalle 1:</p> <p>En la apertura de la carcasa se encontraron 3-5 gotas en la parte superior.</p>
A close-up view of a blue bicycle frame, showing a battery compartment. The battery is wrapped in white plastic, and there are several colored wires (red, yellow, black) connected to it.	<p>Detalle 2:</p> <p>La batería tenía 2 gotas, que si bien no representaban un peligro para el objeto pueden ser indicio de una posible fuga.</p>



Detalle 3:

Se encontró humedad en la parte de los cintillos que sostienen la batería, esto debido al espacio que las grapas para tornillo generaban, esta filtración ingresaba por la parte lateral de la carcasa.



Detalle 4:

En la parte trasera de la carcasa se filtró agua en la parte inferior llegando hasta los tornillos.

---

Tabla 37 Retroalimentación de pruebas de impermeabilidad (Elaboración propia, 2020).

Imagen	Descripción
	<p>Sugerencia 1:</p> <p>Colocar empaque en los laterales de la parte móvil de la carcasa (Línea punteada) para disminuir la probabilidad de que entre el agua.</p>
	<p>Sugerencia 2:</p> <p>Reforzar los sellos frontales de la carcasa para disminuir la probabilidad de que entre agua.</p>
	<p>Las soleras que están colocadas en los extremos de la carcasa, deben de reforzarse con un sello en sus laterales (Línea punteada).</p>
	<p>La inclinación de la solera debe de modificarse, para acercarse lo más posible a la inclinación de la carcasa y reducir el espacio que hay entre la solera y la carcasa.</p>

Tabla 38 Pruebas de extracción sin autorización (Elaboración propia, 2020).


Imagen	Descripción
	<p>Paso 1:</p> <p>La prueba de extracción de los componentes electrónicos sin autorización se realizó en un ambiente controlado donde se les pidió a dos técnicos en manufactura que abrieran la carcasa sin tener el herramental adecuado para su apertura. Podían utilizar diferentes elementos como desarmadores, pinzas o cualquier objeto que los auxiliara a abrirla.</p>

Tabla 39 Análisis de prueba de extracción (Elaboración propia, 2020).


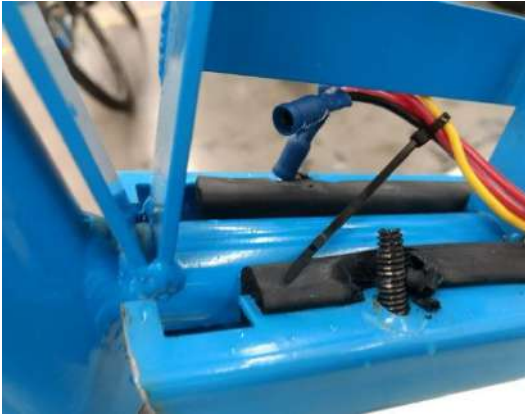
Imagen	Descripción
	<p>Detalle 1:</p> <p>Debido a que no se les brindó la herramienta necesaria y no tenían el conocimiento previo de como abrirla los operarios no la pudieron abrir. Para lograr abrir la carcasa se tuvo que retirar la llanta delantera de la bicicleta para ingresar con un desarmador a los tornillos superiores. Aún después de esto tomó cerca de 8-10 minutos para desatornillar las 2 grapas superiores.</p>



Tabla 40 Retroalimentación de pruebas de extracción (Elaboración propia, 2020).

Imagen	Descripción
	<p>Sugerencia 1:</p> <p>Debido a la dificultad para desarmar la carcasa se tuvieron que desplazar los orificios hacia la parte trasera 15 mm y a su vez modificar la longitud de los tornillos que se ajustan a las grapas para evitar que estos se salgan al ser desatornillados.</p>

Dirección General de Bibliotecas UJAQ

## Capítulo 5. Conclusiones

### 5.1.-Conclusión

La movilidad en la ciudad se ve cada vez más congestionada con una mayor emisión de dióxido de carbono y parque vehicular, esto debido a que los medios de transporte público actuales no son atractivos para los ciudadanos y estos prefieren trasladarse por medio de transportes privados. Los vehículos alternativos que se alimentan de energía eléctrica y no producen emisiones CO<sub>2</sub> han empezado a ser utilizados para disminuir los gases de efecto invernadero. Así mismo, las ciudades más congestionadas han empleado sistemas de movilidad integrales en los cuales se pueden emplear medios de transporte multimodales para reducir el tiempo de traslado de los usuarios, fomentando así el uso del transporte público para la disminución de los vehículos privados en la ciudad.

