



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA – MECATRÓNICA

VEHÍCULO PERSONAL PARA ENTREGAS DE ÚLTIMA MILLA
Y SU SISTEMA ANTIRROBO

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN INGENIERÍA

PRESENTA:
MARÍA ESTHER LÓPEZ TORRES

TUTOR PRINCIPAL
DR. VICENTE BORJA RAMÍREZ
FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, DICIEMBRE 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



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. Espinosa Bautista Adrián
Secretario: Dra. Corona Lira María Del Pilar
1 er. Vocal: Dr. Borja Ramírez Vicente
2 do. Vocal: Dr. Rocha Cózatl Edmundo Gabriel
3 er. Vocal: Dr. Ramírez Reivich Alejandro C.

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: CIUDAD DE MÉXICO, CIUDAD UNIVERSITARIA, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM

TUTOR DE TESIS:

DR. VICENTE BORJA RAMÍREZ

FIRMA

(Segunda hoja)

Agradecimientos

A Dios por la oportunidad de existir.

A mis padres Esther y Juan por el esfuerzo de tantos años. A mi madre por ser una guerrera en la vida y por su amor incondicional; a mi padre, por sembrar en mí el amor a la ingeniería y por enseñarme el valor del trabajo. A mi hermana Ivonne por inspirarme y apoyarme en los momentos más difíciles. A Josué por compartir conmigo su vida y por dejarme aprender de mí en él; por su inmenso apoyo y amor.

A mi tutor Vicente por la confianza, la enorme paciencia y por su capacidad de liderazgo para realizar este proyecto. ¡Gracias por ser mi guía a lo largo de estos dos años! A Arturo Treviño por la dedicación para desarrollar este proyecto. Al Dr. Alejandro por la inspiración y apoyo incondicional. A la Dra. Pilar por siempre apoyarnos. A todos los miembros del equipo VUM, a Isa, Sergio, Carlos, Gustavo, Luis, Xanat, David, Jonathan, Jesús y Fer; por el arduo trabajo y por los grandes momentos compartidos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, mi alma mater, por enseñarme a ser libre, por cultivar en mí un espíritu de profesionalismo, por el gran regalo de la educación y por las grandes experiencias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACyT por la beca nacional que me otorgó para estudiar la maestría.

A Leslie Maricela Riveros Olguin, Oscar Martínez Vásquez y a la empresa colaboradora Re-Corre! por la completa confianza y disposición para permitirnos interactuar con el usuario, así como evaluar y tomar decisiones sobre el proyecto.

Esta es una investigación realizada con el apoyo de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) a través de sus Programas UNAM- PAPIIT IT101718 y 103320.

Resumen

En este trabajo se presenta el diseño detallado de un vehículo de movilidad personal eléctrico, también llamado vehículo de última milla, orientado a la entrega de paquetería en la Ciudad de México, que surge como propuesta de solución al amplio problema de movilidad en mega ciudades y a los retos presentes en el creciente mercado del comercio electrónico, específicamente en el último tramo de su cadena logística: la última milla.

Los ejes de la propuesta permiten hacer más eficiente la entrega de paquetería en zonas de difícil acceso reduciendo tiempo de envío, a través de la optimización de rutas, implementando vehículos personales con acceso a zonas de espacio reducido, y mejorando la distribución y aprovechamiento del personal; y reduciendo costos de envío a través de la disminución del costo de combustible, impacto ambiental y gastos administrativos como tenencia y verificación, permitiendo la circulación diaria, todo lo anterior gracias a la sustitución de energía de combustibles fósiles por energía eléctrica.

El diseño del vehículo se realizó a través de un enfoque sostenible, multidisciplinario, siempre contemplando factores sociales, tecnológicos, normativos, tendencias de comercio, etc. para su enriquecimiento y larga vigencia, utilizando la metodología Diseño Centrado en el Usuario que consiste en cuatro ciclos principales: usuario, experiencia, producto y prototipo.

El ciclo 1 parte de conocer al usuario repartidor: se contó con la participación de una empresa colaboradora, la cual facilitó la interacción con el usuario en un ambiente real. En el ciclo 2 se diseñó la modalidad de uso o experiencia de reparto donde se proponen conceptos para aumentar el volumen de entregas y disminuir el tiempo mejorando la movilidad. En el ciclo 3 se generan, evalúan y selecciona el concepto de vehículo para entregas en corporativos. En el ciclo 4 se diseñan, fabrican y prueban dos prototipos VUMi y VUMi 2.0. Finalmente se realiza una segunda iteración al ciclo 3, pero orientado al diseño de un sistema de seguridad antirrobo que permite estacionar el vehículo afuera del edificio corporativo.

Contenido

Capítulo 1. Introducción.....	1
Capítulo 2. Antecedentes	3
2.1 Trabajo previo sobre movilidad.....	3
2.2 Metodología.....	6
2.3 Ciclo 1.0.....	8
2.3.1 Reto	8
2.3.2 Información preliminar	8
2.3.3 Usuario en contexto.....	10
2.3.4 Perfil del producto	12
2.3.5 Simuladores	13
2.3.6 Factores críticos y hallazgos	14
Capítulo 3. Planteamiento del problema	15
3.1 Retos de la última milla	15
3.2 Objetivos	16
3.3 Alcances	17
3.4 Proceso seguido y equipo de trabajo	17
3.4.1 Etapa 1: Ciclo 1.0.....	18
3.4.2 Etapa 2: Usuario y experiencia.....	19
3.4.3 Etapa 3: Producto y prototipo 1	19
3.4.4 Etapa 4: Prototipo 2.....	20
3.4.5 Etapa 5: Sistema Antirrobo	21
Capítulo 4. Ciclo 1: Usuario.....	22
4.1 Reto	23
4.1.1 Colaborador.....	23
4.1.2 Usuario.....	24
4.2 Usuario en contexto.....	24
4.2.1 Información preliminar	24
4.2.2 Observaciones y entrevistas	26
4.3 Necesidades.....	33
4.3.1 Segunda clasificación y filtrado	33
4.4 Factores críticos, hallazgos	35
Capítulo 5. Ciclo 2: Experiencia.....	39
5.1 Objetivo	40
5.2 Personaje.....	40
5.3 Mapa de Ruta.....	41
5.3.1 Diagrama secuencial.	41
5.3.2 Pre-proceso.....	42
5.3.3 Proceso.....	44
5.3.4 Post-proceso	45
5.4 Escenario.....	47
5.4.1 Geografía.....	47

5.4.2 Soluciones en el mercado	48
5.4.3 Contexto pasado, presente y futuro.....	52
5.5 Experiencias.....	53
5.6 Factores críticos y hallazgos	56
Capítulo 6. Ciclo 3: Producto	58
6.1 Re-definición del reto.....	59
6.1.1 Información preliminar	59
6.1.2 Observaciones a corporativos.....	62
6.2 Requerimientos.....	67
6.3 Productos análogos y homólogos.....	69
6.4 Conceptos de solución.....	70
6.5 Evaluación de conceptos.....	76
6.6 Factores críticos y hallazgos	79
Capítulo 7. Ciclo4: Prototipo.....	80
7.1 Re-definición del reto.....	81
7.2 Estudio comparativo.....	81
7.3 Especificaciones objetivo	83
7.4 Arquitectura.....	86
7.4.1 Compartimento y plegado	87
7.4.2 Cuadro estructural y dirección	88
7.4.3 Sistema de tracción	90
7.4.4 Sistema de alimentación eléctrico	93
7.4.5 Apariencia	96
7.5 Especificaciones finales	97
7.6 Prototipo VUMi.....	97
7.6.1 Manufactura	98
7.6.2 Pruebas.....	100
7.7 Prototipo VUMi 2.0.....	100
7.7.2 Pruebas.....	102
7.8 Conclusiones y trabajo a futuro VUMi	107
Capítulo 8. Ciclo 3.1: Sistema Antirrobo	108
8.1 Redefinición del reto.....	109
8.1.1 Justificación	109
8.1.2 Objetivo	111
8.2 Requerimientos.....	112
8.3 Productos análogos	113
8.3.1 Estudio comparativo.....	114
8.3.2 Otras soluciones.....	121
8.3.3 Hallazgos.....	123
8.4 Generación de conceptos	125
8.4.2 Opciones de solución.....	126
8.4.2 Filtrado de soluciones.....	128
8.5 Selección de conceptos	130
8.5.1 Evaluación de conceptos.....	131

8.6 Concepto seleccionado	132
8.6 Conclusiones y trabajo a futuro Sistema Antirrobo.....	136
Conclusiones finales	137
Referencias	140
Índice de figuras.....	148
Índice de tablas.....	152
Índice de Anexos.....	153
Anexos.....	154

Capítulo 1. Introducción

Para el año 2020, el 56.2% de la población mundial se concentra en áreas urbanas; 35 de estas áreas urbanas son consideradas mega ciudades por contar con más de 10 millones de habitantes. Por su parte, la Ciudad de México toma el lugar número 9 en la lista de las ciudades más pobladas a nivel mundial con 20,996,000 habitantes [1].

Los retos que establece la concentración de población en mega ciudades son económicos, sociales y medioambientales, dentro de los cuales el problema de transporte es de los fundamentales y de los más grandes. Según el índice de tráfico vial medido por la Firma TomTom, en 2019 la Ciudad de México ocupó el número 13 en el ranking a nivel mundial, con un nivel de congestión del 52% [2].

Además, según la estadística de Origen-Destino realizada y publicada por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística y el Instituto de Ingeniería de la UNAM, en 2017 el tiempo invertido por los habitantes de la Ciudad de México en transportarse al trabajo era alrededor de 40min, y 2.5horas para habitantes del área Metropolitana. En cuanto al medio de transporte, el 71.2% de los viajes se realizan en transporte público; el 24.7% en auto, de los cuales el 68.3% se realizaron con un sólo ocupante; y sólo el 4.2% se realizó utilizando vehículos de movilidad personal como bicicletas y motocicletas [3].

Por lo anterior, el reto de movilidad en mega ciudades, en especial en la Ciudad de México, se puede afrontar desde distintas visiones. En este ámbito, referente a la aplicación de movilidad personal, conceptos como Vehículo de Movilidad Personal (VMP), Vehículo de Última Milla (VUM) y Vehículo Personal Eléctrico, surgen como productos y servicios que inspiran las soluciones aquí presentadas.

En este trabajo, este reto se aborda mediante el aprovechamiento del espacio público a través del diseño e implementación de un vehículo de movilidad personal que agilice el transporte en las calles de la Ciudad de México.

Inicialmente, en el capítulo 2 se compilan los antecedentes del proyecto, comenzando con el trabajo previo sobre movilidad realizado en el centro de diseño, continuando con la presentación de la metodología utilizada y terminando con el trabajo previo realizado por el equipo de trabajo referente a la primera iteración del ciclo 1, donde se buscó identificar un usuario potencial y aprender sobre vehículos personales.

En el capítulo 3 se realiza el planteamiento del problema, mostrando el escenario del comercio electrónico y los retos de la última milla; se establecen los objetivos y los alcances; finalmente se presenta al equipo de trabajo a lo largo del desarrollo del proyecto.

Por su parte, del capítulo 4 al 7 se desarrolla el proyecto, del ciclo 1 al ciclo 4 respectivamente: en el ciclo 1, se presenta a la empresa colaboradora, se identifica al usuario como el repartidor de paquetes, se observa y entrevista para conocer sus necesidades; en el ciclo 2 se diseña una propuesta de experiencia que permite hacer más eficiente la entrega de paquetes y se abunda en el perfil del usuario; en el ciclo 3 se establecen los requerimientos para la entrega de paquetería en corporativos, se generan, evalúan y seleccionan conceptos de solución para el diseño del vehículo; para que, en el ciclo 4 se desarrolle su arquitectura y diseño a detalle, se fabriquen dos prototipos de VUMi y se prueben con usuarios. A lo largo de todo el proyecto se aprende continuamente del mercado y de la tecnología disponible para su aplicación.

Finalmente, en el capítulo 8 se plantea el diseño conceptual de un sistema de seguridad antirrobo para el VUMi en su modalidad de vehículo correspondiente a las necesidades que surgen tras las conclusiones del ciclo 4. Al desarrollo de este sistema se le reconoce como la segunda iteración del ciclo 3, ya que se realizan las actividades de este ciclo, pero esta vez enfocadas específicamente al sistema antirrobo.

Capítulo 2. Antecedentes

2.1 Trabajo previo sobre movilidad

El Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT) en colaboración con el Centro de Investigaciones de Diseño Industrial (CIDI) han trabajado en los últimos años en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico con el objetivo de impulsar la movilidad personal sostenible como medio de solución a retos de movilidad en distintos escenarios de mega ciudades. Algunos de estos proyectos que son base e inspiración para el desarrollo de este trabajo se muestran a continuación.

Vehículo Qx4 proyecto desarrollado por un equipo interdisciplinario de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y la Universidad Técnica de Múnich (TUM) entre 2009 y 2011 [4]; muestra el diseño de un vehículo personal híbrido (tracción humana con asistencia eléctrica) de cuatro ruedas, el cual busca explorar el cuadriciclo como una nueva experiencia de manejo basado en un enfoque sostenible.



Figura 1. Proyecto Vehículo QX4 [4].

Vehículo Eléctrico de Péndulo Invertido (*VEPI*) es un proyecto dirigido por el Dr. Vicente Borja Ramírez y desarrollado por Alfredo Mariscal Castillo en 2013 [5]; muestra el diseño de un vehículo eléctrico de dos ruedas basado en el principio de péndulo invertido para movilidad personal. En este proyecto surge la visión de aplicación a distintas necesidades de movilidad mono plaza: turismo, usuarios con limitaciones físicas, fines recreativos, centros comerciales, plantas industriales y estudiantes.



Figura 2. Proyecto VEPI [5].

A0: Monociclo para la movilidad urbana, proyecto desarrollado por un equipo interdisciplinario de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto de Tecnología Automotriz de la Universidad Tecnológica de Múnich, Alemania [6]; muestra el diseño de un vehículo personal eléctrico a petición de la empresa Audi, cuyo principal propósito es afrontar los retos de la movilidad mono plaza en mega ciudades.



Figura 3. A0: Monociclo para movilidad urbana [6].

5 | 2.1 Trabajo previo sobre movilidad

Movilidad alternativa en mega ciudades, proyecto dirigido por el equipo de profesores de Innovación del producto y desarrollado por el equipo *Move on!* [7]; muestra la investigación, diseño de una bicicleta y su concepto de producto/servicio para la movilidad en mega ciudades. Este proyecto promueve el panorama de movilidad personal eléctrica en la Ciudad de México.

Vehículo Eléctrico Alternativo Plegable, proyecto dirigido por el Dr. Vicente Borja y desarrollado por Latorre López Elías, Nava Mireles Tomas, Barrera Hernández Alejandro y Pineda Torres Héctor en 2016 [8]; muestra el diseño de un vehículo mono plaza eléctrico plegable, cuyo principal propósito es desarrollar un vehículo de movilidad alternativo. En este proyecto se realizó una investigación de vehículos personales y su análisis comparativo para el diseño del producto.

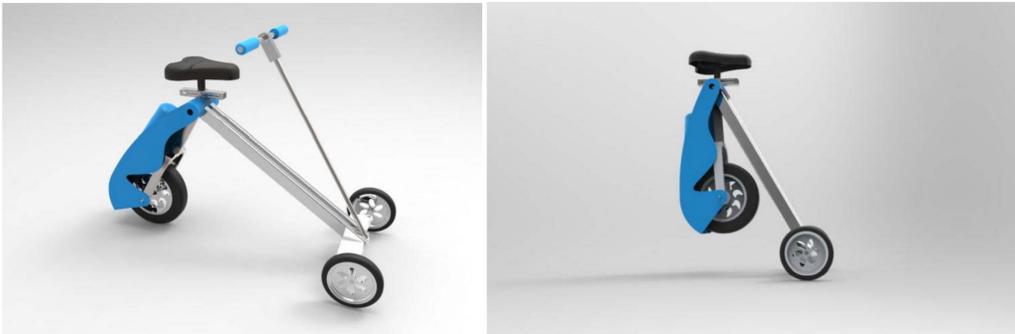


Figura 4. Vehículo Eléctrico Alternativo Plegable [8].

Por último, Vehículo Eléctrico Plegable, proyecto dirigido por el Dr. Vicente Borja y desarrollado por Luis Bernardo García Esteban y Juan Diego Vivia Jiménez en 2018; muestra el diseño de un vehículo personal eléctrico plegable cuyo principal objetivo es “tener la posibilidad de ser cargado, arrastrado, llevado en el transporte público o guardado en el maletero de un automóvil” [9]. En este proyecto, se plantea el concepto de *vehículo de última milla*.

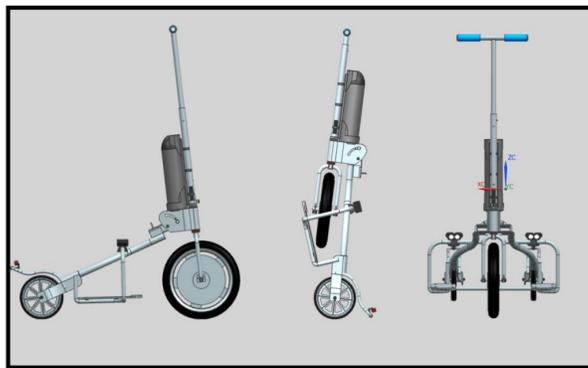


Figura 5. Vehículo Eléctrico Plegable [9].

2.2 Metodología

Según G. Pahl *et al.* en el libro “*Engineering Design: A Systematic Approach*”, la principal labor de un ingeniero es aplicar sus conocimientos científicos y de ingeniería en la solución de problemas técnicos, y así, por medio de requerimientos y restricciones establecidas, por consideraciones materiales, tecnológicas, económicas, legales, medioambientales y humanas, lograr optimizar dicha solución [10].

Con lo anterior, el *diseño*, para la realización de este proyecto, es definido como el proceso de generar soluciones satisfactorias y desarrollar productos adecuados a necesidades humanas específicas. En ingeniería, el proceso de diseño se lleva a cabo por medio de metodologías, que permiten dar forma y dirección al proyecto, con su debida innovación, sin perder de vista la esencia del objetivo.

La metodología utilizada a lo largo del desarrollo de este proyecto ha sido aplicada y enriquecida por profesores de la Facultad de Ingeniería y del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial (CIDI) de la Facultad de Arquitectura, y es resultado de la fusión de la corriente de diseño *Design Thinking*, que es una metodología que busca generar innovación no sólo en el ámbito ingenieril, sino también en diferentes disciplinas, como diseño digital, servicios, negocios, etc. [11]; y los métodos tradicionales de diseño utilizados en ingeniería para el diseño de productos, como el planteado por Ulrich y Eppinger [12], que abarca desde la identificación de oportunidades, hasta considerar la economía del producto y su administración. Además, se hace uso de un enfoque sostenible, es decir, se diseñan productos y servicios que satisfacen tres rubros importantes: medio ambiente, viabilidad económica e impacto social.

El *Diseño Centrado en el Usuario*, consiste en el desarrollo de cuatro principales ciclos: usuario, experiencia, producto y prototipo; y cinco funciones que le dan cuerpo a cada ciclo: definir, conocer, generar, probar y aprender. Si así se requiere, el proceso puede ser iterativo entre cada función y entre cada ciclo. El proceso general de diseño se muestra en la figura 6.

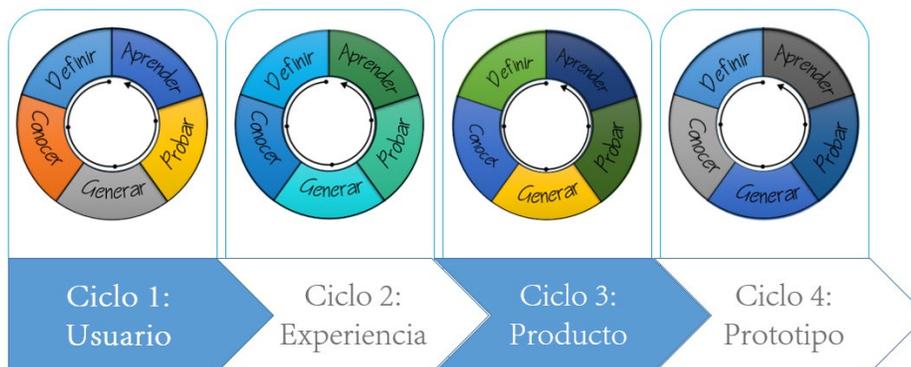


Figura 6. Proceso general del Diseño Centrado en el Usuario.

En la tabla 1 se hace una comparativa entre las metodologías de diseño tradicional de productos en ingeniería y diseño centrado en el usuario, con el fin de ilustrar su equivalencia. Posteriormente, se describe el contenido de cada ciclo y las funciones desglosadas en actividades para la aplicación de la metodología.

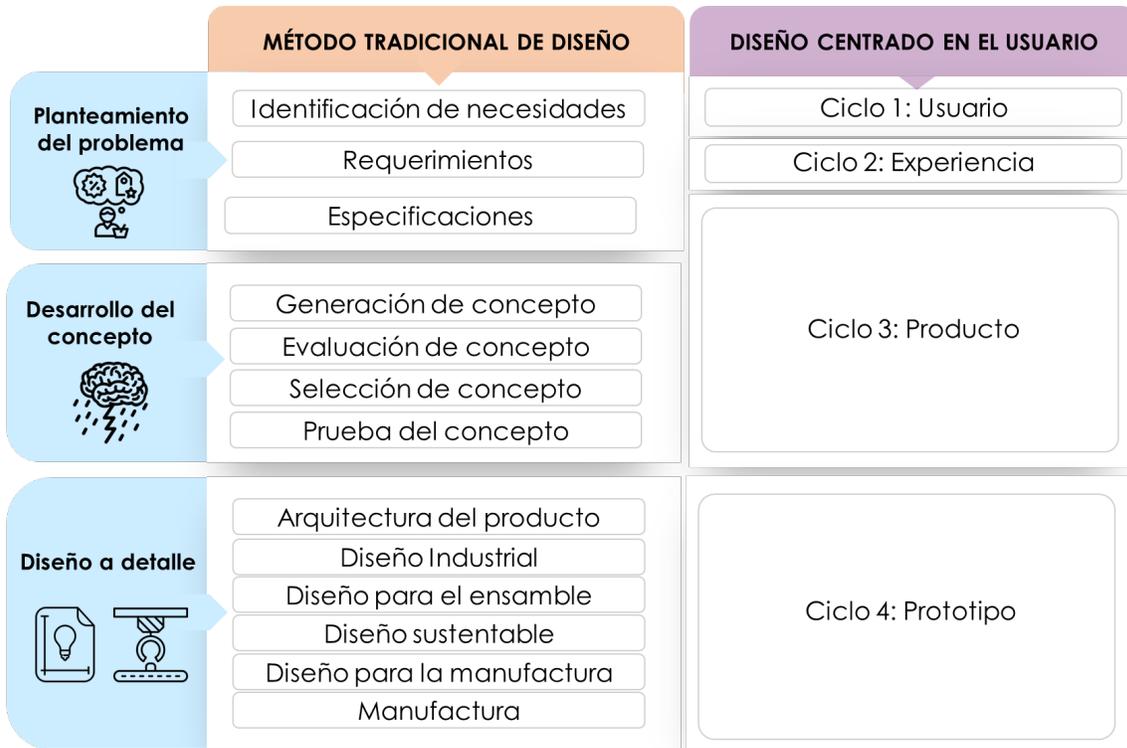


Tabla 1. Equivalencia entre metodologías.

Imagen: iconografía de *The Noun Project*.

El ciclo 1, inicia al *definir* el reto y *conocer* al usuario a través de observaciones, entrevistas e información preliminar de enfoque social, tecnológico, cultural, económico, ambiental y normativo. Se define el perfil del usuario y se *genera* una lista de necesidades, las cuales se clasifican, filtran y jerarquizan. Al final del ciclo se *validan* por medio de encuestas.

El ciclo 2 inicia al *redefinir* el reto, ya que puede ir modificándose en cada iteración; se establecen los requerimientos basados en la lista de necesidades; se *conoce* el estado de la técnica y los productos análogos presentes en el mercado; se *generan* ideas de experiencia y se *prueba* con prototipos, maquetas o modelos; al final se *aprende* de las pruebas con usuarios y se selecciona una experiencia.

El objetivo del ciclo 3 es generar, evaluar y seleccionar e concepto de solución que posteriormente se convertirá en producto o servicio que se adapten al concepto de experiencia y satisfagan los requerimientos. Previamente, se pueden plantear algunas especificaciones objetivo. Al final, los conceptos se

prueban con usuarios mediante prototipos funcionales o simuladores y se aprende de los hallazgos.

Finalmente, En el ciclo 4, se definen las especificaciones de diseño del producto o servicio; se genera la arquitectura del producto y su diseño a detalle; se manufactura y se realizan pruebas con usuarios. El detalle de la metodología y las herramientas utilizadas se muestran en el anexo A.

2.3 Ciclo 1.0

Este proyecto inició con el objetivo de desarrollar un vehículo de movilidad personal, siguiendo con la línea de trabajo previo realizado en el CDMIT; sin embargo, dado que su diseño depende de las funciones y usuarios, es indispensable seleccionar una aplicación basada en la exploración del posible mercado. Esta sección es previa al proyecto principal de esta tesis y se muestra como antecedente, ya que es indispensable en el desarrollo de la metodología.

2.3.1 Reto

Establecer aplicación, usuarios y el perfil básico de un Vehículo de Movilidad Personal que permita la movilidad en menor tiempo del que toma caminar, movilizarse en zonas de difícil acceso, y reducir el esfuerzo físico en distancias no mayores a 10 km.

Alcances

- Seleccionar y explorar una aplicación de movilidad personal; identificar el usuario y conocerlo.
- Definir el perfil del producto a diseñar (consideraciones generales).
- Diseñar y manufacturar simuladores o prototipos funcionales que permitan realizar pruebas con los posibles usuarios y escenarios.
- Obtener información sobre las características generales del vehículo.

2.3.2 Información preliminar

Los Vehículos de Movilidad Personal (VMPs) son dispositivos eléctricos, mecánicos o híbridos que auxilian en el transporte monoplaza en trayectos cortos. Estos vehículos pueden tener una, dos, tres o hasta cuatro ruedas, y surgen como solución de movilidad urbana para desplazamientos más rápidos, prácticos y económicos. Otros nombres para identificar a los VMPs son: Vehículos de Última

Milla (VUM), vehículos ligeros (*Light Vehicles*), vehículos de transportación personal (*Personal Transportation Vehicles*), dispositivos personales de movilidad motorizada, entre otros.

Clasificación y normativa

A pesar de la presencia de vehículos personales en la Ciudad de México, aún no existe reglamentación que establezca su correcto uso; sin embargo, dado que los VMPs han tenido fuerte presencia en países europeos, el uso de estos dispositivos está clasificado y reglamentado en países como España. Es por ello que, para fines del desarrollo de este proyecto, se utilizan como referencia los criterios de clasificación y normativa propuestos por la Dirección General de Tráfico de este país [13].

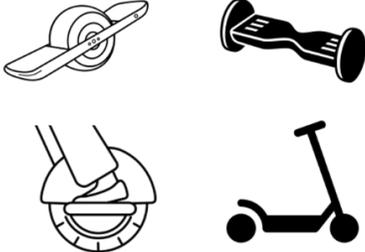
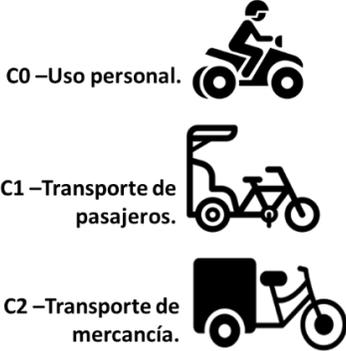
<p>A</p>	<p>Velocidad máxima 20 km/h Masa ≤ 25 kg Monoplaza Dim. Máx.: 0.6 m ancho x 1m largo x 2.1m alto Radio de giro máx.: 1 m Peligrosidad superficie frontal: 1 Timbre: No Frenada: No Casco: obligatorio Distribución Urbana de Mercancía: No Señalización vial recomendada</p>		<p>Patinete y plataformas pequeñas y ligeras.</p>		
<p>B</p>	<p>Velocidad máxima 30 km/h Masa ≤ 50 kg Monoplaza Dim. Máx.: 0.8 m ancho x 1.9m largo x 2.1m alto Radio de giro máx.: 2 m Peligrosidad superficie frontal: 3 Timbre: Sí Frenada: Sí Casco: obligatorio Distribución Urbana de Mercancía: No Señalización vial obligatoria</p>		<p>Patinete y plataformas más grandes.</p>		
<p>C</p>	<p>Velocidad máxima 45 km/h Masa ≤ 300 kg Monoplaza (C1 y C2 máx. 3 personas) Dim. Máx.: 1.5 m ancho x 1.9m largo x 2.1m alto Radio de giro máx.: 2 m Peligrosidad superficie frontal: 3 Timbre: Sí Frenada: Sí Distribución Urbana de Mercancía: Sólo C2 Casco: uso recomendado Señalización vial obligatoria Ciclos con más de dos ruedas</p>		<p>C0 –Uso personal.</p>	<p>C1 –Transporte de pasajeros.</p>	<p>C2 –Transporte de mercancía.</p>

Tabla 2. Clasificación y normativa de los VMP.

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección General del Tráfico del gobierno de España [13] e iconografía de The noun Project.

Como se muestra en la tabla 2, los criterios de clasificación son las dimensiones, peso, velocidad y aplicaciones de los dispositivos de movilidad. Adicionalmente, la normativa hace hincapié en que, debido a las especificaciones técnicas, estos dispositivos no son considerados vehículos de motor, por lo que no es necesario un permiso o licencia de conducción, ni contratar un seguro; sin embargo, no está permitido su uso en aceras y espacios reservados para peatones, y de realizar alguna actividad económica, se requiere autorización por parte de la autoridad municipal.

2.3.3 Usuario en contexto

En cuanto al usuario, inicialmente, se identificaron algunas aplicaciones de los VMP y se especularon sus necesidades, como se muestra en la tabla 3. Para su selección, se identificaron las necesidades predominantes: 1) cargar-transportar (herramienta, insumos, mensajería, mercancía, equipaje, etc.), 2) recorrer distancias largas en poco tiempo, y 3) disminuir el esfuerzo físico. Es por ello que se seleccionaron dos escenarios principales: fábricas y universidades; sin embargo, al tiempo del desarrollo de este proyecto, resulta impráctico estudiar el usuario de fábricas, dado que no existe un proyecto abierto en este sentido. Es por ello que, al tener acceso directo a usuarios de universidades, se ha decidido, seleccionar a ésta como escenario para estudiar (figura 3).

Mercado tentativo	Usuario	Necesidad
 Fábrica	Personal de servicio y mantenimiento	Cargar herramienta, recorrer distancias largas en poco tiempo, disminuir esfuerzo físico
 Hospital	Médicos, enfermeras	Transporte de insumos médicos
 Plazas comerciales	Vigilancia	Seguridad
 Universidades	Alumnos, académicos, visitantes, mensajería e intendencia	Comodidad, recorrer distancias largas en poco tiempo, disminuir esfuerzo físico, mensajería
 Parques Zoológico	Turistas, intendencia, mensajería, vigilancia	Seguridad, entretenimiento, comodidad, transporte de mercancía
 Parque de diversiones	Turistas, intendencia, transporte de mercancía, vigilancia	Seguridad, entretenimiento, comodidad, transporte de mercancía, emergencias
 Discapacidad	Usuarios de sillas de ruedas, adultos mayores	Comodidad, asistencia, recorrer distancias largas en poco tiempo, disminuir esfuerzo físico
 Aeropuerto	Personal, equipaje, vigilancia, adultos mayores	Transporte de equipaje, recorrer distancias largas en poco tiempo, disminuir esfuerzo físico
 Ciudad	Ciclistas, usuarios de transporte público, mensajería, vigilancia.	Recorrer distancias largas en poco tiempo, disminuir esfuerzo físico, seguridad, mensajería
 Fitness	Deportistas	Ejercitarse

Tabla 3. Aplicaciones de VMP.

Imagen: iconografía de *The Noun Project*.



Figura 7. Usuario de universidades.

Imagen: iconografía de *The Noun Project*.

Con el objetivo de conocer los hábitos e intereses del usuario, se realizaron entrevistas y observaciones. Inicialmente se realizó una entrevista a 10 personas (miembros de la comunidad universitaria) en el campus CU: 1 Académico, 5 estudiantes y 4 trabajadores. El formato de la entrevista se muestra en el anexo B. El resultado de esta primera entrevista muestra que la mayoría de los universitarios se traslada en transporte público por más de una hora, lleva consigo al menos una mochila, bolsa o maleta. Mostraron dificultad para poder utilizar un VMP que les pertenezca, ya que la saturación del transporte público no permite transportarlo, además, aunque el VMP fuera plegable y ligero, el peso es adicional a su equipaje diario; sin embargo, mostraron interés en un transporte de última milla (para distancias cortas), que se pudiera utilizar del transporte público a las facultades, similar al servicio de bici puma ya instaurado dentro del campus.

Paralelamente, se realizaron observaciones de la comunidad universitaria. Los resultados de las observaciones revelaron dos tipos de traslados: cuando se transporta del destino a la cede y cuando se transporta del destino a múltiples cedes dentro del campus. En este sentido se observó vestimenta, actividades, y cosas que cargan los usuarios: en su mayoría utilizan mochila y bolsas extras, bebidas, y suéteres; caminan y ven su teléfono, esperan el puma bus o bici puma; hombres y mujeres usan predominantemente pantalón y calzado cómodo (figura 8). En el anexo C se encuentran fotografías de las observaciones.

Por otro lado, aquellos entrevistados que no utilizan transporte público tienen en común vivir cerca o relativamente cerca del campus. Por su parte, ellos utilizan automóvil propio y/o bicicleta. Pensando en este tipo de usuario, se identificaron y realizaron entrevistas. En el anexo D se muestra el resumen de una de una entrevista realizada. Como resultado se identificó el uso de vehículos eléctricos o híbridos (bicicletas eléctricas), la disminución de tiempo y esfuerzo en sus trayectos, y áreas de oportunidad como seguridad, protección contra el clima, señalización, entre otros.

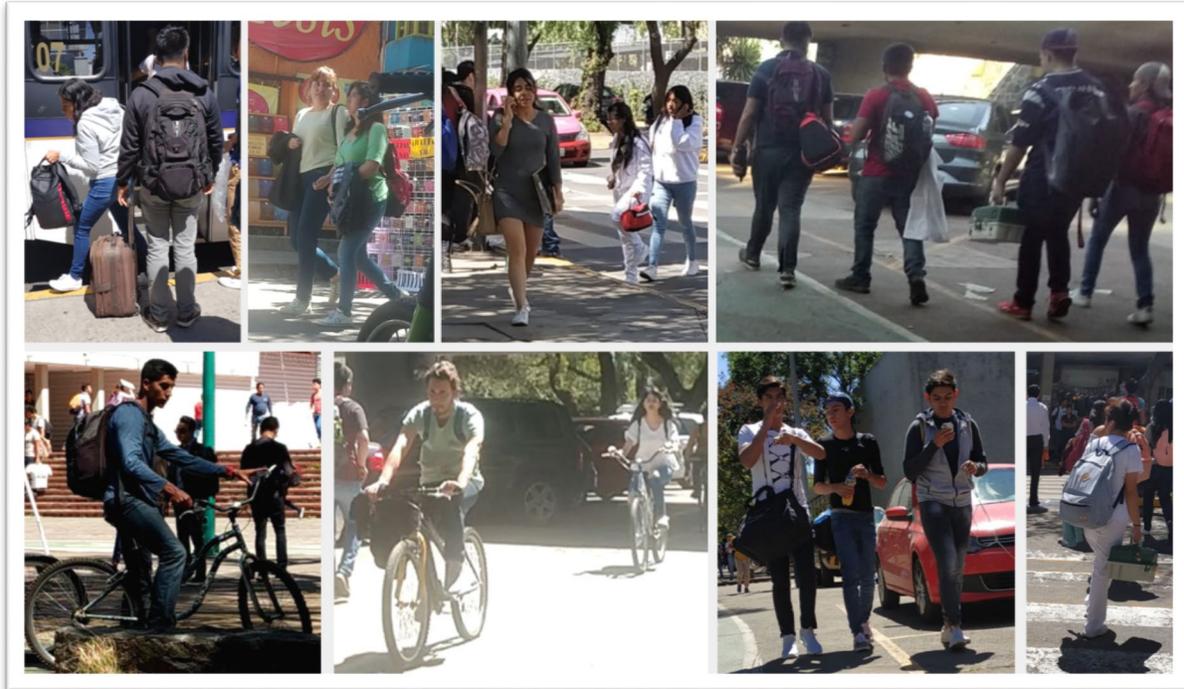


Figura 8. Observaciones a universitarios.

2.3.4 Perfil del producto

La metodología utilizada tiene como objetivo converger de lo general a lo particular, es por ello que, en esta primera iteración no existe usuario ni definición del vehículo. Para dar forma al diseño, se parte de establecer algún tipo de vehículo y plantear los aspectos generales del mismo.

Basados en la normativa (tabla 2), a diferencia de los vehículos tipo A, los tipos B tienen mayor capacidad de carga, desplazamiento y velocidad, lo que permite aplicaciones diversas, es por ello que, para esta primera iteración, se establece el diseño de un vehículo tipo B.

Consideraciones. Vehículo personal de tres ruedas para fácil y más eficiente traslado al destino del usuario en distancias cortas.

1. *Material.* El material seleccionado debe satisfacer resistencia mecánica (relacionada con la carga máxima), peso (que influye en el peso máximo del vehículo), y precio de materia prima y manufactura.
2. *Configuración.* Inicialmente se establece un vehículo de tres ruedas en configuración delta. Es necesario explorar el movimiento de las llantas traseras en giro para evitar arrastre.

3. *Suspensión.* Se pretende añadir un sistema de suspensión de tal forma que la experiencia del usuario sea más placentera al no sentir las vibraciones que puedan ocasionarse por la irregularidad del terreno donde navegará.
4. *Portabilidad.* Considerar su peso para cargar y transportar. Se piensa que el vehículo se pueda plegar de tal forma que pueda ser de fácil transporte, ya sea al caminar o al llevarlo en la cajuela del auto. Deberá ser un sistema de plegado sencillo y/o realizado en el menor número de tiempo y movimientos.
5. *Tracción.* Tracción delantera, motor eléctrico, acoplamiento directo en llanta, el control o aceleración de esta rueda deberá ser sencilla y cómoda para el usuario. Las ruedas traseras no tienen tracción, únicamente dan apoyo. El tamaño de las llantas debe ser compatible con el terreno en el que navegará.
6. *Alimentación.* El vehículo contará con una batería que permita alimentar al motor y a los componentes electrónicos adicionales que pueda llevar y que hacen el recorrido más cómodo y seguro.
7. *Dimensiones.* Para su almacenamiento y lugar en donde será montado. Las áreas de transporte permitido regulan las dimensiones (tabla 2).
8. *Curva de aprendizaje.* Algunos dispositivos son más fáciles de dominar que otros.
9. *Diversión vs. utilidad.* ¿Es sólo un medio conveniente de transporte o también es importante el factor diversión?
10. *Reglamento.* Uso de casco, freno, timbre y señalización vial obligatorios.

2.3.5 Simuladores

El objetivo general de la fabricación de simuladores es probar la funcionalidad de los elementos críticos de un vehículo de tres ruedas. Entre ellos se encuentran: 1) Forma de la plataforma: postura y dimensiones, 2) Dirección: funcionalidad y comodidad, 3) Amortiguamiento: Confort, funcionalidad y seguridad, con el fin de entender y posiblemente definir medidas antropométricas, dimensiones generales del vehículo y configuraciones de dirección y amortiguamiento del vehículo.

El desarrollo y resultados de los simuladores y las pruebas con usuarios se muestran a detalle en el anexo E.

2.3.6 Factores críticos y hallazgos

La exploración de universitarios como usuarios del VMP resultó fructífera y otorgó información valiosa para el diseño como preferencias y los límites del mercado; sin embargo, aún quedan abiertas cuestiones como la definición del modelo de negocio como servicio o producto, y las dificultades que podría tener instaurar un servicio dentro de la universidad dado que ya existen otros servicios orientados a la movilidad dentro del campus.

Por otro lado, la investigación preliminar sobre VMP, normativa y estudio del mercado permite definir los aspectos generales del vehículo a diseñar; características como velocidad, carga máxima, energía, masa y autonomía se establecen en comparativa.

Simuladores

Observamos a partir de las pruebas que, el ángulo de inclinación, la altura y la distancia del manubrio no tienen una tendencia aparente; ya que son tres variables relacionadas con la estatura del usuario, es por ello que, para continuar con el diseño, es necesario establecer al menos una variable como constante, determinada por dimensiones de la normativa o parámetros de la dinámica del vehículo. También se pudo notar que los más altos se sentían más seguros teniendo los brazos estirados al usar el vehículo, y los de menos estatura se sentían más cómodos y seguros al tener los brazos en un ángulo de entre 80° y 120°. Mientras que el intervalo de inclinación del manubrio va de entre 4.5° a 20°.

Referente al espacio mínimo que cualquier usuario necesitaría para moverse es de 50 x 50 cm. Tanto en reposo como en movimiento se prefirieron los pies paralelos. En cuanto a la manera de colocar sus pertenencias, observamos que depende del género. Las mujeres no consideraban siquiera la idea de colocar sus pertenencias entre sus piernas, al contrario de los hombres, para quienes esa era constantemente su primera opción de comodidad. Y en general, preferían cargar su mochila en la espalda y colocar el resto de sus pertenencias enfrente.

El simulador 2 reveló la complejidad de diseño y manufactura de un mecanismo que permita el giro de las llantas traseras, además del sistema de amortiguamiento y su adaptación a la plataforma. Por su parte el simulador 3 mostró de manera general la estructura y los aspectos de diseño críticos: manubrio y dirección, amortiguamiento, plataforma, y mecanismo de unión.

Toda la información adquirida en esta sección, construye la base del desarrollo del proyecto de tesis y se toma en consideración para el diseño.

Capítulo 3. Planteamiento del problema

En el capítulo anterior se estableció la problemática de movilidad en mega ciudades, el trabajo previo sobre vehículos personales por parte del CDMIT y la búsqueda de nicho de mercado que concluyó con conocer la movilidad personal de estudiantes de Ciudad Universitaria y que arrojó datos ergonómicos, dimensionales y preferenciales en vehículos de movilidad personal. El nicho de mercado de los estudiantes se descartó, pero se descubrió uno nuevo gracias a la colaboración de una empresa de mensajería, quienes expusieron sus necesidades y la probable efectividad de la aplicación de un vehículo de movilidad personal como solución.

En este capítulo se plantea una problemática de movilidad específica: la entrega de paquetería en la Ciudad de México, “los retos de la última milla”; se establecen los objetivos y alcances; se describe el proceso de diseño seguido por ciclos y el equipo de trabajo participante por etapas del proceso.

3.1 Retos de la última milla

En México, la tendencia de crecimiento del comercio electrónico está al alza, en la última década la estimación de su valor va de los 36.5 mil millones de pesos en 2010 a los 631.7 mil millones de pesos en 2019. Tan sólo en 2019 el comercio electrónico creció 28.6% respecto al año anterior, siendo el mayor registro porcentual en toda su historia desde 2016 [14]. Y se espera, que para 2020 el crecimiento sea hasta del 60% [15] debido a la condición de contingencia por el Covid-19.

Para que el comercio electrónico sea efectivo, es necesaria la participación de distintos factores como la oferta de productos, el acceso electrónico y financiero del comprador y el proceso logístico que permite al producto ser enviado y entregado. Sin embargo, y a pesar de la importancia de los demás factores, la satisfacción del usuario, el costo y tiempo de envío se logran en el último tramo de la cadena logística de comercio electrónico, la *última milla*, la cual se refiere al último trayecto que recorre el paquete, que va desde el centro de distribución, tienda o almacén, hasta el lugar final de la entrega.

Los principales retos que afronta la última milla son, en primer lugar, problemas de movilidad en zonas urbanas como tráfico, calles estrechas, peatonales y obstruidas por mercados móviles, y el difícil acceso a estacionamiento para descarga; y, en segundo lugar, la calidad de servicio que los usuarios esperan: entregas rápidas y con envío gratis, lo que representa el desafío de reducir costos, principalmente porque el envío resulta altamente costoso, ineficiente y de mayor impacto ambiental por su transporte [16].

Algunas alternativas de solución han sido propuestas con el fin de encarar estas problemáticas, tales como hacer más eficientes las rutas de entrega, utilizar métodos alternativos de entrega y hacer uso de Vehículos de Última Milla (VUM) que permitan resolver los retos de movilidad en zonas urbanas. Por lo anterior, en este proyecto se plantea afrontar los retos de la última milla a través del desarrollo de un vehículo de movilidad personal, que surge de las necesidades de una empresa colaboradora y como resultado de la búsqueda de nicho de mercado realizada en la sección anterior.

3.2 Objetivos

Luego de ser planteada la problemática de movilidad y en particular de la última milla en la entrega de paquetería, se establecen los objetivos que se persiguen en este trabajo:

- Diseñar un **Vehículo de Movilidad Personal (VMP)** eléctrico que permita la entrega de paquetes de una manera eficiente en zonas de difícil acceso, reduciendo tiempo y costos de envío a mediano y largo plazo, utilizando la metodología Diseño Centrado en el Usuario.
- Diseñar un sistema de seguridad antirrobo de un **Vehículo de Movilidad Personal (VMP)** de última milla para entrega de paquetería, que permita su estacionamiento fuera de edificios, utilizando la metodología Diseño Centrado en el Usuario.

3.3 Alcances

El impacto de este proyecto se refleja en la forma como se realizará el comercio electrónico en los próximos años. Este proyecto se desarrolla dentro de los dos años reservados para el curso de la maestría (de agosto 2018 a julio 2020) y bajo el financiamiento del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT).

- Aplicación de la metodología Diseño Centrado en el Usuario para resolver el problema planteado.
- Establecimiento de las necesidades de la entrega de paquetes en la Ciudad de México.
- Identificación y conocimiento del(los) usuario(s).
- Diseño de experiencia para el usuario que impacte en la forma como es realizada la actividad principal.
- Diseño de un producto o servicio que satisfaga las necesidades planteadas.
- Prototipo del producto o servicio para validar su efectividad.
- Diseño conceptual de un producto o servicio para la seguridad antirrobo.

3.4 Proceso seguido y equipo de trabajo

El proyecto se divide en cinco principales etapas: 1) Ciclo 1.0, 2) Usuarios y experiencia, 3) Producto y prototipo 1, 4) Prototipo 2 y 5) Diseño del Sistema de Antirrobo. Estas etapas representan la forma en que el equipo de trabajo cambió a lo largo del desarrollo del proyecto. Durante todo el proceso de diseño, se contó con el asesoramiento de profesores del Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT) de la Facultad de Ingeniería y del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial (CIDI) de la Facultad de Arquitectura.



Dr. Vicente Borja Ramírez



Arq. Arturo Treviño



Dr. Alejandro Ramírez Reivich

Figura 9. Profesores asesores.

3.4.1 Etapa 1: Ciclo 1.0

Como se ilustró en el capítulo anterior: *Antecedentes*, en una etapa previa al proceso de diseño, se realizó una primera iteración del ciclo 1, que tenía como objetivo identificar los nichos de mercado para seleccionar una aplicación del vehículo personal y así, delimitar las características del proyecto.

Se realizó una investigación preliminar sobre Vehículos de Movilidad Personal, se seleccionó una aplicación: movilidad en el campus de Ciudad Universitaria. Se observó y entrevistó a usuarios, se diseñaron y fabricaron simuladores y maquetas que validaran las ideas de diseño, se realizaron pruebas con usuarios y se obtuvieron resultados referentes a las dimensiones del vehículo, posturas y preferencias del usuario, así como las posibilidades de éxito en este entorno.

En esta primera etapa, el equipo de trabajo estuvo formado por tres alumnos de la Maestría en Ingeniería Mecánica y una alumna de la carrera Diseño Industrial. El equipo se muestra en la figura 10.



María Esther López Torres
[Estudiante de Maestría]



Xanat Corchado Ramos
[Diseñadora Industrial]



Isandra Danae Martínez Cortés
[Estudiante de Maestría]



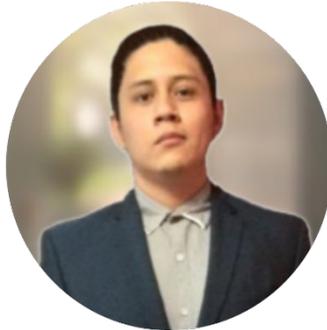
Sergio Hernández Sánchez
[Estudiante de Maestría]

Figura 10. Equipo de trabajo etapa 1.

3.4.2 Etapa 2: Usuario y experiencia

La segunda etapa del proyecto inicia con los resultados de la búsqueda de la aplicación y con la intervención de una empresa colaboradora de mensajería, la cual establece sus necesidades y abre el panorama a un nuevo nicho de mercado: entrega de paquetería. A partir de ahí, se plantea la problemática y se comienza con el proceso de diseño, comenzando con los dos primeros ciclos de la metodología donde se obtienen las necesidades, el perfil del usuario y una experiencia diseñada.

En esta etapa del proceso, el equipo de trabajo estuvo formado por los estudiantes de maestría antes mencionados: María Esther López Torres, Isandra Danae Martínez Cortés y Sergio Hernández Sánchez; y dos nuevos integrantes estudiantes de Diseño Industrial: David Alejandro Muñoz Pech y Gustavo David Pérez Velázquez.



Gustavo David Pérez Velázquez
[Estudiante de Diseño Industrial]

Figura 11. Nuevo miembro del equipo, etapa 2.

3.4.3 Etapa 3: Producto y prototipo 1

Una vez seleccionada la mejor experiencia, en la etapa 3 se delimita más la problemática a entrega de paquetería en corporativos y unidades habitacionales, se desarrollan los siguientes dos ciclos, donde se diseña el producto a nivel conceptual bajo la funcionalidad de acusar a corporativos; y se realiza la primera iteración del ciclo 4, donde se prototipo el producto. Se realizan pruebas con usuarios y se recibe realimentación para la siguiente versión de concepto.

En esta tercera etapa, el equipo de trabajo estuvo formado por los estudiantes de maestría antes mencionados: María Esther López Torres, Isandra Danae Martínez Cortés y Sergio Hernández Sánchez, un diseñador industrial: Gustavo David Pérez Velázquez, y dos nuevos integrantes también estudiantes de la Maestría en Ingeniería Mecánica (figura 12).



José Carlos Rodríguez Tenorio
[Estudiante de Maestría]



Luis Gustavo García Conejo
[Estudiante de Maestría]

Figura 12. Nuevos miembros del equipo, etapa 3.

3.4.4 Etapa 4: Prototipo 2

Una vez obtenidos los resultados de las pruebas del primer prototipo, en la etapa 4 se diseñó un segundo prototipo basado en los comentarios recibidos, se manufacturó y se probó nuevamente con usuarios. Se obtuvieron resultados referentes al concepto, funcionalidad, capacidad de carga y apariencia del primer prototipo y se plantearon mejoras.

En la etapa 4, el equipo de trabajo estuvo formado por los estudiantes de maestría: María Esther López Torres, Isandra Danae Martínez Cortés, Sergio Hernández Sánchez y José Carlos Rodríguez Tenorio; un estudiante de Diseño Industrial: Gustavo David Pérez Velázquez y tres nuevos miembros alumnos de la licenciatura en Ingeniería Mecánica (figura 13).



