



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

# **Diseño de vehículo eléctrico alternativo**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Mecánico**

**P R E S E N T A N**

Barrera Hernández Cristóbal Alejandro

Latorre López Elías

Nava Mireles Tomas

Pineda Torres Héctor

**DIRECTOR DE TESIS**

Dr. Vicente Borja Ramírez



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# JURADO ASIGNADO

**Presidente:** Dr. Adrián Espinosa Bautista

**Secretario:** Dr. Jesús Manuel Dorador González

**Vocal:** Dr. Vicente Borja Ramírez

**1er Suplente:** M.I. Mariano García Del Gállego

**2do Suplente:** M.I. Hanna Leslye García Guerra

# AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos al patrocinio del programa **UNAM-DGAPA-PAPIIT IT 102214 e IT101816**.

**A Dios** por habernos dado la oportunidad de vivir y cumplir con nuestros sueños, objetivos y metas, por permitirnos tener salud y esperanza y por iluminarnos para conservar la humildad y perseverancia en los momentos difíciles.

**A nuestras familias** por haber sido la base de nuestra formación y brindarnos la educación adecuada, por haber creído y confiado en nosotros, por el apoyo incondicional a lo largo de la carrera y por darnos las herramientas para terminar exitosamente esta etapa de nuestras vidas, queremos decirles que este logro no es solo nuestro, también es de ustedes. Gracias.

**A nuestro tutor el Dr. Vicente Borja Ramírez** por brindarnos la confianza para desarrollar esta tesis y a su vez apoyarnos y guiarnos a lo largo de la realización de la misma, sin su apoyo no lo hubiéramos logrado.

**A nuestros amigos** por los grandes momentos que pasamos dentro y fuera del aula, por haber compartido experiencias y conocimientos con nosotros y por los consejos y compañía en todo momento.

# RESUMEN

El presente trabajo describe el diseño de un vehículo, que cumple con requerimientos definidos conforme se realizó una investigación de vehículos alternativos que actualmente lideran el mercado, se presentan a su vez cuadros y gráficas comparativas entre ellos. Esto para lograr un mejor análisis de la información recolectada y obtener las características más significativas que permitan que el diseño del nuevo dispositivo sea eficaz, novedoso y a su vez colocarlo como una opción capaz de competir con los productos actuales.

Posterior a la recolección y síntesis de información, se plantearon los requerimientos y especificaciones con los que se trabajó a lo largo del proyecto. Después, se pensó en diferentes alternativas de solución de las cuales se realizaron algunos bocetos en papel. Posteriormente fueron revisadas y evaluadas tanto por el equipo, como por el director del proyecto y también algunas personas ajenas al proyecto, esto último con la finalidad de obtener puntos de vista más generales.

La siguiente etapa fue una selección preliminar de algunos bocetos que tenían características más sobresalientes. Después de esta selección, se procedió a realizar modelos de cartón para observar las ventajas y desventajas de éstos. Esta actividad resultó útil para seleccionar uno de los modelos, con el que se trabajó la parte de diseño de detalle y análisis estructural.

El modelo seleccionado fue sometido a algunas otras pruebas. Fue necesaria la elaboración de otros modelos de cartón para comprobar algunas variaciones que se tenían pensadas con el fin reducir la cantidad de material de éste, y que en los modelos en CAD no era tan fácil distinguir.

La última iteración del modelo, fue su manufactura en madera para terminar de comprobar la facilidad que poseía para ser plegado, y los problemas que el usuario podría tener, además se mejoraron algunos conceptos que no se tenían totalmente claros y se plasmaron en el diseño final en CAD.

La metodología de diseño se basó esencialmente en 4 pasos, el primero de ellos la definición de la necesidad o el problema, el segundo es el concepto, donde se realizó un análisis de viabilidad y propuestas con base en lluvia de ideas e investigación. El tercero, es la etapa de configuración, donde se usaron herramientas CAD, CAM y CAE, y el cuarto, es el diseño de detalle del modelo.

# Tabla de contenido

1. Introducción .....	1
1.1 Estructura de la tesis .....	2
2. Objetivos y alcances .....	3
2.1 Objetivo .....	3
2.2 Alcances.....	3
3. Estado del arte .....	5
3.1 Centros y foros de investigación y desarrollo .....	5
3.1.1 MIT media Lab.....	5
3.1.2 Foro automotriz de energías alternativas .....	6
3.2 Concursos .....	6
3.3 Estadísticas .....	9
3.3.1 Crecimiento de la población.....	9
3.3.2 Edad Mediana.....	11
3.3.3 Antropometría, peso y talla .....	11
3.3.4 Reglamentación de tránsito .....	12
3.3.5 Patentes.....	13
4. <i>Benchmarking</i> .....	14
4.1 Vehículos analizados .....	14
4.2 Fichas técnicas.....	1
4.3 Análisis de información .....	2
4.3.1 Vehículos eléctricos con velocidad máxima de 25 km/h .....	3
4.3.2 Gráficas generales .....	3
4.4 Vehículos eléctricos más relevantes .....	6
4.4.1 Diagramas de polaridad .....	6
4.5 Requerimientos y especificaciones .....	11
4.5.1 Requerimientos .....	11
4.5.2 Especificaciones.....	13
5. Conceptualización .....	14
5.1 Alternativas en papel .....	14
5.1.1 Alternativa 1 .....	15

5.1.2 Alternativa 2 .....	16
5.1.3 Alternativa 3 .....	17
5.1.4 Alternativa 4 .....	18
5.1.5 Alternativa 5 .....	18
5.2 Modelos de funcionalidad limitada.....	21
5.2.1 Modelo 1 .....	22
5.2.2 Modelo 2 .....	23
5.2.3 Modelo 3 .....	24
6. Configuración .....	25
6.1 Alternativas de solución .....	25
6.1.1 Modelos en CAD.....	25
6.2 Modelos a escala .....	27
6.2.1 Modelo 1 .....	27
6.2.2 Modelo 2 .....	28
6.3 Sistemas del vehículo. ....	28
6.3.1 Sistema eléctrico .....	29
6.3.2 Control.....	35
6.3.3 Dirección del vehículo. ....	36
6.4 Selección de material .....	41
7. Análisis ergonómico del vehículo .....	47
7.1 Relaciones ergonómicas con el objeto.....	47
7.2 Aspectos ergonómicos .....	49
7.2.1 Seguridad.....	51
7.2.2 Antropometría.....	51
7.3 Tecnología a implementar.....	54
8. Construcción del prototipo .....	57
8.1 Piezas y ensamblés.....	57
9. Validación de la estructura.....	60
9.1 Materiales .....	60
9.1.1 Aluminio 6061 .....	60
9.1.2 Aluminio 7005 .....	61
9.2 Consideraciones hechas en <i>Hyperworks</i> .....	62
9.2.1 Caso 1 .....	62

9.2.2 Caso 2 .....	66
9.2.3 Caso 3 .....	68
9.2.4 Caso 4 .....	70
10. Diseño final.....	74
10.1 Plano de conjunto .....	75
10.1.1 Posibles procesos de manufactura .....	76
10.2 Instructivo .....	78
10.2 Operación.....	81
11. Comentarios y conclusiones.....	82
12. Referencias.....	84
A. Anexos.....	89
A.1 Exposición en diseño industrial.....	89
A.2 Fichas técnicas .....	90
A3. Planos.....	105
A4. Soldadura TIG.....	120

# 1. Introducción

El surgimiento de nuevas “mega ciudades” (al menos 10 millones de habitantes) y por consecuencia, la sobrepoblación y la movilidad, solo por mencionar algunos de los problemas presentes, ha llevado a interesarse y cuestionarse, de qué manera podrían generarse alternativas o bien, qué se podría diseñar para dar solución a las necesidades actuales.

Al vivir en la Ciudad de México, y analizar algunas de las necesidades en común para cualquier habitante de este espacio geográfico, se optó por abordar el problema de movilidad.

Abordar completamente este tema, requeriría el trabajo de un grupo multidisciplinario y llevaría a un proyecto demasiado largo. Dado esto, se decidió extraer una parte a la que se le llama movilidad “última milla”, la cual se centra en el último recorrido de una persona para llegar a su destino.



Figura 1.1 Concepto de movilidad Last Mile (Sotero, 2015)

Dada la situación global actual en cuanto al excesivo tránsito de vehículos, se prevé al menos en mega ciudades, la implementación de un sistema muy interesante, la creación de mega estacionamientos cercanos a las zonas más concurridas de la ciudad, esto con la finalidad de que se dejé el vehículo en dicho mega estacionamiento y que el arribo al lugar de preferencia, sea mediante el uso de un transporte alternativo, que sea amigable con el medio ambiente y además el acceso sea más rápido en comparación con el transporte habitual. Con base en toda la problemática actual y con las tendencias que se han desarrollado en los últimos años, se establece como objetivo primordial, el diseño de un nuevo concepto de transporte alternativo.

## 1.1 Estructura de la tesis

En este apartado del trabajo se describen las actividades realizadas en cada capítulo de este documento.

- Capítulo 1: Introducción; incluye la introducción, información sobre mega ciudades y el concepto de vehículo *last mile*.
- Capítulo 2: Objetivos y alcances; se muestran los objetivos y alcances del trabajo, tomando en cuenta las actividades realizadas a lo largo de la tesis.
- Capítulo 3: Estado del arte; se presenta información sobre centros, foros, concursos enfocados a temas de movilidad así como estadísticas de la población mexicana, reglamentación de tránsito, y patentes relacionadas con el proyecto.
- Capítulo 4: *Benchmarking*; se presenta un listado en forma de tabla, del total de medios de transporte estudiados, elaboración de fichas técnicas de los vehículos del listado anteriormente, gráficas comparativas generales (se analiza una sola característica por gráfica), así como diagramas de polaridad (dos características por diagrama). Se plantean requerimientos y especificaciones.
- Capítulo 5: Conceptualización; alternativas generadas con lluvia de ideas y esquematizadas seguidas de una evaluación y selección de las mismas utilizando matriz de selección, además se presentan modelos de funcionalidad limitada.
- Capítulo 6: Configuración; Modelado sólido en software de CAD de las alternativas, modelos a escala, el sistema eléctrico, el control y la dirección del transporte alternativo propuesto. Se presenta selección de materiales.
- Capítulo 7: Análisis ergonómico del vehículo; se presentan conceptos relacionados con ergonomía del vehículo, el análisis antropométrico y las tecnologías a implementar en el diseño.
- Capítulo 8: Construcción del modelo funcional; se muestra el proceso que se siguió para la manufactura de modelo de funcionalidad limitada, escala 1:1, utilizando como materia prima base la madera.
- Capítulo 9: Validación de la estructura; utilizando software CAE se presentan diferentes casos de carga para la estructura del vehículo propuesto, así como resultados y comentarios de los mismos.
- Capítulo 10: Modelo final en CAD; se muestra el prototipo final, se comentan los resultados obtenidos, así como un tutorial para el plegado y desplegado del vehículo.
- Capítulo 11: Conclusiones; se presenta conclusiones, así como comentarios para trabajo a futuro de este proyecto.

## 2. Objetivos y alcances

En este capítulo se presentan los objetivos y alcances del trabajo descrito a lo largo del documento los cuales deben de cumplirse al 100% al final del proyecto, además de un diagrama de flujo con la metodología de diseño empleada.

### 2.1 Objetivo

El objetivo de este proyecto es diseñar una alternativa de movilidad para mega ciudades, la cual debe cumplir con algunos requerimientos, siendo uno de los más importantes, que entre en la categoría de movilidad *last mile* y además pueda ser utilizado en el carril confinado para bicicletas. Esto quiere decir que será enfocado en la última parte del recorrido del usuario, por lo que el vehículo a diseñar tiene que trasladarse en el transporte público y/o en la cajuela de un automóvil. Esto significa que debe ser lo más ligero posible, debe de ocupar el menor volumen posible cuando este plegado y ser fácil de transportar.

Además se tiene como objetivo validar la estructura por medio del uso de herramientas para el análisis por el método de elementos finitos. En este caso con el programa comercial *Hyperworks* ya que nos brinda un análisis más preciso de dicha estructura.

### 2.2 Alcances

A continuación se presentan los alcances esperados al principio de la realización de este proyecto, los cuales se deben de cumplir al finalizar el trabajo.

- Sintetizar en fichas técnicas la información de los vehículos alternativos investigados.
- Comparar los vehículos con ayuda de las fichas y seleccionar los más representativos.
- Realizar gráficas comparativas entre los vehículos seleccionados
- Realizar graficas diagramas de polaridad e identificar los nichos.
- Presentar las alternativas de solución
- Diseño final en CAD.
- Análisis Cae en *HyperWorks* para la validación de la estructura.
- Prototipo a escala real.

En la figura 2.1 se presenta un diagrama de flujo con la metodología de diseño que se siguió para el desarrollo de este proyecto.



Figura 2.1 Diagrama de flujo

## 3. Estado del arte

Se realizó una búsqueda sobre centros de investigación y desarrollo, concursos de movilidad, patentes de vehículos *last mile* y tesis (adjuntas al final), además de documentos enfocados a aspectos ergonómicos y normativas de seguridad nacionales e internacionales para vehículos.

### 3.1 Centros y foros de investigación y desarrollo

Se obtuvo información acerca de los centros de investigación y desarrollo que se encuentran actualmente trabajando en proyectos relacionados a la movilidad, uno de los más importantes es el “MIT Media Lab”.

#### 3.1.1 MIT media Lab

Hoy en día, los miembros del laboratorio tanto profesores como estudiantes trabajan en más de 25 grupos de investigación, cerca de 350 proyectos que van desde enfoques digitales para el tratamiento de trastornos neurológicos, a un coche apilable, electricidad para las ciudades sostenibles, etc.



Figura 3.1 MIT Media Lab (Web.mit.edu, 2016)

*Media Lab* (figura 3.1) se creó en 1980 por el profesor Nicholas Negroponte y por el ex presidente del MIT así como también asesor científico del presidente John F. Kennedy, Jerome Wiesner. El laboratorio surgió a partir de la obra del Grupo de Arquitectura de la máquina del MIT, y permanece dentro del MIT Facultad de Arquitectura y Urbanismo. El *Media Lab* abrió las puertas en 1985, y en su primera década estaba en la vanguardia de la tecnología que permitió “revolución digital”. (Web.mit.edu, 2016)

El conocer información acerca de este laboratorio, sirvió de referencia para saber que, en otras partes del mundo también se están buscando alternativas para cambiar el transporte actualmente utilizado, ya que este laboratorio del *MIT* cuenta con un grupo de trabajo dedicado exclusivamente a diseñar nuevas alternativas para medios de traslado.

### 3.1.2 Foro automotriz de energías alternativas

En este evento, celebrado en la explanada de San Lázaro en la Ciudad de México, se contó con la participación de prestigiadas compañías automotrices como BMW, Mercedes Benz, Ford, G. M. C., Honda, Toyota, Nissan y Fiat, quienes exhibieron sus modelos híbridos y cero emisiones.

Este Foro es de gran utilidad ya que su intención, además de dar a conocer los nuevos vehículos de las diferentes automotrices, también se presenta el compromiso de las mismas con el medio ambiente, innovando en el tema del transporte. (PortalAutomotriz.com, 2011)

## 3.2 Concursos

Existen diversos concursos, convenciones, congresos y/o exposiciones en donde se presentan nuevas propuestas de diseño de vehículos alternativos, muchos de estos eventos, son organizados por compañías del sector automotriz, para atraer a nuevos conceptos que se implementaran en un futuro y que quizá sustituyan a los automóviles convencionales. En la tabla 3.1 se muestran algunos de dichos concursos actuales, entre ellos los más importantes.

Conocer este tipo de concursos, es una motivación extra para diseñar un vehículo alternativo a la altura de estas competiciones. Cabe mencionar que un medio de

transporte de este tipo, recibe el nombre de alternativo, dado que, utilizan fuentes de energía más limpias, en comparación con las usuales. Además, los vehículos muestran diseños innovadores o distintos a los presentes en el mercado.

Nombre	Empresa/ Sociedad	Descripción	Comentario
<i>Audi Urban Future Initiative</i>	Audi	Es un foro de donde surgen ideas acerca de los problemas de movilidad en el siglo veinte de las ciudades. El último concurso se realizó en el 2014. (Audi-urban-future-initiative.com, 2016)	Más que el concurso, el punto importante de esta iniciativa, es publicar constantemente nuevos proyectos enfocados a la movilidad. La retroalimentación generada en los debates, suele mejorar los proyectos y en otros casos combinarlos entre ellos.
<i>Please innovate</i>	Peugeot	Concurso creado por Peugeot en el cual, por medio de internet se presentan las propuestas de cada uno de los participantes. El proyecto ganador es fabricado a escala real y exhibido en el stand de Peugeot en el salón del automóvil además de un cheque por 6000 euros. (Auto.idoneos.com, 2015)	Empresas líderes a nivel mundial comienzan a interesarse en vehículos alternativos, esto genera una gran oportunidad a que en un futuro no solo sean automóviles los que están en las calles
<i>Car design awards global 2015</i>	<i>Car design awards global 2015</i>	El concurso es para cualquier persona graduada o no graduada al igual si posee o no conocimientos en el ámbito automotriz. El concurso se divide en varias categorías cada una con un premio de 500	La presentación de los proyectos, no es física, sino que todo es mediante <i>renders</i> , <i>Sketches</i> , <i>CADs</i> . Algunos proyectos son poco reales y difíciles de manufacturar, para

		dólares, y un acumulado total de 5000 dólares entregados. Los ganadores recibirán un premio en <i>Frankfurt</i> un día antes del <i>Frankfurt motor show</i> . (Cardesignawardsglobal.com, 2015)	que la creatividad pase a ser el plus de este concurso.
Valeo Innovation Challenge	Valeo Innovation Challenge	Consiste en un grupo de estudiantes que se unen para diseñar tecnologías que van de la mano con los automóviles o en su defecto para crear un auto del futuro más amigable para el medio ambiente. (Valeo Innovation Challenge 2015, 2015)	Abre el panorama a necesidades actuales y/o a futuro, en el cual el desarrollo tecnológico tiene que ir de la mano con el desarrollo automotriz, utilizando a nuestro favor las nuevas tecnologías aplicadas.
GM Interactive Design Competition	GM	La competencia consiste en subir imágenes relacionadas con el diseño del prototipo, y un video en el cual se explica todo acerca del porqué del diseño. Como premio se da un internado en GM por tres meses con los mejores diseñadores de GM. (Cardesigncontest.com, 2015)	Además de tomar en cuenta la creatividad, la innovación, este concurso tiene un plus, el cual toma muy en serio la palabra <i>alternativo</i> , ya que en su gran mayoría los proyectos presentados están enfocados al uso de nuevas fuentes de energía, de esta manera se atacan 2 problemas actuales: la movilidad y la conciencia ecológica.

Tabla 3.1 Concursos en innovación de vehículos

### 3.3 Estadísticas

Una parte importante de esta investigación son las estadísticas poblacionales que se tienen del país. Esto con la finalidad de determinar algunas de las especificaciones del dispositivo, como lo es el rango de edades para el que irá dirigido. También se pudo encontrar información de antropometría, siendo esto de gran utilidad en la definición de las dimensiones del dispositivo.

#### 3.3.1 Crecimiento de la población

Un buen argumento acerca de un escenario en el centro histórico de la Ciudad de México, de uso peatonal, es el crecimiento que se tiene de la población. Las estadísticas arrojaron los siguientes datos del último censo (2010) realizado por el INEGI como se muestra en la figura 3.2.

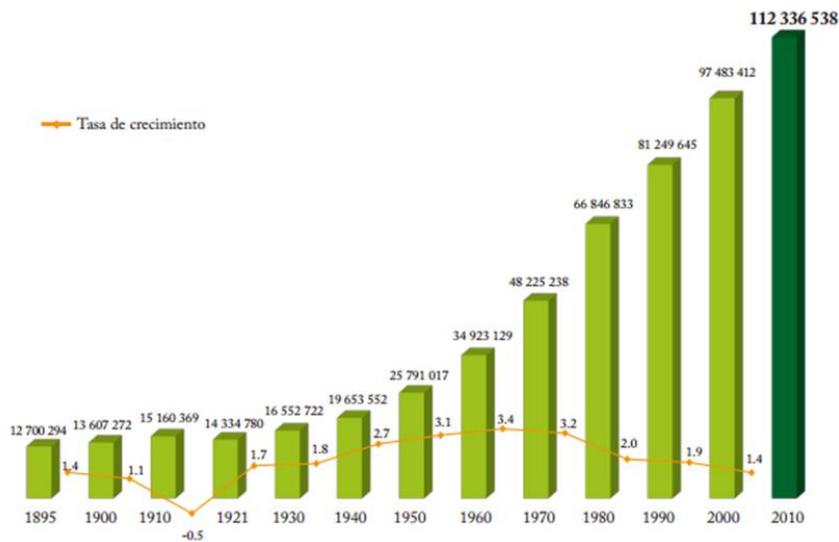


Figura 3.2 Crecimiento poblacional en México [9] (INEGI, 2010)

De igual manera se tomó en cuenta la tasa de crecimiento por entidad, centrándose principalmente en la CDMX.

En la figura 3.3 se constata que, el Estado de México, la Ciudad de México, Veracruz y Jalisco son los estados con mayor población, juntos concentran un total de 39 020 818 personas, es decir el 34.7% de residentes en el país.

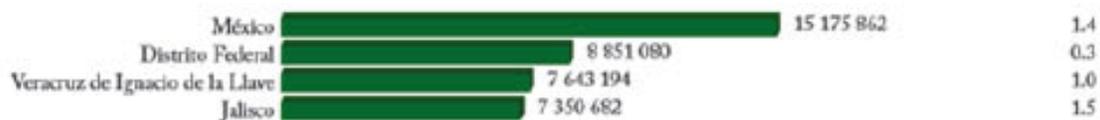


Figura 3.3 Estados con mayor población [9] (INEGI, 2010)

La disminución progresiva de los bajos niveles de fecundidad y el descenso de la mortalidad, así como la prolongación de la vida entre las personas de mayor edad, resulta en el envejecimiento de la población.

El envejecimiento de la población empezará a percibirse cerca del año 2020 y que actualmente no es un fenómeno real. Sin embargo se tienen que tomar todas las medidas para satisfacer las necesidades a futuro. Por ejemplo, las pensiones, hospitales, asilos, combate contra enfermedades crónicas degenerativas, transporte, etc.

Las proyecciones de población 2010-2030, se prevé que el crecimiento total de la población seguirá siendo positivo, si bien cada vez menor año con año. La mortalidad general pasará de 54.7 defunciones por cada 1000 habitantes en el año 2010 a 72.9 en 2030, claramente asociada con la transición epidemiológica y el aumento de las enfermedades crónico-degenerativas. En el mismo periodo, la natalidad mantendrá la tendencia a la baja al pasar de 138 nacimientos por cada 100 habitantes a 105 nacimientos, lo que refuerza la evidencia del envejecimiento por la reducción de la base en la pirámide poblacional. (INEGI, 2010)

El paso de una población joven a una envejecida implica un cambio en el peso relativo que tienen los grupos más jóvenes respecto de los más envejecidos, en este caso ganando terreno los segundos. La dependencia total en el periodo de 2010-2030 se prevé que pase de 44.6 a 50.3 personas dependientes por cada 100 personas en edad productiva; en cuanto al grupo infantil, pasará de 33.2 a 28.3 dependientes por cada 100 y; en relación con el grupo adulto mayor, pasará de 1.1 a 2.2 por cada 100 personas en edad productiva. (INEGI, 2010)

El avance del envejecimiento en la entidad, visto como la relación entre las generaciones más jóvenes y las más viejas, se espera que sea progresivo. En el año 2010, habían 34 adultos mayores por cada 100 jóvenes, 39 en 2013 y para el año 2030 se estima que habrán aproximadamente 78 adultos mayores por cada 100 jóvenes, situación que al compararse con el nacional ubica a la Ciudad de México en el lugar 1 en el proceso de envejecimiento poblacional del país. (INEGI, 2010)

### 3.3.2 Edad Mediana

En la zona metropolitana la edad mediana que se presenta es entre 27-31, sin embargo, en el 2020 se prevé que esto pase a 32-36 y posteriormente en 2030 esta cifra se aumente a 38 años. En la figura 3.4 se presenta la distribución de la edad mediana en cada estado de la República Mexicana. (Fernandez Ham, P., & Valverde Villalobos, S. 2014).



Figura 3.4 Promedio de edades (Fernandez Ham, P., & Valverde Villalobos, S. 2014).

### 3.3.3 Antropometría, peso y talla

Criterios antropométricos de los mexicanos.

Un estudio “¿Cuánto mide México? El tamaño sí importa” realizado por la Cámara Nacional de la Industria del Vestido, hace referencia a una toma de datos de 17 364 personas, para conocer cuál es el promedio de peso y talla de la población mexicana. (CANAIVE, 2012).

Los resultados indicaron que entre las mujeres de 18 a 25 años el promedio de peso es de 62.9 kilos, y en los hombres de esa misma edad es de 70.4 kilos. La altura promedio de las jóvenes es de 1.61 metros y de los varones de 1.67 metros.

En los hombres mexicanos el peso mayor está en el rango de edad 40-50 años, con un promedio de 77.3 kilos, mientras que en las mujeres ocurre también en ese rango de edad, con un promedio de 72.2 kilos.

El muestreo fue validado por el INEGI, basándose en los estudios poblacionales previamente realizados y considerando lugares densamente poblados, lo cual facilitó la toma de muestras, y tomando en cuenta 4 zonas importantes.

- a) Norte: Monterrey, Chihuahua y Tijuana
- b) Centro: Ciudad de México – Estado de México, Puebla y Toluca
- c) Bajío: Guadalajara, León y San Luis Potosí
- d) Sureste: Mérida, Veracruz, Acapulco, Tuxtla Gutiérrez y Cancún

### 3.3.4 Reglamentación de tránsito

A continuación se presenta un resumen del nuevo reglamento de tránsito que entró en vigor a partir del 15 de diciembre del 2015, esto con el fin de encontrar normativas que afecten las especificaciones del vehículo. (Anon, 2016)

Lo primero que se encuentra es una lista con la jerarquía del uso del espacio vial, en esta se puede observar que los ciclistas se encuentran en segundo lugar solo por debajo de los peatones.

Prioridad en la utilización del espacio vial de acuerdo a la siguiente jerarquía:

1. Peatones.
2. Ciclistas.
3. Usuarios del servicio de transporte público de pasajeros.
4. Prestadores del servicio de transporte público de pasajeros.
5. Prestadores del servicio de transporte de carga y distribución de mercancías.
6. Usuarios de transporte particular automotor y motociclistas.

En el reglamento se definen algunos términos importantes de los cuales se seleccionaron solo los de mayor interés como lo son la definición de bicicleta, vehículo motorizado, vehículo no motorizado, vehículo recreativo entre otras. La revisión de estas definiciones trajo como consecuencia el establecer una de las especificaciones del diseño, como lo es la velocidad máxima que puede alcanzar el

vehículo para que no ser considerado un vehículo motorizado, la cual es de 25 [Km/h] esto con base en las definiciones del artículo 4 del primer capítulo del reglamento de tránsito, y con esto poder circular en las áreas reservadas para tránsito de bicicletas, (Anon, 2016).

### 3.3.5 Patentes

La búsqueda de patentes forma parte importante del estado del arte. Con la información necesaria acerca de las patentes, se podrán elegir cuáles serán las tecnologías disponibles a aplicar, de esta manera no se violará la propiedad intelectual del autor y por consiguiente no se tendrán conflictos legales.

- Patente de Hiriko acerca de las llantas independientes del vehículo. (*Deutsches forschungszentrum fur fuenstliche intelligenz* 2012).
- Sistema y ajuste plegable del montaje y anchura del vehículo Hiriko (Abramov, 2014)
- Carga de vehículo inalámbrico (Tripathi, 2014)
- Sistema de parachoques para Segway. (NIB GmbH & Co. KG, 2011)
- Sistema de tracción de pedaleo oscilante con selección de rendimiento para vehículos de locomoción a pedales. (Brizuela, 2014)
- *Battery control system for electric vehicle*. (Uetake, 2016)
- *Bicycle comprising a power steering system*. (Kraiss, 2011)

Entre ellas se encontró la innovadora manera de plegar el vehículo *Hiriko*, el cual disminuye el área ocupada al estacionarse. A pesar de no aplicar directamente dicha tecnología, se consideró la idea de un vehículo plegable. Se estudió una alternativa de recarga para vehículos eléctricos, la cual es inalámbrica. También se encontró un sistema de tracción de pedaleo oscilante, siendo más eficiente y optimizando el rendimiento al acomodar el pedaleo a las posiciones adoptadas por el usuario. Las diferentes tecnologías encontradas, inspiraron a desarrollar e innovar en el diseño del vehículo.

## 4. Benchmarking

La búsqueda de información en un inicio fue muy general, y debido a que es un proyecto de movilidad, cualquier tipo de vehículo sirve, no importando la fuente de energía que utilicen para su funcionamiento.

Posteriormente, la búsqueda de vehículos se particularizó a aquellos que fueran eléctricos, portables por lo que su peso debe ser mínimo y plegables, para poderlo llevar en el transporte público e incluso guardarlo en lugares pequeños, como pudiera ser la cajuela de un automóvil.

La búsqueda arrojó resultados muy importantes, que permitieron determinar los requerimientos y especificaciones, para posicionar el vehículo dentro del mercado, con algunas características superiores a los que actualmente lo lideran.

### 4.1 Vehículos analizados

En la tabla 4.1 se muestra el total de vehículos considerados en la investigación, de los cuales se obtuvo diferente información. Algunos de ellos aún están en fase de conceptualización, por lo que no hay suficiente información de los mismos. De aquellos que se obtuvieron más datos, se realizaron las fichas técnicas correspondientes, disponibles en el anexo A2.

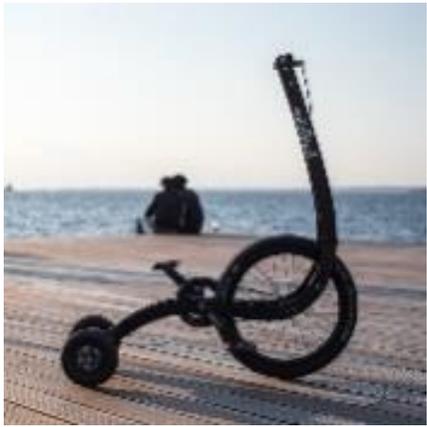
Vehículo y comentario	Imagen
<p data-bbox="397 1528 584 1564">Cuadriciclo</p> <p data-bbox="280 1608 703 1675">Ideal para visitas en ciudades turísticas</p>	 A four-wheeled electric vehicle, likely a quadricycle, with a canopy supported by two poles. The canopy has a yellow and white striped pattern. The vehicle has a red seat and a black steering wheel. A small red square logo with a white 't!' is visible in the top right corner of the image.

<p style="text-align: center;"><b>Trikke</b></p> <p>Ideal para uso en espacios abiertos</p>	 <p>The image shows a Trikke Ti2 Roadster, a three-wheeled motorized scooter. It has a black frame with red accents, a large front wheel, and two smaller rear wheels. The handlebars are high and curved. The background is a tropical beach scene with palm trees and a sunset. The Trikke logo and 'Ti2 ROADSTER' are visible in the top left corner of the image.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Silla de ruedas eléctrica</b></p> <p>Está diseñada para ser usada tanto en interiores como en exteriores, para personas con capacidades diferentes</p>	 <p>The image shows a modern electric wheelchair with a black seat and backrest, armrests, and a control panel on the left side. It has four wheels: two large rear wheels and two smaller front wheels. The wheelchair is shown from a three-quarter view against a white background.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Toyota FV2</b></p> <p>Vehículo concepto desarrollado por Toyota, enfocado a movilidad</p>	 <p>The image shows the Toyota FV2 concept car, a futuristic, low-profile vehicle with a sleek, aerodynamic design. It has a dark, metallic finish and is shown in a forest setting with large trees and a misty atmosphere. The car is positioned in the center of the frame, facing slightly to the right.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Bicicleta eléctrica</b></p> <p>Permite trayectos cortos utilizando solamente energía eléctrica</p>	 <p>The image shows a white electric bicycle with a black frame, a brown seat, and a black battery pack mounted on the frame. It has a front headlight and a rear fender. The bicycle is shown from a side view against a white background.</p>

<p><b>Motocicleta</b></p> <p>Motocicleta convencional con motor a gasolina, ideal para carreteras</p>	
<p><b>Scooter eléctrico</b></p> <p>Uso esencialmente recreativo, recomendado para menores de edad</p>	
<p><b>Cuatrimoto</b></p> <p>Su uso es en zonas donde la superficie es irregular</p>	
<p><b>Segway</b></p> <p>Enfocado en recorrer distancias cortas, por ello es categorizado como vehículo de última milla</p>	

<p style="text-align: center;"><b>Puma</b></p> <p>Surge con base en el <i>segway</i>, pero para un uso más comercial, por ejemplo trayectos cortos en una de las ciudades más pobladas del mundo</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Toyota i Road</b></p> <p>Vehículo concepto de Toyota, enfocado a mitigar los problemas de movilidad</p>	
<p style="text-align: center;"><b>YikeBike</b></p> <p>Permite un uso recreativo y también un medio de transporte para distancias cortas</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Scooter Luggies</b></p> <p>Scooter dirigido a una población adulta, permite ir sentado y llevar equipaje</p>	

<p style="text-align: center;"><i>Nissan Pi Vo</i></p> <p>Es un concepto de Nissan, permite hasta dos pasajeros, y utiliza un espacio reducido</p>	
<p style="text-align: center;"><i>Ryno Bike</i></p> <p>Muy similar a una Motocicleta, pero con una sola rueda, la innovación recae en su sistema de balanceo</p>	
<p style="text-align: center;"><i>Orbit Wheel</i></p> <p>Uso recreativo, recomendado para menores de edad, similar a los patines convencionales</p>	
<p style="text-align: center;"><i>SoloWheel Xtreme</i></p> <p>Además de permitir un uso recreativo, también permite trayectos cortos y es completamente eléctrico</p>	

<p style="text-align: center;"><i>Half Bike</i></p> <p style="text-align: center;">Diseño innovador, conserva características de una bicicleta convencional</p>	
<p style="text-align: center;"><b>S Sike</b></p> <p style="text-align: center;">Solución para la movilidad urbana, es un vehículo personal, ágil y ligero</p>	
<p style="text-align: center;"><i>Elf Car</i></p> <p style="text-align: center;">Mezcla entre coche y bicicleta, es electrico, pero tambien se puede utilizar pedaleando, además integra paneles solares</p>	
<p style="text-align: center;"><i>Hiriko</i></p> <p style="text-align: center;">Vehículo eléctrico y además plegable, destinado para su uso en áreas urbanas</p>	 <p style="text-align: center;">1,5 m. 2,0 m.</p>

### Korea's armadillo-T

Coche eléctrico pequeño y ligero que pueda plegarse completamente



### Honda 3rc

Medio de transporte monoplaza, de tres ruedas, impulsado por una batería eléctrica

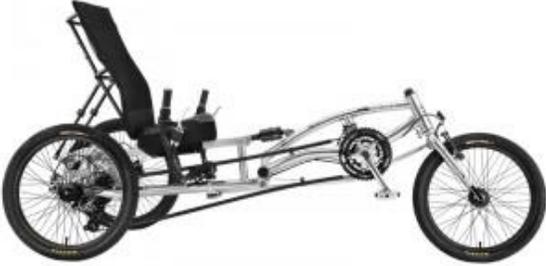


### *DTV shredder*

Vehículo todo terreno para la acción, el poder y los deportes, es una combinación de tanque, patineta y bicicleta motocross



<p style="text-align: center;"><b>Peugeot XB1</b></p> <p>Se trata de un vehículo ecológico completamente eléctrico, pensado para distancias cortas</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Tremoto</b></p> <p>Se le denomina motocicleta todo terreno, excelente maniobrabilidad gracias a su sistema de suspensión</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Scorpion FS</b></p> <p>HPV (<i>Human Power Vehicle</i>) regularmente usado en modo recreativo o para competencias</p>	
<p style="text-align: center;"><b>ICE Sprint FS</b></p> <p>HPV (<i>Human Power Vehicle</i>) regularmente usado en modo recreativo o para competencias</p>	

<p><i>ICE Adventure FS</i></p> <p>HPV (<i>Human Power Vehicle</i>) regularmente usado en modo recreativo o para competencias</p>	
<p><i>Catrike Road</i></p> <p>HPV (<i>Human Power Vehicle</i>) permite ser usado en modo eléctrico</p>	
<p><i>Sun EZ-3 USX</i></p> <p>Vehículo monoplaza, similar a los HPV, pero con una configuración diferente</p>	
<p><i>Smart ebike</i></p> <p>Bicicleta eléctrica desarrollada por Smart</p>	

<p><i>The Myway Compact</i></p> <p>Scooter eléctrico pensado tanto para uso recreativo como para recorrer distancias cortas</p>	 <p>107L x 114H x 35W Centimeters when open</p> <p>65L x 26H x 23W Centimeters when folded</p>
<p><i>Virto s</i></p> <p>Gracias a la ubicación de su centro de masa, posee gran estabilidad, y tiene gran autonomía eléctrica</p>	
<p><i>S-Walker</i></p> <p>Uso similar a los patines, funciona con base en el balanceo de la persona</p>	
<p><i>Volkswagen Last Mile Surfer Electric Scooter</i></p> <p>Es un concepto de <i>scooter</i>, desarrollado por Volkswagen, para ser incluido dentro de sus vehículos, y que permita trayectos última milla</p>	

<p style="text-align: center;"><i>Urb-E</i></p> <p>Actualmente a la vanguardia, por ser fácil de transportar, y además presenta una autonomía suficiente para varios trayectos con una sola carga</p>	
<p style="text-align: center;"><i>Zeit Eco</i></p> <p>Configuración similar a la de una motocicleta, pero con carcasa en forma de caja, además es completamente eléctrica</p>	
<p style="text-align: center;"><i>Honda Uni-Cub</i></p> <p>Diseñado para ser usado en interiores, es de baja velocidad, menor a 6 km/h</p>	

*Tabla 4. 1 Vehículos analizados*

## 4.2 Fichas técnicas

Las fichas técnicas se realizaron sintetizando la información de todos los vehículos encontrados en el estado del arte y consideran los siguientes aspectos:

- Nombre del vehículo
- Breve descripción
- Especificaciones físicas
  - Velocidad máxima
  - Peso
  - Volumen
  - Volumen plegado
- Especificaciones de desempeño
  - Fuente de energía
  - Autonomía
  - Carga máxima
  - Número de ruedas
- Especificaciones para el usuario
  - Rango de edades
  - Número de pasajeros
  - Transportabilidad
  - Precio
- Especificaciones del manejo
  - Seguridad
  - Estabilidad
  - Facilidad de conducir
- Plegable
- Referencia de la información

En la figura 4.1 se muestra un ejemplo de una ficha técnica.