Uno de los objetos apropiados para un sistema integral de movilidad en la ciudad es la bicicleta eléctrica, que puede ser usada por medio de una plataforma digital que coordine los medios de transporte público para abastecer su demanda. No obstante, este objeto de uso público que será implementado en una estación de bicicletas compartidas podría llegar a ser vandalizado. Los componentes electrónicos tales como la batería, el controlador y el display constituyen del 60% al 90% del valor de la bicicleta, estos deben de ser protegidos por medio de una carcasa que evite el acceso a personal no autorizado.

Debido a estas razones se creó este proyecto el cual es una carcasa que cuenta con pocos elementos que revelen el sistema de apertura o el herramental utilizado para su desensamble, dejando sólo al descubierto un par de tornillos que de ser retirados de manera incorrecta no permitirán la apertura de la carcasa. De igual manera, el desensamble de la carcasa será permitido solamente por el personal autorizado que conozca el método de apertura.

Este producto tiene un grado de protección IP54 que conlleva una protección contra el polvo para no afectar el correcto funcionamiento del equipamiento, garantizando evitar fugas al arrojar un chorro de agua desde cualquier ángulo por un tiempo mayor a 5 minutos. En las pruebas de extracción sin autorización, se permitió que personal sin conocimiento del sistema de apertura tratara de abrir la carcasa para extraer las partes electrónicas, estos tardaron demasiado en lograrlo, aproximadamente 10 minutos. Tuvieron que retirar la llanta delantera para poder lograrlo y hacerlo entre 2 personas.

La carcasa logró su cometido, creando un sistema de apertura que no es visible a simple vista ya que esconde la mayoría de tornillos de la superficie exterior sin dejar una pista de cómo se podría abrir, creando una barrera física y psicológica para ahuyentar a los posibles ladrones. Cabe aclarar que la bicicleta eléctrica cuenta con un sistema de rastreo GPS con una reserva de energía, en dado caso de que traten de robarla y desactivar el rastreador. El material que se usó en esta carcasa es acero inoxidable debido a que se observó que las carcasas de plástico de otras bicicletas eran muy propensas a rupturas en caso de una caída o a ser quemadas como un acto vandálico. Otra de las principales ventajas de este material es que puede ser reparado o reutilizado una vez que su vida útil finalice.

La manufactura de este diseño fue una de las etapas más retadoras ya que no estaba planteado para una producción de 1 a 10 unidades, sino que estaba pensada para más de 400 unidades, lo cual añadía un reto extra al tener que desarrollar un sistema de producción sencillo y a bajo costo. La producción de la carcasa fue en un municipio aledaño al estado de Querétaro, este fue otro de los retos principales ya que no se podía acudir personalmente a inspeccionar el proceso de manufactura y verificar las tolerancias necesarias para crear el producto deseado. La curva de aprendizaje para perfeccionar el proceso de manufactura requirió de varios prototipos en los cuales se detectaron variaciones en las medidas, esto debido a la estandarización establecida en el proceso de manufactura del maquilador.

Esta situación provocó que se retrabajarán algunas piezas, lo cual generó algunos contratiempos demorando la producción del prototipo final que no fue terminado hasta que se produjeron las primeras 50 unidades.

Se llegaron a producir más de 500 bicicletas eléctricas con carcasa, en Querétaro (Querétaro) y en La paz (Baja california sur). En este proyecto se realizó un triángulo colaborativo entre la empresa privada (Vetelia), la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) y el Municipio de Querétaro en los cuales la negociación fue de vital importancia para beneficiar a todas las partes involucradas y lograr las fechas de entrega establecidas.

Este sistema compartido de bicicletas cumplió un año de funcionamiento en Querétaro (Querétaro) y en La paz (Baja california sur) desde el 11 de septiembre del 2019 hasta el 19 de agosto del 2020, fecha de terminación de contrato en el estado de Querétaro (Diario de Querétaro, 2020). Se notificaron algunos actos vandálicos como lo es el maltrato y robo de partes mecánicas como lo son, sillines, salpicaderas y canasta. En la parte de circuitos electrónicos no se detectó ninguna extracción sin autorización de baterías o elementos que estuvieran dentro de la carcasa.