Jonathan José Morales Vázquez
[Estudiante de Ing. Mecánica]



Jesús Armando Pérez Severiano
[Estudiante de Ing. Mecánica]



Fernando Martínez Agustín
[Estudiante de Ing. Mecánica]

Figura 13. Nuevos miembros del equipo, etapa 4.

3.4.5 Etapa 5: Sistema Antirrobo

Por último, la etapa 5 consiste en el diseño conceptual de un sistema de seguridad antirrobo para el VUM diseñado en las etapas anteriores. En esta última etapa, el equipo de trabajo sólo estuvo formado por la autora de este trabajo.



María Esther López Torres
[Estudiante de Maestría]

Capítulo 4.

Ciclo 1: Usuario

En este capítulo se inicia el proceso de diseño estableciendo el reto y el usuario, se interpretan y validan necesidades a partir de la investigación, observaciones y entrevistas; y al final del ciclo se obtiene una lista de necesidades clasificadas, filtradas y validadas, que dan pie a los requerimientos del diseño. En la figura 14, se desglosan las actividades más relevantes en este ciclo.

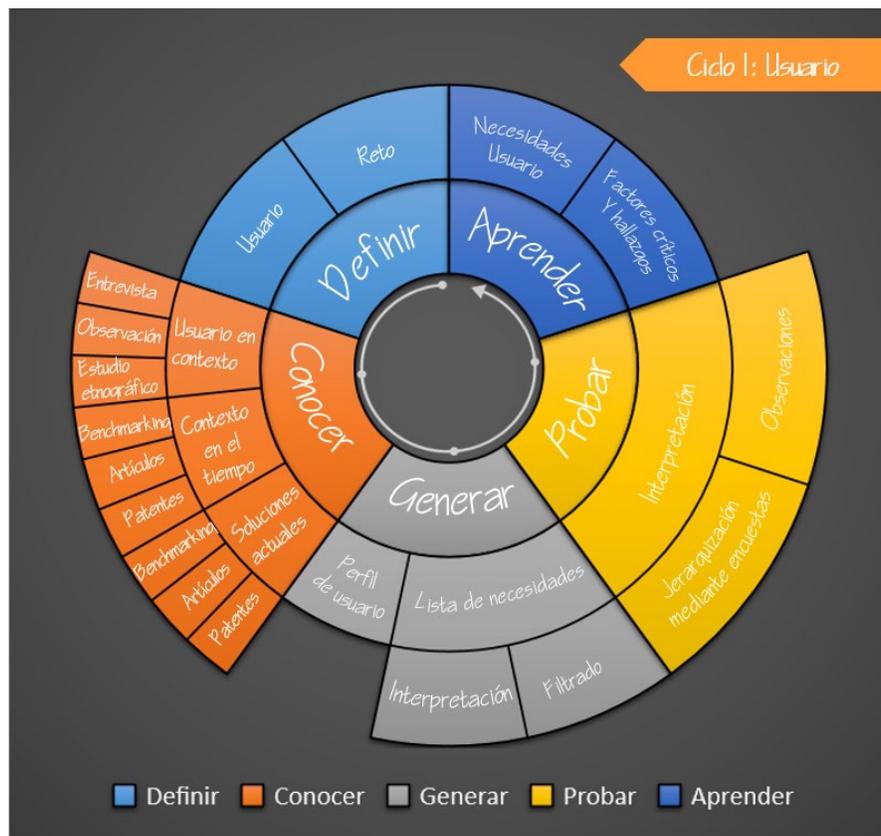


Figura 14. Ciclo 1: Usuario.

4.1 Reto

El proceso comienza por escuchar las necesidades explícitas por parte de la empresa colaboradora *Re!Corre*, quien manifiesta un reto de movilidad en mega ciudades: la entrega de paquetería. Las problemáticas fundamentales se refieren al acceso con camionetas (la principal manera de reparto) en zonas de calles estrechas, de tráfico, de tianguis, de calles muy congestionadas como en el centro histórico; dificultad para encontrar estacionamiento y los problemas viales que implica; reducir costos de envío debido principalmente al uso de combustible fósil; y tiempo de envío, ya que es un servicio que promete rapidez.

De esta forma el reto en el ciclo 1 se establece como: *Diseñar un Vehículo de Movilidad Personal eléctrico que haga más eficiente la entrega de paquetes respecto a cómo se hace actualmente, sobre todo para zonas de difícil acceso.*

4.1.1 Colaborador

La principal razón por la cual el destino del proyecto se dirigió hacia los retos de la última milla en paquetería es la presencia de una empresa colaboradora que descubre un nicho de oportunidad, ofrece un usuario observable y realimentación por parte de un cliente que viven día a día los desafíos de movilidad en mega ciudades.

Re!Corre es una empresa Mexicana dedicada al reparto de última milla dirigido a empresas con servicio de comercio electrónico, su servicio está disponible en la Ciudad de México, y diferentes ciudades del país.



Figura 15. Colaborador.

Imagen: tomada de la empresa colaboradores.

4.1.2 Usuario



Dado que estamos al inicio del ciclo 1, y el objetivo es partir de lo general a lo particular a través del desarrollo de los ciclos, se establece superficialmente al usuario como *chofer y repartidor de paquetería*: **en su mayoría masculinos entre 25 y 45 años de edad**, de complexión **robusta** y **estatura media**, en este caso, miembros de la empresa Re!Corre. El usuario se redefine y detalla a lo largo del ciclo 1, esperando obtener su perfil al final del mismo.

4.2 Usuario en contexto

Ya establecido el reto y el usuario, se ejecuta la función *conocer* como se muestra en la figura 14, que nos permite involucrar al usuario en el proceso de diseño y cuya principal meta es diseñar soluciones a necesidades reales a través de conocer a los afectados.

En esta sección se hace un espacio a descubrir y entender el usuario por medio de entrevistas que muestran sus anhelos y dificultades en la interacción con el reto; observaciones que ilustran aquellas ideas que el usuario no siempre menciona; y haciendo uso de investigación de su contexto social, económico, geográfico y cultural.

4.2.1 Información preliminar

Inicialmente, planteamos información preliminar, producto de pláticas con el cliente e investigación sobre las actividades que realiza la empresa y los trabajadores. Posteriormente, a través de las observaciones y entrevistas, se verificará o desmentirá dicha información con el objetivo de visualizar la situación lo más transparentemente posible.

Dentro de la información proporcionada por parte del colaborador, a quien identificamos como nuestro **cliente**, acerca de su servicio se encuentra: renta mensual o diaria con servicio de lunes a viernes en horario de 09:00 a 18:00 horas, renta de unidad dedicada completamente, operador dedicado, kilometraje

libre, gasolina libre incluida, rastreo satelital personalizado, escaneo y envío de evidencias de entrega, estacionamientos y parquímetros incluidos y capacitación del personal.

Dos de sus principales clientes son empresas internacionales de comercio electrónico y los principales lugares de reparto son lugares populares habitacionales y corporativos en la Ciudad de México, y en varias ciudades del país. Para entregas en zonas de fácil acceso se envía sólo una persona que cumple con el trabajo de chofer y repartidor, generalmente porque en estas zonas existen lugares disponibles para estacionamiento. Sin embargo, para zonas de difícil acceso donde hay calles estrechas, escaleras, tianguis, etc., donde no es fácil encontrar estacionamiento, se envían dos personas: el chofer y el repartidor, para que, mientras uno reparte, el otro se mantenga al tanto de los paquetes y la camioneta que no se pudo estacionar.

La ruta de entrega es previamente programada y consiste de aproximadamente 50km de recorrido por vehículo, en el que se reparten entre 50 y 150 paquetes. Las entregas se realizan en motocicletas y en camionetas, donde los paquetes son acomodados desde el inicio del recorrido para su fácil identificación.

Las ofertas laborales aportan información acerca del perfil del usuario. Algunos anuncios de trabajo se sintetizan en la figura 16, donde se describen los requisitos de edad, escolaridad, experiencia requerida, habilidades, salario y horario de trabajo.



Solicita chofer repartidor

- ① Sexo: Masculino
Edad: 18 - 36 años
Escolaridad: Bachillerato
- ②
 - Licencia vigente tipo A.
 - Reparto de pedidos en ruta establecida.
 - Experiencia mínima de 1 año.
- ③ Salario: \$7,000 mensuales
Lunes a Sábado de 07:00am a 05:00pm.

Figura 16. Oferta laboral chofer repartidor.

4.2.2 Observaciones y entrevistas

Bajo la supervisión del colaborador, cuatro miembros del equipo realizaron observaciones y entrevistas en el centro de distribución sobre el llenado de camionetas y motocicletas con paquetes de distintos tamaños y rutas; además, se realizaron recorridos de 3 horas con cuatro de las camionetas repartidoras, lo que permitió observar y entrevistar a tres usuarios repartidores y cuatro usuarios chofer. En total se entrevistaron a 10 personas a lo largo de 12 horas de observación.

Almacén. El primer encuentro con el usuario fue al acceso, los choferes, repartidores y vehículos (motocicletas y camionetas) se reúnen minutos antes de las 7am en la entrada del centro de distribución esperando el acceso para el llenado de vehículos y recibir la ruta previamente programada. En este tiempo previo, los usuarios disfrutaban de una amena charla y aprovechan para tomar el desayuno. Además, se puede observar el perfil anatómico del usuario: en su mayoría jóvenes, de complexión delgada y estatura media. En la figura 17 se muestran algunas fotografías del encuentro.



Figura 17. Acceso al centro de distribución

Llegada las 07:00hrs, sólo los choferes entran al almacén, los que llevan camioneta reciben un estante (figura 18) y los que llevan motocicleta reciben bolsa con los paquetes de la ruta del día (figura 19). La camioneta está encargada de repartir paquetes medianos y grandes, mientras que la motocicleta entrega paquetes pequeños y sobres (figura 20). Se realiza el llenado de los vehículos contabilizándolos (ningún vehículo sale con ruta incompleta), pero no se tiene especial atención en el orden para su identificación al ser entregados, más bien se ordenan por espacio ocupado (figura 21), esto debido a que, una vez terminado el llenado, la ruta se entrega en un dispositivo móvil al chofer quien cuenta con acceso mediante un usuario y contraseña (que depende del vehículo a su cargo). Una vez dentro de la aplicación, el chofer puede ver la ruta. El teléfono es entonces sujetado a una base magnética en el tablero del vehículo y el chofer sale del almacén para encontrarse con su compañero repartidor (asignados aleatoriamente) en la entrada del mismo. Esta actividad, desde el acceso a las 7:00hrs hasta el encuentro con el repartidor asignado, lleva alrededor de 30 min y se realiza con completa energía y eficiencia. En los próximos 10 a 15 min el vehículo se desplaza a la zona o colonia del primer destino.



Figura 18. Llenado paquetes camioneta.



Figura 19. Llenado de paquetes en motocicletas.



Figura 20. Paquetes medianos y grandes (izquierda) y sobres (derecha).



Figura 21. Orden de los paquetes.

Se realizó el recorrido de entregas en camionetas, a bordo un chofer, un ayudante y un miembro del equipo de diseño. El servicio de reparto en motocicletas es subarrendado, y dado que es monoplaza, no se pudieron hacer entrevistas ni recorrido con ellos. Algunos datos importantes resultado de la conversación y observación de los usuarios y la realización de sus actividades son divididos en tres categorías: protocolo de entregas, perfil del usuario y condiciones de trabajo.

Protocolo de entregas. Muestra la forma en que se realizan las actividades para lograr la entrega y las consideraciones que se toman ante problemáticas presentes. Se distingue entre información de entrevistas e información producto de observaciones.

Entrevistas

- El chofer va por la mañana por la camioneta a una bodega donde se estacionan un día anterior, es su deber una vez terminada la jornada, regresarla a este lugar con el tanque de gasolina lleno. La empresa proporciona una cantidad de dinero mensual para la compra de combustible.
- En una jornada reparten hasta 150 paquetes, aunque el promedio son 60 paquetes.
- Se tiene un protocolo de entrega: se llega al domicilio, se localiza el paquete, se saca de la camioneta, se notifica al domicilio, se entrega al consumidor y en ese momento firman en el celular (figura 22).



Figura 22. Protocolo de entrega.

- Cuando no se localiza al destinatario, antiguamente el número de teléfono aparecía en el paquete, pero últimamente, el protocolo es llamar al centro que administra las rutas en la empresa, donde se encuentra el número de teléfono del destinatario. El repartidor llama y si es necesario, agendan una cita por la tarde. Si no contesta, es obligatorio volver por la tarde a realizar la entrega.

Observaciones

- El trabajo del chofer es conducir y esperar en la camioneta, pero dado que su hora de salida depende de entregar todos los paquetes, se vuelve un trabajo en equipo. En zonas seguras, el chofer ayuda al repartidor a buscar los paquetes. El chofer regresa a la van y el ayudante toca en el domicilio, el portero recibe su paquete, firma e inmediatamente regresa a la camioneta.
- Tienen un protocolo para evitar robos: las camionetas son blancas para evitar llamar la atención y ser identificados como empresa de mensajería, al sacar los paquetes la puerta se mantiene cerrada, y al acceder en *zonas rojas*, es decir, con mayor índice delictivo, los repartos se realizan las primeras dos horas (de 8 a 10hrs), ya que se cree que los ladrones duermen a esa hora.
- Cuando llegan a unidades habitacionales o corporativos, donde se realizan más de tres entregas en un mismo edificio, el repartidor debe ir y regresar las veces que sea necesario hasta entregar todos los paquetes, ya que sólo puede trasladar el número de paquetes que pueda cargar con sus manos.
- Hay dos tipos de camionetas, unas con mayor capacidad de carga que las otras (figura 23).



Figura 23. Tipos de camionetas.

Perfil del usuario. Se refiere a la información acerca del usuario, las características de su labor y los aspectos que lo influyen.

Entrevistas

- Tanto el chofer como el repartidor viven en zonas lejanas al centro de distribución, al oriente y al sur de la ciudad.
- La jornada laboral del chofer es de 6:30am (cuando recoge la camioneta) a aproximadamente 6pm (cuando lleva la camioneta a la bodega).
- La jornada laboral para el ayudante es de 7am a terminar de repartir todos los paquetes, aproximadamente 5pm.
- Es por ello, que su mayor motivación es terminar de repartir pronto, de tal forma que hacen todo lo posible para entregar rápidamente.
- Las edades de los entrevistados van de los 20 a los 35 años.
- El tiempo trabajando en la empresa es de 6 meses a 1 año.

Observaciones

- No hay una sola mujer repartidora.
- La mayoría de los repartidores y choferes son de complexión delgada y de estatura media.
- Visten ropa y calzado cómodo, pantalón de mezclilla y tenis.

Condiciones de trabajo. Muestra las circunstancias en que el usuario realiza sus actividades que influyen en el desempeño y emociones.

Entrevistas

- Dado que su jornada laboral depende de terminar de repartir, algunos usuarios no se detienen para comer o ir al baño. Algunos otros llevan su lunch y comen entre entregas, y otros se toman el tiempo para comer en algún puesto o local.
- La forma de ir al baño durante la jornada laboral es pidiendo permiso de entrar en corporativos o unidades habitacionales donde hay oficial de vigilancia o baños públicos.
- Algunas veces, el chofer espera hasta una hora a que el repartidor entregue en el mismo lugar (unidad habitacional o corporativo). “Mi compañero se perdió y no encontraba la salida, yo ya estaba preocupado”
- Utilizan el mismo teléfono para ver la ruta y para que el destinatario firme de recibido, por lo que el dispositivo móvil se fija y separa de la base magnética en el tablero cada vez que hay una entrega. Eso es poco eficiente.

Observaciones

- Tienen prohibido utilizar mochila como medida para evitar robos, así que no tienen dónde guardar sus pertenencias dentro del vehículo.
- Las pertenencias que llevan consigo son: tres teléfonos celulares (uno de la empresa con la ruta, otro para comunicación y otro personal), identificación oficial (pues es requerida para hacer entregas en unidades habitacionales y corporativos), llaves del vehículo, refresco como bebida, algunos comparten, por lo que llevan de 3 litros.
- La mayoría de los repartidores usan gorra para el sol.
- El chofer utiliza estrategias para no quemarse la piel de los brazos mientras maneja.
- El chofer viste un chaleco amarillo, el repartidor viste de civil.
- Su mayor frustración es no localizar a alguien que reciba los paquetes o no encontrar el domicilio debido a errores en el mapa, referencias o nombres mal escritos.
- No utilizan cinturón de seguridad, pues no usarlo, agiliza el ascenso y descenso del vehículo, ya que algunas veces las entregas son muy próximas.
- Al no haber un orden en acomodo de los paquetes, al llegar al domicilio se pierde tiempo buscando el paquete correcto.
- Con forme se vacía el contenedor, los paquetes chocan entre sí y se desacomodan.
- Uno de los mayores problemas es encontrar estacionamiento para descargar, por lo que debe buscar lugar disponible, aunque se alejen del domicilio, a veces se estacionan en doble fila.
- Otro aspecto que les preocupa es ser multados o que el vehículo se les averíe, aunque esto casi nunca sucede.
- Dado que buscan la manera de reducir el tiempo entre entregas, algunas veces el chofer no apaga el vehículo mientras espera, lo que resulta en pérdida de combustible y generación de contaminación.
- Algunas veces, los choferes hacen maniobras para subir pendientes con la camioneta van, por lo que disminuye el tiempo de vida del vehículo.

Posterior al recorrido por el centro de distribución y rutas de entrega, se recopiló la información de las observaciones y entrevistas y se documentó en un mapa de actividades el cual se muestra en el anexo F.

4.3 Necesidades

Se recopilaron frases por parte del cliente (empresa colaboradora) y los usuarios, que representan dificultades en la forma como se desempeña su trabajo actualmente. En esta parte del proceso, es importante documentar las frases como se escucharon, escribieron u observaron; posteriormente el diseñador las interpreta; se clasifican, en este caso, en tres categorías: “usos típicos de las camionetas”, “qué les gustó”, “qué no les gustó” y “sugerencias”; se identifica a quién impacta (chofer, ayudante o cliente); y se jerarquizan: el diseñador da mayor peso a aquellas que en su interpretación son más importantes. Los resultados de esta etapa se muestran en el anexo G.

4.3.1 Segunda clasificación y filtrado

Después de la primer clasificación e interpretación de las necesidades, se realiza un filtrado con el objetivo de identificar contradicciones, evitar repeticiones, resaltar las que más se repitieron y descartar aquellas con menor relevancia. Además, se realiza un segundo clasificado, identificado por las características del desempeño de la actividad, en este caso, se encontraron tres categorías: “vehículo”, “comodidad” y “paquetes” tablas 4-6.

P A Q U E T E S		
Jerarquía	Frase del cliente/usuario	Necesidad interpretada
5	Necesito meter, transportar y entregar paquetes de diferentes tamaños y pesos.	El VUM tiene la capacidad de almacenar, transportar y permite entregar paquetes de diferentes volúmenes y masas.
5	Caben hasta 120 paquetes.	EL VUM cubre la demanda de paquetes.
5	No me gusta que cada que busco un paquete tenga que cerrar la puerta para no llamar la atención.	El VUM permite la discreción del contenido.
5	No me gusta asolearme, ni caminar.	El VUM facilita una gran aproximación a los puntos de entrega.
4	Acomodo los paquetes por tamaño.	El VUM tiene el espacio para ordenar los paquetes.
4	Reacomodo los paquetes en cada entrega para evitar que se muevan.	El VUM permite la estabilidad de los paquetes.
4	No me gusta cuando tengo que llevar varios paquetes ir y regresar a la camioneta.	El VUM permite entregar varios paquetes a la vez.
3	Busco los paquetes por tamaño y número de orden.	El VUM permite la identificación de los paquetes.

Tabla 4. Necesidades filtradas y jerarquizadas: paquetes.

VEHÍCULO

Jerarquía	Frase del cliente/usuario	Necesidad interpretada
5	Si me apuro, puedo salir temprano.	El VUM permite hacer entregas rápidas.
5	No suelo utilizar el cinturón de seguridad.	El VUM cuenta con sistema de seguridad.
5	Gasto mucho en combustible.	La relación costo beneficio del VUM es alta.
5	Me gusta cuando no hay tráfico	El VUM circula fácilmente en zonas con tráfico.
5	En las pendientes tengo que agarrar vuelo y no frenar para que la camioneta no se regrese.	El VUM opera en diferentes condiciones de terreno.
5	No me gusta que es complicado encontrar donde estacionar la camioneta.	El VUM se estaciona en espacios reducidos.
4	No me gusta tener que abrir y cerrar varias veces las puertas de la cabina del operador.	El VUM facilita el ascenso y descenso.
4	Hago entregas en un ruta de 50km diario.	El VUM cubre una ruta diaria.

Tabla 5. Necesidades filtradas y jerarquizadas: vehículo.

COMODIDAD

Jerarquía	Frase del cliente/usuario	Necesidad interpretada
4	Me gusta que pueda quitar el teléfono fácilmente	El VUM permite ver la ruta fácilmente.
3	Me gusta escuchar música	El VUM procura hacer el viaje mas ameno.
3	No me gusta que mi refresco se caiga y se caliente.	El VUM tiene espacio para colocar bebidas sin derramarlas y mantenerlas frescas.
3	No tengo donde guardar mis pertenencias personales, mi lunch y mi refresco.	El VUM tiene espacio para guardar pertenencias personales, alimentos y bebidas.
3	No me gusta que no haya timbre	El VUM puede notificar al cliente de su arribo.
3	No me gusta que se me quemen los brazos.	EL VUM ofrece protección contra el clima.

Tabla 6. Necesidades filtradas y jerarquizadas: comodidad.

Para realizar la jerarquización, la escala representa qué tan importante es la función y va de 1 al 5:

1. La función es indeseable. No consideraría un producto con esta función.
2. La función no es importante, pero no estaría mal tenerla.
3. Sería bueno tener esa función, pero no es necesaria.
4. La función es altamente deseable, pero consideraría un producto sin ella.
5. La función es de importancia crítica. No consideraría un producto sin esta función.

4.4 Factores críticos, hallazgos

Por medio de las entrevistas y observaciones se corroboró o redefinió la información preliminar. Por un lado, el perfil del chofer y el repartidor cambió de lo definido el inicio de este ciclo, dictan que son personas desde los **20 años y no mayores a los 40**, son de **complexión delgada (entre 70 y 80kg)** y **todos masculinos**. Por otro lado, se validó la información referente al servicio que brindan, el protocolo de entrega y las problemáticas de acceso.

Como resultado del primer ciclo, se obtiene el perfil del usuario mostrado en la figura 24 y descrito a continuación:



Figura 24. Perfil del usuario.

Ayudante. Masculino de entre 20 y 30 años de edad, de estatura media (1.65-1.75m), complexión delgada (70-80kg) con escolaridad de bachillerato, responsable y proactivo, con un salario de entre \$5,000 y \$6,500 mensuales, y jornada laboral de lunes a domingo con un día de descanso entre semana. Su principal actividad es entregar los paquetes al destinatario. Viste ropa y calzado cómodo para el desempeño de sus actividades y el clima.

Chofer. Masculino de entre 20 y 30 años de edad, de estatura media (1.65-1.75m), complexión delgada (70-80kg) con escolaridad de bachillerato, que cuenten con licencia para conducir, preferentemente con experiencia mínima de 1 año en trabajo de reparto y conducción, responsable y proactivo, con un salario de entre \$6,500 y \$7,500 mensuales, y jornada laboral de lunes a domingo con un día de descanso entre semana. Sus principales actividades es recoger y entregar la camioneta, cargar con combustible al final de la jornada, y conducir a lo largo de la ruta de reparto. Es responsable del cumplimiento de la ruta, los paquetes y el vehículo. Viste con chaleco diferenciador, ropa y calzado cómodo para el desempeño de sus actividades y el clima. Lleva consigo llaves del vehículo, identificación oficial y dispositivos móviles de comunicación.

Además del perfil del usuario, se obtiene un listado de necesidades interpretadas, filtradas, jerarquizadas y finalmente clasificadas en tres categorías: “vehículo”, “operador”, “comodidad” (figura 25).



Figura 25. Categorías de necesidades.

En las figuras 26 a la 28 se representan las necesidades como círculos de distintos tamaños, donde los más grandes muestran mayor jerarquía o importancia y con forme disminuye su tamaño, también disminuye su importancia.

En la categoría “vehículos”, se considera prioritaria la entrada a zonas de difícil acceso (condiciones de terreno y estacionamiento), la entrega en menor tiempo, seguridad del usuario, relación costo-beneficio; y con menor valor al ascenso y descenso sencillo.



Figura 26. Necesidades sobre el vehículo.

En la categoría “paquetes”, se considera prioritaria la capacidad de carga, y la seguridad del vehículo; con menor valor el orden, estabilidad e identificación de paquetes.

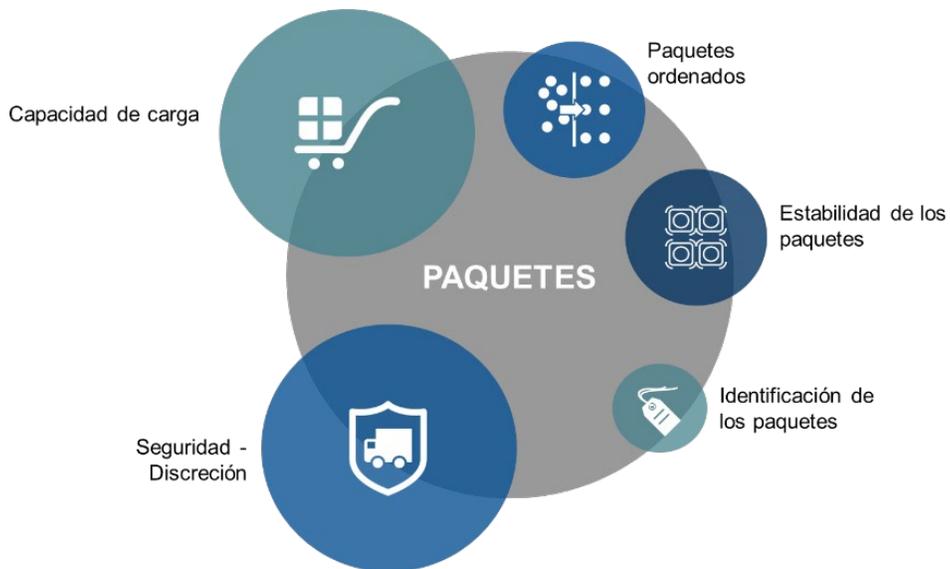


Figura 27. Necesidades sobre los paquetes.

Por último, en la categoría “comodidad”, se considera prioritaria la identificación de la ruta; con menor valor el espacio para bebidas, lunch y artículos personales, la notificación al cliente, la protección contra el clima y hacer el viaje ameno.



Figura 28. Necesidades sobre el operador.

Capítulo 5. Ciclo 2: Experiencia

En el capítulo anterior se realizaron entrevistas y observaciones para conocer al usuario y validar la información preliminar otorgada por el cliente. Como resultado se obtuvo el perfil del usuario y una lista de necesidades jerarquizada y categorizada que posteriormente se convertirán en requerimientos. El objetivo de este ciclo es diseñar una experiencia de uso para el vehículo. En la figura 29 se muestran las principales actividades de este ciclo.

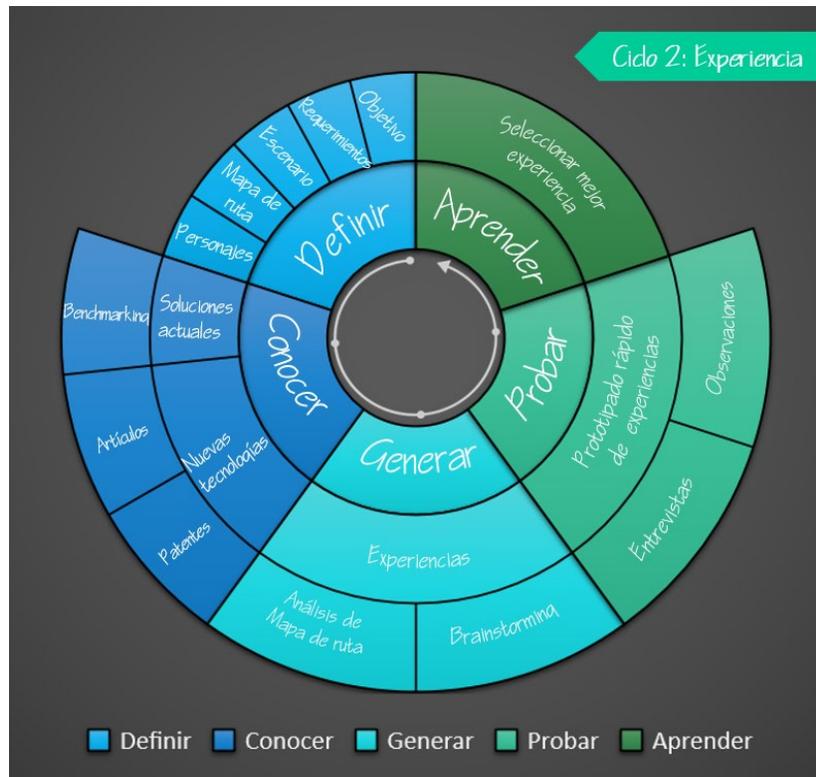


Figura 29. Ciclo 2: Experiencia.

5.1 Objetivo

Luego de lo aprendido en el ciclo anterior, el reto se replantea como: *Diseñar un Vehículo Última Milla (VUM) personal eléctrico que permita hacer más eficiente la entrega de paquetería en zonas de difícil acceso, reduciendo tiempo y costos de envío a mediano y largo plazo.*

Los ejes de la **propuesta de valor** son:

- Reducción de costo de combustible, impacto ambiental y gastos administrativos (tenencia, verificación y circulación diaria permitida), a través de sustituir la energía de combustibles fósiles por energía eléctrica.
- Reducción de tiempo de envío a través de la optimización de rutas, implementando vehículos personales con acceso a zonas de espacio reducido, y mejorando la distribución y aprovechamiento del personal, ya que sólo se requiere un repartidor por vehículo.

5.2 Personaje

El personaje, es el perfil del usuario estableciendo datos no reales, como nombre, edad, nacionalidad, intereses, actividades, etc., pero que describen el tipo de usuario meta. Sirve para representar el conjunto de población al que pertenece el usuario. La representación del chofer repartidor es completamente FICTICIO.

Iván Carmona

- Masculino 36 años
- Iztapalapa, CDMX
- Chofer repartidor del VUM

Acerca

Es chofer y repartidor del VUM, mide 1.70 m, pesa 75 kg y tiene 36 años de edad. Su jornada laboral es de 6:30am a 5pm de lunes a domingo con un día de descanso entre semana, su sueldo es de \$7,000 mensuales, viven en Iztapalapa y se traslada en transporte público al poniente de la ciudad donde trabaja.

Utiliza ropa cómoda como tenis, pantalón de mezclilla, chaleco y sudadera acoplado a las condiciones del clima como la temperatura (calor, lluvia, frío, etc.) u hora del día. Las pertenencias que lleva consigo son principalmente, las llaves del vehículo, una identificación oficial y su teléfono personal.

Rutina

Iztapalapa → Transporte público → Recibe VUM y paquetes → Hace entregas Conduce VUM → Entrega VUM

Comunicación

Ropa cómoda/clima

Figura 30. Personaje Iván Carmona.

Imagen: iconografía de *The Noun Project*.

5.3 Mapa de Ruta

El mapa de ruta, es la organización de la información del usuario, especialmente la documentación de la observación de “un día en la vida de”. Se describen las etapas o actividades que realiza el usuario a lo largo de un día completo (tratando de no olvidar nada por menos importante que parezca); además, se identifican los puntos de contacto con el producto o necesidad. El objetivo del mapa de ruta es identificar las áreas de oportunidad de innovación para la generación de experiencias, plasmando las emociones que el usuario tuvo a lo largo del día con el producto, o sin él, en la actividad.

5.3.1 Diagrama secuencial.

Sintetizada la información de las observaciones, se realizó un diagrama con el objetivo de visualizar la secuencia de actividades hechas por el usuario en un día normal. Se dividió en 3 etapas: pre-proceso, proceso y post-proceso.

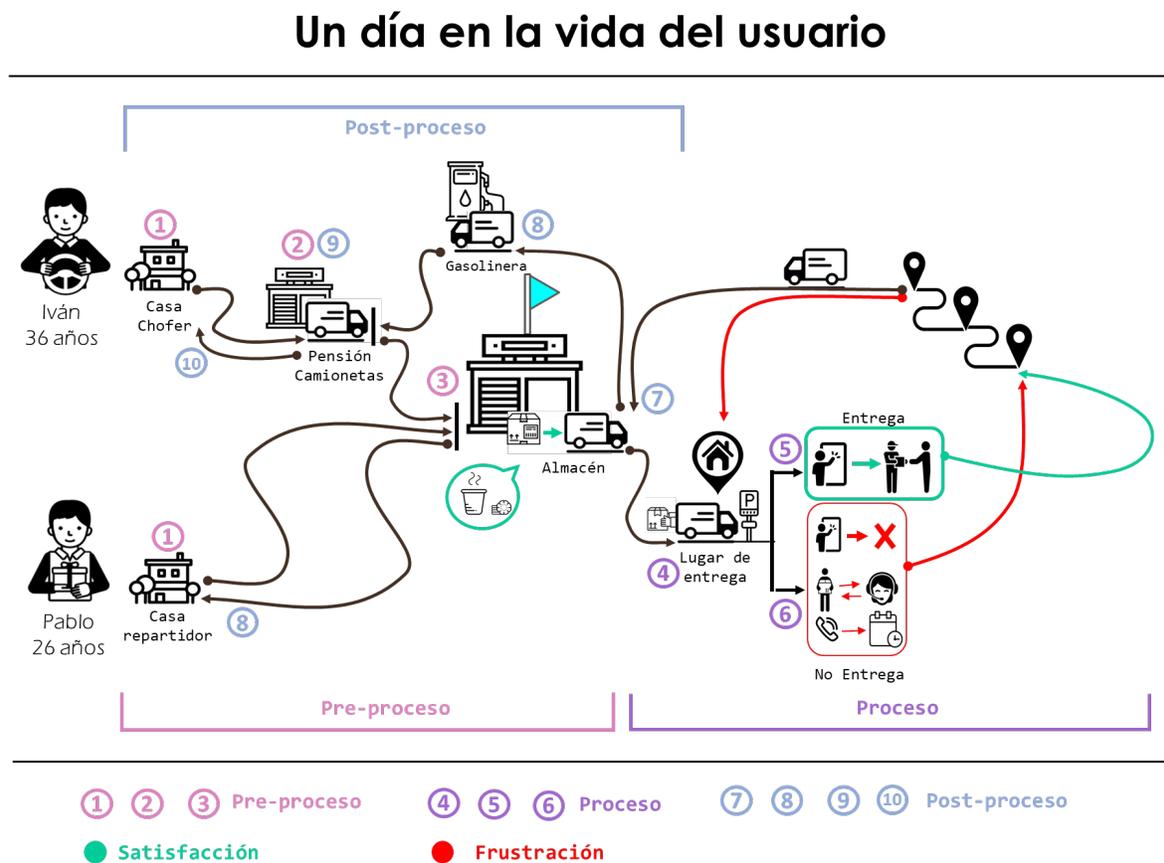


Figura 31. Proceso de reparto: un día en la vida de los usuarios.

Imagen: iconografía de *The Noun Project*.

Pre-proceso

1. Iván (chofer) y Pablo (repartidor) salen de su casa por la mañana.
2. Iván viaja en transporte público hacia la pensión, donde recibe la camioneta.
3. Ambos llegan al almacén, Pablo en transporte público e Iván en la camioneta de reparto. Minutos antes del acceso, esperan afuera mientras platican y toman el desayuno. Se realiza el acceso, el llenado de las camionetas con paquetes y la asignación de ruta y compañeros.

Proceso

4. Se trasladan a la zona de entrega, identifican el destino y se estacionan.
5. Si el receptor se encuentra, se realiza la entrega y continúan el reparto del resto de los paquetes a lo largo de la ruta.
6. Si el receptor no se encuentra, se lleva a cabo el protocolo y se continúa con las entregas, al final de la ruta se regresa a los destinos donde no se encontró el receptor.

Post-proceso

7. Una vez entregados todos los paquetes, regresan al almacén, donde se registra el trabajo del día.
8. El repartidor regresa a su casa. Por su parte, el chofer lleva la camioneta a cargar con combustible para trabajar el día siguiente.
9. El chofer lleva la camioneta a la pensión.
10. El chofer regresa a su casa en transporte público.

El mapa de ruta muestra las actividades mostradas en el mapa secuencial de nuestro personaje, chofer repartidor ficticio de 36 años de edad y que labora en la empresa Re!Corre. El mapa se divide en tres secciones: Pre-proceso, Proceso y Post-proceso, y cada sección en etapas que se muestran cronológicamente.

5.3.2 Pre-proceso

La etapa pre-proceso consiste en la descripción por etapas de la preparación de las entregas, desde que el chofer va por la camioneta a la pensión hasta que finalmente llega a la zona de reparto (figura 32).

Pensión de camionetas. El chofer sale de su casa y se dirige en transporte público a la pensión de camionetas para recogerla. Los horarios dependen de la distancia a su casa y el tiempo de transporte; sin embargo, se estima que la recepción de la camioneta es alrededor de las 6:30am.

A lo largo de esta etapa se considera un estado de ánimo neutro pues su objetivo es llegar puntual a pesar del tráfico, pero debido al horario se realiza sin mayor estrés.

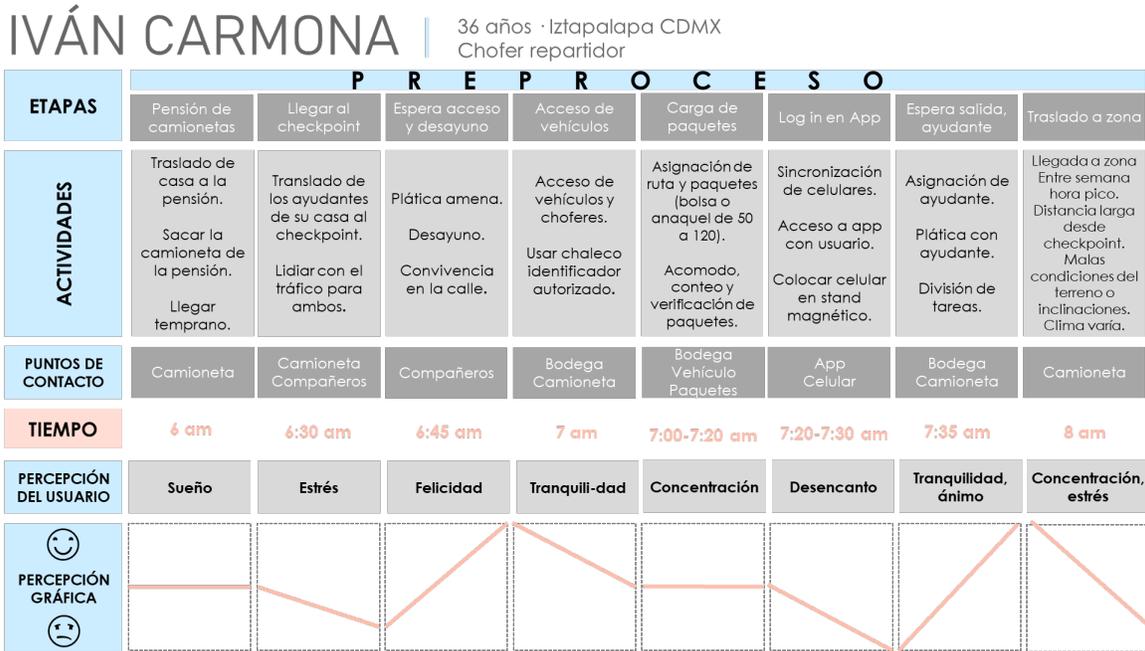


Figura 32. Mapa de ruta: Pre-proceso.

Llegar al checkpoint (o almacén). Mientras el chofer llega con la camioneta, los ayudantes repartidores también lo hacen, pero desde sus casas. Se interpreta una emoción parcialmente negativa por el estrés de llegar y los factores que influyen a su llegada.

Espera acceso y desayuno. Estando en la entrada del almacén, esperan el acceso a las 07:00 hrs. Esta situación propicia un ambiente de convivencia donde se aprovecha para tomar el desayuno. Esta etapa se percibe alegre, ya que se observa plática amena y sirve para socializar.

Acceso de vehículos y carga de paquetes. Los choferes accesan al centro de distribución con su vehículo asignado, para ello, es indispensable portar un chaleco de autorización que lo identifica. Una vez dentro, se les asigna una ruta y los paquetes correspondientes, a las camionetas se les entrega paquetes medianos y grandes en un estante y a las motocicletas paquetes pequeños y sobres en una bolsa. Se realiza el acomodo, conteo y verificación de los paquetes y la ruta. El punto de contacto en esta etapa entre usuario-objeto es mediante los paquetes y los vehículos. En esta situación se considera una emoción media ya que se realiza con un poco de estrés, pero mucha energía por comenzar el día.

Log in en App. Se asigna un dispositivo móvil que incluye una aplicación con la ruta de entrega programada. El chofer debe registrar sus datos y acceder tanto al dispositivo como a la aplicación. Se pudieron observar dificultades técnicas al utilizar la aplicación, lo que generó ligera frustración en el chofer, quien previamente mantenía un nivel alto de energía por iniciar el día.

Espera salida y ayudante. Después de resolver las dificultades con la aplicación y tener el dispositivo móvil con la ruta a la vista, a cada chofer se le asigna un ayudante arbitrariamente, con el cual se reúne a la entrada del almacén. Esta etapa se considera de tranquilidad.

Traslado a zona. Esta etapa se considera de estrés ya que el horario implica congestionamiento vial, y debido a la distancia, se invierte alrededor de media hora, lo cual resta tiempo de entrega. Además, llegar a la zona de reparto implica malas condiciones de terreno o bloqueos. Por ello, se considera una emoción de estrés y concentración.

5.3.3 Proceso

La etapa proceso consiste en la descripción por etapas del reparto de paquetes, desde que el chofer encuentra el primer destino, hasta que termina la entrega de paquetes (figura 33).

Encontrar destino. Una vez en la zona de reparto, se descifra la ubicación de la entrega en la app, se identifica la casa y se busca estacionamiento. Algunos inconvenientes son las calles estrechas, perros y estorbos. Hay un punto de contacto con el vigilante y el terreno. Esta situación se considera negativa, ya que se presentan muchos inconvenientes como no encontrar estacionamiento, que el mapa no coincida en nombre o numeración, etc.

Buscar paquete. Ambos, conductor y repartidor bajan de la camioneta y busca el paquete correspondiente al destino. La apertura y cierre de las puertas de la cabina es una tarea repetitiva, se realiza dos veces el número de destinos (100 veces en promedio), ya que se abren para bajar y para subir. Además, la búsqueda de paquetes se realiza con la mayor discreción posible cuidando de no hacer visible el contenido de la camioneta. Por otro lado, dado que sólo se dispone de un dispositivo móvil, el celular que marca la ruta es el mismo que el repartidor lleva para recolectar la firma de recibido. Esta tarea, también es repetitiva y requiere un dispositivo de anclaje y des anclaje al tablero de la camioneta. En este caso, utilizan una base magnética para sujetarlo.

IVÁN CARMONA

36 años · Iztapalapa CDMX
Chofer repartidor

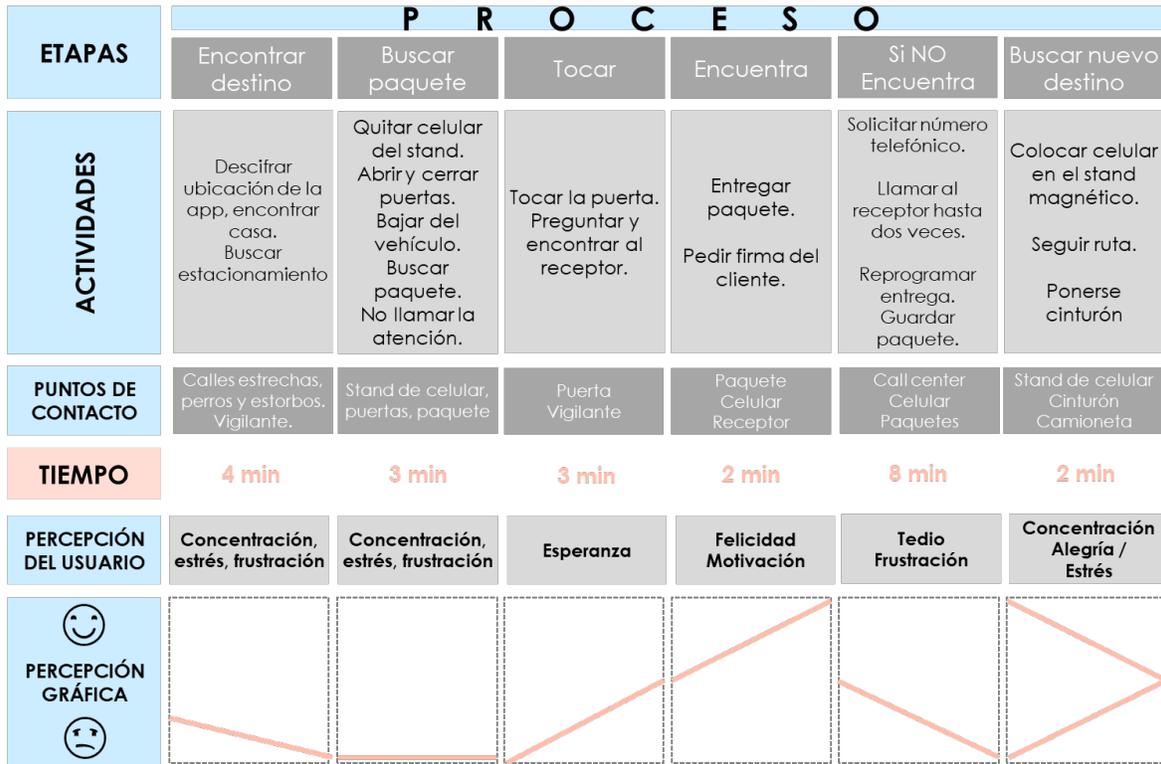


Figura 33. Mapa de Ruta: Proceso.

Tocar a la puerta. Después de ubicar el domicilio y encontrar el paquete, se toca la puerta. Si el receptor se **encuentra**, se realiza la entrega y se recolecta la firma de recibido. **Si no se encuentra** se realiza el protocolo: llamar al centro que administra las rutas en la empresa, donde se encuentra el número de teléfono del destinatario, el repartidor lo llama y si es necesario, agendan una cita por la tarde; si no contesta, es obligatorio volver por la tarde a realizar la entrega. Se procede entonces a repartir en el **siguiente domicilio**.

5.3.4 Post-proceso

La etapa post-proceso consiste en la descripción por etapas después del reparto de paquetes, desde el regreso al checkpoint, incluyendo el break para alimentos, hasta el regreso a su casa (figura 34).

Break. Algunos usuarios, toman un espacio de la jornada para comer o ir al baño. Algunos otros prefieren continuar con las entregas y hacerlo al final de la jornada, o durante, en espacios de espera.

IVÁN CARMONA

36 años · Iztapalapa CDMX
Chofer repartidor

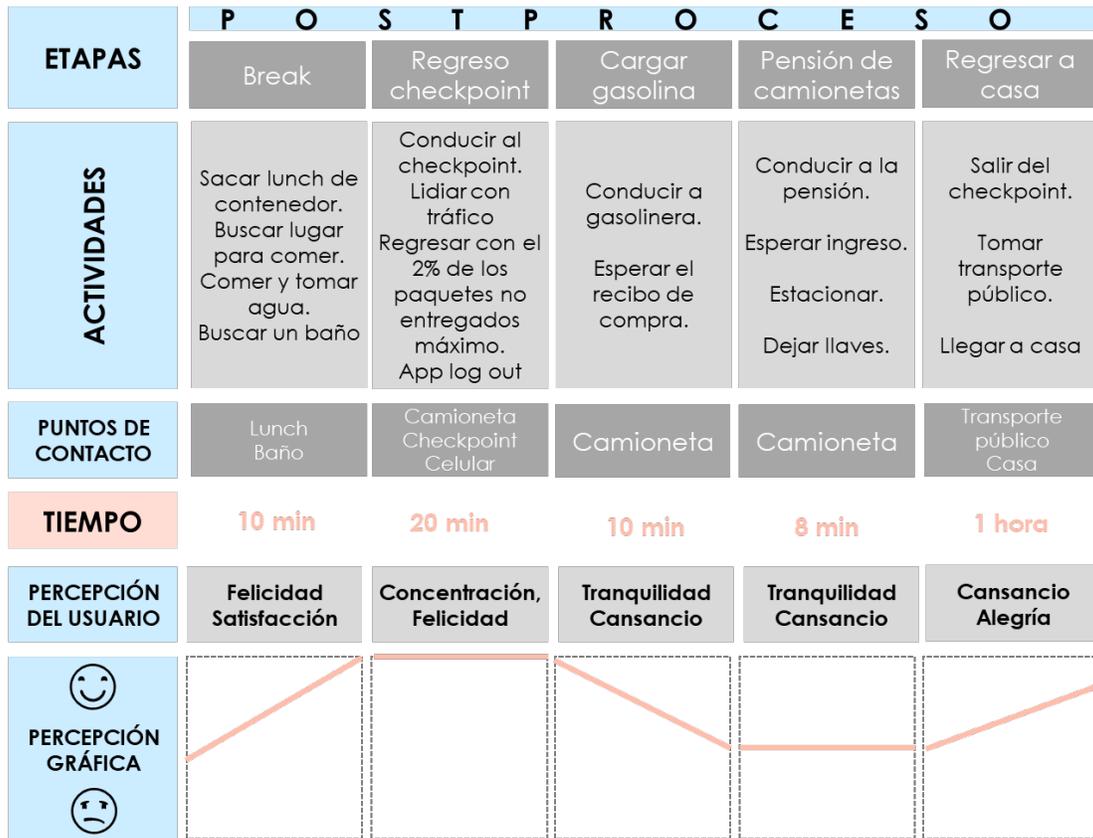


Figura 34. Mapa de Ruta: Post-proceso.

Regreso al checkpoint. Posterior al reparto de al menos el 98% de los paquetes, el chofer regresa al checkpoint para registrar los resultados del día y entregar el dispositivo móvil. El estado emocional es de felicidad por terminar el día laboral.

Pensión de camionetas. En camino a dejar la camioneta a la pensión donde se guarda, pasa por la estación de gasolina a cargar el tanque para el día siguiente y finalmente se dirige a su casa en transporte público. En estas etapas se considera un estado emocional de cansancio, tranquilidad y felicidad por terminar sus actividades del día y tener la libertad de reunirse con familia, amigos o simplemente descansar.

5.4 Escenario

El escenario, es la proyección que se puede hacer, partiendo de contextos presentes y pasados, tanto del producto como de la información del usuario. Con ellos, se pretende conocer tendencias y futuros contextos para detectar áreas de oportunidad. Es un instrumento aplicable al diseño de la experiencia que describe una situación futura y los acontecimientos que llevan a ella desde la situación actual. Para construir un escenario, es necesario tener información de contexto que justifique las proyecciones.

5.4.1 Geografía.

El escenario geográfico definido es la Ciudad de México debido a distintos factores: es la mega ciudad más grande en nuestro país con una densidad de población de 8,800 habitantes por kilómetro cuadrado [1]; se encuentra en la zona centro sur de la República Mexicana (Ciudad de México, Estado de México y Morelia) donde en 2018 se realizaron hasta el 25% del total de las ventas electrónicas en el país [17]; y es el principal centro de distribución de nuestro colaborador con el mayor número de obstáculos en la última milla (figura 35b).