Figura 4.1 Formato de las fichas técnicas

### 4.3 Análisis de información

Con la base de datos generada a partir de la información contenida en las fichas técnicas, se procedió a realizar el análisis de las características de estos vehículos. Para esto se seleccionaron los vehículos disponibles en la sección 4.3.1 y se graficaron algunas de sus características como lo son autonomía, velocidad máxima, precio y los rangos de edades recomendados por los fabricantes para su uso.

### 4.3.1 Vehículos eléctricos con velocidad máxima de 25 km/h

En la figura 4.2, se muestra un compendio de vehículos, cuya característica en común más importante, es que desarrollan una velocidad máxima de 25 [Km/h]. El motivo de elegir este filtro, es porque con base en la reglamentación de tránsito 25 [km/h], es el límite de velocidad permisible para que un medio de transporte pueda ser considerado como “no motorizado” y así circular en el carril de bicicleta, que es uno de los objetivos del proyecto.



*Figura 4.2 Conjunto de vehículos, con velocidad máxima de 25 Km/h*

### 4.3.2 Gráficas generales

En la gráfica mostrada en la figura 4.3, se puede observar la máxima y mínima autonomía que los vehículos son capaces de proporcionar al usuario. Esta autonomía depende en gran parte del tipo de tecnología aplicada en la batería, al peso del vehículo y la carga que soporta. Los datos de autonomía son proporcionados por la marca.

Además se identificaron 3 grupos de acuerdo a la autonomía proporcionada. Con esto se pretende que el modelo final tenga una autonomía mayor a 25 [Km].

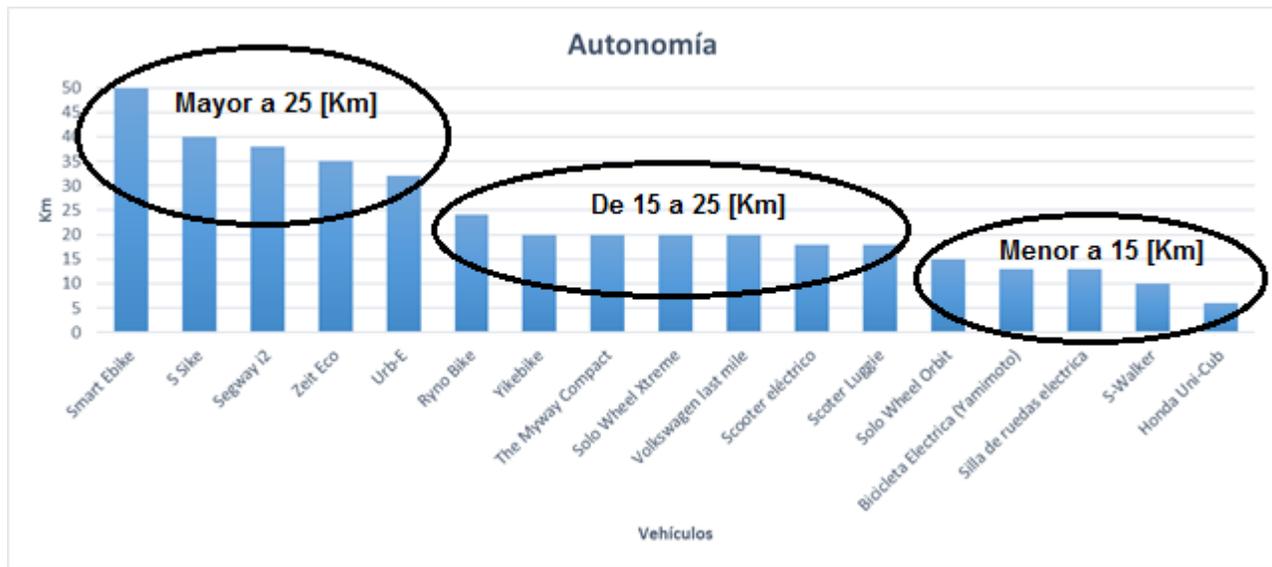


Figura 4.3 Gráfica de autonomía.

Los vehículos *last mile* tienen una velocidad indicada para transitar en el carril confinado para las bicicletas, ya que, en otros países las ciclo vías son destinadas para esta misma categoría de vehículos. Para la comparación realizada, la máxima velocidad es de 25 km/h como se muestra en la figura 4.4. Para este diseño se tiene como objetivo una velocidad que cumpla con las reglas de tránsito.

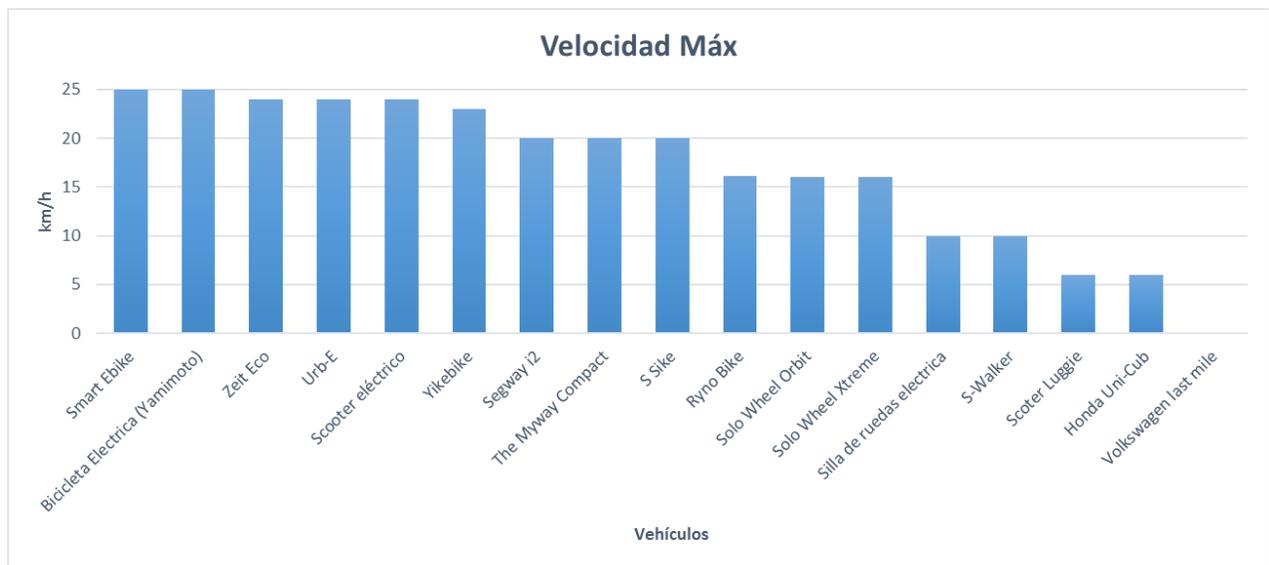


Figura 4.4 Gráfica de velocidad máxima.

El precio de los vehículos depende principalmente de la tecnología que utilizan, entre los más innovadores se encuentra la *yike bike*, en su versión plus; utilizando materiales como fibra de carbono, baterías de litio, entre otros. El de menor precio es el scooter eléctrico. El vehículo a diseñar, busca posicionarse debajo del promedio de precios.

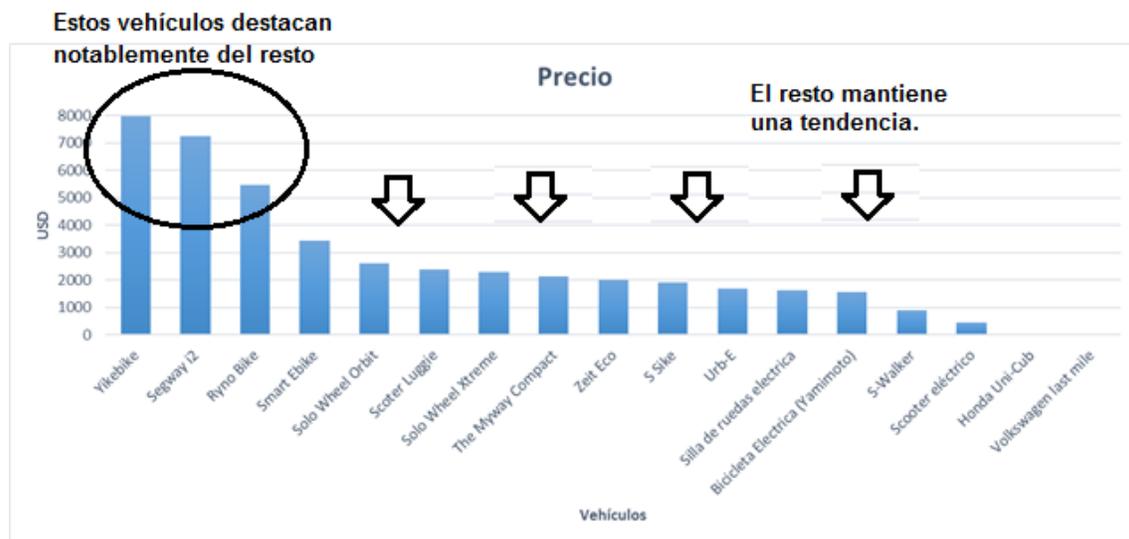


Figura 4.5 Gráfica de precio en dólares.

Para los vehículos de la categoría *last mile*, el rango de edades de usuario promedio disponible en la figura 4.6, oscila entre los 20 y 50 años, se piensa que es debido a la seguridad brindada, además de que a esa edad aún se poseen las habilidades motrices para su manejo. Se consideró una persona sana dentro de estos rangos de edades.

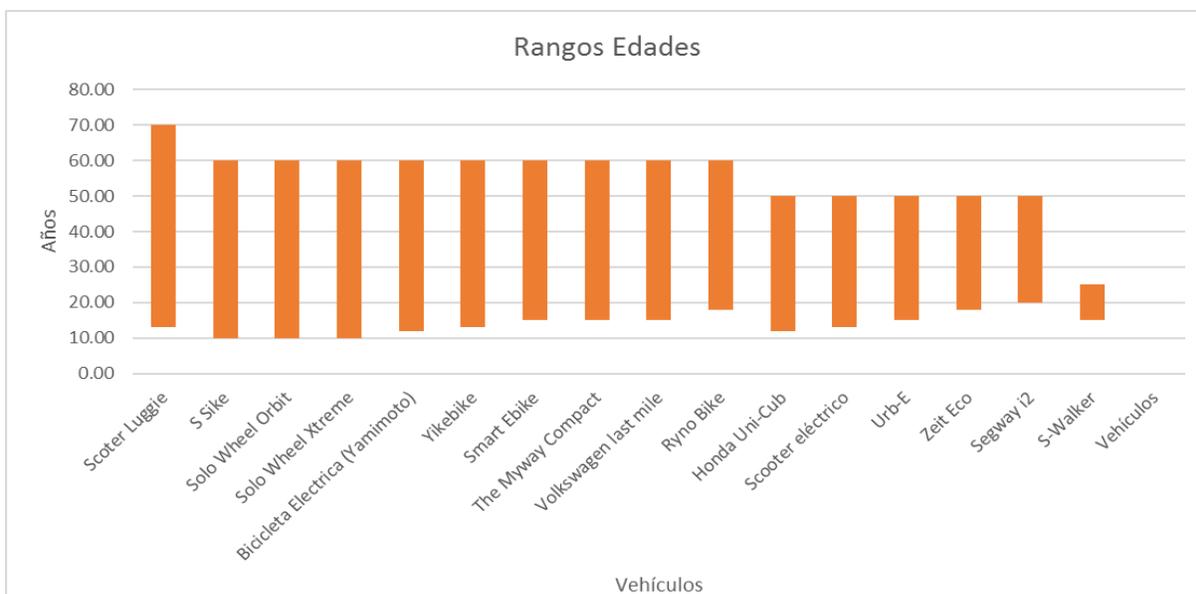


Figura 4.6 Gráfica rangos de edades de usuarios.

## 4.4 Vehículos eléctricos más relevantes

En esta sección se hizo una selección de aquellos vehículos que poseen las características más importantes como son el peso, autonomía, precio y velocidad máxima. Dicha selección contempló los resultados obtenidos en las gráficas generales, disponibles en las figuras 4.3-4.6. En la figura 4.7 se muestran los elegidos los cuales son: *Yikebike*, *Segway*, *Solowheel Orbit*, *Solowheel Xtreme*, *S-sike*, *The myway compact*, *urb-e*, ordenados de izquierda a derecha.



Figura 4.7 Vehículos eléctricos más relevantes.

### 4.4.1 Diagramas de polaridad

Estos diagramas, reciben el nombre diagramas de polaridad, debido a que permiten comparar dos características en el mismo gráfico, la importancia de ellos radica en qué, se puede observar en qué valor de ciertas características, se encuentran los vehículos analizados, con ello saber qué valor de ellas debe tener el nuevo transporte para poder competir con los que se encuentran actualmente en el mercado.

Se incluyeron únicamente los vehículos mostrados en la figura 4.7 y a continuación se observan los resultados en las figuras 4.8 - 4.12.

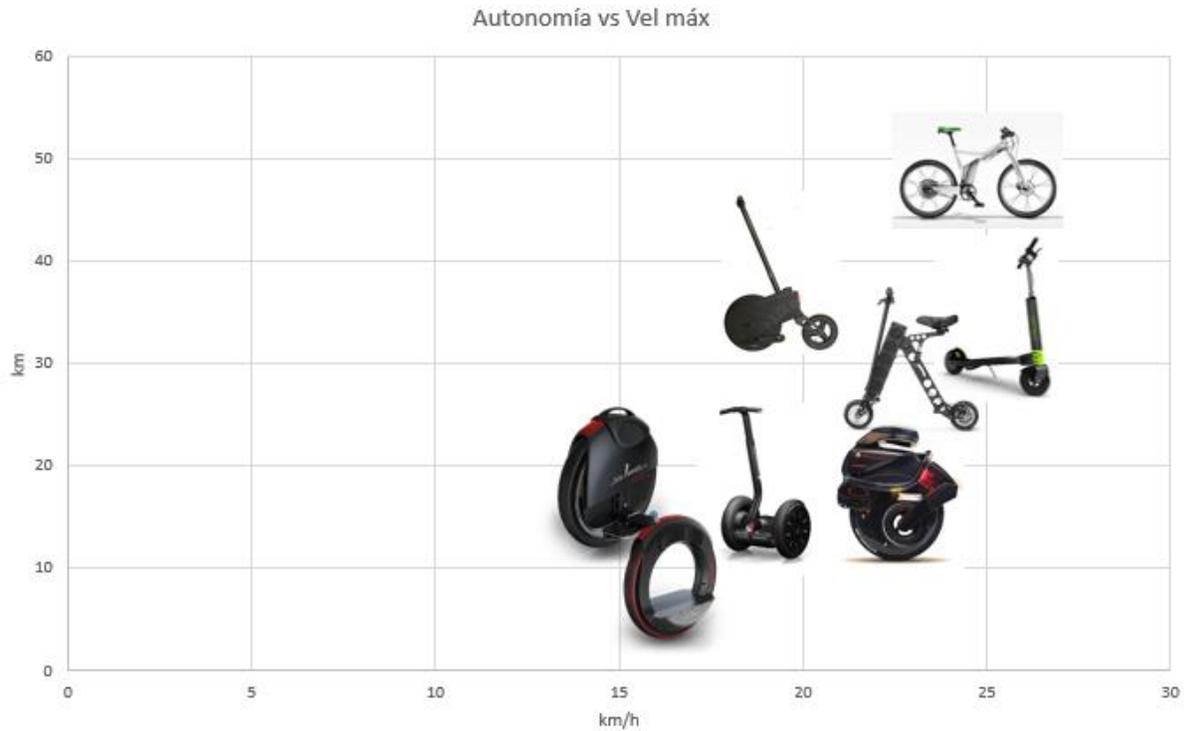


Figura 4.8. Diagrama de polaridad autonomía contra velocidad máxima.

De la figura 4.8 se constata que la zona de mayor relevancia, es donde la velocidad máxima varía entre 15 y 25 [km/h], mientras que la autonomía entre 20 y 40 [km], siendo la *Smart Bike* la que lidera estos rubros. Por ello estos resultados sirvieron para determinar el rango de valores que debe tener un nuevo medio de transporte.



Figura 4.9 Diagrama de polaridad autonomía contra peso.

En la figura 4.9 se observa que la tendencia en la mayoría de los vehículos, es que, el incremento en la autonomía es directamente proporcional al incremento del peso. Esto radica en que regularmente los acumuladores de energía tienden a incrementar su tamaño cuando almacenan mayor cantidad de energía.

Los resultados obtenidos de esta gráfica son de suma importancia, porque afectan directamente al peso total del vehículo.

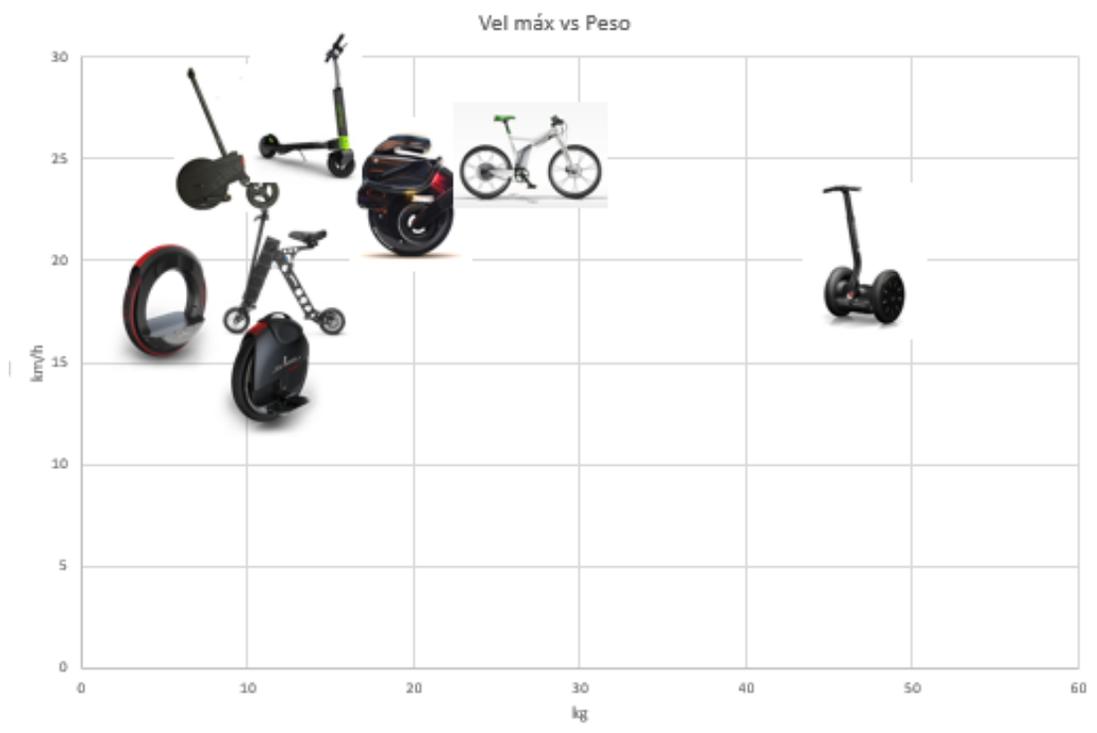


Figura 4.10 Diagrama de polaridad velocidad máxima contra peso.

En la figura 4.10 se observa un comportamiento similar al de la figura 4.9 ya que, conforme se aumenta la velocidad máxima, se incrementa el peso. Esto a consecuencia de que, regularmente los motores aumentan de tamaño cuando permiten desarrollar mayores velocidades.

Las gráficas que contemplan el precio (figuras 4.11 y 4.12) sirven para saber entre qué rangos de precio se debería colocar el transporte alternativo propuesto, para poder competir contra el resto.

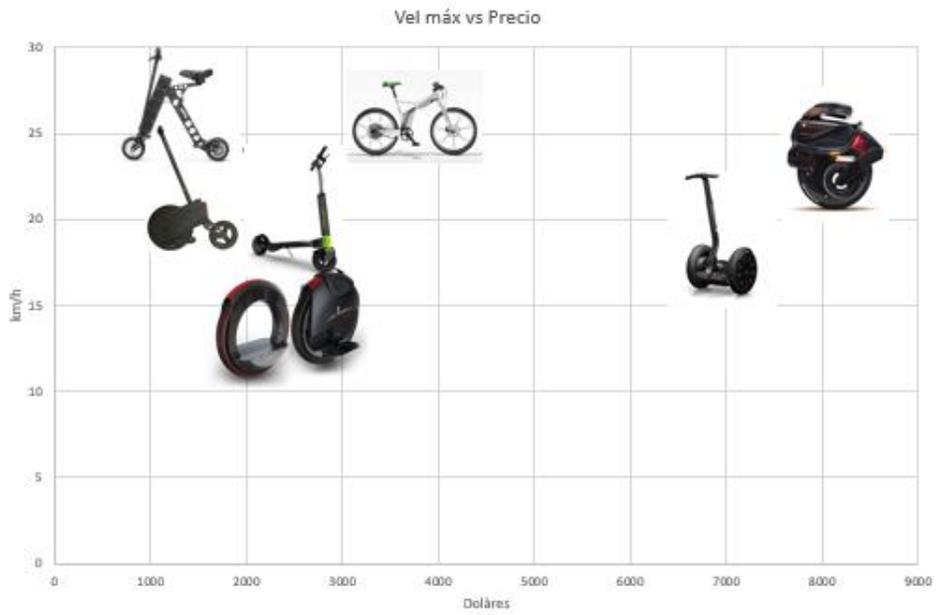


Figura 4.11 Diagrama de polaridad Velocidad máxima vs precio.

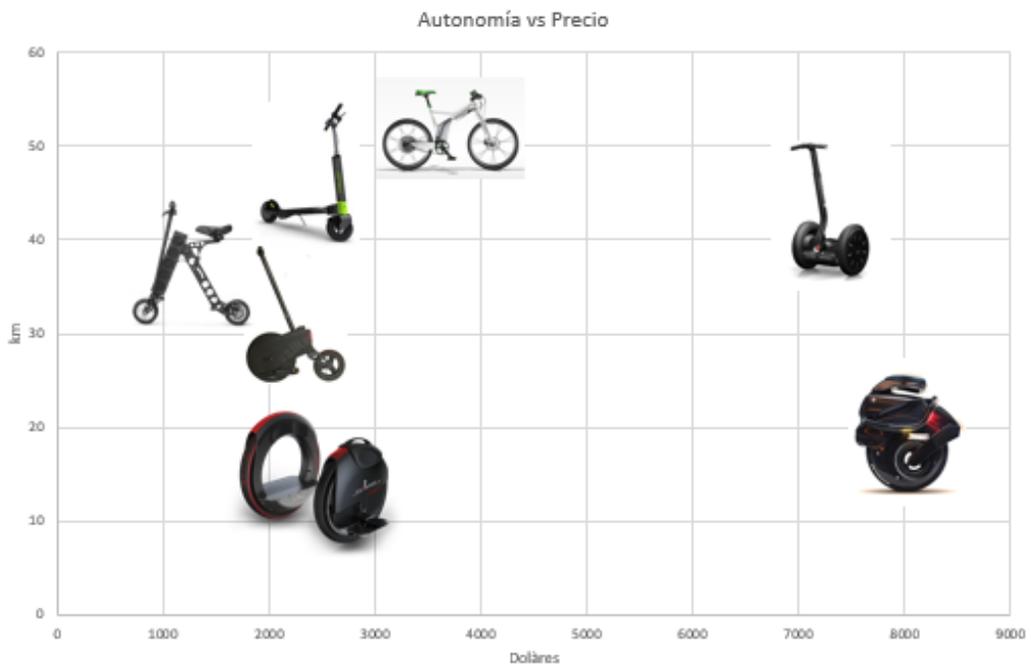


Figura 4.12 Diagrama de polaridad autonomía contra precio.

En las figuras 4.11 y 4.12 se demuestra que no necesariamente el precio tiene que ver con la máxima velocidad ni con la autonomía, es decir, hay vehículos más baratos que en comparación con los de mayores precios, poseen mayor autonomía y alcanzan mayores velocidades. Además de estas figuras, se puede observar que la mayoría de los vehículos se encuentran en un costo de entre 1000 y los 3000 dólares.

## 4.5 Requerimientos y especificaciones

Con base en el análisis de la información contenida en las fichas técnicas, gráficas comparativas y diagramas de polaridad se fijaron los requerimientos que debe cumplir el prototipo.

### 4.5.1 Requerimientos

El modelo final se diseñó con base en los siguientes requerimientos:

- Vehículo de 3 ruedas

Este requerimiento surgió posterior a las alternativas hechas en papel, disponibles en la sección 5.1. Este tipo de configuración se eligió debido a que presenta mayor estabilidad y por consiguiente mayor seguridad al usuario.

Se descartó un vehículo de 2 ruedas debido a la inestabilidad y de 4 ruedas dado que se aumentan los elementos utilizados, afectando directamente al peso del mismo.

- Autonomía con rango mayor a 30 km

El valor de la autonomía se asignó con base en los resultados obtenidos de la gráfica de la figura 4.3 y de diagramas de polaridad correspondientes a las figuras 4.8 y 4.9, además porque estadísticamente, una distancia de 20 a 30 km es apropiada en cuanto al promedio de distancias diarias recorridas en la CDMX, sin dejar atrás que es un vehículo de última milla, aproximadamente 1.6 [km]. Esto permite hacer varios recorridos con una sola carga.

- Velocidad máxima 25 km/h.

La razón de tener 25 km/h depende única y exclusivamente de la reglamentación de tránsito, ya que, aunque el motor permite desarrollar velocidades de hasta 35 km/h,

para poder circular en el carril de bicicletas, y a su vez ser considerado como vehículo no motorizado, no se debe rebasar ese límite.

- Peso menor a 15 kg

Para que el vehículo sea sencillo de transportar es necesario un peso adecuado, por eso se fijó en este valor considerando que una persona en el rango de edades propuesto, es capaz de manipular esta carga.

- Vehículo monoplace con oportunidad de equipaje 10kg

Regularmente la mochila, la bolsa, o inclusive el portafolio, pesan menos de 10 [kg], tomando en consideración esos aspectos, se decidió dar la opción de aceptar este tipo de equipaje ligero.

- El vehículo tiene que ser diseñado para el rango de edades de entre 16 y 50 años

Este requerimiento se asignó tomando en cuenta las estadísticas del INEGI, en las que se menciona que para el año 2030 la edad mediana de la población será de 38 años, y exponencialmente irá creciendo.

- Bajas emisiones

Con la situación actual de la CDMX en cuanto a la saturación de contaminantes en el ambiente, necesitamos reducir dichas emisiones, por ello nuestro transporte será de bajas emisiones.

- Diseño ergonómico

Se considera seguridad del usuario, antropometría y nuevas tecnologías a implementar, descritos detalladamente en el capítulo 7.

- Facilidad al manejar el vehículo

Esto incluye controles intuitivos y de fácil acceso.

- El usuario debe transportarlo con facilidad

Este aspecto está relacionado con el peso del vehículo y el espacio que este ocupa al estar plegado.

- Retráctil

Debe de ser plegable, reduciendo el volumen ocupado cuando no esté en operación.

## 4.5.2 Especificaciones

Las siguientes especificaciones mostradas en la tabla 4.2, se presentan en un valor máximo, ya que el diseño tendrá diversas iteraciones a lo largo del diseño conceptual. Además es importante resaltar, que a cada requerimiento le corresponde por lo menos una especificación.

<i>Categoría</i>	<i>Valor</i>
<i>Fuente de energía</i>	Eléctrica
<i>Autonomía [Km]</i>	30-40
<i>Velocidad máxima[Km/h]</i>	25
<i>Peso máximo[Kg]</i>	15
<i>Carga máxima [Kg]</i>	120
<i>Rango de edades del usuario[Años]</i>	16-50
<i>Seguridad [1-10]</i>	9
<i>Facilidad de conducir [1-10]</i>	9
<i>Transportabilidad [fácil-difícil]</i>	Fácil

*Tabla 4.2 Especificaciones*

## 5. Conceptualización

En esta etapa del proyecto se ponderaron diferentes propuestas, tomando en cuenta los requerimientos y especificaciones correspondientes al proyecto mostrados en el capítulo anterior.

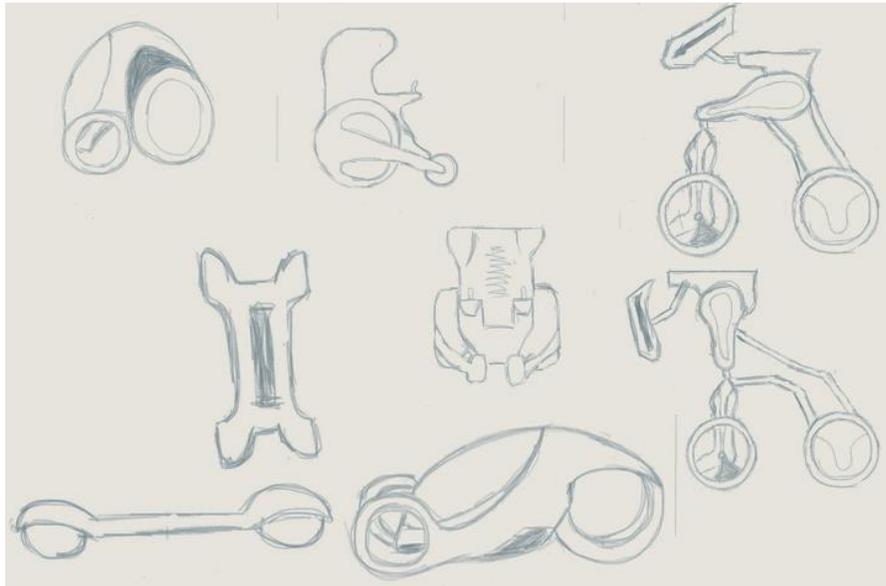
Las alternativas de solución consideraron los siguientes aspectos.

- Diseño (Estéticamente vistoso)
- Funcionalidad, esto incluye:
  - Sistema eléctrico
  - Dirección
  - Movilidad
- Viabilidad (diseño con geometrías simples, no ángulos cerrados, se contemplan posibles dificultades al manufacturar)

### 5.1 Alternativas en papel

Después de haber definido los requerimientos del proyecto y haber revisado toda la información obtenida de los otros vehículos de características similares, se procedió a realizar los primeros bocetos de éste en papel, tratando de ser lo más claros posibles y con ello determinar cuáles de estos son los que continuarían en esta etapa del proceso de diseño, teniendo en cuenta siempre los requerimientos anteriormente planteados.

En la figura 5.1 se muestran las diferentes opciones que fueron generadas, cada dibujo fue explicado y evaluado. Se tomó la decisión de enfocar el diseño del prototipo solo a vehículos de 3 ruedas ya que este tipo de vehículos son más estables que el resto, esto beneficia a la seguridad que se le brinda al usuario.



*Figura 5.1 Alternativas generadas por el equipo.*

### 5.1.1 Alternativa 1

Transporte que incluye dos llantas en la parte delantera y una en la parte de atrás con la intención de poseer una mayor estabilidad.

El sistema de plegado, se ilustra claramente en la figura 5.2, cuya ventaja radica en la reducción del volumen ocupado, además de que el manubrio permite poder jalar del vehículo cuando esté plegado y así no cargarlo.

La dirección es mecánica con ayuda de un manubrio convencional, conectado a las dos llantas delanteras.

La llanta motriz es la trasera, tiene acoplado un motor alimentado por una batería. Se pretende que esta llanta sea de mayor tamaño en comparación con las llantas delanteras, esto con la finalidad de mejorar la estabilidad.

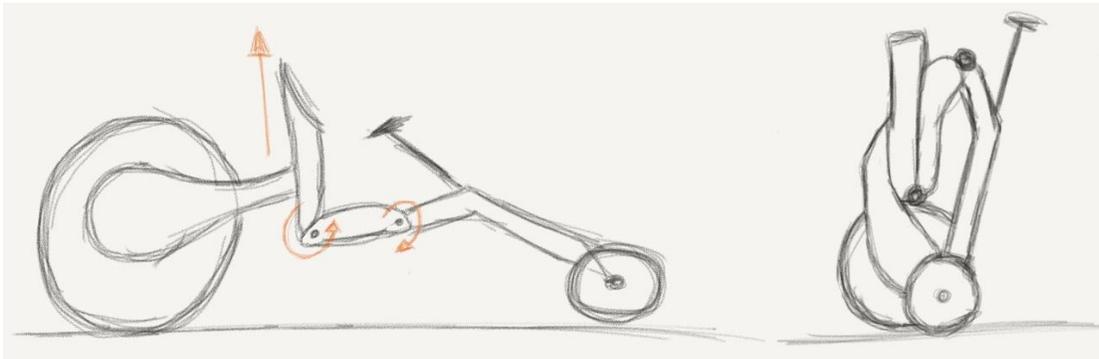


Figura 5.2 Alternativa 1

### 5.1.2 Alternativa 2

Vehículo eléctrico de 3 ruedas, presenta un diseño innovador con características importantes.

Se presenta una plegabilidad muy interesante, la cual se puede observar en la figura 5.3, las dos llantas traseras se deslizan dentro de la misma estructura que las conecta con la llanta delantera. Además el asiento se dobla y así el vehículo permite ser cargado como una maleta.

El control es con mando a distancia mediante una interfaz *bluetooth*.

La llanta delantera es la motriz, que además posee una carcasa, cuyo diseño permite ser usada como reposa pies. El movimiento se genera gracias a un motor acoplado a esta misma llanta y que a su vez está conectado a un acumulador de energía, que permitirá una autonomía suficiente para trayectos de última milla.

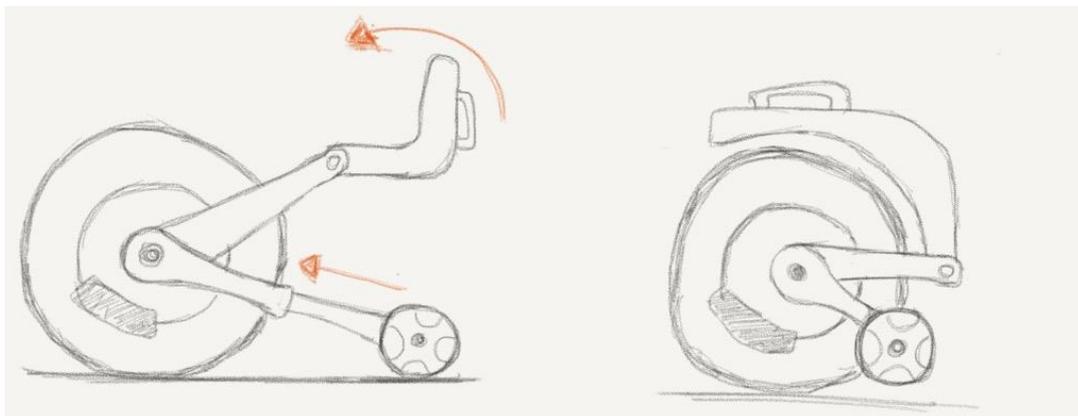


Figura 5.3 Alternativa 2

### 5.1.3 Alternativa 3

Esta alternativa se muestra en la figura 5.4 y consta de 3 llantas, principalmente para solucionar problemas de mantener el equilibrio abordo. El modo en que se pliega el vehículo, es girando las llantas delanteras y traseras, para que se incorpore al asiento, formando una configuración de rueda. La manija queda en la parte superior, brinda una posición en la que el usuario puede transportarlo de manera fácil.

El control de dirección es mecánico, girando las llantas traseras. Las llantas traseras están acopladas a una base colocada debajo del asiento, esta misma podrá ser manipulada por el usuario. Se piensa acoplar un volante mecánico o en su defecto controlar directamente este giro con una dirección eléctrica. La transmisión estará generada por la llanta delantera. Se utilizará tecnología utilizada en otros vehículos alternativos, en la cual la llanta tiene un arreglo de engranes planetarios, para transmitir el par. Esto genera una impresión de que la llanta es “hueca”.