Figura 27 Resultado final (Elaboración propia, 2020).

## Capítulo 6. Referencias

### 6.1.-Referencias bibliográficas

Agencia Europea de Medio Ambiente. (2000). Consumo de energía y emisiones de los distintos modos de transporte en Europa.

Alltricks. (2018). *Alltricks*. Obtenido de [https://www.alltricks.es/F-187976-velo-ville\\_voyage\\_vtc/P-285166-bicicleta\\_cruiser\\_electra\\_lux\\_7d\\_black](https://www.alltricks.es/F-187976-velo-ville_voyage_vtc/P-285166-bicicleta_cruiser_electra_lux_7d_black)

Andante. (2018).

Anderson, R. (2018). *Saberia*. Obtenido de <http://www.saberia.com/cuando-se-invento-el-coche-electrico/>

Areatecnología. (2016). *Tuercas y tornillos*. Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/herramientas/tuercas-y-tornillos.html>

ASM Handbook. (1991). *Heat Treating of Aluminum Alloys, Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special Purpose Materials, Vol 2*. ASM International.

ASM International. (2014). *Welding, brazing and soldering*.

B, D. (s.f.). *Batería litio*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-607658207-bateria-litio-para-bicicleta-electrica-36v-10ah-cargador-\\_JM?matt\\_tool=27286579&matt\\_word=&gclid=Cj0KcQjwg73kBRDVARIsAF-kEH-8qXrsDVlzXyf9eoY69I4v-Ox9GGXkEelmyUDhoHtTIPJ18N8eHUaAqX9EALw\\_wcB](https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-607658207-bateria-litio-para-bicicleta-electrica-36v-10ah-cargador-_JM?matt_tool=27286579&matt_word=&gclid=Cj0KcQjwg73kBRDVARIsAF-kEH-8qXrsDVlzXyf9eoY69I4v-Ox9GGXkEelmyUDhoHtTIPJ18N8eHUaAqX9EALw_wcB)

B., G. J. (2011). *Electric bicycles as a new active transportation modality to promote health*. Obtenido de

<http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed10&NEWS=N&AN=22005715>

Battery University. (2018). *BU-302: Configuraciones de Baterías en Serie y Paralelo*. Obtenido de [https://batteryuniversity.com/learn/article/bu\\_302\\_configuraciones\\_de\\_baterias\\_en\\_serie\\_y\\_paralelo](https://batteryuniversity.com/learn/article/bu_302_configuraciones_de_baterias_en_serie_y_paralelo)

Benítez, G. C. (2017). *Informacion técnica sobre tornillos*.

Benítez, G. C. (2018). *Informacion técnica sobre tornillos*.

Bicicletas eléctricas.com. (2018). *LAS BICICLETAS PÚBLICAS DE BILBAO SERÁN ELÉCTRICAS*.

Biciplan. (2014). Obtenido de <http://biciplan.com/blog/accesorios-de-bicicletas/en-que-consiste-un-freno-contrapedal/>

Bicizine. (2010). *Bicizine*. Obtenido de <http://bicizine.blogspot.com/2010/>

Bicyclass, V. (2017). *Victoria Bicyclass*. Obtenido de <https://www.victoria-fahrrad.de/en/ebikes/>

Bikelec. (2019). *Bikelec*. Obtenido de <https://www.bikelec.es/blog/controlador/>

Bikeon. (7 de Mayo de 2019). *Bike on*. Obtenido de <https://www.bikeon.com.mx/1897-libbey-bicicleta-electrica/>

Bikester. (2018). *Bikester*. Obtenido de <https://www.bikester.es/frenos-cantilever.html>

Biobike. (Marzo de 2019). *Biobike Bicicletas eléctricas*. Obtenido de <https://www.biobike.es/2019/03/29/los-mejores-motores-para-bicicleta-electrica-2019/>

BlueisKewl. (2015). *BlueisKewl*. Obtenido de <https://blueiskewl.blogspot.com/2015/02/the-bowden-spaceland-bicycle-1960.html>