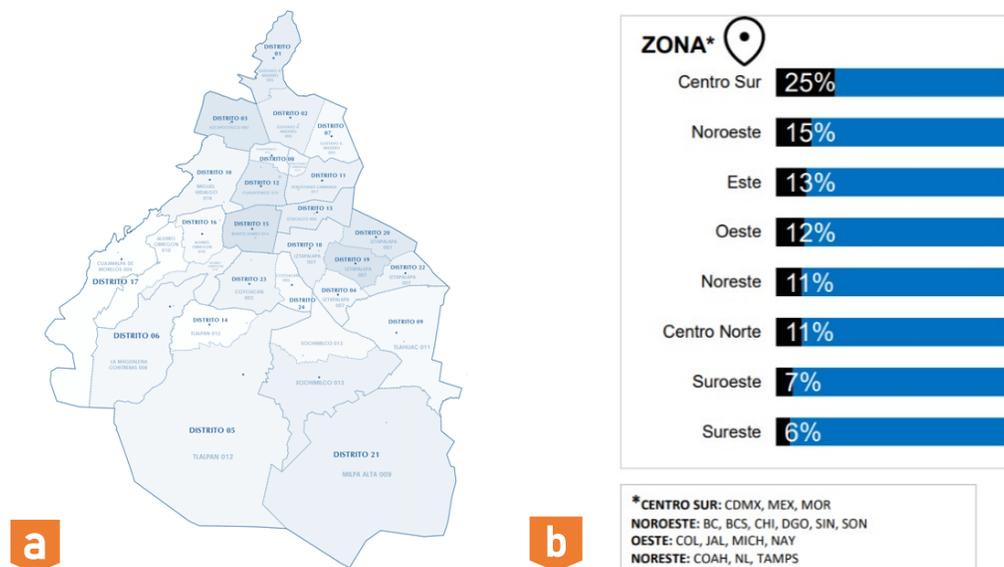


Figura 35. a) Mapa de la Ciudad de México, b) Principales compradores en línea en México por zonas.

Fuente: a) Imagen tomada de Wikipedia [18], b) Imagen tomada del 15° Estudio sobre los Hábitos de los Usuarios de Internet en México 2018, de Asociación de Internet MX [17].

5.4.2 Soluciones en el mercado

La búsqueda de productos en el mercado permite conocer las soluciones implementadas, en este caso, a las problemáticas de la última milla, con el fin de comparar e identificar tendencias tecnológicas.

Algunas soluciones de la empresa DHL para afrontar la última milla se refiere a la implementación de distintos vehículos para entrega: **carretillas de carga**, que son transportadas en camionetas para entregas de paquetes grandes o múltiples entregas (figura 36-a); **drones**, en colaboración con la empresa EHang para la entrega de paquetería urgente al sur de China, cuenta con autonomía de 8km, capacidad de carga de 5kg, realiza identificación visual y utiliza un GPS de alta precisión (figura 36-b) [19]; **Cubicycle**, un cuadríciclo mecánico personalizado que transporta una carga de hasta 125 kg (equivalente a dos vehículos de carga estándar), reduce hasta 16 toneladas de CO₂ al año (figura 36-c) [20]; y **Parcycle**, bicicleta mecánica adaptada con capacidad de 160 litros, para un recorrido promedio de 80km y dos llantas neumáticas, ha sido implementado principalmente en países Europeos (figura 36-d) [21].



Figura 36. Soluciones DHL.

Imagen: Elaboración propia con imágenes de [19], [20] y [21].

PostBot de DHL, es un robot seguidor de personas con capacidad de carga de hasta 150 kg, lo que contrasta con los 70Kg de capacidad de carga de una carretilla de carga. Su principal labor es la entrega de cartas y correspondencia. Fue diseñado y fabricado en Alemania en 2017 y actualmente está en fase de pruebas [22].



Figura 37. PostBot DHL.

Imagen: Elaboración propia con imágenes de [22].

StarShip Robot, fue creada por la empresa Starship en Londres en 2016. Aunque es un robot móvil autónomo con rastreador satelital GPS, se encuentra en fase de prueba, por lo que necesita supervisión humana. Se mueve a una velocidad de 6km/h y tiene una capacidad de carga de hasta 10kg o lo equivalente a tres bolsas [23].



Figura 38. StarShip Robot.

Imagen: Elaboración propia con imágenes de [23].

Scout de Amazon, es un robot autónomo con rastreo satelital de GPS. Fue diseñado en enero de 2019 para entrega de alimentos. Actualmente se encuentra en pruebas en Washington [24].



Figura 39. Scout de Amazon.

Imagen: Elaboración propia con imágenes de [24].

Roxo, es un robot autónomo con la capacidad de subir escaleras, pasar baches, charcos y subir calles inclinadas, debido a su diseño orientado a reparto de última milla. Tiene una capacidad de carga de 45kg y se mueve a 16km/h. Su prototipo se prueba en Memphis Tennessee desde febrero de 2019 [25].



Figura 40. Roxo de FedEx.

Imagen: Elaboración propia con imágenes de [25].

Loomo de Segway es un vehículo-robot, con autonomía de 35 km, velocidades de 8 km/h en modo robot y 18 km/h en modo vehículo con equilibrio automatizado. Cuenta con controles por medio de voz y gestos, Inteligencia Artificial que incluye una cámara Intel RealSense ZR300 de alta precisión y calidad, y tiene un grado de protección contra el agua IPX4 [26].



Figura 41. Loomo Segway.

Imagen: Elaboración propia con imágenes de [26].

CuBE, Continental Urban Mobility Experience, vehículo autónomo desarrollado por Continental y **ANYmal**, robot cuadrúpedo diseñado por Anybotics, forman el concepto de reparto para la última milla que consiste en un vehículo autónomo que transporta varios robots, y hacen la función de enjambre, donde cada robot realiza entregas de paquetería [27], [28].



Figura 42. ANYmal.

Imagen: Elaboración propia con imágenes de [27] y [28].

5.4.3 Contexto pasado, presente y futuro

Recopilación de información de contexto para visualizar el escenario futuro.

Pasado



Crecimiento poblacional



Comercio electrónico



Tecnología

- En 2010 la Ciudad de México ya era la 9na ciudad más grande del mundo con 19,250,000 habitantes [1].
- Según el índice de tráfico vial en 2017, la Ciudad de México tenía un nivel de congestión vial del 52% [2].

- En 2019 el comercio electrónico en México creció en un 28.6% respecto a 2018 [14].

- La entrega de mensajería o postal se ha realizado directamente en sucursales, a pie, camioneta, bicicleta o motocicleta.
- En la entrega en camioneta, se ha auxiliado de "diablitos" o carretillas.

Presente



Crecimiento poblacional



Comercio electrónico



Tecnología

- En 2020, la ciudad de México es la 9na mega ciudad más grande del mundo con 20,996,000 habitantes [1].
- En 2019, el nivel de congestión vial se mantiene del 52% [2].
- Se comienza a optar por movilidad personal y sustentable; se crean ciclo vías y reglamentación para regular su uso.

- En México, el comercio electrónico está al alza, especialmente impulsado por pandemia, en 2020 se espera que crezca un 60% respecto a 2019 [15].
- La zona centro del país es donde mayormente se realizan compras online en la república.

- Actualmente, la entrega de paquetes se realiza en camionetas y motocicletas.
- Comienza la aplicación de soluciones más prácticas a soluciones en la última milla, como cuadríciclos y bicicletas adaptados para entrega de paquetería (figura 36-c-d).
- Comienza la aplicación de nuevas soluciones semiautónomas o supervisadas, el uso de drones (figura 36-b, 38, 39).

Futuro	
 <p>Crecimiento poblacional</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se espera que la población continúe creciendo. • Se espera que con el crecimiento de la población, incremente el nivel de congestión vial. • Se espera un cambio en la forma de moverse; vehículos sustentables y más pequeños, mayor acceso a ciclo vías y estaciones de carga, movilidad inteligente, etc.
 <p>Comercio electrónico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En los próximos años, se espera que la modalidad de ventas por internet continúe a la alza debido al impulso tecnológico y a las condiciones de contingencia por la pandemia de Covid-19. • Se espera que los servicios de comercio electrónico aumenten en zonas urbanas además de la Ciudad de México.
 <p>Tecnología</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se espera el incremento y el mayor aprovechamiento de vehículos de movilidad personal. • Se espera el desarrollo más robusto y adaptación social de vehículos autónomos y la aplicación de robots móviles (figura 37, 40, 41, 42).

Tabla 7. Contexto pasado, presente y futuro.

Imagen: iconografía de *The Noun Project*.

5.5 Experiencias

Tras entender la logística de reparto, las necesidades cliente y usuario, y el contexto presente, pasado y futuro, se propusieron tres modelos de uso que resuelven las problemáticas de entregas en la última milla. Los requerimientos para el diseño de la experiencia son las necesidades mostradas en la tabla 4-6, considerando principalmente las de mayor jerarquía de cada categoría.

El **primer concepto de experiencia** consiste en un vehículo personal (VUM), que auxilia en la entrega de paquetes en zonas de difícil acceso, unidades habitacionales y corporativos. De esta forma, una camioneta de reparto sale del almacén con paquetes y un VUM (figura 43-1), realizan la entrega de paquetes habitual, pero en zonas de difícil acceso o donde se entregan varios paquetes en un mismo domicilio, la camioneta se estaciona en un lugar cercano (figura 43-2) y se hace uso del VUM (figura 43-3) para disminuir el tiempo de entrega (al agilizar el traslado en calles estrechas, tráfico, calles obstruidas, etc., y evitar que el repartidor regrese múltiples veces a la camioneta por más paquetes en unidades habitacionales y corporativos), una vez realizadas las entregas en esta zona, continúan el reparto normal hasta terminar la ruta. En este concepto participan un chofer y un repartidor.

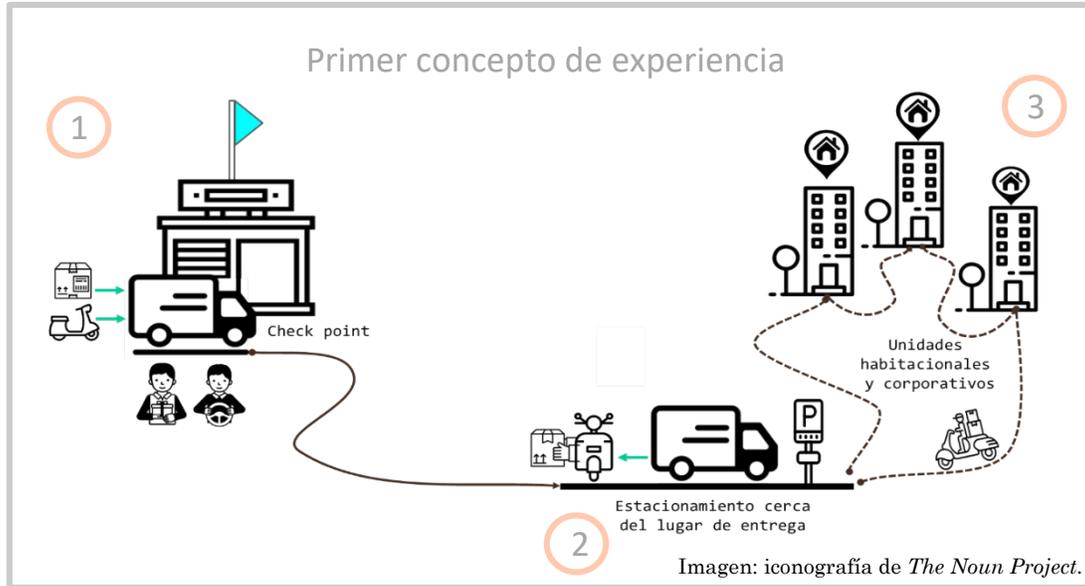


Figura 43. Experiencia 1.

El **segundo concepto de experiencia** consiste en un VUM que sale del checkpoint cargado con paquetes para toda una ruta de entregas (figura 44-1), permitiendo hacer entregas en casas, comercios, unidades habitacionales, corporativos, zonas de difícil acceso, etc. (figura 44-2). Una vez terminada la jornada laboral, el repartidor y el VUM regresan al checkpoint (figura 44-3). La mayor ventaja de esta propuesta es que elimina por completo la camioneta (y las dificultades que conlleva), y una persona que se quede a cuidarla. En este concepto participa un repartidor por vehículo o ruta de entrega.

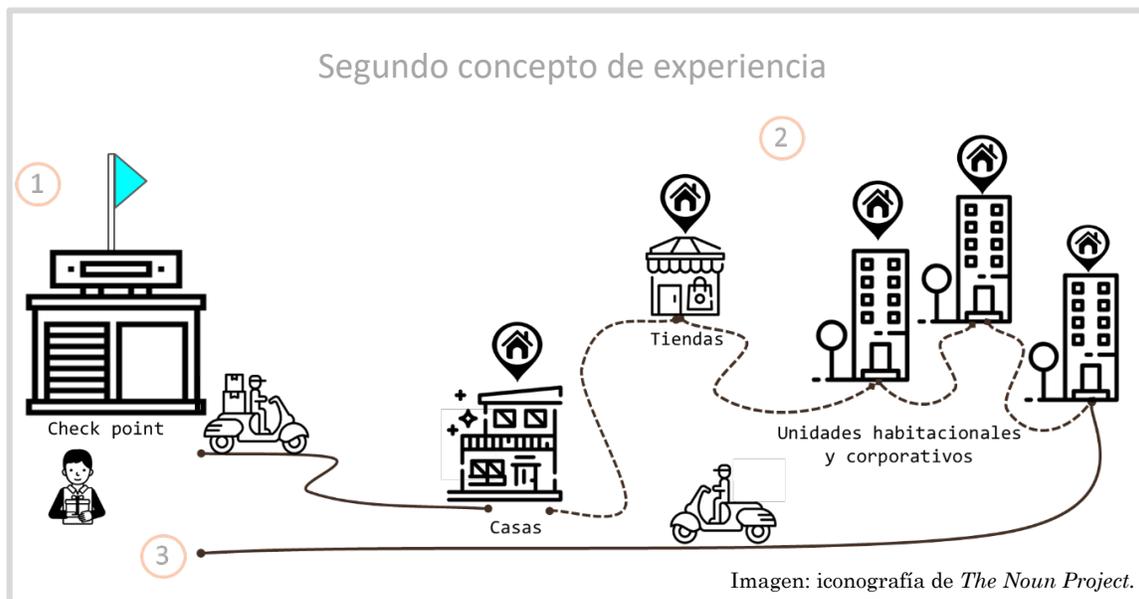


Figura 44. Experiencia 2.

Algunos aspectos de diseño que se deben considerar en el concepto 2 son las dimensiones, la autonomía del vehículo (distancias, velocidades, batería, peso), capacidad de carga (número de paquetes en una ruta, sus dimensiones y su peso), componentes (tamaño de llanta, potencia del motor, tipo de freno), seguridad del usuario, así como la categoría de vehículo que se diseñaría.

La **tercera propuesta es el concepto “enjambre”**, consiste en la distribución de varios VUMS en zonas de reparto, previamente transportados por una camioneta desde el checkpoint. Una camioneta con chofer sale del checkpoint cargada con varios VUM y paquetes (figura 45-1), se dirige a la zona de reparto y se estaciona en un punto de encuentro donde un grupo de repartidores esperan minutos antes (figura 45-2), de esta forma, cada VUM con paquetes es asignado a un repartidor y cada repartidor realiza entregas en casas, unidades habitacionales, comercios, corporativos, etc. (figura 45-3). de manera más ágil y en menor tiempo, logrando aumentar el número de paquetes por día. Mientras tanto, la camioneta puede realizar entregas de paquetes más grandes, proveer reemplazos de baterías, si es necesario, o incluso, una vez terminada la ruta, volver a cargar con más paquetes los VUM.

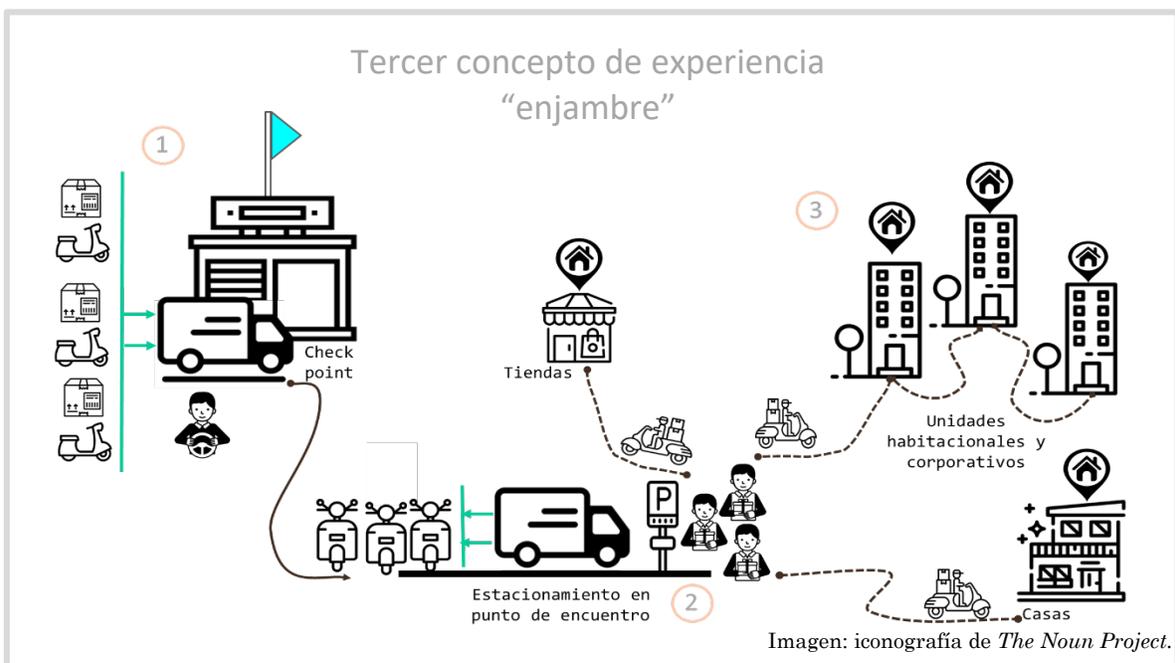


Figura 45. Experiencia 3.

Por último, al terminar la jornada laboral, los repartidores vuelven al punto de encuentro (figura 46-4), donde entregan el VUM al chofer (figura 46-5), quien los regresará al checkpoint en la camioneta (figura 46-6). Por su parte, los repartidores pueden ir a casa y el chofer seguiría su rutina habitual del post-proceso.



Figura 46. Experiencia 3.

La ventaja de este concepto es que se necesitan menos personas para entregar más paquetes y, con modificaciones logísticas, se aprovecharían todos los recursos humanos y materiales; además, las consideraciones de diseño no serían extremas, ya que la camioneta asumiría las distancias largas a la zona de reparto, entrega de paquetes grandes, y la dosificación de paquetes y baterías (por lo que las dimensiones, autonomía y capacidad de carga del vehículo no necesitan ser demasiado altas).

5.6 Factores críticos y hallazgos

Para seleccionar la experiencia se realizó una entrevista al cliente, donde se expusieron los resultados del ciclo 1 y del ciclo 2, se presentaron las experiencias se eligió la más adecuada respecto a los siguientes criterios:

1. El vehículo propuesto en la experiencia 2, se asemeja bastante a una motocicleta. Lo cierto es que, el reparto con este tipo de vehículo se ha limitado al sub arrendo, pues el número de accidentes es tan alto que lo vuelve un problema. Es por ello que el concepto 2 es descartado. Se busca entonces, un vehículo con velocidad baja que recorra distancias cortas, y con acceso a ciclovías que mitigue el problema adicional de los accidentes viales.

2. La propuesta 1 se consideró bastante buena porque satisface las necesidades adecuadamente; sin embargo, ¿por qué limitarse a un VUM si se pueden tener varios? al contraponerla con la propuesta 3, se resaltó la relevancia del concepto enjambre y su óptimo aprovechamiento de los recursos. Es por ello, que la propuesta elegida fue la tercera.

A partir de la selección del concepto de experiencia, se planteó por parte del cliente, la aplicación del VUM específicamente en corporativos, dado que la entrega en estas zonas genera mayor conflicto. El resultado de esa junta se presenta en los siguientes puntos y es referencia para iniciar el siguiente ciclo.

- “Que el VUM pueda acceder a centros comerciales y elevadores de corporativos”. Considerando aquellos lugares como plazas y locales comerciales donde no se permite el paso de vehículos que dejan huellas en el piso, para lo cual hay que cuidar las dimensiones y la estética. “Que no se vean las llantas/que no parezca vehículo motorizado”
- Características esenciales para el VUM: Ligero, uso rudo, modular, reparable, accesible a cualquier lugar, eléctrico, asistencia de movilidad mínima requerida equivalente a repartidor corriendo, capacidad de 35 o más paquetes (sobres). “que se transporte fácilmente”, “que sea seguro para el usuario”, “que sea fácil de guardar”, “que sea fácil de reparar”.
- Características del proyecto: Fabricable, escalable “que use componentes comerciales”, piezas de calidad.
- Zona para análisis de escenarios: Roma-Condesa, Benito Juárez, Miguel Hidalgo, complejos corporativos y edificios habitacionales. Tomar en cuenta mapa de eco bici.

Otros aspectos:

1. El principal agente de inseguridad para los paquetes es el mismo repartidor quien roba los mismos.
2. Dimensiones máximas del contenedor por lado de 60cm
3. Que tenga sistemas de seguridad antirrobo ¿Que lo pueda rastrear? “Prefiero perder el scooter que un paquete”.

Capítulo 6.

Ciclo 3: Producto

En el capítulo anterior se diseñó la experiencia y se estableció acotar el reto: entrega de paquetería en corporativos. En este capítulo se desarrolla el producto con la experiencia seleccionada y adecuado a los nuevos requerimientos. En la figura 47 se muestran las actividades más relevantes de este ciclo.

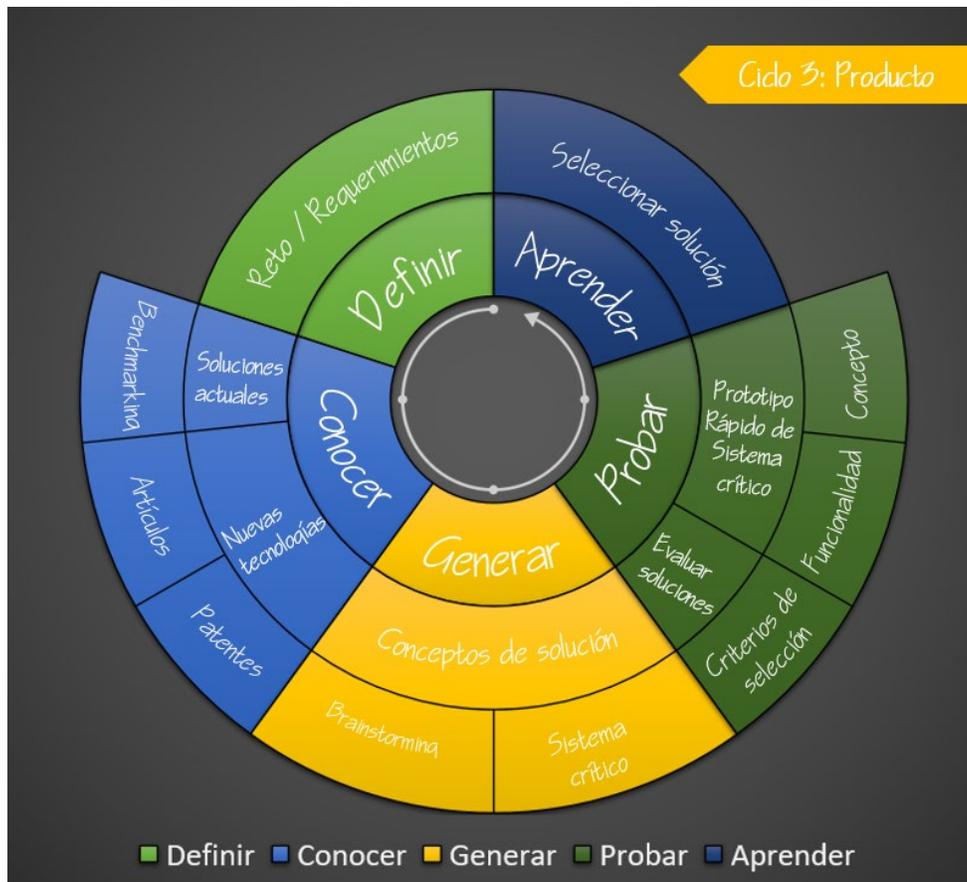


Figura 47. Ciclo 3: Producto.

6.1 Re-definición del reto

Luego de lo aprendido en el ciclo anterior, el reto se replantea como: *Diseñar un Vehículo de Movilidad Personal (VMP) eléctrico que permita la entrega de paquetes de una manera más eficiente en corporativos de la Ciudad de México, reduciendo tiempo y costos de envío a mediano y largo plazo.*

Información otorgada por el cliente refiere al acceso a corporativos y plazas comerciales principalmente de Polanco y Av. Insurgentes. Se requiere entrar por elevadores principales y evitar los de carga, ya que se emplea tiempo en exceso para realizar la entrega. Para ello es necesario un diseño estético, un tamaño y peso pequeño y que, de ser posible, no se identifique como vehículo motorizado, que sea fácil de transportar y que tenga una capacidad de carga de al menos 35 paquetes/sobres. Otros requerimientos por parte de la empresa son: que sea rastreable, que tenga sistema de seguridad antirrobo, que no exceda los 25km/h, que esté fabricado con piezas comerciales fácilmente adquiribles y que tenga un costo máximo de \$30,000 MXN.

6.1.1 Información preliminar

Geografía. Según la encuesta intercensal en 2015 del INEGI [29], las zonas más pobladas de la Ciudad de México se encuentran en las alcaldías Iztapalapa, Gustavo A. Madero, Álvaro Obregón, Tlalpan, Coyoacán y Cuauhtémoc es por ello que se presta especial atención al centro y norte de la ciudad como escenario para este proyecto considerando el tipo de terreno, vías principales y embotellamiento, zonas habitacionales, de ventas, corporativos o fábricas, etc.

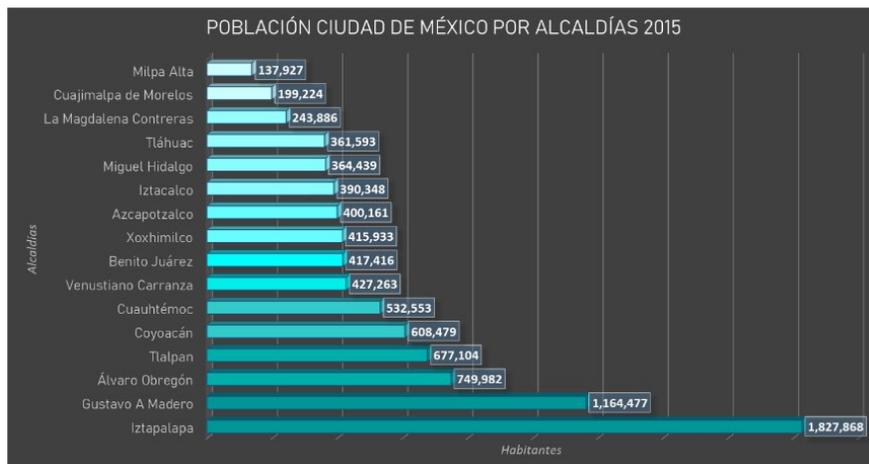


Figura 48. Número de habitantes por alcaldía.

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta intercensal en 2015 del INEGI [29].

Corporativos. Según Coldwell Banker Commercial, los tres corredores de oficinas más grandes en la Ciudad de México, con estimaciones de inventario para 2018, son Santa Fé (con 1,347,294 m²), Polanco (con 1,159,273m²), e Insurgentes (con 1,166,074 m²) [30].

Servicios. Por otro lado, algunos servicios de movilidad alternativa en la Ciudad de México van encaminados a impulsar el uso de movilidad personal, como la implementación de ciclovías, renta de scooters y bicicletas como eco bici (mapa figura 49-a) o Uber Jump (mapa figura 49-b). Las zonas con acceso a estos servicios se encuentran en las alcaldías Benito Juárez, Cuauhtémoc y Miguel Hidalgo, en las zonas de Polanco, Roma, Condesa, Chapultepec, Nápoles y Colonia del Valle, Anzures y Narvarte. Otros proyectos como mega estacionamientos para bicicletas y estaciones de carga eléctrica están por realizarse.

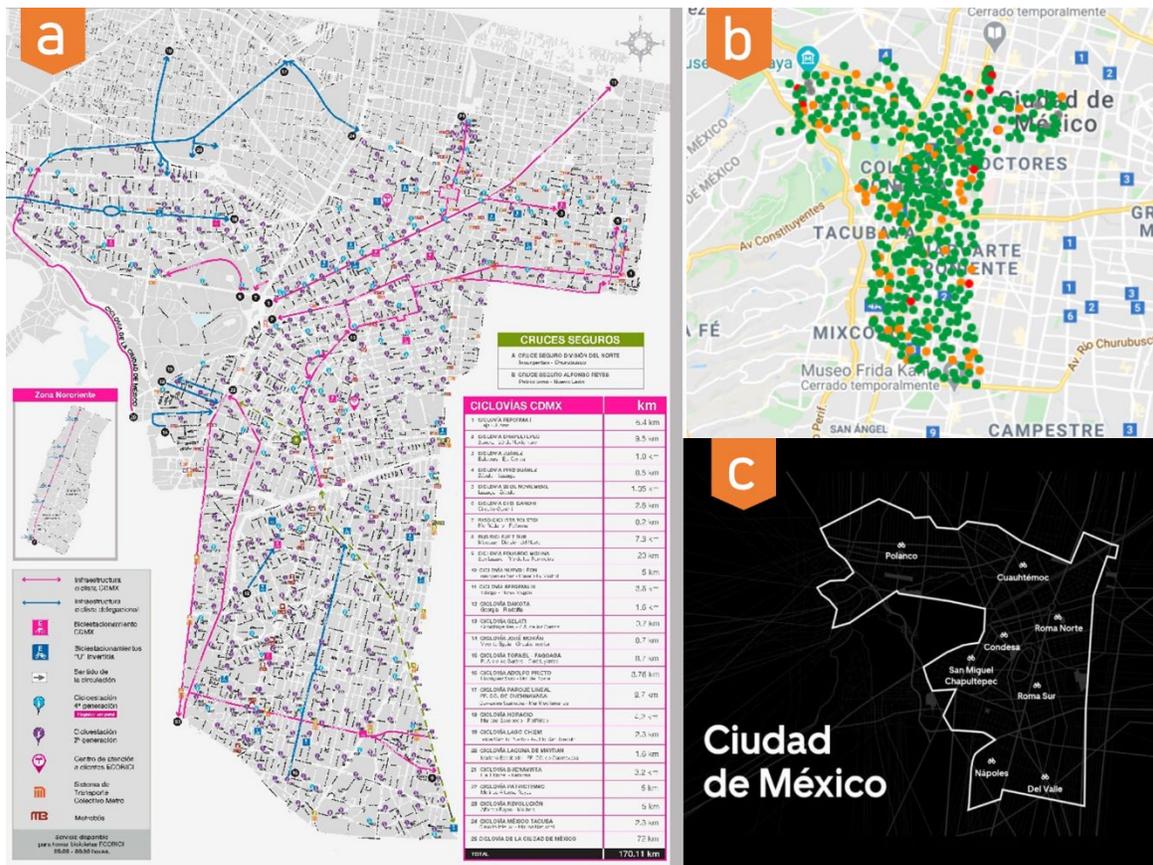


Figura 49. a) Mapa de Ciclovías, b) Mapa Eco bici, c) Mapa de Uber Jump.

Fuente: a) Imagen tomada de Secretaría de Medio Ambiente SEDEMA [31], b) Imagen tomada de Eco bici [32], c) Imagen tomada de Uber Jump [33].

Reglamentación. La Secretaría de Movilidad modificó los *Lineamientos para la Operación de los Sistemas de Transporte Individual Sustentable de la Ciudad de México 2019* [34], donde se establecen las condiciones de operación de transporte individual, motorizados y de pedal, **disponibles en renta**, como bicicletas eléctricas y scooters (tabla 8), en el área geográfica señalada en este mismo documento.

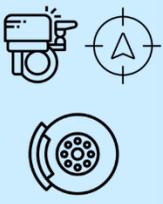
Lineamientos para la Operación de los Sistemas de Transporte Individual Sustentable de la Ciudad de México 2019	
<p>Requerimientos</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Restringir velocidad a 25 km/h <input type="checkbox"/> Tener geolocalización (GPS), luz trasera roja, luces delanteras y dispositivo acústico de advertencia (timbre o campana). <input type="checkbox"/> Sistema de frenado. Sistema de frenado mecánico para emergencias adicional al sistema de frenado electrónico. Frenos manuales izquierdo – delantero, derecho – trasero. <input type="checkbox"/> Todas las unidades deberán contar con un parador que les permita mantenerse en pie por sí mismas.
<p>Estacionamiento</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="triangle-up"/> Unidades fuera de puntos permitidos, reubicar en un plazo máximo de 2 horas <input checked="" type="checkbox"/> Puede estacionarse en puntos de arribo dedicados para el estacionamiento de bicicletas y monopatines. <input checked="" type="checkbox"/> En aceras, si no hay estacionamiento dedicado en un radio de 140 metros, y únicamente cuando la acera tenga un ancho mínimo de 2.8m y estacionándose en la franja de mobiliario urbano y arbolado, garantizando el paso peatonal con un mínimo de un 1.7m con respecto al paramento de fachada. <input checked="" type="checkbox"/> Prohibido estacionarse en: Franja y acceso peatonal. Cruces y rampas, Acceso a transporte público, emergencia e hidrantes, así como zonas protección civil. Carriles de circulación vehicular, áreas de carga y descarga, ciclo estaciones, entre otros.

Tabla 8. Lineamientos para la Operación de los Sistemas de Transporte Individual Sustentable de la Ciudad de México 2019.

Fuente: Elaboración propia con información de Gaceta Oficial de la Ciudad de México [34].

Además, la Secretaría de Medio Ambiente, SEDEMA, a través de la *Guía Ciclista de la Ciudad de México. Sí puedo rodar. 2017* [35], muestra los lineamientos del reglamento de tránsito para bicicletas y hace algunas recomendaciones sobre la conducción de la misma en espacios públicos (tabla 9).

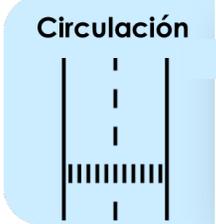
Guía ciclista de la CDMX: Sí puedo rodar 2017	
<p>Circulación</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Circular en sentido de la calle o ciclo vía. ✗ Nunca en sentido contrario. ✗ Prohibido circular en carriles exclusivos. ✗ Prohibido circular sobre la banqueta. ✓ (sólo permitido a menores de 12 años y policías).
<p>Conducción</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Respeta los altos y espera detrás del cruce. ✓ Avisa si giras. ✓ Rebasa por la izquierda. ✓ Cede el paso a los peatones y respeta su espacio.
<p>Seguridad</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Usa luces y reflejantes (trasera roja, delantera blanca alcance de 3 metros, chaleco y accesorios de protección), campana, casco y candado. ✗ No utilizar celular o audífonos cuando se va en movimiento. ✗ Evitar objetos que obstruyan la visión.

Tabla 9. Guía ciclista CDMX.

Fuente: Elaboración propia con información de *Guía ciclista de la CDMX* de Secretaría de Medio Ambiente SEDEMA [35].

Imagen: iconografía de *The Noun Project*.

6.1.2 Observaciones a corporativos

Con el objetivo de validar la información obtenida por el cliente y así, acotar los requerimientos de diseño, se realizaron observaciones en dos zonas principalmente: zonas con ciclovías (específicamente en la colonia Juárez en la alcaldía Cuauhtémoc) y zonas sin ciclovía (en el corredor Av. Insurgentes Sur aproximadamente entre las estaciones del metrobús La bombilla y Teatro Insurgentes).

Zona con ciclovía. Esta primera observación se realizó en la zona del Ángel de la Independencia, en la Torre Reforma Latino. Inicialmente se identificó la arquitectura de los edificios (figura 50), que, de manera general cuenta con dos accesos: uno para peatones en dirección al vestíbulo y por donde se accesa al elevador principal; y otro para autos, que direcciona al estacionamiento y al elevador de carga, por donde suben proveedores, repartidores de comida, paquetería “grande”, etc.

Descripción del sitio

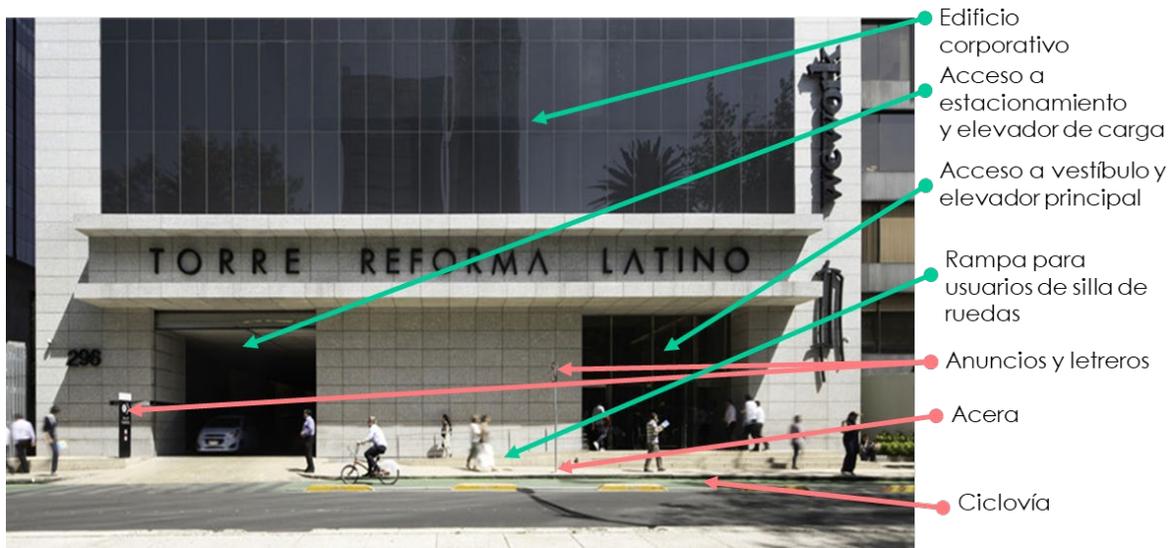


Figura 50. Descripción general del edificio corporativo.

- Anuncios y letreros: hay un letrero de no estacionarse y un lector de tarjetas magnéticas.
- Banqueta: circulan sólo personas, el ancho es aproximadamente de 3 metros.
- Ciclovía: circulan bicicletas, scooters eléctricos y bicicletas eléctricas.
- Negocios: existe un restaurante dentro del edificio en la planta baja.

Estacionamiento. Dado que en el área cercana a la entrega no existen estacionamientos de bicicletas o motocicletas, los repartidores (18 avistamientos de repartidores de los cuales 11 utilizaban bicicleta) encadenan sus vehículos principalmente a señalamientos (figura 51-a) y secundamente, a postes de alumbrado público al otro lado de la calle (figura 51-b).

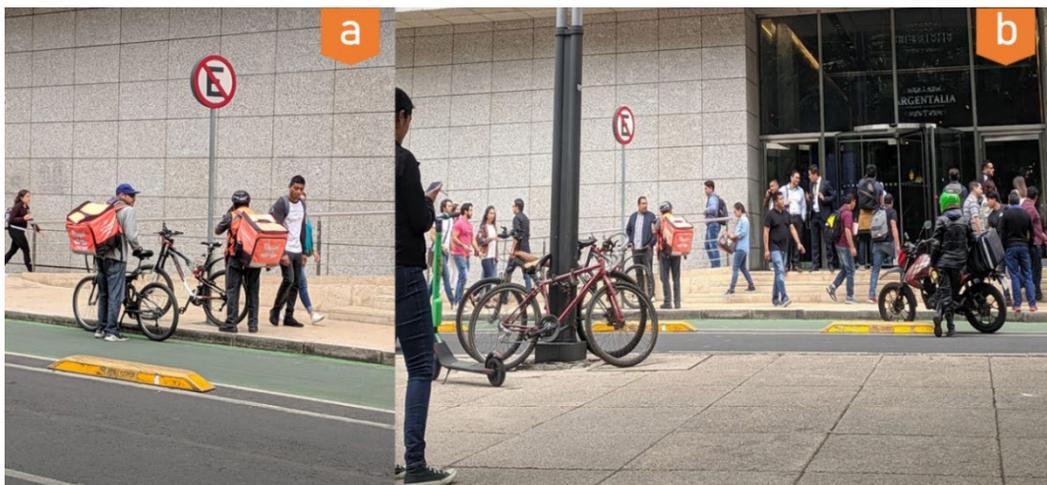


Figura 51. Estacionamiento en zonas con ciclovía.

Los dispositivos usados para resguardar momentáneamente el vehículo mientras esperan o acceden al lugar, van desde cadenas con candados, hasta cuerdas y candados para bici, en el lugar también hay scooters de pago sin ningún tipo de protección (figura 52-b y 52b).

Algunos repartidores de comida en moto y motociclistas (figura 51-b y 52-c) se quedan estacionados sobre el confinamiento del carril ciclovía, ya que no hay donde estacionarse, por ejemplo, este repartidor (figura 52-a) que estuvo esperando por más de 9 minutos a su cliente.



Figura 52. a) repartidor de pizzas en moto espera sobre el confinamiento del carril de la ciclovía, b) Repartidor de Rappi encadena su bicicleta en el poste de luz, misma que guarda y lleva en su mochila de repartidor, c) usuario de Rappi accediendo con mochila por la puerta principal.

Entregas. Otro aspecto importante observado fue la forma en que se realizan las entregas, como se muestra en la figura 53 y 54, hay dos opciones de entrega de paquetes o alimentos, la primera es que el repartidor espere afuera del edificio (figura 53-a), le notifique al cliente, éste baje (figura 53-b), y finalmente se entregue el pedido y ambos partan (figura 53-c). Esta opción parece la más cómoda; sin embargo, el cliente puede tardar entre 10min y 20min, lo que representa pérdida de tiempo para el repartidor.

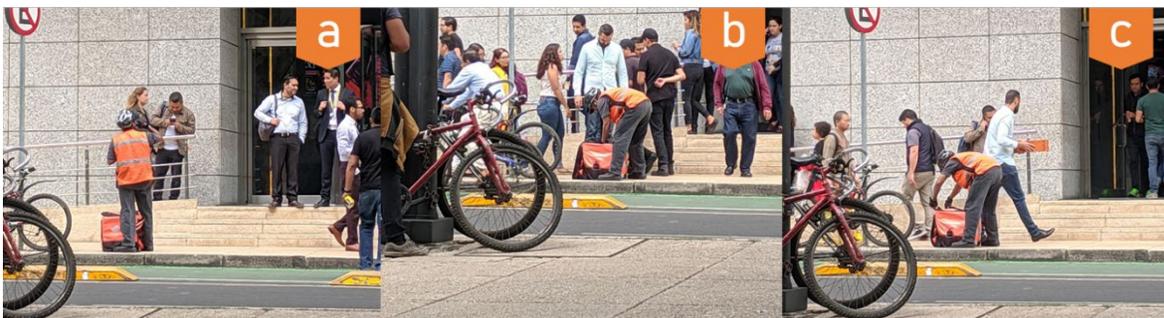


Figura 53. Entrega afuera de corporativos: a) Repartidor de Rappi esperando en la banqueta, b) Cliente llega con el repartidor, c) Cliente recibe su pedido y ambos se retiran del lugar.

Y la segunda opción: el repartidor accesa al edificio por la zona de estacionamiento (figura 54), se identifica, estaciona su vehículo y accesa por el elevador de carga. Estando dentro y en el piso de destino, en recepción anuncia su entrega (suele haber dos recepciones, una en el vestíbulo del edificio y otra en cada piso o empresa) y el cliente recibe el paquete o comida. Si bien esta opción representa mayor desgaste físico, ésta representa la única forma en que el repartidor tiene bajo su control el tiempo que tardará la entrega. Sin embargo, esta opción representa otros inconvenientes: dependiendo el giro del corporativo, en el elevador de carga se realizan múltiples tareas, como subir y bajar mobiliario, basura, proveedores, alimentos, etc., por lo que se suele invertir alrededor de 30 min (dependiendo del giro y dimensión del edificio) para lograr realizar la entrega.

La elección de la opción de entrega depende de la reglamentación del corporativo y elección del cliente. Solamente 3 de los 18 repartidores de comida avistados en el lugar accedieron por la puerta principal al edificio, 2 usuarios de Rappi y uno de Uber Eats. En el caso de paquetería y mensajería, la segunda opción es siempre la elegida. Cabe señalar, que la entrega por el elevador del vestíbulo se ve limitada ya que, socialmente es de suma importancia la estética y limpieza al convivir con los ejecutivos; por lo que sólo se permite su uso para paquetes “poco voluminosos” y limpios.



Figura 54. a) Repartidor de pizzas en moto entra por estacionamiento, b) Repartidor de paquetería entra caminando por el estacionamiento, c) Repartidor en bici entra por el estacionamiento.

Protección. De los 18 repartidores en total de los cuales 17 llevaban un vehículo donde transportarse, solo 4 ciclistas llevaban al menos un casco o medida de seguridad, el resto viajaba sin ningún tipo de protección, los otros 6 motociclistas llevaban casco y otras medidas de seguridad.

Zona sin ciclovía. En cuanto a las observaciones realizadas sobre Av. Insurgentes Sur, se realizó una entrevista a un guardia de seguridad y se tomaron fotografías sobre el estacionamiento de los vehículos.

Estacionamiento. Se observaron dos variantes de estacionamiento, la primera cuando se realizan entregas con camioneta o motocicleta, se suelen estacionar en el carril de baja velocidad obstruyendo la circulación vial (figura 55). Se pudo observar la estancia de estos vehículos entre 20 y 30 minutos mientras el repartidor accedía al edificio, principalmente con paquetes pequeños de mensajería.

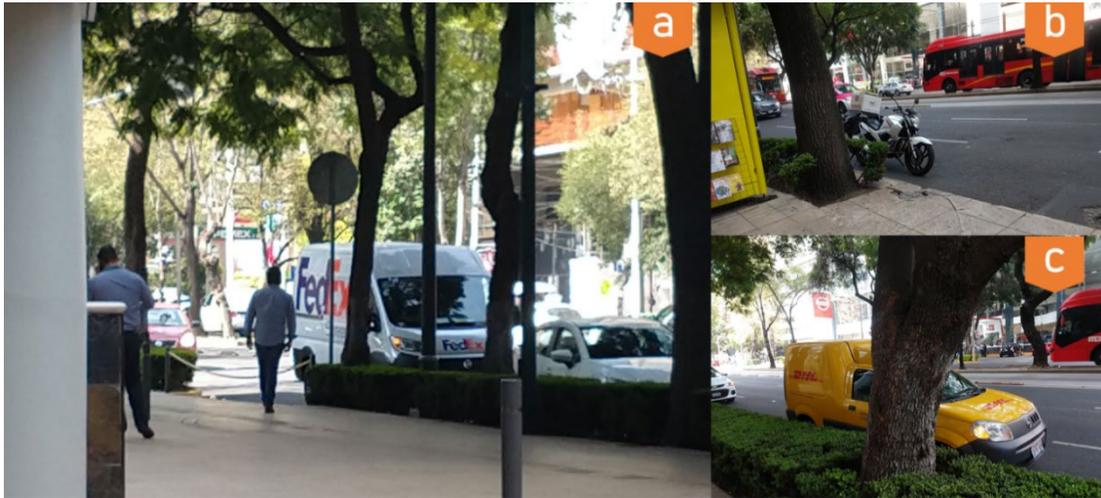


Figura 55. Estacionamiento de camionetas y motos en carril de baja velocidad.

Y la segunda, dado que está prohibido estacionarse justo afuera del corporativo sobre la acera (para evitar obstrucciones de entradas en caso de temblores), los repartidores en bicicleta optan por encontrar espacio que no obstruya salida y encadenan su vehículo en postes y alumbrado público (figura 56-c). Además, hay estacionamientos a corto plazo (5-10 min) especiales para vehículos personales afuera de tiendas o lugares que ofrecen servicio a domicilio, como restaurantes y farmacias, (figura 56-a), se suelen estacionar motos sobre la acera afuera del negocio (figura 56-b).



Figura 56. Estacionamiento de motos y bicicletas sobre la acera.

Hallazgos de la entrevista: Para ingresar al corporativo, siempre es indispensable la identificación del repartidor y el paquete; los paquetes deben estar a la vista en mano, todos los paquetes deben ser reconocidos por el cliente y sólo entran aquellos cuyo cliente identifique; en algunos edificios, especialmente en los de gobierno, hay identificador de metales en la entrada; no se permite el acceso al corporativo con cascos ni vehículos o cualquier objeto que sea usado como arma blanca. Mochilas o paquetes voluminosos (la mochila de Uber Eats no entra al elevador del vestíbulo) van por el elevador de carga ya que la estética se considera de suma importancia; y las entradas por el montacargas pasan por punto de revisión y registro de personas. También se pudo observar en la zona, centros de distribución (DHL, FedEx, etc.) múltiples y cercanos (aproximadamente cada 3 cuadras).

6.2 Requerimientos

A partir de las necesidades del ciclo 1, los resultados obtenidos en las observaciones en corporativos, los requerimientos expuestos por el colaborador, la normativa y el mercado que se ha estudiado hasta el momento, se establecieron los requerimientos para el diseño del concepto, como se muestran en la tabla 10.

REQUERIMIENTOS	No.	Requerimiento
	1	El VUM tiene un costo máximo estimado de \$30,000.
	2	El VUM tiene un volumen de entrega de al menos 35 paquetes.
	3	El VUM permite el fácil ascenso y descenso de su usuario.
	4	El VUM cuenta con un sistema de señalización visual y sonora para comunicación vial.
	5	El VUM permite una velocidad máxima de 25km/h.
	6	El VUM se compone de piezas comerciales.
	7	El VUM soporta el peso de los paquetes y del usuario.
	8	El VUM recorre zonas de edificios corporativos.
	9	El VUM cuenta con un soporte para teléfono celular.
	10	El VUM permite circular entre zonas con tráfico y ciclo vías.
	11	El VUM transita por zonas irregulares (desnivel de banquetas, topes, baches).
	12	El VUM es estable, con y sin carga, al circular y estar estacionado.
	13	El VUM es de fácil mantenimiento.
	14	El VUM permite la fácil reposición de sus componentes dañados.
	15	La apariencia del VUM armoniza en un ambiente corporativo.
	16	El VUM es eléctrico.
17	El VUM es cómodo para el usuario.	

Tabla 10. Requerimientos VUM.

Funciones de diseño. A partir de lo aprendido, y guiados por los requerimientos, se plantean dos funciones principales (figura 57) para la generación de conceptos, basados en la siguiente premisa:

“La inversión de tiempo es aceptable para entregas múltiples en un sólo edificio, sin embargo, se busca minimizar el tiempo invertido tratando de entrar por el elevador del vestíbulo, esto a través de diseñar un vehículo que se convierta en maleta.”