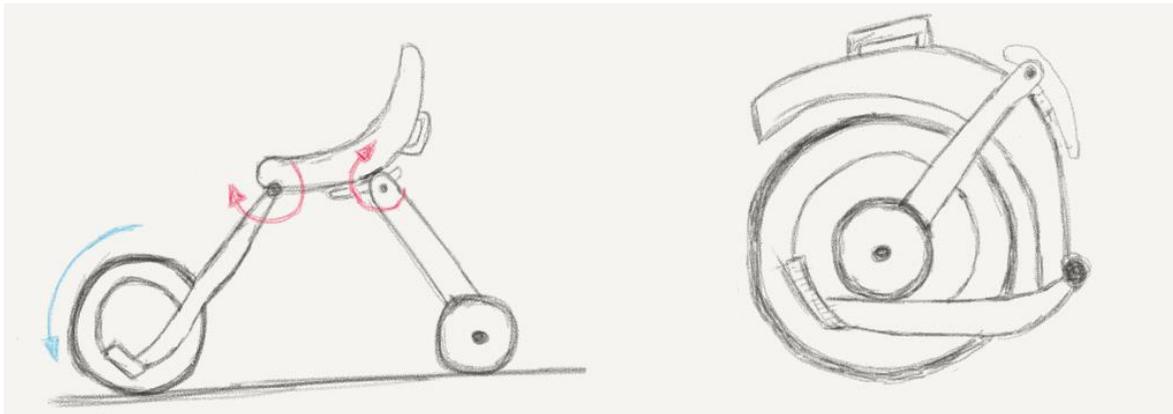


Figura 5.4 Alternativa 3

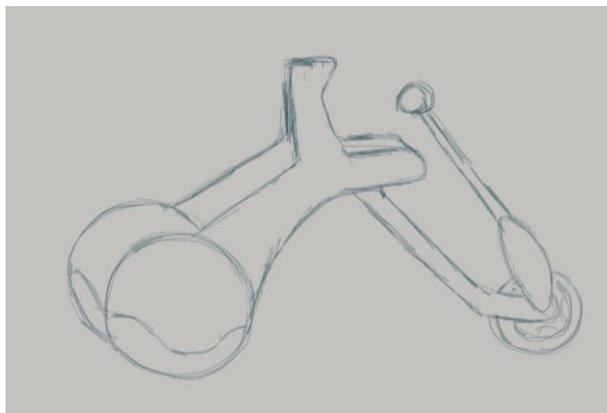
#### 5.1.4 Alternativa 4

Vehículo de 3 llantas, monoplaza, completamente eléctrico y además se pretende que tenga una conducción muy cómoda y sencilla, el boceto se observa en la figura 5.5.

La forma en que se pliega este medio de transporte, es mediante un mecanismo debajo del asiento, que permite girar toda la parte delantera, y así posicionar la llanta que da la dirección, entre las otras dos. Esto permite que se reduzca el volumen ocupado.

El control de la dirección es mecánico con ayuda de un manubrio conectado a una sola llanta delantera, configuración regularmente utilizada en los *scooters*.

Consta de dos llantas traseras que serán las motrices cuya función será la de generar el movimiento, gracias a un motor acoplado a las mismas.



*Figura 5.5 Alternativa 4*

#### 5.1.5 Alternativa 5

Con la intención de transportar el vehículo de una manera más práctica, se presenta éste, cuya característica más importante es su similitud con una maleta al momento de estar plegado.

La forma en que se pliega este vehículo, se puede apreciar en la figura 5.6. Consta de un mecanismo que permite el ensamble de la llanta delantera con el asiento, además tiene dos llantas traseras, las cuales pueden deslizarse dentro de la misma estructura para brindar una mayor plegabilidad. Por último, el asiento también puede ser girado para que el usuario pueda cargarlo de un sujetador colocado en la parte posterior del mismo.

La llanta delantera es la llanta motriz, mientras que las posteriores son las encargadas de controlar la dirección por medio de palancas colocadas a los costados del asiento.



Figura 5.6 Alternativa 5

Después de realizar las posibles alternativas de solución en papel, se procedió a seleccionar los que mejor cumplen con los requerimientos. Para esto se hizo uso de una matriz de selección la cual se muestra a continuación.

En primer lugar se muestran los parámetros (con base en las necesidades estructurales del diseño) y su jerarquía con los que fueron evaluados los bocetos. Para la jerarquización, se determinó que parámetros eran lo más relevantes con base en los posibles problemas del diseño. Para la puntuación, los valores dados, fueron aleatorios, pero respetando la jerarquización, es decir, el número 1 en jerarquización debe tener la mayor puntuación, y así respectivamente.

Parámetros	Jerarquización	Puntuación
Complejidad del diseño	2	7
Plegabilidad	4	1
Estabilidad	1	10
Ligero	3	4

Tabla 5.1 Jerarquización y puntuación.

Posteriormente tenemos las características y su valor correspondiente presentados en la tabla 5.2.

- Complejidad del diseño: una fácil o difícil manufactura, tiene que ver directamente con la complejidad de las geometrías utilizadas.
- Facilidad para plegar: tiene que ver con el tiempo necesario para plegarlo por completo.
- Estabilidad: este parámetro fue definido gracias a cuestionamientos hechos a expertos en el tema, como lo fueron maestros de mecanismos, vibraciones mecánicas y dinámica de maquinaria y fue debido a que, al ser únicamente alternativas bosquejadas, la decisión de considerar o no al vehículo estable, era observando sus configuraciones.
- Ligereza: El ser ligera o no, depende del número o de las dimensiones aproximadas de las alternativas y de posibles materiales a utilizar.

Parámetro	Característica	Valor
Complejidad del diseño	Fácil manufactura	10
	Difícil manufactura	5
Facilidad para plegar	Plegar en menos de 20 [s]	10
	Plegar en más de 20 pero menos de 40 [s]	5
	Plegar en más de 60 [s]	1
Estabilidad	Visiblemente estable (componentes)	10
	Visiblemente inestable	5
Ligereza aproximada	Menor a 15 [kg]	10
	Entre 15 y 20 [kg]	5
	Mayor a 20 [kg]	1

*Tabla 5.2 Parámetros y valores.*

Como se puede observar en la tabla 5.3 los bocetos 1, 3 y 4 son los que obtuvieron una mayor puntuación así que de estos tres bocetos se realizaron modelos de funcionalidad limitada disponibles en la sección 5.2.

	<b>Puntuación por parámetro</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	
	Jerarquización	1	2	3	4	
		Estabilidad	Complejidad del diseño	Ligereza	Facilidad de plegar	Total
Alternativa	Alternativa 1	10	5	5	5	160
	Alternativa 2	5	5	5	10	115
	Alternativa 3	5	10	5	1	141
	Alternativa 4	10	5	1	10	149
	Alternativa 5	5	5	5	5	110

Tabla 5.3 Puntuación final de las alternativas.

El cálculo para el total de puntos, se obtuvo realizando la sumatoria para cada boceto del valor obtenido, dependiendo la característica, por la puntuación del parámetro.

## 5.2 Modelos de funcionalidad limitada

Para continuar con el proceso de diseño se procedió a elaborar modelos de funcionalidad limitada para observar de una manera clara las características de las alternativas en papel previamente seleccionadas. Algunas imágenes y comentarios de éstos se presentan a continuación.

## 5.2.1 Modelo 1



*Figura 5.7 Modelo 1*

El modelo mostrado en la figura 5.7 correspondiente a la alternativa número 3 y posee las siguientes características: gracias a la ubicación de sus tres ruedas, es muy estable. La llanta delantera notablemente más grande, es la llanta motriz que además con ayuda de una carcasa, permite que el usuario pueda apoyar sus pies en esa zona, las dos llantas traseras, darán la dirección.

Para el aspecto de la plegabilidad, se pueden observar que en la parte posterior se tienen unas rótulas que permiten el libre movimiento de los brazos para poder plegarse como se muestra en la alternativa 3, además como detalle importante, no es necesario cargarlo para poder transportarlo, el modelo permite ser arrastrado con facilidad.

Comentarios:

Estabilidad: el equipo se percató de posibles problemas con las rótulas, debido a que provocan inestabilidad, por lo que se necesita un mecanismo que las mantenga rígidas cuando el vehículo esté en movimiento. Así mismo dichas rótulas facilitan en gran medida el movimiento de los brazos y permiten una fácil plegabilidad.

## 5.2.2 Modelo 2



Figura 5.8 Modelo 2

Este modelo es el correspondiente a la alternativa 4 consta de tres ruedas, gracias a ellas y a la distancia entre el asiento y el piso, se pretende posea gran estabilidad. Las dos llantas delanteras son las motrices, funcionan con diferencia de voltaje para poder hacer cambio de dirección, lo interesante radica en que lo puedas controlar desde tu celular, o bien con un práctico control remoto. Se utilizará una interfaz *Bluetooth*. Debajo del asiento, posee una bisagra que permite un plegado hacia adentro.

Comentarios:

Estabilidad: La bisagra debajo del asiento, provocó inestabilidad en el modelo, debido a que no permanecía rígida, por lo que habrá que considerar dicho problema. Además el ancho de la llanta trasera provocaba inestabilidad, por lo que una llanta más ancha sería una alternativa además de que para los usuarios es más cómodo apoyar los pies en la parte delantera con 2 ruedas ya que hay más espacio.

### 5.2.3 Modelo 3

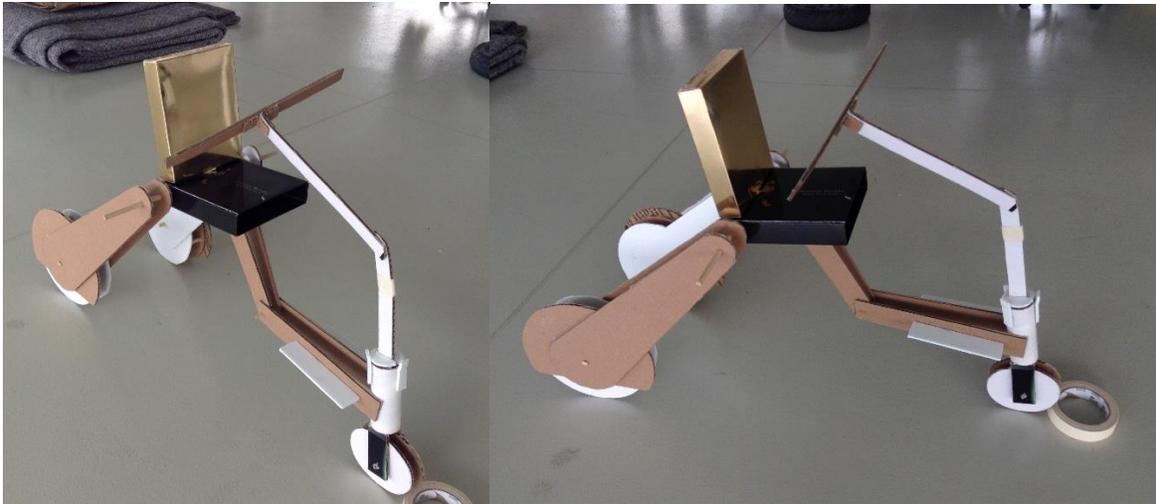


Figura 5.9 Modelo 3

Por último se tiene en la figura 5.9 el modelo correspondiente a la alternativa 1. En este modelo se observa una mayor complejidad en cuanto a la estructura, posee 3 llantas, las dos traseras son las motrices, y la delantera es la que da la dirección, que además es muy fácil e intuitiva gracias a su semejanza con los *scooters* actualmente presentes en el mercado.

Directamente relacionada con la posición de las llantas, posee una buena estabilidad. En lo que a la plegabilidad se refiere, donde se unen las dos llantas traseras, existe un mecanismo que permite el giro y así poder plegar el vehículo.

Comentarios:

Peso: este modelo resultó de gran utilidad en este parámetro, ya que al hacer uso de dos llantas motrices, el peso se incrementa, además plegar el vehículo, se convierte en una tarea más complicada al lidiar con más peso.

Dirección: Utilizar este tipo de configuración significó un problema, ya que para poder girar la llanta delantera, era necesario un giro bastante pronunciado del manubrio.

Plegabilidad: se presentó la necesidad de identificar un mecanismo que permita girar el asiento para plegar, y a su vez permanecer rígido, cuando esté en movimiento.

## 6. Configuración

### 6.1 Alternativas de solución

Posterior a los modelos en cartón se decidió trabajar con el modelo número 2 pero esta vez las alternativas se modelaron en CAD. Se seleccionó esta configuración debido a que se pensó que en la rueda trasera se encontrará el motor y en la parte delantera el sistema de la dirección.

#### 6.1.1 Modelos en CAD

En la figura 6.1 se muestra una configuración inicial, se implementó un asiento que permitiera un ajuste de posiciones y además se creó una carcasa con el fin de que el vehículo tuviera una mejor vista (estética) y se pudiera resguardar la batería.



*Figura 6.1. Primer modelo en CAD*

En la figura 6.2 se observa una de las propuestas de solución. Esta alternativa permite que la llanta motriz (llanta grande) se gire para permitir plegarla.

Además se utilizó un asiento diferente, para ajustarse mejor a diferentes usuarios. Esta alternativa además permite que se pueda jalar el vehículo en lugar de cargarlo.

Se continuó realizando diferentes modificaciones al modelo con el fin de conseguir un mejor plegado.



*Figura 6.2. Segundo modelo en CAD.*

Esta última configuración mejora la plegabilidad del modelo ya que permite plegar el asiento de una forma distinta y además el eje de la llanta trasera puede girar y con eso apoyarse en el resto de la estructura.

A esta configuración se le optimizaron algunos aspectos como lo es el peso del dispositivo, para ello se decidió hacer unos modelos a escala disponibles en la sección 6.2, para comparar las 2 alternativas que se tenían, las cuales son dejar el modelo como estaba, o en la parte de la llanta trasera poner una media tijera esto con el propósito de reducir el material y por ende el peso.

## 6.2 Modelos a escala

### 6.2.1 Modelo 1

Con la intención de solucionar los problemas para posicionar la batería en el vehículo, se realizaron modelos que facilitarían dicha tarea. El modelo que se muestra en la figura 6.3 y 6.4 es escala 1:5. Resultó de gran utilidad ya que además, se pudo plegar tal y como se pretende sea el original. Además la intención de crear estos modelos, es debido a que tener el modelo físico permite una mayor interacción diseñador-diseño en comparación con ver únicamente el CAD o bien esquemas.



Figura 6.3 Modelo a escala

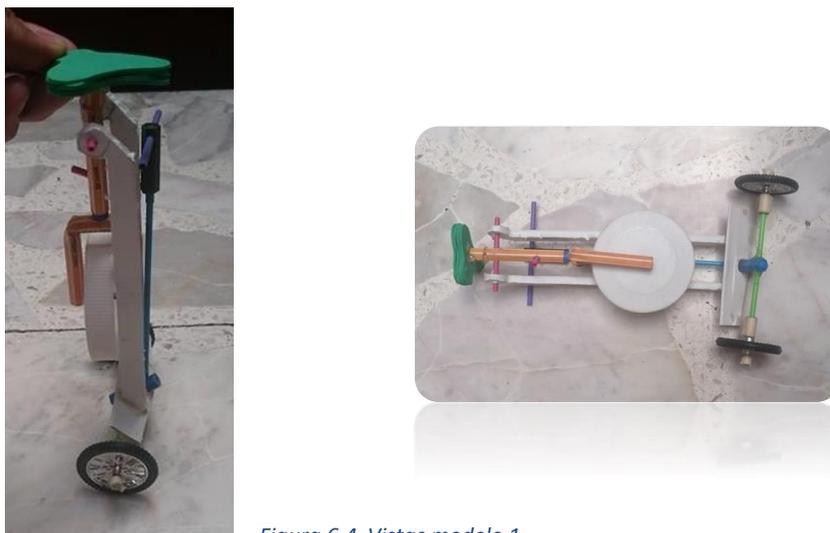


Figura 6.4 Vistas modelo 1

## 6.2.2 Modelo 2

Este modelo se elaboró con la finalidad de reducir el peso del vehículo quitando uno de los brazos de la tijera y el hacer ajustable el largo de los perfiles delanteros principales con el objetivo de que el modelo se pueda plegar aún más.

Este modelo fue realizado a escala 1:5, el material utilizado fue cartón esencialmente y algunos tornillos esto con la finalidad de que su elaboración fuera sencilla.



*Figura 6.5 Vistas modelo 2*

Posteriormente se ensamblaron todos los componentes y se realizaron algunas pruebas con el modelo que se muestra en la figura 6.5. Se pudo determinar que el quitar un brazo de la tijera provoca que el vehículo pierda estabilidad tanto plegado como desplegado. Por la parte de la posibilidad de hacer ajustable el largo de los perfiles principales se observó que no era viable ya que debido al largo de la tijera con la llanta el espacio reducido era mínimo, tan solo de 5 [cm].

## 6.3 Sistemas del vehículo.

El diseño del vehículo se puede dividir en 3 sistemas principales los cuales son el sistema estructural, eléctrico y de dirección. En los capítulos anteriores se ha trabajado en el diseño del sistema estructural en el que se encuentran las dimensiones y la forma de plegado del

vehículo. En esta sección se muestra la información, las variantes que se encontraron para el sistema eléctrico y de dirección además de la evaluación y selección de estas.

### 6.3.1 Sistema eléctrico

En esta parte se presenta el trabajo de selección de la fuente de energía del vehículo para esto se consideraron baterías recargables que normalmente son utilizadas para bicicletas, debido a que el diseño de una fuente de energía no es una prioridad del proyecto.

Existen diferentes tipos de baterías recargables en el mercado hoy en día. A continuación se presenta un listado con las características de algunas de las que fueron consideradas para ser la fuente de energía del vehículo. (Biciapunto.com, 2016)

Baterías de plomo.

- Tecnología de almacenamiento de energía, es la más antigua.
- Son las más económicas y también las más pesadas.
- Vida útil dependiendo del fabricante entre 1-2 años.
- Altamente contaminantes.

Baterías de níquel.

- Más ligeras pero costo más elevado en comparación de las de plomo.
- Efecto de memoria alto, por lo que se recomienda descargarlas completamente antes de volver a recargar.
- Vida útil 2 años.

Baterías de litio.

- Más ligeras pero costo más elevado a comparación con las de plomo y níquel.
- No cuentan con efecto de memoria.
- Vida útil 3 años.
- No soporta muy altas o bajas temperaturas.

Después de estudiar las características de estas baterías recargables se eligieron baterías de litio, ya que proporcionan características óptimas como una buena relación tamaño-peso, recordando que tanto el peso como el espacio ocupado es un factor importante en el diseño.

Las baterías que se analizaron fueron las de 24 V y 36 V, ya que son las más comunes en el mercado y se cuenta con gran variedad de tamaños. Las baterías de 24 V son más propias para bicicletas plegables y para terrenos llanos. Las de 36 V son para bicicletas más sofisticadas y con elevaciones en el terreno. Otra de las ventajas que ofrecen este tipo de baterías recargables es que la descarga es lineal, lo que quiere decir es que se puede conocer con mayor facilidad el voltaje real de la batería además de que no necesita de circuitos reguladores de voltaje.

Su tasa de auto descarga es baja, lo que indica que si la pila no se utiliza, esta se descarga el 5% del total de la carga. Este factor también depende del fabricante.



Figura 6.6. Batería de ion litio de 36 v

La batería de la figura 6.6 es una batería de ion litio de 36 [V] con dimensiones de 50 x 188 x 70 [mm] con un peso de 1.5 [kg] la cual brinda una potencia a un motor de 250 [W] con un tiempo de carga de 5 horas con la cual se obtiene una autonomía aproximada de 30-40 [km] y una velocidad máxima de 25 [km/h], con el kit que se muestra en la figura 6.7.

#### Cálculo de autonomía

Para poder calcular la autonomía de la batería que se desea emplear es necesario conocer las características básicas tanto de la batería como del motor que se va a utilizar, las cuales son los voltios de la batería, los amperios hora que consume, la velocidad máxima del vehículo al cual va a impulsar y la potencia del motor empleado. (Biciapunto.com, 2016),

$$\text{autonomía} = \frac{\text{voltios} \times \text{amperios (hora)} \times \text{velocidad máxima}}{\text{potencia del motor}}$$

$$autonomía = \frac{36 [V] \times 10[Ah] \times 25[km/hr]}{250[W]} = 36[km]$$

Con la batería elegida se alcanza la autonomía deseada correspondiente a una de las especificaciones y que ronda entre 30 y 40 [km].



Figura 6.7. Kit para bicicleta eléctrica (12 quot; 250 W 36 v kit scooter eleacutectrico, 2016)

Para la elección del motor eléctrico para el vehículo se analizaron los dos tipos de motores más utilizados en bicicletas y *scooters* eléctricos.

Existen dos principales tipos de motores eléctricos para este tipo de vehículos los cuales son *Brushless* y de escobillas. La única diferencia que presenta este tipo de motores es que el motor *Brushless* no utiliza escobillas para hacer el cambio de polaridad en su rotor.

Una desventaja que presenta el motor de escobillas contra el *Brushless* es que cada 15000 [km] aproximadamente, se debe hacer cambio de éstas como parte del mantenimiento para no dañar algún otro componente del motor.

El motor de escobillas presenta un mayor par en el arranque, mientras que otra diferencia es que el motor *Brushless* tiene un rendimiento del 80-75% entre otras como se ve en la tabla 6.1, a diferencia del motor de escobillas el cual presenta un 30-50%.



Figura 6.8. Motor Brushless (Quadrino.com, 2016)

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor eficiencia (menos pérdida de calor).</li> <li>• Mayor rendimiento (mayor duración de las baterías para la misma potencia).</li> <li>• Menor peso para la misma potencia.</li> <li>• Requieren menos mantenimiento al no tener escobillas.</li> <li>• Relación velocidad/par motor es casi constante.</li> <li>• Mayor potencia para el mismo tamaño.</li> <li>• Mejor disipación de calor.</li> <li>• Rango de velocidad elevado al no tener limitación mecánica.</li> <li>• Menor ruido electrónico (menos interferencias en otros circuitos).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor costo de construcción.</li> <li>• El control es mediante un circuito caro y complejo.</li> <li>• Siempre hace falta un control electrónico para que funcione, que algunas veces duplica el costo.</li> </ul>

Tabla 6.1 Ventajas y desventajas del motor brushless



Figura 6.9 Motor con escobillas. (Metalurgiadopo.com.br, 2016)

En cuanto a todo el cableado del vehículo, éste se encontrará dentro de los perfiles de la estructura para que no sean estorbosos al plegar el vehículo o cuando se encuentre en movimiento.



Figura 6.10. Motor reductor para Scooter Eléctrico

Características
48 [V]
1000 [W]
Velocidad nominal 3000 [RPM]
Corriente nominal 26.7 [A]
11 dientes piñón para 8 [mm] (T8F) Cadena
Diámetro exterior del motor 107 [mm]
Longitud total 177 [mm]

Tabla 6.2 Características del moto-reductor

Además de que se tendría que adaptar el motor a la llanta para producir el movimiento y aumentar la velocidad del vehículo, con esto se aumentaría el peso y se dificultaría la portabilidad de éste.

Lo mencionado anteriormente, son las principales razones por las cuales se descarta el motor. Se decidió por un motor *Brushless* ya que presenta mejores características en el rendimiento, facilidad de conexión, mayor eficiencia con la batería, el mantenimiento de éste no debe ser tan continuo y el peso es menor como ya se mencionó anteriormente.

Descripción del sistema eléctrico del vehículo:

El motor que se va emplear para el vehículo es un motor *Brushless* con una potencia de 350 [watts] el cual con la batería de 36 [V] da una autonomía de 20-30 [km] por carga con una velocidad máxima de 35 [km/h].



Figura 6.11. Kit de motor *Brushless* (12 &quot; 250 W 36 v kit scooter eléctrico, 2016)

Cuenta con un controlador de 36 [volts] el cual se muestra en la figura 6.12, el cual cuenta con las siguientes dimensiones 50x90x30 [mm].



Figura 6.12. Controlador (12 &quot; 250 W 36 v kit scooter el&eacute;ctrico, 2016)

### 6.3.2 Control

En esta sección se muestran las alternativas que se consideran para el control de las funciones del vehículo. En este caso se consideraron 4 alternativas disponibles en la tabla 6.3.

Mando	Descripción	Comentario
Joystick	Este mando se posiciona en los dos descansabrazos, el cual consiste en un par de palancas. Con una se controla la aceleración y frenado y con la otra la dirección del vehículo.	Este tipo de mando no es adecuado ya que hay la posibilidad de que el usuario confunda los mandos y esto provoque un accidente.
Volante	Volante tipo fórmula 1 donde la aceleración y frenado por medio de paletas en la parte trasera del volante. En el volante lleva un botón con el cual se enciende y pantalla auxiliar para saber la velocidad y carga de la batería.	El volante no funciona para algunas personas ya que se pueden confundir los controles de la velocidad, ya que no están acostumbradas a este tipo de controles.

Mando a distancia	Este mando funciona por medio de <i>Smartphone</i> , con la pantalla táctil con la cual se va a acelerar frenar y mover la dirección con una aplicación.	Este mando no es el más adecuado ya que la persona se puede distraer al ver la pantalla. Además que algunas personas no cuentan con un teléfono celular con estas características.
Manubrio	Manubrio común, como se presenta en las motocicletas.	Este tipo de mando es el más adecuado ya que es más intuitivo y fácil en la forma de conducirse.

*Tabla 6.3 Descripción de los diferentes tipos de mandos*

A pesar de que algunas de las alternativas son novedosas, se optó por implementar el manubrio como forma de control del vehículo ya que para la mayoría de las personas es familiar y su reacción en cualquier posible incidente puede ser más veloz ya que el mando es intuitivo.

### 6.3.3 Dirección del vehículo.

Para esta parte del diseño se consideraron 3 tipos de direcciones las cuales pasaron por un proceso de selección que se muestra más adelante. Los tipos de direcciones consideradas fueron una dirección eléctrica, una mecánica (mecanismo de 4 barras) y la de piñón cremallera. La tabla 6.4 muestra algunas características de los tipos de dirección considerados.

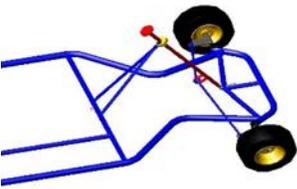
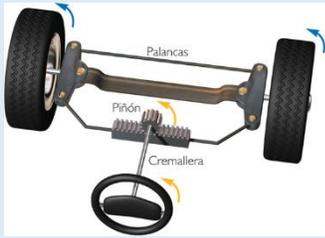
Características		Imagen	Funcionalidad	Facilidad de instalación	Radio de giro
Tipo de dirección					
Eléctrica		El principio de funcionamiento de esta clase de dirección es que al haber diferencia de voltajes entre las ruedas, provoca una diferencia de velocidades y por ende el giro del vehículo.	Para la instalación de este tipo de dirección es necesario tener un motor eléctrico en cada una de las ruedas.	El radio de giro para este tipo de direcciones no está limitado por el ángulo de giro de las llantas.	
Mecánica		Esta dirección utiliza un mecanismo de 4 barras para transmitir el movimiento del volante en movimientos laterales que roten los brazos de la dirección.	Este mecanismo es fácil de instalar y fabricar ya que solo son barras. Dada esta sencillez es comúnmente usada en los <i>go karts</i> .	El radio de giro de este mecanismo de dirección se ve limitado por el espacio libre que tienen las ruedas para girar.	
Piñón cremallera		Este tipo de dirección utiliza el principio del piñón cremallera, el cual transforma el movimiento rotatorio del volante en movimiento lineal con el que se mueven los brazos de dirección.	Este mecanismo es sencillo pero requiere de más espacio que el de 4 barras.	Esta dirección tiene el mismo inconveniente que la anterior ya que se ve limitada por el espacio disponible.	

Tabla 6.4. Características de los tipos de dirección. (Almeida, 2010), (Kart-cross.tripod.com, 2016), (Anon, 2014)

En este caso se decidió utilizar la dirección mecánica (mecanismo de 4 barras), esto debido a la sencillez que presenta. En las figuras 6.13 y 6.14 se muestra un modelo funcional del sistema de dirección propuesto para este vehículo.



Figura 6.13. Modelo funcional de dirección 1.



Figura 6.14. Modelo funcional de dirección 2.

Uno de los parámetros más importantes en la dirección es su radio de giro. A continuación se presenta el cálculo de este radio de giro.

Para el cálculo se necesita la distancia entre los centros de las llantas delantera y trasera la cual se representará con la letra "W", también se tiene que conocer el ángulo máximo que pueden girar las llantas, lo representaremos con la letra " $\alpha$ ".

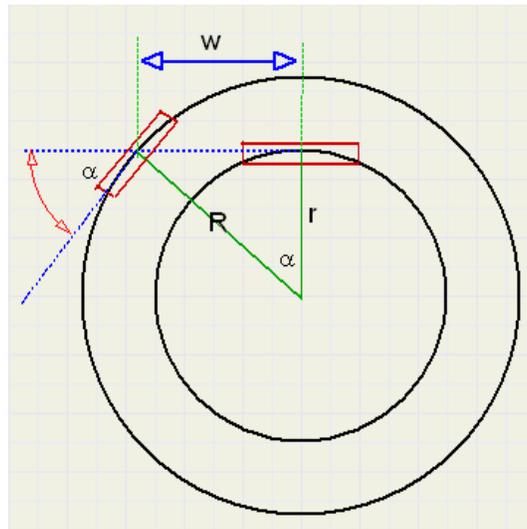


Figura 6.15 Radio de giro

Datos

$$W = 785 \text{ [mm]}$$

$$\alpha = 19^\circ$$

De acuerdo con la imagen 6.15, el radio de giro “R” se calcula con  $R = W / \text{Sen}(\alpha)$

Y con esto obtenemos un valor de 2.41 [m].

Para comprobar que este resultado es adecuado se hace la comparación con el radio de giro de un automóvil cuyo valor es de 6.4 [m] y cuyas dimensiones se muestran en la figura 6.16 (*Geometric Design of Highways and Streets*, 2014).

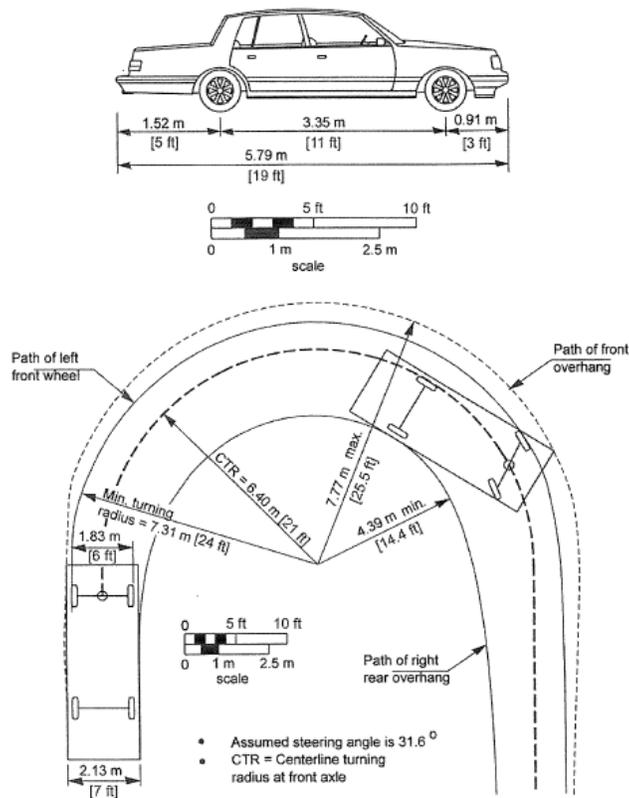


Figura 6.16. Radio de giro de un automóvil. (Geometric Design of Highways and Streets, 2014)

De la comparación realizada se observa que el radio de giro del vehículo es casi 3 veces menor que el del automóvil, con ello se confirma que el nuevo medio de transporte propuesto no tendrá dificultad para dar vueltas cerradas.

## 6.4 Selección de material

El proceso de selección del material se realizó con base en los índices de funcionalidad y gráficos de Ashby. Se tomaron como materiales base los comunes en la fabricación de bicicletas, los cuales se listan a continuación.

- Aceros: debido a su bajo costo y a sus propiedades mecánicas, este material es muy utilizado.
- Aluminio: este material es utilizado en bicicletas de mayor gama debido a que ofrece un menor peso y algunas de sus aleaciones poseen propiedades mecánicas sobresalientes.
- Titanio: sus propiedades mecánicas y bajo peso hacen de este material uno de los mejores, utilizado en gamas altas de bicicletas de carreras ya que su elevado costo no permite que esté al alcance de un usuario promedio.
- Fibra de carbono: en cuestión de peso este material es uno de los mejores, además ofrece resistencia a la oxidación, pero posee el inconveniente de un elevado costo.
- Bambú: es un material con buenas cualidades como lo es el costo y tiene buenas propiedades mecánicas, es principalmente utilizado para fortalecer la imagen de transporte amigable con el medio ambiente.

Con los gráficos de Ashby se busca maximizar el módulo de elasticidad y minimizar el peso, para ello la propiedad a maximizar la define la siguiente ecuación:

$$\frac{E^{1/2}}{\rho}$$

De la ecuación anterior se obtuvo la pendiente que se utilizó en el gráfico de Ashby.

$$\ln(\rho) = \ln(E)^{\frac{1}{2}}$$

$$2\ln(\rho) = \ln(E)$$

Con esta pendiente se realizó el primer gráfico de Ashby utilizando CES EduPack (Grantadesign.com, 2016) en el cual se eliminaron algunos materiales como las maderas ya que a pesar de tener buenas propiedades mecánicas es vulnerable a la humedad lo cual afecta su vida útil.

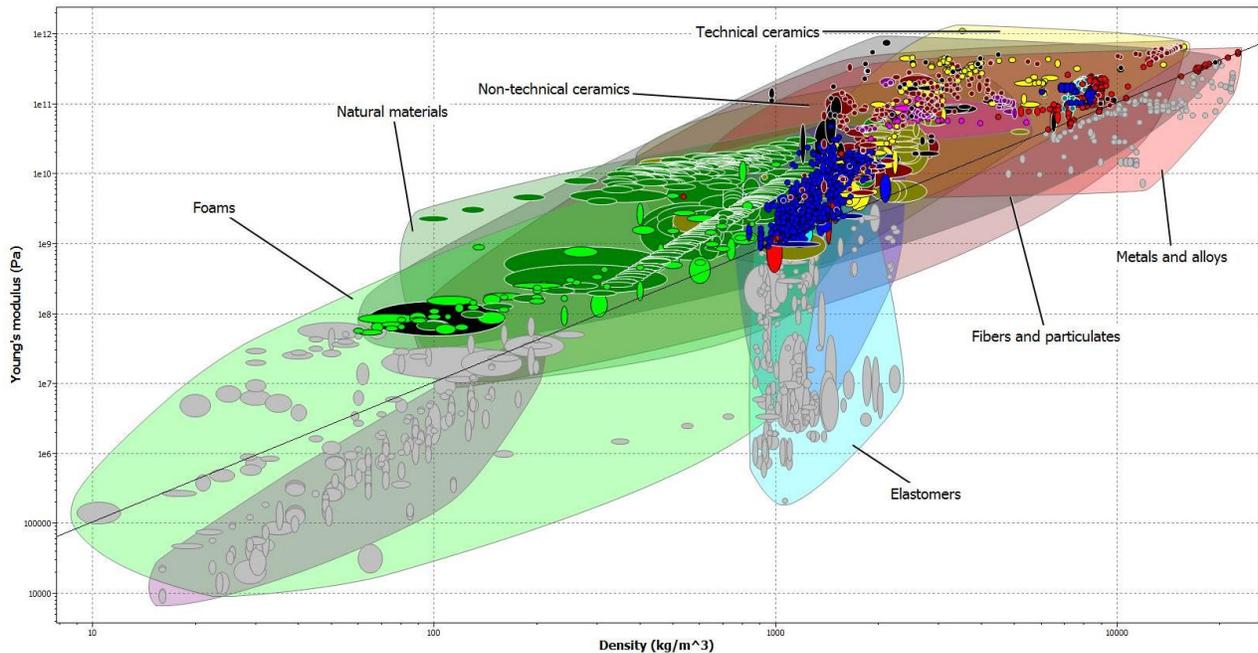


Figura 6.17. Gráfico módulo de Young contra densidad.

Como se puede observar en la figura 6.17 tenemos una gran variedad de posibles materiales. El siguiente aspecto a considerar fue el esfuerzo de fluencia que debe de soportar la estructura, se consideró el esfuerzo al cual la pieza más frágil del vehículo está sometida. Para ello se tomaron los resultados del análisis por elementos finitos presentado en el capítulo 9 de este documento, el resultado fue un esfuerzo máximo de 225 [MPa], por lo tanto en el gráfico de Ashby no se consideraron materiales con un esfuerzo de fluencia menor a este valor.

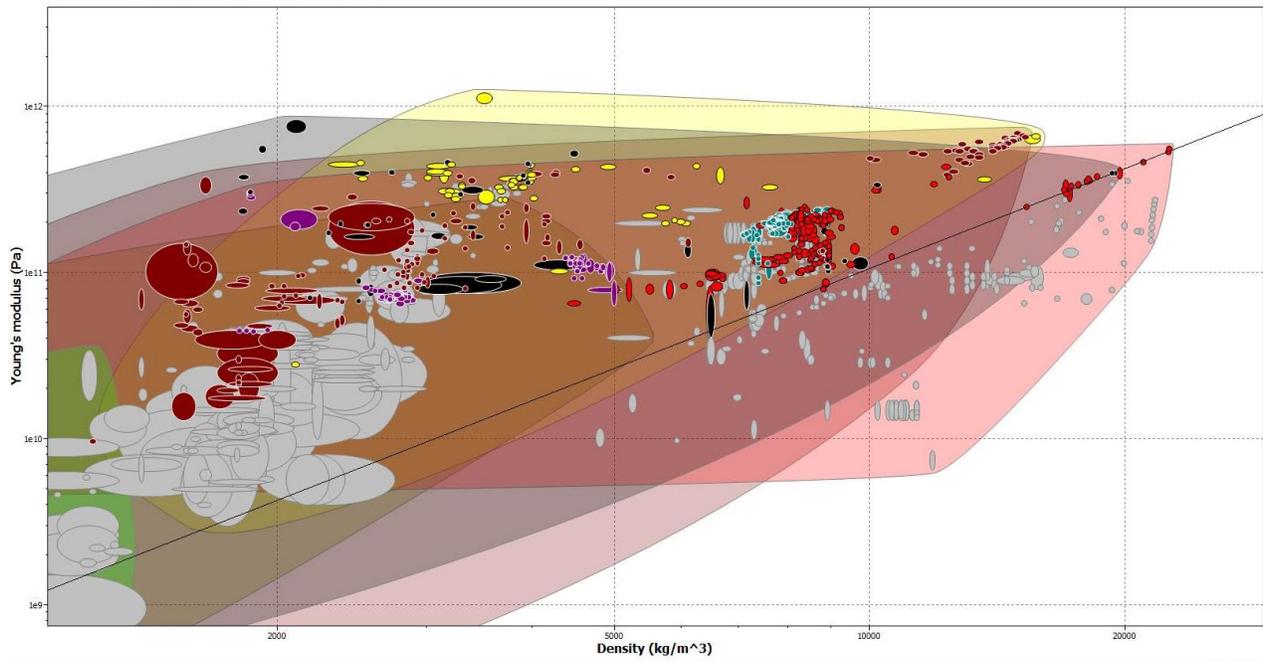


Figura 6.18. Gráfico módulo de Young contra densidad.