- Brand, L. L. (2012). *Movilidad e inclusión social: la experiencia desde la periferia de Medellín y el primer Metrocable*. Obtenido de <https://journals.openedition.org/bifea/147>
- Brown, S. (Septiembre de 2011). *Harris cyclery*. Obtenido de <https://www.sheldonbrown.com/frame-materials.html>
- BTN. (2018). *Alibaba*. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/bafang-8fun-electric-bike-bottom-bracket-torque-sensor-68mm-60635022269.html?spm=a2700.8699010.normalList.4.16b1545fzVZPqG>
- Cairns, S. (2017). *Electrically-assisted bikes: Potential impacts on travel behaviour*.
- Cairns, S. B. (2017). *Electrically-assisted bikes: Potential impacts on travel behaviour*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.03.007>
- carrascoesciclismo. (2018). *carrascoesciclismo*. Obtenido de <https://carrascoesciclismo.es/bicicleta/giant-anthem-2-2018/>
- CBT, S. (2015). *Batería ION*. Obtenido de <https://spanish.globalsources.com/gsol/I/Electric-bike/p/sm/1155336974.htm#1155336974>
- ciclista, M. (2014). Obtenido de <https://material-ciclista.es/p/bici-de-carretera-frenos-de-disco-o-frenos-de-patines/>
- Crónica ambiental. (2018). *Las bicicletas eléctricas llegan a la Ciudad de México*.
- Cronica global*. (21 de 07 de 2018). Obtenido de [cronicaglobal.elespanol.com](http://cronicaglobal.elespanol.com)
- Cuadrado, I. (2014). *Revzilla*. Obtenido de <https://quecochesoy.wordpress.com/2014/11/28/el-primer-coche-electrico-tiene-casi-200-anos/>

Cymru, C. (2009). Obtenido de <https://www.peoplescollection.wales/items/113>

Del, M. G. (2017). *ESTUDIO DE LA DINÁMICA DE TRACCIÓN DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO*.

Diario de Querétaro. (18 de Marzo de 2018). Obtenido de <https://www.diariodequeretaro.com.mx/local/desvalijan-700-luminarias-solares-1300746.html>

Diario de Querétaro. (25 de Enero de 2018). *Diario de Querétaro*. Obtenido de <https://elqueretano.info/destacadas/robo-alcantarillas-millones-al-cano/>

Diario de Querétaro. (4 de Enero de 2019). *Diario de Querétaro*. Obtenido de <https://www.diariodequeretaro.com.mx/local/denuncian-robo-de-3-piezas-a-maqueta-monumental-del-centro-2875268.html>

Diario de Querétaro. (20 de 08 de 2020). *Diario de Querétaro*. Obtenido de <https://www.diariodequeretaro.com.mx/local/vetelia-se-lleva-sus-450-bicis-electricas-5647723.html?token=1977997334>

Dimitrios Thomas, V. K. (2015). Implementation of an e-bike sharing system: the effect on low voltage network using pv and smart charging stations. *ICRERA*.

Dwyer, F. (2012). *Material and Design Optimization for an Aluminum Bike Frame*. Worcester Polytechnic Institute.

E-BIKE, C. (2018). *Batería E para bicicleta 24 V*. Obtenido de <https://www.amazon.es/bicicleta-Prakatiker-Hagebaumarkt-Ruhrwerk-el%C3%A9ctrica/dp/B079DLZSQM>

eBikesHQ. (10 de 2019). *What does an ebike cost?* Obtenido de [ebikeshq.com/cost-of-an-ebike/](http://ebikeshq.com/cost-of-an-ebike/)

*El Confidencial*. (09 de 11 de 2018). Obtenido de [elconfidencial.com](http://elconfidencial.com)