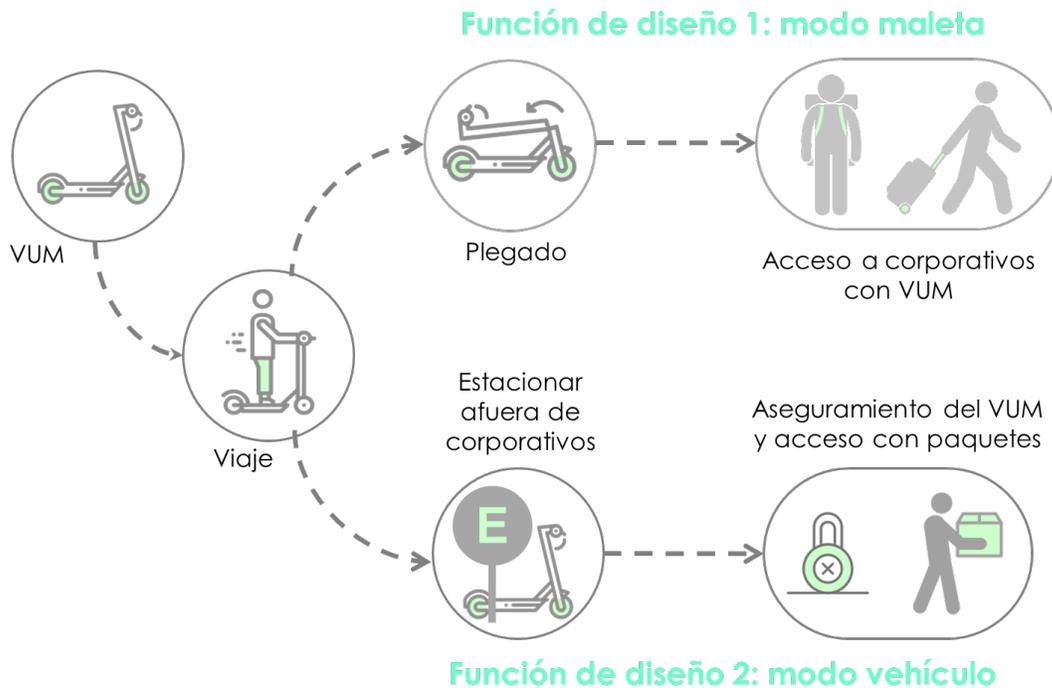


Figura 57. Funciones de diseño.

Imagen: iconografía de *The Noun Project*.

De este modo, la función de diseño 1 se refiere al escenario cuando el vehículo se convierte en maleta/ mochila y entra a los corporativos; sin embargo, se toma la consideración que no siempre se podrá acceder con el vehículo al edificio, entonces habrá casos en los que sea necesario dejarlo estacionado afuera, en este escenario se mantiene como vehículo y es referente a la función de diseño 2.

Adicional a los requerimientos de la tabla 10, se establecieron requerimientos ideales o secundarios (tabla 11), que ayudan a mejorar las características del mismo y otorgar una mejor experiencia al usuario; pero tienen un nivel de importancia menor y no afectan en el funcionamiento del vehículo.

REQUERIMIENTOS IDEALES	No.	REQUERIMIENTO
	1	El sistema VUM tiene espacio para artículos personales.
	2	El sistema VUM es rastreable.
	3	El sistema VUM facilita el acomodo y visibilidad de paquetes.
	4	El sistema VUM permite la discreción al extraer paquetes.
	5	El sistema VUM protege al usuario de las inclemencias del clima.
	FUNCIÓN DE DISEÑO 1	
	1	El sistema VUM dificulta la acumulación y transmisión de suciedad.
	2	La estética del sistema VUM encaja en un ambiente corporativo estricto.
	3	El sistema VUM en -conjunto con la paquetería- es ligero para su portabilidad.
4	El sistema VUM permite ver los paquetes contenidos.	
5	El sistema VUM es poco voluminoso.	
6	El sistema VUM oculta cables y evita tener formas punzocortantes.	
7	El sistema VUM está construido por materiales seguros.	
8	El sistema VUM facilita el registro de paquetes.	
FUNCIÓN DE DISEÑO 2		
1	El sistema VUM garantiza la seguridad de los paquetes.	
2	El VUM es antirobo.	
3	El VUM se estaciona en lugares permitidos.	

Tabla 11. Requerimientos ideales VUM.

En el anexo H se muestra la clasificación de los requerimientos.

6.3 Productos análogos y homólogos

En la figura 58 se muestra la búsqueda de productos análogos y homólogos realizado con el fin de identificar tendencias y tener presentes otras soluciones: 1) *Eagle Electric kick scooter* [36], 2) *scooter backpack* [37], 3) *AIRA a sustainable delivery scooter* [38], 4) *Loomo* [39], 5) *Ninebot One S1* [40], 6) *Honda U3-X* [41], 7) *Honda UNI-CUB* [42], 8) *Segway Drift W1* [43], 9) *One Wheel* [44], 10) *RYNO* [45], 11) *Hoverboard Patines Electricos* [46], 12) *Scooter eléctrico* [47], 13) *Loomo Go* [48], 14) *TopMate* [49], 15) *AirWheel SE1* [50], 16) *Volkswagen Cargo e-bike* [51], 17) *Backpack ElectricScooter* [52], 18) *Skippy the scooty* [53].



Figura 58. Productos análogos y homólogos de vehículos de 1, 2, 3 o más ruedas.

Imagen: elaboración propia con imágenes de las referencias.

6.4 Conceptos de solución

En esta sección, se generan conceptos de vehículos para solucionar la problemática de entrega de paquetería en corporativos. Se desarrollaron 6 propuestas en concepto por parte de los miembros del equipo, se evaluaron y se seleccionó el concepto más adecuado para nuestra aplicación.

La **propuesta 1** (figura 59) es un vehículo de tres ruedas en configuración delta, donde el usuario va sentado sobre el compartimento que se encuentra entre las dos llantas traseras. Tiene tracción trasera (mediante dos motores independientes) y dirección delantera (sensado del giro del manubrio que indica al controlador de los motores la dirección), así como sistema de plegado que consiste en dos correderas, permitiendo que la horquilla delantera se oculte en el compartimento, de esta forma, en dos movimientos se convierte en maleta para acceder a corporativos. La principal virtud de este concepto es que el usuario va sentado y para bajar sólo se necesita un par de movimientos, lo cual es favorable puesto que esta actividad se repite más de 60 veces al día.

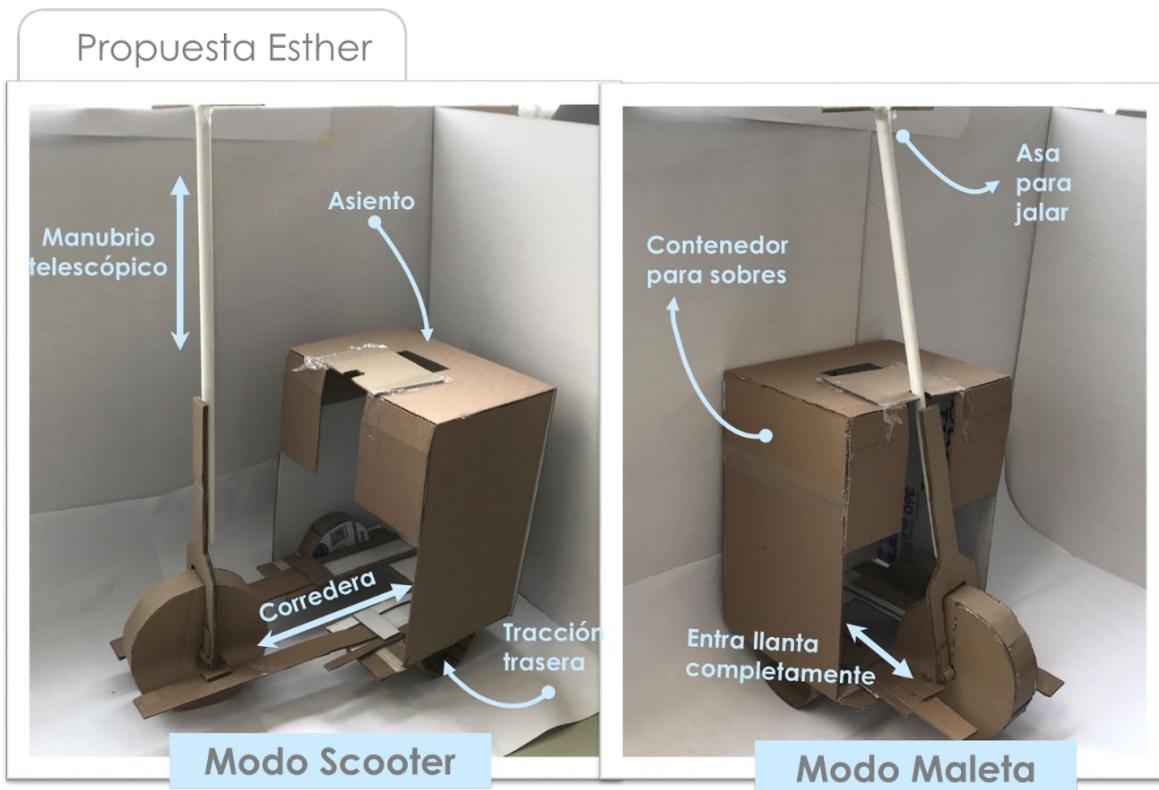


Figura 59. Concepto 1 VUM.

La **propuesta 2** (figura 60) es un vehículo de tres ruedas en configuración renacuajo, donde el usuario va de pie sobre una plataforma que se encuentra en la llanta trasera. Tiene tracción delantera (mediante dos motores independientes) y dirección delantera (a través de sensar el giro del compartimento que indica al controlador de los motores la dirección), así como un sistema de plegado que consiste en una bisagra para mover la plataforma a la parte posterior del compartimento, de esta forma, se convierte en maleta para acceder a corporativos. Además, las llantas son plegables, por lo que, a reserva del peso y dimensiones, se puede cargar como mochila.

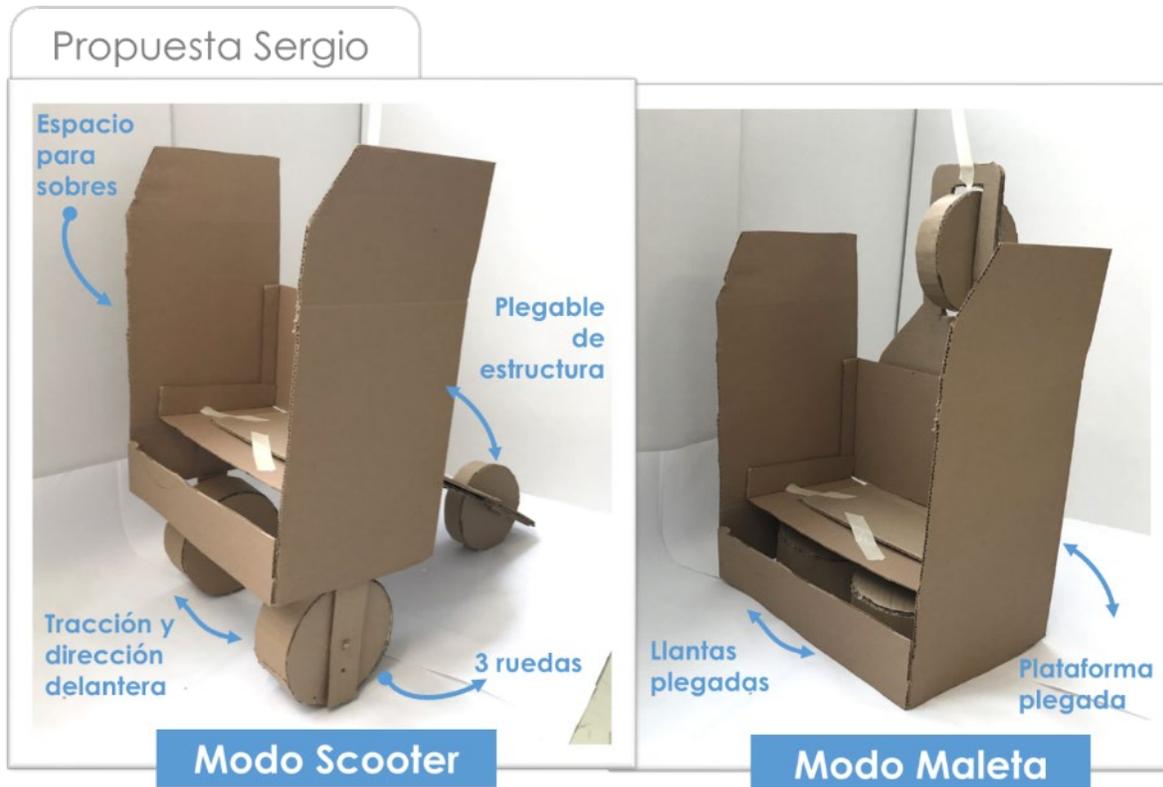


Figura 60. Concepto 2 VUM.

La **propuesta 3** (figura 61) es un vehículo de tres ruedas en configuración renacuajo, idéntica a la propuesta 2 en cuanto a la posición del usuario, la dirección y tracción, pero diferente en el sistema de plegado, el cual permite posicionar la llanta trasera abajo, a través de un perno que permite su giro. Además, cuenta con un manubrio plegable y telescópico que servirá como asa para llevar la maleta. La principal virtud de este concepto es que el espacio del compartimento es totalmente aprovechado ya que las llantas se mantienen afuera y la llanta trasera, en comparación con el concepto anterior, queda abajo.

La **propuesta 4** (figura 62) es un vehículo de tres ruedas en configuración renacuajo, idéntico a la propuesta 1 y 2 en cuanto a la posición del usuario, dirección y tracción; pero diferente en el sistema de plegado, que consiste en una corredera dentro del compartimento, a través de la cual se desplaza la plataforma, permitiendo que quede oculta. Por otro lado, el manubrio es plegable formando un asa estética y ergonómicamente funcional para llevar la maleta. La principal virtud de esta propuesta es que las tres llantas quedan completamente ocultas.

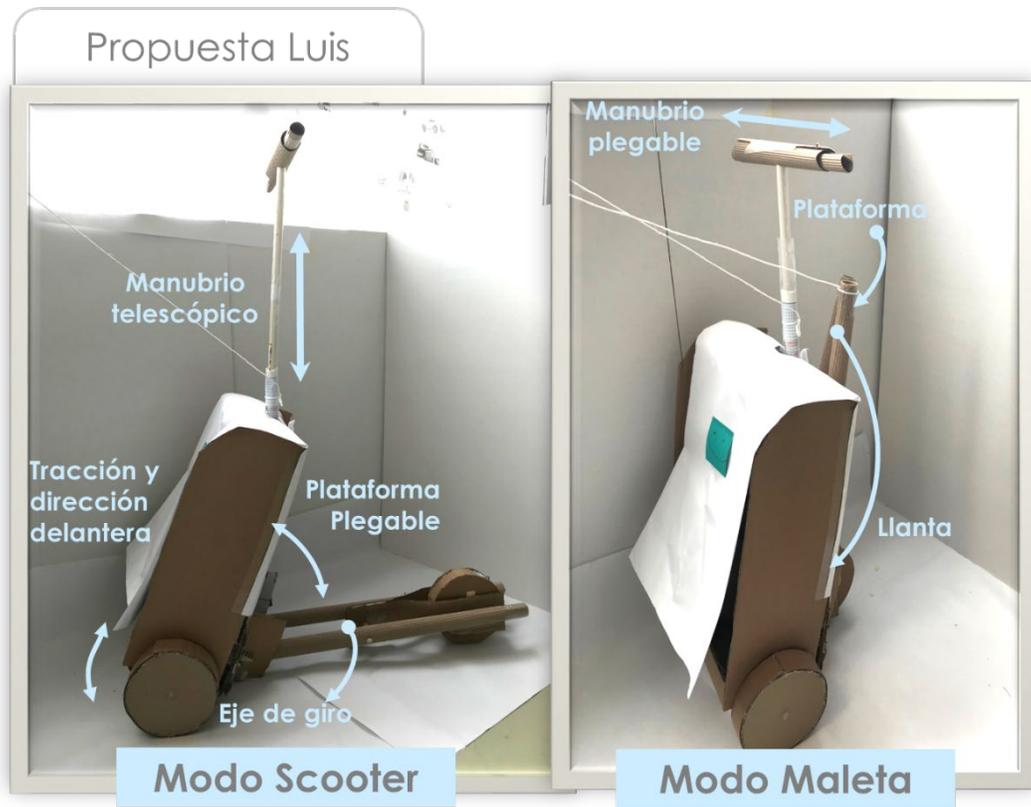


Figura 61. Concepto 3 VUM.

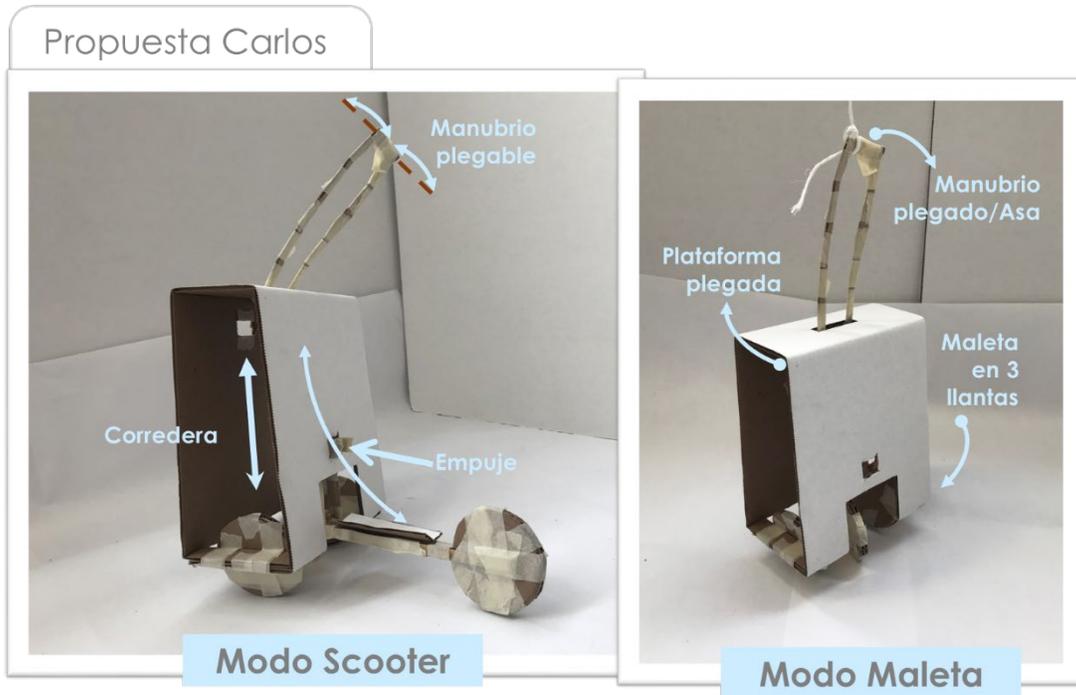


Figura 62. Concepto 4 VUM.

La **propuesta 5** (figura 63) es un vehículo de dos ruedas en configuración scooter, donde el usuario va sentado sobre el compartimento que se encuentra entre las dos llantas. Tiene tracción y dirección delantera (mediante un manubrio que también es telescópico), así como sistema de plegado que consiste en la expansión de la carcasa del compartimento para ocultar las ruedas, de esta forma, se convierte en maleta para acceder a corporativos. La principales virtudes de este concepto son: 1) El espacio para los paquetes es mayor que en cualquier otro, 2) La simplicidad de diseño y manufactura lo hace práctico para el mantenimiento, fabricación y uso, por lo que los costos y el tiempo de manufactura se reducen significativamente, 3) Usar sólo dos llantas disminuye el equilibrio estático pero aumenta el equilibrio dinámico 4) Se asegura que el centro de masa se encuentre lo más bajo y en centro posible lo que reduce las probabilidades de volcadura. El usuario permanece sentado en el traslado.

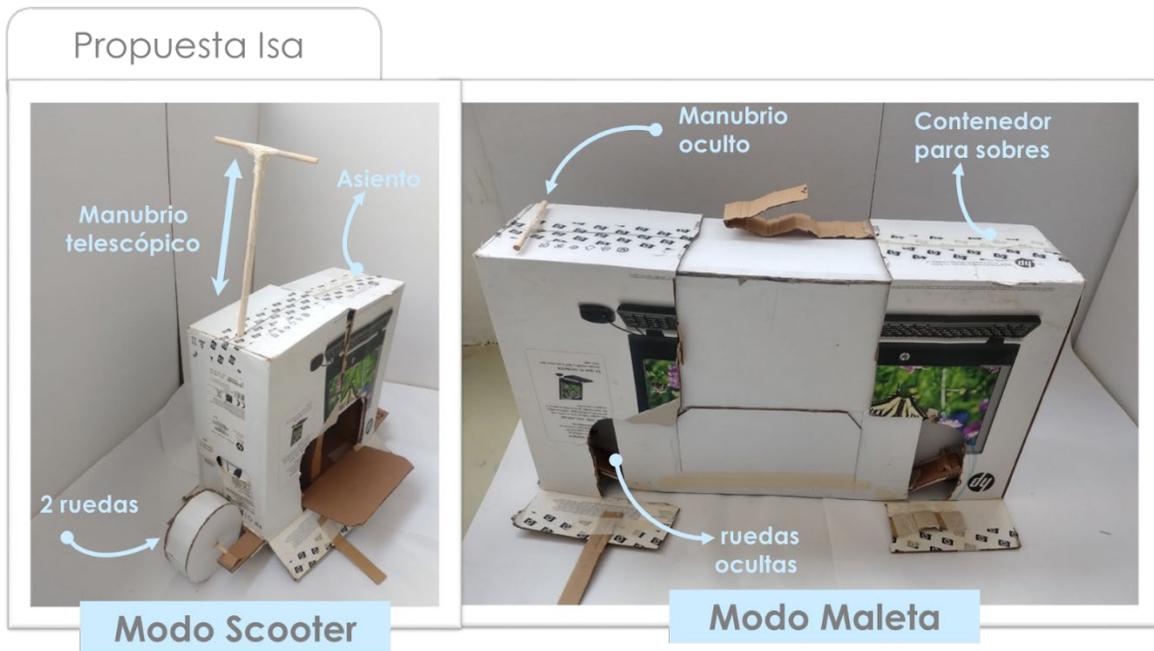


Figura 63. Concepto 5 VUM.

La **propuesta 6** (figura 64) es un vehículo de tres ruedas en configuración tanto delta como renacuajo. En configuración delta el usuario va de pie en una plataforma para los dos pies, y tiene tracción y dirección delantera (mediante sensores en el manubrio). En configuración renacuajo el usuario va sentado sobre el compartimento que se encuentra sobre la llanta delantera. Tiene tracción (de doble motor en la plataforma) y la dirección es la misma que en configuración delta (mediante manubrio) con la diferencia que esta vez los brazos del conductor irán paralelos al manubrio. También tiene un sistema de plegado que consiste en un mecanismo de bisagra que permite mover la plataforma a la parte inferior del compartimento, así, se convierte en maleta.



Figura 64. Concepto 6 VUM.

En la figura 64-a se muestra en configuración de vehículo con el compartimento abierto, en la figura 64-b se muestra el plegado donde la plataforma de dos llantas pasa a la parte inferior y se convierte en maleta, y en la figura 64-c se muestra en configuración de maleta en tres ruedas. Las principales virtudes son: se aprovecha todo el espacio del compartimento puesto que el manubrio no gira (se acciona mediante sensores), y la configuración delta y renacuajo permiten al usuario ir sentado o de pie.

6.5 Evaluación de conceptos

El proceso de evaluación de conceptos fue realizado por 6 integrantes del equipo de trabajo (5 estudiantes de maestría: 2 en mecánica y 3 en diseño mecánico; y un estudiante de diseño industrial). Para comenzar con la evaluación de los conceptos, es necesario establecer los criterios a través de los cuales los vamos a comparar. Para ello, se hace uso de los requerimientos. En la tabla 12 se muestran los criterios en relación con el requerimiento.

Número	Requerimiento	Criterio
Criterios de selección	1 El VUM tiene un costo máximo estimado de \$30,000.	Costo (número de piezas, complejidad de diseño)
	2 El VUM tiene un volumen de entrega de al menos 35 paquetes.	Aprovechamiento del volumen del compartimento
	3 El VUM permite el fácil ascenso y descenso de su usuario.	Número de pasos para subir y bajar, numero de pasos de plegado
	4 El VUM cuenta con un sistema de señalización visual y sonora para comunicación vial.	Obligatorio
	5 El VUM permite una velocidad máxima de 25km/h.	Obligatorio
	6 El VUM se compone de piezas comerciales.	Complejidad de diseño
	7 El VUM soporta el peso de los paquetes y del usuario.	Obligatorio
	8 El VUM recorre zonas de edificios corporativos.	Autonomía: Número de motores, complejidad de diseño
	9 El VUM cuenta con un soporte para teléfono celular.	Obligatorio
	10 El VUM permite circular entre zonas con tráfico y ciclo vías.	Obligatorio
	11 El VUM transita por zonas irregulares (desniveles, topes, baches).	Obligatorio
	12 El VUM es estable, con y sin carga, al circular y estar estacionado.	Estabilidad con carga
	13 El VUM es de fácil mantenimiento.	Número de piezas
	14 El VUM permite la fácil reposición de sus componentes dañados.	Complejidad de mecanismo, numero de piezas
	15 La apariencia del VUM armoniza en un ambiente corporativo.	Ocultar llantas
	16 El VUM es eléctrico.	Obligatorio
	17 El VUM es cómodo para el usuario.	De pie o sentado

Tabla 12. Criterios de selección.

La velocidad, el sistema de señalización, el terreno, entre otros (tabla 13), son requerimientos que se consideran obligatorios, es decir, que todas las propuestas deben satisfacerlos, por lo que no se incluyen en la lista de criterios. El resto de los requerimientos sí se consideran, ya que su satisfacción varía entre propuestas, por lo que se traducen en criterios. En la tabla 13 se muestran los criterios jerarquizados según su relación con las siguientes variables:

- Costo y mantenimiento tienen valor de 5.
- Funcionalidad tienen valor de 4.
- Tiempo y autonomía tienen valor de 3.
- Y estética y comodidad del usuario tiene un valor de 2.

La escala va del 1 al 5, donde, 5 tiene mayor importancia, y 1 tiene menor importancia.

Jerarquía	No. Req.	Criterio	Evaluación	
Jerarquía	5	1, 13, 14	Número de piezas	1 al 5, siendo 5 el menor número de piezas
	5	1, 6, 8, 14	Complejidad de diseño (mecanismo y control)	1 al 5, siendo 5 el menos complejo
	3	3	Número de pasos para subir y bajar	1 al 5, siendo 5 el menor número de pasos
	3	3	Numero de pasos de plegado	1 al 5, siendo 5 el menor número de pasos
	3	8	Número de motores	1 al 2, siendo 2 1 motor y 1 2 motores
	4	12	Estabilidad con carga	1 al 5, siendo 5 el de mayor estabilidad
	2	15	Ocultar llantas	1 al 5, siendo 5 el que mejor oculta las llantas
	2	17	De pie o sentado	1 al 2, siendo 2 sentado y 1 de pie

Tabla 13. Criterios filtrados y jerarquizados.

En la tabla 13 también se muestra la forma en que se evaluará cada criterio, utilizando dos escalas: una del 1 al 5, donde 5 es más conveniente y 1 es menos conveniente; y una del 1 al 2, para las situaciones donde sólo se tienen dos opciones, donde 2 es más conveniente y 1 es menos conveniente.

Por otro lado, cada propuesta se describe en términos de los criterios para hacer comparaciones objetivas. En el anexo I se muestra la tabla descriptiva de cada propuesta, mientras que en la tabla 15 se muestra su descripción concreta.

Cabe señalar que para los criterios “complejidad de diseño”, “estabilidad con carga”, “ocultar llantas” y “De pie o sentado”, se consideraron sub escalas como se muestra en la tabla 14.

Complejidad de mecanismo	Complejidad de control	Estabilidad (configuración)	Llantas ocultas	Estabilidad (centro de masa)	Posición del usuario
+	corredera	3 llantas y manubrio	scooter	Todas	
	tijera	2 llantas y manubrio	tadpole	Todas -1	Centro abajo
-	bisagra	1 llanta	delta	Todas -2	Adelante / atrás

Tabla 14. Sub escalas de evaluación.

Descripción	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6
	Criterio	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5
Número de piezas	18 piezas	17 piezas	23 piezas	28 piezas	18 piezas	19 piezas
Complejidad de diseño (mecanismo y control)	Corredera (3) + Control 2 llantas y manubrio (2): 5	Bisagras (1) + Control 3 llantas y manubrio (3): 5	Tijera (2) Control de 3 llantas y manubrio (3): 5	Corredera (3) Control 3 llantas y manubrio (3): 6	Corredera (3) y Control una llanta (1): 4	Bisagra (1) y Control de 2 llantas, manubrio y modo (3): 4
Número de pasos para subir	3 pasos	1 paso	1 paso	1 paso	3 pasos	1 paso
Número de pasos de plegado	4 pasos	8 pasos	7 pasos	12 pasos	6 pasos	5 pasos
Número de motores	2 motores	3 motores	3 motores	3 motores	1 motor	2 motores
Estabilidad con carga	Delta (1) Centro de masa atrás (1): 2	Tadpole (2) Centro de masa adelante (1): 3	Tadpole (2) Centro de masa adelante (1): 3	Tadpole (2) Centro de masa adelante (1): 3	Scooter (3) y centro de masa centro (2): 5	Tadpole (2) Centro de masa adelante (1): 3
Ocultar llantas	Todas -1 (2)	Todas (3)	Todas (3)	Todas (3)	Todas (3)	Todas (3)
De pie o sentado	Sentado (2)	De pie (1)	De pie (1)	De pie (1)	Sentado (2)	De pie (1)

Tabla 15. Descripción de propuestas en términos de los criterios.

Luego entonces, se evalúa cada criterio utilizando las escalas de la tabla 14 en cada propuesta y se selecciona la más adecuada. Los resultados de la evaluación se muestran en la tabla 16, dando como resultado la selección de la propuesta 5.

Evaluación	Jerarquía	Criterio	Ev P1	P	Ev P2	P	Ev P3	P	Ev P4	P	Ev P5	P	Ev P6	P
		5	Número de piezas	5	25	5	25	4	20	3	15	5	25	5
	5	Complejidad de diseño	4	20	4	20	4	20	3	15	5	25	5	25
	3	Número de pasos para subir y bajar	4	12	5	15	5	15	5	15	4	12	5	15
	3	Número de pasos de plegado	5	15	4	12	4	12	3	9	5	15	5	15
	3	Número de motores	4	12	3	9	3	9	3	9	5	15	4	12
	4	Estabilidad con carga	3	12	4	16	4	16	4	16	5	20	4	16
	2	Ocultar llantas	4	8	5	10	3	6	5	10	5	10	5	10
	2	De pie o sentado	2	4	1	2	1	2	1	2	2	4	1	2
				108		109		100		91		126		120

Tabla 16. Evaluación y selección de conceptos.

6.6 Factores críticos y hallazgos

La propuesta seleccionada fue la 5, dada la simplificación de su diseño, y sobre todo en el compartimento que le permite mayor equilibrio comparada con el resto y otorga mayor volumen de carga. Además, tiene menor número de piezas, por lo tanto, de menor costo, mantenimiento y tiempo de fabricación. Y por otro lado disminuye el tiempo que le tomaría al usuario de subir y bajar del vehículo.

Finalmente, según la tabla descriptiva (tabla 15) y de evaluación (tabla 16), el área de mejora para esta propuesta se encuentra en la plegabilidad, por ello, se considera implementar la solución de la propuesta 6, donde las llantas se ocultan con la misma carcasa del vehículo permitiendo ver la forma, pero no el contenido de la llanta, de esta forma su apariencia sería similar al de la figura 64-c.

Capítulo 7. Ciclo4: Prototipo

En el capítulo anterior se redefinió el reto a entrega de paquetería en corporativos, razón por la cual se diseñaron soluciones basadas en dos modalidades de uso: modo maleta y modo vehículo. Al final del capítulo anterior, se evaluaron y se seleccionó la propuesta más adecuada. Este capítulo tiene como objetivo desarrollar, de concepto a prototipo, la propuesta de solución seleccionada, y probarla con usuarios para validar su diseño. En la figura 65 se muestran las actividades más relevantes de este ciclo 4.

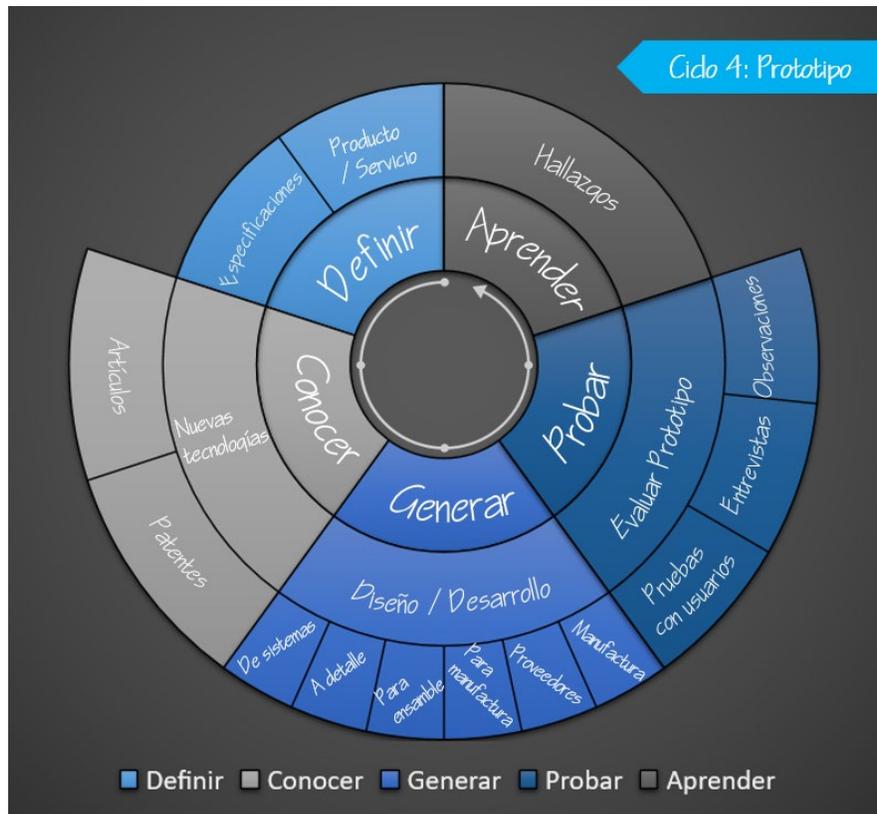


Figura 65. Ciclo 4: Prototipo.

7.1 Re-definición del reto

El reto para este ciclo continúa como: *Diseñar un Vehículo de Movilidad Personal (VMP) eléctrico que permita la entrega de paquetes de una manera más eficiente en corporativos, reduciendo tiempo y costos de envío a mediano y largo plazo.*

El concepto de producto a diseñar seleccionado en el capítulo anterior, toma por nombre VUMi (Vehículo de Última Milla Innovador); consiste en un vehículo de movilidad personal que transporta paquetería para su entrega en corporativos y que se convierte en maleta para poder acceder en edificios.

7.2 Estudio comparativo

En esta sección se realizó la búsqueda de Vehículos de Movilidad Personal (productos análogos y homólogos) con diversas aplicaciones y configuraciones (Anexo J), con el objetivo de identificar características técnicas y de diseño como capacidad de carga, velocidad, energía y autonomía, que sirvan como referencia para establecer algunas especificaciones. Resultado de la búsqueda de productos en el mercado, en la tabla 17 se comparan únicamente las características técnicas de los VMPs eléctricos (descartando los VMPs puramente mecánicos).

	Personal Mover BMW	Streefer	Mercane Wheels	DC- Tri	Segway hoverboard
Aplicación	Fabricas almacenes	Movilidad urbana	Movilidad urbana	Movilidad urbana	Movilidad urbana
 Tamaño*	60 x 80 [cm]	65 x 105 [cm]	62 x 115 [cm]	-----	65x 63 [cm]
 Llantas	5 2 omnidirec.	3 delta 2x8" 1x20"	3 renacuajo	3 delta 2x10" 26"	2 balancín 2x19"
 Peso	20 [kg]	38.8 [kg]	28 [kg]	-----	48 [kg]
 Peso máx.	1 persona	1 persona	100 [kg]	118 [kg]	117 [kg]
 Batería	-----	48 V a 9Ah	LG Chem 48V 8.8Ah Lítio	Lítio-Ion 36V a 13Ah	Samsung Premium Lítio 36V 4.2Ah
 Motor	-----	400W a 48V	500w a 48V	250w a 36V	2 redundantes de alta velocidad
 Velocidad máx.	25 km/h	28 km/h	25 km/h	25 km/h	20 km/h
 Autonomía	20-30 km	30 km	30 km	50 km	39 km
 Freno	Regenerativo	Regenerativo	Eléctrico y de pie trasero	Disco	Regenerativo
 Otras carac.	-----	Tracción delantera giro mediante pies	Plegable, Suspensión y dirección delantera	Tracción delantera	-----

* (ancho x largo)

Imagen: iconografía de *The Noun Project*.

Tabla 17. Comparativa de las características de VMPs eléctricos del mercado.

De la tabla 17 podemos observar que la movilidad urbana es la principal aplicación de los VMPs, lo que muestra un mercado amplio y abre puertas de oportunidad a otras aplicaciones. En vehículos de tres ruedas predominó la configuración delta con tracción delantera de llantas entre 20-26 pulgadas de diámetro y llantas traseras iguales entre 8-10 pulgadas.

Características como velocidad, peso y dimensiones satisfacen las propuestas por la normativa española: la velocidad máxima va de 20 km/h a 28 km/h (normativa: 30 km/k máxima); el peso del vehículo va de 20 kg a 48 kg (normativa: 50 kg máximo); las dimensiones el ancho va de 60 cm a 65 cm y 63 cm a 115 cm de ancho (normativa: 0.8 m x 1.9 m máximo); y todos son vehículos monoplazas.

En cuanto a tecnología, todos utilizan motores de corriente directa brushless, entre 250 W y 600 W a 48 V o 36 V, con freno regenerativo y/o de disco. La alimentación proviene de baterías de Litio de 36 V o 48 V en un amperaje entre 8.4 Ah y 13 Ah, para dar una autonomía de entre 20 km y 50 km (bajo condiciones controladas de velocidad, carga y temperatura).

Adicionalmente, se realizó una búsqueda y comparación de scooters (patinetes de dos ruedas) eléctricos (tabla 18) con el objetivo corroborar y complementar información referente a la tecnología utilizada.

	Egret eight	Weped	Booster Plus S+	Xiaomi M365	Ecoreco
 Tamaño*	55.5 x 110 [cm]	15.8 x 120 [cm]	94 x 135 [cm]	43 x 108 [cm]	½ x 3 [ft]
 Llantas	8 [pulg.] aire	5.5 [pulg.]	Caucho sin aire	8.5 [pulg.]	5 [pulg.]
 Peso	14 [kg]	35[kg]	10.8 [kg]	12.5 [kg]	12.2 [kg]
 Peso máx.	100 [kg]	100 [kg]	110 [kg]	100 [kg]	----
 Batería	48[V] 11.6[Ah] Samsung	60[V] a 30[Ah] Samsung 50e Cells	Samsung Li-Po 36[V] a 8.7[Ah]	Litio-Ion 7.8[Ah]	LiFePo4 36[V] a 8[Ah] SANYO
 Motor	350[W] pico 650[W]	3,600[W] dual hub motors	500 [W] pico 650[W]	250[W] pico 500[W]	250[W] pico 750[W]
 Velocidad máx.	28 [km/h]	24-70 [km/h]	32 [km/h]	25 [km/h]	32 [km/h]
 Autonomía	30 [km]	104 [km]	25-35 [km]	30 [km]	32 [km]
 Freno	Delantero y trasero de disco	Delantero y trasero de disco	Regenerativo	Regenerativo y disco	Energy Recover Breaking (E.R.B.)

La aplicación es movilidad urbana para todos los casos
 Scooters de 2 ruedas idénticas
 • (ancho x largo)

Imagen: iconografía de *The Noun Project*.

Tabla 18. Comparativa de las características de scooters eléctricos del mercado.

Las llantas utilizadas son neumáticos de entre 5 y 8.5 pulgadas de diámetro, la carga máxima va de 100 a 110kg, y todos utilizan doble freno: delantero (regenerativo o de disco) y trasero (de disco).

En cuanto a tecnología, a excepción de “Weped” que rompe con la clasificación de VMPs, todos utilizan motores de corriente directa brushless, entre 250 W y 500 W a 48 V o 36 V. La alimentación proviene de baterías de Litio (Li-ion, LiFePo4, Li-Po) de 36V o 48V en un amperaje entre 7.8Ah y 11.6Ah, para dar una autonomía de entre 25 km y 35 km (bajo condiciones controladas de velocidad, carga y temperatura).

7.3 Especificaciones objetivo

Las especificaciones del proyecto se han comenzado a definir desde el ciclo 1.0 hasta este ciclo a través de la investigación sobre normativa, observaciones, estudio comparativo, etc. En esta sección, se busca establecerlas en términos de métricas y unidades.

Para establecer las especificaciones, es importante definir las métricas relacionadas con los requerimientos. En la tabla 19, se muestra su relación. Para aquellos requerimientos que más que tener una medida, su aplicación es necesaria, se asignó la palabra “obligatoria”.

No.	Requerimiento	Métrica
1	El VUM tiene un costo máximo estimado de \$30,000.	Costo
2	El VUM tiene un volumen de entrega de al menos 35 paquetes.	Volumen de carga
3	El VUM permite el fácil ascenso y descenso de su usuario.	Obligatorio
4	El VUM cuenta con un sistema de señalización visual y sonora para comunicación vial.	Señalización vial - obligatorio
5	El VUM permite una velocidad máxima de 25km/h.	Velocidad máxima
6	El VUM se compone de piezas comerciales.	Obligatorio
7	El VUM soporta el peso de los paquetes y del usuario.	Capacidad de carga
8	El VUM recorre zonas de edificios corporativos.	Autonomía
9	El VUM cuenta con un soporte para teléfono celular.	Obligatorio
10	El VUM permite circular entre zonas con tráfico y ciclo vías.	Dimensiones máximas Tamaño y tipo de llanta
11	El VUM transita por zonas irregulares (desniveles, topes, baches).	Obligatorio
12	El VUM es estable, con y sin carga, al circular y estar estacionado.	Obligatorio
13	El VUM es de fácil mantenimiento.	Obligatorio
14	El VUM permite la fácil reposición de sus componentes dañados.	Obligatorio
15	La apariencia del VUM armoniza en un ambiente corporativo.	Obligatorio
16	El VUM es eléctrico.	Potencia del motor
17	El VUM es cómodo para el usuario.	Obligatorio

Tabla 19. Métricas.

Una vez asignadas las métricas, se hace uso de la información previa recopilada: estudios comparativos, normativas, necesidades, etc., para definir los aspectos técnicos, así como los intervalos y unidades de cada métrica.

Costo. El valor máximo del costo fue establecido a finales del ciclo 2 por el cliente (empresa colaboradora), quien definió cuánto estaba dispuesto a invertir por cada vehículo. Hasta el momento no se consideran aspectos financieros ni convenios de compra que delimiten de mejor manera este parámetro; sin embargo, considerando el costo de desarrollo, para fines del diseño se establece no rebasar esta cifra: 30,000 MNX.

Velocidad. Este parámetro está delimitado por tres factores: la normativa española, quien establece para vehículos tipo B una velocidad mayor a 20km/h y menor a 30km/h; el estudio comparativo de VMPs, que mostró valores entre 20km/h y 35km/h; y el decisivo, cumpliendo a los requerimientos 5 y 10, el reglamento para ciclovía de la CDMX, el cual restringe la velocidad a 25km/h.

Volumen de carga. Por un lado, el volumen máximo para transportar paquetes se delimita por el volumen de carga de una caja de motocicleta de 0.155m^3 (50cmx50cmx62cm), buscando con esto aproximarnos al mismo valor; por otro lado, el concepto de VUMi es un vehículo que se convierte en maleta, por lo que se compara con las dimensiones de maletas de 24" (0.5m^3) y 28" (0.1m^3).

Dimensiones máximas. Los valores máximos para las dimensiones están dados por la amplitud de la ciclovía; según la normativa española las dimensiones máximas para vehículos tipo B es 0.8m x1.9m x 2.1m (ancho, largo, alto).

Carga. Para la carga máxima se considera el peso de una persona (100kg), el peso del vehículo (15kg) y el peso de los paquetes (35kg), los tres de manera aproximada. Al final, se consideran 150kg para el diseño.

Autonomía. La autonomía se define con base en la distancia de recorrido, considerando el reparto en corporativos, donde las distancias son cortas, donde se entregan varios paquetes en un mismo edificio, donde hay centros de distribución cercanos, y donde el concepto de logística mostrado en la experticia diseñada se aplica para la recarga de paquetes y baterías, se considera una distancia de 10km de autonomía para entregar al menos 35 paquetes. Además, según el estudio comparativo realizado, las baterías de litio, de entre 36 V o 48 V en un amperaje entre 8.4 Ah y 13 Ah, son utilizadas comercialmente para dar una autonomía de entre 20 km y 50 km (bajo condiciones controladas de velocidad, carga y temperatura).

Tamaño y tipo de llanta. Este parámetro se determina por el estudio comparativo, se observaron llantas comerciales de 8.5” y 10” o arriba de 19”, dado que nuestro vehículo se convertirá en maleta, dos llantas de 19” serían muy difíciles de ocultar, y una de 8.5” tendría problemas con baches y topes, además de la consideración de la carga, por lo que se considera más conveniente elegir la de 10”. En cuanto a la configuración, se identificaron ventajas de amortiguamiento en las neumáticas, a diferencia de las de caucho rígido; por lo que se considerarán llantas neumáticas.

Potencia del motor. En la comparativa del mercado se identificaron motores de corriente directa sin escobillas entre 250 W y 600 W a 48 V o 36 V. En cuanto al freno, por reglamentación de la CDMX, es requerido el freno de mecánico aún si existe freno electrónico; por lo que se considera freno de disco.

Finalmente, tomando todas las consideraciones antes mencionadas, se establecen las especificaciones objetivo en la tabla 20.

ESPECIFICACIONES OBJETIVO	No.	No. de Requerimiento	Métrica	Intervalos	Unidades
	1	1, 6	Costo máximo	$\leq 30,000$	MXN
	2	2	Volumen de carga	$0.05 \leq v \leq 0.1$	m ³
	3	10	Dimensiones máx.	80x190x210	cm
	4	5, 6	Velocidad Máxima	25	Km/h
	5	7	Capacidad de carga	150	Kg
	6	8, 6	Autonomía máxima	10	Km
	7	6, 16	Potencia	$250 \leq W \leq 600$	W
	8	4, 6	Señalización vial	Sí	-
	9	11, 6	Diámetro llanta	10	plug

Tabla 20. Especificaciones objetivo.

Obligatorias. Las métricas marcadas como obligatorias en la tabla 19: facilidad de ascenso y descenso del vehículo, señalización vial según la normativa de la CDMX, utilización de piezas comerciales, soporte para dispositivo móvil, estabilidad del vehículo, fácil mantenimiento, fácil reposición de componentes dañados, apariencia acorde a un ambiente corporativo y comodidad del usuario, no se muestran en la tabla de especificaciones, pero se asumen como parte del diseño.

7.4 Arquitectura

Tanto la información previa como el concepto seleccionado y las especificaciones establecidas permiten dar forma al desarrollo del producto, de esta forma, los sistemas generales necesarios para el diseño del vehículo se plantean en la figura 66 y se definen a continuación:

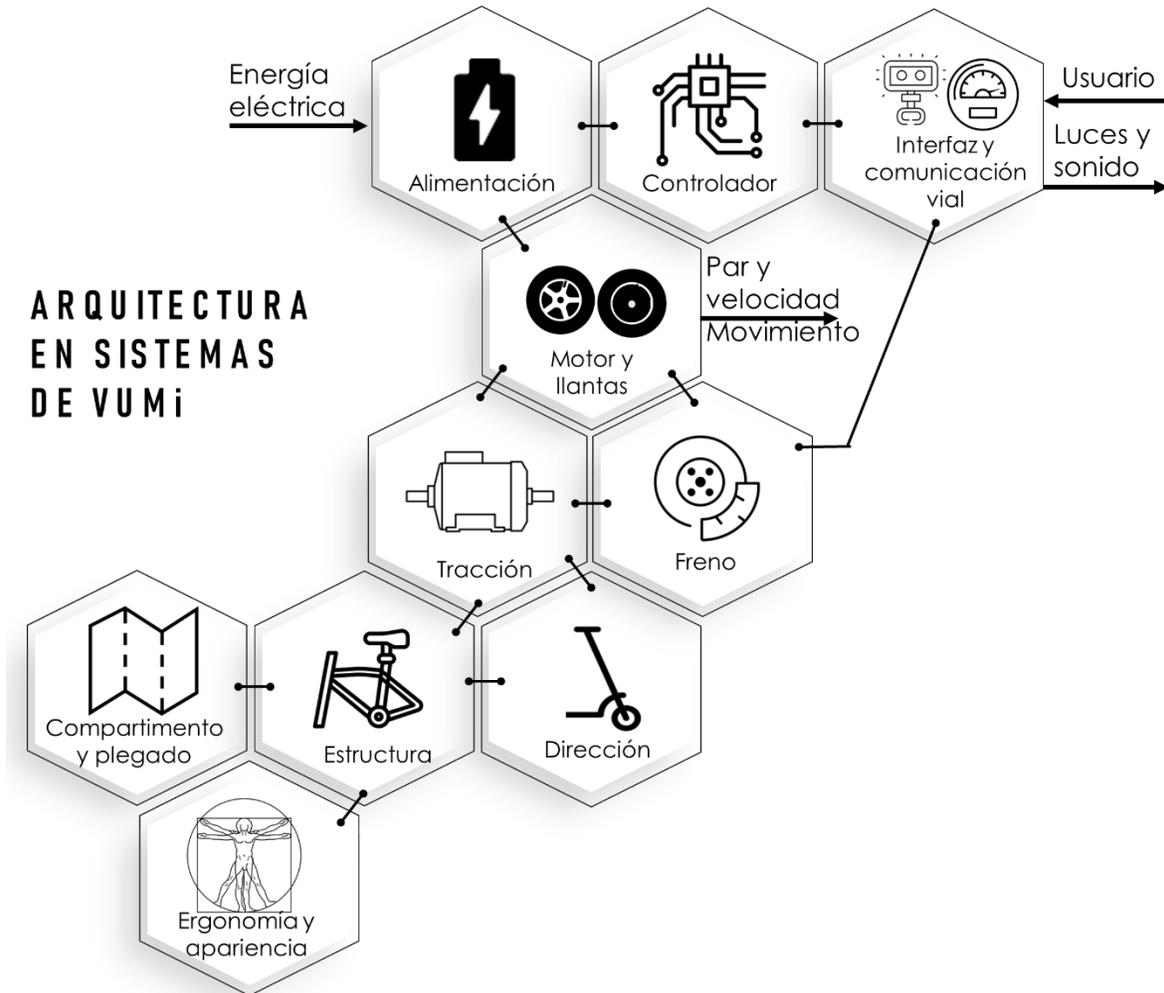


Figura 66. Arquitectura de VUMi.

Imagen: iconografía de *The Noun Project*.

Los principales sistemas que construyen el diseño de VUMi son: 1) sistema de tracción, 2) sistema de alimentación, 3) compartimento y plegado, 4) estructura y dirección, y 5) apariencia. El resto se consideran subsistemas que son abarcados por los primeros.