La baja densidad es un requisito importante que debe de cumplir el material ya que en los requerimientos del proyecto debemos de mantener un peso menor o igual a 15 [kg] para ellos se realizó una restricción en la cual la densidad no puede exceder 3600 [Kg/m<sup>3</sup>].

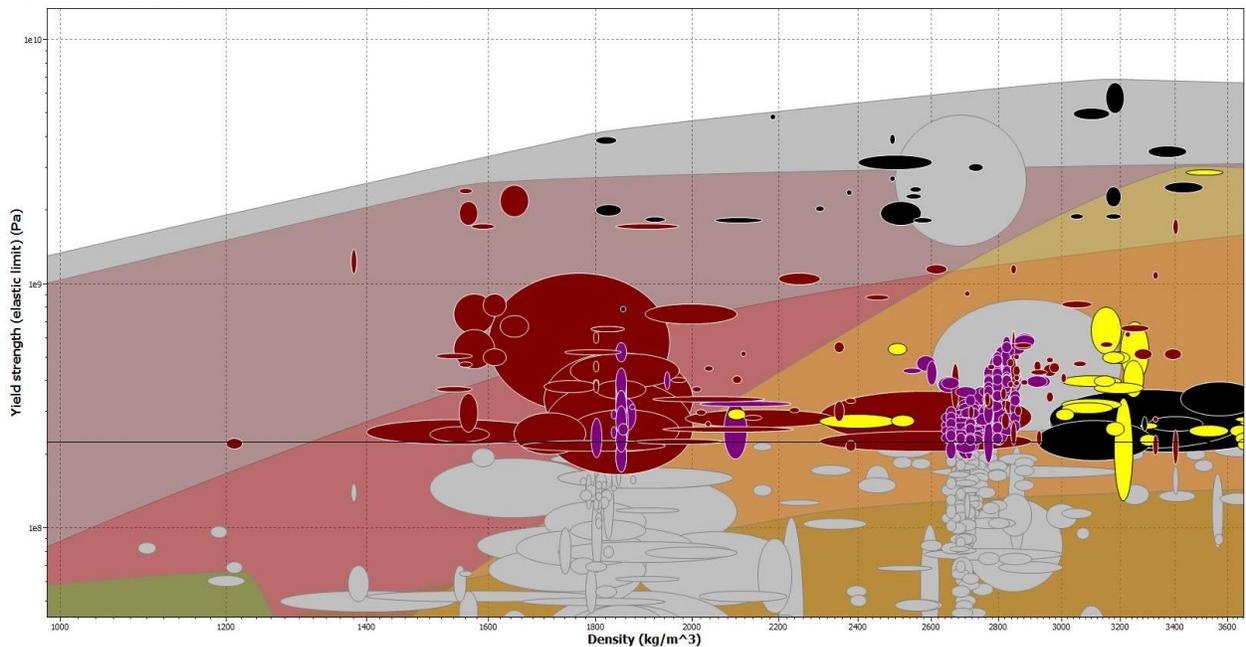


Figura 6.19. Gráfico esfuerzo de fluencia contra densidad.

El Precio del material es algo que siempre se debe de tener en cuenta ya que hay materiales con excelentes propiedades pero con un costo demasiado elevado. Para ello se fijó como precio máximo 500 MXN por kilogramo (precios dados por el software CES edupack).

Con las consideraciones antes mencionadas, se pueden identificar 4 grupos de materiales que cumplen con los requerimientos los cuales se muestran en la figura 6.20, con el color amarillo se encuentran los cerámicos compuestos, el negro representa a las fibras, el morado a las aleaciones de aluminio y el marrón materiales compuestos.

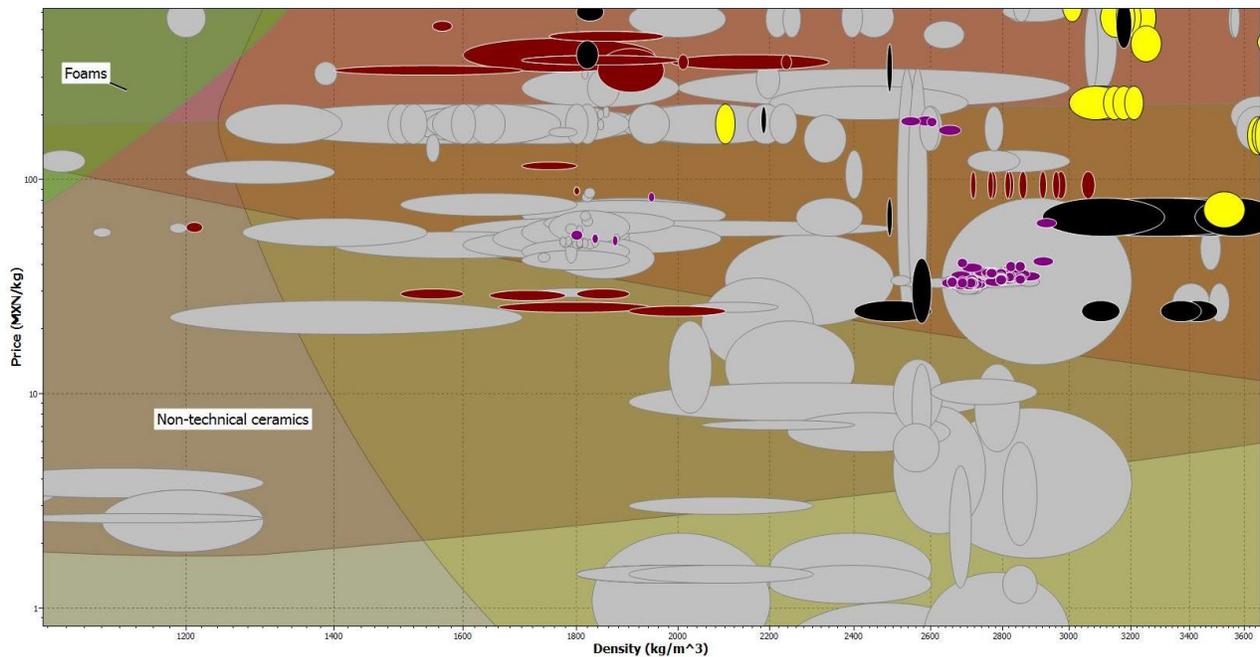


Figura 6.20. Gráfico de precio contra densidad.

### 6.4.1 Matrices de decisión

El material debe de cumplir con las siguientes características.

- Alta rigidez (E)
- Alta resistencia ( $\sigma_y$ )
- Baja densidad ( $\rho$ )
- Precio por kilogramo (MXN/kilogramo)

Cálculo para determinar el número de decisiones:

$$N = \frac{n(n - 1)}{2}$$

$$N = \frac{4(4 - 1)}{2}$$

$$N = 6 \text{ decisiones}$$

	1/2	1/3	1/4	2/3	2/4	3/4
1	0	0	1	-	-	-
2	1	-	-	0	0	-
3	-	1	-	1	-	0
4	-	-	0	-	1	1

Tabla 6.5 Nivel de prioridad

	DP	$\alpha$
1	1	0.16
2	1	0.16
3	2	0.33
4	2	0.33
Total	6	1

Tabla 6.6 Resultados tabla de prioridad

Ahora se muestran los resultados obtenidos de la matriz de decisión en la tabla 6.7.

Material	E [Gpa]	BE	$\sigma_y$ [Mpa]	$B\sigma_y$	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	$b\rho$	Precio [MXN/Kg]	Precio	$\gamma$
<b>Cerámicos compuesto</b>	350	93.09	517	27.35	3100	51.61	520	19.23	42.65
<b>Fibras</b>	150	39.89	1050	55.56	1600	100	443	22.57	55.72
<b>Aleaciones de aluminio</b>	74	19.68	290	15.34	2650	60.38	100	100	58.53
<b>Material compuesto</b>	376	100	1890	100	1670	95.81	3090	3.24	64.68

Tabla 6.7 Resultado de la matriz de decisión

Como se puede observar en la tabla 6.7 el material mejor posicionado fueron los materiales compuestos, pero ya que su precio es excesivamente alto y su manufactura es compleja en comparación con el resto de los materiales propuestos, se optó por la segunda opción, las aleaciones de aluminio.

Para poder seleccionar una de estas aleaciones se consultaron cuáles de estas son utilizadas para aplicaciones similares, la aleación de aluminio 6061 es usada en los marcos de bicicletas de carreras así que se decidió emplear esta aleación en el análisis de la estructura.

## 7. Análisis ergonómico del vehículo

La ergonomía vehicular toma en cuenta todos los factores que intervienen entre usuario y el vehículo a diseñar, por mencionar: La naturaleza humana, percepción del usuario, ambiente donde se desarrolla, fisionomía del usuario, entre otras. Todo esto con un objetivo final, que es la seguridad brindada.

El análisis ergonómico está distribuido a lo largo del proceso de diseño, y por ende, tiene que siempre estar presente durante dicho proceso. Se planteó en el proyecto una etapa pre (relaciones ergonómicas, definición del usuario), durante (tecnologías a implementar) y post (requisitos de uso) al diseño.

### 7.1 Relaciones ergonómicas con el objeto

Inicialmente se analiza la percepción del usuario, todo el entorno que lo rodea: estático, dinámico, de contacto, etc. Todo esto para definir las zonas importantes a diseñar.

- Zona de vecindad

La zona de vecindad se puede definir como las partes del cuerpo humano que están en contacto directo con el vehículo a analizar. Figura 7.1

Para el vehículo las zonas de vecindad presentes son:

- **Palmas de las manos** las cuales empuñan el manubrio para el control del mismo.
- **Plantillas de los pies** que se mantienen en reposo sobre la plataforma diseñada.
- **Glúteos** al estar sentado se presenta el contacto directo con el asiento.
- **Aductores mayores** los cuales también presentan contacto con el asiento.

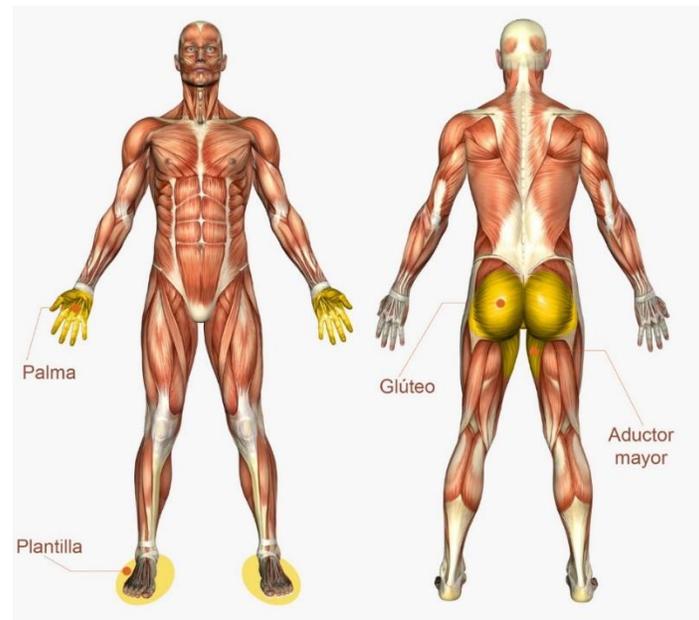


Figura 7.1 Zona de vecindad (Hernández, 2008)

- **Ámbito de presión y movimiento**

Los objetos que presentan algún movimiento o carga, interactuando directamente con el cuerpo humano son:

- **Manubrio del vehículo**, con 2 GDL (Grados De Libertad) para su control.
- **Asiento** soporta la carga ejercida por el usuario.
- **Reposa pies** recibiendo la carga generada por los pies.

- **Ámbito alrededor del usuario**

Cualquier otro objeto que se presente en el vehículo, en un rango no mayor a 3m.

- **Llantas** delantera (dirección), trasera (motorizada)
- **Estructura tubular** Frontal y tijera trasera

- **Macro objetos**

Espacio que circunscribe al usuario desde los 30m pero que interactúa con los receptores de los órganos sensoriales.

- Calle
- Ciclovía
- Automóviles
- Motocicletas
- Bicicletas
- Vehículos eléctricos
- Personas
- Sol
- Lluvia
- Neblina
- Noche
- Aire

## 7.2 Aspectos ergonómicos

Primero es necesario definir el perfil del usuario, el cual será es una persona, mujer u hombre, que necesite recorrer distancias de hasta 20 km diarios, entre los 16-50 años de edad aproximadamente y con las facultades físicas y mentales para su correcta conducción. Como ambiente se sugiere que sea dentro de la ciclovía.

Es de gran importancia, ergonómicamente hablando, estudiar los aspectos fisiológicos de las partes del cuerpo humano que interactúan con el vehículo, con el objetivo de tenerlos presentes durante el diseño del mismo. A continuación, se mencionan las 3 más significativas, tomadas a partir de las zonas de vecindad.

- Visión

El campo visual promedio de un humano es de aproximadamente 104 grados por cada ojo, a partir del plano que genera la nariz, esto quiere decir un total de 208 grados del entorno donde se centra la vista, esto haciendo referencia a la figura 7.2. Aunque no es mal número en comparación con otras especies, no se tiene el conocimiento de lo que sucede detrás de la persona, y por ende se generan puntos ciegos en la percepción.

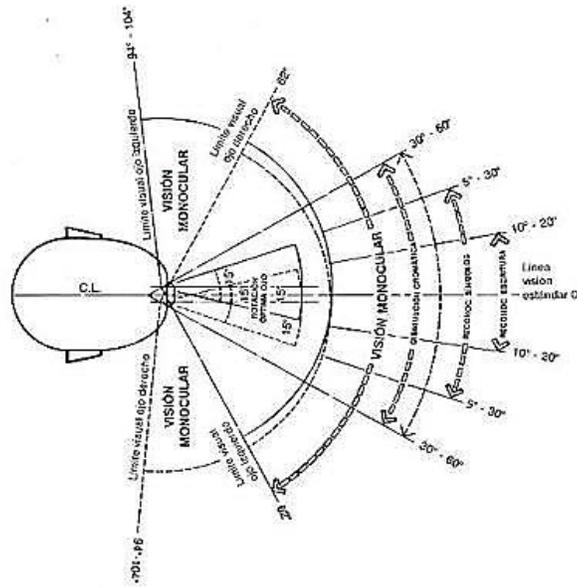


Figura 7.2 Campo visual promedio del humano (Hernández, 2008)

o Columna

La columna es el pilar más grande dentro de la rama de la osteología, ya que sostiene y da una estructura estable, no solo a los huesos, sino también a los músculos, órganos, sistema nervioso, entre otros. Anteriormente este factor no se tomaba en cuenta durante el diseño de objetos que se viera involucrada la columna, gracias a la ergonomía se ha considerado durante los últimos años. Para la posición sedente, la columna se tiene que mantener con la curvatura natural como se muestra en la figura 7.3, (Hernández, 2008).

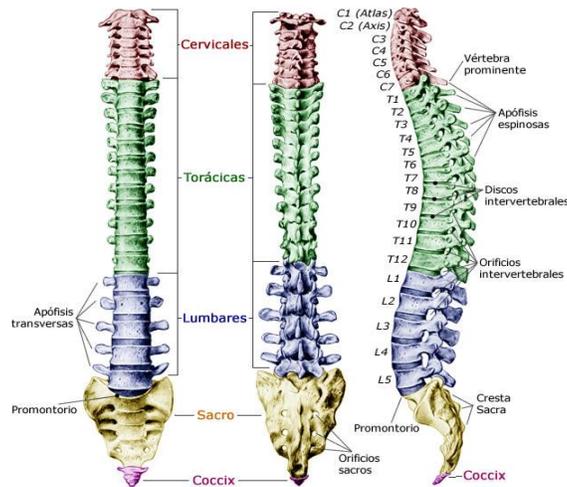


Figura 7.3 Curvatura natural de la columna. (Hernández, 2008)

- Brazos

El diseño fue planeado para mantener la flexión natural de los brazos, de tal forma que el usuario no sufra fatiga o cansancio durante su trayecto, para esto se tomaron en cuenta cuestiones antropométricas, cubriendo el rango de los diferentes percentiles posibles al momento de conducir (Figura 7.2).

## 7.2.1 Seguridad

La seguridad es el factor más importante para la ergonomía, ya que al diseñar algo “ergonómico” esta misma se convierte en el objetivo principal y tiene que ser considerado durante todo el proceso de diseño, asegurando que el vehículo no presentará riesgo alguno para el usuario.

El riesgo antes mencionado es subjetivo, ya que también se presentaría haciendo mal uso del vehículo, en este capítulo también se describe los requerimientos de uso, para que se garantice la seguridad buscada.

## 7.2.2 Antropometría

El término antropometría proviene del griego *anthropos* (hombre) y *metrikos* (medida) y trata del estudio cuantitativo de las características físicas del hombre.

Actualmente, la antropometría es una disciplina fundamental en el ámbito laboral, tanto en relación con la seguridad como con la ergonomía. La antropometría permite crear un entorno de trabajo adecuado permitiendo un correcto diseño de los equipos y su adecuada distribución, permitiendo configurar las características geométricas del puesto, un buen diseño del mobiliario, de las herramientas manuales, de los equipos de protección individual, etc. (Valero, n.d.)

La antropometría utilizada se presenta en las tablas 7.1 y 7.2 y de la figura 7.4 en posición sentado para un operador de autotransporte, esto debido a que la posición requerida es similar a la planteada, sin embargo, se hicieron ajustes necesarios. Para la altura al poplíteo (número 39 de la figura 7.4) se obtuvo el valor de \_\_\_ y podemos constatar que se encuentra entre el percentil 50 y el percentil 95 según la tabla 7.1, por lo que el diseño propuesto se ajustará a la mayor cantidad de la población.

**En posición sentado**  
**Operadores de autotransporte**  
**Sexo masculino**  
**18 a 68 años**

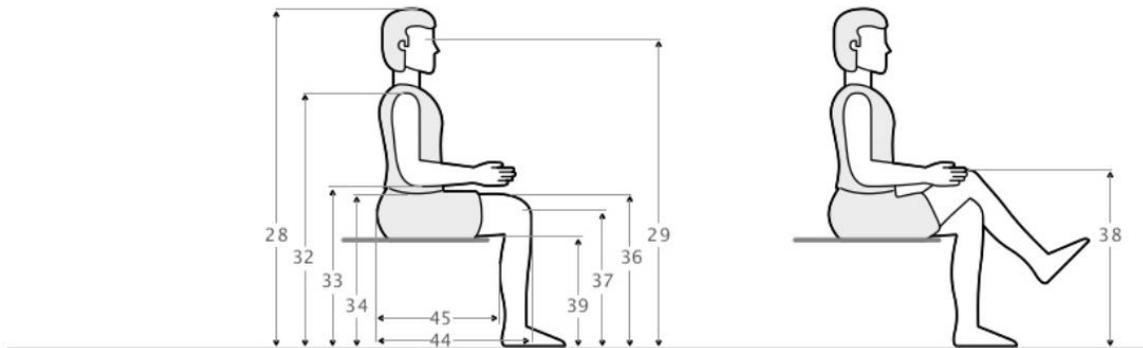


Figura 7.4 En posición sentado (Avila, 2001)

Dimensiones	18-68 años (n=974)					
	$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			
			5	50	95	
28	Altura sentado	1244.69	44.84	1178.85	1242.55	1323.92
29	Altura de ojos sentado	1145.39	47.49	1072.09	1144.22	1224.55
32	Altura de hombro sentado	976.23	43.14	912.38	973.92	1074.92
33	Altura de codo sentado	625.62	38.82	561.65	623.79	690.21
34	Altura región lumbar	536.42	65.71	437.94	530.23	641.57
36	Altura del muslo	537.57	25.94	493.38	537.37	580.75
37	Altura de rodilla	505.91	27.94	460.22	505.15	550.82
38	Alt. rodillas pierna cruzada	672.19	44.79	605.65	671.68	767.68
39	Altura de poplíteo	404.23	25.88	362.88	404.08	445.59
44	Distancia glúteo - rodilla	558.99	27.51	515.88	558.11	605.04
45	Distancia glúteo - poplíteo	453.83	28.15	409.58	453.53	499.82

Tabla 7.1 En posición sentado (Avila, 2001)

Para la distancia referente al manubrio se encontró un estudio acerca de operadores de autos, donde los datos obtenidos, fueron los percentiles mostrados en la tabla 7.2. Al incorporar un manubrio multiposición, los percentiles requeridos se satisfacen, ya que las distancias posibles tienen un rango de 226 [mm] ≤ rango ≤ 640.8 [mm] Figura 7.6.

	<b>PERCENTIL 5%</b>	<b>PERCENTIL 50%</b>	<b>PERCENTIL 95%</b>
Distancia H	410	443	462
Distancia V	303	339	364
Inclinación A	17	17	18

Tabla 7.2 Percentiles (García, A. 2003)

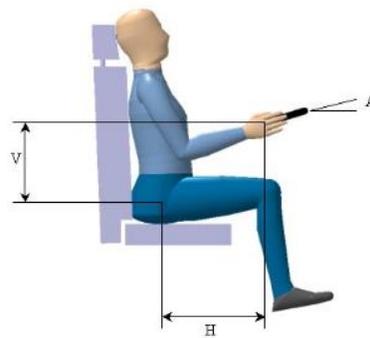


Figura 7.5 Percentiles (García, A. 2003)

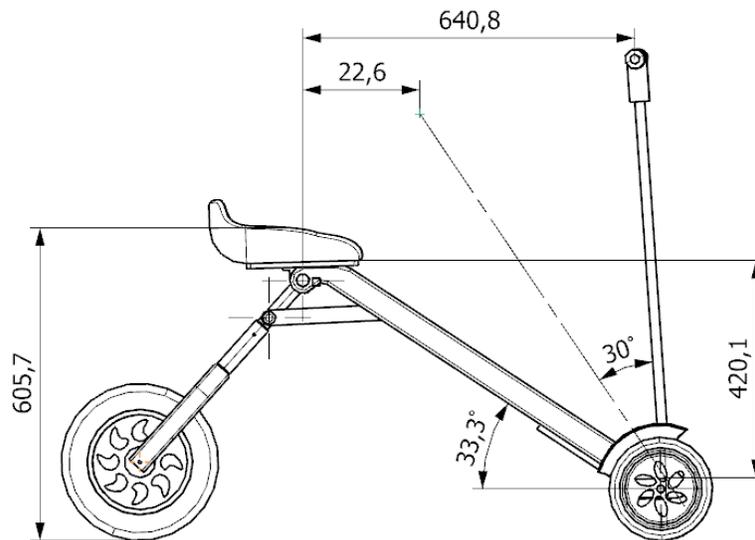
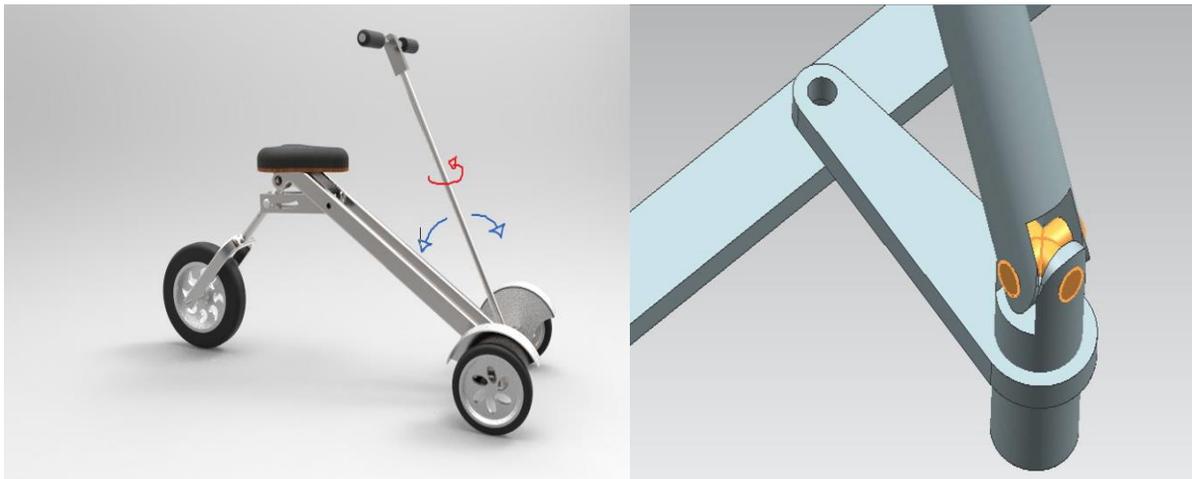


Figura 7.6 Diagrama del vehículo diseñado con dimensiones en [mm]

## 7.3 Tecnología a implementar

### ➤ Manubrio multi-posición.

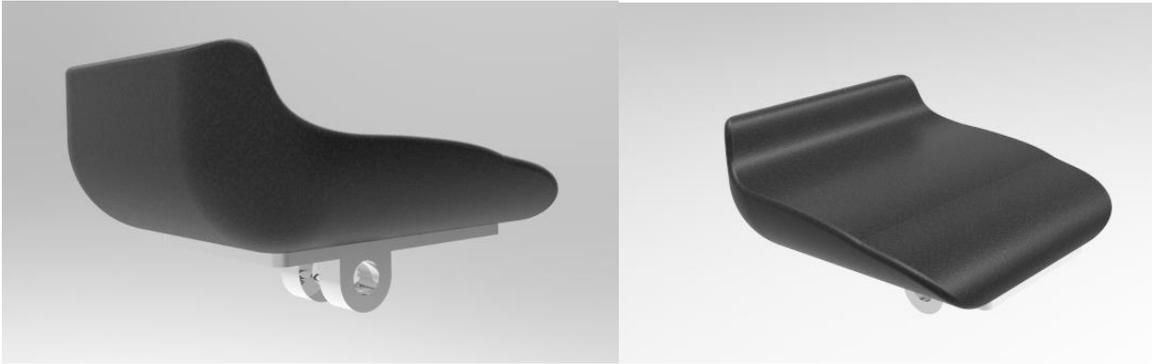
La dirección se diseñó para que el usuario pudiera ajustar en todo momento la posición y de esta manera brindar una cómoda conducción. Se presentan 2 grados de libertad en el manubrio para esto se incorporó una unión tipo cardan, como se puede observar en la Figura 7.7.



*Figura 7.7 Movimiento del manubrio*

### ➤ Asiento.

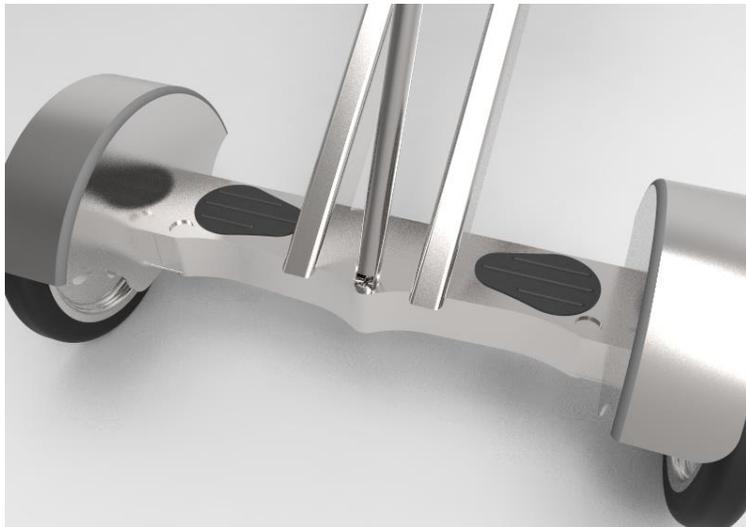
El asiento fue diseñado satisfaciendo la necesidad ergonómica que se requería. Se tomó como punto de partida un asiento de una tesis anterior (Diseño mecánico de un prototipo de vehículo eléctrico de péndulo invertido, 2013) mostrado en la figura 7.8. Se le adaptó una base para un correcto ensamblaje en el proyecto.



*Figura 7.8 Asiento.*

➤ **Reposa pies.**

Para conservar una posición ergonómica, se incluye una carcasa, para que los pies permanezcan en la parte frontal, esto a su vez funciona como reposa pies, el cual ayuda a reducir la tensión y fatiga en las piernas, espalda y cuello, (Figura 7.9).



*Figura 7.9 Reposa pies.*

## ➤ Espejos

Aunque el diseño en sí del vehículo no incluye espejos, se pueden adoptar en conjunto, diversos *gadgets* que han sido de gran utilidad a usuarios de bicicleta, motocicleta, patineta, entre otros. Todo esto para cubrir la vista periférica brindada, con la cual usuario aumenta la percepción de su entorno al momento de conducir.



Figura 7.10 Espejos

## 8. Construcción del prototipo

A continuación se presenta el proceso de construcción de un prototipo a escala real, elaborado casi en su totalidad con madera. Este prototipo fue realizado como un medio para poder visualizar las dimensiones reales que tendría el vehículo y revisar algunos aspectos como el que tan cómodo es arrástralo cuando se encuentra plegado, si la distancia del largo de las piernas es adecuada, entre otras cosas.

### 8.1 Piezas y ensambles

En las figuras 8.1 y 8.2 se muestran las piezas y algunos sub-ensambles que se realizaron previos al ensamble de este prototipo.



*Figura 8.1. Piezas del prototipo (asiento, manubrio, articulación, barra superior de la tijera y base del asiento)*



*Figura 8.2. Tijera con rueda trasera y ruedas delanteras.*

En La figura 8.3 se muestra el mecanismo de la dirección del vehículo junto con la estructura frontal.



*Figura 8.3. Tijera con rueda trasera y ruedas delanteras.*

Por último en la figura 8.4 se muestra el vehículo completamente ensamblado. Se puede observar el vehículo plegado y desplegado, notando la disminución en el volumen que éste

ocupa. En la figura 8.4 se presenta a un usuario haciendo uso de este transporte alternativo.



*Figura 8.4 Vehículo desplegado y plegado.*



*Figura 8.5 Usuario montado en el vehículo*

## 9. Validación de la estructura

Actualmente, las bicicletas están hechas de diferentes materiales, incluso de aleaciones, siendo las más recurrentes las aleaciones de aluminio, entre ellas se encuentran el aluminio 6061 y el 7005 y justamente se partió de estos datos para hacer el análisis además de los obtenidos previamente en la selección de materiales.

El tomar en cuenta estos materiales resulta una gran ventaja al momento de manufacturar, ya que al ser materiales de uso común, es más práctico encontrar tanto proveedores como diferentes perfiles de los mismos.

### 9.1 Materiales

#### 9.1.1 Aluminio 6061

El aluminio 6061 es una aleación de aluminio endurecido que contiene como principales elementos aluminio, magnesio y silicio. Originalmente denominado "aleación 61S" fue desarrollada en 1935. Tiene buenas propiedades mecánicas y para su uso en soldaduras. Es una de las aleaciones de aluminio más comunes para uso general. Se emplea comúnmente en formas pre templadas como el 6061-O y las templadas como el 6061-T6 y 6061-T651. *Aluminiosymetalesunicornio.com.mx. (2016).*

Es usado en todo el mundo para los moldes de inyección y soplado, construcción de estructuras de aeronaves, como las alas y el fuselaje de aviones comerciales y de uso militar; en refacciones industriales, en la construcción de yates, incluidos pequeñas embarcaciones, en piezas de automóviles, en la manufactura de latas de aluminio para el empaquetado de comida y bebidas. Es fácil de maquinar y resistente a la corrosión.

Densidad [gr/cm <sup>3</sup> ] <sup>o</sup>	2.7	Coef. De dilatacion (0 a 100oC) [oC-1 x 10 <sup>6</sup> ]	23.6
Rango de fusion [oC]	575-650	Conductividad Termica (0 a 100 oC) [W/m oC]	Temple Tó: 167
Modulo de elasticidad [MPa]	69500	Resistividad a 20 oC [μ0cm]	Temple Tó: 4.0
Coefficiente de Poisson	0.33	Calor especifico (0 a 100 oC)	940

Tabla 9.1 Propiedades del Aluminio 6061. (Aluminio 6061, 2016)

Aleación	Tensión				Dureza	Corte	Fatiga	Modulo
	Resistencia (Ksi)		Elongación en 2 pulg.		Brinell	Ultimo de Corte	Limite a la fatiga (2)	Modulo de elasticidad Ksi x 10 <sup>3</sup> (3)
	Ultimo	Cadencia	1/16" Espesor	1/2" Diámetro	500kg Balo de 10mm	Resistencia Ksi	Ksi	
<b>6061-T6</b>	<b>45</b>	<b>40</b>	<b>12</b>	<b>17</b>	<b>95</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>10</b>

Tabla 9.2 Propiedades 6061-T6 (Anon, 2016)

## 9.1.2 Aluminio 7005

### Composición química

Element	Content (%)
Aluminum, Al	93.3
Zn	4.5
Magnesium, Mg	1.4
Manganese, Mn	0.45
Zirconium, Zr	0.14
Chromium, Cr	0.13
Titanium, Ti	0.04

Tabla 9.3 Composición del Aluminio 7005 (Aluminium 7005, 2016)

## Propiedades físicas y mecánicas

Properties	Metric	Imperial
Density	2.6-2.8 g/cm <sup>3</sup>	0.0939-0.1011 lb/in <sup>3</sup>

Properties	Metric	Imperial
Elastic modulus	70-80 GPa	10152-11603 ksi
Poisson's ratio	0.33	0.33

Tabla 9.4 Propiedades físicas y mecánicas del Aluminio 7005 (Aluminium 7005, 2016)

Considerando las propiedades de estos materiales presentadas en las tablas 9.3 y 9.4 se hizo uso del software comercial computacional *hyperworks* (Altairhyperworks.com, 2016) para realizar la validación de la estructura bajo diferentes tipos de cargas.

## 9.2 Consideraciones hechas en *Hyperworks*

Todos los casos propuestos a continuación, contemplan un análisis elastoestático lineal plano, y se hará una descripción de los aspectos a considerar en cada uno de ellos.

### 9.2.1 Caso 1

Para el primer caso, se presenta un análisis elastoestático lineal plano para cada uno de los ensamblajes del CAD, se considera una carga en la parte del asiento con componente z negativa igual a 1176.8 [N] (F1 en la Figura 9.1). Cabe destacar que recordando los requerimientos y especificaciones, los 1176.8 [N] equivalentes a 120 [kg] es el límite máximo permisible de carga que soportará el diseño propuesto. En las figuras 9.1 y 9.2 se muestran las cargas y restricciones que afectan a la estructura, F1 es una fuerza, mientras que R1 es la restricción o bien el empotramiento presente.

Diagrama de cuerpo libre (DCL).