- El Queretano. (25 de Enero de 2018). *El Queretano*. Obtenido de <https://elqueretano.info/destacadas/robo-alcantarillas-millones-alcano/>
- El roble. (2018). *Corte laser CNC*. Obtenido de <http://www.roble.com.mx/que-es-corte-laser.html>
- El Universal. (21 de 10 de 2014). *El universal*. Obtenido de <http://www.eluniversalqueretaro.mx/metropoli/21-10-2014/autoridades-investigacion-robo-de-placas-en-monumentos>
- Elcykelvaruhuset. (07 de 11 de 2019). *Vanliga fragor om elcyklar*. Obtenido de <https://www.elcykelvaruhuset.se>
- Elcyklar. (02 de 10 de 2019). *Tjuvarna far det svarare med Crescent 2020*. Obtenido de <https://www.alltomelcyklar.nu>
- Electric Two-Wheelers in China: Effect on Travel Behavior, Mode Shift, and User Safety Perceptions in a Medium -. (n.d.).
- Eppinger, L. d. (2004). *Diseño y desarrollo de productos: enfoque multidisciplinario*.
- evobikes. (2018). *evobikes*. Obtenido de <https://evobikes.cl/index.php/producto/bicicleta-ruta-focus-2018/>
- Excelsior. (2017). *Ecobici 340 bicicletas eléctricas*.
- Exequiel, J. (2016).
- Extruded, U. &. (2012). *ALLOY 6061 Understanding Extruded Aluminum Alloys*.
- Fastakeep. (2012). *Ebike batería 36 V*.
- Francescutti. (2007). *Pintura electrostática*.
- Giant. (2016). *Giant*. Obtenido de <https://www.giant-bicycles.com/es/roam-2-disc-2016>

- Hernández, F. (25 de Enero de 2018). *El Queretano*. Obtenido de El Queretano: <https://elqueretano.info/destacadas/robo-alcantarillas-millones-al-cano/>
- Herrera, D. E. (2016). *Bicicleta eléctrica desde sus inicios hasta la actualidad*.
- Herrera, D. E. (2016). *Bicicleta eléctrica desde sus inicios hasta la actualidad*.
- Herrera, D. E. (2016). *Bicicleta eléctrica desde sus inicios hasta la actualidad*.
- Hidalgo, K. (05 de 11 de 2019). *AMELIARUEDA*. Obtenido de AMELIARUEDA.COM
- IBERDROLA. (2014). *¿Te subes al futuro de la movilidad urbana?*
- IDAE. (2011). *Guía práctica para la elaboración e implantación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible*.
- INEGI. (2018). *Parque vehicular*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>
- Institute for Transportation and Development Policy. (2018). *The Bike-share Planning Guide*.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. (2005). *Enciclopedia de los municipios de México*. Obtenido de <https://web.archive.org/web/20110617025635/http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/queretaro/municipios/22014a.htm>
- ITDP. (2010). *movilidad urbana sustentable*. Obtenido de [http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Movilidad-Urbana-Sustentable-MUS\\_.pdf](http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Movilidad-Urbana-Sustentable-MUS_.pdf)
- Jessica Coulon. (29 de 08 de 2019). *Bicycling*. Obtenido de [bicycling.com](http://bicycling.com)

Jonathan X. Weinert, C. M. (2007). Electric Two-Wheelers in China: Effect on Travel Behavior, Mode Shift, and User Safety Perceptions in a Medium-Sized City. 3.

Jones, T. H. (2016). *Motives, perceptions and experiences of electric bicycle owners and implications for health, wellbeing and mobility*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.04.006>

King meter. (2018). Obtenido de [https://goldenwaycyclejx.en.alibaba.com/product/60366869655-804587694/e\\_bike\\_LCD\\_display\\_King\\_meter\\_J\\_LCD\\_for\\_electric\\_bicycle\\_and\\_electric\\_bikes.html](https://goldenwaycyclejx.en.alibaba.com/product/60366869655-804587694/e_bike_LCD_display_King_meter_J_LCD_for_electric_bicycle_and_electric_bikes.html)

Lapierre. (2017). Obtenido de [https://www.google.com/search?biw=1236&bih=568&tbm=isch&sa=1&ei=bceRXJqPENC8tQW\\_IKCgBQ&q=lapierre+e+bike+carcasa&oq=lapierre+e+bike+carcasa&gs\\_l=img.3...13604.14682..14841...0.0..0.143.763.5j3.....1....1..gws-wiz-img.....0j0i30j0i8i30j0i5i30j0i24.7sk\\_k](https://www.google.com/search?biw=1236&bih=568&tbm=isch&sa=1&ei=bceRXJqPENC8tQW_IKCgBQ&q=lapierre+e+bike+carcasa&oq=lapierre+e+bike+carcasa&gs_l=img.3...13604.14682..14841...0.0..0.143.763.5j3.....1....1..gws-wiz-img.....0j0i30j0i8i30j0i5i30j0i24.7sk_k)

López, J. G. (2006). Manifestación de las fuerzas aerodinámicas en diferentes deportes: ciclismo y atletismo. León.