7.4.1 Compartimento y plegado

El sistema de compartimento y plegado consiste en el cálculo del volumen de carga para los paquetes y su distribución en el vehículo, así como los aditamentos necesarios para la conversión en maleta.

Por un lado, sería muy ambicioso calcular el peso o volumen de los paquetes para dimensionar el compartimento, ya que suelen tener diferentes tamaños dependiendo el fabricante, y diferentes pesos dependiendo el producto, lo cual es siempre variable. Por lo que, para su cálculo se consideró un paquete S-22457, de dimensiones aproximadas 27cm (10 ½ pulgada) x 40cm (16 pulgada) x 1.5cm (ancho, alto, profundidad), para transportar 35 de estos paquetes, acomodados en dos columnas con holgura, y así, cumplir con el requerimiento número 2. De esta forma, el volumen del contenedor es de 0.08 m³ con dimensiones de 27cm x 67.5cm x 44cm (ancho, largo, alto) (figura 67).

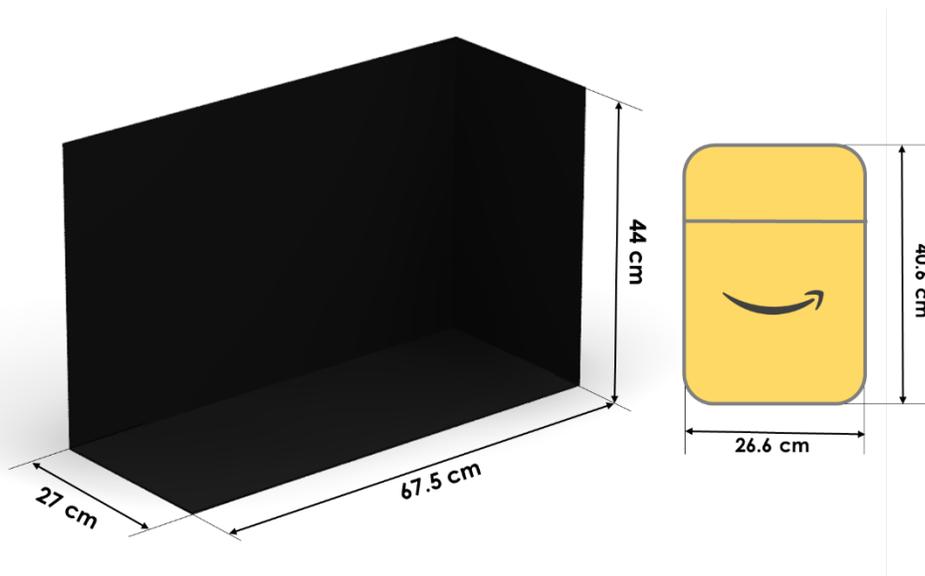


Figura 67. Compartimento de paquetes.

Por otro lado, el sistema de plegado o conversión a maleta cambia respecto al concepto seleccionado en el capítulo anterior, y se define solamente como el cubrimiento de las llantas con la misma carcasa. Se considera también la implementación de dos llantas de maleta en la parte frontal del vehículo y una manija que sirva para girarlo y convertirlo en maleta, tal como se muestra en la primera imagen de la figura 75b.

7.4.2 Cuadro estructural y dirección

El sistema de cuadro estructural y dirección consiste en el diseño del chasis del vehículo (figura 68-a). Para ello, se seleccionó PTR perfil tubular rectangular de acero de $\frac{1}{2}$ pulgada y se utiliza soldadura eléctrica para su manufactura. En cuanto a las dimensiones del vehículo, se basaron en las dimensiones del contenedor (27cm ancho x 67.5cm largo x 44cm alto), las dimensiones de la batería y el espacio para la dirección, por lo que se establecen en 0.3m x 0.9m x 0.75m (ancho, largo, alto) (figura 69). Todo lo anterior considerando que VUMi es el primer prototipo y no un producto terminado. En cuanto a la dirección se implementó un ángulo de avance (o caster) positivo de $\theta_a = 13^\circ$ con el fin de ahorrar espacio en la implementación del vehículo, pero buscando mantener estabilidad en el giro (figura 68-b). Se abunda más sobre el diseño de estos sistemas en [54].

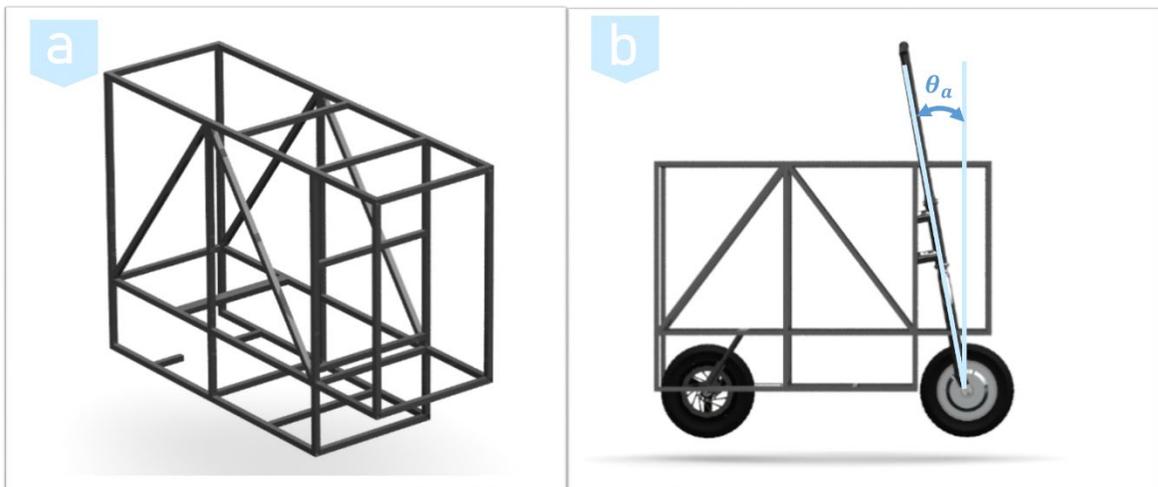


Figura 68. a) Estructura, b) dirección.

El ensamble de VUMi es como se muestra en la figura 70 donde se presentan todas las vistas en sistema americano; mientras que en la figura 69 se muestra el CAD y, de manera general, las dimensiones, piezas y materiales del prototipo a manufacturar para posteriormente probar con usuarios.

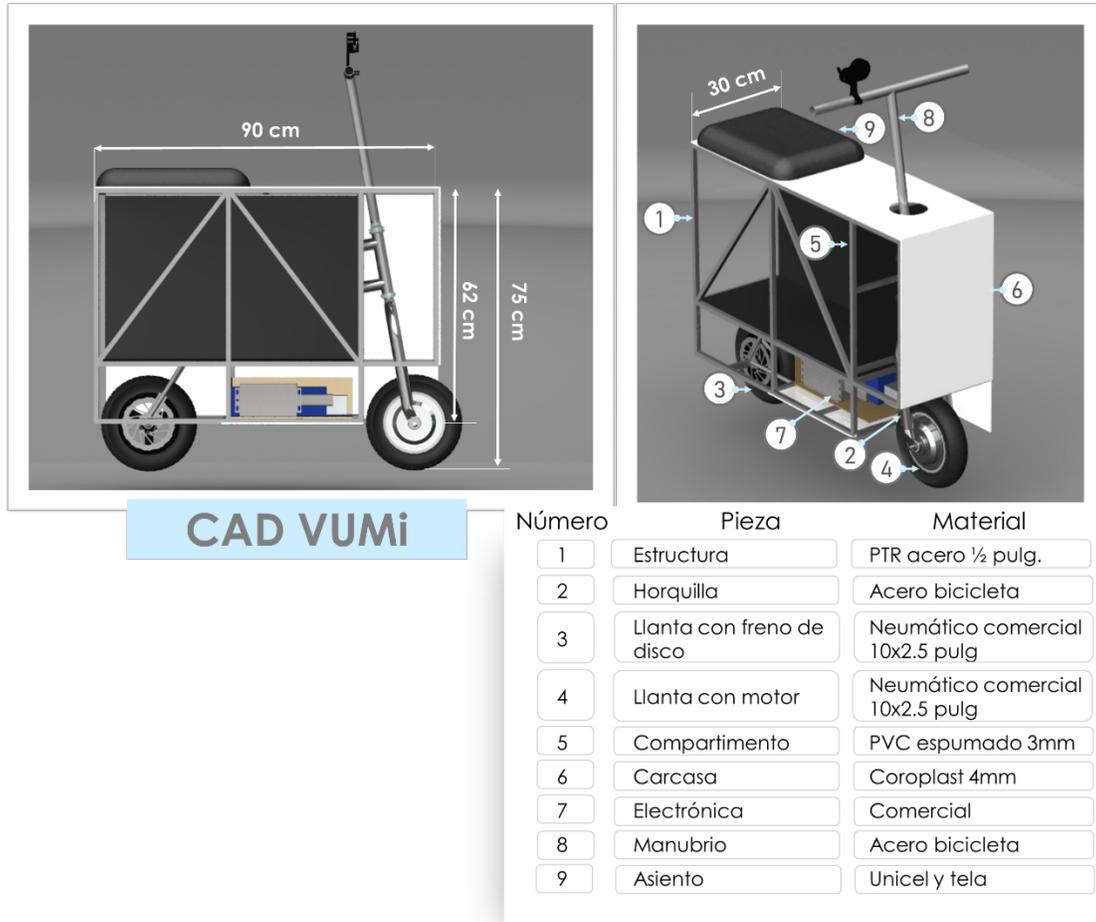


Figura 69. CAD de VUMi.

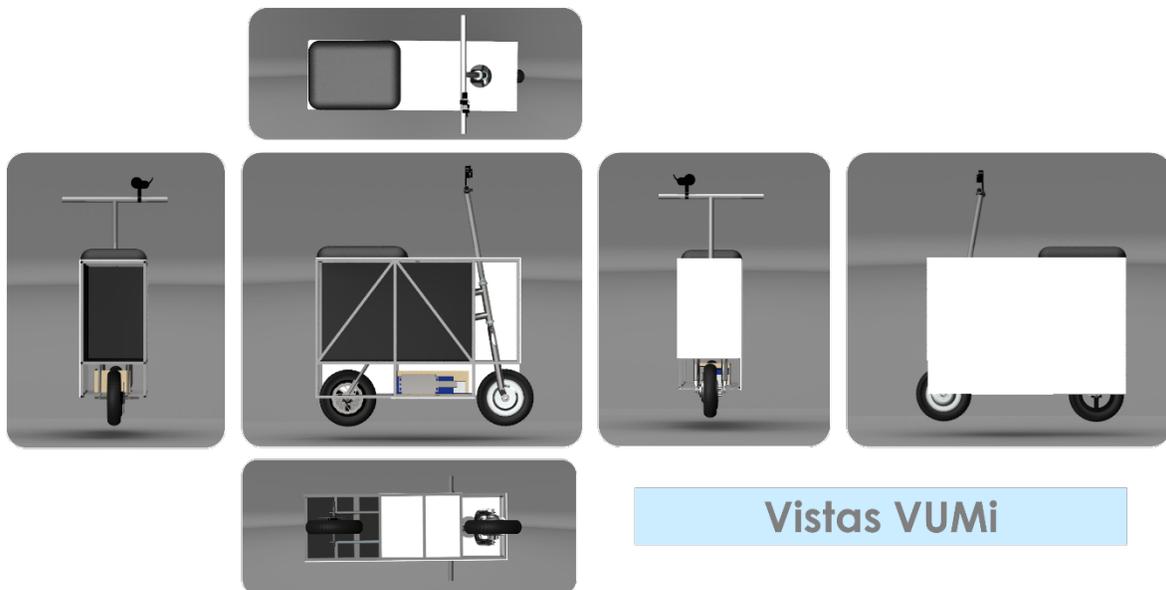


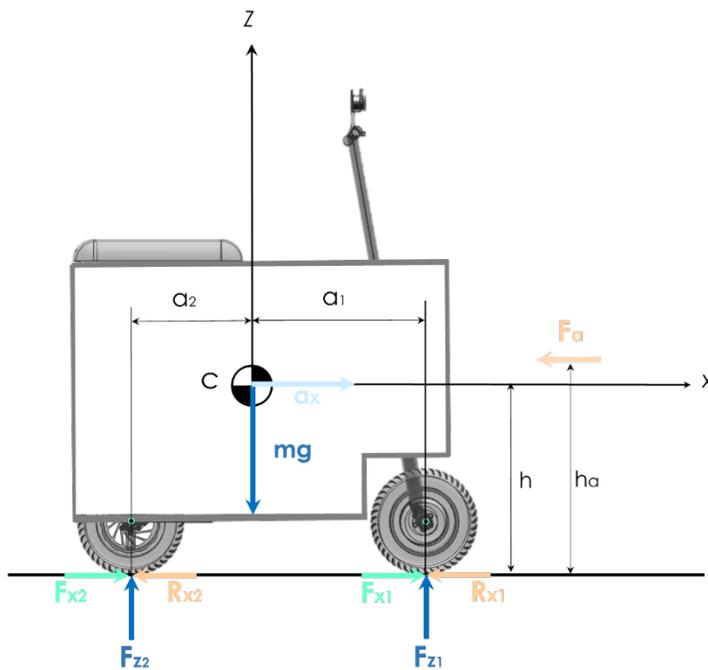
Figura 70. Vistas de VUMi.

7.4.3 Sistema de tracción

El sistema de tracción implica el accionamiento por medio de motor eléctrico, como se mencionó en el establecimiento de las especificaciones, por medio de un motor eléctrico de corriente directa brushless (sin escobillas). Para determinar la potencia del motor eléctrico se analiza su dinámica con apoyo de *Vehicle Dynamics Theory and Application* de Reza N. Jazar [55] y *Vehicle Dynamics and Control* de Rajesh Rajamani [56].

Se considera a VUMi como vehículo tipo motocicleta (dos ruedas) con tracción delantera y se presenta el diagrama de cuerpo libre para modelar su dinámica longitudinal. Para la estimación de parámetros, usaremos un factor de seguridad de 1.5 veces la masa considerada en las especificaciones (150 [kg]), por lo que m tendrá un valor de 225 [kg]; se obtienen los valores de centro de masa del CAD; y se considera la aceleración de $1 \frac{m}{s^2}$ a una velocidad de $25 \frac{km}{h}$.

Dinámica longitudinal del vehículo VUMi



Parámetros

- m : 225 [kg]
- g : 9.81 [m/s²]
- α_x : 1 [m/s²]
- C : (0.429, -0.131, 0.311) [m]
- a_2 : 0.29 [m]
- a_1 : 0.416 [m]
- L : 0.706 [m]
- h : 0.453 [m]
- h_a : 0.43 [m]
- ρ : 1.225 [kg/m³] (@ 15°C y presión barométrica de 101.32 [kPa])
- C_d : 1.05 (cubo)
- A_f : 0.186 [m²]
- V_x : 25 [km/h]
- Viento: se asume cero
- μ_r : 0.015

$$\Sigma F_x = ma_x \quad F_{x1} + F_{x2} - R_{x1} - R_{x2} - F_a = ma_x \quad (1)$$

$$\Sigma F_z = 0 \quad F_{z1} + F_{z2} - mg = 0 \quad (2)$$

$$\Sigma M_y = 0 \quad -F_{z1}a_1 + F_{z2}a_2 + h(R_{x1} + R_{x2} - F_{x1} - F_{x2}) - F_a(h_a - h) = 0 \quad (3)$$

- **Fuerza de resistencia aerodinámica.** Para el cálculo sabemos que:

$$\mathbf{F}_a = \frac{1}{2} \rho C_d A_f (V_x + V_{viento})^2 \quad \text{Y definimos } D_a = \frac{1}{2} \rho C_d A_f \quad (4)$$

- **Fuerzas normales.** De (1) y (4) en (3), el sistema queda:

$$F_{z1} + F_{z2} - mg = 0 \quad (2)$$

$$-F_{z1} a_1 + F_{z2} a_2 - h(ma_x) - D_a V_x^2 h_a = 0 \quad (3.1)$$

Resolviendo el sistema para Fz1 y Fz2:

$$F_{z1} = \frac{mga_2 - D_a V_x^2 h_a - ma_x h}{L} \quad (5)$$

$$F_{z2} = \frac{mga_1 + D_a V_x^2 h_a + ma_x h}{L} \quad (6)$$

- **Fuerza de resistencia a la rodadura.** De la dinámica de la llanta se sabe:

$$\frac{R_x}{F_z} \approx \mu_r \quad \text{Para } R_x = R_{x1} + R_{x2}; F_z = F_{z1} + F_{z2} \quad (7)$$

Se calcula μ_r utilizando la ecuación 3.8 en el capítulo 3 "Tyre Dynamics" del libro [65] para la presión de inflado permitida por el neumático de 310 [KPa]:

$$\mu_r = 0.0085 + \frac{1800}{p} + \frac{2.0606}{p} V_x^2 \quad \text{para } V_x \leq 165 \left[\frac{km}{h} \right] \quad (8)$$

$$\text{De esta forma: } \mathbf{R}_x = \mu_r (\mathbf{F}_{z1} + \mathbf{F}_{z2}) \quad (7.1)$$

- **Fuerza de tracción.** Con (4), (7.1) y sustituyendo en (1) se obtiene Fx:

$$\mathbf{F}_{x1} + \mathbf{F}_{x2} = \mathbf{m} \mathbf{a}_x + \mathbf{R}_x + \mathbf{F}_a \quad (1.1)$$

- **Par.** Considerando sólo tracción delantera, la llanta frontal tendrá que ejercer tanto Fx1 como Fx2, es decir, Fx completa. Una vez obtenida Fx, se calcula el par τ provocado. Con el fin de simplificar, se considera que no hay deslizamiento y la aceleración angular cero:

$$\boldsymbol{\tau} = I_w \dot{\boldsymbol{\omega}}_w + r \mathbf{F}_x \quad (9)$$

- **Velocidad angular.** Con fines de simplificación, tanto la velocidad angular como el par se calcularán con el radio nominal en lugar del radio efectivo:

$$\boldsymbol{\omega}_w = \frac{V_x}{r} \quad (10)$$

- **Potencia.** Finalmente, se calcula la potencia del motor:

$$\mathbf{P} = \boldsymbol{\tau} \boldsymbol{\omega}_w \quad (11)$$

Sustituyendo los parámetros para $a_x = 0$ y $V_x = 25[km/h]$

$$D_a = 0.119$$

$$F_a = 5.76 [N]$$

$$F_{z1} = 903.16 [N]$$

$$F_{z2} = 1304.08 [N]$$

$$\mu_r = 0.0146$$

$$R_x = 32.22 [N]$$

$$F_x = F_{x1} + F_{x2} = 37.99 [N]$$

$$\tau = 4.82 [Nm]$$

$$\omega_w = 54.68 [rev/s]$$

$$P = 263.84 [W]$$

Nomenclatura

m:	masa del vehículo
g:	gravedad
ax:	aceleración del vehículo en el eje x
c:	centro de masa
a2:	distancia del centro de masa al eje trasero
a1:	distancia del centro de masa al eje frontal
h:	distancia del centro de masa al suelo
ha:	altura del suelo al punto donde se aplica la fuerza Fa
ρ :	densidad del aire
Cd:	coeficiente de resistencia aerodinámica
Af:	área frontal del vehículo
Vx:	velocidad del vehículo
Vviento:	Velocidad del viento
Da:	constante de resistencia aerodinámica
L:	distancia entre ejes (a1+a2)
μ_r :	coeficiente de fricción rodante
p:	presión del aire en la llanta
r:	radio de la llanta
Iw:	momento de inercia de la llanta en el eje x
Fz1:	Fuerza normal en la llanta frontal
Fz2:	Fuerza normal en la llanta trasera
mg:	Peso del vehículo ubicado en el centro de masa
Fx1:	Fuerza de tracción en la llanta frontal
Fx2:	Fuerza de tracción en la llanta trasera
Rx1:	Fuerza de resistencia a la rodadura en la llanta frontal
Rx2:	Fuerza de resistencia a la rodadura en la llanta trasera
Fa:	Fuerza de resistencia aerodinámica
τ :	Par en la llanta
ω_w :	velocidad angular en la llanta
$\dot{\omega}_w$:	aceleración angular en la llanta
P:	potencia del motor

Como se calculó, la potencia necesaria es de al menos 264 W para una velocidad de 25km/h, 150kg de carga con factor de seguridad de 1.5 y rueda de 10 pulgadas de diámetro. Sin embargo, dado que la intención del proyecto es realizar un prototipo, cabe la oportunidad de ampliar las aplicaciones, y por lo tanto las especificaciones, es por ello que se seleccionó un motor busheles de 500W a 48V con limitaciones de velocidad a 15km/h, 25km/h y 45km/h. De este modo se satisfacen los requerimientos 6, 13, 14 y 16 y se mantiene útil el motor para futuras modificaciones o aplicaciones. Por razones comerciales, fue conveniente adquirir un kit [57] que contiene dos llantas de 10 pulgadas de diámetro, una con el motor integrado, dos frenos de disco (que incluyen los discos, palanca mecánica manual para montar en el manubrio y “chicotes” de acero), controlador, acelerador de mano, pantalla LCD con velocímetro, y dos llantas neumáticas (figura 71).



Figura 71. Kit motor y especificaciones del motor.

Imagen: elaboración propia con imagen de [57].

7.4.4 Sistema de alimentación eléctrico

El sistema de alimentación eléctrico consiste en el cálculo y selección de la batería adecuada para alcanzar la autonomía deseada de 10km. A continuación, se muestra el cálculo para el motor calculado (264 W) y el motor seleccionado de 500W a 48 V. De esta forma se satisface el requerimiento 6 y 8.

Capacidad de la batería y autonomía

La potencia eléctrica depende del voltaje y la corriente:

$$P_e = V * I \quad (12)$$

Conocemos la potencia necesaria para la funcionalidad del vehículo (264[W]) y el voltaje en el que trabaja (48[V]); resta conocer la corriente:

$$I = \frac{264 [W]}{48[V]} = 5.5 \text{ A}$$

5.5 [Ah] deberían ser suficientes para trasladar el vehículo 1 hora a velocidad constante de 25[km/h] y las condiciones de temperatura del fabricante; sin embargo, el motor seleccionado para comprar es de 500 [W], es por ello que la batería se adapta también a dicho motor:

$$I = \frac{500 [W]}{48[V]} = 10.4 \text{ A}$$

Una batería de 10.4[Ah] deberían ser suficientes para trasladar el vehículo 1 hora a velocidad constante de 25[km/h] y las condiciones de temperatura y terreno del fabricante, lo que daría una autonomía de 25Km.

Por lo tanto, se seleccionó una batería comercial de LiNiMnCoO₂ [58] de 10Ah (capacidad más próxima) que satisfizo de mejor manera el requerimiento de costo; sus principales especificaciones se muestran en la figura 72.



Figura 72. Batería y sus especificaciones.

Imagen: elaboración propia con imagen de [58].

Por otro lado, de acuerdo con el kit comercial para scooter eléctrico y la batería seleccionada, el diagrama general de conexiones eléctricas de la batería de 48V que alimenta el sistema; el motor con sensor de efecto hall; y el display LCD con velocímetro y acelerador; conectados al controlador para el funcionamiento del vehículo se presenta en la figura 73; mientras que el diagrama completo proporcionado por el fabricante se presenta en el anexo K.

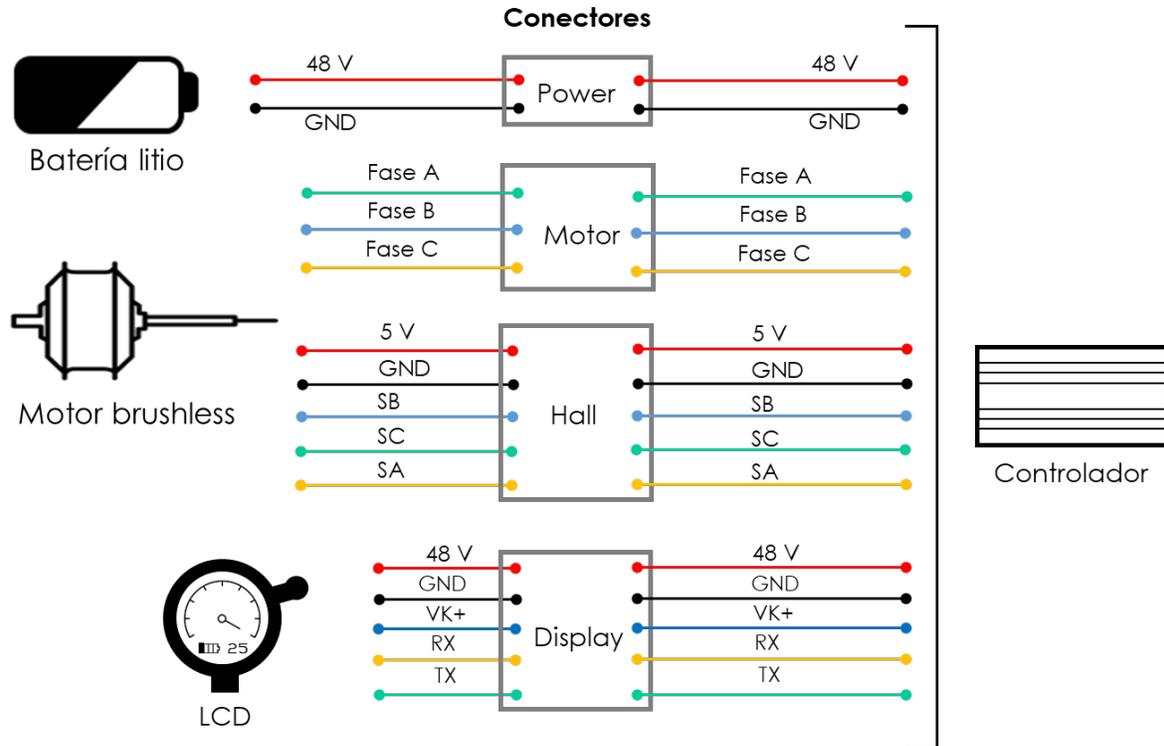


Figura 73. Diagrama de conexión eléctrico.

Imagen: Elaboración propia con información de [57] e iconografía de *The Noun Project*.

7.4.5 Apariencia

Tanto para la comodidad del usuario como para el requerimiento de apariencia en un ambiente corporativo, este sistema auxilia en el cumplimiento de los requerimientos 15 y 17.

El concepto estético de VUMi consiste en utilizar dos colores y acabados plastificados que cubren las llantas y el compartimento del vehículo para dar un aspecto de maleta. Además, se considera el posicionamiento de reposapiés que permita mayor comodidad del usuario y la fabricación de un asiento con materiales suaves que ayuden en el reposo durante el trayecto. Para dimensionar la altura del vehículo, la distancia al manubrio y la posición del reposapiés, se consideraron las dimensiones de vehículos análogos y las dimensiones de una persona de 1.70m de altura. El desarrollo de la estética se desarrolla de manera más detallada en [59]. En la figura 74 se muestra el concepto de VUMi.



Figura 74. Propuesta estética.

7.5 Especificaciones finales

Especificaciones como el volumen de carga, dimensiones y la potencia del motor se refinaron y con ello, las especificaciones finales para la manufactura del prototipo VUMi son como se muestran en la tabla 21.

ESPECIFICACIONES FINALES	No.	No. de Requerimiento	Métrica	Intervalos	Unidades
	1	1, 6	Costo máximo	$\leq 30,000$	MXN
	2	2	Volumen de carga	0.08	m ³
	3	10	Dimensiones	30x90x75	cm
	4	5, 6	Velocidad Máxima	25	Km/h
	5	7	Capacidad de carga	150	Kg
	6	8, 6	Autonomía máxima	10	Km
	7	6, 16	Potencia	500	W
	8	4, 6	Señalización vial	Sí	-
	9	11, 6	Diámetro llanta	10	plug

Tabla 21. Especificaciones finales.

7.6 Prototipo VUMi

El concepto de VUMi es desarrollado en esta sección, como se muestra en la figura 75, en dos configuraciones: modo maleta (figura 75-b) y modo vehículo (figura 75-a). Y manufacturado en la siguiente sección.





Figura 75. Concepto VUMi a) modo vehículo, b) modo maleta.

7.6.1 Manufactura

El proceso de manufactura se dividió en tres secciones, estructura, dirección y ensamble. Para la primera parte, se decidió utilizar PTR (perfil tubular rectangular) cuadrado de $\frac{1}{2}$ pulgada de acero para fabricar la estructura del vehículo y se manufacturo en el laboratorio de metales del CIDI. Los principales procesos utilizados fueron corte y soldadura eléctrica. Una vez dimensionadas, y cortadas las partes de la estructura, se soldaron. En la figura 76-a se muestran imágenes de la manufactura de la estructura.

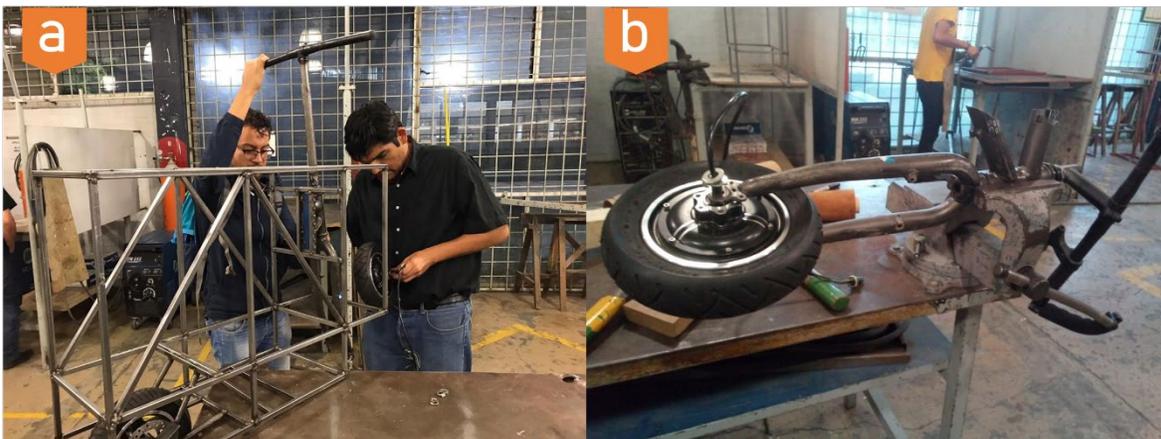


Figura 76. a) Manufactura estructura VUMi, b) Manufactura horquilla de dirección VUMi.

Paralelamente, se manufacturó la horquilla de dirección, para ello se hizo uso de una horquilla para bicicleta, se adaptó a las dimensiones del motor y la llanta de 10"; se cortó y rediseñó el manubrio para que fuera plegable y tuviera acceso a los frenos y acelerador; y finalmente, se manufacturó el eje para adaptar a la medida el motor a la horquilla. Otro aspecto importante en la manufactura de la horquilla fue considerar su adaptación a la estructura, para mantener el ángulo respecto al usuario medido de manera vertical. En la figura 76-b se muestra la manufactura de la horquilla.

En la tercera parte de la manufactura, una vez que la estructura y la horquilla estuvieron adaptadas y soldadas, se realizó el ensamble de la carcasa el cual fue constituido por Coroplast blanco de 4mm de espesor; se adaptaron 2 ruedas de maleta de 3 pulgadas; se ensambló la electrónica, el motor, el acelerador, el controlador y la batería, acomodados en su lugar asignado; se ensambló el freno de disco a la llanta trasera con el chicote conectado al manubrio; se moldeó un asiento de unicel forrado con tela negra; y se construyó el compartimento de PVC espumado negro de 3mm de espesor. En la figura 77 se muestra el prototipo de VUMi.



Figura 77. Prototipo final VUMi: a) modo maleta, b) modo vehículo.

7.6.2 Pruebas

Una vez terminado el prototipo, se realizaron pruebas de funcionalidad, comodidad del usuario y percepción de su diseño. Se probaron con cerca de 10 personas, y se presentó al cliente, los miembros de la empresa de reparto. La prueba consistió en conducir el VUMi a lo largo de un pasillo y probar sus velocidades utilizando equipo de protección. Inicialmente se indicó al usuario el funcionamiento y se realizaron observaciones. En la figura 78 se muestran algunas imágenes de las pruebas con prototipo VUMi.



Figura 78. Pruebas prototipo VUMi.

Algunas de las observaciones son: 1) altura y ancho del vehículo y la comodidad del usuario, 2) se consideró colocar reposapiés y tripeé para equilibrio, 3) manufacturar la carcasa de un material más resistente, 4) corregir el ángulo del manubrio, ya que se considera sumamente sensible para girar, y 5) se consideró aceptable el volumen de almacenamiento y la tracción.

7.7 Prototipo VUMi 2.0

La segunda iteración del ciclo 4: prototipo, se realiza a través de VUMi 2.0, que surge tras las modificaciones aplicadas a VUMi, y que es resultado de las pruebas realizadas. Las principales modificaciones realizadas consisten en:

- ✓ Se modificó el ángulo de avance en la horquilla de 13° a 16° para disminuir la sensibilidad de giro en el manubrio.

- ✓ Se mejoró el funcionamiento del telescópico, ya que en el prototipo anterior tenía dificultad para deslizar. Adicionalmente, se implementó un mecanismo de bloqueo de manubrio para evitar el giro de la llanta frontal en modo maleta (figura 79).
- ✓ Se implementaron reposapiés (figura 79).
- ✓ Además, se modificó la posición de la batería; se adaptó un apartado al frente del vehículo por encima de la horquilla, dejando libre el espacio entre llantas, de esta forma el volumen del vehículo aumentó de 0.08m^3 a 0.093m^3 , correspondiente al 16% más que en el primer prototipo (figura 79).

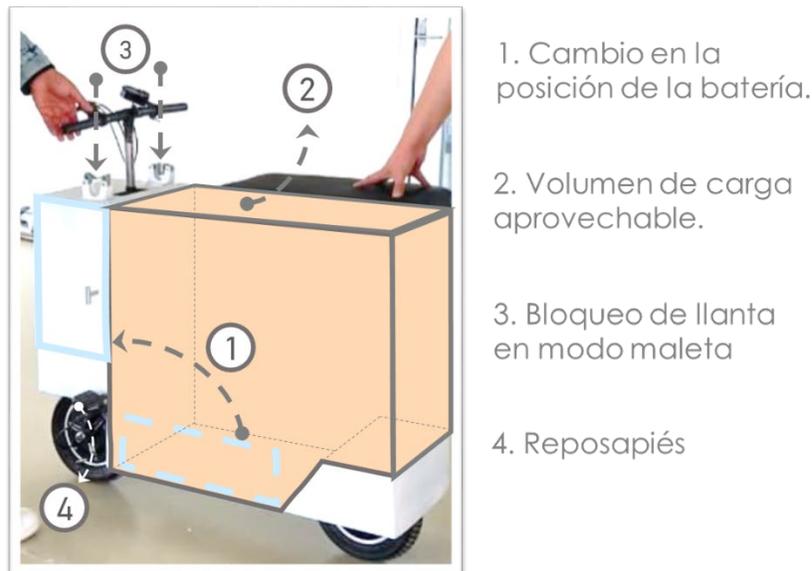


Figura 79. Modificaciones respecto a VUMi.

- ✓ A pesar que en la sección anterior no se desarrolló el concepto del compartimento saliente (figura 75-b), para VUMi 2.0 se descartó debido al espacio y recursos que podría utilizar la construcción del mecanismo que lo impulsaría. De esta forma, se propone eliminar la caja de compartimento y aprovechar todo el espacio posible restringido por la carcasa del vehículo; se manufacturó una compuerta manteniendo el acceso posterior (figura 80-a).
- ✓ Al modificar el concepto del compartimento, se implementa un acceso a los paquetes en modo vehículo; se manufacturó una compuerta bajo el asiento estableciendo el acceso superior (figura 80-b).
- ✓ Finalmente, la carcasa fue reemplazada por lámina de acero. En la figura 80 se muestra el prototipo final de VUMi 2.0 en modo maleta (figura 80-a) y modo vehículo (figura 80-b)



Figura 80. A) acceso modo maleta VUMi 2.0, b) acceso modo vehículo VUMi 2.0.

7.7.2 Pruebas

Se realizaron tres tipos de prueba: funcionales en terreno, funcionales de rendimiento y de aceptación por el usuario. Las primeras consistieron en evaluar la respuesta del vehículo en terrenos difíciles como rampas, topes, baches. Las segundas evaluaron la funcionalidad del motor y la autonomía otorgada por la batería considerando un vehículo con la persona conduciendo y carga en el compartimento. Todas las pruebas se realizaron en el campus de Ciudad Universitaria.

Terreno. Todas las pruebas de terreno se realizaron cualitativamente. Inicialmente se condujo en baches para evaluar el comportamiento de la llanta; sin abundar demasiado en esta prueba, se consideraron adecuadas sus dimensiones pues permitieron entrar y salir del bache sin mayor problema (figura 81-a).

Además, se recorrió terreno empedrado donde se evaluó el amortiguamiento de la llanta neumática; a pesar de no ofrecer comodidad máxima y presentar pequeñas vibraciones, se consideró amortiguamiento suficiente considerando que éste no es el terreno donde VUMi 2.0 se desempeñará habitualmente (figura 81-c).

Por otro lado, se realizaron pruebas en rampas y topes; en cuanto a las rampas VUMi 2.0 logró subir ángulos hasta de 8° de inclinación (figura 81-b); mientras que en las pruebas con topes logró pasarlos sin problema (figura 81-d). Por lo anterior, el motor se consideró aceptable para su comportamiento en rampas y las dimensiones de altura y distancia entre ejes por su comportamiento en topes. En la figura 81 se muestran las principales pruebas en terreno de CU. En todos los casos se refiere a situaciones extremas donde VUMi 2.0 no se desempeñaría habitualmente, pero para las cuales está preparado.

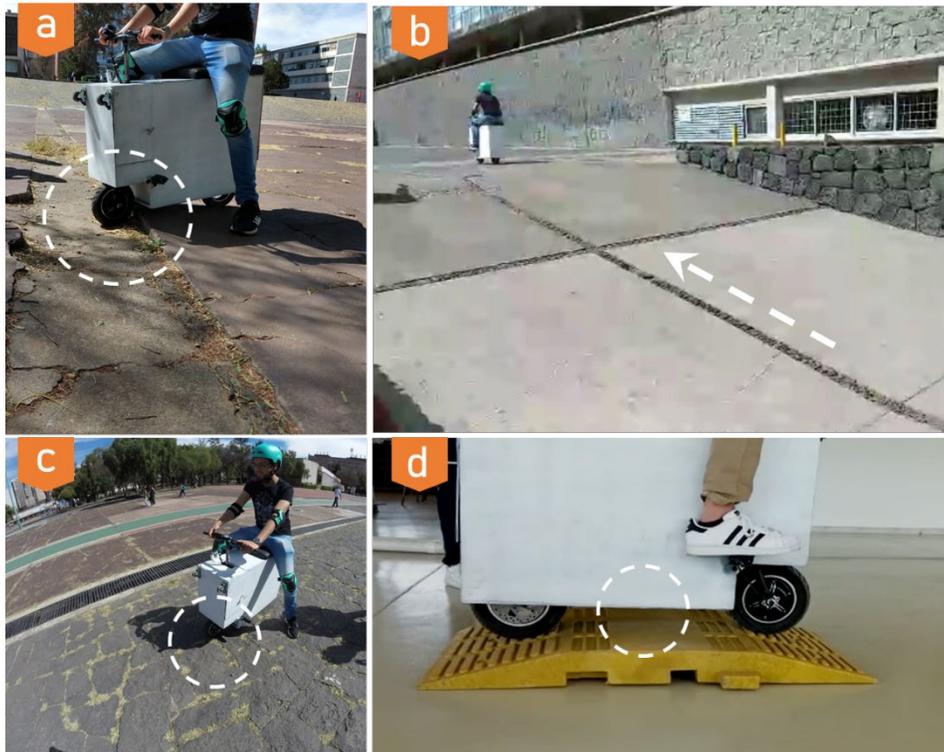


Figura 81. Pruebas de terreno.

Autonomía. En cuanto a la prueba de autonomía, al realizarse un recorrido en Ciudad Universitaria, se obtuvieron valores de distancia de 11.15km recorridos en 1 hora 30 min, para una batería de 48V a 10Ah (figura 82). Por lo que se satisface el requerimiento número 8. Si se requiriera mayor autonomía, se parte de esta medición para calcular las características de la batería o banco de baterías, asumiendo aproximadamente 11km por cada 10Ah en las condiciones de VUMi 2.0.



Figura 82. Pruebas de autonomía.

Potencia del motor. Se observó a lo largo de las pruebas que no tuvo mayor dificultad para subir rampas, pasar baches y topes; sin embargo, en una prueba cuantitativa se midió la potencia necesaria para subir una rampa de 8° , los resultados ofrecieron una potencia pico equivalente a 690 W (15A y 46V). Cabe señalar que el cálculo del motor se realizó para movimiento longitudinal horizontal del vehículo, ya que, como se ha mencionado con anterioridad, éste representa el terreno donde el VUM se desempeñará, por lo que, hasta el momento, el motor se considera adecuado para las actividades diseñadas. Sin embargo, si se deseara considerar otras condiciones de terreno, se recomienda verificar la capacidad del motor y calcularlo basado en las características del terreno y del vehículo.

Usuario. Se realizaron dos pruebas con usuarios: llenado del vehículo con paquetes (figura 83) y carga de la camioneta con vehículos (figura 84). Para el llenado con paquetes, la empresa colaboradora puso a disposición algunos paquetes para ser entregados; sin embargo, debido a restricciones de la universidad no se pudieron realizar pruebas de manejo en el campus, es por ello, que la prueba se limitó a medir los paquetes en el espacio de carga. Se acomodaron paquetes pequeños y mediano, en bolsa, sobre y cajas (figura 83-a y 83-c.); se lograron ingresar 8 de los 9 paquetes de la ruta en Ciudad Universitaria; el paquete más grande que entró al VUMi 2.0 fue una caja de dimensiones 47x22x38 cm que logró entrar por el acceso posterior (figura 83-b).

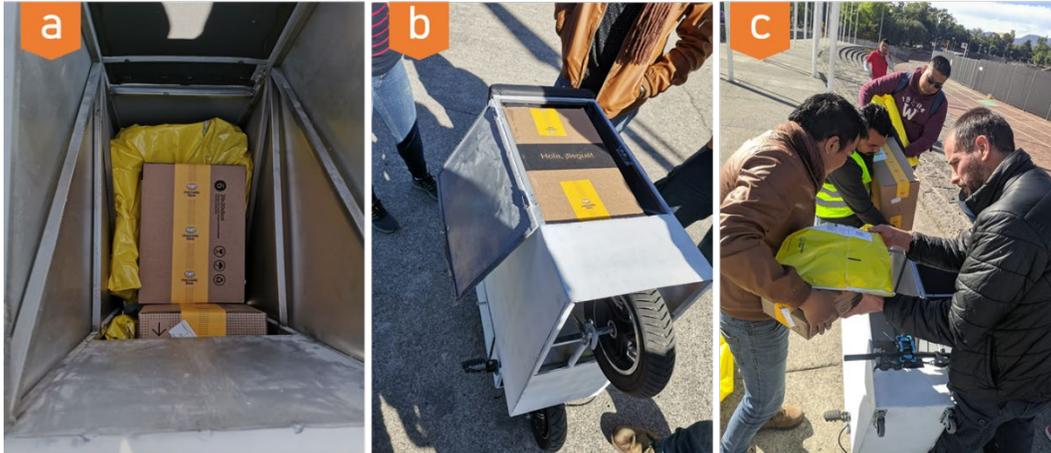


Figura 83. Pruebas con usuarios: llenado con paquetes.

En cuanto al ascenso y descenso de VUMi 2.0 a la camioneta de reparto, se hicieron pruebas para observar la cantidad de vehículos a transportar y la forma de acomodarlos. Se observó que podrían transportarse entre 3 y 4 vehículos, y que es necesario implementar un sistema de sujeción dentro de la camioneta para su correcto transporte. Además, se observó que se necesita de dos personas para el ascenso y descenso de los mismos tal como se muestra en la figura 84.

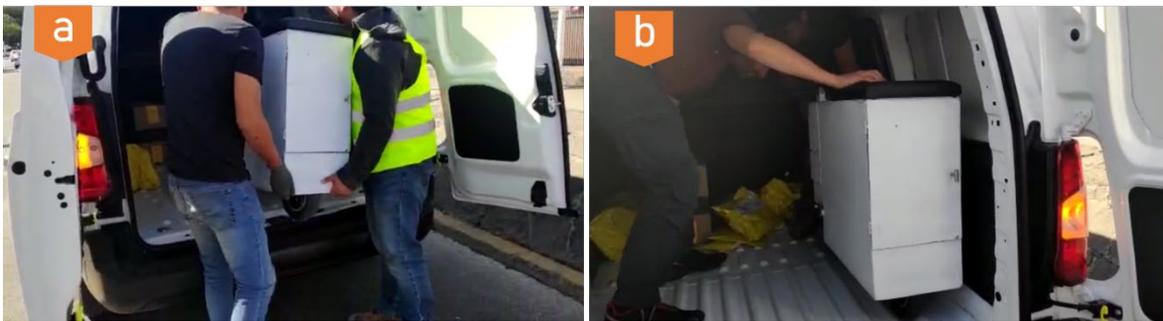


Figura 84. Pruebas con usuarios: camioneta.

Dado que los usuarios ya habían realizado pruebas piloto de entregas en corporativos, se obtuvo una valiosa realimentación a cerca de la forma, tamaño y concepto del vehículo-maleta. En su experiencia, el acceso a corporativos con un vehículo se realizaba sólo la mitad de las veces, mientras que el resto de las ocasiones el vehículo tuvo que quedarse estacionado afuera del edificio, por lo que, a su percepción, VUMi 2.0 tendría dificultades para acceder, dadas sus dimensiones, su peso y sus materiales de manufactura; sin embargo, mostraron gran interés y entusiasmo ante la idea del concepto de VUMi 2.0 en modo vehículo sobre todo por la capacidad de carga, el tipo de paquetes que se pueden transportar y la agilidad o facilidad que ofrece el vehículo para movilizarse.

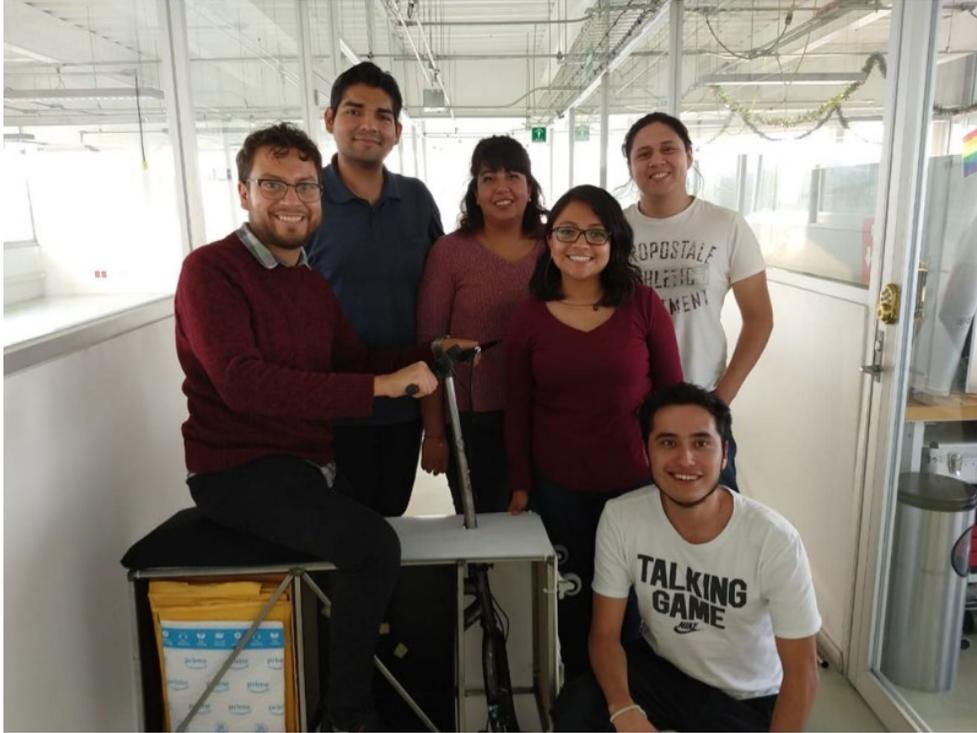


Figura 85. Equipo de trabajo VUMi.



Figura 86. Equipo de trabajo VUMi 2.0.

7.8 Conclusiones y trabajo a futuro VUMi

En este capítulo el reto se satisfizo a través de dos prototipos funcionales y sus respectivas pruebas con usuarios. Se desarrolló el concepto de vehículo maleta para entrega de paquetería en corporativos:

- ✓ **Motor:** se realizó el cálculo del motor para condiciones de aceleración cero, velocidad constante y movimiento longitudinal horizontal. Por medio de las pruebas cualitativas en terreno se pudo observar la correcta funcionalidad de éste para las condiciones de VUMi y VUMi 2.0. Para futuras aplicaciones se recomienda el cálculo para movimiento longitudinal inclinado, experimentar con diferentes valores de aceleración o realizar simulación numérica.
- ✓ **Controlador:** para VUMi y VUMi 2.0 el controlador se utilizó bajo parámetros del fabricante (3 velocidades hasta 45 km/h) y representó un instrumento de diseño en el desarrollo de prototipos; sin embargo, si se estableciera un producto final es indispensable limitar la velocidad a 25 km/h y diseñar el sistema de comunicación vial para satisfacer los requerimientos de la normativa. Adicionalmente, si se deseara obtener mayor provecho de la batería, la implementación de un freno regenerativo representa una opción viable para aumentar la autonomía del vehículo.
- ✓ **Batería:** después de las pruebas de rendimiento se verificó la autonomía de 10 km equivalente a 1h y 30min de autonomía con una batería de 10 Ah, satisfaciendo la especificación. Si se deseara diseñar para futuros vehículos, aplicaciones o diferentes condiciones de terreno, se podría implementar un batería con mayor capacidad o un banco de baterías para aumentar la autonomía considerando los costos que implican.
- ✓ **Estructura:** es deseable realizar un análisis de esfuerzos de la estructura actual y rediseñarla con el fin de seleccionar materiales, disminuir peso, costos y procesos de manufactura, así como garantizar la resistencia de la carga.
- ✓ **Dirección:** a pesar de la mejora en la sensibilidad del manubrio para girar de VUMi a VUMi 2.0, es deseable realizar pruebas de conducción para validar el ángulo de avance y el radio de giro.
- ✓ Dado que la entrega de paquetería es una tarea repetitiva, es de vital importancia trabajar en la ergonomía del usuario y refinar el diseño.

Como resultado de las pruebas realizadas en VUMi 2.0, se decidió descartar el concepto en modo maleta y mantener el diseño en modo vehículo, razón por la cual es indispensable el diseño de un sistema de seguridad antirrobo que permita estacionar el vehículo afuera de edificios corporativos. En el próximo capítulo se abordará el diseño de éste para el nuevo concepto.

Capítulo 8. Ciclo 3.1: Sistema Antirrobo

En el capítulo anterior se realizó el desarrollo del concepto de producto VUMi, se manufacturaron prototipos funcionales y se probaron con usuarios. Como resultado se obtuvo la necesidad de implementar un sistema de seguridad antirrobo. En este capítulo, se aborda el diseño de un sistema de seguridad antirrobo, haciendo una segunda iteración al ciclo 3. En la figura 87 se muestran las actividades más relevantes de este ciclo.