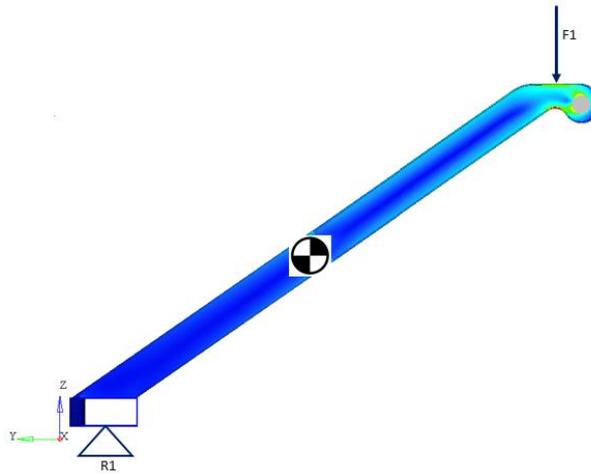


Figura 9.1 DCL de la estructura frontal del diseño

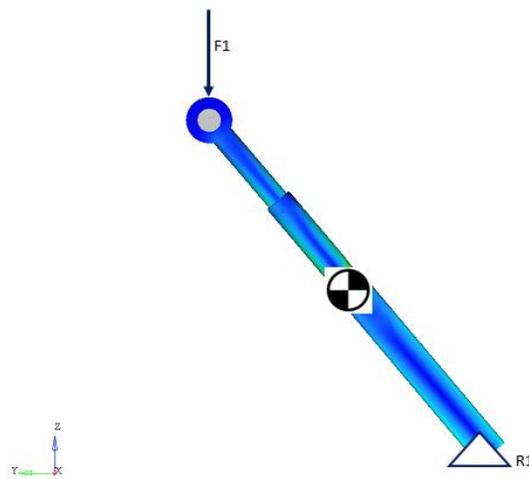


Figura 9.2 DCL de la estructura posterior

Contour Plot  
 Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
 Analysis system

3.046E+01
2.707E+01
2.369E+01
2.031E+01
1.692E+01
1.354E+01
1.015E+01
6.769E+00
3.384E+00
0.000E+00
No result

Max = 3.046E+01  
 2D 1741269  
 Min = 0.000E+00  
 2D 980497

Model info: 1  
 Result: C:/Users/CLuna3/Desktop/Hector/FEMEslabonFrontal/ArchivosFEM/FrameEslabonFrontal.h3d  
 Subcase 2 (Caso 2 Carga Inferior) : Static Analysis  
 Frame 0

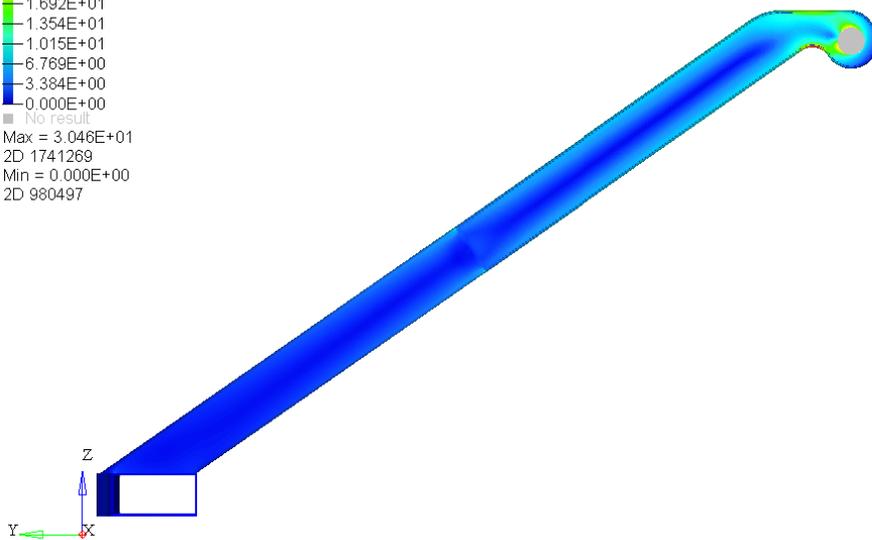


Figura 9.3. Campo de esfuerzos en la estructura para Caso 1

Contour Plot  
 Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
 Analysis system

3.046E+01
2.707E+01
2.369E+01
2.031E+01
1.692E+01
1.354E+01
1.015E+01
6.769E+00
3.384E+00
0.000E+00
No result

Max = 3.046E+01  
 2D 1741269  
 Min = 0.000E+00  
 2D 980497

Model info: 1  
 Result: C:/Users/CLuna3/Desktop/Hector/FEMEslabonFrontal/ArchivosFEM/FrameEslabonFrontal.h3d  
 Subcase 2 (Caso 2 Carga Inferior) : Static Analysis  
 Frame 0

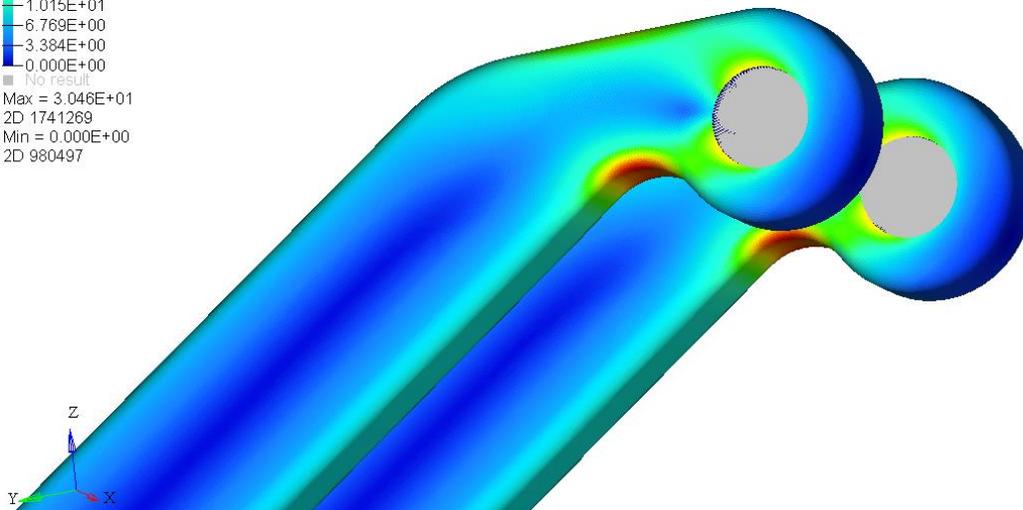


Figura 9.4. Concentradores de esfuerzo

En la figura 9.4 se observan los concentradores de esfuerzo. En caso de que la pieza sufriera una deformación mayor al esfuerzo de fluencia o cedencia del material, esta sería la zona en donde fallaría primero.

Gracias a los resultados obtenidos en el Caso 1 para la estructura frontal del diseño, mostrados en figura 9.4, se concluye que se soportará muy bien esta sollicitación, ya que el esfuerzo máximo presente debido a las cargas, es de 30.46 [Mpa] mientras que el esfuerzo de fluencia de la aleación de aluminio es de 276 [Mpa] según tabla 9.2.

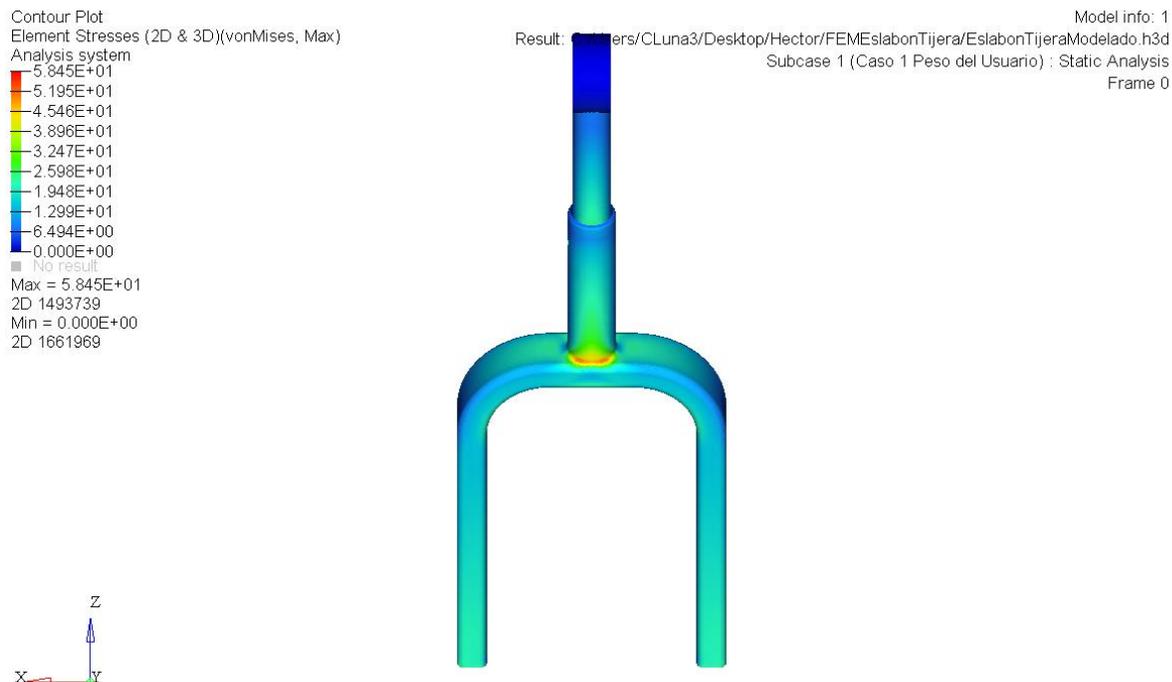


Figura 9.5. Concentrador de esfuerzos

Para el caso de la figura 9.5, se puede apreciar la zona donde hay un concentrador de esfuerzos y justamente es donde se presenta una unión de dos componentes, se esperaba que ahí se encontrara dicho concentrador. Esta sollicitación no representa ningún problema debido a que el mayor esfuerzo es de 58.4 [Mpa] y el de la aleación de aluminio de 276 [Mpa].

## 9.2.2 Caso 2

Se analiza la fuerza provocada por un usuario con peso de 120 [kg] equivalente a 1176.8 [N] sentado en el vehículo, con el objeto de observar el efecto de la misma, sobre las barras de la dirección del vehículo. Los resultados se muestran en las figuras 9.7 a la 9.9.

Diagrama de cuerpo libre (figura 9.6):

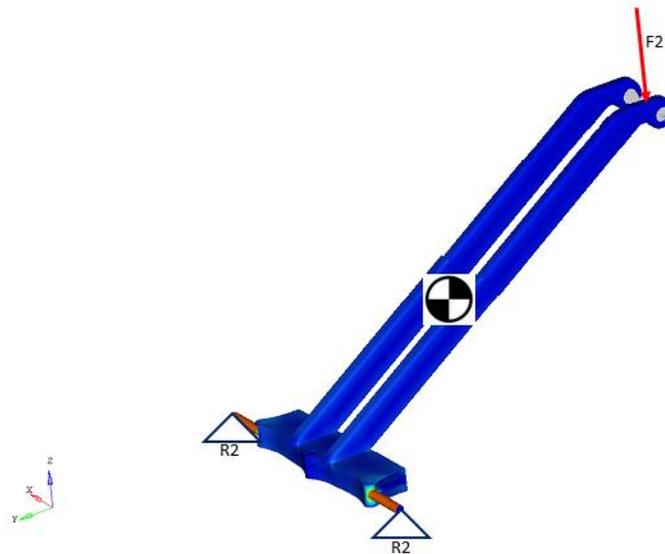


Figura 9.6. DCL para el caso 2

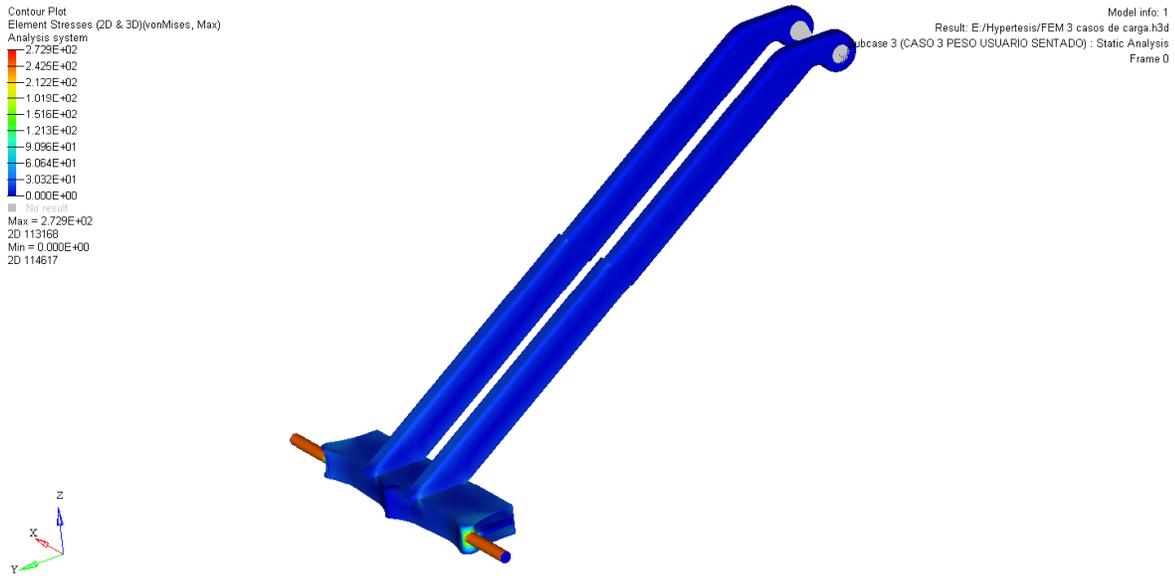


Figura 9.7. Campo de esfuerzos para el caso 2

En la figura 9.7 se muestra el campo de esfuerzos, se presenta en el eje de las llantas y cabe mencionar que es un esfuerzo elevado ya que alcanza 272.9 [Mpa] contra los 276 [Mpa] del material. A pesar de que el valor del esfuerzo es menor al soportado por el material, debido a la cercanía entre ambos, se recomienda un rediseño en esta zona o bien un cambio de material.

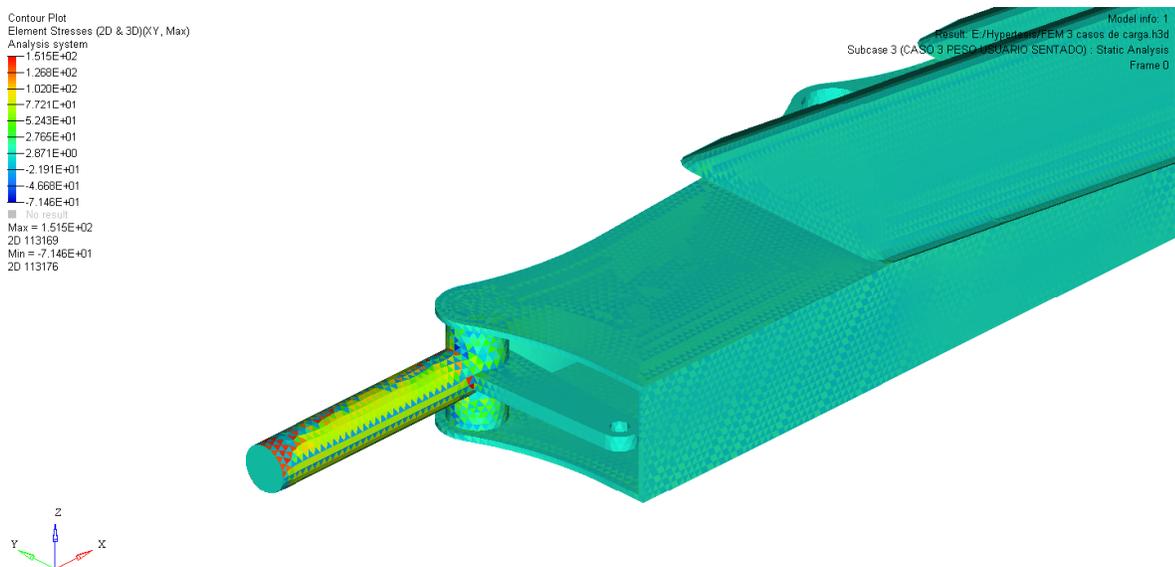


Figura 9.8 Torsión presente en el eje de la dirección

En la figura 9.8 se observa que se presenta una torsión en el eje cuyo valor máximo es de 151.5 [Mpa], y se concluye que no representa riesgo alguno dado que el esfuerzo de cedencia del material es mayor.

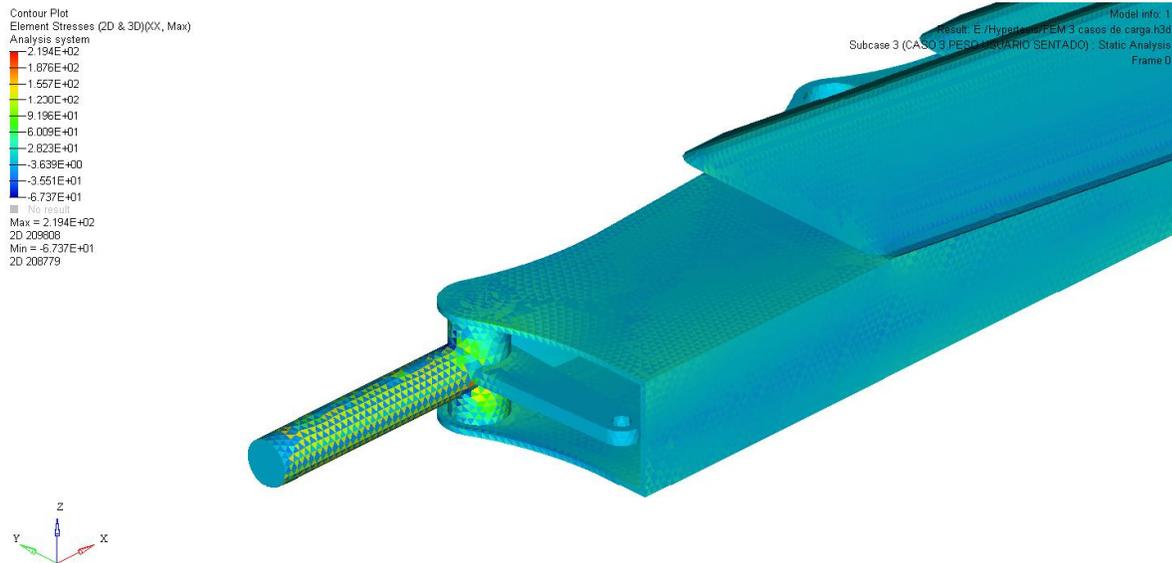


Figura 9.9 Flexión

De los resultados de la figura 9.9, se pudo constatar que el esfuerzo máximo presente es de 272.9 [Mpa], muy cercano a la cedencia del material (276 [Mpa]), con base en este análisis, se infiere que el eje de la dirección no fallaría, pero no es adecuado estar tan cerca del valor, por lo que se recomienda un rediseño.

### 9.2.3 Caso 3

Dado que siempre existen casos críticos o extremos, se consideró a un usuario de pie únicamente sobre la caja de la dirección, con un peso de 120 [Kg].

Diagrama de cuerpo libre. (DCL)

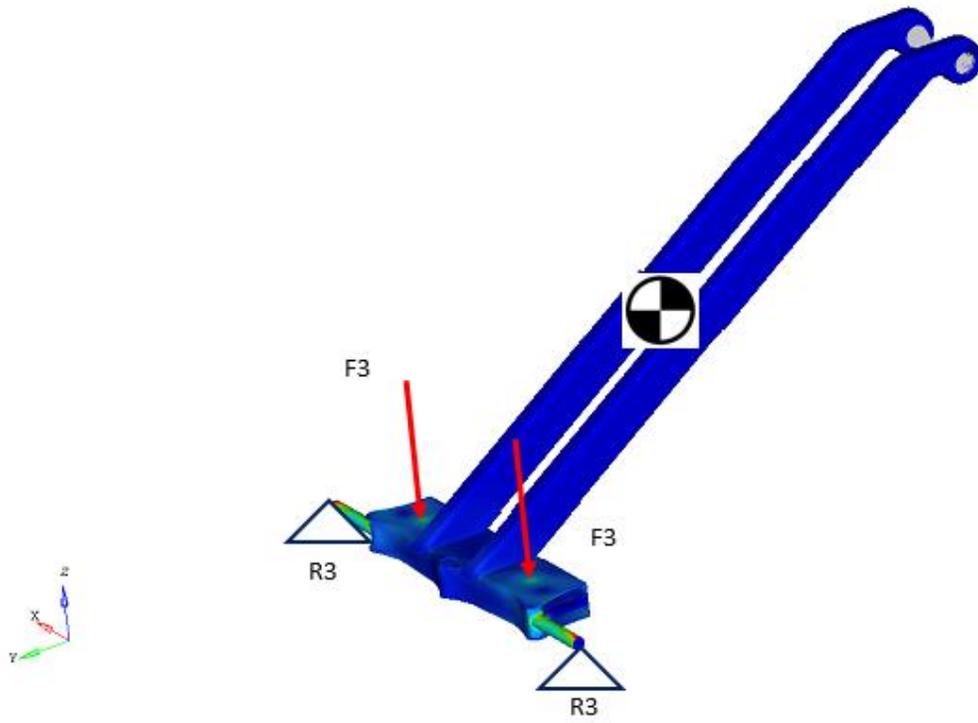
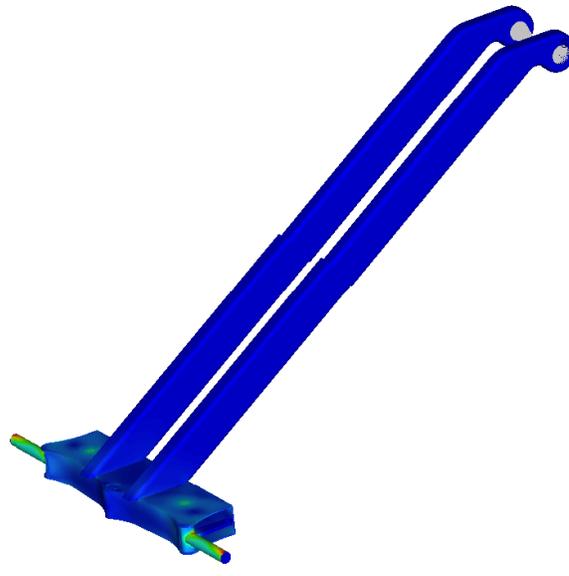


Figura 9.10 DCL para el caso 3

Contour Plot  
 Element Stresses (2D & 3D)(vonMises, Max)  
 Analysis system  
 -2.423E+01  
 -2.154E+01  
 -1.884E+01  
 -1.610E+01  
 -1.346E+01  
 -1.077E+01  
 -8.076E+00  
 -5.384E+00  
 -2.692E+00  
 -0.000E+00  
 No result  
 Max = 2.423E+01  
 2D 112340  
 Min = 0.000E+00  
 2D 114617



Model info: 1  
 Result: E:/Hypertesis/FEM 3 casos de carga h3d  
 Case 1 (CASO 1 PESO DEL USUARIO DE PIE) : Static Analysis  
 Frame 0

Figura 9.11. Campo de esfuerzos sobre la dirección para el Caso 3

Tomando en cuenta los resultados del estado de esfuerzos mostrado en la figura 9.11, se observó que el valor máximo es de 24.2 [Mpa] muy por debajo del esfuerzo de cedencia del aluminio, lo que indica que esta carga no representa ningún riesgo para los ejes de la dirección.

#### 9.2.4 Caso 4

Para este caso se considera que una de llantas cae en un bache de 10 [cm] de profundidad, cabe mencionar que esta dimensión se definió considerando esta como la profundidad máxima de un bache en los carriles de bicicletas.

Fórmulas de caída libre:

$$V_f^2 = V_0^2 + 2gh$$

$$V_0 = 0$$

$$V_f^2 = 2gh$$

$$V_f = \sqrt{2gh}$$

g es constante y equivale al valor estándar de la gravedad  $g = 9.81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$

h es la altura del bache  $h = 0.1 [m]$

$$V_f = \sqrt{2 * (9.81) * (0.1)}$$

$$V_f = 1.4 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Utilizando fórmula de energía cinética

$$Ec = \frac{1}{2} m V_f^2$$

$$m = m_{\text{usuario}} + m_{\text{vehículo}} = 140 [kg]$$

$$Ec = \frac{1}{2} * (140) * (1.4)^2$$

$$Ec = 137.3 [J]$$

Considerando el principio de trabajo y energía:

$$W_{\text{neto}} = \frac{1}{2} m V_f^2 - \frac{1}{2} m V_0^2$$

$$W_{neto} = F_{media} \cdot d$$

$$F_{media} = \text{fuerza de impacto} = F_{impacto}$$

$$F_{impacto} = \frac{\left(\frac{1}{2} m V_f^2\right)}{d} = \frac{137.3}{0.1}$$

$$F_{impacto} = 1373 [N]$$

Para el análisis del caso 4 se considera que el eje recibe el 50% de la carga total ya que en realidad se encuentra distribuida. Los resultados y el DCL se presentan en las figuras 9.12 y 9.13 mostradas a continuación.

Diagrama de cuerpo libre. (DCL)

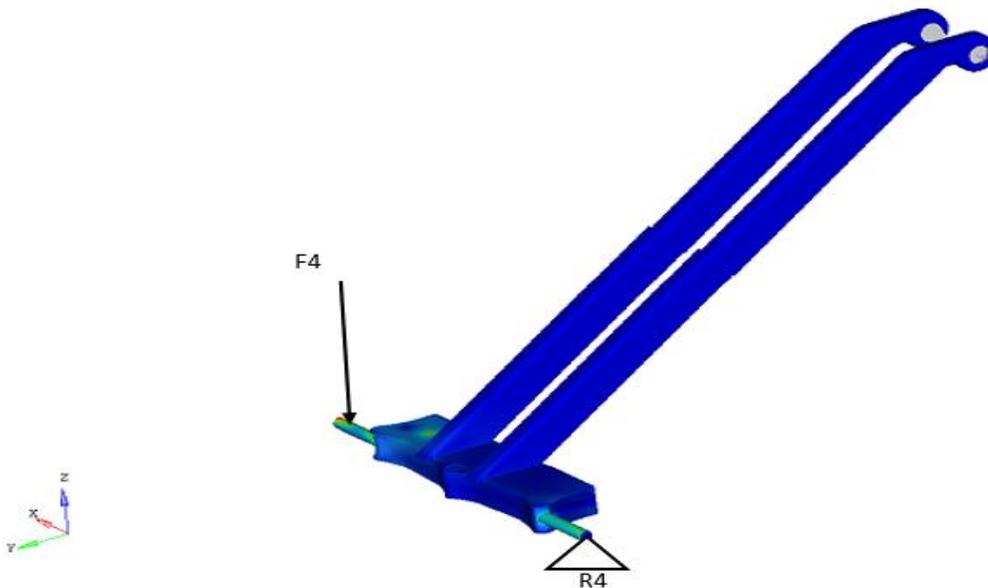


Figura 9.12. DCL para el caso 4

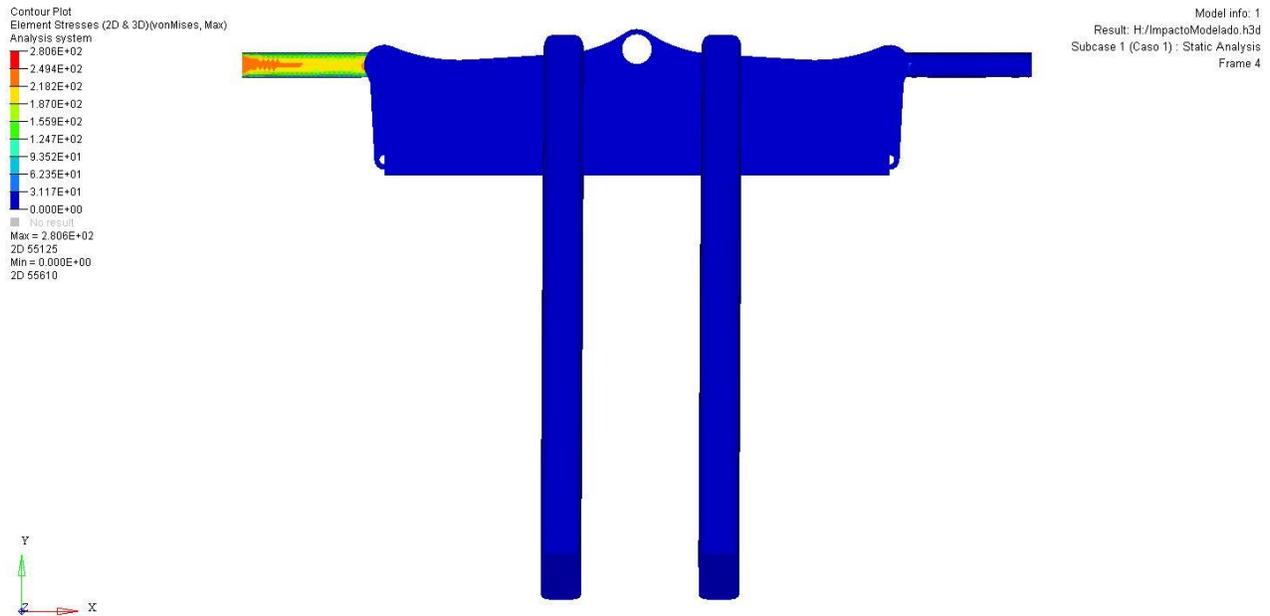


Figura 9.13. Campo de esfuerzos bajo las consideraciones hechas en el caso 4

Como se puede observar en la figura 9.13 el esfuerzo máximo se presenta en el extremo derecho del eje de la llanta. Éste tiene un valor de 280 [MPa] sobrepasando el esfuerzo de cedencia de la aleación de aluminio empleada, el cual es de 276 [MPa] por lo que se confirma que bajo estas cargas el eje de la llanta fallará.

Posterior a este análisis se decidió que en el caso 4 se hicieron consideraciones incorrectas, ya que la carga producida por el peso del usuario, se distribuye en las 3 llantas y al momento en que una de ellas cae en el bache las otras 2 continúan apoyadas en el suelo, dado esto se analizó un nuevo caso pero esta vez considerando el 40% de la carga del usuario más el impacto producido por la caída. Este recibió el nombre de caso 5 y los resultados se muestran a continuación.

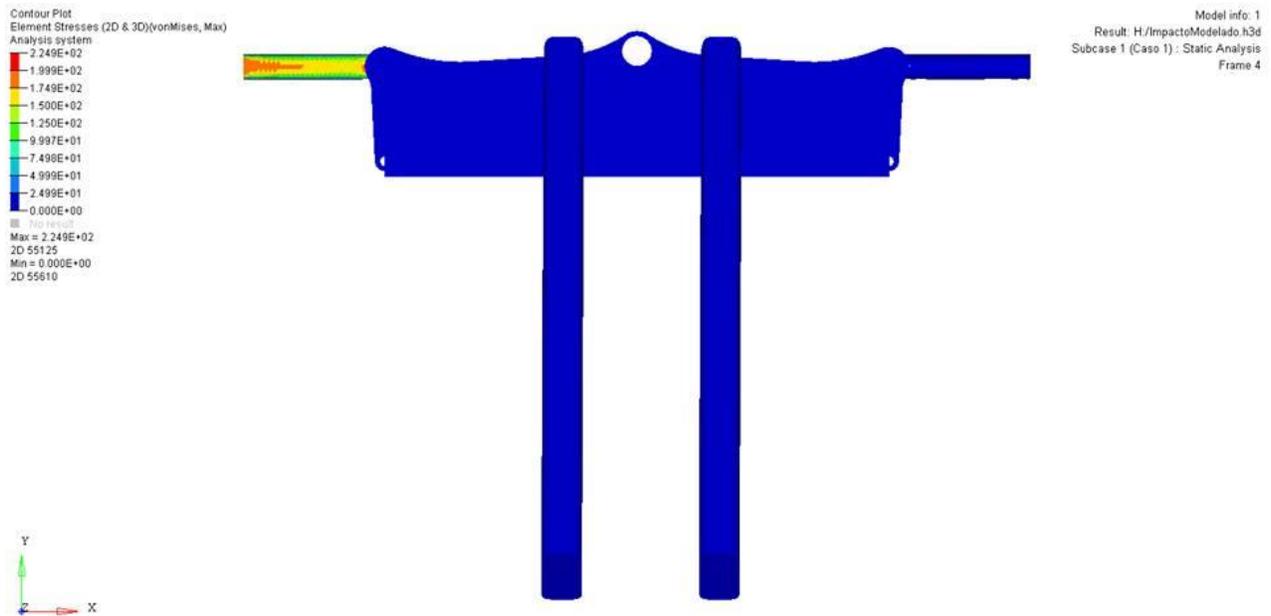


Figura 9.14. Campo de esfuerzos bajo las consideraciones hechas en el caso 5

Los resultados del caso 5 se pueden observar en la figura 9.14, en esta ocasión se obtuvo un esfuerzo máximo de 225 [MPa] el cual representa un 82% del esfuerzo de cedencia del material empleado. Con estos resultados se puede afirmar que el eje de la dirección es capaz de soportar las cargas a las que fue sometido.

## 10. Diseño final

En la imagen 10.1 se muestra el modelo final en CAD al cual se le agregaron unas salpicaderas con la finalidad de proteger al usuario de algún incidente con las ruedas delanteras.



*Figura 10. 1 Modelo final*

Además en la figura 10.2 se colocó el modelo plegado dentro de uno de los vagones del tren Suburbano para visualizar el espacio ocupado en un transporte público como éste.



*Figura 10.2. Modelo final dentro del tren suburbano*

Como se puede observar el vehículo plegado tiene un tamaño adecuado para ser transportado en uno de los principales medios de traslado de la población mexicana como lo es el sistema de trenes, esto incluye el Sistema de Transporte Colectivo Metro y el Tren Suburbano.

## 10.1 Plano de conjunto

En la figura 10.3 se muestra el plano que incluye todas las piezas utilizadas para la construcción de un modelo final. Todas y cada una de las piezas se pueden consultar a detalle en el anexo A3.

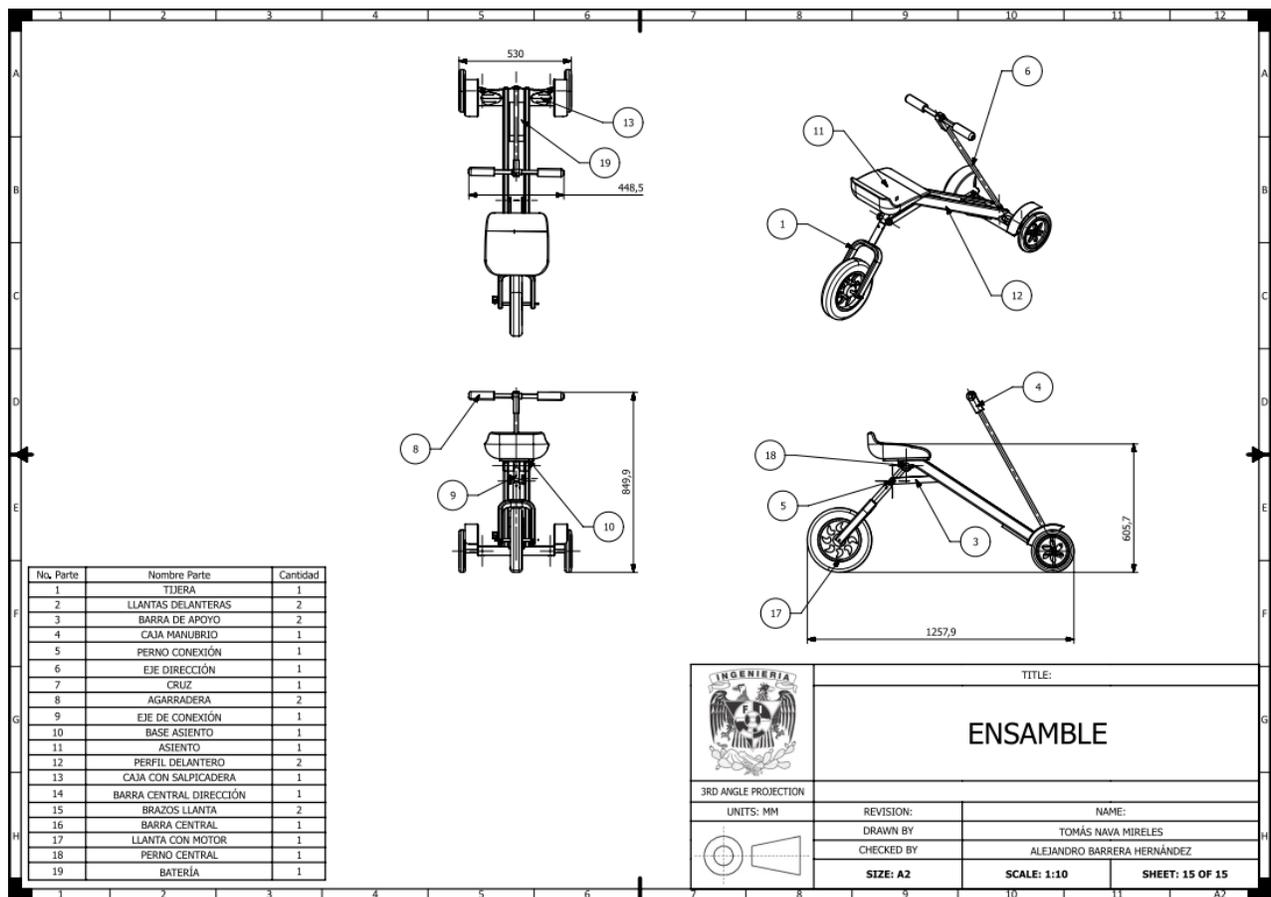


Figura 10.3 Plano de conjunto

### 10.1.1 Posibles procesos de manufactura

En la tabla 10.1 se presenta el posible método de manufactura, dependiendo el tipo de pieza. La pieza se puede identificar claramente en los planos disponibles en este mismo anexo.

Número de parte	Nombre	Posibles procesos de manufactura	Operaciones complementarias	Material
1	Tijera	Extrusión	Soldado, barrenado	Aluminio 6061
2	Llantas delanteras	Forja rotatoria	Troquelado	Aluminio 6061
3	Barra de apoyo	Laminado	Barrenado, soldado	Aluminio 6061
4	Caja manubrio	Maquinado		Aluminio 6061
5	Perno conexión	Forja		Acero

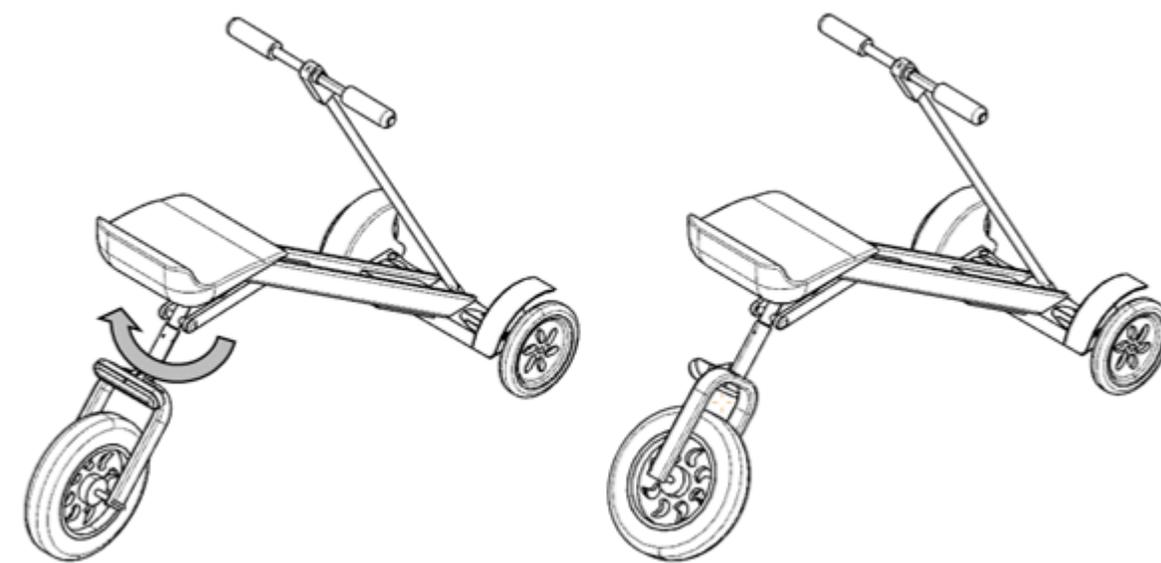
6	Eje dirección	Extrusión	Barrenado	Aluminio 6061
7	Cruz	Forja		Acero
8	Agarradera			
9	Eje de conexión	Extrusión y forja	Barrenado, soldado	Aluminio 6061
10	Base asiento	Laminado y forja	Barrenado, soldado	Aluminio 6061
11	Asiento	Maquinado		Madera y <i>memory foam</i>
12	Perfil delantero	Extrusión y forja	Soldado, barrenado y maquinado	Aluminio 6061
13	Caja con salpicadera	Laminado y embutido	Soldado, troquelado, pegado	Aluminio 6061 y ABS
14	Barra central dirección	Laminado, Forja,	Troquelado, barrenado y maquinado	Aluminio 6061
15	Brazos llanta	Forja	Barrenado, soldado	Aluminio 6061
16	Barra central	Forja	Barrenado	Aluminio 6061
17	Llanta con motor	Proveedor		
18	Perno central	Forja		Aluminio 6061
19	Batería	Proveedor		Litio

Tabla 10.1 Procesos de manufactura de cada pieza

## 10.2 Instructivo

Posterior al modelo final en CAD se realizó un pequeño instructivo con la lista de pasos a seguir para plegar el vehículo, se presenta a continuación.