Luján, A. (17 de Octubre de 2014). *Códice informativo*. Obtenido de <https://codiceinformativo.com/2014/10/roban-placas-de-monumentos-en-la-plaza-fundadores-de-queretaro/>

Martens, M. &. (2001). Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/d162/f70339ecaaddea423dae839b18c19c3a7efc.pdf>

Martens, M. &. (s.f.). *Effects of speech versus tactile driver support messages on driving behavior and workload*. Obtenido de 2001: <https://pdfs.semanticscholar.org/d162/f70339ecaaddea423dae839b18c19c3a7efc.pdf>

McLoughlin. (2012). Límite de potencia para definir una bicicleta eléctrica.

- McLoughlin, I. V. (2012). *Campus Mobility for the Future: The Electric Bicycle*. Obtenido de <https://doi.org/10.4236/jtts.2012.21001>
- Mercurio. (2019). Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-567342860-bicicleta-mercurio-retro-urbana-sharpey-rodada-26-mod-2019-\\_JM?quantity=1&variation=17704909871](https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-567342860-bicicleta-mercurio-retro-urbana-sharpey-rodada-26-mod-2019-_JM?quantity=1&variation=17704909871)
- Miralles-Guasch, D. C. (2012). *AMBIENT@*. Obtenido de AMBIENT@: <http://www.revistaambienta.es/WebAmbienta/marm/Dinamicas/secciones/articulos/Miralles.htm>
- moma. (2018). Obtenido de <https://www.momabikes.com/product-page/e-bike-26>
- Monocicloeselectricos*. (2019). Obtenido de <https://www.monocicloeselectricos.org/scooters-electricos-y-patinetes/repuracion-patinetes-scooters-electricos.html>
- MOULTON, E. (1960). Obtenido de <https://patents.google.com/patent/US3195923A/en>
- Naturvardsverket. (2019). *Elcykling-vem, hur och varfor*. Obtenido de <https://nola.se/foretagsfakta/>
- Nicolai bicycles. (2019). Obtenido de <https://en.nicolai-bicycles.com/bike/eboxx-e14/>
- Nikhil Hatwar, A. B. (2013). Design approach for electric bikes using battery and super capacitor for performance improvement. *ITSC 2013*.
- NL TIMES. (11 de 03 de 2019). *Netherlands sees sharp increase in e-bike theft*. Obtenido de [nltimes.nl](http://nltimes.nl)
- Norauto. (2018). Obtenido de <https://www.norauto.es/p/bicicleta-plegable-wayscral-foldy-20-negra-2116485.html>
- ONOGAL. (2019). *Freno Puente Frenos V Brake ALHONGA de Aluminio Negro Bicicleta MTB BTT 3032ng*.
- Ostos, C. S. (1970). Frecuencia y distribución de algunos elementos del clima del estado de Querétaro. Querétaro.

- OUMIAO. (2018). Obtenido de [https://es.aliexpress.com/store/product/36V250W-Bafang-front-rear-Electric-Bike-Conversion-Kit-Brushless-Hub-Motors-20-26-28-DIY-motor/3018059\\_32815404142.html?spm=a219c.search0104.3.356.36be4eacwK2eES&ws\\_ab\\_test=searchweb0\\_0,searchweb201602\\_6\\_10065\\_10068](https://es.aliexpress.com/store/product/36V250W-Bafang-front-rear-Electric-Bike-Conversion-Kit-Brushless-Hub-Motors-20-26-28-DIY-motor/3018059_32815404142.html?spm=a219c.search0104.3.356.36be4eacwK2eES&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_6_10065_10068)
- Perez, M. (2008). *DETERMINACION DEL FACTOR DE FORMA DE LA MATRIZ DE DOBLADO EN FUNCION DEL TIPO DE MATERIAL Y EL ESPESOR.* .
- portal, E. (2015). *Ebike portal*. Obtenido de <http://www.ebikeportal.com/history/ogden-bolton-jr-and-his-1895-hub-motor-ebike>
- Portal, T. S. (14 de Junio de 2018). *statista*. Obtenido de [www.statista.com](http://www.statista.com)
- POVEDA, E. G. (2012). *ACERO INOXIDABLE 316 y 316 L PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS.*
- power, N. (2013). *HOT Cycling*. Obtenido de <https://www.amazon.com/Cycling-Bicycle-Triangle-Electric-Conversion/dp/B01N6Z3QR8>
- Purschke, B. S. (2016). *Movilidad urban: en camino a sistemas de transporte colectivo integrados.*
- QWIC. (2018). *QWIC*. Obtenido de <http://sportpack.es/transmision-con-correa-gates>
- Ramzy, A. (2018). On the Streets of China, Electric Bikes Are Swarming. *Time Magazine*.
- Rangel, K. (2017). Fuerzas en bicicleta.
- Reckless. (2017). *Reckless Bike Stores*. Obtenido de <http://reckless.ca/shop/bikes/electric-bicycles/2017-del-sol-electric-bike-step-thru/>