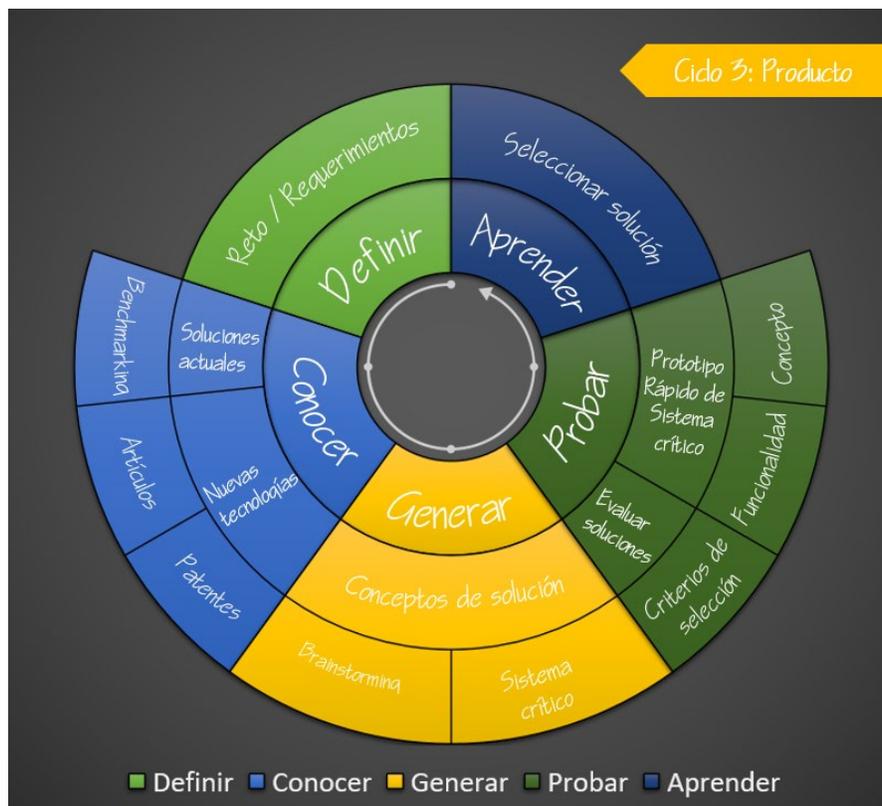


Figura 87. Ciclo 3: Producto.

8.1 Redefinición del reto

Tras la primera iteración del ciclo 3, donde se propusieron, evaluaron y seleccionaron conceptos de solución para la entrega de paquetería en corporativos; y ciclo 4, donde se desarrollaron dos prototipos funcionales para evaluar la satisfacción del diseño, se obtuvo realimentación acerca de la funcionalidad y practicidad del diseño.

Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas con usuarios, indicaron la poca practicidad del concepto *Maleta-Scooter*, que permitía el acceso a corporativos para la entrega de paquetes, dado su tamaño, peso, y restricciones de acceso a edificios. En su caso, se propuso conservar el concepto *enjambre*; pero sólo en modalidad vehículo. Nuestro usuario continúa siendo el perfil del repartidor estudiado en el ciclo 1 y ciclo 2 de este trabajo.

Por lo anterior, surge la necesidad del diseño de un sistema de seguridad, que permita al transportista tener la certeza que el vehículo no será robado cuando éste se quede estacionado fuera del edificio. En el ciclo 3.1, se desarrolla el diseño conceptual de este sistema, al volver a ejecutar las actividades del ciclo 3: Producto, pero esta vez enfocado al sistema de seguridad, con un posible alcance de uso, no sólo del VUM, sino también, de bicicletas eléctricas y scooters eléctricos.

8.1.1 Justificación

El robo de vehículos personales como bicicletas, scooters eléctricos y motocicletas va al alta en la Ciudad de México. El robo de motocicletas anual pasó de 2,259 en 2018 a 2,374 en 2019, mientras que empresas como *Grin*, sufrieron el robo de 150 de sus scooters eléctricos en 2019 [60]; y *Mobike*, con la pérdida de 440 de sus bicicletas en 2018 [61], han sido víctimas de robos masivos de sus unidades disponibles en las delegaciones Benito Juárez, Miguel Hidalgo y Cuauhtémoc.

Según la estadística delictivas de la Fiscalía General de Justicia en la Ciudad de México, el índice de denuncias del robo de vehículos con pedales ha incrementado de 1.4 vehículos al día en 2014 a 4.2 en 2019. La figura 88 muestra la tendencia creciente del delito en número total anual, mientras que la figura 89 ilustra la tendencia por número promedio de robos al día [62].

Robo de vehículo de pedales al año

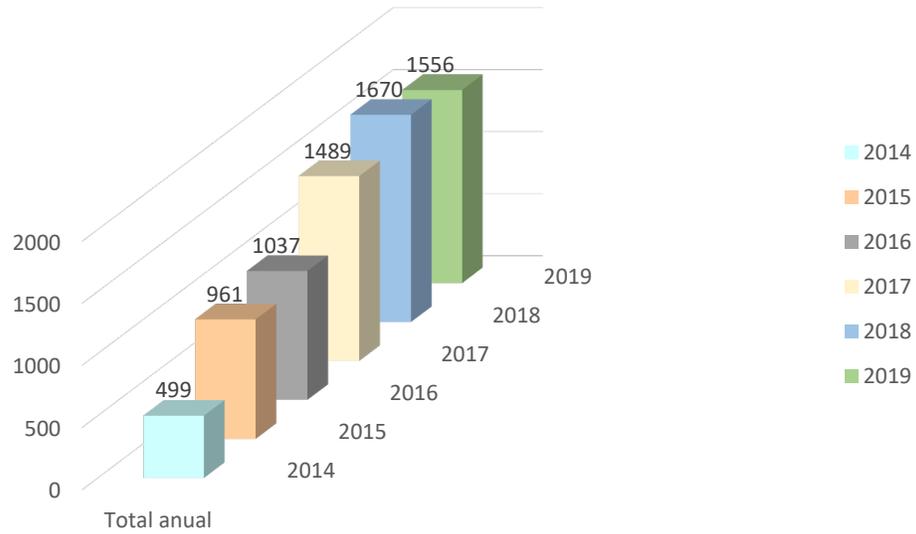


Figura 88. Robo de vehículos de pedales total anual de 2014 a 2019.

Imagen: elaboración propia con información de la Fiscalía General de Justicia en la Ciudad de México.

Robo promedio diario de vehículos de pedales



Figura 89. Robo de vehículos de pedales, promedio diario de 2014 a 2019.

Imagen: elaboración propia con información de la Fiscalía General de Justicia en la Ciudad de México.

Actualmente existe un mapa compartido entre usuarios de bicicletas en la Ciudad de México donde se muestran los lugares con mayor índice de robo. Al 10 de marzo de 2020 existían al menos 8 puntos ubicados sobre avenida de los Insurgentes y 4 puntos en la zona de Polanco [63]. En la figura 90 se muestra el mapa general.

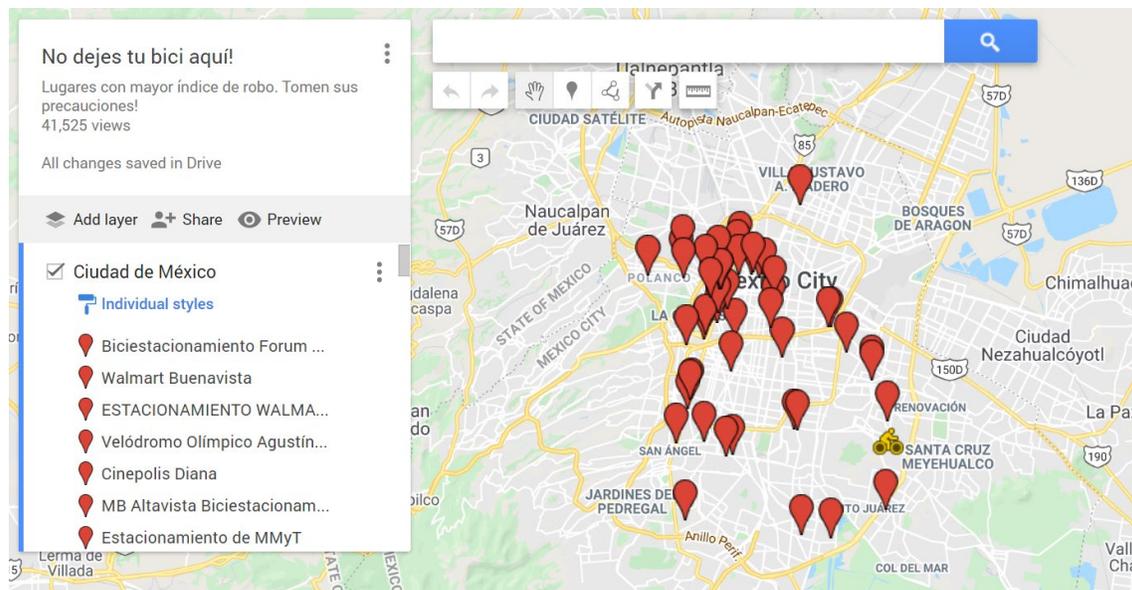


Figura 90. Mapa de sitios con registro de robo de bicicletas en la Ciudad de México.

Imagen: tomada de google maps [63].

Además, la comunidad ciclista en México ha creado un grupo en la red social *Facebook* llamado *Robo de Bicicletas y Auxilio Vial MX*, en el cuál se hacen denuncias sobre el robo de bicicletas. Ahí describen un principal modus operandi de los delincuentes: “Trabajan en grupo. Un primer ladrón se acerca a las bicis encadenadas y realiza un corte a los candados sin dejarlos totalmente rotos. Enseguida pasa otro y termina de romperlos. Al final, pasa una chica, en muchos casos una mujer que aparenta ser la dueña y es quien se llevaba la bici. Todos usan gorras y siempre miraban hacia abajo” [64].

Dados los datos mostrados en esta sección, se pretende mostrar la importancia del diseño de un sistema de seguridad antirrobo para vehículos personales. En seguida se describe el objetivo.

8.1.2 Objetivo

Diseñar un sistema de seguridad antirrobo de un vehículo eléctrico de última milla para entrega de paquetería, que permita su estacionamiento fuera de edificios.

8.2 Requerimientos

Dado el conocimiento obtenido en el *ciclo 1: usuario* y en la dinámica del reparto de paquetes en corporativos, se establecen las necesidades y requerimientos preliminares para el diseño del sistema antirrobo.

A continuación, se enuncian las principales necesidades:

1. Diseñar un sistema de seguridad que garantice que el vehículo personal no será robado. Dadas las estadísticas antes mencionadas y la experiencia de algunas empresas que rentan vehículos personales en las mismas zonas donde el VUM operará, esta necesidad se vuelve la primordial. Además, el diseño se desarrollará bajo tres condiciones:
 - El vehículo se estacionará fuera de corporativos y permanecerá solo entre 10 y 60 minutos.
 - Las dos principales formas de robo identificadas hasta ahora son: rodando, donde el ladrón rompe candados de aseguramiento y se marcha pedaleando el vehículo o; cargando, donde el ladrón transporta el(los) vehículo(s) en un vehículo más grande como camioneta o taxi.
 - El ladrón no sólo podría ser desconocido, si no, incluso, personas que conozcan el funcionamiento del VUM a un nivel superficial y que no son el propietario.
2. Diseñar un sistema de seguridad cuyo aseguramiento sea práctico, es decir, no sea tardado ni “engorroso”. En la dinámica de entregas, el estacionarse es una tarea repetitiva y el tiempo es la variable más valiosa. Con esto, buscamos que el aseguramiento sea una tarea que el usuario no evada.
3. Diseñar un sistema de seguridad cuyo mantenimiento sea sencillo, esto implicaría el fácil acceso a los componentes, utilizar piezas comerciales, fácil reposición de piezas desgastadas, etc.
4. Diseñar un sistema de seguridad que no demande demasiado peso y volumen dentro del vehículo.

Esta lista de necesidades se traduce en requerimientos mostrados en la tabla 22.

Requerimientos

Número	Necesidad	Requerimiento	Jerarquía
1	Un Sistema de Seguridad que garantice que el vehículo personal no será robado	El sistema de seguridad evita que el vehículo personal sea robado rodándolo.	5
2		El sistema de seguridad evita que el vehículo personal sea robado cargándolo.	5
3		El sistema de seguridad cuenta con acceso para su uso.	4
4		El sistema de seguridad cuenta con acceso exclusivo del propietario (para su monitoreo y mantenimiento).	4
5	Un Sistema de Seguridad cuyo aseguramiento sea práctico	El sistema de seguridad garantiza un aseguramiento poco tardado.	5
6		El sistema de seguridad garantiza un aseguramiento con pocos pasos de uso	5
7	Un Sistema de Seguridad cuyo mantenimiento sea sencillo	El sistema de seguridad es de fácil acceso para la reposición de piezas desgastadas	2
8	Un Sistema de Seguridad que no demande demasiado peso y volumen dentro del vehículo	El sistema de seguridad es ligero.	4
9		El sistema de seguridad es poco voluminoso	4

Tabla 22. Requerimientos del sistema antirrobo.

Nota: La jerarquización se realiza en una escala de 1 al 5, siendo el 5 el más importante y 1 el menos importante.

8.3 Productos análogos

En esta sección se buscan productos análogos (misma o similar función) que resuelvan la problemática de robo de vehículos personales, esto con el fin de conocer el mercado, comparar los productos, diseñar con las mejores características e innovar identificando áreas de oportunidad. Previo a la búsqueda del estado del arte se realizó una lluvia de ideas de palabras clave y conceptos que dirigieran la búsqueda, especialmente con el objetivo de enfocarse en la funcionalidad: bloquear, sujetar (o fijar), acceder y hacer tiempo eficiente. En la figura 91 se muestran los resultados.

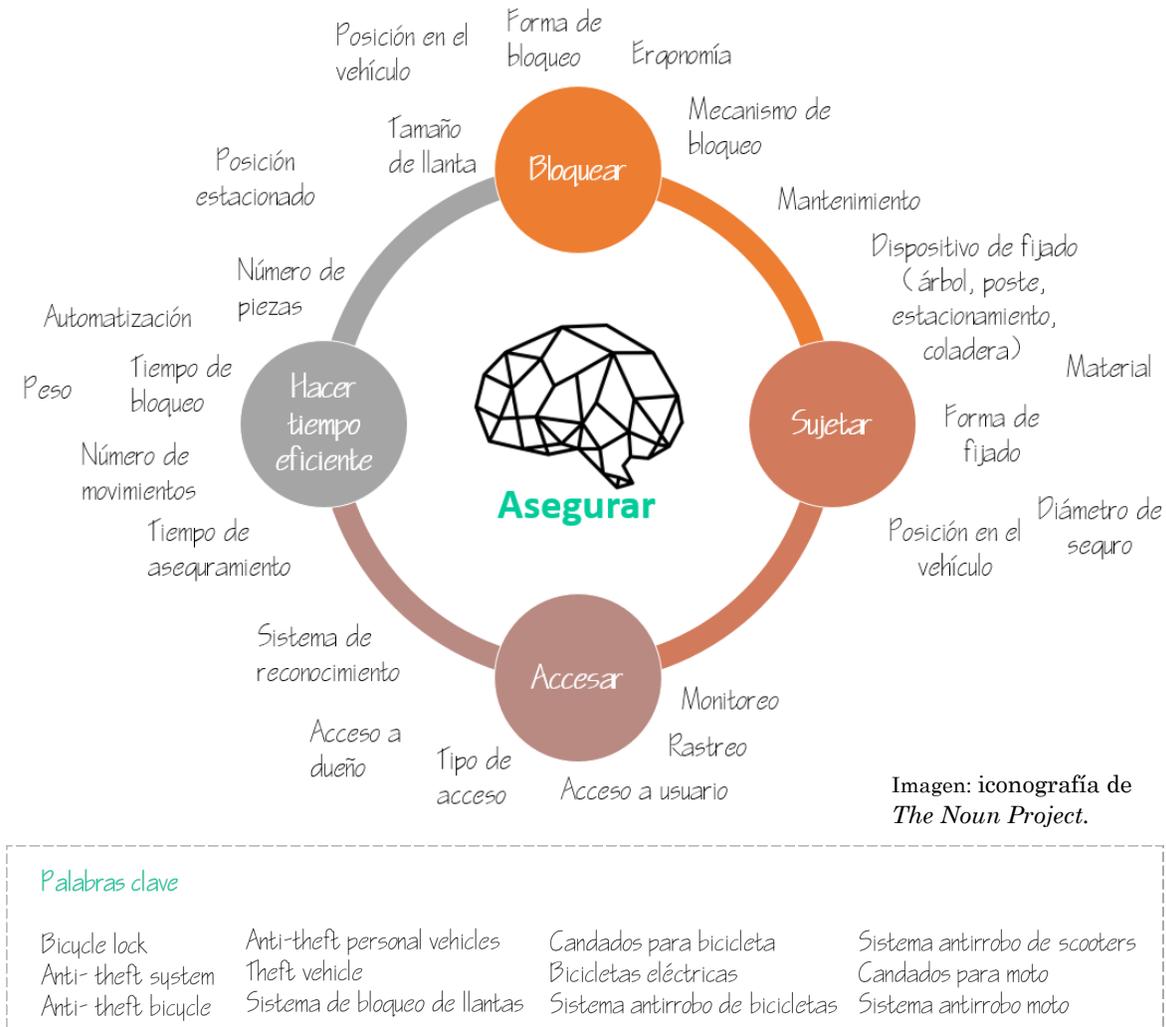


Figura 91. Lluvia de ideas para la búsqueda de información.

8.3.1 Estudio comparativo

Para lograr sintetizar y analizar la información adquirida en la búsqueda de productos en el mercado, se formó una tabla comparativa (tabla 23) de las principales características y funciones que son de nuestro interés ya que solucionan nuestros requerimientos. En dicha tabla se muestra la comparativa de 10 productos mecánicos de seguridad antirrobo: 1) *New York lock standard* [65], 2) *ALARM disc lock* [66], 3) *Kryptonite Messenger Mini+ Plus* [67], 4) *GRANIT CityChain XPlus™ 1060* [68], 5) *New York cinch ring chain 1275* [69], 6) *Bicycle Cable Lock* [70], 7) *BORDO GRANIT XPlus™ 6500* [71], 8) *OnGuard Double* [72], 9) *Caps-Lock* [73], 10) *Evolution compact disc lock* [74].

Tabla comparativa

Dispositivo	Forma de bloqueo	Forma de acceso	Forma de sujeción	Posición en el vehículo	# de piezas	# movimientos	Peso [Kg]	Material	Precio MXN	Ventajas	Desventajas
 <p>U lock</p>	x	Llave de acero y llave digital	Candado	Estructura	3	Abre con llave. Abre. Asegura a estructura. Cierra. Cierra con llave. (5)	1.7	Malla de acero 14mm (12.5)	\$ 1,909.00	Llave digital inalámbrica. Difícil de romper por grosor y unión. Peso. Volumen	No bloquea. Sólo fija.
 <p>Freno de disco</p>	Disco	Llave convencional	x	Llanta	2	Abre con llave. Bloquea freno. Cierra con llave. (3)	0.5	Aleación de zinc	\$ 1,300.00	Fijación robusta. Bloqueo de llanta. Pocas piezas.	No fija. Sólo bloquea. Peso.
 <p>U lock doble</p>	Bloqueo de llanta	Llave convencional	Candado	Llanta y estructura	4	Abre con llave. Abre. Saca bloqueador. Bloquea llanta. Mete bloqueador. Asegura a estructura. Cierra. Cierra con llave. (7)	1.18	Acero 11mm	\$ 1,663.00	Bloquea y fija. Numero de Peso. Volumen.	movimientos
 <p>Cadena oculto</p>	x	Llave convencional	Cadena con candado "oculto"	Estructura	5	Abrir con llave. Atar a estructura. Cerrar con llave. (3)	2.65	10mm eslabones de cadena hechos de acero de manganeso 3t	\$ 3,018.00	Adaptabilidad de sujeción. Unión.	No bloquea. Sólo fija. Peso. Resistencia a romperse.
 <p>Cadena expuesto</p>	x	Llave convencional	Cadena con candado adicional.	Estructura	5	Abrir con llave. Sacar. Atar a estructura. Meter al candado. Cerrar con llave. (3)	2.9	eslabones de cadena de 14 mm y de acero de manganeso 3t	\$ 2,673.00	Adaptabilidad de sujeción. Volumen	No bloquea. Sólo fija. Peso. Resistencia a romperse. Exposición de a unión
 <p>Cable combinación</p>	x	Llave a combinación	Alambre de acero con candado de combinación	Estructura	1	Colocar la combinación. Abrir. Desenrollar. Enrollar. Cerrar. Revolver combinación. (6)	0.9	Cable de cero trenzado de 1.2mm. Vinilo protector.	\$ 370.00	Sólo fija no bloquea. Peso. Volumen. Flexibilidad.	Resistencia a romperse.
 <p>Folding</p>	x	Llave convencional	Cadena	Estructura	# de eslabones +1	Abrir con llave. Rodear la estructura. Cerrar. Cerrar con llave. (3)	1.03	Placa de acero 5mm. ABS exterior.	\$ 2,383.00	Volumen. Peso.	Resistencia a romperse.
 <p>U lock cable</p>	Candado	Llave convencional	Alambre de acero.	Estructura y llanta	4	Abre con llave. Abre. Saca sujetador. Asegura a estructura. Bloquea llanta. Cierra. Cierra con llave. (7)	1.61	Acero de 14mm. Cable de acero trenzado	\$ 1,500.00	Bloqueo y fijación. Peso.	Resistencia a romperse. Número de movimientos.
 <p>Freno manual</p>	Freno manual.	Llave convencional	x	Al manubrio, freno.	2	Abre con llave. Asegura el freno. Mantiene. Cierra con llave. (4)	0.25	plástico + metal	\$ 188.00	Peso. Numero de movimientos.	Material. Resistencia a romperse. A la vista.
 <p>Disc lock</p>	Freno de disco	Llave convencional	x	Disco de freno	3	Abrir con llave. Asegurar. Mantener. Cerrar con llave. (4)	0.64	acero 13mm	\$ 2,400.00	Fijación robusta. Bloqueo de llanta. Pocas piezas.	No fija. Sólo bloquea. Peso.

Tabla 23. Tabla comparativa: Dispositivos de aseguramiento para vehículos personales.

Por ejemplo, de las características de la tabla 23, forma de bloqueo satisface el requerimiento 1; forma de sujeción, el requerimiento 2; forma de acceso, el 3 y 4; número de movimientos, el 6; número de piezas, el 7; y peso, el 8; mientras que precio, material y tipo de unión nos dan información extra para mejorar el funcionamiento.

- Forma de bloqueo (sí o no)
- Forma de acceso
- Forma de sujeción (sí o no)
- Número de movimientos
- Peso
- Precio
- Número de piezas
- Material

Una característica no incluida en la tabla 23, *nivel de seguridad*, se interpretó en función de las otras variables. Dado que nos interesa evitar el robo rodando y cargando el vehículo, el nivel de seguridad, en este proyecto, lo estimamos en función de las variables bloqueo, fijación y una constante β (que representa el tipo de seguro), dándole valor según la clasificación de *Sold Secure* [75], donde se consideran material, calibres de material y tecnología para categorizar: *gold*, *silver* y *bronze*. De esta forma, el nivel de seguridad, para este proyecto, sería la superposición de estas tres características:

$$\text{Nivel de seguridad} = \text{Bloqueo} + \text{Aseguramiento} + \beta$$

Para nuestros fines, se analiza la interpretación mostrada en las referencias [75] y [76], y se observa que la clasificación *U-lock* y cadena con candado domina la sección *gold*, siempre y cuando su grosor sea mayor a 14mm, en el caso de *U-lock* y 10mm en los eslabones para el caso de las cadenas. Mientras que para al tipo *folding*, dominan la sección *silver* y los referentes a cable de acero no son considerados, ya que se estiman extremadamente sencillos de cortar. Además, el tipo de material y tratamiento es de vital importancia cuando de resistencia se habla.

Es por ello, que, en orden de jerarquización, se le da valor de 3 a los candados *U-lock* y cadenas con candado, asumiendo las características antes mencionadas; valor de 2 al tipo *folding*; y valor de 1 a los que utilizan alambre de acero y plásticos. La jerarquización se realiza en una escala de 1 al 3, siendo el 3 el más influyente y 1 el menos influyente; se muestra en la tabla 24.

Tipo de seguro							
β	3	3	3	2	1	1	3

Tabla 24. Jerarquización por tipo de seguro.

Utilizando la tabla 23 y 24 se estima el nivel de seguridad. El nivel de seguridad resulta de la suma de bloqueo, fijación y β , con peso iguales. La escala para bloqueo y fijación va de 0 a 1, donde 0 representa la inexistencia de la función en el producto y 1 representa la existencia en el producto. Para el caso de los productos “híbridos” se consideró sólo ambas funciones en el U lock doble, ya que consiste del mismo tipo de seguro, lo que mantiene su β en 4. En contraste, U lock cable, no mantiene el valor de β puesto que son distintos tipos de seguro, en ese caso se consideró el mayor. Los resultados se muestran en la tabla 25.

Nivel de seguridad									
Dispositivo	Bloqueo	Fijación	β	Nivel de seguridad	Dispositivo	Bloqueo	Fijación	β	Nivel de seguridad
U lock 	0	1	3	4	Cable combinación 	0	1	1	2
Freno de disco 	1	0	3	4	Folding 	0	1	2	3
U lock doble 	1	1	3	5	U lock cable 	0	1	3	4
Cadena oculto 	0	1	3	4	Freno manual 	1	0	1	2
Cadena expuesto 	0	1	3	4	Disk lock 	1	0	3	4

Tabla 25. Nivel de seguridad.

Una vez calculado el nivel de seguridad, redefinimos las variables de interés antes mencionadas y se busca la relación entre las variables a través de gráficas y diagramas de oportunidad:

- Nivel de seguridad
- Número de movimientos
- Peso
- Número de piezas
- Precio

Los valores de las variables para cada dispositivo se muestran en la tabla 26.

Datos de las variables a graficar											
Dispositivo	Nivel de seguridad	Peso [Kg]	Precio MXN	# movimientos	# piezas	Dispositivo	Nivel de seguridad	Peso [Kg]	Precio MXN	# movimientos	# piezas
	4	1.7	1,909	3	3		2	0.9	370	5	1
	4	0.5	1,300	3	2		3	1.03	2,383	4	3
	5	1.18	1,663	5	4		4	1.61	1,500	5	4
	4	2.65	3,018	3	2		2	0.25	188	3	2
	4	2.9	2,673	3	3		4	0.64	2,400	3	3

Tabla 26. Datos de las variables a graficar.

Para el análisis de la comparativa, inicialmente se comparó el nivel de seguridad con el peso del dispositivo para conocer su relación e identificar áreas de oportunidad útiles en el diseño. La gráfica se muestra en la figura 92.



Figura 92. Nivel de seguridad vs. Peso.

Dado que la función de bloqueo y de sujeción se valoraron con la misma importancia, los dispositivos basados en cadenas, U-lock y bloqueo de disco se localizaron con el mismo nivel de seguridad; sin embargo, es visible la diferencia en peso dada su configuración y los grosores establecidos anteriormente.

Mientras que los dispositivos como el cable de acero y el bloqueo de freno manual se ubicaron en niveles bajos de seguridad (debido a su material), también presentaron bajo peso en comparación con las cadenas y U-lock; pero no representan ventaja frente a los dispositivos de bloqueo de disco.

Por su parte, el dispositivo *U-lock doble* realiza ambas funciones: bloqueo y sujeción, es por ello que tiene el nivel de seguridad más alto, y dado su grosor (11mm), presenta ligeramente menor peso en comparación con un U-lock convencional. Podemos observar que la combinación o “hibridez” le da una ventaja competitiva y es aquí donde se identifica el área de oportunidad, en el espacio de mayor nivel de seguridad y menor peso.

Cabe señalar, que el *U-lock cable* podría estar localizado dentro de este círculo de oportunidad, pues representa una combinación entre U-lock y cable; sin embargo, dado el nivel de seguridad del cable, el valor máximo asignado a éste es el que le provee el sistema U-lock.

En la figura 93, se agregó una variable más: el precio, que se ve reflejada a través del tamaño del círculo. Se observa que los precios más altos se encuentran entre los niveles de seguridad 3, 4 y 5; mientras que los precios más bajos en el nivel de seguridad 2. El precio tiene relación con tipo y grosor del material, y la marca del producto.

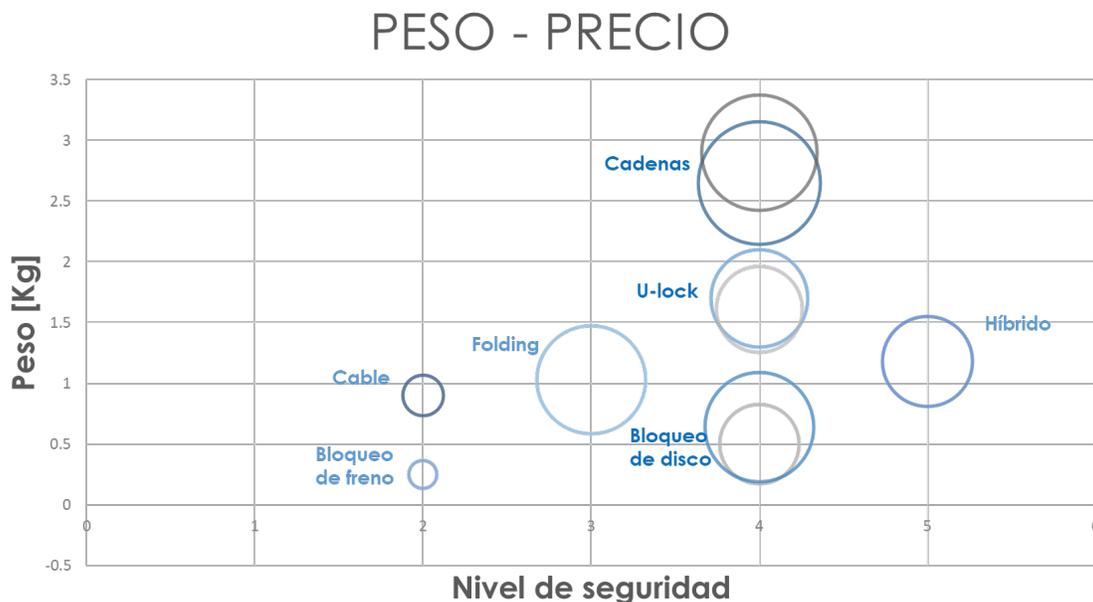


Figura 93. Nivel de seguridad vs. Peso vs. Precio.

Por último, surge el interés de conocer la relación entre el tiempo que toma el aseguramiento, éste estimado mediante el número de movimientos; y el número de piezas, que tiene un impacto directo con la manufactura y mantenimiento. En la figura 94 se muestra la gráfica número de piezas vs número de movimientos.

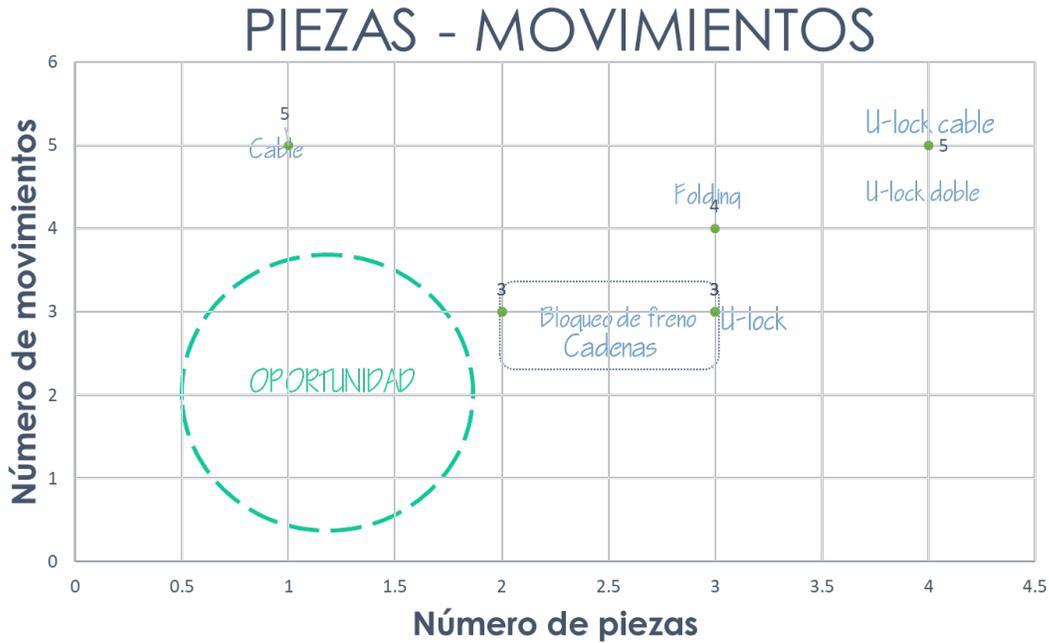


Figura 94. Número de piezas vs. Número de movimientos.

Se puede observar una tendencia, donde a mayor número de piezas mayor número de movimientos. *U-lock cable* y *U-lock doble*, tienen mayor número de movimientos y mayor número de piezas, ya que cumplen dos funciones: bloqueo y sujeción. Los sistemas que realizan sólo una función se localizan en la zona centro de la gráfica; y solamente el *cable* minimiza el número de piezas, pero aumenta el número de movimientos. El círculo de oportunidad se presenta en la zona inferior izquierda, con el número de piezas es mínimo y se necesitan pocos movimientos para asegurar.

8.3.2 Otras soluciones

En esta sección, se realiza una búsqueda de soluciones, especialmente electrónicas, presentes en la literatura y patentes, con el objetivo de identificar nuevas tecnologías y aprender de otros diseños.

Candados inteligentes

Las principales ventajas de los candados electrónicos son: otorgan mayor nivel de seguridad dada la tecnología de lectores biométricos, lectores de código de barras, aplicaciones móviles, radio frecuencia, bluetooth, etc., que discriminan entre el dueño y otras personas; tienen bajo peso, lo que facilita su portabilidad; y disminuye significativamente el número de movimientos para asegurar, lo que impacta directamente en el tiempo.

Sin embargo, la mayoría de estos dispositivos fallan debido a su diseño mecánico; utilizan materiales poco resistentes y su diseño permite ser abierto fácilmente con desarmador, navajas o hasta tarjetas; sus precios son más altos que los seguros puramente mecánicos; utiliza no sólo piezas mecánicas, si no electrónicas, lo cual dificulta su mantenimiento y fabricación; además, utilizan baterías que necesitan estar constantemente recargadas para su correcto funcionamiento. En la figura 95 se muestran algunos candados inteligentes y su apertura mediante desarmadores, navajas y tarjetas [77].



Figura 95. Candados inteligentes.

Imagen: elaboración propia con imágenes de [77].

Bicicletas y scooters en renta

Un modelo de negocio que ha impulsado la movilidad en la Ciudad de México ha sido la renta de vehículos personales como bicicletas y scooter eléctricos y asistidos, dentro de los cuales la seguridad se clasifica en *con anclaje* y *sin anclaje*, dependiendo si hay bloqueo o también sujeción. En la tabla 27 se muestran los diferentes tipos de vehículos en renta y el tipo de seguridad que utilizan.

	(Bloqueo de llanta)	(Anclaje)	(Desbloqueo electrónico)	(Alarma)	(Rastreo GPS)
 Uber Jump 2020	✓	✓	✓	✓	✓
 Uber Jump 2019	✓	✓	✓	✓	✓
 Mobike	✓	✗	✓	✓	✓
 Ecobici	✗	✓	✓	✗	✗
 Orin	✗	✗	✓	✗	✓

Tabla 27. Sistema antirrobo en los vehículos personales en renta.

Imagen: Elaboración propia con imágenes de [referencias].

Uber ha implementado la renta de bicicletas en la Ciudad de México; la primera versión en 2019 contaba con bloqueo y desbloqueo mediante el acceso de un teclado matricial; un sistema de anclaje metálico en forma de U “suelto”, que podría ser utilizado para sujetar a estacionamientos de bicicletas; alarma y rastreo GPS. Mientras que en la versión del 2020 mantiene alarma, rastreo GPS, bloqueo y desbloqueo electrónico, pero el sistema de anclaje cambió por un cable de acero flexible integrado a la carcasa posterior y cierra con un “clic”, esto facilita el anclaje e impide la pérdida de la pieza de sujeción.

Ecobici fue el pionero en la renta de bicicletas, inicialmente puramente mecánicas y en versiones posteriores, asistidas. También es la empresa con menor cantidad de vehículos robados, esto a expensas de instalación y mantenimiento de infraestructura de anclaje y acceso. Además, gran parte del aseguramiento consiste en la adquisición de datos personales del usuario como nombre, dirección y tarjeta de débito o crédito, membresías.

La forma de aseguramiento de los scooters eléctricos Grin representan la forma de aseguramiento del resto de los scooters presentes en la Ciudad de México. Cuentan con un sistema bloqueo y desbloqueo electrónico que consiste en la disposición virtual del vehículo, se auxilia del rastreo GPS para activar una alarma si el dispositivo se mueve sin ser rentado.

Por su parte, Mobike cuenta con sistema de bloqueo de llanta manual y desbloqueo automático. No utiliza anclaje, lo que le ha costado robos masivos de sus dispositivos a pesar de contar con alarma y rastreo GPS.

8.3.3 Hallazgos

Del estudio comparativo

- ✓ Material: la resistencia a ser cortado depende principalmente del tipo de material, el grosor y el tipo de recubrimiento o tratamiento. Los principales materiales son acero y titanio. Los principales tratamientos son acero-manganeso, acero endurecido, acero-zinc. Los principales recubrimientos son de polímeros: vinil, acero y PVC.
- ✓ El cable de acero no representa buena opción para sistemas de seguridad robustos; sin embargo, puede ser utilizado en sistemas con más de una forma de aseguramiento.
- ✓ También se observó que la mayor parte de los productos tenía unión con el cilindro de candado oculta, ya que en las uniones es donde suelen ser rotos. Sólo en algunos casos cuando el grosor del eslabón en cadenas es mayor a 14mm, la unión fue expuesta, es decir, se usó candado convencional.

- ✓ La unión oculta es un factor en el nivel de seguridad, puesto que es más sencillo romper las uniones cuando están expuestas y más difícil cuando están ocultas. Además, si no son visibles, funcionan como trampa para el ladrón oportunista.
- ✓ El área de oportunidad de diseño se encuentra: en la generación de productos de mediano y bajo peso con alto nivel de seguridad, donde se puede utilizar el concepto de “hibridez” entre los dispositivos ya existentes; y en la generación de productos que minimicen el número de movimientos, y de ser posible, de piezas.

De otras soluciones

- ✓ Para que un candado electrónico funcione es indispensable que el acceso esté oculto, fabricado con materiales resistentes, en una sola pieza o con diseño discreto para evitar su apertura. Además, se recomienda evitar el método de cuñas y en su lugar utilizar rodamientos en el mecanismo de apertura.
- ✓ Todos los vehículos personales comparados en esta sección (“Otras soluciones”) se desbloquean electrónicamente. El anclaje representa una medida funcional para el antirrobo de vehículos personales, ya que los sistemas que lo tienen han presentado menos cantidad de robos que los que no lo tienen. El sistema de anclaje se encuentra oculto en la carcasa en las bicicletas Uber, lo que permite mayor discreción e impide la rotura en uniones y chapas.
- ✓ Una técnica utilizada en el rastreo de scooters es colocar más de un GPS en el cuerpo del vehículo, para que, si el ladrón logra violentar uno, el sistema sobre sensado pueda seguir conociendo su localización. En general el rastreo por GPS funciona en lugares donde las leyes se aplican, se le da seguimiento y resolución a la recuperación de los vehículos robados localizados.
- ✓ En esta parte del proceso se termina el uso de la función *CONOCER* de este ciclo. A continuación, se inicia la función de *GENERAR* mediante la generación de conceptos de solución.

8.4 Generación de conceptos

En esta parte del proceso de diseño ya se conoce al usuario, se planteó el reto, los requerimientos, y se realizó un estudio comparativo de productos en el mercado. Con base en lo anterior, aunado a nuestros conocimientos y experiencia, se procede a buscar soluciones para nuestra problemática en particular. Se realiza una lluvia de ideas sobre productos que tienen una estructura similar, pero tienen diferentes aplicaciones. Esta actividad sirve para pensar en soluciones distintas y hacer combinaciones entre ideas. En la figura 96 se muestran las ideas.



Figura 96. Homólogos.

Imagen: iconografía de *The Noun Project*.

8.4.2 Opciones de solución

En esta sección se generaron algunos conceptos de solución. En la figura 97, se muestran los bocetos de los conceptos generados para el bloqueo; y en la figura 98 para la sujeción.

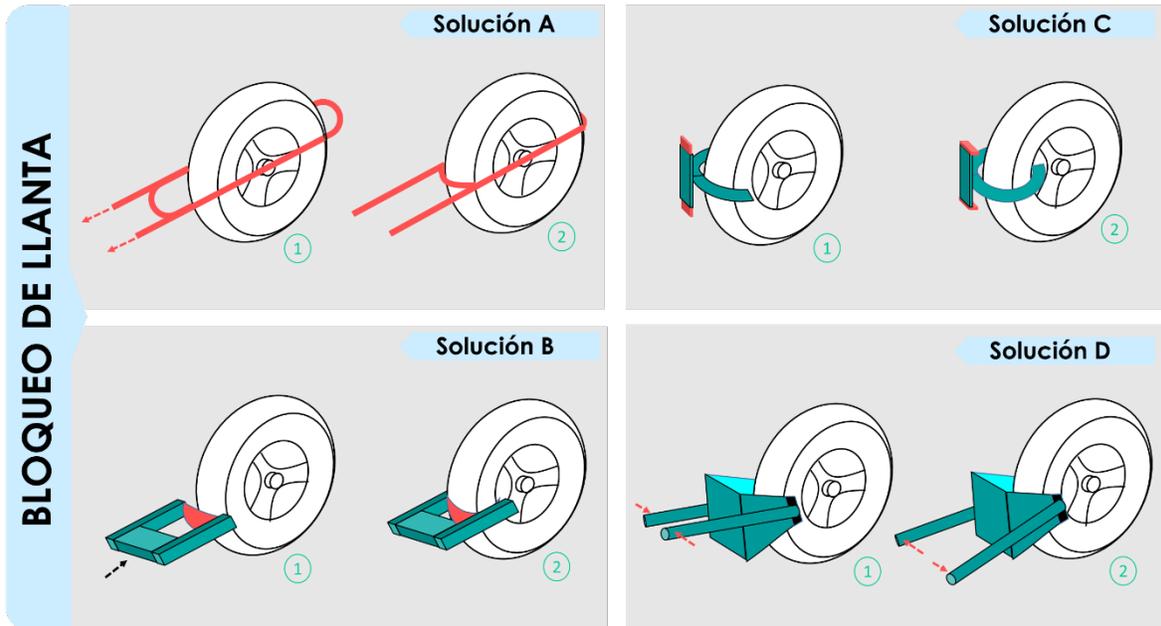


Figura 97. Soluciones de bloqueo.

Solución A. Consiste en prensar la llanta a través de jalar “dos cordones” (rígidos) que se deslizan sobre una corredera. Esta solución consta de un movimiento actuado. Un reto de diseño es que el mecanismo pasa por el centro de la llanta, perpendicular al eje, lo que exige espacio en la cercanía.

Solución B. Consiste en un mecanismo de sujeción de aproximadamente 4 piezas (goma, 2 palancas, base) sin considerar piezas de acoplamiento al vehículo. La goma (color rosa) se amolda a la forma de la llanta en un movimiento frontal y las “palancas” la sujetan en la posición cerrada. Algunas desventajas podría ser la fuerza de sujeción y el desgaste de la goma flexible.

Solución C. Consiste en una argolla que abre y cierra al actuar las piezas color rosa. La ventaja de este dispositivo es el poco espacio necesario para su implementación, sin embargo, para el bloqueo es necesario identificar su ubicación en la zona entre los rayos de la llanta.

Solución D. Consiste en un mecanismo tipo pinza, consta de un movimiento para desbloquear y aproximadamente 3 piezas. Una desventaja es que se fía de la precarga del doblez del material (resorte) para su funcionamiento y el espacio necesario para actuarlo.

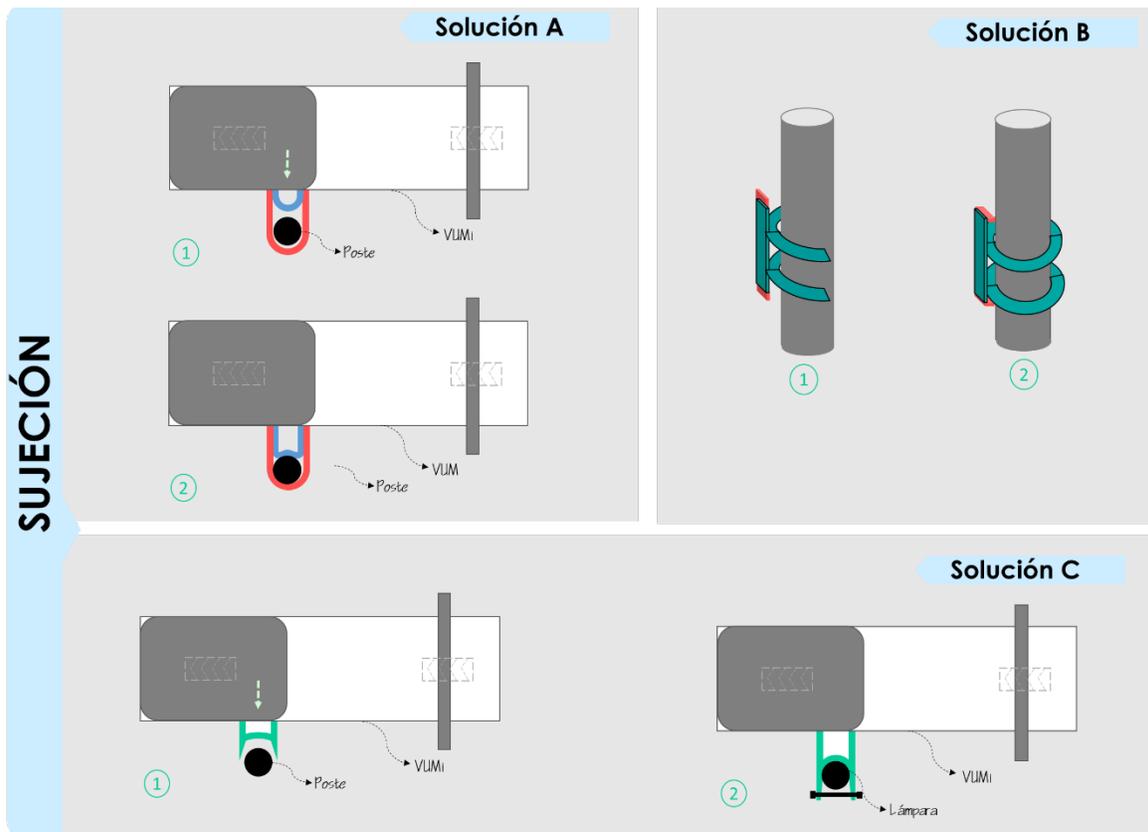


Figura 98. Soluciones de sujeción.

Solución A. Se muestra la vista superior de VUMi con el sistema implementado en un primer y segundo estado. Consiste en un mecanismo tipo U que es colocado alrededor del poste (color rosa) y un elemento interno (color azul) que empuja y mantiene presión contra el poste a través de una fuerza aplicada. La sujeción consta de 1 movimiento extra a la colocación de la U, aproximadamente 3 piezas (sin considerar las piezas de acoplamiento a la estructura) y permite dar una mayor sensación de seguridad.

Solución B. Consiste en un mecanismo que abre y cierra rodeando al poste, similar a la herradura de una carpeta. La ventaja de este dispositivo es el poco espacio dentro del VUMi necesario para su implementación, sin embargo, las argollas y el cierre siempre estarían por fuera.

Solución C. Se muestra la vista superior de VUMi con el sistema implementado en un primer y segundo estado. Consiste en una pieza de sujeción que rodea al poste en un movimiento frontal y un perno que lo asegura. El aseguramiento externo ofrece un reto extra de diseño. La sujeción consta aproximadamente de 3 movimiento.

8.4.2 Filtrado de soluciones

Una vez terminada la etapa de generar opciones de solución, los conceptos se clasifican y se filtran: se estima la conveniencia de cada uno, el objetivo es generar soluciones más elaboradas combinando los conceptos más sobresalientes.

En cuanto a los conceptos de bloqueo se identificaron dos clasificaciones: donde el neumático es presionado (Soluciones A, B y D) y donde el seguro atraviesa por los rayos de la llanta (solución C). A partir de estos conceptos se evolucionaron a las soluciones mostradas en la figura 99.

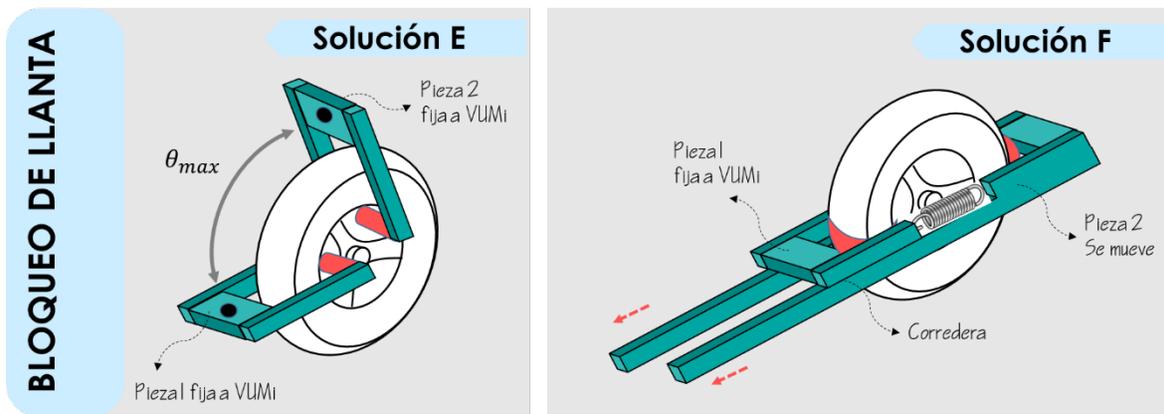


Figura 99. Soluciones de bloqueo filtradas y combinadas.

Solución E. Consiste en un mecanismo que está fijo a VUMi y que actúa un perno para bloquear los rayos de la llanta. Dado que no hay certeza de sincronizar el perno con el espacio entre rayos, se coloca un mecanismo extra separado del otro por un ángulo θ_{max} , de tal forma que, alguno de los dos siempre se ubique en el espacio vacío. Para lograrlo, se toman en consideración los tres rayos de la llanta, que están separados por 120° . De esta forma, se propone un $\theta_{max} = 100^\circ$. El ángulo mínimo y la verificación de θ_{max} se darán por el grosor de los rayos y las dimensiones del mecanismo. Para identificar en cuál de los dos mecanismos se ubica el espacio entre rayos, se pueden utilizar sensores de presencia.

Solución F. Consiste en presionar la llanta por medio de dos piezas. La pieza 1 se encuentra fija a VUMi, la pieza 2 se desliza por medio de una corredera entre ambas piezas; ambas estas unidas por resortes. Una fuerza aplicada a la pieza 2 permite deslizarse y presionar la llanta. Al quitar la fuerza, los resortes regresan la pieza 2 a la posición abierta. El reto de diseño continúa siendo administrar el espacio alrededor del eje.