1. Girar la parte de la tijera trasera a 90°, de tal forma que se acople con el otro perno, como se aprecia en la figura 10.4.



*Figura 10. 4 Instructivo 1*

2. Posteriormente se retrae dicha parte trasera, para acoplarse en medio de la estructura delantera, la corredera delimitará donde es la posición final.

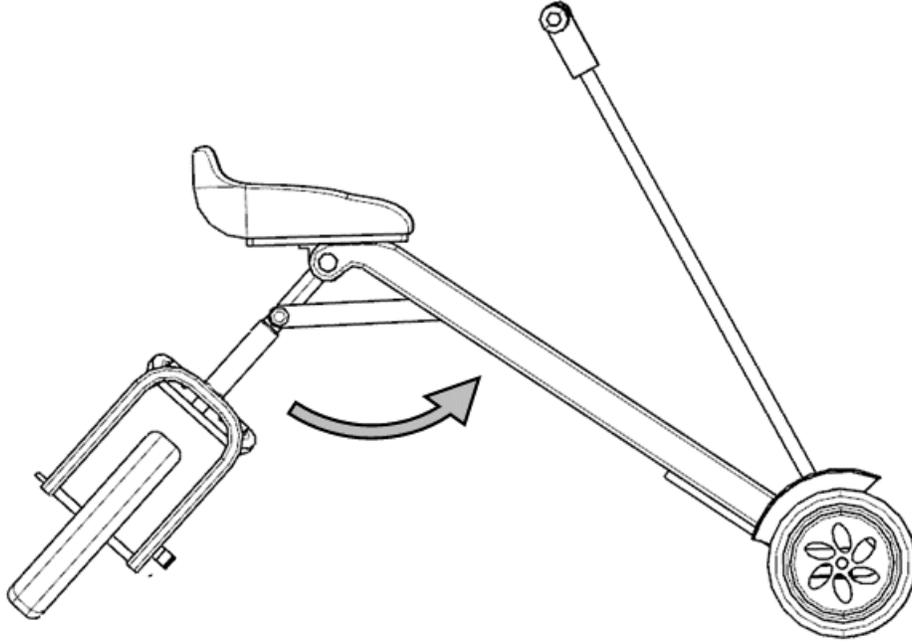


Figura 10. 5 Instructivo 2

3. Finalmente se gira el asiento y el manubrio como se indica en la fig 10.6. El manubrio se acopla a un *clip* que permite mantenerlo fijo. Para girar el asiento se necesita ejercer la fuerza necesaria, ya que el apriete en dicha unión fue diseñada para evitar algún movimiento.

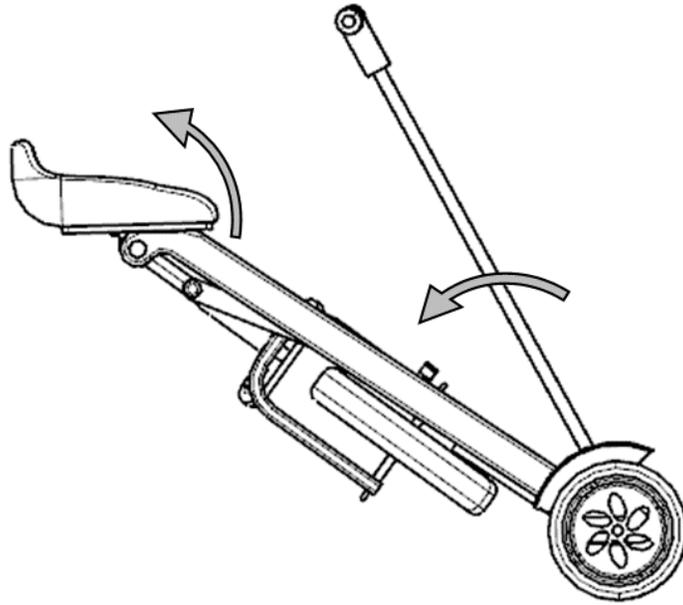


Figura 10. 6 Instructivo 3

4. El vehículo estará listo para transportarlo, solo se necesita tirar de él para llevarlo o guardarlo. Si se requiere desplegar de nuevo el vehículo, se seguirán los pasos anteriores de manera inversa.

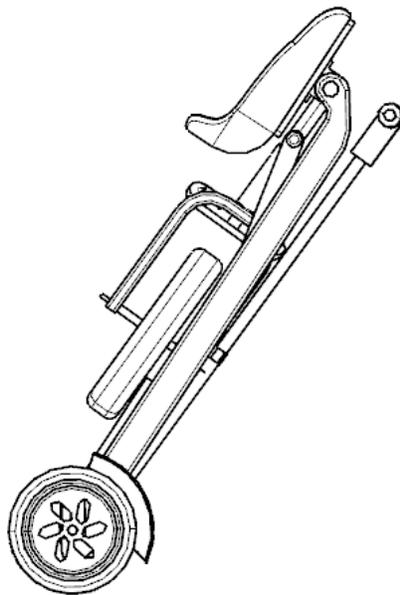


Figura 10. 7 Instructivo 4

## 10.2 Operación

Para poder hacer el encendido del vehículo se cuenta con una llave para accionar el motor como se muestra en la figura 10.8, como se puede apreciar el *switch* donde se inserta la llave se encuentra el acelerador el cual se asemeja al de una motocicleta. Este funciona con una variación en el voltaje, con el cual el motor gira más rápido y por ello aumenta su velocidad.



*Figura 10.8 Acelerador y encendido (Pro-mecascoot.com, 2016)*

Para el frenado se tiene una pequeña palanca situada enfrente del acelerador, con la cual al igual que el acelerador, manda una variación de voltaje para poder reducir la velocidad. Todo este proceso lo maneja el controlador del motor el cual se ve en la figura 10.9.



*Figura 10.9 Freno (Pro-mecascoot.com, 2016)*

## 11. Comentarios y conclusiones

- Actualmente, muchas ciudades alrededor del mundo tienen problemas en cuanto a la movilidad dentro de ellas, por ello se han generado diversas alternativas de solución en especial para transporte *last mile*, las cuales tienen origen en países desarrollados con condiciones sociales y económicas muy favorables.  
Los problemas de movilidad no son ajenos a una de las ciudades más pobladas del mundo, la Ciudad de México, pero el pertenecer a un país sub-desarrollado ocasiona que la población no pueda adquirir medios de transporte alternativos, debido al poder adquisitivo de los mexicanos, por ello es necesario desarrollar alternativas de movilidad “en casa” cuyo objetivo principal es, que sea visto como una alternativa viable para uso y adquisición por parte de los mexicanos.
- El diseño final presentado en el capítulo 10 cumple con las características que se plantearon al inicio de este documento, es un vehículo que puede ser plegado reduciendo el espacio ocupado, con esto es posible desplazarlo cómodamente en el transporte público o llevarlo en la cajuela de un automóvil, además cuenta con ruedas que permiten deslizar el vehículo y así no tener que cargarlo. La autonomía ronda los 36 [km] y permite al usuario, por ejemplo, realizar un viaje de ida y vuelta a través del centro histórico de la Ciudad de México sin la necesidad de recargar la batería.
- Para un proyecto de diseño, es indispensable considerar al usuario en aspectos como: seguridad; la cual involucra el uso de accesorios como lo son el casco, la implementación de espejos retrovisores, salpicaderas y una luz de advertencia en la parte posterior del vehículo, comodidad; incluye un asiento de material moldeable a las medidas antropométricas del usuario, reposa pies, manubrio con ajuste de posiciones y un estudio antropométrico utilizando percentiles de usuarios Latinoamericanos.
- Se concluye que la manufactura del modelo final, será mediante la combinación de diferentes procesos, algunos indirectos como lo son: extrusión de tubos, forja rotatoria, moldeo en frío, y algunos directos como la soldadura, barrenado, troquelado y maquinado. La clasificación de indirectos se asignó debido a que se utilizarán piezas comerciales, que se adquirirán directamente con el proveedor, mientras que los directos, son aquellos que son necesarios para el ensamble. Además en cuanto a la selección de materiales, se concluye que se tiene una gran

variedad de alternativas, por lo que la selección final depende de factores como: propiedades mecánicas del material y el costo.

- El trabajo en equipo es vital para desarrollar cualquier proyecto, su valor y beneficios radican en que se complementan los conocimientos y se tiene un punto de vista más general, así como más variedad de ideas y alternativas de solución, por ejemplo en la lluvia de ideas, la creación de bocetos, selección de los mismos, etc.
- Se dominó y entendió a la perfección los pasos del proceso de diseño utilizado (definición del problema, conceptualización, configuración, diseño de detalle y generación de un prototipo).
- Se aprendió a realizar un estado del arte completo, sintetizar la información obtenida priorizando la de más utilidad para el proyecto, crear alternativas de solución y a su vez evaluarlas y elegir las con base en matrices de decisión (bocetos y materiales).
- Se aprendió que con modelos a escala, es más fácil visualizar distintos problemas que solo tendiendo el CAD, también se conocieron distintas alternativas tanto para el sistema eléctrico como para la dirección y se tuvo la capacidad para elegir algunas de ellas.
- Se tenían conocimientos previos acerca de software de CAD, análisis por elementos finitos y sobre el programa para la selección de materiales, pero gracias a este trabajo, se pudo profundizar en ellos y así tener más habilidades en el uso de los mismos.
- La siguiente etapa de éste proyecto es la manufactura de un modelo final para someterlo a pruebas, comprobar su funcionamiento y en caso de ser necesario someterlo a un rediseño. A pesar de que esta tesis no incluye la manufactura, se realizó una lista de partes con una sugerencia de los procesos que se aplicarían para fabricar cada elemento, esto con la finalidad de comprobar la posible manufactura de todas las piezas del nuevo transporte. También se considera trabajar en un sistema de suspensión y realizar una optimización para hacer una mejora en el peso.

## 12. Referencias

- [1] Harrison, H. and Nettleton, T. (1997). *Advanced engineering dynamics*. London: Arnold.
- [2] Blundell, M. and Harty, D. (2004). *Multibody systems approach to vehicle dynamics*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- [3] Reimpell, J., Stoll, H. and Betzler, J. (2001). *The automotive chassis*. Oxford [etc.]: Butterworth Heinemann.
- [4] Emadi, A. (2005). *Handbook of automotive power electronics and motor drives*. Boca Raton: Taylor & Francis.
- [5] Smith, C. (1978). *Tune to win*. Fallbrook, CA: Aero Publishers.
- [6] Pacejka, H. (1993). *Tyre models for vehicle dynamics analysis*. Amsterdam: Swets & Zeitlinger.
- [7] Zadick, (n.d.). *How to build an Ev car*.
- [8] CANAIVE, (2012). ¿Cuánto mide México? El tamaño sí importa. Recuperado 14 Septiembre 2015, a partir de [http://www.canaive.org.mx/doctos/rueda\\_de\\_prensa\\_cuanto\\_mide.pdf](http://www.canaive.org.mx/doctos/rueda_de_prensa_cuanto_mide.pdf)
- [9] INEGI, (2010). Principales Resultados del Censo de Población y Vivienda 2010. Recuperado 14 Septiembre 2015, a partir de [http://www.inegi.gob.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/princi\\_result/cpv2010\\_principales\\_resultadosII.pdf](http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/princi_result/cpv2010_principales_resultadosII.pdf)
- [10] Fernandez Ham, P., & Valverde Villalobos, S. (2014). Dinámica demográfica 1990-2010 y proyecciones de población 2010-2030 (pp. 38-41). Distrito Federal: CONAPO.
- [11] Ashley, S. (2015). Folding cars offer solution to urban transport problems. [online] Bbc.com. Disponible en: <http://www.bbc.com/future/story/20120613-folding-cars-offer-city-solution> [Acceso 13 Sep. 2015].
- [12] Chin, R. (2015). Solving transport headaches in the cities of 2050. [online] Bbc.com. Disponible en: <http://www.bbc.com/future/story/20130617-moving-around-in-the-megacity> [Acceso 14 Sep. 2015].
- [13] Audi-urban-future-initiative.com, (2015). Audi Urban Future Initiative. [online] Disponible en: <http://audi-urban-future-initiative.com/> [Acceso 14 Sep. 2015].

[14] Auto.idoneos.com, (2015). Concurso de Diseño de Automóviles Peugeot. [online] Disponible en: [http://auto.idoneos.com/concursos/4\\_concurso\\_peugeot/](http://auto.idoneos.com/concursos/4_concurso_peugeot/) [Acceso 14 Sep. 2015].

[15] Cardesignawardsglobal.com, (2015). Home - Car Design Awards Global 2015 - Car Design Awards Global. [online] Disponible en: <http://cardesignawardsglobal.com/> [Acceso 14 Sep. 2015].

[16] Valeo Innovation Challenge 2015, (2015). Valeo Innovation Challenge 2015. [online] Disponible en: <https://valeoinnovationchallenge.valeo.com/> [Acceso 14 Sep. 2015].

[17] Cardesigncontest.com, (2015). GM Awards site. [online] Disponible en: <http://www.cardesigncontest.com/> [Acceso 14 Sep. 2015].

[18] Patents.google.com, (2015). Google Patents. [online] Disponible en: <https://patents.google.com/patent/DE202012002846U1/de?q=hiriko> [Acceso 14 Sep. 2015].

[19] Patents.google.com, (2015). Google Patents. [online] Disponible en: <https://patents.google.com/patent/WO2015056266A1/en?q=hiriko> [Acceso 14 Sep. 2015].

[20] Patents.google.com, (2015). Google Patents. [online] Disponible en: <https://patents.google.com/patent/US20140002015A1/en?q=scooter+electrico> [Acceso 14 Sep. 2015].

[21] Patents.google.com, (2015). Google Patents. [online] Disponible en: <https://patents.google.com/patent/DE202010015596U1/en?q=segway> [Acceso 14 Sep. 2015].

[22] Anon, (2015). 1st ed. [ebook] Disponible en: [http://www.consejeria.df.gob.mx/portal\\_old/uploads/gacetas/0dfe0f2c2728da104e72f26974d2ad23.pdf](http://www.consejeria.df.gob.mx/portal_old/uploads/gacetas/0dfe0f2c2728da104e72f26974d2ad23.pdf) [Acceso 20 Sep. 2015].

[23] Qbbikes.com. (2016). Baterías de litio para Bicicleta eléctrica. [online] Disponible en: <http://www.qbbikes.com/es/baterias-litio/bateria-li-ion-eficienced-36v-88ah-tija-de-sillin-40c.html> [Acceso 29 Aug. 2016].

[24] Vehiculoselectricos.nichese.com. (2016). Tipos de baterías de bicicletas eléctrica. [online] Disponible en: <http://vehiculoselectricos.nichese.com/batebici.html> [Acceso 29 Aug. 2016].

[25] Davdata.nl. (2016). turning radius. [online] Disponible en: [http://www.davdata.nl/math/turning\\_radius.html](http://www.davdata.nl/math/turning_radius.html) [Acceso 13 Sep. 2016].

- [26] Sotero, D. (2015). American Planning Association recognizes Metro's First/Last Mile Strategic Plan. The Source. Retrieved 22 September 2016, from
- [27]. Web.mit.edu. (2016). *The Massachusetts Institute of Technology (MIT)*. [online] Disponible en: <http://web.mit.edu/> [Acceso 29 Sep. 2016].
- [28]. Dutsches forschungszentrum fur kuenstliche intelligenz,. (2012). Elektrokrattfahrzeug, insbesondere Elektro-Personen-Krattfahrzeug, oder Hybridelektrokrattfahrzeug, insbesondere Hybrideleetro-Personen-Krattfahrzeug, unddStraßenzug aus demselben. Alemania.
- [29] Abramov, E. (2014). Foldable vehicle, system and adjustment assembly thereof for adjusting width of a vehicle. Francia.
- [30] Tripathi, M. (2014). Electric vehicle wireless charging with monitoring of duration of charging operational mode. USA.
- [31] NIB GmbH & Co. KG,. (2011). Bumper system for Segway PT. Germany.
- [32] Brizuela, F. (2014). Sistema de tracción de pedaleo oscilante con selección de rendimiento para vehículos de locomoción a pedales. Spain.
- [33] Kraiss, M. (2011). Bicycle comprising a power steering system. Germany.
- [34] Uetake, A. (2016). Battery control system for electric vehicle. USA.
- [35] Aluminiosmetalesunicornio.com.mx. (2016). Aluminio 6061. [online] Disponible en: <http://www.aluminiosmetalesunicornio.com.mx/6061.html> [Acceso 27 Jun. 2016].
- [36] Anon, (2016). Tecniaceros. [online] Disponible en: <http://www.tecniaceros.com/pdfs/aluminio.pdf> [Acceso 5 Mar. 2016].
- [37] Biciapunto.com. (2016). *Tipos de baterías eléctricas para la bicicleta: ventajas y desventajas | Biciapunto.com Taller Online de bicicletas*. [online] Disponible en: <http://www.biciapunto.com/tipos-de-baterias-electricas-para-la-bicicleta-ventajas-y-desventajas/> [Acceso 22 Sep. 2016].
- [38] 12 ´´; 250 W 36 v kit scooter eléctrico, s. (2016). 12 " 250 W 36 v kit scooter eléctrico, motor eléctrico para silla de ruedas, scooter eléctrico kit de conversión en Motor de Bicicleta Eléctrica de Deportes y Entretenimiento en AliExpress.com | Alibaba Group. [online] aliexpress.com. Disponible en: <https://es.aliexpress.com/item/12-250W-36v-electric-scooter-kit-electric-motor-for-wheelchair-electric-scooter-conversion-kit/32651435681.html?spm=2114.43010208.4.151.8ScqI20> [Acceso 29 Sep. 2016].

- [39] Quadruino.com. (2016). *Motores Brushless - Quadruino*. [online] Disponible en: <http://www.quadruino.com/guia-2/materiales-necesarios-1/motores-brushless> [Acceso 22 Sep. 2016].
- [40] Metalurgiadopo.com.br. (2016), *Grupo Setorial de Metalurgia do P*, [online] Disponible en: <http://www.metalurgiadopo.com.br/Paginas/detalhes.asp?iType=1&iPic=18> [Acceso 22 Sep. 2016].
- [41] lincolnelectric. (2016). *Soldadura TIG de Aluminio | Lincoln Electric*. [online] Disponible en: <http://www.lincolnelectric.com/es-es/support/welding-how-to/Pages/tig-welding-aluminum-detail.aspx> [Acceso 29 Sep. 2016].
- [42] Tagmagroup.com.ar. (2016). *Soldadora TIG INVERTER | Tagma*. [online] Disponible en: <http://www.tagmagroup.com.ar/maquinas-para-la-industria/soldadoras/soldadora-tig-inverter> [Acceso 29 Sep. 2016].
- [43] Avila Chaurand, R., Prado León, L., & González Muñoz, E. (2001). *Dimensiones antropométricas de población latinoamericana*. Guadalajara, Jalisco, México: Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño, División de Tecnología y Procesos, Departamento de Producción y Desarrollo, Centro de Investigaciones en Ergonomía.
- [44] García, A. (2003). *Estudio para la mejora de las condiciones de seguridad y ergonomía del puesto de conducción de autocares* (p. 124). Madrid.
- [45] Valero, E. *ANTROPOMETRÍA* (1st ed., p. 2). Retrieved from <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Diseno%20del%20puesto/DT EAntropometriaDP.pdf>
- [46] Hernández, F. (2008). *Diseño y construcción de prototipo neumático de prótesis de pierna humana*. Puebla, pp.13-21.
- [47] Avila Chaurand, R., Prado León, L., & González Muñoz, E. (2001). *Dimensiones antropométricas de población latinoamericana*. Guadalajara, Jalisco, México: Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño, División de Tecnología y Procesos, Departamento de Producción y Desarrollo, Centro de Investigaciones en Ergonomía.
- [48] Clausuran el Primer Foro Automotriz de Energías Alternativas, (PortalAutomotriz.com, 2011), PortalAutomotriz.com. (2011). *Clausuran el Primer Foro Automotriz de Energías Alternativas*. [online] Disponible en:

<http://www.portalautomotriz.com/noticias/exposiciones/clausuran-el-primer-foro-automotriz-de-energias-alternativas> [Acceso 18 Oct. 2016].

[49] Azom.com. (2016). *Aluminium / Aluminum 7005 Alloy (UNS A97005)*. [online] Disponible en: <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6660> [Acceso 27 Jun. 2016].

[50] ¡Te contamos como calcular la autonomía real de la batería de una bicicleta eléctrica! y no te lleves sorpresas | Biciapunto.com Taller Online de bicicletas, (Biciapunto.com, 2016), Biciapunto.com. (2016). *¡Te contamos como calcular la autonomía real de la batería de una bicicleta eléctrica! y no te lleves sorpresas | Biciapunto.com Taller Online de bicicletas*. [online] Disponible en: <http://www.biciapunto.com/te-contamos-como-calcular-la-autonomia-real-de-la-bateria-de-una-bicicleta-electrica-y-no-te-lleves-sorpresas/> [Acceso 18 Oct. 2016].

[51] Anónimo, Pro-mecascoot.com. (2016). [online] Disponible en: [http://www.pro-mecascoot.com/images/rep\\_articles/grandes/27364411-4333-9786-5453-cf3985b58416.jpg](http://www.pro-mecascoot.com/images/rep_articles/grandes/27364411-4333-9786-5453-cf3985b58416.jpg) [Acceso 21 Oct. 2016].

[ 5 2 ] A n o n , ( 2 0 1 6 ) . [ o n l i n e ] D i s p o n i b l e e n : [http://www.ssp.df.gob.mx/reglamentodetransito/documentos/nuevo\\_reglamento\\_transito.pdf](http://www.ssp.df.gob.mx/reglamentodetransito/documentos/nuevo_reglamento_transito.pdf) [ A c c e s o 2 0 O c t . 2 0 1 6 ] .

[53] Grantadesign.com. (2016). *Granta's teaching resources for materials and process education*. [online] Disponible en: <http://www.grantadesign.com/education/edupack/> [Acceso 26 Oct. 2016].

[54] Altairhyperworks.com. (2016). *HyperWorks: Open Architecture CAE solution*. [online] Disponible en: <http://www.altairhyperworks.com/> [Acceso 26 Oct. 2016].

[55] Diseño Mecánico de un Prototipo de Vehículo Eléctrico de Péndulo Invertido. (2013). Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.

## A. Anexos

### A.1 Exposición en diseño industrial

Dentro de la etapa de configuración, se realizó una exposición en el Centro de Investigaciones de Diseño Industrial de la Facultad de Arquitectura con la finalidad de obtener distintos puntos de vista, así como retroalimentación de lo desarrollado hasta ese entonces. Se presentaron todas las alternativas generadas en CAD para que tanto diseñadores, administradores e ingenieros dieran su punto de vista acerca de cada una de ellas. Los resultados claves se muestran a continuación.

- El proyecto fue generado con el objetivo primordial de ser utilizado después de dejar un vehículo convencional en un mega estacionamiento y para continuar el trayecto hacía las principales plazas vehicularmente cogestionadas de la ciudad, pero gracias a esta exposición se pudo escalar el proyecto para ser utilizado también dentro del transporte público. Cabe mencionar que seguiría siendo movilidad *last mile*.
- El asiento utilizado pertenece a una tesis anterior (Diseño mecánico de un prototipo de vehículo eléctrico de péndulo invertido, 2013), en la cual se hizo un estudio antropométrico para generar un asiento ergonómico. En la facultad de diseño se recomendó el uso de un asiento convencional de bicicleta debido a que son trayectos cortos y también para ahorrar espacio.



Figura 11.1 Alternativa mejor calificada durante la exposición.

## A.2 Fichas técnicas

En esta sección se presentan las fichas técnicas de la mayoría de los vehículos analizados en este proyecto ya que algunos son solo prototipos y no se encontró información suficiente para hacer una de estas fichas. El total se realizaron 28 fichas técnicas.

YIKEBIKE



**DESCRIPCIÓN**

Es una nueva clase de bicicleta eléctrica, presentando un innovador diseño e implementando nuevas tecnologías. Para el manejo se utiliza prácticamente el mismo principio de una bicicleta convencional, con la diferencia de que el manubrio de control se encuentra a los lados del usuario. Su portabilidad es excelente debido a su configuración de plegabilidad y su bajo peso.

Especificaciones

Físicas		
Velocidad máxima		23 [km/h]
Peso del vehículo		11.4 [kg]
Volumen plegado		665 x 210 x 580 [mm]
Volumen desplegado		1040 x 640 x 830 [mm]

Desempeno		
Fuente de Energía		Eléctrica
Autonomía		20 [km]
Carga máxima		100 [kg]
No Ruedas		2 & 3

Especificaciones

Secundarias		
Seguridad		★★★★★
Estabilidad		★★★★★
Facilidad de conducir		★★★★★
Plegable		✓

Usuarios		
Rango de edades		13-60
No. Pasajeros		1
Transportabilidad		Fácil
Precio		USD \$7995 & \$4995

Referencia
YikeBike. (2015). YikeBike model C specifications and materials. Recuperado 30 Agosto 2015, a partir de <http://www.yikebike.com/model-c/>

## SCOOTER



### DESCRIPCIÓN

Scooter con motor eléctrico incorporado; a diferencia de muchos vehículos, su manejo es relativamente fácil, el acelerador se encuentra en el manillar al igual que el freno. Presenta buena relación costo/beneficio.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	24 [km/h]
Peso del vehículo	21 [kg]
Volumen plegado	- [mm]
Volumen desplegado	1040 x 430 x 1065 [mm]

Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✗

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica
Autonomía	40 [min]
Carga máxima	100 [kg]
No Ruedas	2

Usuarios	
Rango de edades	13-50
Nº. Pasajeros	1
Transportabilidad	Intermedio
Precio	USD \$450

#### Referencia

Razor - España, (2015). E300 - Máximo Rendimiento, Scooters Eléctrico - Razor - España. Recuperado 8 September 2015, a partir de <http://www.razor.com/es/products/scooters-electrico/e300/>

## SEGWAY



### DESCRIPCIÓN

Es el modelo más versátil de la marca. El diseño del i2 permite usarlo fácilmente en distintos terrenos, gracias a nuestro nuevo sistema LeanSteer™ y el nuevo controlador InfoKey™.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	20 [km/h]
Peso del vehículo	47.7 [kg]
Volumen plegado	- [mm]
Volumen desplegado	* [mm]

Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✗

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica
Autonomía	38 [km]
Carga máxima	110 [kg]
No Ruedas	2

Usuarios	
Rango de edades	20-50
Nº. Pasajeros	1
Transportabilidad	Difícil
Precio	USD \$7264

#### Referencia

Segway. Recuperado 8 September 2015, a partir de <http://www.segway.com/segway-resources/downloads/pdfs/i2-SE-Spec-Sheet.pdf>

## P.U.M.A.



### DESCRIPCIÓN

Segway desarrolló un prototipo denominado P.U.M.A. El proyecto fue denominado P.U.M.A, siglas pertenecientes a Personal Urban Mobility and Accessibility. Se trata de un vehículo eléctrico con dos plazas y dos ruedas principales y cuatro más pequeñas que sirven de apoyo. Es similar a los productos de Segway pero con un pequeño habitáculo con dos butacas y un volante.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	50 [km/h]
Peso del vehículo	136 [kg]
Volumen plegado	- [mm]
Volumen desplegado	* [mm]
Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✗

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica
Autonomía	50 [km]
Carga máxima	210 [kg]
No Ruedas	2
Usuarios	
Rango de edades	18-60
No. Pasajeros	2
Transportabilidad	Difícil
Precio	USD \$9,100

#### Referencia

Segway.com. (2015). Project P.U.M.A. - Segway Advanced Development. Recuperado 6 Septiembre 2015, a partir de <http://www.segway.com/puma/>

## Toyota i-ROAD



### DESCRIPCIÓN

El Toyota i-ROAD es un triciclo eléctrico de tres ruedas equipado con la tecnología de inclinación activa "Active Lean", que simula los movimientos de un esquiador. Cuenta con una batería de ión de litio que impulsa un par de motores eléctricos montados en las dos ruedas delanteras.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	45 [km/h]
Peso del vehículo	300 [kg]
Volumen plegado	- [mm]
Volumen desplegado	2345 x 870 x 1455 [mm]
Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✗

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica
Autonomía	50 [km]
Carga máxima	180 [kg]
No Ruedas	3
Usuarios	
Rango de edades	18-60
No. Pasajeros	2
Transportabilidad	Difícil
Precio	USD *

## SCOOTER LUGGIE



### DESCRIPCIÓN

Scooter Luggie es un vehículo eléctrico el cual es muy parecido al clásico scooter con la particularidad de que el usuario se encuentra sentado, esto proporciona mayor seguridad y comodidad. El manejo del vehículo resulta muy fácil para el usuario.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	6 [km/h]
Peso del vehículo	23 [kg]
Volumen plegado	394 x 635 x 445 [mm]
Volumen desplegado	1016 x 788 x 445 [mm]
Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✓

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica
Autonomía	18 [km]
Carga máxima	113 [kg]
No Ruedas	3
Usuarios	
Rango de edades	13-70
No. Pasajeros	1
Transportabilidad	Fácil
Precio	USD \$2,394

#### Referencia

Luggiescooters.com., (2015). luggie-folding-mobility-scooter - Luggie Scooters. Recuperado 6 September 2015, a partir de <http://www.luggiescooters.com/range/product/luggie-folding-mobility-scooter>

## RYNO-BIKE



### DESCRIPCIÓN

RYNO es una motocicleta eléctrica de una sola rueda, la cual cuenta con un sensor giroscópico que hace mantener el equilibrio del usuario. Para conducirla, el usuario debe inclinarse hacia adelante si quiere acelerar, de igual manera, hacia atrás si quiere frenar.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	16.09 [km/h]
Peso del vehículo	11.4 [kg]
Volumen plegado	- [mm]
Volumen desplegado	* [mm]
Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✗

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica
Autonomía	24.14 [km]
Carga máxima	117.93 [kg]
No Ruedas	1
Usuarios	
Rango de edades	18-60
No. Pasajeros	1
Transportabilidad	Difícil
Precio	USD \$5,295 + \$169

#### Referencia

RYNO Motors., (2015). Specs. Recuperado 6 September 2015, a partir de <http://rynomotors.com/meet-the-ryno/specs/>

## ORBIT WHEEL



### DESCRIPCIÓN

Una nueva forma de movilizarte, para lograr el movimiento, estos Patines utilizan una sola rueda que fija tu pie como eje y el cuerpo como motor, haciendo el transporte algo entretenido y desafiante, además de procurar el equilibrio que tu terapeuta siempre ha soñado ver en ti.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	20 [km/h]
Peso del vehículo	2.3 [kg]
Volumen plegado	- [mm]
Volumen desplegado	- [mm]
Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★☆
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✓

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica
Autonomía	* [km]
Carga máxima	100 [kg]
No Ruedas	2
Usuarios	
Rango de edades	8-80
No. Pasajeros	1
Transportabilidad	Fácil
Precio	USD \$100

#### Referencia

CompraConjunta. (2013). "La revolución de los patines". Septiembre 7, 2015, de Compra Conjunta Sitio web: <https://www.compraconjunta.es/producto/15668-la-revolucion-de-los-patines-orbit-wheel-da-rienda-suelta-a-tu-adrenalina-por-2490/>

## SOLOWHEEL ORBIT



### DESCRIPCIÓN

Puedes Llevar o viajar en el solowheel Orbit a todas partes de la ciudad, campus universitarios, aceras o vías. Si tu viaje diario incluye ascensores o bien escaleras, este nuevo modelo es el compañero de viaje perfecto.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	16 [km/h]
Peso del vehículo	4 [kg]
Volumen plegado	450 x 470 x 180 [mm]
Volumen desplegado	- [mm]
Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★☆
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✓

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica Bateria Sony VC3
Autonomía	15[km]
Carga máxima	115 [kg]
No Ruedas	1
Usuarios	
Rango de edades	8-80
No. Pasajeros	1
Transportabilidad	Fácil
Precio	USD \$2595

#### Referencia

SoloWheel. (2015). Orbit. Septiembre 7, 2015, de SoloWheel Sitio web: <http://solowheel.com/product/orbit>

## SOLOWHEEL XTREME



### DESCRIPCIÓN

Puedes Llevar o viajar en el solowheel XTREME a todas partes de la ciudad, campus universitarios, aceras o vías. Si tu viaje diario incluye ascensores o bien escaleras, este nuevo modelo es el compañero de viaje perfecto.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	16 [km/h]
Peso del vehículo	12[kg]
Volumen plegado	480 x 520 x 160 [mm]
Volumen desplegado	480 x 520 x 140 [mm]
Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✓

Desempeño	
Fuente de Energía	Electrica Bateria Sony VC3
Autonomía	20 km]
Carga máxima	130 [kg]
No Ruedas	1
Usuarios	
Rango de edades	8-80
No. Pasajeros	1
Transportabilidad	Facil
Precio	USD \$2500

#### Referencia

SoloWheel. (2015). Xtreme. septiembre 7, 2015, de Solowheel Sitio web: <http://solowheel.com/product/xtreme>

## HALF-BIKE



### DESCRIPCIÓN

Tomamos el mecanismo central de conducción de una bicicleta, pero se rediseño casi todo lo demás. El resultado es un vehículo que entrena el equilibrio y los reflejos en una forma completamente nueva.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	- [km/h]
Peso del vehículo	8.2 [kg]
Volumen plegado	1000 x 400 x 1100 [mm]
Volumen desplegado	1000 x 400 x 520 [mm]
Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✓

Desempeño	
Fuente de Energía	Mecánica
Autonomía	- [km]
Carga máxima	120 [kg]
No Ruedas	3
Usuarios	
Rango de edades	8-80
No. Pasajeros	1
Transportabilidad	Intermedio
Precio	USD \$599

#### Referencia

Martin Angelov / Mihail Klenov. (2015). Half Bike II. Septiembre 7, 2015, de Halfbike Sitio web: <http://halfbikes.com/>



## S-SIKE

### DESCRIPCIÓN

SSIKE es una nueva solución para la movilidad urbana. Se trata de un vehículo personal muy ágil y ligero debido a sus medidas reducidas. Se podría decir que es una evolución de la bicicleta eléctrica pero más sencilla y manejable.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	20 [km/h]
Peso del vehículo	12 [kg]
Volumen plegado	780 x 1100 x 280 [mm]
Volumen desplegado	650 x 780 x 280 [mm]
Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✓

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica (LiFePO4 40V 6Ah)
Autonomía	40 [km]
Carga máxima	110 [kg]
No Ruedas	2
Usuarios	
Rango de edades	8-80
No. Pasajeros	1
Transportabilidad	Intermedio
Precio	USD \$1732,8

#### Referencia

AsenInnovació advanced technologies. (2013). SSIKE. Septiembre 7, 2015, de AsenInnovació Sitio web: <http://www.ssiike.com/>



## DTV SHREDDER

### DESCRIPCIÓN

El DTV Shredder es el primer vehículo todo terreno para la acción, el poder y los deportes. Una combinación de tanque, patineta y bicicleta de motocross. Con la DTV Shredder todo al aire libre se convierte en su patio de recreo personal. Es lo suficientemente compacto como para caber en el maletero de su coche.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	40 [km/h]
Peso del vehículo	127 [kg]
Volumen plegado	1200 x 690 x 1270 [mm]
Volumen desplegado	1200 x 690 x 635 [mm]
Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✓

Desempeño	
Fuente de Energía	Gasolina
Autonomía	- [km]
Carga máxima	145 [kg]
No Ruedas	2
Usuarios	
Rango de edades	18-60
No. Pasajeros	1
Transportabilidad	Difícil
Precio	USD \$ 3999

#### Referencia

Bpgwerks.com. (2015). Products | BPG Werks. [online] Available at: <http://bpgwerks.com/products/> [Accessed 8 Sep. 2015].

## Peugeot XB1



### DESCRIPCIÓN

Se trata de un vehículo ecológico completamente eléctrico y con un uso pensado para cortas distancias y ciudades con mucho tráfico.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	35 [km/h]
Peso del vehículo	- [kg]
Volumen plegado	- [mm]
Volumen desplegado	- [mm]
Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✗

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica
Autonomía	150 [km]
Carga máxima	110 [kg]
No Ruedas	3
Usuarios	
Rango de edades	8-80
No. Pasajeros	1
Transportabilidad	Difícil
Precio	USD \$ -

#### Referencia

Yankodesign.com, (2011). Peugeot XB1 | Yanko Design. [online] Available at: <http://www.yankodesign.com/2011/03/11/peugeot-xb1/> [Accessed 8 Sep. 2015].