Retrofitting. (2018). Obtenido de <https://es.dhgate.com/product/ebike-3-speed-pas-led-control-panel-display/402011461.html>

Robert Joumard, P. J. (1995). Hot passenger car emissions modelling as a function of instantaneous speed and acceleration.

science, C. (2012). Cálculo de presión ejercida en una sección de tubo.

Shaw, A. (2012). *Material and design optimization for an Aluminum bike frame.*

SHIMANO. (2018). Obtenido de [https://www.amazon.es/Shimano-Nexus-3-Speed-Twist-Shifter/dp/B00KVCEELI/ref=sr\\_1\\_24?keywords=shimano+nexus&qid=1559441091&s=gateway&sr=8-24](https://www.amazon.es/Shimano-Nexus-3-Speed-Twist-Shifter/dp/B00KVCEELI/ref=sr_1_24?keywords=shimano+nexus&qid=1559441091&s=gateway&sr=8-24)

sixthreezero. (30 de 07 de 2019). *How much do electric cost.* Obtenido de [sixthreezero.com](http://sixthreezero.com)

SPEED.E. (2019). Obtenido de <https://www.speed-e.ch/>

Sphere, E. (2013). Obtenido de <https://endless-sphere.com/forums/viewtopic.php?t=50738>

SRAM. (2015). *SRAM.* Obtenido de <https://www.amazon.com.mx/SRAM-cantilever-brakes-Brake-set-RIVAL/dp/B014EIDPAK>

TERRA. (2018). Obtenido de <http://www.terra.org/categorias/comunidad-ecotransporte/los-cambios-internos-de-bicicleta-una-tecnologia-desconocida>

Trade. (2017). *Corte por láser y estampación en caliente.* Obtenido de <https://www.interempresas.net/Sector-Automocion/Articulos/162698-Corte-por-laser-y-estampacion-en-caliente-La-combinacion-perfecta.html>

Trim lok. (2016). *Trim lok.* Obtenido de <https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.trimlok.com%2Fsecure%2Fcontent%2Fimagescategories%2Feg-category.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.trimlok.com%2Fpla>

stic-extrusion%2Fedge-trim%2Fedge-guard&tbnid=0drhzxbTVMVzAM&vet=10CEkQMyiIAWoXChMliJr0

Tu ciudad. (2019). *El AMB pone en marcha el nuevo servicio de bicicletas eléctricas.*

Twisk, D. a. (2013). *Preliminary results from a field experiment on e-bike safety: speed choice and mental workload for middle-aged and elderly cyclists.*

UITP. (2005). Consumo energético por medio de transporte.

VHBW. (2019). Obtenido de <https://electropapa.com/es/paquete-de-celdas-de-bateria-36v-14500mah-para-e-bike-pedelec>

WeeRide. (2018). *Mejor una bici eléctrica compartida que un coche de Uber.*

Wikiwand. (2018). *Wikiwand.* Obtenido de [https://www.wikiwand.com/es/Eje\\_de\\_transmisi%C3%B3n](https://www.wikiwand.com/es/Eje_de_transmisi%C3%B3n)

zoomo. (21 de 08 de 2020). *Electric Bike Conversion Kits.* Obtenido de [ridezoomo.com](http://ridezoomo.com)