Dentro de los conceptos de sujeción se descartaron aquellos que proponían apertura externa, a cambio se evolucionaron dos conceptos los cuales se muestran en la figura 100.

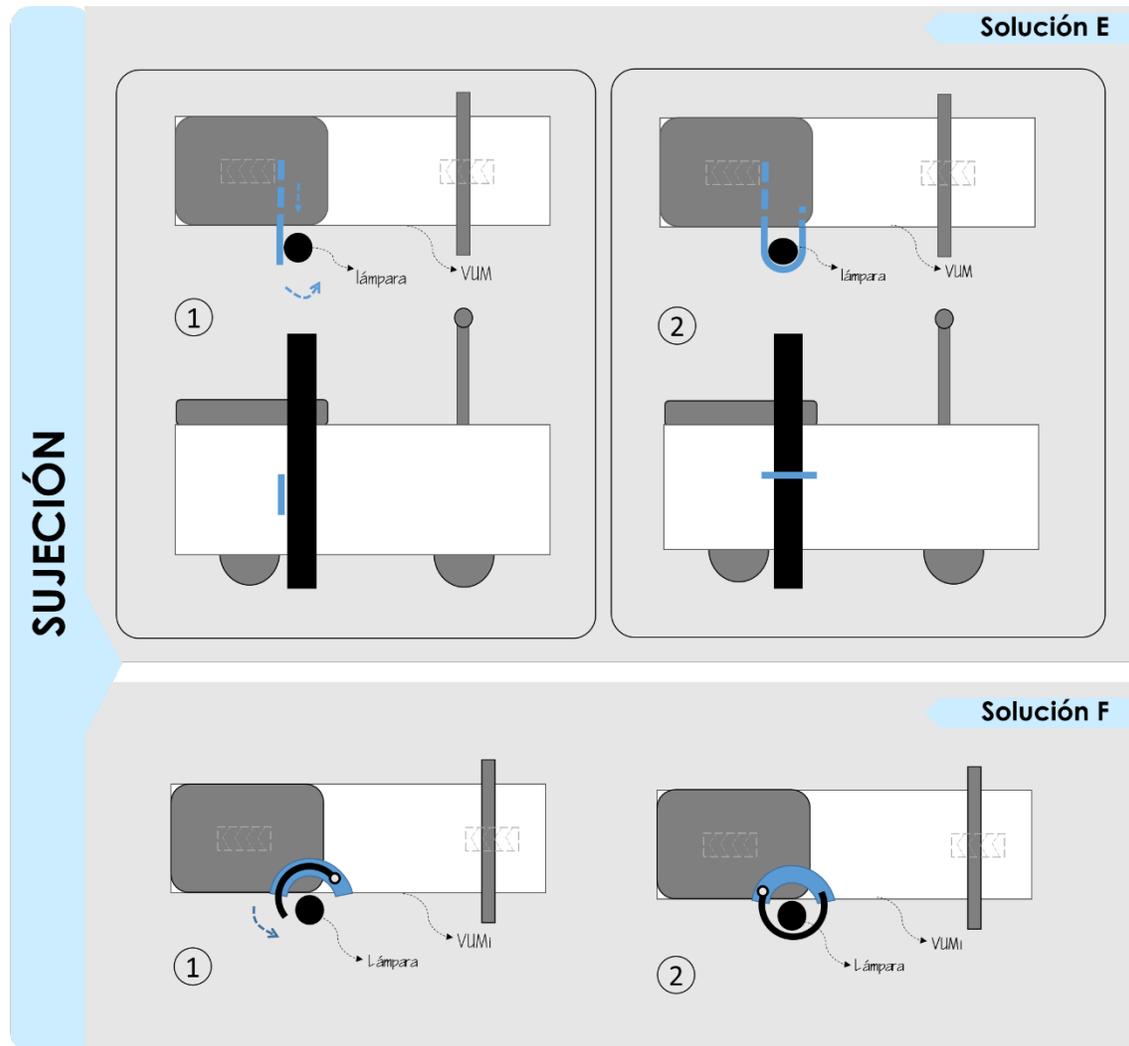


Figura 100. Soluciones de sujeción filtradas y combinadas.

Solución E. Se muestra la vista superior de VUMi con el sistema implementado en un primer y segundo estado. El concepto consiste en una pieza tipo U con un extremo más largo que el otro. En un primer estado se encuentra en posición vertical, para el aseguramiento sale el extremo más corto, se gira y rodea al poste o lámpara, para volver a entrar a VUMi en una posición horizontal. El extremo más largo nunca sale completamente, y debe tener un tope para que la pieza no se separe de VUMi. El reto de diseño consta de dimensionar la pieza U de tal forma que salga de VUMi y rodee el poste o lámpara.

Solución F. Se muestra la vista superior de VUMi con el sistema implementado en un primer y segundo estado. El concepto consiste en una corredera circular. Una pieza (color negro) rodea al poste o lámpara al recorrerse en un riel circular (color azul). Tanto en la solución E como en la solución F, el objetivo es realizar el aseguramiento en la parte interna del vehículo.

8.5 Selección de conceptos

La selección del mejor concepto se realiza por medio de criterios de evaluación que aboguen por las necesidades planteadas al inicio de este ciclo. Cada solución, producto del filtrado realizado en la etapa anterior, se someterá a evaluación ponderando qué tanto satisface las necesidades y utilizando la importancia que se le dio a cada requerimiento en la tabla 22. En la tabla 28 se muestran los criterios.

No.	Requerimiento	Criterio	Jerarquía
1	El sistema de seguridad evita que el vehículo personal sea robado rodándolo.	Bloqueo	5
2	El sistema de seguridad evita que el vehículo personal sea robado cargándolo.	Sujeción	5
3	El sistema de seguridad cuenta con acceso exclusivo del usuario.	Acceso	4
4	El sistema de seguridad cuenta con acceso exclusivo del propietario (para su monitoreo y mantenimiento).		4
5	El sistema de seguridad garantiza un aseguramiento poco tardado.	Número de movimientos	5
6	El sistema de seguridad garantiza un aseguramiento con pocos pasos de uso.		5
7	El sistema de seguridad es de fácil acceso para la reposición de piezas desgastadas.	Número de piezas	2
8	El sistema de seguridad es ligero.	Volumen estimado	4
9	El sistema de seguridad es poco voluminoso.		4

Tabla 28. Criterios de selección.

Los conceptos filtrados E y F se evalúan independientemente por función (bloqueo y sujeción). Los criterios de selección para los conceptos de bloqueo y sujeción son: número de piezas, número de movimientos y volumen estimado. Hasta el momento no se ha abordado la problemática de acceso, por ello, ese criterio no aplica en esta evaluación.

8.5.1 Evaluación de conceptos

El proceso de evaluación de conceptos, en este caso, se realizó sólo por la autora de este trabajo. Para dar paso a la evaluación, inicialmente se describen las características de cada concepto en términos de los criterios. Para la solución E del concepto de bloqueo, se considera el movimiento sólo de un perno, pues sólo se actuaría un mecanismo a la vez. Mientras que, para el volumen estimado en los conceptos de sujeción, se consideró el diámetro de un poste de 20cm; el volumen estimado para el concepto E es equivalente a una circunferencia de 20cm y un rectángulo de 20cmx30cm con un espesor de 2 cm; para el concepto F es equivalente a una circunferencia de 40cm de diámetro y un espesor de 2 cm. Los resultados se muestran en la tabla 29.

Descripción	BLOQUEO		SUJECIÓN	
	Criterio	Solución E	Solución F	Solución E
Número de movimientos	1 (cerrar perno)	1 (jalar pieza 2)	2 (sacar y meter)	1 (recorrer corredera)
Número de piezas	2 (mecanismo 1 y 2)	5 (mecanismo 1 y 2, 2 resortes, corredera)	1	2
Volumen estimado	2 X volumen de mecanismo	4 x volumen del mecanismo	1,828.32 cm ³	2,513.28 cm ³

Tabla 29. Descripción de conceptos; estimación de criterios.

Basado en la descripción de los conceptos, se asigna una evaluación a cada criterio según la escala establecida. En los tres casos (número de piezas, número de movimientos y volumen estimado) buscamos el valor mínimo, por lo que la escala para evaluar los irá del 1 al 2, donde 1 se refiere al menor número y 2 tiene el mayor número, comparándose la solución E con la F en cada caso. La evaluación se muestra en la primera columna de cada propuesta de la tabla 30.

Evaluación	Jerarquía	Criterio	BLOQUEO				SUJECIÓN			
			SE	P	SF	P	SE	P	SF	P
5	Número de movimientos	1	5	1	5	2	10	1	5	
2	Número de piezas	1	2	2	4	1	2	2	4	
4	Volumen estimado	1	4	2	8	1	4	2	8	
	Total		11		17		16		17	

Tabla 30. Evaluación de conceptos.

Posteriormente, cada evaluación se multiplica por su jerarquía o peso asignado en los requerimientos, finalmente se calcula la calificación como la suma de cada solución; el concepto seleccionado será el que tenga un valor total menor. Los resultados se muestran en la segunda columna en la tabla 30.

8.6 Concepto seleccionado

El concepto seleccionado resulta ser en ambos casos la solución E, tal como se muestra en la figura 101.

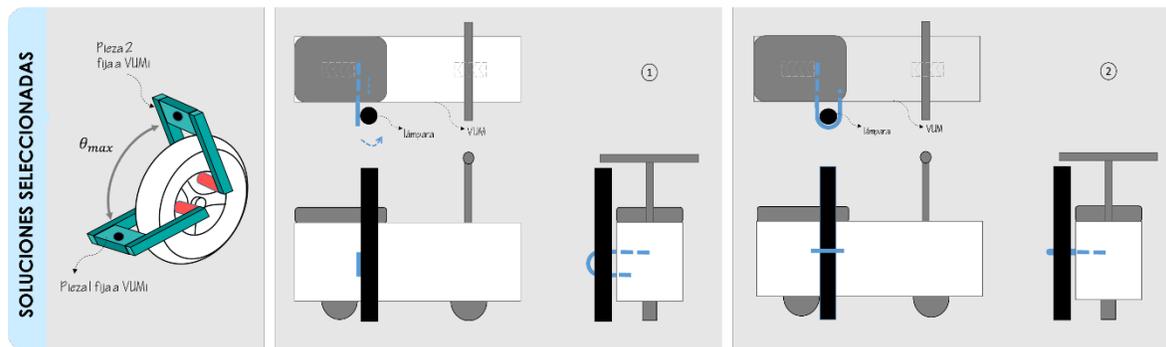


Figura 101. Soluciones seleccionadas.

Consideraciones:

- Las dimensiones dependerán del prototipo, vehículo a acoplar y diámetro del poste o estacionamiento. Para el caso del VUM se considera 30cm de largo por 20cm de ancho para un poste de 20cm de diámetro.
- Para su implementación en el VUM, se considera en la parte frontal, debajo del manubrio para aprovechar espacio muerto y la facilidad de conexión con elementos eléctricos.
- También será necesario disponer de un elemento en la estructura del vehículo que le dé soporte y rigidez, adecuado al diseño del vehículo.
- Si se requiriera mayor flexibilidad o las dimensiones del vehículo no permitieran la implementación de candado tipo U, se podría recurrir a las siguientes dos tecnologías:
 - o Tex-lock [78], figura 102a.
 - o Lite-lock [79], figura 102b.

Ambos productos muestran un grado de seguridad medio según Sold Secure [80]. No se recomienda el uso de cables de acero.



Figura 102. a) Tex-lock (izquierda), b) Lite-lock (derecha).

Funcionamiento lógico

Adicionalmente, se propone el diagrama de flujo del sistema eléctrico de acceso, bloqueo y sujeción, como se muestran en las figuras 103, 104 y 105 respectivamente.

Para el acceso, el proceso inicia al reconocer la huella dactilar del usuario (mediante el sensor SDactilar) e introducir la llave para encender el vehículo. Una vez que el usuario llega a la ubicación de entrega, quita la llave e inmediatamente se activan los estados asegurar y bloqueo. Finalmente, después de entregado el paquete, el usuario regresa al vehículo y se identifica con su huella dactilar para desbloquear y desasegurar el vehículo; el usuario continúa con el reparto.

Para el sistema de bloqueo de llanta, una vez que se entró en el estado “Bloqueo”, se realiza la lectura del sensor A ubicado en una de las dos piezas. Si el sensor A manda una señal positiva, significa que se encuentra la presencia del rayo; en ese caso, cierra el perno del mecanismo B; de otro modo, cierra el perno del mecanismo A y sale del estado. Para el desbloqueo, se realiza el sensado tal como en el estado “bloqueo”, pero en lugar de cerrar, en esta ocasión, abre el perno para liberar la llanta.

Para el sistema de sujeción se cuenta con un perno para asegurar el candado U, ubicado en la extremidad más larga; y dos sensores, uno en cada orificio donde entra el candado U a los que llamaremos “Sensor C” y “Sensor D”. Inicialmente al quitar la llave del vehículo, el proceso entra al estado “Asegurar”, donde se abre el perno para permitir salir el candado en U; posteriormente el usuario saca el candado, lo gira y lo vuelve a introducir asegurando el vehículo a un poste o lámpara, en ese estado, el sensor C detecta si el candado ya está dentro; si es así, se cierra el perno; si no, se mantiene abierto hasta detectarlo.

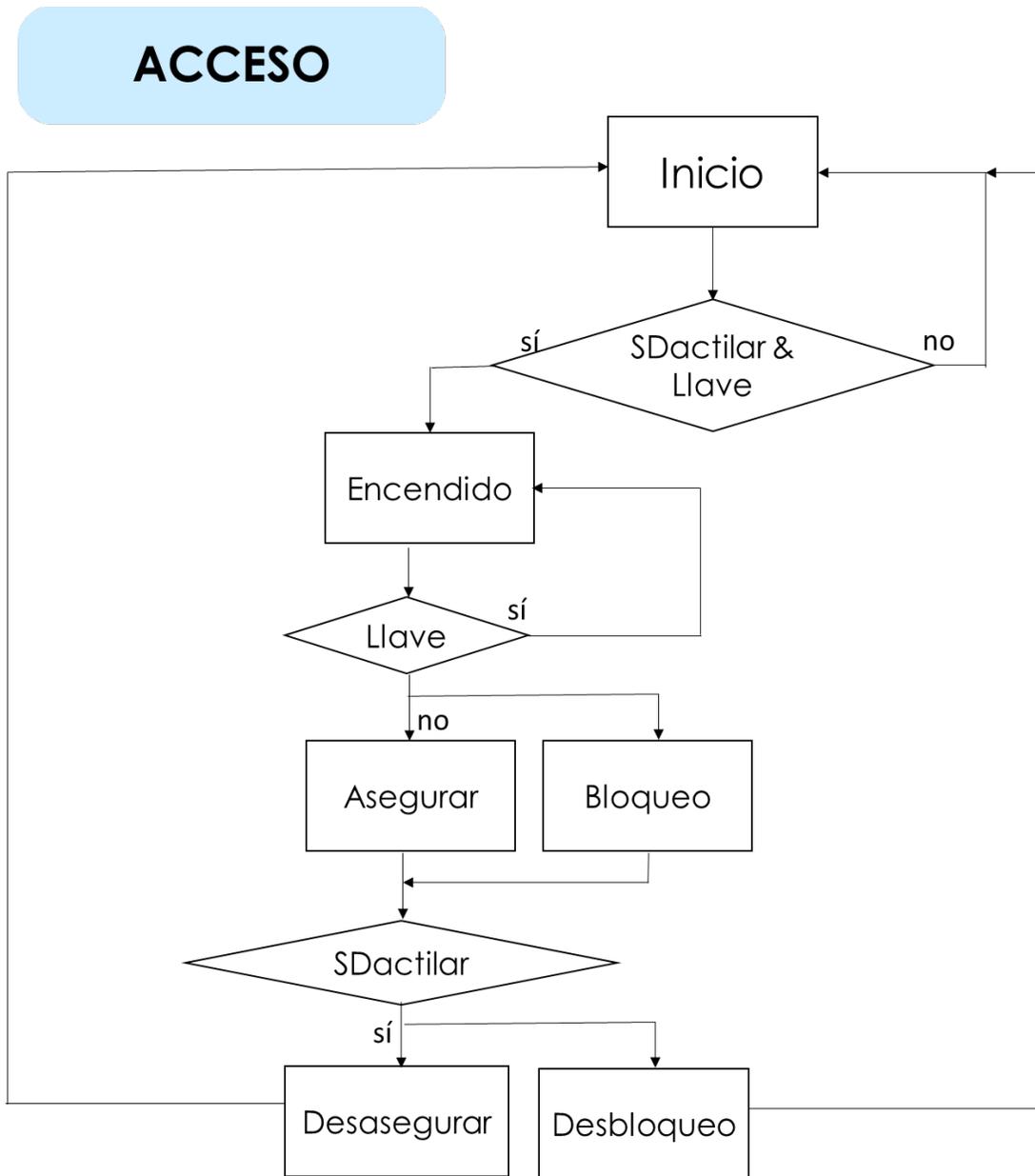


Figura 103. Diagrama lógico eléctrico del sistema de acceso.

De manera similar sucede con el desaseguramiento, cuando el usuario se identificó con su huella dactilar, el proceso entra al estado “Desasegurar”, donde se abre el perno, el usuario saca el candado, lo gira y lo coloca en la posición inicial, una vez en este estado, el sensor D identifica y cierra el perno nuevamente. El usuario continúa con el reparto de paquetes.

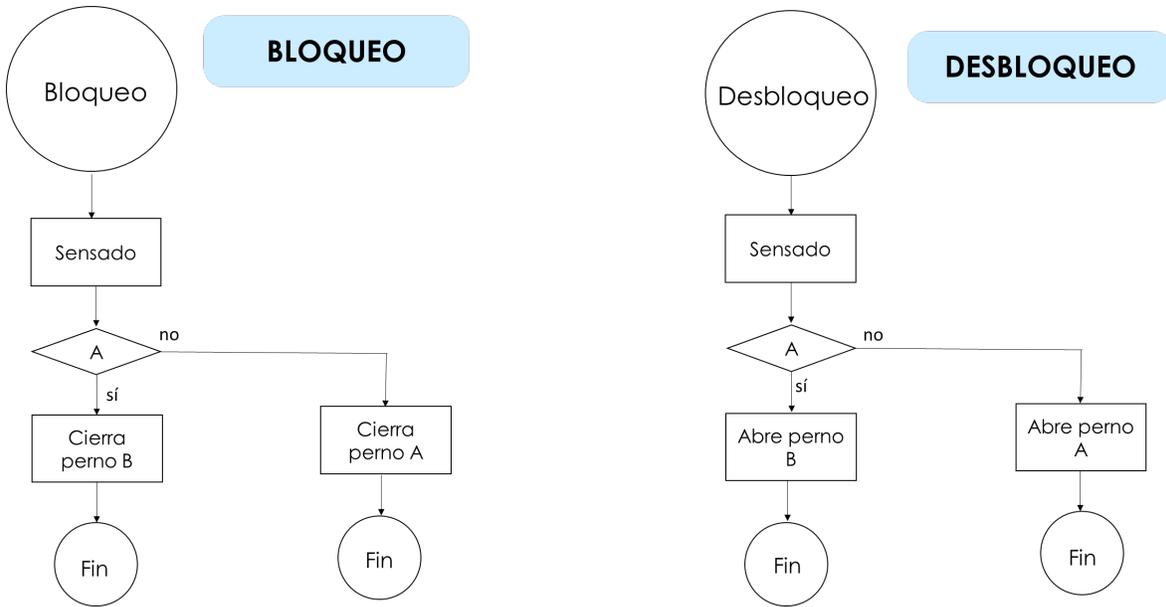


Figura 104. Diagrama lógico eléctrico del sistema de bloqueo.

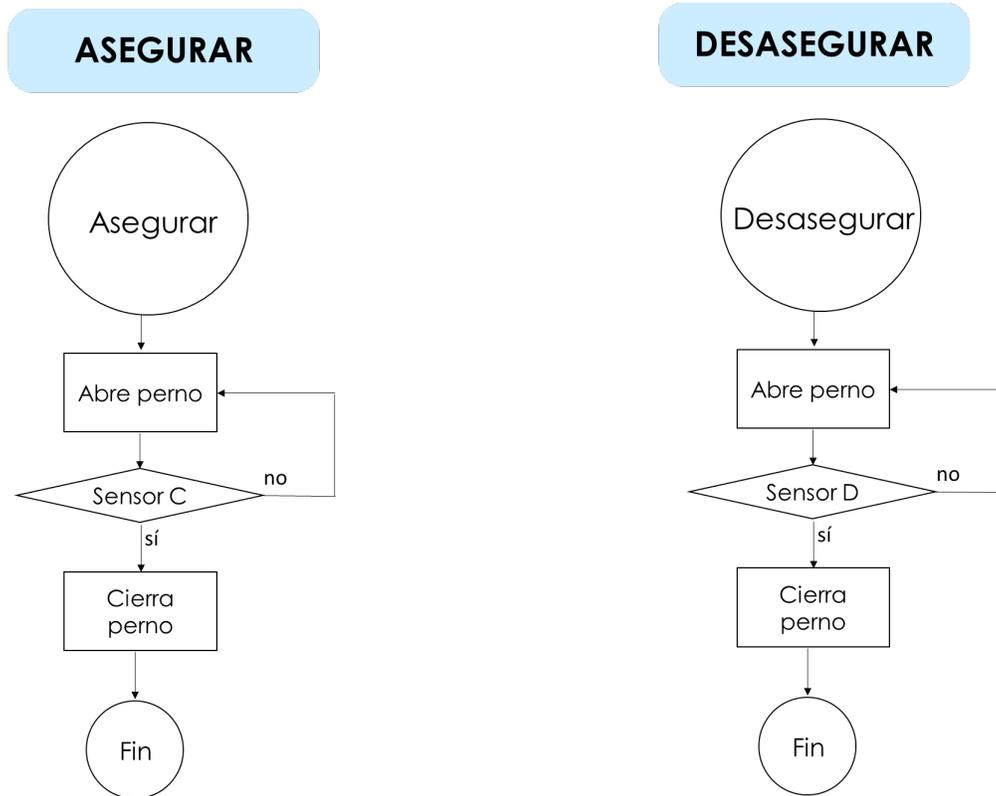


Figura 105. Diagrama lógico eléctrico del sistema de sujeción (aseguramiento).

8.6 Conclusiones y trabajo a futuro

Sistema Antirrobo

En este capítulo se desarrolló el diseño conceptual del bloqueo y sujeción del sistema antirrobo, satisfaciendo a los requerimientos 1 y 2, y tomando en consideración el 5, 6, 7 y 8; y el sistema de acceso a nivel lógico proponiendo identificación con sensores biométricos; sin embargo, queda a reserva el desarrollo del sistema de geolocalización y alarma para formar un concepto completo.

Por otro lado, dado que el planteamiento fue únicamente conceptual, surge la necesidad de fabricar prototipos de funcionalidad para validar el concepto, además de desarrollar el diseño mecánico (pruebas de esfuerzos, selección de materiales, planos, manufactura y pruebas con usuarios); el diseño electrónico donde se desarrollen los conceptos de acceso y rastreo; y finalmente el diseño a detalle donde se conjuguen todos los subsistemas (bloqueo, sujeción, acceso y rastreo).

En general, sería necesario adaptar las dimensiones a las características del nuevo sistema VUMi; diseñar la geolocalización, y alarma acorde a la normativa; los sistemas de rastreo y acceso más convenientes al cliente; e incluso tomar decisiones acerca del mecanismo de sujeción, evaluando si lo más pertinente para el diseño de VUMi sería utilizar cadena, candado U (como se recomienda en este capítulo), o materiales flexibles en evolución, siempre tomando en consideración el estudio aquí realizado y los hallazgos obtenidos.

Conclusiones finales

Se lograron los objetivos:

- ✓ Se implementó la metodología de Diseño Centrado en el Usuario para el diseño de un vehículo de movilidad personal como propuesta de solución a problemas de movilidad en megaciudades (específicamente la Ciudad de México); y a los retos de la última milla (el último eslabón de la cadena logística del comercio electrónico) para entrega de paquetería en zonas de corporativos.
Gracias a las características del vehículo y al diseño de la experiencia de uso, los tiempos y costos de envío se disminuyeron, al mejorar la distribución y aprovechamiento del personal y al sustituir el uso de energía de combustibles fósiles por energía eléctrica, lo que reduce costos por combustible, impacto ambiental y gastos administrativos, como tenencia y verificación, permitiendo la circulación diaria.
- ✓ Se realizó el diseño conceptual de un sistema de seguridad antirrobo para VUMi el cual permite utilizarlo en modo vehículo y estacionarlo afuera de edificios corporativos.

Se abarcaron los alcances:

- ✓ Para ello se desarrollaron 4 ciclos de la metodología, siempre contemplando factores sociales, tecnológicos, normativos, tendencias de comercio, etc. para su enriquecimiento y larga vigencia:
 1. Se estudió el usuario y se identificaron las necesidades a resolver sobre VEHÍCULO, PAQUETES Y USUARIO.
 2. Se diseñó una experiencia de uso: CONCEPTO ENJAMBRE estableciendo los ejes de la propuesta de valor.
 3. Se reajustó el reto a entrega de paquetería en corporativos y se realizó el diseño conceptual del vehículo: CONCEPTO MALETA-VEHÍCULO.
 4. Se desarrolló el concepto VUMi: se resolvió la arquitectura, se fabricaron dos prototipos, VUMi y VUMi 2.0 y se probaron con usuarios. Se delimitó el concepto final sólo como VEHÍCULO y surgió la necesidad de un sistema de seguridad antirrobo.

Trabajo a futuro:

Este trabajo engloba los cuatro ciclos del proceso de diseño, desde el estudio del usuario hasta la fabricación y prueba de dos prototipos; sin embargo, para obtener un producto final listo para su comercialización, el camino del diseño aún no está terminado. Para ello, el equipo de trabajo continuará trabajando en los detalles técnicos del producto, considerando lo mencionado en las conclusiones del capítulo 7, así como aspectos administrativos.

En cuanto al sistema antirrobo, como se mencionó en las conclusiones del capítulo 8, se propone el diseño conceptual de un sistema antirrobo pero la prueba e implementación se deja a criterio del equipo de trabajo para futuros prototipos o diseños.

Esta es una investigación realizada con el apoyo de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) a través de sus Programas UNAM- PAPIIT IT101718 y 103320.

Gracias a este proyecto, se publicó un artículo en el XXVI Congreso Internacional Anual de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica, SOMIM nombrado “Diseño de un vehículo eléctrico de última milla para la entrega de paquetería” [81] el cuál se encuentra adjunto en el anexo L de este documento.

Además, la última versión de VUMi, posterior a las presentadas en este trabajo, se encuentra en proceso el registro como modelo de utilidad ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial, IMPI como "VEHÍCULO ELÉCTRICO DE MOVILIDAD PERSONAL PARA ENTREGA DE MENSAJERIA Y PAQUETERÍA", con número de solicitud MX/u/2020/000454.

Conclusiones personales

El camino de investigación a los retos de movilidad, especialmente en megaciudades, se va fortaleciendo con cada nuevo diseño dentro del CDMIT. Para los miembros del equipo de trabajo de este proyecto representa sólo el inicio de un largo camino en el desarrollo de vehículos de movilidad personal, y se considera la plataforma de futuras configuraciones y aplicaciones. Es por ello que la parte medular del trabajo se inclina hacia el inicio en los tres primeros ciclos y en los antecedentes.

A lo largo del proyecto se evidenciaron los grandes retos de movilidad, no sólo a causa de la sobrepoblación, el paradigma del uso del vehículo y el congestionamiento vial, sino también los retos que establecen las tendencias sociales-tecnológicas como el incremento del comercio electrónico, que ya se veía en constante crecimiento, pero que a causa del estado de contingencia por la pandemia de Covid-19 ha revolucionado y crecido de manera dramática; el uso cada vez más frecuente de dispositivos móviles; la implementación de inteligencia artificial en vehículos auto guiados y autónomos; el internet de las cosas para la adquisición y tratamiento de información no sólo para fines técnicos, sino también con fines comerciales; etc.

Todos estos factores forman un marco de referencia de cómo es y cómo estará la tecnología al servicio de las necesidades del ser humano ante situaciones habituales o catástrofes poblacionales, de falta de recursos, cambio climático, etc. Para ello, el papel del ingeniero es vital, en la búsqueda y diseño de soluciones que satisfagan las necesidades de manera integral y humana.

Personalmente, me siento altamente satisfecha del trabajo y resultados de este proyecto, especialmente porque resulta un producto práctico y real, que resuelve necesidades reales, de personas reales. Se probó la eficacia de la metodología de diseño y su gran dinamismo para lograr mantener su estructura y convergencia sin la necesidad de ser rígida; todo lo contrario, esta metodología brinda la oportunidad de crear y ordenar no por obediencia, si no por conveniencia, así, el diseñador se permite tener un panorama amplio sin limitaciones y abierto a la innovación. Además, la visión multidisciplinaria, el enfoque sostenible y la experiencia de los asesores permitieron hacer de este proyecto un producto vigente y con perspectiva de crecimiento, siempre buscando el progreso e incrementar la calidad de vida del ser humano.

Referencias

- [1] «Demographia World Urban Areas 16th Annual Edition,» DEMOGRAPHIA, 04 2020. [En línea]. Available: <http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>. [Último acceso: 05 05 2020].
- [2] «TomTom Traffic Index Ranking 2019,» TomTom, 2019. [En línea]. Available: https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/mexico-city-traffic. [Último acceso: 06 05 2020].
- [3] «Encuesta Origen-Destino en hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México (EOD 2017),» Instituto Nacional de Geografía y Estadística, INEGI e Instituto de Ingeniería, UNAM, 2017. [En línea]. Available: <https://www.inegi.org.mx/programas/eod/2017/>. [Último acceso: 7 mayo 2020].
- [4] Y. G. Hernández López y J. M. Tenorio Gómez, "Diseño de un vehículo ultraligero de tracción humana: con asistencia eléctrica", Tesis de licenciatura, UNAM, Ciudad de México, México, 2011.
- [5] A. Mariscal Castillo, "Diseño de un Vehículo Eléctrico de dos ruedas basado en el principio del péndulo invertido", Tesis de maestría, UNAM, Ciudad de México, México, 2013.
- [6] L. Rodríguez Salazar, "Monociclo para movilidad urbana", Tesis de licenciatura, UNAM, Ciudad de México, México, 2014.
- [7] C. E. Ayala Gonzaga Rodríguez, L. G. Gonzáles Lugo, J. L. Hernández Rivera y G. L. Luna López, "Movilidad Alternativa en Megaciudades", Ciudad de México, México, 2016.
- [8] E. Latorre López, T. Nava Mireles, A. Barrera Hernández y H. Pineda Torres, "Diseño y manufactura de un vehículo eléctrico alternativo", Tesis de licenciatura, UNAM, Ciudad de México, México, 2016.
- [9] L. B. Garcé Esteban y J. D. Vivia Jiménez, "Diseño de Vehículo Eléctrico Plegable", Tesis de licenciatura, UNAM, Ciudad de México, México, 2018.
- [10] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen y . K.-H. Grote, *Engineering Design: A Systematic Approach*, 3ra ed., London: Springer, 2007.
- [11] M. Lewrick, P. Link y L. Leifer, *The design thinking playbook: mindful digital transformation of teams, products, services, bussines and ecosystems.*, Hoboken, NJ: Wiley, 2018.
- [12] K. T. Ulrich y S. D. Eppinger, *Diseño y desarrollo de productos*, 3ra ed. en español, Ciudad de México: McGrawHill, 2012.

- [13] «Instrucción 16/V-124: Vehículos de movilidad personal (VMP).», Dirección General de tráfico, 04 11 2016. [En línea]. Available: http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/normativa-legislacion/otras-normas/modificaciones/2016/Instr_16_V_124_Vehiculos_Movilidad_Personal.pdf. [Último acceso: 14 05 2020].
- [14] R. Riquelme, «El comercio electrónico en México creció 28.6% en 2019, según la Asociación de Internet MX,» El Economista, 11 marzo 2020. [En línea]. Available: <https://www.economista.com.mx/tecnologia/El-comercio-electronico-en-Mexico-crecio-28.6-en-2019-segun-la-Asociacion-de-Internet-MX-20200311-0106.html>. [Último acceso: 29 05 2020].
- [15] G. Chávez, «El e-commerce crecerá 60% en 2020 impulsado por Covid-19,» Expansión, 09 abril 2020. [En línea]. Available: <https://expansion.mx/tecnologia/2020/04/09/el-e-commerce-crecera-60-en-2020-impulsado-por-covid-19>. [Último acceso: 29 05 2020].
- [16] «La última milla: lo que no sabes sobre la logística en ecommerce,» Grupo Valora, 15 09 2016. [En línea]. Available: <https://www.grupovalora.es/blog/la-ultima-milla-lo-que-no-sabes-sobre-la-logistica-en-ecommerce/>. [Último acceso: 29 05 2020].
- [17] «15° Estudio sobre los Hábitos de los Usuarios de Internet en México 2018: Movilidad en el Usuario de Internet Mexicano,» Asociación de Internet MX, 31 07 2019. [En línea]. Available: https://irp-cdn.multiscreensite.com/81280eda/files/uploaded/15%2BEstudio%2Bsobre%2Blos%2BHabitos%2Bde%2Blos%2BUsuarios%2Bde%2BInternet%2Ben%2BMe_xico%2B2019%2Bversion%2Bp_blica.pdf. [Último acceso: 14 06 2020].
- [18] «Archivo:Mapa Electoral Federal de Ciudad de México.png,» Wikipedia, [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Mapa_Electoral_Federal_de_Ciudad_de_M%C3%A9xico.png. [Último acceso: 20 08 2020].
- [19] «DHL launches its first regular fully-automated and intelligent urban drone delivery service,» Grupo Deutsche Post DHL, 16 05 2019. [En línea]. Available: <https://www.todotransporte.com/dhl-express-ya-utiliza-drones-para-el-reparto-de-ultima-milla-en-china/>. [Último acceso: 19 06 2020].
- [20] «DHL expands green urban delivery with City Hub for cargo bicycles,» Grupo Deutsche Post DHL, 03 01 2017. [En línea]. Available: <https://www.dpdhl.com/en/media-relations/press-releases/2017/dhl-expands-green-urban-delivery-city-hub-cargo-bicycles.html>. [Último acceso: 19 06 2020].
- [21] «Facebook DHL,» DHL, 02 06 2017. [En línea]. Available: <https://www.facebook.com/dhl/photos/a.227220424039676/1454367481324958/?type=3&theater>. [Último acceso: 19 06 2020].

- [22] «PostBOT - Innovative robot application,» Deutsche Post DHL Group, 2017. [En línea]. Available: <https://www.dpdhl.com/en/media-relations/media-center/tv-footage/postbot-innovative-robot-application.html>. [Último acceso: 19 06 2020].
- [23] «Starship Robot Delivers Packages Locally,» Youtube-TechCrush, 04 11 2015. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=MczGB9cw9I4>. [Último acceso: 19 06 2020].
- [24] S. Scott, «Meet Scout: Field testing a new delivery system with Amazon Scout.,» 23 enero 2019. [En línea]. Available: <https://blog.aboutamazon.com/transportation/meet-scout>. [Último acceso: 2019 06 2020].
- [25] «Meet Roxo™, the FedEx On Demand Bot,» FedEx, 02 2019. [En línea]. Available: <https://www.fedex.com/en-us/innovation/roxo-delivery-robot.html>. [Último acceso: 19 06 2020].
- [26] «Segway Loomo Robot,» Segway Ninebot, 01 2019. [En línea]. Available: <https://es-es.segway.com/products/segway-loomo-robot>. [Último acceso: 19 06 2020].
- [27] «Continental's Vision for Seamless Mobility Combines Autonomous Shuttles and Delivery Robots,» Continental, 07 01 2019. [En línea]. Available: <https://www.continental.com/en-us/press-/press-releases/seamless-mobility-at-ces-2019-15671>. [Último acceso: 20 06 2020].
- [28] «CES 2019 Press Conference,» Youtube-Continental Automotive North America, 12 03 2019. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=sj6f9a55uzw>. [Último acceso: 20 06 2020].
- [29] «Encuesta Intercensal 2015,» Instituto Nacional de Geografía y Estadística, Dirección General de Estadísticas Sociodemográficas, 2015. [En línea]. Available: <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/#:~:text=La%20Encuesta%20Intercensal%202015%20se,habr%C3%A1%20de%20realizarse%20en%202020.&text=La%20informaci%C3%B3n%20es%20fundamental%20para,y%20social%20de%20las%20naciones..> [Último acceso: 01 06 2020].
- [30] A. Valle, «La carrera por ser el mercado de oficinas más grande de la CDMX,» *Expansión*, 18 01 2018.
- [31] «Mapa de Infraestructura y equipamiento ciclista CDMX.,» SEDEMA, 2020. [En línea]. Available: <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/sedema/images/archivos/movilidad-sustentable/movilidad-en-bicicleta/plano-ciclovias/infraestructura-ciclista-existente.pdf>. [Último acceso: 10 10 2020].
- [32] «Eco bici-Mapa de disponibilidad,» Gobierno de la Ciudad de México, 2020. [En línea]. Available: <https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/mapa-de-cicloestaciones>. [Último acceso: 20 08 2020].

- [33] «Jump Ciudad de México,» Uber, 2020. [En línea]. Available: <https://jump.uber.com/es/en/cities/mexico-city/>. [Último acceso: 20 08 2020].
- [34] «AVISO POR EL QUE SE DA A CONOCER LOS LINEAMIENTOS PARA LA OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE INDIVIDUAL SUSTENTABLE DE LA CIUDAD DE MÉXICO POR PERSONAS MORALES,» Gaceta Oficial de la Ciudad de México, 2019. [En línea]. Available: https://data.consejeria.cdmx.gob.mx/portal_old/uploads/gacetas/cb5bd8fb286f1cab199c05fef8bb5e1d.pdf. [Último acceso: 21 08 2020].
- [35] «Guía Ciclista de la CDMX, sí puedo rodar 2017,» SEMOVI, 2017. [En línea]. Available: <https://semovi.cdmx.gob.mx/storage/app/media/guia-ciclistaespanol.pdf>. [Último acceso: 21 08 2020].
- [36] I. Survila, «Eagle Electric kick scooter,» A-Design Award and Competition, 2017. [En línea]. Available: <https://competition.adesignaward.com/design-image.php?y=2017&design=63664>. [Último acceso: 04 09 2020].
- [37] G. Brenck, «Scooter backpack,» Designboom, 17 01 2012. [En línea]. Available: <https://www.designboom.com/design/scooter-backpack-by-gustavo-brenck/>. [Último acceso: 04 09 2020].
- [38] «AIRA Depollutes the air while delivering food around the city,» miiio-studio, 2020. [En línea]. Available: <https://www.miiio-studio.com/aira>. [Último acceso: 01 05 2020].
- [39] «Segway Lomoo,» SEGWAY, [En línea]. Available: <https://store.segway.com/segway-loomoo-mini-transporter-robot-sidekick>. [Último acceso: 04 09 2020].
- [40] «Segway Ninebot One S1,» SEGWAY, [En línea]. Available: <https://www.segway.com/ninebot-one-s1/>. [Último acceso: 04 09 2020].
- [41] «U3-X was Introduced,» HONDA, 2009. [En línea]. Available: <https://global.honda/innovation/robotics/robot-development-history.html>. [Último acceso: 06 09 2020].
- [42] «UNI-CUB Personal Mobility Device was Introduced,» HONDA, 2012. [En línea]. Available: <https://global.honda/innovation/robotics/robot-development-history.html>. [Último acceso: 06 09 2020].
- [43] «Segway Drift W1,» SEGWAY, [En línea]. Available: <https://store.segway.com/segway-drift-w1>. [Último acceso: 04 09 2020].
- [44] «ONEWHEEL,» ONEWHEEL, 2020. [En línea]. Available: <https://onewheel.com/>. [Último acceso: 04 09 2020].
- [45] «Ryno Mico-Cycle,» RYNO MOTORS, [En línea]. Available: <http://rynomotors.com/>. [Último acceso: 04 09 2020].

- [46] «Hoverboard patines,» Claroshop, [En línea]. Available: <https://www.claroshop.com/producto/899856/hoverboard-patines-electricos-con-bocina-bluetooth-xtion-sport-hovershoes-scooter/#!>. [Último acceso: 04 09 2020].
- [47] «Scooter eléctrico,» GRAINGER México, 2020. [En línea]. Available: <https://www.grainger.com.mx/producto/RMB-ELECTRIC-Scooter-El%C3%A9ctrico%2CDistancia-M%C3%A1x-30-mi-/p/49EL96?analytics=searchResults>. [Último acceso: 04 09 2020].
- [48] «Loomo Go Delivery Robot,» Youtube-SEGWAY, 10 04 2017. [En línea]. Available: https://www.youtube.com/watch?time_continue=164&v=Z4ZEK4oJF3g&feature=emb_title. [Último acceso: 04 09 2020].
- [49] «TopMate ES30 Electric Scooter,» TopMate, 2020. [En línea]. Available: <https://www.topmate.cc/>. [Último acceso: 04 09 2020].
- [50] «Airwheel,» Airwheel, [En línea]. Available: <https://www.airwheel.net/home/product/se3>. [Último acceso: 06 09 2020].
- [51] «Esta nueva bicicleta eléctrica de Volkswagen está ideada para llevar cargas de hasta 210 kilogramos con cero emisiones,» Xataka, 2018. [En línea]. Available: <https://www.xataka.com/vehiculos/volkswagen-cargo-e-bike-caracteristicas-ficha-tecnica>. [Último acceso: 06 09 2020].
- [52] R. Digiorge, «Backpack Electric Scooter,» Behance, 2015. [En línea]. Available: <https://www.behance.net/gallery/24060225/Backpack-Electric-Scooter>. [Último acceso: 04 09 2020].
- [53] R. Seth, «SKIPPY THE SCOOTY,» YANKO DESIGN, 27 07 2012. [En línea]. Available: <https://www.yankodesign.com/2012/07/27/skippy-the-scooty/>. [Último acceso: 04 09 2020].
- [54] I. D. Martínez Cortés, "Vehículo personal para entregas de última milla y su sistema estructural", Tesis de maestría, UNAM, Ciudad de México, México, En edición.
- [55] R. N. Jazar, *Vehicle Dynamics Theory and Aplicacion*, New York, USA: Springer, 2008.
- [56] R. Rajamani, *Vehicle Dynamics and Control*, New York, USA: Springer, 2006.
- [57] «Kit de conversión eBIKE Kit de bicicleta eléctrica...», Aliexpress, 2018. [En línea]. Available: <https://m.es.aliexpress.com/item/32948196212.html?trace=wwwdetail2mobilesitedetail&spm=a2g0s.8937460.0.0.3e9d2e0eV8R4uP>. [Último acceso: 18 09 2020].
- [58] «Batería 48V,» Electropedaleo, 2018. [En línea]. Available: <https://www.electropedaleo.com.mx/wp->

- content/uploads/2018/12/caracter%C3%ADsticas-bater%C3%ADas-sp-2.png. [Último acceso: 18 09 2020].
- [59] G. D. Pérez Velázquez, Diseño de vehículo eléctrico de última milla para entrega de paquetería, Tesis de licenciatura, UNAM, Ciudad de México, México, En edición.
- [60] J. López, «Roban scooters de Grin y así los rematan en Facebook.,» Excelsior, 2019. [En línea]. Available: <https://www.excelsior.com.mx/comunidad/roban-scooters-de-grin-y-asi-los-rematan-en-facebook/1327584>. [Último acceso: 11 marzo 2020].
- [61] G. Jiménez, «Roban al servicio de renta 'Mobike' 88% de sus bicicletas.,» Excelsior, 2018. [En línea]. Available: www.excelsior.com.mx/comunidad/roban-al-servicio-de-renta-mobike-88-de-sus-bicicletas/1245357. [Último acceso: 11 03 2020].
- [62] «Boletín Estadístico de la Incidencia Delictiva en la Ciudad de México (2014-2019),» Dirección General de Política y Estadística Criminal - Fiscalía General de Justicia de la Ciudad de México, 2014-2019. [En línea]. Available: <https://www.fgjcdmx.go>. [Último acceso: 11 03 2020].
- [63] «No dejes tu bici aquí,» Google Maps, 2020. [En línea]. Available: <https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?hl=en&mid=18EUSn-TTcryWA4oJt0NBji1mhAc&ll=19.372781902241293%2C-99.19461921797415&z=12>. [Último acceso: 11 marzo 2020].
- [64] «Robo de Bicicletas y Auxilio Vial MX.,» Facebook, 2019. [En línea]. Available: <https://www.facebook.com/groups/266612746861233/>. [Último acceso: 10 03 2020].
- [65] «NEW YORK LOCK STANDARD,» KRYPTONITE, 2020. [En línea]. Available: <https://www.kryptonitelock.com/content/kryt-us-2/en/products/product-information/current-key/000952.html?type=scooter>. [Último acceso: 01 05 2020].
- [66] «Uolor Alarm Disc Lock, Anti-Theft Motorcycle Disc Brake Lock,» Amazon, 2020. [En línea]. Available: <https://www.amazon.com/Anti-theft-Motorcycle-Waterproof-Security-Motorbike/dp/B075F5S8TG>. [Último acceso: 01 05 2020].
- [67] «Kryptonite Messenger Mini+ Plus - Extensor de Rueda para Bicicleta,» Amazon, 2020. [En línea]. Available: https://www.amazon.com.mx/Kryptonite-Messenger-Extensor-Bicicleta-Candado/dp/B06XCPH1S4/ref=pd_sbs_468_14?_encoding=UTF8&pd_rd_i=B074KNTFZK&pd_rd_r=2f4d6f28-94f9-494e-85ed-b81ca3322689&pd_rd_w=of55b&pd_rd_wg=IH0md&pf_rd_p=1f2ad8b6-5cec-4f0d-9c86-c14447975. [Último acceso: 01 05 2020].
- [68] «Combinación de candado y cadena GRANIT CityChain XPlus™ 1060,» ABUS Security Tech Germany, 2020. [En línea]. Available: <https://www.abus.com/es/Seguridad-fuera-de-casa/Bicicletas/Candados/Combinacion-de-candados-y-cadenas/GRANIT-CityChain-XPlus-1060>. [Último acceso: 01 05 2020].

- [69] «NEW YORK CINCH RING CHAIN 1275,» KRYPTONITE, 2020. [En línea]. Available: <https://www.kryptonitelock.com/content/kryt-us-2/en/products/product-information/current-key/999539.html?type=scooter>. [Último acceso: 01 05 2020].
- [70] «LAMONKE Bicycle Cable Lock with LED Light,» Amazon, 2020. [En línea]. Available: https://www.amazon.com/dp/B08CMSMYZG/ref=sspa_dk_detail_6?psc=1&pd_rd_i=B08CMSMYZG&pd_rd_w=Jecek&pf_rd_p=7d37a48b-2b1a-4373-8c1a-bdcc5da66be9&pd_rd_wg=J1Ywp&pf_rd_r=SG6XDZHYORXH42W8DDEM&pd_rd_r=e1ae5b0a-5789-4a46-9229-a8e883d9d4ae&spLa=ZW5jcnlwdGVkUXVhbGl. [Último acceso: 01 05 2020].
- [71] «BORDO GRANIT XPlus™ 6500,» ABUS Security Tech Germany, 2020. [En línea]. Available: <https://www.abus.com/es/Seguridad-fuera-de-casa/Bicicletas/Candados/Candados-plegables/BORDO-GRANIT-XPlus-6500>. [Último acceso: 01 05 2020].
- [72] «OnGuard Double-Team PITBULL U-Lock and Cable,» Amazon, 2020. [En línea]. Available: https://www.amazon.com.mx/OnGuard-Double-Team-PITBULL-U-Lock-Cable/dp/B005YPKBWI/ref=pd_sbs_468_18?encoding=UTF8&pd_rd_i=B005YPKBWI&pd_rd_r=2f4d6f28-94f9-494e-85ed-b81ca3322689&pd_rd_w=of55b&pd_rd_wg=IH0md&pf_rd_p=1f2ad8b6-5cec-4f0d-9c86-c14447975c51&pf_. [Último acceso: 01 05 2020].
- [73] «Candado Para Motocicleta Bloqueador De Freno Y Acelerador HI,» Mercado Libre, [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-773945385-candado-para-motocicleta-bloqueador-de-freno-y-acelerador-hl-_JM?matt_tool=35355233&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=6556530604&matt_ad_group_id=79310978555&matt_match_type=&matt_network=u&m. [Último acceso: 01 05 2020].
- [74] «EVOLUTION COMPACT DISC LOCK,» KRYPTONITE, 2020. [En línea]. Available: <https://www.kryptonitelock.com/content/kryt-us-2/en/products/product-information/current-key/003212.html?type=motorcycle>. [Último acceso: 01 05 2020].
- [75] J. L. Ramírez, «Los mejores candados para bicicleta del 2020,» la bicikleta, 2020. [En línea]. Available: <https://labicikleta.com/los-mejores-candados-bicicleta/>. [Último acceso: 13 04 2020].
- [76] J. L. Ramírez, «Los mejores candados para bicicleta a precio accesible.,» Bicikleta, 2020. [En línea]. Available: <https://labicikleta.com/los-mejores-candados-para-bicicleta-a-precio-accesible-2/>. [Último acceso: 13 04 2020].
- [77] A. Drozhzhin, «Por qué los candados “inteligentes” no son la mejor opción,» kaspersky diary, 2019. [En línea]. Available: <https://latam.kaspersky.com/blog/why-smart-padlocks-suck/14468/>. [Último acceso: 20 04 2020].

- [78] «tex—lock eyelet L, orange, incl. U-lock,» Tex-lock, 2020. [En línea]. Available: https://www.tex-lock.com/en_US/shop/product/4-01-02-00003-ora-texlock-eyelet-l-orange-incl-u-lock-172?page=2&category=9. [Último acceso: 01 05 2020].
- [79] «LITELOK® GOLD ORIGINAL,» LITELOK Light Flexible Secure, 2020. [En línea]. Available: <https://www.litelok.com/products/litelok-gold-original?variant=31864990990410>. [Último acceso: 01 05 2020].
- [80] «Sold Secure,» SOLD SECURE, 2020. [En línea]. Available: <https://www.soldsecure.com/>. [Último acceso: 01 05 2020].
- [81] S. Hernández Sánchez , M. E. López Torres , I. D. Martíenez Cortés, V. Borja, A. Treviño Arizmendi y A. C. Ramírez-Reivich, «Diseño de un vehículo eléctrico de última milla para la entrega de paquetería,» de *XXVI CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM DEL 21 AL 23 DE OCTUBRE*, MORELIA MICHOACÁN, MÉXICO, 2020.
- [82] L. Gómez Mendiola, V. Borja Ramírez, W. E. Palmer Alfonso, D. A. García Garduño, M. Mendoza Vázquez y R. Cabos de los Santos, «Diseño de nuevos productos con un enfoque orientado al usuario,» de *MEMORIAS DEL XV CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM*, CD. OBREGÓN, SONORA. MÉXICO, 2009.
- [83] «Rethinking micro-mobility – The BMW Group Personal Mover Concept. Electric, safe, agile – for short distances across sites.,» BMW Group Press Club, 04 05 2018. [En línea]. Available: <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0280762EN/rethinking-micro-mobility-%E2%80%93-the-bmw-group-personal-mover-concept-electric-safe-agile-%E2%80%93-for-short-distances-across-sites?language=en>. [Último acceso: 20 05 2020].
- [84] «S3TR Personal Transport Vehicle,» S3TR, [En línea]. Available: <http://www.s3tr.hr/>. [Último acceso: 20 05 2020].
- [85] «Halfbike: Ride outside the box,» Halfbike, [En línea]. Available: <https://halfbikes.com/>. [Último acceso: 20 mayo 2020].
- [86] «Mercane Wheels,» [En línea]. Available: <https://www.mercanewheels.com/project-1>. [Último acceso: 20 mayo 2020].
- [87] «DDM,» HITCAR LIFT, [En línea]. Available: <http://www.hitcarlift.com.ar/servicios/vehiculos-electricos/transporte-unipersonal.html>. [Último acceso: 20 mayo 2020].
- [88] «DC TRI,» [En línea]. Available: <http://www.dc-tri.com/>. [Último acceso: 20 mayo 2020].
- [89] «Driving Urban Liberty,» EGRET, [En línea]. Available: <https://my-egret.com/>. [Último acceso: 20 mayo 2020].