## The Myway Compact



65L x 26H x 23W  
Centimeters when folded

107L x 114H x 35W  
Centimeters when open

### DESCRIPCIÓN

Se trata de un vehículo ecológico completamente eléctrico y con un uso pensado para cortas distancias y ciudades con mucho tráfico.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	- [km/h]
Peso del vehículo	12.3 [kg]
Volumen plegado	1070 x 114 x 350 [mm]
Volumen desplegado	65 x 260 x 230 [mm]
Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✓

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica
Autonomía	20 [km]
Carga máxima	92 [kg]
No Ruedas	2
Usuarios	
Rango de edades	15-70
No. Pasajeros	1
Transportabilidad	Fácil
Precio	USD \$ 2133

#### Referencia

Gtzmag.com, (2015). The Myway Compact - the smallest fold-up electric scooter yet. [online] Available at: <http://www.gtzmag.com/myway-compact-smallest-fold-up-electric-scooter/22475/> [Accessed 14 Sep. 2015].

## URB-E



### DESCRIPCIÓN

Finished in Stealth Black powder coat with hand dipped anodized aluminum components, the GP Black Label is our premium race inspired URB-E. An added sport tuned controller provides increased torque and acceleration. Comes standard with premium Carbon Black inserts.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	24 [km/h]
Peso del vehículo	15 [kg]
Volumen plegado	- [mm]
Volumen desplegado	406 x 406 x 914 [mm]
Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✓

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica 36V Li-Ion
Autonomía	32 [km]
Carga máxima	- [kg]
No Ruedas	2
Usuarios	
Rango de edades	15-70
No. Pasajeros	1
Transportabilidad	Fácil
Precio	USD \$ 1699

#### Referencia

URB-E, (2015). About. [online] Available at: <http://www.urb-e.com/pages/about> [Accessed 14 Sep. 2015].

## Uni-Cub



### DESCRIPCIÓN

The UNI-CUB is a new personal mobility device that combines compact saddle-style packaging with the same freedom to move forward, backward, laterally and diagonally that people enjoy when walking by Honda's proprietary balance control technology and the world's first omni-directional driving wheel system (Honda Omni Traction Drive System).

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	6 [km/h]
Peso del vehículo	- [kg]
Volumen plegado	520 x 345 x 745 [mm]
Volumen desplegado	- [mm]
Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✗

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica 36V Li-Ion
Autonomía	6 [km]
Carga máxima	100 [kg]
No Ruedas	2
Usuarios	
Rango de edades	>12
No. Pasajeros	1
Transportabilidad	Intermedia
Precio	USD \$ -

#### Referencia

Diseno-art, (2012). Honda UNI-CUB - Diseno-art. [online] Available at: [http://www.diseno-art.com/news\\_content/2012/05/honda-uni-cub/](http://www.diseno-art.com/news_content/2012/05/honda-uni-cub/) [Accessed 14 Sep. 2015]. geot-xb1/ [Accessed 8 Sep. 2015].

## VW Electric Scooter



### DESCRIPCIÓN

The Volkswagen last Mile Surfer, which is an electric scooter that can be folded away.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	- [km/h]
Peso del vehículo	11 [kg]
Volumen plegado	- [mm]
Volumen desplegado	- [mm]
Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✓

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica Li-Ion
Autonomía	20 [km]
Carga máxima	- [kg]
No Ruedas	3
Usuarios	
Rango de edades	> 15
No. Pasajeros	1
Transportabilidad	Fácil
Precio	USD \$ 700 - 1000

#### Referencia

Hutchinson, R. (2015). Volkswagen Last Mile Surfer Electric Scooter Announced. [online] Geeky-gadgets.com. Available at: <http://www.geeky-gadgets.com/volkswagen-last-mile-surfer-electric-scooter-announced-27-07-2015/> [Accessed 14 Sep. 2015].

## Zeit Eco



### DESCRIPCIÓN

Though the Zeit Eco is not the first box-frame-on-wheels e-scooter we've covered, its creators say that this compact last mile transport vehicle has its own unique identity.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	24 [km/h]
Peso del vehículo	18 [kg]
Volumen plegado	850 x 1115 x 150 [mm]
Volumen desplegado	- [mm]
Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✓

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica 350 Wh LiFePO4
Autonomía	25-40 [km]
Carga máxima	- [kg]
No Ruedas	2
Usuarios	
Rango de edades	18-60
No. Pasajeros	1
Transportabilidad	Intermedia
Precio	USD \$ 2000

#### Referencia

Gizmag.com., (2015). Compact Zeit Eco electric scooter breaks out of the box. Recuperado 14 September 2015, a partir de <http://www.gizmag.com/compact-zeit-eco-electric-scooter/26970/>

## Bicicleta



### DESCRIPCIÓN

Bicicleta es un tipo de transporte individual particular cuya característica son que posee dos ruedas.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	25 [km/h]
Peso del vehículo	21.8 [kg]
Volumen plegado	1560 x 565 x 1100 [mm]
Volumen desplegado	- [mm]

Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✗

### Desempeño

Fuente de Energía	Eléctrica
Autonomía	50 [km]
Carga máxima	130 [kg]
No Ruedas	2

### Usuarios

Rango de edades	> 12
No. Pasajeros	1
Transportabilidad	Intermedia
Precio	USD \$ 1.390

### Referencia

Electromaps.com, (2015). Ficha técnica de la bicicleta eléctrica plegable Evolution Advanced. [online] Available at: <http://www.electromaps.com/bicicletas-electricas/yamimoto/evolution-advanced> [Accessed 9 Sep. 2015].

## Cuadriciclo



### DESCRIPCIÓN

Vehículo de 4 ruedas de baja velocidad usado normalmente para recreación en parques.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	10-15 [km/h]
Peso del vehículo	97 [kg]
Volumen plegado	1700 x 1004 x 1005 [mm]
Volumen desplegado	- [mm]

Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✗

### Desempeño

Fuente de Energía	Mecánica
Autonomía	- [km]
Carga máxima	220 [kg]
No Ruedas	4

### Usuarios

Rango de edades	10-60
No. Pasajeros	3
Transportabilidad	Difícil
Precio	USD \$ 1.800

### Referencia

Tonhyto.com, (2015). KART BICICLETA TOUR VELETY 3 PLAZAS, IDEAL ALQUILER. [online] Available at: [http://www.tonhyto.com/product\\_info.php?products\\_id=2694](http://www.tonhyto.com/product_info.php?products_id=2694) [Accessed 7 Sep. 2015].

## Motocicleta



### DESCRIPCIÓN

Vehículo de dos ruedas con motor de combustión interna.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	130 [km/h]
Peso del vehículo	188 [kg]
Volumen plegado	2040 x 705 x 1100 [mm]
Volumen desplegado	- [mm]
Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✗

Desempeño	
Fuente de Energía	Gasolina
Autonomía	200 [km]
Carga máxima	150 [kg]
No Ruedas	2
Usuarios	
Rango de edades	18-60
No. Pasajeros	2
Transportabilidad	Intermedia
Precio	USD \$ 2,000

#### Referencia

motores, M. (2015). Ficha técnica de la motocicleta Yamaha YZF R6. [online] Mekanicyamotors.com. Available at: <http://www.mekanicyamotors.com/ficha-tecnica-de-la-motocicleta-yamaha-yzf-r6.html> [Accessed 9 Sep. 2015]

## Silla de Rueda



### DESCRIPCIÓN

Though the Zeit Eco is not the first box-frame-on-wheels e-scooter we've covered, its creators say that this compact last mile transport vehicle has its own unique identity.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	24 [km/h]
Peso del vehículo	18 [kg]
Volumen plegado	850 x 1115 x 150 [mm]
Volumen desplegado	- [mm]
Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✓

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica 350 Wh LiFePO4
Autonomía	25-40 [km]
Carga máxima	- [kg]
No Ruedas	2
Usuarios	
Rango de edades	18-60
No. Pasajeros	1
Transportabilidad	Intermedia
Precio	USD \$ 2000

#### Referencia

Gizmag.com., (2015). Compact Zeit Eco electric scooter breaks out of the box. Recuperado 14 September 2015, a partir de <http://www.gizmag.com/compact-zeit-eco-electric-scooter/26970/>

# Honda 3RC



## DESCRIPCIÓN

Honda 3R-C es un vehículo monoplaza de tres ruedas, impulsado por una batería de iones de litio, creado por el estudio de Honda Milán. El vehículo concepto de Honda tiene un toldo transparente que cubre el asiento del conductor mientras está detenido, y cuando está en movimiento, se convierte en un escudo contra el viento.

## Especificaciones

Físicas	Velocidad máxima	60-70 [km/h]
	Peso del vehículo	- [kg]
	Volumen plegado	- [mm]
	Volumen desplegado	- [mm]
Secundarias	Seguridad	★★★★★
	Estabilidad	★★★★★
	Facilidad de conducir	★★★★★
	Plegable	✗

Desempeño	Fuente de Energía	Eléctrica
	Autonomía	- [km]
	Carga máxima	- [kg]
	No Ruedas	3

Usuarios	Rango de edades	-
	No. Pasajeros	1
	Transportabilidad	Difícil
	Precio	USD \$ -

Referencia Gizmag.com, (2015). Another Honda Bombshell: 3R-C single-person electric concept. [online] Available at: <http://www.gizmag.com/another-honda-bombshell-3r-c-single-person-electric-concept/14312/> [Accessed 14 Sep. 2015].

# Genesis



## DESCRIPCIÓN

Es una moto eléctrica con un motor de imán permanente y es 7 veces más eficiente en cuanto al costo, comparándolo con los scooters que usan gasolina. En este caso, imanes permanentes se utilizan en el motor (en lugar de los habituales electroimanes), en las bobinas de campo, ahorrando en cierta medida la cantidad de electricidad necesaria. Con esta tecnología si bien no nos salvamos de requerir

## Especificaciones

Físicas	Velocidad máxima	150 [km/h]
	Peso del vehículo	- [kg]
	Volumen plegado	- [mm]
	Volumen desplegado	- [mm]
Secundarias	Seguridad	★★★★★
	Estabilidad	★★★★★
	Facilidad de conducir	★★★★★
	Plegable	✗

Desempeño	Fuente de Energía	Eléctrica
	Autonomía	180 [km]
	Carga máxima	- [kg]
	No Ruedas	2

Usuarios	Rango de edades	18-50
	No. Pasajeros	1
	Transportabilidad	Difícil
	Precio	USD \$ -

Referencia Too Much Fun Club Motorcycle Accessories, (2014). Tokyo Japan Introduced a New Electric Magnetic Motorcycle. [online] Available at: <http://toomuchfunclub.me/2014/02/25/tokyo-japan-introduced-a-new-electric-magnetic-motorcycle/> [Accessed 14 Sep. 2015].

## Korea's Armadillo



### DESCRIPCIÓN

Un coche eléctrico pequeño y ligero que puede plegarse completamente

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	60 [km/h]
Peso del vehículo	500 [kg]
Profundidad plegado	2800 [mm]
Profundidad desplegado	1650 [mm]

Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✓

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica
Autonomía	100[km]
Carga máxima	- [kg]
No Ruedas	4

Usuarios	
Rango de edades	18-80
No. Pasajeros	2
Transportabilidad	Difícil
Precio	USD \$ -

#### Referencia

(KOCIS), K. (2015). Korea's Armadillo-T car folds in half :: Korea.net : The official website of the Republic of Korea. [online] Korea.net. Available at: <http://www.korea.net/NewsFocus/Sci-Tech/view?articleid=111634> [Accessed 14 Sep. 2015].

## HIRIKO



### DESCRIPCIÓN

El Hiriko es un vehículo eléctrico de batería, plegable, diseñado para uso en áreas urbanas, con una autonomía de 120 km.

### Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	50-80 [km/h]
Peso del vehículo	400 [kg]
Volumen plegado	2630 x 1750 x 1540 [mm]
Volumen desplegado	2000 x 1750 x 2000 [mm]

Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✓

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica
Autonomía	120[km]
Carga máxima	- [kg]
No Ruedas	4

Usuarios	
Rango de edades	16-60
No. Pasajeros	2
Transportabilidad	Difícil
Precio	USD \$ -

#### Referencia

Cantero, A. (2015). Características - Hiriko - Coche eléctrico vasco. [online] Portalvasco.com. Available at: <http://portalvasco.com/hiriko/caracteristicas.html> [Accessed 14 Sep. 2015].

# ELF Car



## DESCRIPCIÓN

ELF es una mezcla entre un coche y una bicicleta, Es eléctrica, pero también puedes utilizarla pedaleando, además integra paneles solares en su chasis que ayudan a cargar las baterías.

## Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	32 [km/h]
Peso del vehículo	- [kg]
Volumen plegado	- [mm]
Volumen desplegado	- [mm]

Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✗

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica
Autonomía	50 [km]
Carga máxima	- [kg]
No Ruedas	3

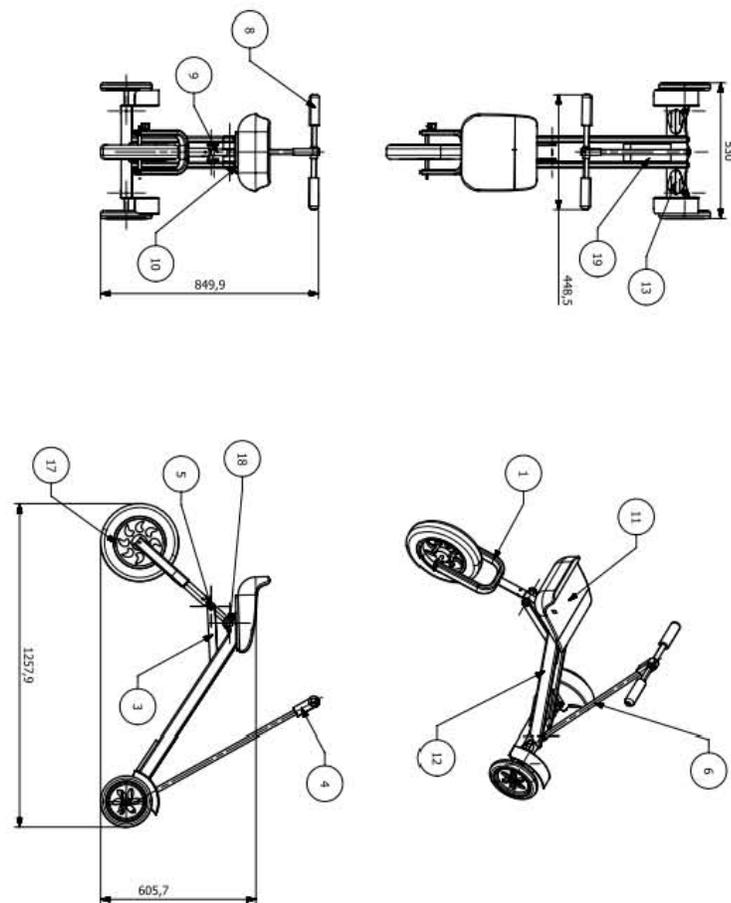
Usuarios	
Rango de edades	16-40
No. Pasajeros	1
Transportabilidad	Difícil
Precio	USD \$ 4995

### Referencia

Neil, D. (2015). Elf Electric Pedal Car: When 1 Horsepower Is Enough. [online] WSI. Available at: <http://www.wsj.com/articles/SB10001424127887323368704578593651252009998> [Accessed 14 Sep. 2015].

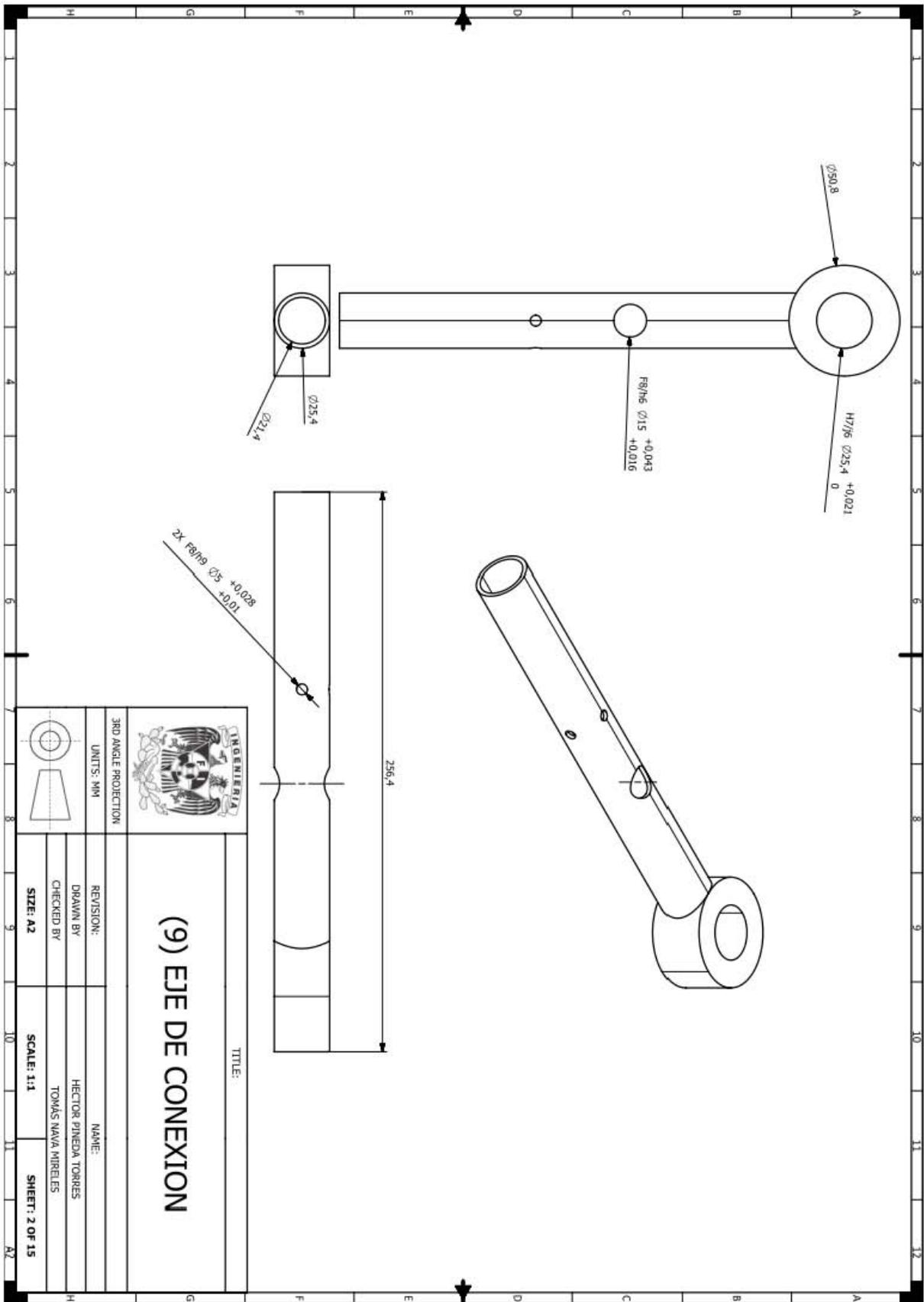
# A3. Planos

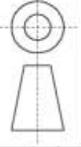
No. Parte	Nombre Parte	Cantidad
1	TIJERA	1
2	LLANTAS DELANTERAS	2
3	BARRA DE APOYO	2
4	CAJA MANUBRIO	1
5	PERNO CONECCION	1
6	EJE DIRECCION	1
7	CRUZ	1
8	AGARRADERA	2
9	EJE DE CONECCION	1
10	BASE ASIENTO	1
11	ASIENTO	1
12	PERFIL DELANTERO	2
13	CAJA CON SALPICADERA	1
14	BARRA CENTRAL DIRECCION	1
15	BRAZOS LLANTA	2
16	BARRA CENTRAL	1
17	LLANTA CON MOTOR	1
18	PERNO CENTRAL	1
19	BATERIA	1

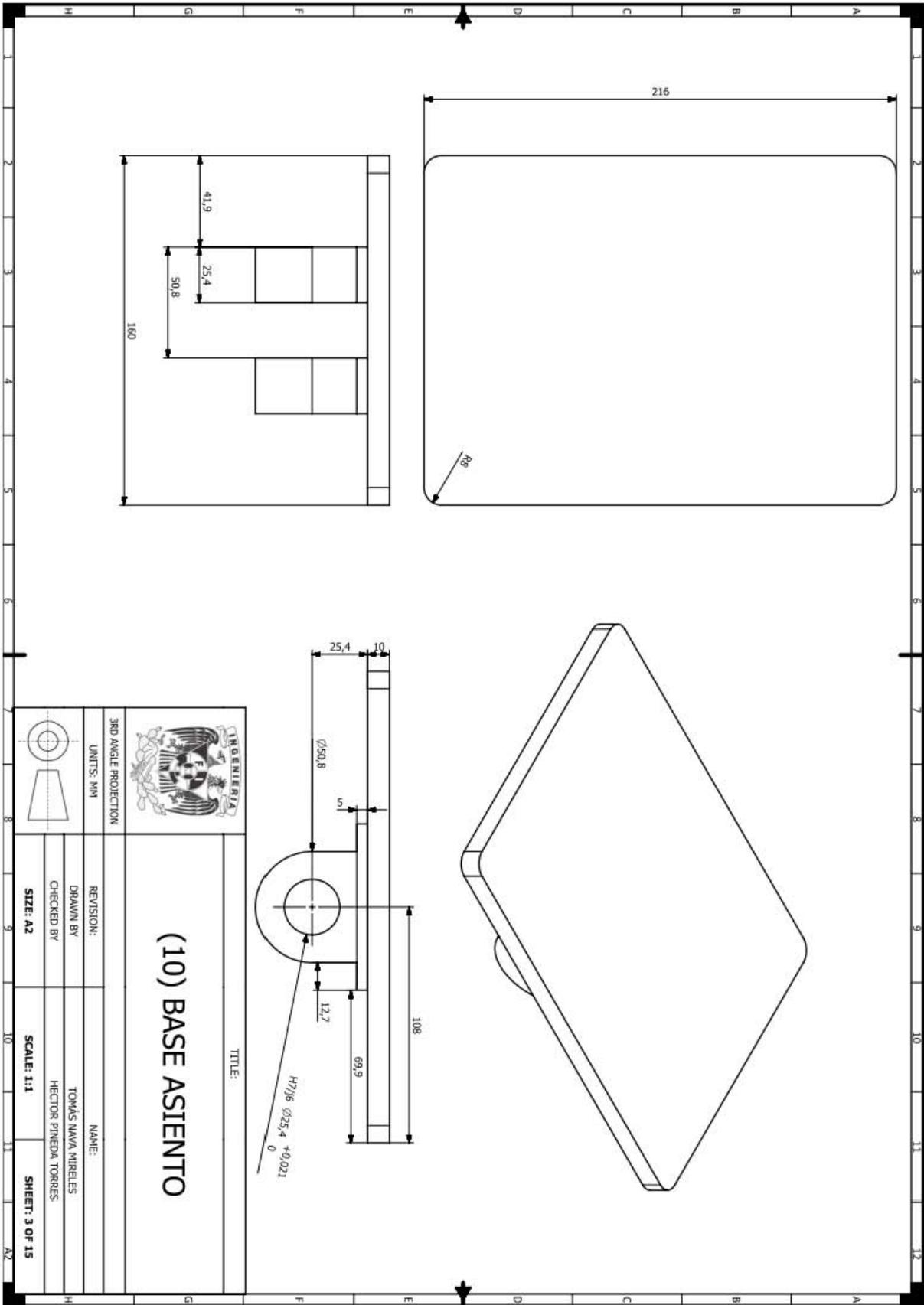
  

  

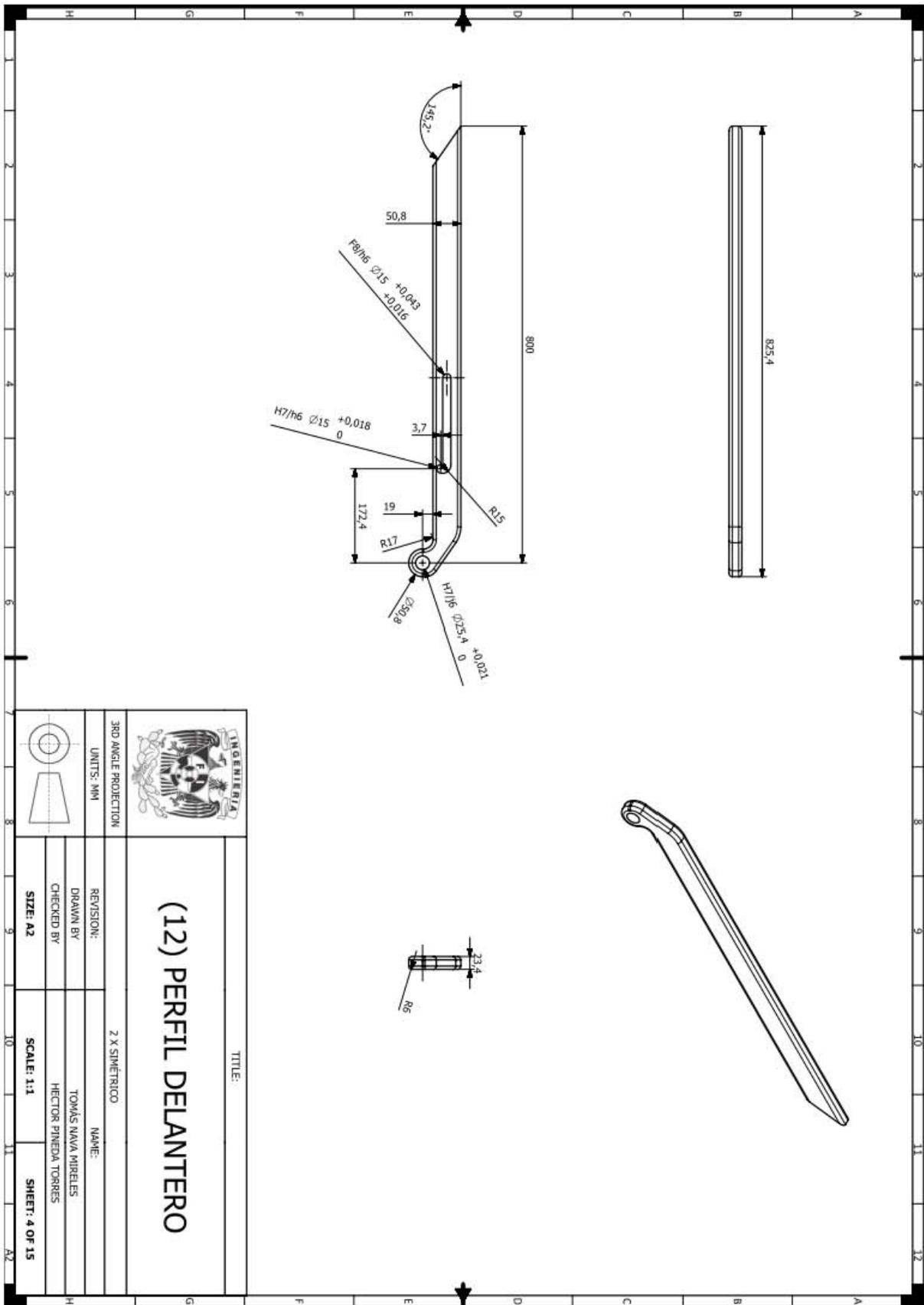
		<b>ENSAMBLE</b>	
3RD ANGLE PROJECTION UNITS: MM		TITLE:	
REVISION:	NAME:		
DRAWN BY:	TOMÁS NAVA MIRIELES		
CHECKED BY:	ALEJANDRO BARRERA HERNÁNDEZ		
SIZE: A2	SCALE: 1:10	SHEET: 15 OF 15	





		<b>(9) EJE DE CONEXION</b>	
3RD ANGLE PROJECTION UNITS: MM		TITLE:	
REVISION:		NAME:	
DRAWN BY:		HECTOR PINEDA TORRES	
CHECKED BY:		TOMÁS NAVA MIRELES	
SIZE: A2		SCALE: 1:1	
		SHEET: 2 OF 15	

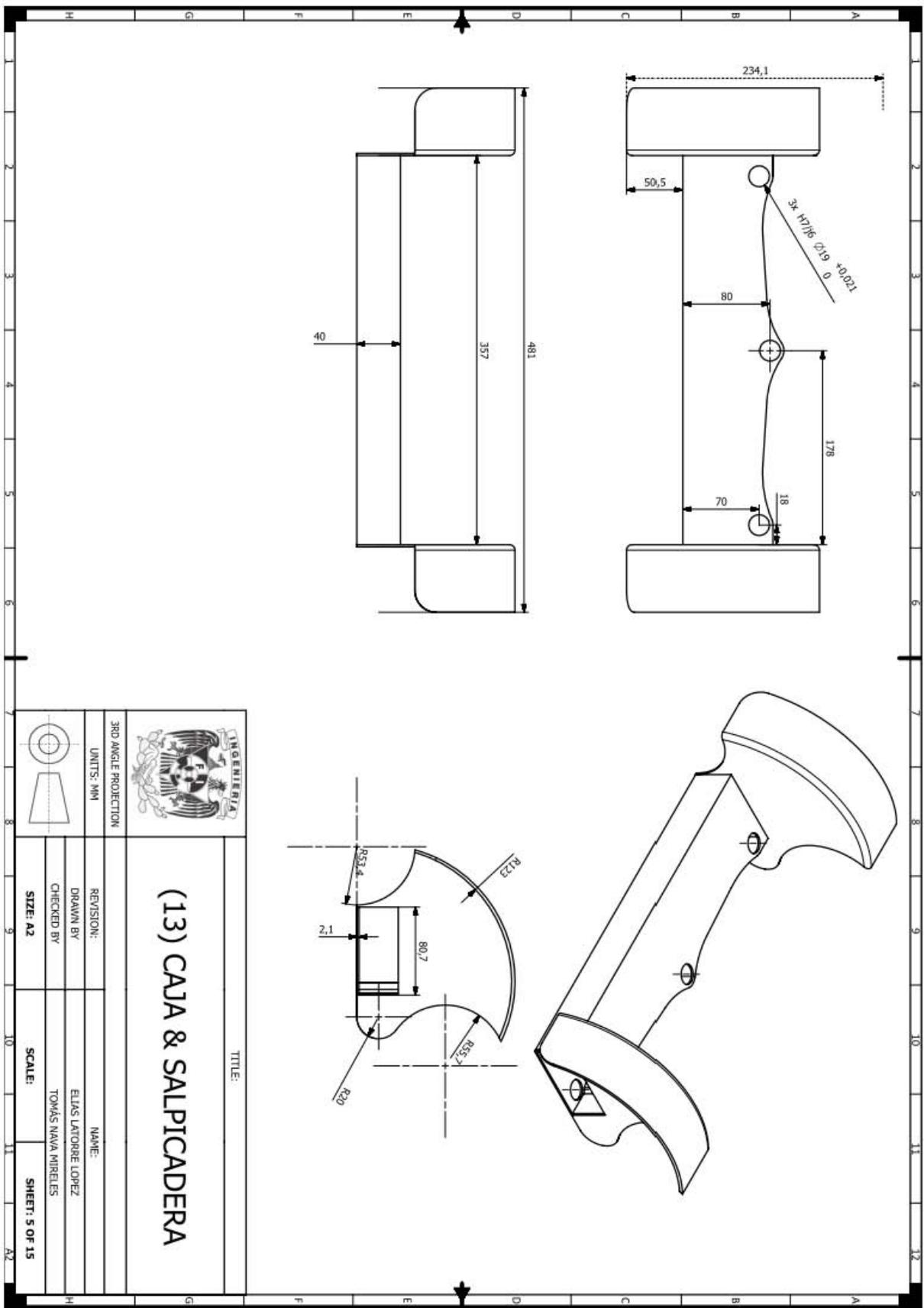




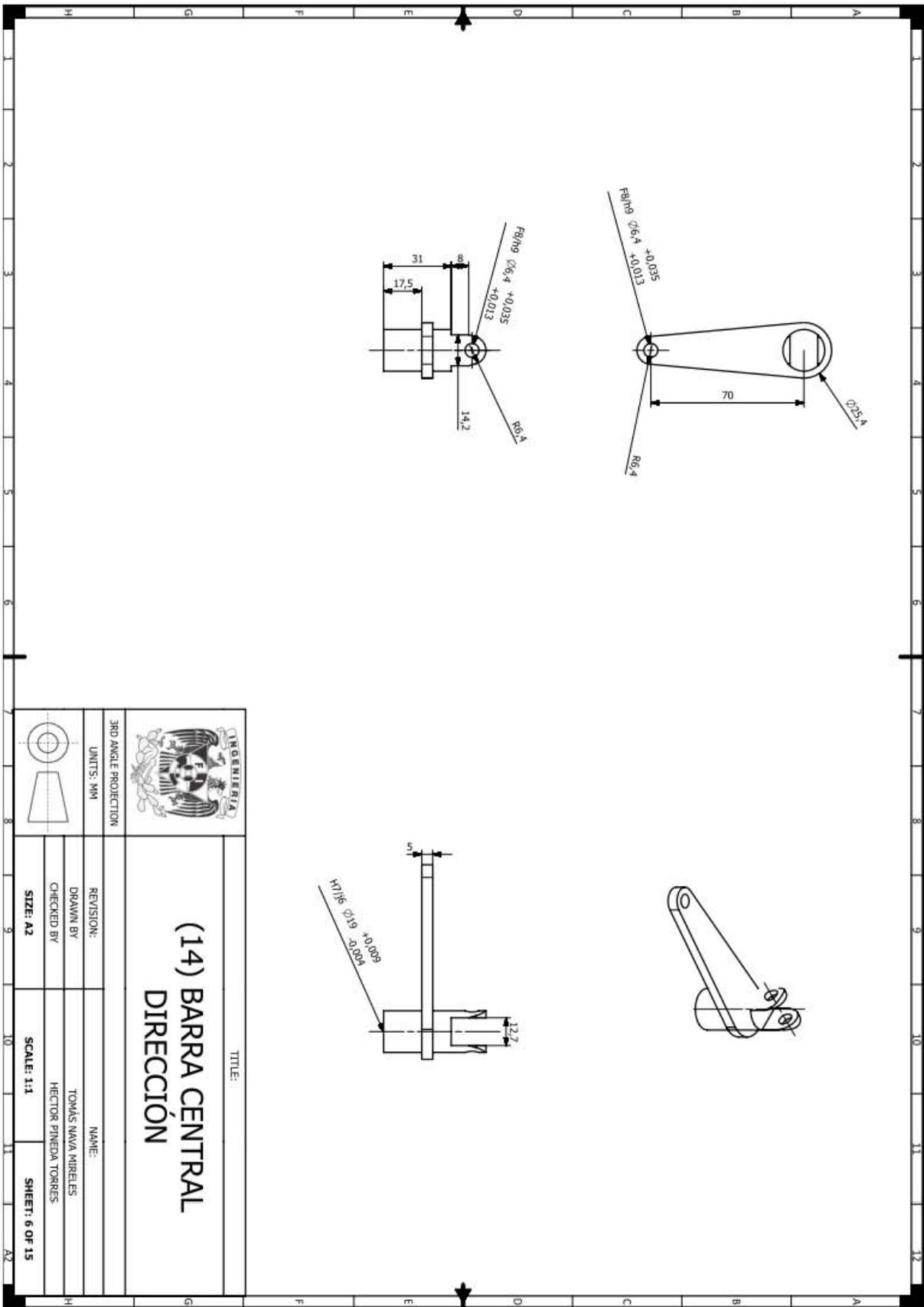
**(12) PERFIL DELANTERO**

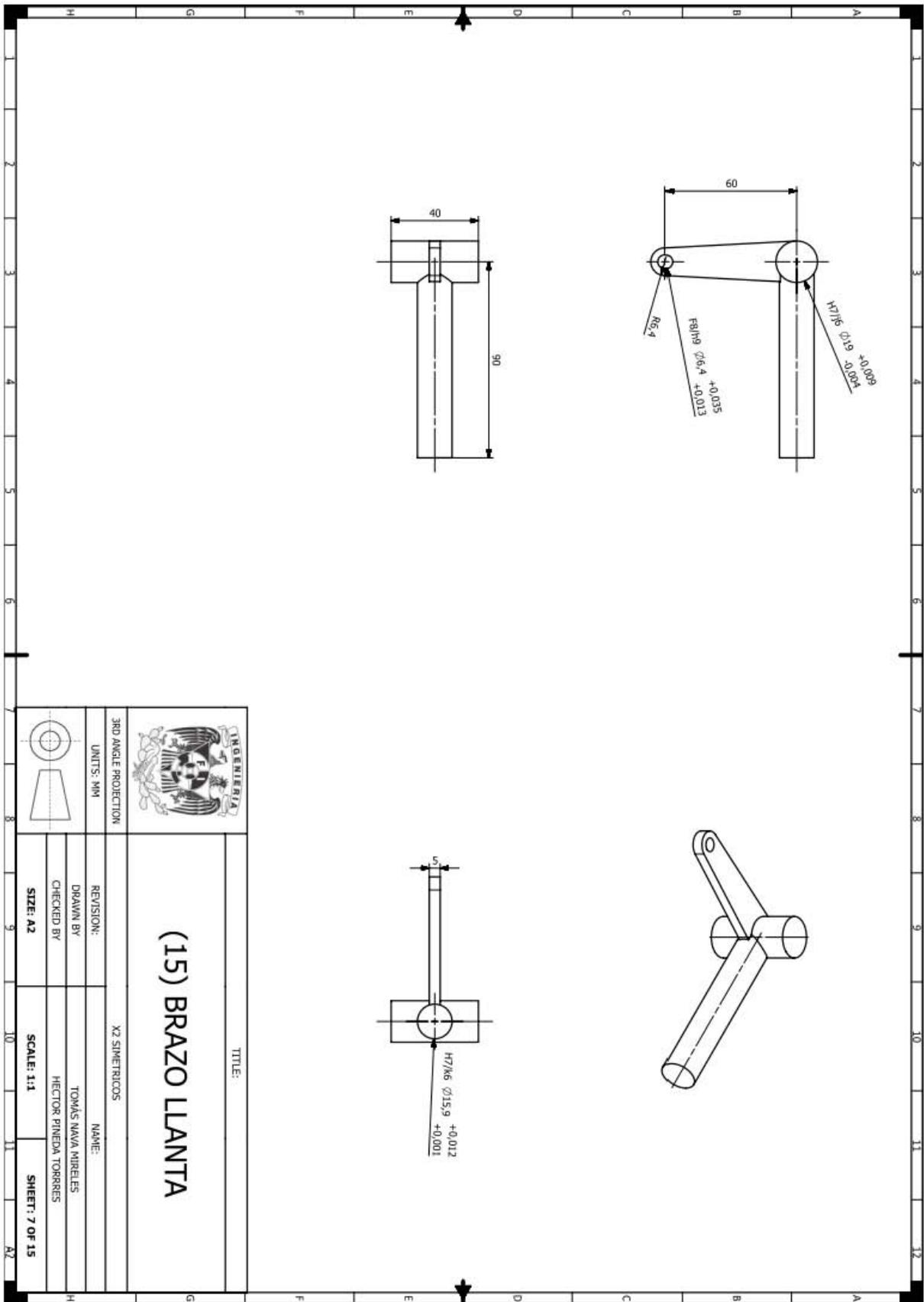
TITLE:

	
3RD ANGLE PROJECTION	
UNITS: MM	
REVISION:	2 X SIMÉTRICO
DRAWN BY	NAME:
CHECKED BY	TOMÁS NAVA MIRELES
SIZE: A2	HECTOR PINEDA TORRES
SCALE: 1:1	SHEET: 4 OF 15



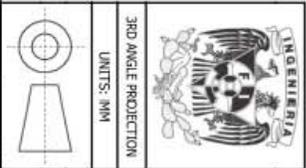
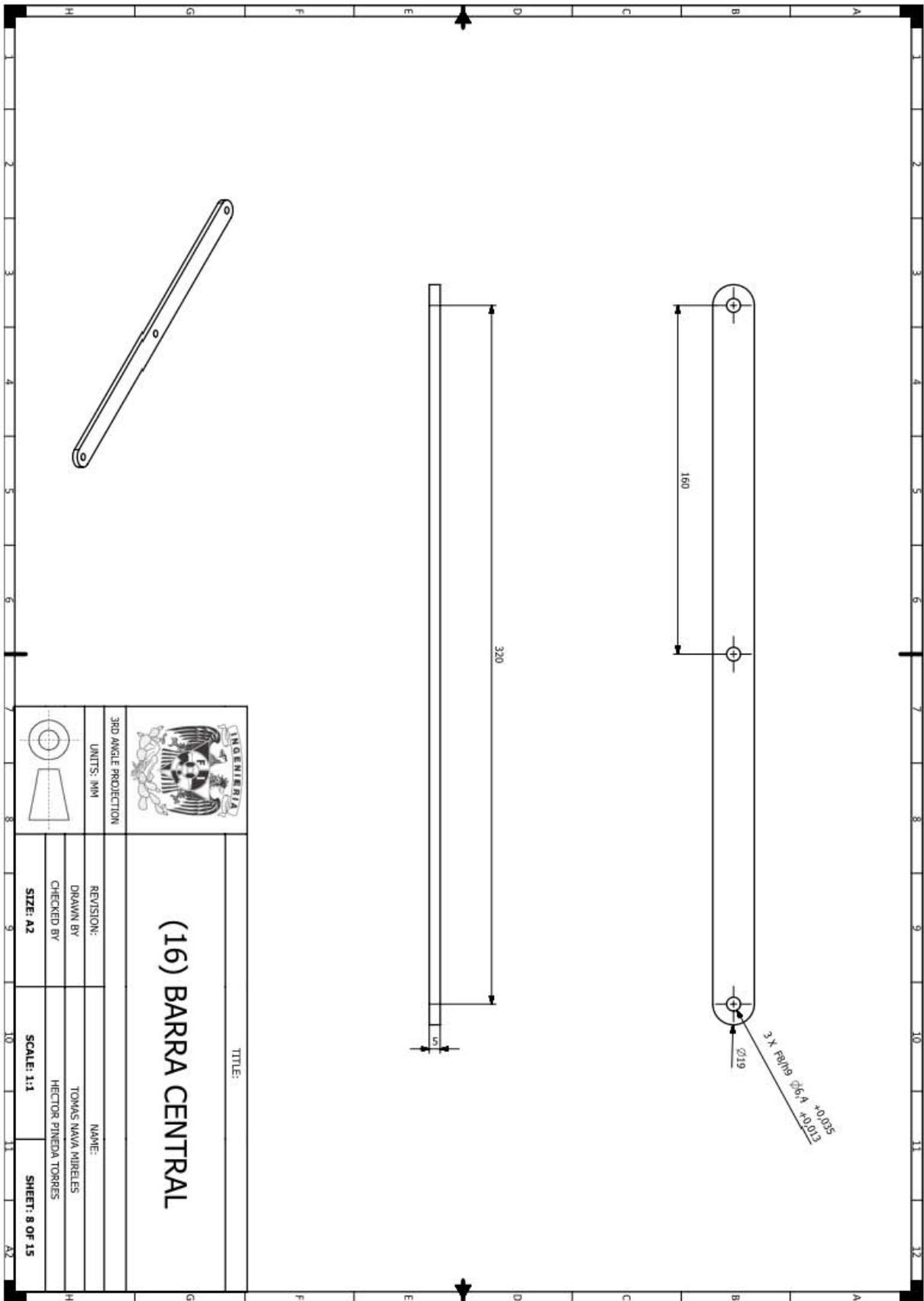
		<b>(13) CAJA &amp; SALPICADERA</b>	
3RD ANGLE PROJECTION UNITS: MM		TITLE:	
REVISION:	NAME:		
DRAWN BY	ELIAS LATORRE LOPEZ		
CHECKED BY	TOMÁS NAVA MIRELES		
SIZE: A2	SCALE:	SHEET: 5 OF 15	



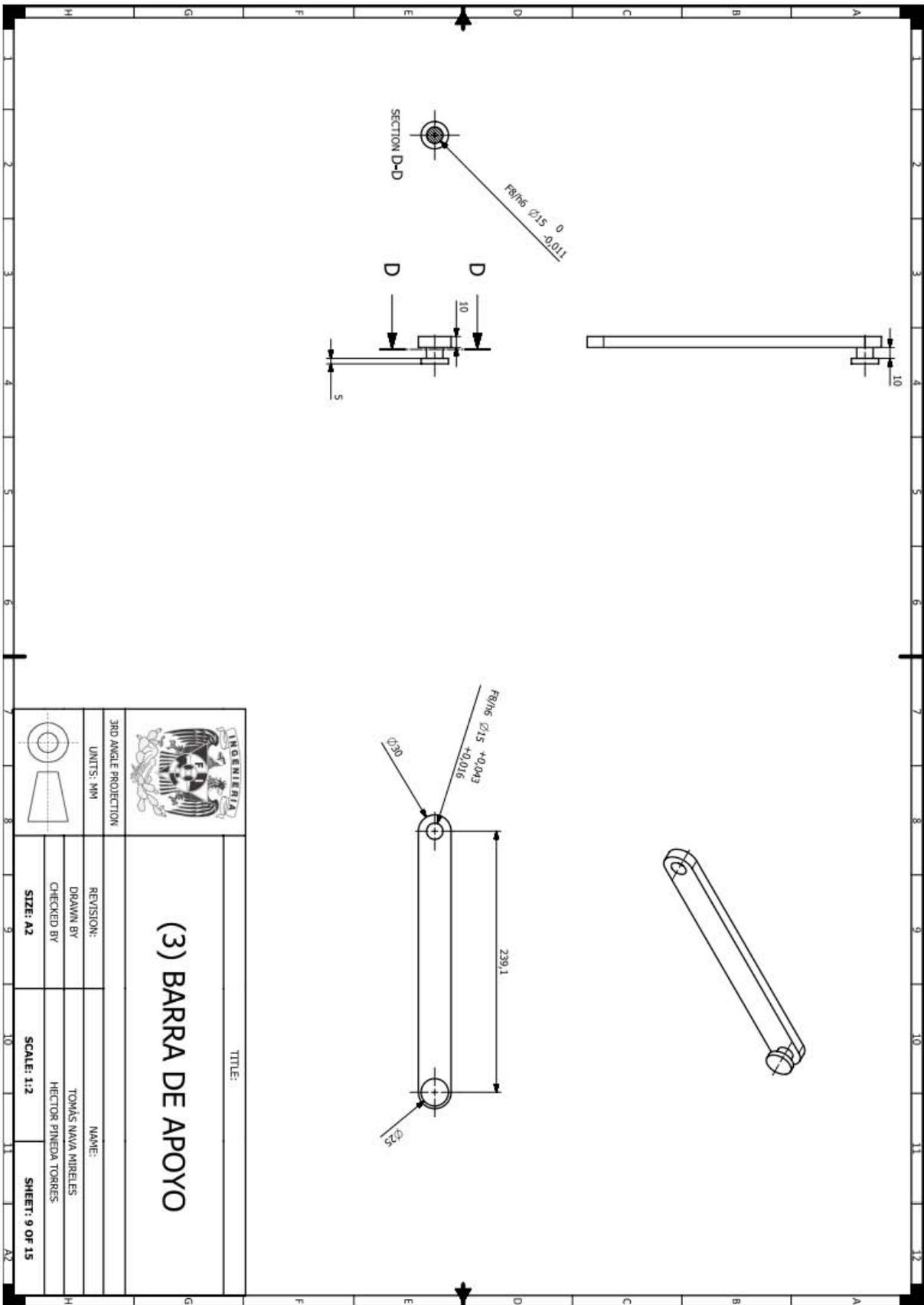


**(15) BRAZO LLANTA**

3RD ANGLE PROJECTION		X2 SIMÉTRICOS	
UNITS: MM		NAME:	
REVISION:		DRAWN BY: TOMÁS NAVA NIRELES	
CHECKED BY:		HECTOR PINEDA TORRES	
SIZE: A2		SCALE: 1:1	
		SHEET: 7 OF 15	

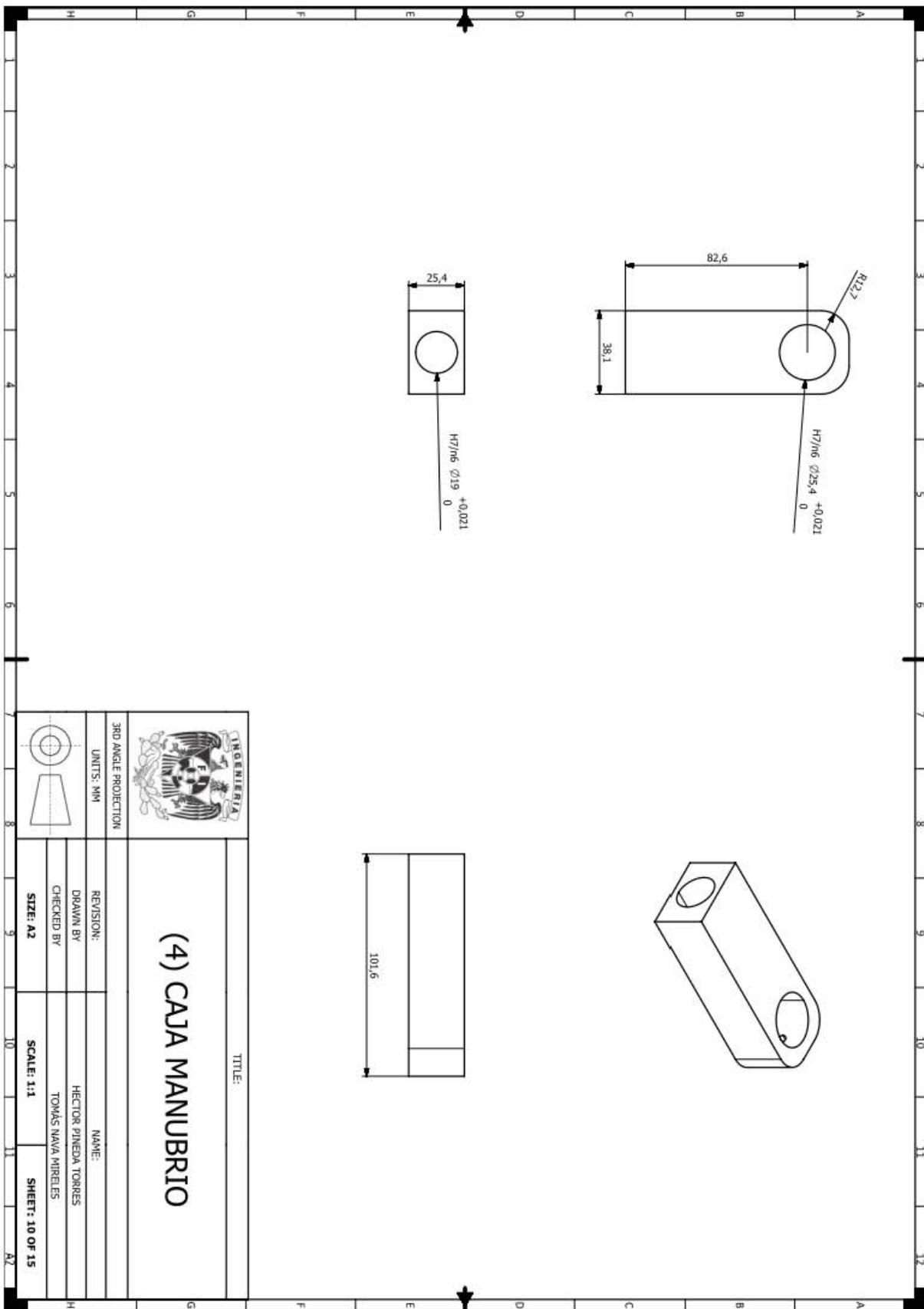


INGENIERIA		TITLE:	
(16) BARRA CENTRAL			
3RD ANGLE PROJECTION	UNITS: MM	REVISION:	NAME:
		DRAWN BY	TOMAS NAVA NIRELES
		CHECKED BY	HECTOR PINEDA TORRES
		SIZE: A2	SCALE: 1:1
			SHEET: 8 OF 15



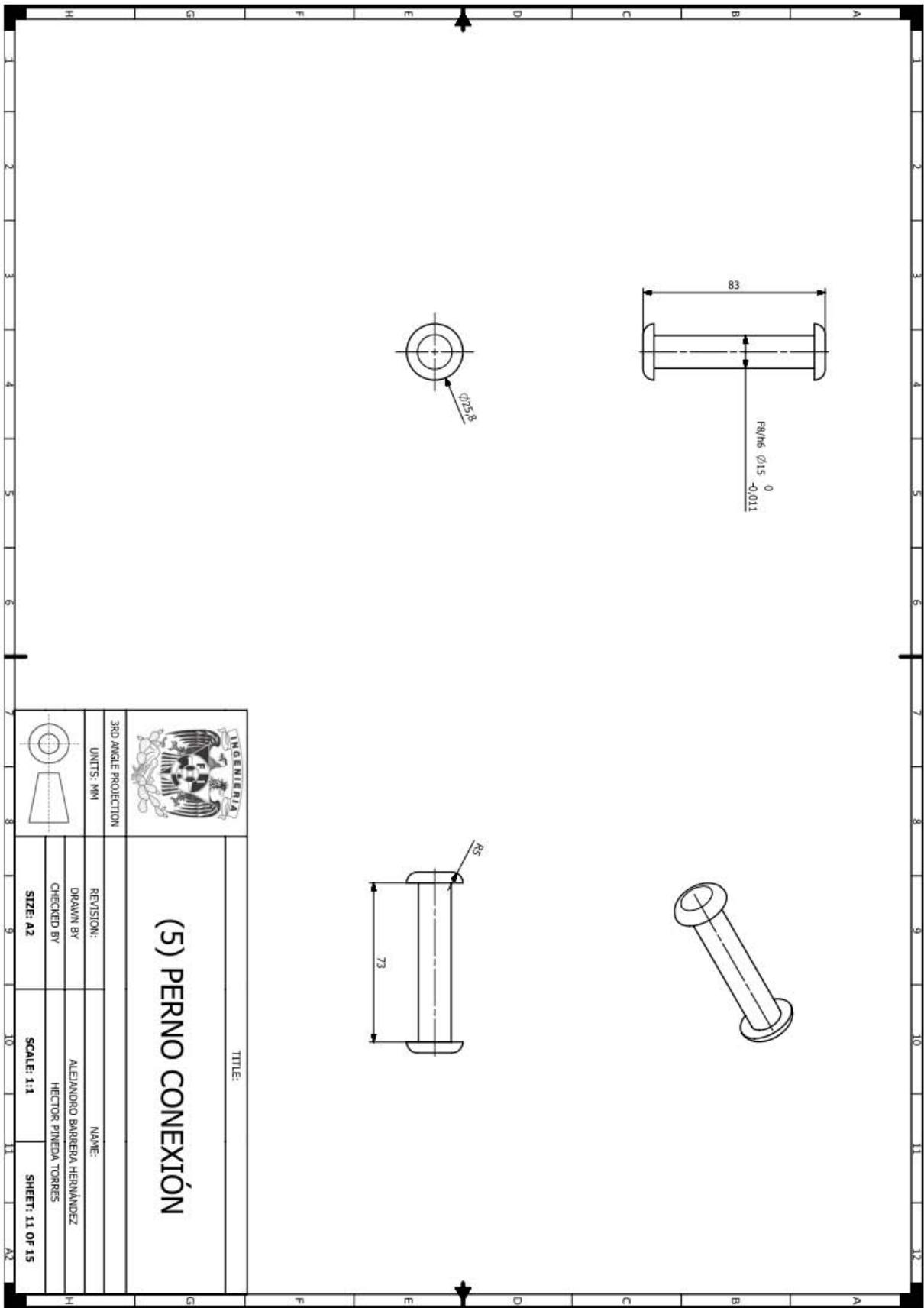
**(3) BARRA DE APOYO**

3RD ANGLE PROJECTION		UNITS: MM	
REVISION:		NAME:	
DRAWN BY		TOMÁS NAVA NIBELLES	
CHECKED BY		HECTOR PINEDA TORRES	
SIZE: A2		SCALE: 1:2	
		SHEET: 9 OF 15	

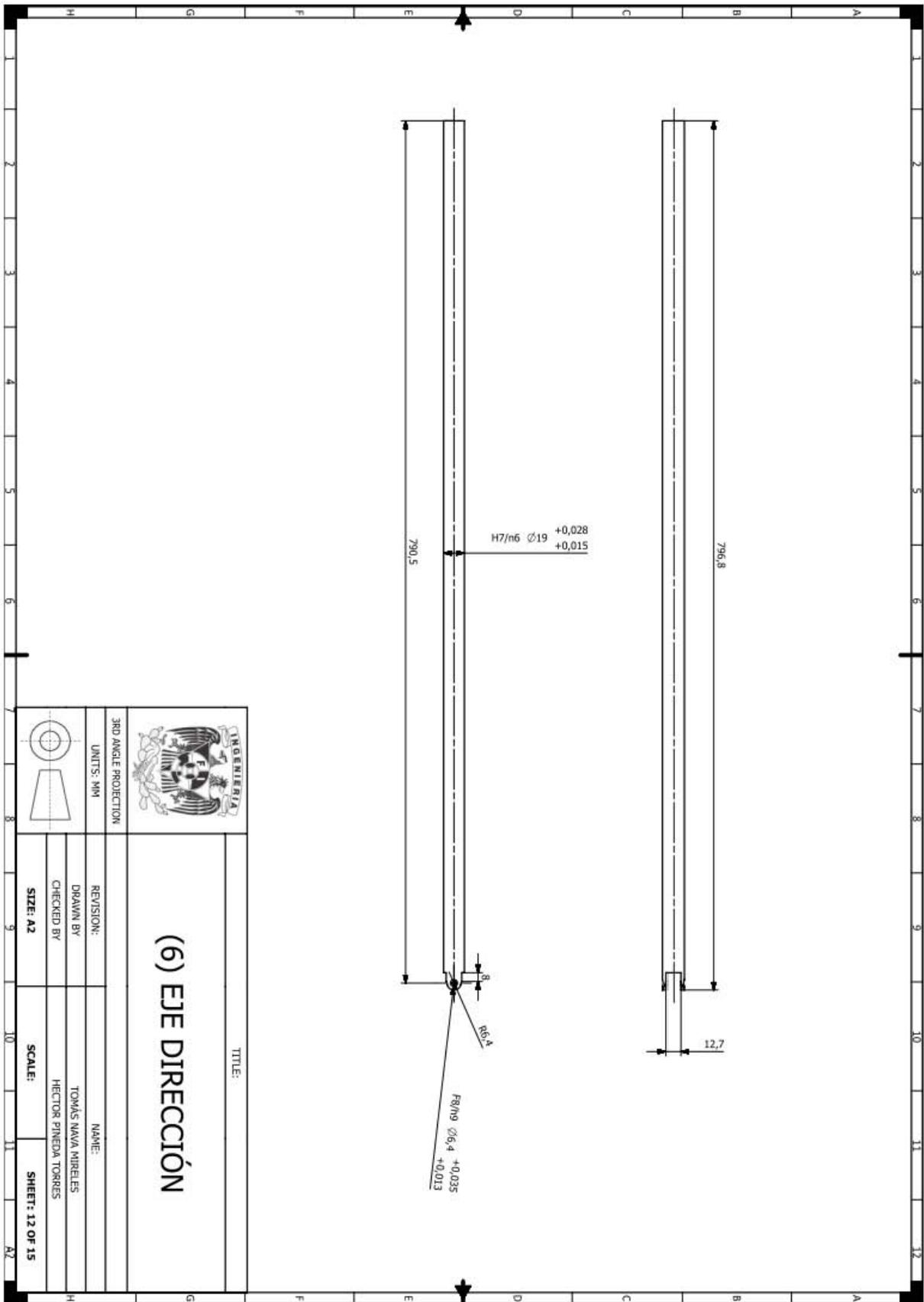


		TITLE: _____	
3RD ANGLE PROJECTION UNITS: MM		NAME: _____	
		REVISION: _____	
DRAWN BY _____		CHECKED BY _____	
HECTOR PINEDA TORRES		TOMÁS NAVA MIRELES	
SIZE: A2		SCALE: 1:1	
SHEET: 10 OF 15			

**(4) CAJA MANUBRIO**



		<b>(5) PERNO CONEXIÓN</b>	
3RD ANGLE PROJECTION UNITS: MM		TITLE:	
REVISION:		NAME:	
DRAWN BY:		ALEJANDRO BARRERA HERNÁNDEZ	
CHECKED BY:		HECTOR PINEDA TORRES	
SIZE: A2		SCALE: 1:1	
		SHEET: 11 OF 15	



**(6) EJE DIRECCIÓN**

TITLE:

3RD ANGLE PROJECTION

UNITS: MM



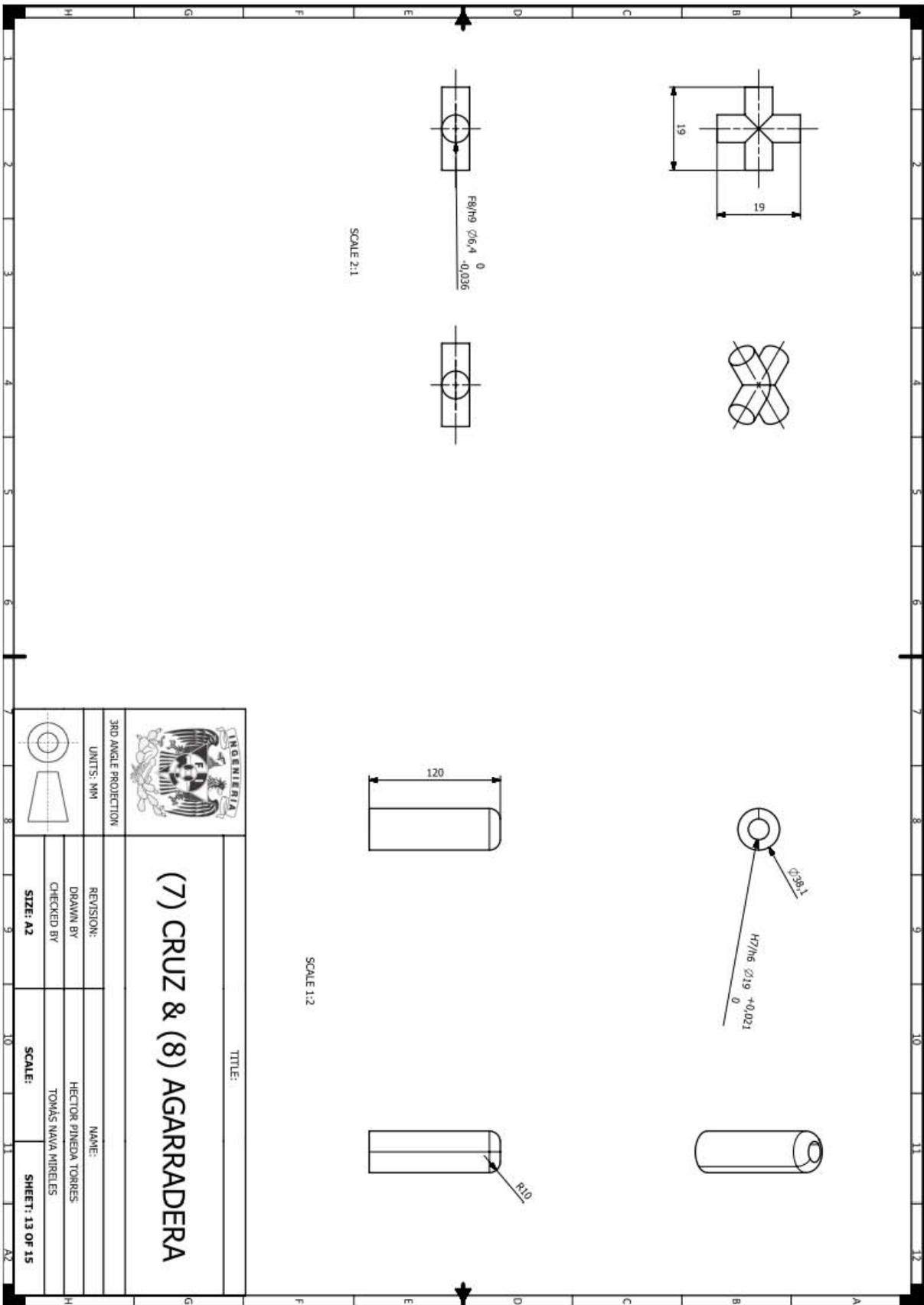
REVISION:  
DRAWN BY  
CHECKED BY

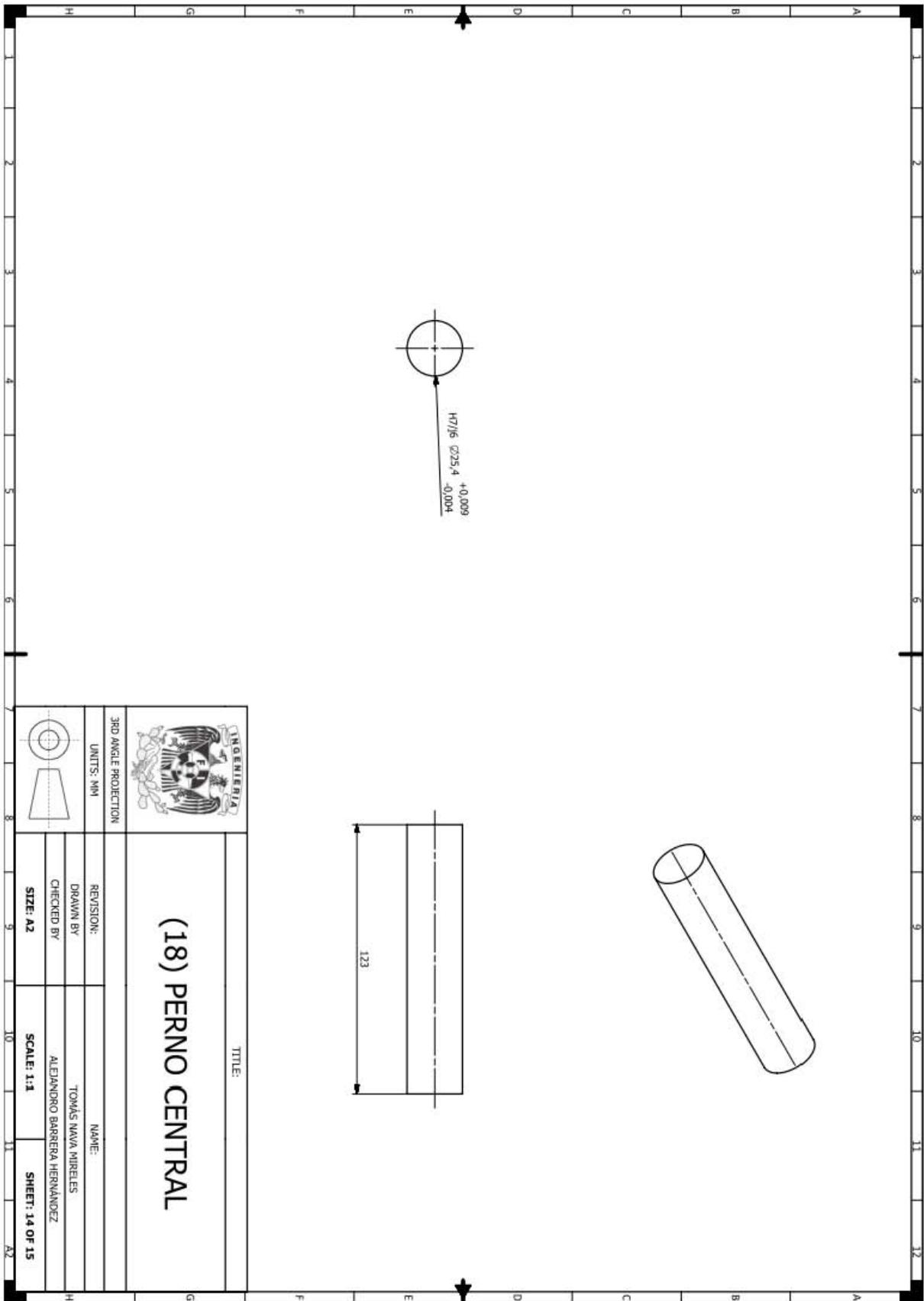
NAME:  
TOMÁS NAVA NIRELES  
HECTOR PINEDA TORRES

SIZE: A2

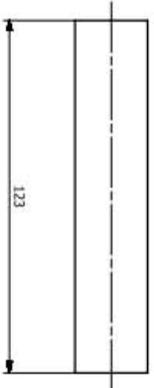
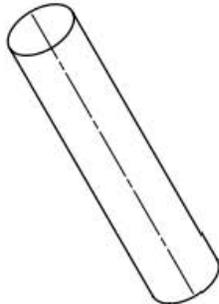
SCALE:

SHEET: 12 OF 15





H7/6  $\phi 25.4$   $+0.009$   
 $-0.004$



3RD ANGLE PROJECTION

UNITS: MM



**(18) PERNO CENTRAL**

TITLE:

REVISION:	NAME:
DRAWN BY	TOMÁS MATA MIRELES
CHECKED BY	ALEJANDRO BARRERA HERNÁNDEZ
SIZE: A2	SCALE: 1:1
	SHEET: 14 OF 15

## A4. Soldadura TIG

En la Figura A4.1 se muestra esquemáticamente el proceso de soldadura, sobre todo cuando el espesor es pequeño.

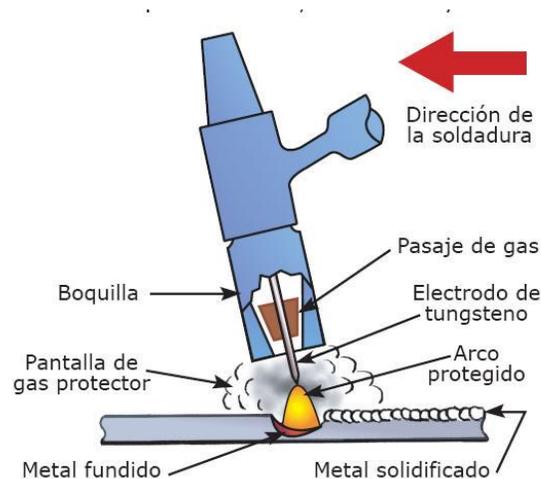


Figura A4.1. Soldadura TIG (Tagmagroup.com.ar, 2016)

Se deben considerar diferentes características del metal para poder soldar con facilidad y una mayor calidad. El metal puro tiene un punto de fusión de menos de 922[K] y no presenta cambios de color antes de la fusión, como es característica con la mayoría de los metales. El óxido o “piel” que se forma rápidamente en su superficie tiene un punto de fusión de al menos tres veces más alto (2033[K]). El óxido es también más denso que el aluminio y cuando se funde, tiende a quedarse en la parte inferior del aluminio fundido. Por esto se debe remover el óxido antes de comenzar a solda, (lincolnelectric, 2016).

El aluminio es un excelente conductor de calor. Se requiere gran aporte de calor cuando se inicia la soldadura, ya que gran parte de este calor se pierde en calentar el metal base circundante. Gran parte del calor se mueve delante del arco y precalienta el metal base a una temperatura que requiere menos corriente que la chapa fría original. Algunas aleaciones de aluminio exhiben “tendencias” arco corto y son sensibles a roturas. Esto significa que el rango de temperatura donde la aleación líquida está semilíquida o simplemente está sólida, no tiene la resistencia a la tracción para resistir las tensiones de contracción que producen el enfriamiento y transformación. La elección adecuada del

metal de relleno y procedimiento de soldadura junta pequeños granos que puede ayudar a eliminar muchos problemas de este tipo.

#### Llenado del hueco

El metal producido en el baño de soldadura es una combinación de relleno y materiales base que deben de tener la resistencia, ductilidad, libertad de formación grietas y la resistencia a corrosión requerida por la aplicación. Consulte tabla A4.1 para metales de relleno recomendados para diversas aleaciones de aluminio.

La máxima tasa de deposición se obtiene con alambre de relleno o varilla de mayor diámetro mientras se suelda a la corriente máxima. El diámetro del hilo más adecuado para una aplicación específica depende de la corriente que se puede utilizar para efectuar la soldadura. La corriente se rige por la red eléctrica disponible, diseño conjunto, espesor y tipo de aleación, y posición de soldadura.

<b>Metales de Relleno Recomendados para Varias Aleaciones de Aluminio</b>		
	<b>Metal de Relleno Recomendado(1)</b>	
<b>Metal Base</b>	<b>Para Máxima Resistencia Como Soldado</b>	<b>Para Máximo Alargamiento</b>
EC 1100	1100 1100, 4043	EC 1260 1100, 4043
2219 3003 3004 5005	2319 5183, 5356 5554, 5356 5183, 4043, 5356	(2) 1100, 4043 5183, 4043 5183, 4043
5051 5052 5083 5086	5356 5356, 5183 5183, 5356 5183, 5356	5183, 4043 5183, 4043, 5356 5183, 5356 5183, 5356
5050 5052 5083 5086	5356, 5183 5554, 5356 5356, 5554 5556	5183, 5356, 5654 5356 5554, 5356 5183, 5356
6061 6063 7005 7039	4043, 5183 4043, 5183 5356, 5183 5356, 5183	5356(3) 5356(3) 5183, 5356 5183, 5356

Tabla A4.1. Metales de relleno (lincolnelectric, 2016)

Para reducir la posibilidad de porosidad y escoria, la limpieza de la superficie de la soldadura no debe ser exagerada. El hidrógeno puede causar porosidad y el oxígeno puede causar escoria en las soldaduras. Los óxidos, grasas y películas de aceite contienen oxígeno e hidrogeno, que si se deja en los bordes al soldar, harán las soldaduras inadecuadas con propiedades eléctricas y mecánicas pobres. La limpieza debe realizarse antes de la soldadura. Algunos métodos se describen en la tabla A4.2.

<b>Métodos Comunes para la Limpieza de las Superficies de Aluminio</b>		
<b>Tipos de Limpieza</b>		
<b>Compuestos Eliminados</b>	<b>Sólo Superficies de Soldadura</b>	<b>Pieza Completa</b>
Aceite, grasa, humedad y polvo (utilizar cualquier método indicado)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpie con una solución alcalina suave y seco</li> <li>• Limpie con disolvente de hidrocarburo, como acetona o alcohol</li> <li>• Limpie con disolvente patentado</li> <li>• Bordes Dip, utilizando cualquiera de los anteriores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vapor desengrase</li> <li>• Desengrase en spray</li> <li>• Desengrase Steam</li> <li>• Sumerja en disolvente alcalino</li> <li>• Sumerja en disolvente patentado</li> </ul>
Óxidos (utilice cualquier método de la lista)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Borde Dip en solución alcalina fuerte, luego con agua, después con ácido nítrico. Finalizar con agua y secar</li> <li>• Limpie con desoxidantes patentados</li> <li>• Eliminar mecánicamente, con cepillo de hileras, limando o amolando. Para aplicaciones críticas, raspar todas las juntas y superficies adyacentes antes de soldar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sumergir en solución alcalina fuerte , luego con agua, después ácido nítrico. Finalizar con agua y secar</li> <li>• Sumergir en soluciones patentadas</li> </ul>

Tabla A4.2 Limpieza de superficie (lincolnelectric, 2016)