[90] «Mi Electric Scooter,» Xiaomi, [En línea]. Available: <https://www.mi.com/es/mi-electric-scooter/>. [Último acceso: 20 mayo 2020].

Índice de figuras

Figura 1. Proyecto Vehículo QX4 [4].	3
Figura 2. Proyecto VEPI [5].	4
Figura 3. A0: Monociclo para movilidad urbana [6].	4
Figura 4. Vehículo Eléctrico Alternativo Plegable [8].	5
Figura 5. Vehículo Eléctrico Plegable [9].	5
Figura 6. Proceso general del Diseño Centrado en el Usuario.	6
Figura 7. Usuario de universidades.	11
Figura 8. Observaciones a universitarios.	12
Figura 9. Profesores asesores.	17
Figura 10. Equipo de trabajo etapa 1.	18
Figura 11. Nuevo miembro del equipo, etapa 2.	19
Figura 12. Nuevos miembros del equipo, etapa 3.	20
Figura 13. Nuevos miembros del equipo, etapa 4.	20
Figura 14. Ciclo 1: Usuario.	22
Figura 15. Colaborador.	23
Figura 16. Oferta laboral chofer repartidor.	25
Figura 17. Acceso al centro de distribución	26
Figura 18. Llenado paquetes camioneta.	27
Figura 19. Llenado de paquetes en motocicletas.	28
Figura 20. Paquetes medianos y grandes (izquierda) y sobres (derecha).	28
Figura 21. Orden de los paquetes.	28
Figura 22. Protocolo de entrega.	29
Figura 23. Tipos de camionetas.	30
Figura 24. Perfil del usuario.	35
Figura 25. Categorías de necesidades.	36
Figura 26. Necesidades sobre el vehículo.	37
Figura 27. Necesidades sobre los paquetes.	37
Figura 28. Necesidades sobre el operador.	38
Figura 29. Ciclo 2: Experiencia.	39
Figura 30. Personaje Iván Carmona.	40
Figura 31. Proceso de reparto: un día en la vida de los usuarios.	41
Figura 32. Mapa de ruta: Pre-proceso.	43
Figura 33. Mapa de Ruta: Proceso.	45
Figura 34. Mapa de Ruta: Post-proceso.	46

Figura 35. a) Mapa de la Ciudad de México, b) Principales compradores en línea en México por zonas.	47
Figura 36. Soluciones DHL.....	48
Figura 37. PostBot DHL.	49
Figura 38. StarShip Robot.....	49
Figura 39. Scout de Amazon.....	50
Figura 40. Roxo de FedEx.....	50
Figura 41. Loomo Segway.....	51
Figura 42. ANYmal.....	51
Figura 43. Experiencia 1.	54
Figura 44. Experiencia 2.	54
Figura 45. Experiencia 3.	55
Figura 46. Experiencia 3.	56
Figura 47. Ciclo 3: Producto.	58
Figura 48. Número de habitantes por alcaldía.....	59
Figura 49. a) Mapa de Ciclovías, b) Mapa Eco bici, c) Mapa de Uber Jump.	60
Figura 50. Descripción general del edificio corporativo.	63
Figura 51. Estacionamiento en zonas con ciclovía.	63
Figura 52. a) repartidor de pizzas en moto espera sobre el confinamiento del carril de la ciclovía, b) Repartidor de Rappi encadena su bicicleta en el poste de luz, misma que guarda y lleva en su mochila de repartidor, c) usuario de Rappi accediendo con mochila por la puerta principal.....	64
Figura 53. Entrega afuera de corporativos: a) Repartidor de Rappi esperando en la banqueta, b) Cliente llega con el repartidor, c) Cliente recibe su pedido y ambos se retiran del lugar.	64
Figura 54. a) Repartidor de pizzas en moto entra por estacionamiento, b) Repartidor de paquetería entra caminando por el estacionamiento, c) Repartidor en bici entra por el estacionamiento.	65
Figura 55. Estacionamiento de camionetas y motos en carril de baja velocidad.	66
Figura 56. Estacionamiento de motos y bicicletas sobre la acera.....	66
Figura 57. Funciones de diseño.....	68
Figura 58. Productos análogos y homólogos de vehículos de 1, 2, 3 o más ruedas.	70
Figura 59. Concepto 1 VUM.	71
Figura 60. Concepto 2 VUM.	72
Figura 61. Concepto 3 VUM.	73
Figura 62. Concepto 4 VUM.	73
Figura 63. Concepto 5 VUM.	74
Figura 64. Concepto 6 VUM.	75
Figura 65. Ciclo 4: Prototipo.....	80

Figura 66. Arquitectura de VUMi.	86
Figura 67. Compartimento de paquetes.....	87
Figura 68. a) Estructura, b) dirección.....	88
Figura 69. CAD de VUMi.	89
Figura 70. Vistas de VUMi.	89
Figura 71. Kit motor y especificaciones del motor.....	93
Figura 72. Batería y sus especificaciones.	94
Figura 73. Diagrama de conexión eléctrico.....	95
Figura 74. Propuesta estética.....	96
Figura 75. Concepto VUMi a) modo vehículo, b) modo maleta.	98
Figura 76. a) Manufactura estructura VUMi, b) Manufactura horquilla de dirección VUMi.....	98
Figura 77. Prototipo final VUMi: a) modo maleta, b) modo vehículo.	99
Figura 78. Pruebas prototipo VUMi.....	100
Figura 79. Modificaciones respecto a VUMi.	101
Figura 80. A) acceso modo maleta VUMi 2.0, b) acceso modo vehículo VUMi 2.0.	102
Figura 81. Pruebas de terreno.....	103
Figura 82. Pruebas de autonomía.	104
Figura 83. Pruebas con usuarios: llenado con paquetes.....	105
Figura 84. Pruebas con usuarios: camioneta.	105
Figura 85. Equipo de trabajo VUMi.	106
Figura 86. Equipo de trabajo VUMi 2.0.	106
Figura 87. Ciclo 3: Producto.	108
Figura 88. Robo de vehículos de pedales total anual de 2014 a 2019.....	110
Figura 89. Robo de vehículos de pedales, promedio diario de 2014 a 2019.	110
Figura 90. Mapa de sitios con registro de robo de bicicletas en la Ciudad de México.....	111
Figura 91. Lluvia de ideas para la búsqueda de información.	114
Figura 92. Nivel de seguridad vs. Peso.	118
Figura 93. Nivel de seguridad vs. Peso vs. Precio.	119
Figura 94. Número de piezas vs. Número de movimientos.....	120
Figura 95. Candados inteligentes.	121
Figura 96. Homólogos.	125
Figura 97. Soluciones de bloqueo.	126
Figura 98. Soluciones de sujeción.....	127
Figura 99. Soluciones de bloqueo filtradas y combinadas.....	128
Figura 100. Soluciones de sujeción filtradas y combinadas.	129
Figura 101. Soluciones seleccionadas.	132
Figura 102. a) Tex-lock (izquierda), b) Lite-lock (derecha).	133
Figura 103. Diagrama lógico eléctrico del sistema de acceso.....	134

Figura 104. Diagrama lógico eléctrico del sistema de bloqueo.	135
Figura 105. Diagrama lógico eléctrico del sistema de sujeción (aseguramiento).	135
Figura 106. Identificación de necesidades.	155
Figura 107. Elaboración de marcos de referencias.	156
Figura 108. Generación y selección de conceptos.	157
Figura 109. Elaboración de pruebas de prototipos.	158
Figura 110. Formato de pruebas del simulador 1.	165
Figura 111. Manufactura de simulador 1.	166
Figura 112. Simulador 1, prueba 1.	166
Figura 113. Resultados de las pruebas simulador 1, prueba 1.	167
Figura 114. Simulador 1, prueba 2.	167
Figura 115. Resultados prueba 2, simulador 1.	169
Figura 116. Simulador 1, prueba 3.	169
Figura 117. Resultados de simulador 1, prueba 3.	170
Figura 118. Simulador 2: amortiguador.	170
Figura 119. Simulador 3: modelo a escala del vehículo.	171
Figura 120. BMW Personal Mover Concept.	178
Figura 121. Streeter.	178
Figura 122. a) Halfbike, b) Mercane Wheels.	179
Figura 123. a) Hitcar Lift DDM, b) DC-TRI.	179
Figura 124. a) EGRET TEN, b) Xiaomi.	180

Índice de tablas

Tabla 1. Equivalencia entre metodologías.....	7
Tabla 2. Clasificación y normativa de los VMP.....	9
Tabla 3. Aplicaciones de VMP.....	10
Tabla 4. Necesidades filtradas y jerarquizadas: paquetes.....	33
Tabla 5. Necesidades filtradas y jerarquizadas: vehículo.....	34
Tabla 6. Necesidades filtradas y jerarquizadas: comodidad.....	34
Tabla 7. Contexto pasado, presente y futuro.....	53
Tabla 8. Lineamientos para la Operación de los Sistemas de Transporte Individual Sustentable de la Ciudad de México 2019.....	61
Tabla 9. Guía ciclista CDMX.....	62
Tabla 10. Requerimientos VUM.....	67
Tabla 11. Requerimientos ideales VUM.....	69
Tabla 12. Criterios de selección.....	76
Tabla 13. Criterios filtrados y jerarquizados.....	77
Tabla 14. Sub escalas de evaluación.....	78
Tabla 15. Descripción de propuestas en términos de los criterios.....	78
Tabla 16. Evaluación y selección de conceptos.....	78
Tabla 17. Comparativa de las características de VMPs eléctricos del mercado.....	81
Tabla 18. Comparativa de las características de scooters eléctricos del mercado.....	82
Tabla 19. Métricas.....	83
Tabla 20. Especificaciones objetivo.....	85
Tabla 21. Especificaciones finales.....	97
Tabla 22. Requerimientos del sistema antirrobo.....	113
Tabla 23. Tabla comparativa: Dispositivos de aseguramiento para vehículos personales.....	115
Tabla 24. Jerarquización por tipo de seguro.....	116
Tabla 25. Nivel de seguridad.....	117
Tabla 26. Datos de las variables a graficar.....	118
Tabla 27. Sistema antirrobo en los vehículos personales en renta.....	122
Tabla 28. Criterios de selección.....	130
Tabla 29. Descripción de conceptos; estimación de criterios.....	131
Tabla 30. Evaluación de conceptos.....	131

Índice de Anexos

Anexo A. Metodología “Diseño Centrado en el Usuario” a detalle	154
Anexo B. Encuesta movilidad en universidades.	160
Anexo C. Tipos de traslados y usuarios de universidad.	161
Anexo D. Entrevista a Alan, usuario de bicicleta.	162
Anexo E. Simuladores ciclo 1.0	164
Anexo F. Mapa de actividades del usuario.....	172
Anexo G. Tabla de necesidades interpretadas, jerarquizadas y clasificadas..	173
Anexo H. Clasificación de requerimientos en corporativos	174
Anexo I. Evaluación de propuestas.....	175
Anexo J. Estudio comparativo vehículos de movilidad personal.....	178
Anexo K. Diagrama de conexión motor-batería-controlador proporcionado por el fabricante	181

Anexos

Anexo A. Metodología “Diseño Centrado en el Usuario” a detalle

Ciclo 1: Usuario

El Ciclo 1 tiene como objetivo conocer a la persona que utilizará día a día el producto a través de sus actividades, inquietudes, comportamiento, etc., con el fin de definir su perfil y adaptar el diseño a sus necesidades reales.

El ciclo comienza por **definir** el reto y el usuario preliminar, estableciendo el contexto de la problemática y un mercado tentativo. Posteriormente, en la función **conocer**, que es de las más enriquecedoras de esta metodología, se realizan observaciones y entrevistas, se sintetiza la información y se interpreta. Otro aspecto importante es esta etapa del proceso es identificar el contexto presente, pasado y futuro del producto y soluciones actuales al reto planteado, esto se consigue mediante el análisis del estado del arte de productos análogos (que ejecuten la misma o similar función). La búsqueda en el mercado, o también llamado estudio comparativo es de gran utilidad, así como de patentes, literatura científica, entre otros.

El siguiente paso es **generar** el perfil con los aspectos más relevantes del usuario y un listado de comentarios provenientes del mismo, ambos, producto del paso anterior. Una vez enlistados los comentarios o necesidades, se realiza un filtrado, es decir, evitamos repeticiones y clasificamos en categorías, pues varios comentarios podrían estar hablando de la misma necesidad y se identifican contradicciones entre las observaciones y los comentarios, considerado los comportamientos de los cuales el usuario no es del todo consciente. Después del filtrado, se realiza una jerarquización de necesidades a criterio del diseñador, haciendo uso de todo lo que se conoce del usuario y la repetitividad de algunas necesidades.

Como siguiente paso, se **prueba** la interpretación para corroborar alguna idea o descartarla. En esta etapa, se evalúan las necesidades jerarquizadas más relevantes de la lista, sin decir la importancia que el diseñador ha destinado a cada una, haciendo una encuesta directa con usuarios. Ellos, corroborarán la importancia o descartarán según las consideren relevantes. Es importante que en esta evaluación se realicen observaciones y se adquiera realimentación de la causa de la jerarquía, para que, si es necesario, se redefinan las necesidades.

Al final de este ciclo, se **aprende** de esta evaluación y como resultado obtenemos una lista de necesidades filtrada. Además, un perfil generado, factores críticos y hallazgos de todo el proceso en el ciclo 1.

Una herramienta útil para el desarrollo de este ciclo es la mostrada como primer etapa de diseño en *Diseño de nuevos productos con un enfoque orientado al usuario*: Identificación de necesidades [82], como se presenta en la figura 7.

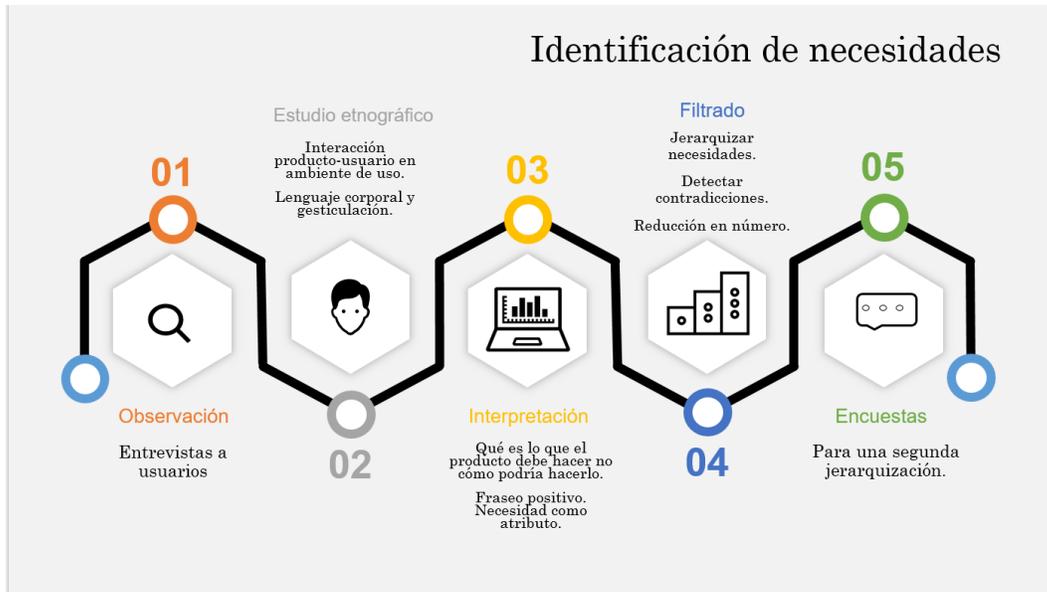


Figura 106. Identificación de necesidades.

Ciclo 2: Experiencia

El ciclo 2 tiene como objetivo diseñar la o las experiencias que el producto provocará en el usuario, basado en lo aprendido en el ciclo anterior. Ésta es una valiosa oportunidad de innovación, pues al diseñar la experiencia, se replantea la idea del producto en etapas posteriores.

Para comenzar el ciclo 2, es necesario **re-definir** el reto y los requerimientos, que en ocasiones son la misma lista de necesidades filtradas en el ciclo 1. Además, en esta etapa del proceso se plantea una propuesta de valor traducida en objetivo.

Tres aspectos indispensables en esta metodología, y que dan pauta al éxito en el diseño de experiencias, son la definición del(los) personaje(s), escenarios, y mapas de ruta, dado que permiten la organización, síntesis y clasificación de la información del usuario recopilada en el ciclo 1 y sus iteraciones.

Una herramienta útil en esta etapa del proceso es la mostrada como tercera etapa de diseño en *Diseño de nuevos productos con un enfoque orientado al usuario*: Elaboración de marcos de referencia [82], se presenta resumida en la figura 8.



Figura 107. Elaboración de marcos de referencias.

La función de **conocer** se lleva a cabo en este ciclo como la búsqueda de soluciones actuales y nuevas tecnologías a través de estudios comparativo, patentes, literatura, etc. Cabe mencionar, que esta tarea se realiza a lo largo de todo el proceso de diseño, con el objetivo de “medirlo”, detectar áreas de oportunidad y enriquecerlo. Existen estrategias para clasificar, ordenar y analizar la información proveniente de esta etapa, por ejemplo: tablas comparativas, mapas de oportunidad, mapas mentales, cuadros de polaridad, etc.

El objetivo de este ciclo es diseñar las experiencias que el usuario tendrá con el producto. Para ello se desarrolla la función **generar**, en la cual, se hace uso de toda la información acerca del usuario hasta el momento, poniendo especial atención en los resultados del mapa de ruta. Aunado a la búsqueda de soluciones actuales y una lluvia de ideas, se generan nuevas ideas que pueden ser expresadas mediante bocetos o prototipos físicos rápidos. Se seleccionan las mejores y se validan mediante pruebas con usuarios.

Una herramienta útil, no sólo para la generación de conceptos de experiencia, sino también para la generación de conceptos de solución en el ciclo 3, es la mostrada como tercera etapa de diseño en *Diseño de nuevos productos con un enfoque orientado al usuario*: Generación y selección de concepto [82], se presenta resumida en la figura 9.

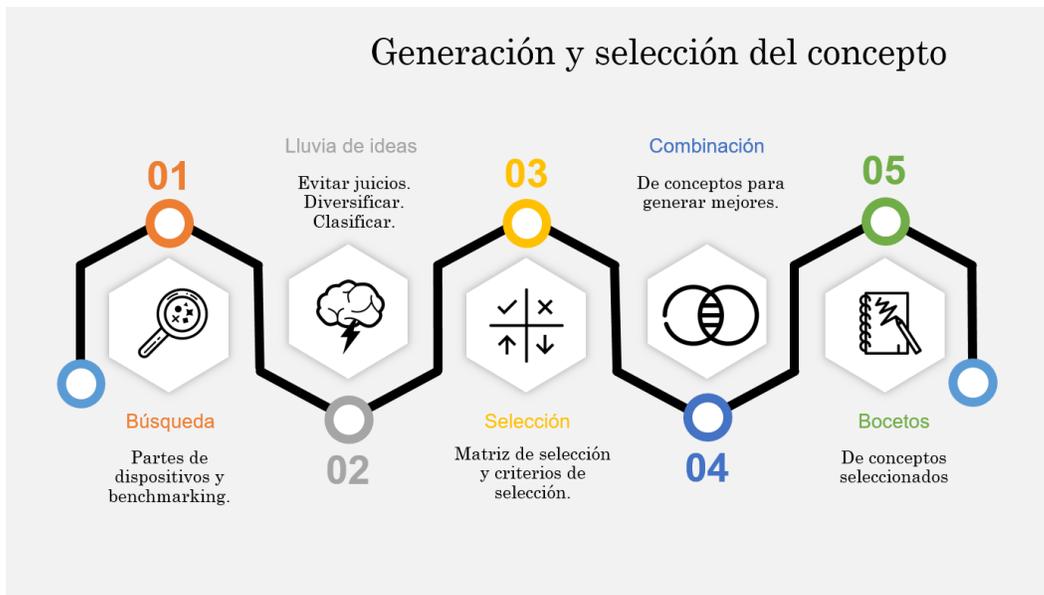


Figura 108. Generación y selección de conceptos.

El primer paso para validar las ideas de experiencia es plantear un protocolo de **prueba**: ¿qué variables se quieren medir? ¿cómo se pueden medir? ¿Cuáles serán las etapas de la prueba? ¿qué parte de la prueba necesita especial atención? ¿medición mediante observación, entrevista, grabación?

Se propone la elaboración de prototipos funcionales o de apariencia, maquetas, modelos, etc., que permitan hacer sentir al usuario la experiencia a probar. Se ejecuta el protocolo y se adquieren los resultados, que a su vez pueden ser organizados utilizando la herramienta *Elaboración de marcos de referencia* [82] mostrados en la figura 8.

Además, la etapa de prueba puede ser realizada tomando en cuenta la herramienta utilizada en la cuarta etapa de diseño en *Diseño de nuevos productos con un enfoque orientado al usuario*: Elaboración y pruebas de prototipos [82], se presenta resumida en la figura 10.

Al final de este segundo ciclo, se **aprende** de las experiencias puestas a prueba con usuarios, que corroboran la satisfacción de la solución o invitan a volver a iterar para generar nuevas ideas o corregir las propuestas probadas. El objetivo de terminar este ciclo es obtener una selección de experiencias que darán cuerpo al concepto del producto. Además, continuamos obteniendo factores críticos y hallazgos de todo el proceso en el ciclo 2.

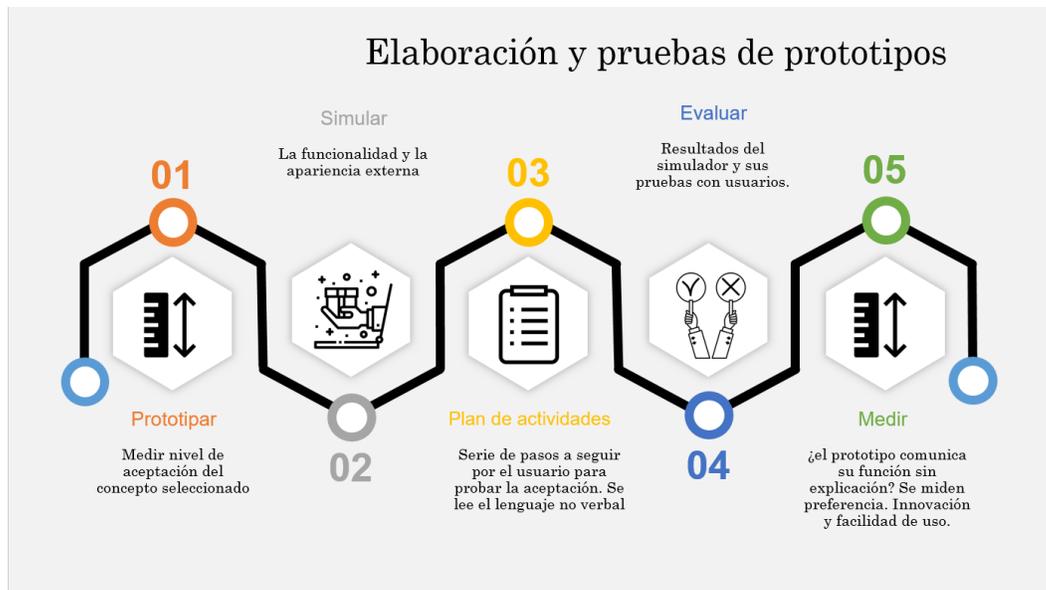


Figura 109. Elaboración de pruebas de prototipos.

Ciclo 3: Producto

El objetivo del ciclo 3 es generar, probar y seleccionar el concepto de producto, esta es la segunda etapa donde la generación de ideas es protagonista, por tanto, la oportunidad de innovación es elevada. Al inicio de esta etapa, se **redefine** el reto, ya que, por haber conocido al usuario y haber diseñado la experiencia, el reto podría converger de lo general a lo particular o simplemente haber cambiado. Además, se recapitulan los requerimientos y se pueden comenzar a definir especificaciones del producto.

Como en los ciclos anteriores, la función de **conocer** se lleva a cabo mediante el análisis del estado del arte que, como se mencionó con anterioridad, se puede analizar mediante tablas comparativas, mapas de oportunidad, etc., y así obtener información que puede ayudar en la generación de conceptos.

En la función **generar** se realizan lluvias de ideas, pero esta vez de conceptos de solución, considerando los aspectos funcionales, conocimientos ingenieriles y conocimientos del usuario. Para lograr innovación, existen herramientas que permiten desarrollar ideas en grupo o individualmente, actividades para “salir de la caja”, es decir, que permiten romper paradigmas y comenzar a imaginar soluciones que no parecen obvias. Adicionalmente, es de suma importancia no perder de vista que se pretende resolver la pregunta ¿qué se debe hacer? y no el ¿cómo lo hará? Así, se resuelve la funcionalidad, no los componentes propiamente.

De la misma forma que en la creación de experiencias, en este ciclo es de mucha utilidad la herramienta mostrada en la figura 9: Generación y selección

de conceptos. Y la mostrada en la figura 10: Elaboración y prueba de prototipos. Ya que la función **probar**, es la siguiente en el proceso, y en ella, se evalúa no sólo la aceptación del producto por el usuario, sino también la factibilidad de la funcionalidad crítica del concepto.

Una vez probada la factibilidad, mediante la creación de prototipos rápidos, es decir, no muy elaborados, con materiales que se tengan a la mano y sin invertir demasiados recursos como tiempo y dinero, se procede a medir la aprobación del usuario. Esto se realiza, como en el ciclo 2, mediante el establecimiento y ejecución de un protocolo de la prueba y el desarrollo de un prototipo que, de acuerdo con el protocolo, logre medir la aceptación por parte del usuario. De la prueba, se obtienen los resultados y se analizan para verificar la validación o volver a iterar, si así es necesario. Por último, del ciclo 3 se **aprende** de las pruebas del concepto con el objetivo de evaluarlos y seleccionar el mejor.

Ciclo 4: Prototipo

El objetivo del ciclo 4 es desarrollar la arquitectura y diseño a detalle del concepto y como resultado se obtiene el prototipo del producto validado. En el diseño de la experiencia o en la generación del concepto del producto, se plantea el modelo de negocio del producto, en donde se define la solución como producto y/o servicio. Como primer paso en el ciclo 4, se **define** de manera más detallada el producto o servicio, y con ellos, sus especificaciones finales.

Mediante la función **conocer**, se hace búsqueda del estudio del estado de la técnica de todas aquellas tecnologías útiles en el desarrollo del producto para permitir la agilidad en futuras etapas del proceso. La función **generar** representa la etapa ingenieril más robusta, ya que, en esta etapa, se desarrolla la planeación, arquitectura, diseño para la manufactura, diseño para el ensamble, diseño para el medio ambiente, diseño a detalle, y dependiendo la ambición del proyecto, el planteamiento de costos y análisis de riesgos, proveedores, proyección de producción, etc. Estas actividades se desarrollan a diferentes niveles en las iteraciones necesarias.

Una vez desarrollado el prototipo, es necesario, **probar** aspectos técnicos, funcionales, ergonómicos y estéticos directamente con el usuario, y medir la satisfacción completa de la necesidad, utilizando herramientas antes mencionadas. Al final, se **aprende** de los resultados y se itera si así es necesario.

A nivel general, las iteraciones deben ser lo más ágiles posibles, para lograr aprender rápido y se puede iterar tantas veces como convenga. Todos los conceptos enunciados en esta metodología, serán ejemplificados a lo largo del desarrollo del proyecto de este escrito.

Anexo B. Encuesta movilidad en universidades.

Movilidad

Buenos días, estamos realizando una investigación sobre la movilidad en México. El objetivo es conocer la forma en que te transportas para proponer mejoras. Agradeceríamos enormemente que nos permitieras hacerte unas preguntas sobre tu día a día. Si tienes algún comentario o anécdota que comentar, siéntete con libertad de compartirlo.

Edad:

Sexo:

Estatura:

Nombre:

¿En qué delegación o municipio vives?

¿Qué actividades realizas en un día común y con qué frecuencia las realizas? (Ej. hobbies, rutinas, escuela, trabajo, etc.)

¿Qué tipo de cosas llevas contigo a cada actividad? (Ej. libros, alimentos, herramientas, laptop, etc)

¿Qué ocupas para cargar tus cosas? (Ej. Bolsa, mochila, caja de herramientas, portaplanos, etc.)

¿Cómo cargas tus cosas? (en los hombros, con una o dos manos, etc.)

¿Cómo te transportas? (A cada actividad)

¿Viajas solo o con alguien más? (¿cuántos más?)

¿Cuánto tiempo te toma llegar a cada destino?

¿Qué alternativas de movilidad tomas cuando vas tarde a tu destino?

¿Cuánto dinero gastas en transporte al día?

En general, ¿cuál es tu opinión acerca de la movilidad en tu ciudad?

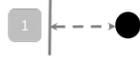
¿Podrías contarme "un día de tu vida"? (¿Qué haces para llegar a tus destino desde que sales de tu casa?)

¿Utilizas alguna aplicación móvil para movilidad? ¿Cuál o cuáles?

Para más comentarios y/o sugerencias nos puedes contactar al correo movilidad.cdmit@gmail.com

Anexo C. Tipos de traslados y usuarios de universidad.

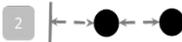
USUARIO TIPO 1 | Copilco



USUARIO TIPO 1 | Metro Copilco



USUARIO TIPO 2 | Anexo - Principal



USUARIO TIPO 2 | Bicipuma



USUARIO TIPO 1 | Metro Universidad



Anexo D. Entrevista a Alan, usuario de bicicleta.

ENTREVISTA A USUARIO DE BICICLETA ELÉCTRICA

Nombre: Alan Borbolla Vázquez

Edad: 25 años

Ocupación:

- Estudiante de posgrado en Ingeniería (maestría)
- Profesor de la Facultad de Química

Tiempo de uso de bicicleta eléctrica: 5 meses

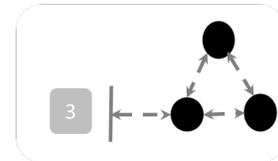
Motivación del uso de bicicleta eléctrica:

“Hacia demasiado tiempo en sus trayectos y llegaba muy cansado. Sudaba mucho y se fatigaba por el esfuerzo.”



Un día en la vida de Alan usando bicicleta...

1. Sale de su casa en auto
2. Llega a la universidad donde tiene lugar para estacionarse en la Facultad de Química, aunque a veces se estaciona en el circuito cerca del ICAT.
3. Saca bicicleta de su cajuela y se sube a ella.
4. Se dirige al lugar que tenga que ir ya sea Facultad de ingeniería (anexo), Facultad de Química, ICAT o Posgrado de Ingeniería.
5. Llega a su destino y reduce la bicicleta al menor tamaño posible y la asegura, sujetándola a un poste.
6. Realiza sus actividades en ese lugar y cuando termina, se dirige a su próxima parada.



Tiempo aproximado en trayectos:

Antes 15-20 min incluso 30 min (caminando) / Ahora 5-10 minutos

Elección:

Tamaño y precio.

Cosas que lleva cuando la usa:

Lonchera, Mochila, Candados (candado y cadena), guantes, casco.

- Cosas que lleva en la mochila: Laptop, tablet, 1 o 2 libretas, cables (usb, cargador de computadora, ...), calculadora, Lápiz, pluma, goma, cartera.





Anexo E. Simuladores ciclo 1.0

Primer simulador

Objetivo. El primer simulador tiene el propósito de obtener los datos ergonómicos suficientes para darle medidas generales al producto y así, basar el chasis en éstas. En éste mediremos:

- El espacio que necesitará el usuario para sentirse cómodo y seguro, así como el espacio para poder transportarse con sus pertenencias más comunes.
- La inclinación y altura necesarias del manubrio para que el usuario se sienta seguro y le ayude a mantener el equilibrio.
- Observaremos la forma o distintas formas en las que al usuario le acomoda mejor subirse al vehículo.

Diseño de la prueba.

Preguntas de introducción, generales.

- Edad
- Género
- Estatura
- Ocupación

- Ángulo inclinación
- Altura manubrio

Observaciones de las que somos responsables

- ¿Qué está vistiendo?
- ¿Qué lleva consigo?
- ¿Cómo se sube (modo, posición, con qué pie)?
- ¿Cómo se acomoda más?

¿Qué mediremos?

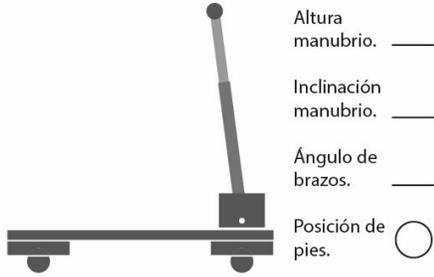
- Distancia entre manos
- Espacio mínimo de comodidad para el usuario
 - a. Posición de pies
 - b. Separación entre pies
 - c. ¿Dónde colocará sus pertenencias?

Combinaciones de comodidad para agarre

En la figura 13 se muestra el formato donde se recabará la información.

SIMULADOR 1	PRUEBA NO. _____
Nombre. _____	Sexo. <input type="radio"/> M <input type="radio"/> F
Edad. _____	No. calzado. _____
Estatura. _____	Ocupación _____
Peso. _____	

PARTE 1. ERGONOMÍA. Posiciones cómodas para el usuario



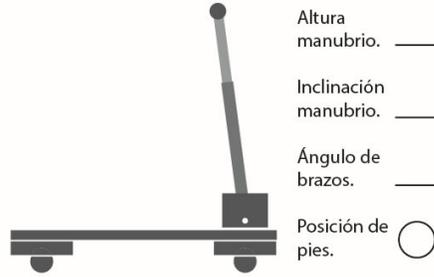
Altura manubrio. _____

Inclinación manubrio. _____

Ángulo de brazos. _____

Posición de pies.

POSICIÓN 1 _____



Altura manubrio. _____

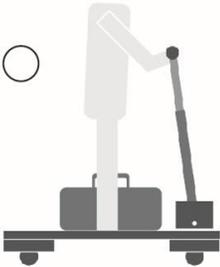
Inclinación manubrio. _____

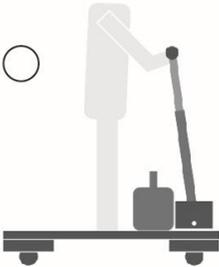
Ángulo de brazos. _____

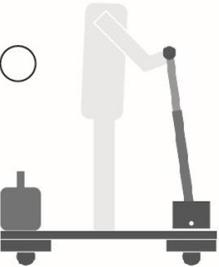
Posición de pies.

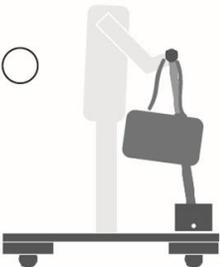
POSICIÓN 2 _____

PARTE 2. ERGONOMÍA. ¿Cómo llevará sus cosas el usuario?









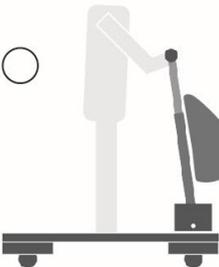




Figura 110. Formato de pruebas del simulador 1.

Prueba 1.

Se le pide al usuario que se suba al vehículo, y ajuste el manubrio a la altura y ángulo en el que se sienta más cómodo.

Mediciones:

- Ángulo de inclinación y altura del manubrio.

Manufactura. Mecanismo que permite variar el ángulo de inclinación del manubrio mediante una corredera. Usamos un esparrago que atraviesa el tubo y permite “apretarlo” con tuercas cuando se define un ángulo. Mecanismo que permite variar la altura del manubrio. Un tubo dentro de otro tubo con orificios cada 5 cm en los cuales se atora un botón para fijar la altura. Altura del manubrio (1m mínimo a 1.7m máximo).



Figura 111. Manufactura de simulador 1.

Prueba.



Figura 112. Simulador 1, prueba 1.

Resultados.

Los resultados arrojaron que el intervalo de inclinación del manubrio más cómodo para el usuario va de entre 4.5° a 20°, inclinación que dependió por completo de la altura del usuario y la distancia que había entre él (ella) y el manubrio.

Usuario	Edad	Estatura	Inclinación manubrio (grados)	Altura manubrio *
1	25	1.67	12	50 cm
2	23	1.7	4.5	10 cm
3	24	1.72	15.4	30 cm
4	23	1.7	9.3	20 cm
5	18	1.56	4.5	30 cm
6	21	1.47	20	30 cm

Mujeres *La altura del manubrio es con respecto a la base en donde son colocados los pies hasta el punto en donde son colocadas las manos del usuario.

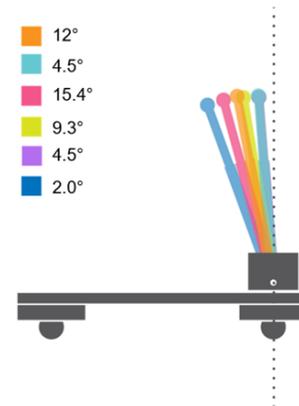


Figura 113. Resultados de las pruebas simulador 1, prueba 1.

Prueba 2.

Identificar dónde colocan los pies sobre el vehículo con y sin movimiento. Se le pide al usuario subirse al vehículo y colocarse en la posición que sientan más comodidad. Se aplica un movimiento y se observa si hicieron algún movimiento en la posición de sus pies.

Mediciones. Trazar en un papel bond pegado a la plataforma la posición de los pies en estado estático y después del movimiento.

Manufactura. Acoplar una tabla de madera con llantas de mueble. Dos de atrás con dirección paralelo al movimiento y la frontal rueda “loca” que permite movimiento en diferentes direcciones.

Pruebas.

Figura 114. Simulador 1, prueba 2.

Resultados.

La figura 18 muestra el resultado de cada uno de los usuarios encuestados en la posición que les pareció más cómoda. El espacio mínimo que la mayoría eligió fue de 30 cm de ancho x 45 cm de largo. Y en general, el espacio mínimo que cualquier usuario necesitaría para moverse y acomodarse libremente sería de 50 x 50 cm. Tanto en reposo como en movimiento se prefirieron los pies paralelos.

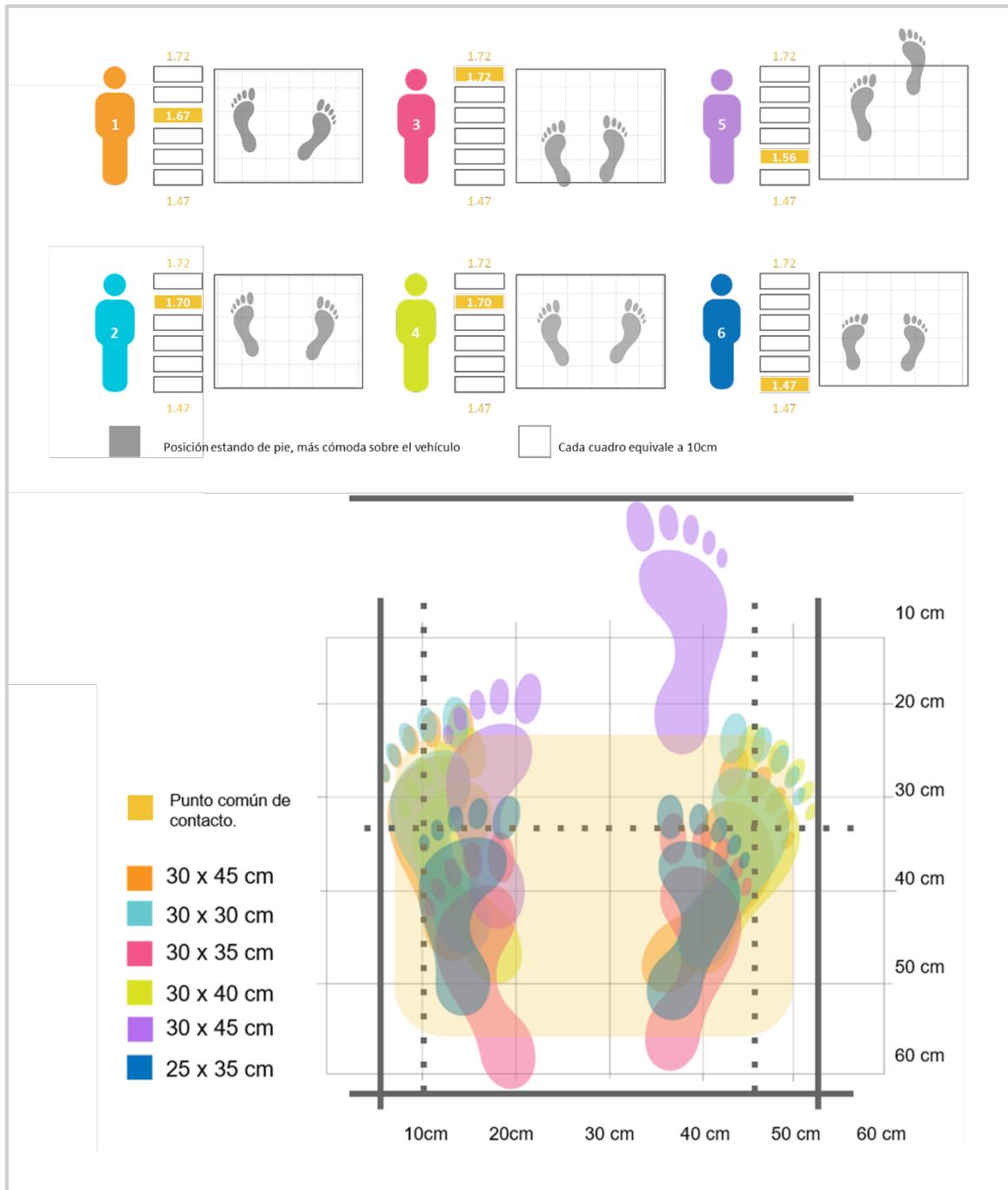


Figura 115. Resultados prueba 2, simulador 1.

Prueba 3.

Observar la cantidad de espacio que necesita una persona para colocar sus pertenencias sobre el vehículo y la forma en que las distribuye. Se le da a la persona una mochila con dos asas, una mochila para laptop y una caja de herramientas voluminosa. Se le pide que las coloque de tal forma que vaya lo más cómodo posible.

Mediciones. Se observan las configuraciones en que las personas distribuyen sus pertenencias. Se observa y traza en el papel bond si hubo cambio en la posición de los pies. Sin planes de manufactura.

Pruebas.



Figura 116. Simulador 1, prueba 3.

Resultados.

Los usuarios decidieron en qué lugar y de qué manera preferirían trasladarse con sus pertenencias al hacer uso del vehículo. Los diagramas de la figura 20 demuestran las 6 formas que eligieron. Podemos concluir que, además de cargar consigo mismos sus mochilas o maletas cuando no pesan mucho, les parece seguro y cómodo llevar el resto de sus pertenencias en la parte frontal, ya sea colgándolas o posicionándolas en algún contenedor al frente de ellos.



Figura 117. Resultados de simulador 1, prueba 3.

Segundo simulador

Objetivo. Construir y probar un prototipo de función crítica para entender el funcionamiento de la suspensión, con el fin de implementarlo en la configuración completa del vehículo. Se busca la configuración de una suspensión que permita girar las llantas traseras cuando el vehículo se dispone a dar vuelta con el fin de evitar arrastre o volcaduras en condiciones de velocidades relativamente altas.

Manufactura.

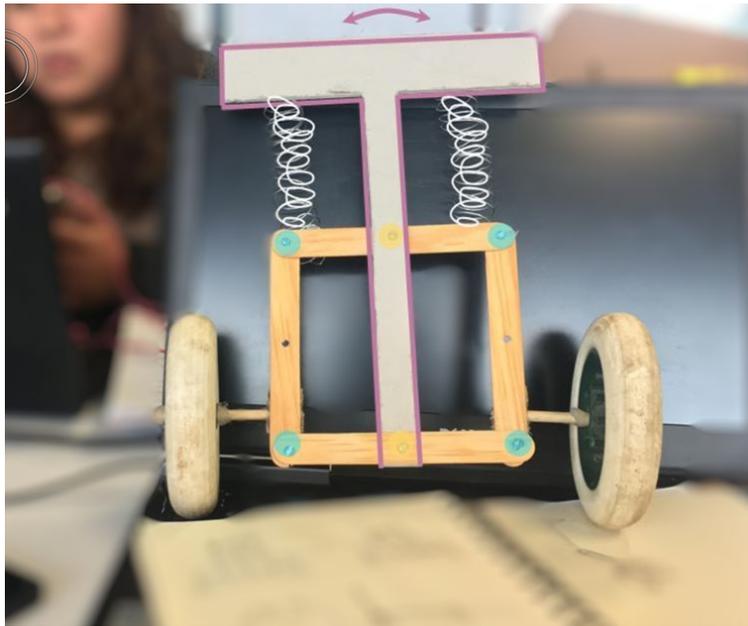


Figura 118. Simulador 2: amortiguador.

Resultados. El modelo seleccionado para observar su funcionalidad (figura 118) consiste en un mecanismo de cuatro barras que al girar un eslabón central (rosa) permite el giro de las llantas con el mismo sentido de giro. Consideramos que la idea planteada en maqueta de éste amortiguador será adecuada en el vehículo a diseñar, ya que permitirá al usuario girar y dirigir el vehículo a su gusto, sin realizar mucho esfuerzo y de la manera más cómoda. Además, es necesario evaluar y decidir la función de la base ubicada en la parte superior de los amortiguadores para inclinarse de un lado a otro, de izquierda a derecha y lograr el giro esperado del vehículo.

Tercer simulador

Objetivo. Construir un modelo a escala de una posible configuración del vehículo con el fin de visualizar su aspecto completo y pensar en posibles ajustes de elementos.

En éste último simulador se busca dimensionar llantas, plataforma y manubrio con el resto del cuerpo a una escala 3:1. También se adapta la suspensión con el fin de identificar la posición de elementos e identificar aquellos faltantes. Además, se incluye una dirección de manubrio sencilla.

Manufactura.

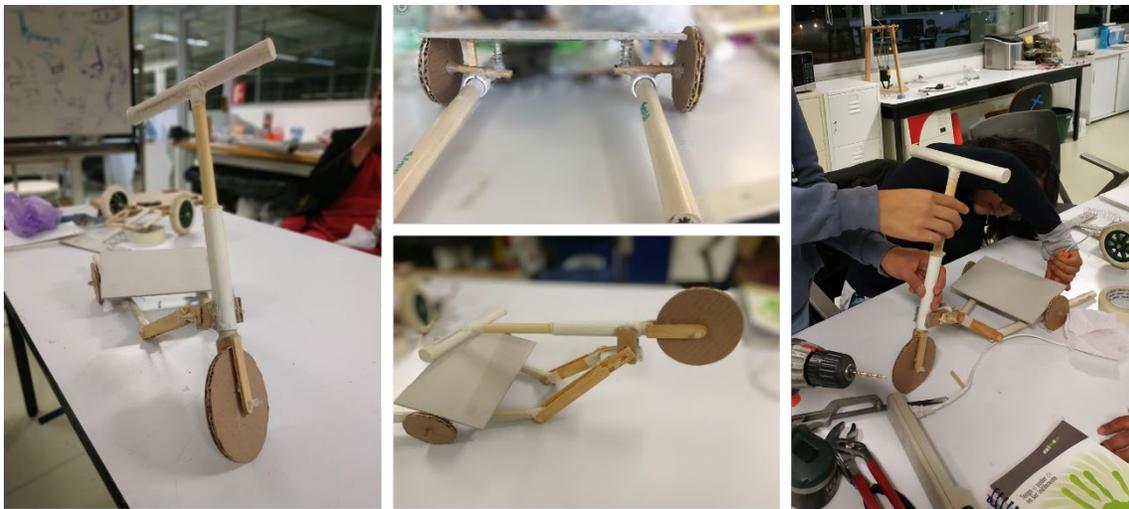


Figura 119. Simulador 3: modelo a escala del vehículo.

Resultados. Se construyó una modelo a escala y en la parte de la plataforma se planteó que puede deslizarse sobre los tubos de PVC, para dimensionar qué tan cerca ésta del manubrio. Además, se evaluaron los elementos críticos para el funcionamiento, como la horquilla de la llanta delantera, del tubo que rodea al manubrio y el ajuste que debe haber para un giro suave; suspensión trasera que permite que las llantas traseras se inclinan de manera homóloga al manubrio; pieza mecánica que conecte el manubrio con el resto de la estructura interna del vehículo; que las llantas sean independientes para su fácil inclinación al dirigir el vehículo; y una base intuitiva y cómoda para los usuarios.

Anexo F. Mapa de actividades del usuario.



Anexo G. Tabla de necesidades interpretadas, jerarquizadas y clasificadas.

LO QUE LES GUSTA

Usuario	Frase del cliente/usuario	Necesidad interpretada	Jerarquía
(C)	Me gusta que caben hasta 120 paquetes	EL VUM cubre la demanda de paquetes	5
(Ch)	Me gusta que pueda tener la ruta a la vista	El VUM permite ver la ruta fácilmente	4
(Ch)	Me gusta que pueda quitar el teléfono fácilmente	El VUM permite desmontar el teléfono fácilmente	2
(Ch) (A)	Me gusta que si me apuro, puedo salir temprano	El VUM permite hacer entregas rápidas	5
(Ch) (A)	Me gusta tener alguien con quien platicar	El VUM permite tener interacción	3
(Ch) (A)	Me gusta que no haya tráfico	El VUM permite circular fácilmente en zonas con tráfico	5
(Ch) (A)	Me gusta escuchar música	El VUM procura hacer el viaje mas ameno	3

USOS TÍPICOS DE CAMIONETA

Usuario	Frase del cliente/usuario	Necesidad interpretada	Jerarquía
(Ch) (A) (C)	Meter y transportar paquetes de diferentes tamaños, pesos.	El VUM tiene la capacidad de almacenar paquetes de diferentes volúmenes, masas.	5
(A)	Entrego paquetes de diferentes tamaños, pesos.	El VUM permite entregar paquetes de diferentes volúmenes, masas.	5
(Ch)	Acomodo los paquetes por tamaño	El VUM tiene el espacio para ordenar los paquetes.	4
(C)	Gastar mucho en combustible	La relación costo beneficio del VUM es alta.	5
(Ch) (A)	Busco los paquetes por tamaño y número de orden	El VUM permite la identificación de los paquetes.	3
(Ch)	Manejo de manera continua durante 9 horas	El VUM cubre una jornada de trabajo.	4
(Ch) (A)	No suelo utilizar el cinturón de seguridad	El VUM cuenta con sistema de seguridad.	5
(Ch) (A)	Hago entregas en una ruta de 50Km diario.	El VUM cubre una ruta diaria.	4
(Ch)	Reacomodo los paquetes en cada entrega para evitar que se muevan	El VUM permite la estabilidad de los paquetes.	4
(Ch) (A)	Dejo la camioneta prendida mientras hago la entrega	El VUM enciende fácilmente.	3

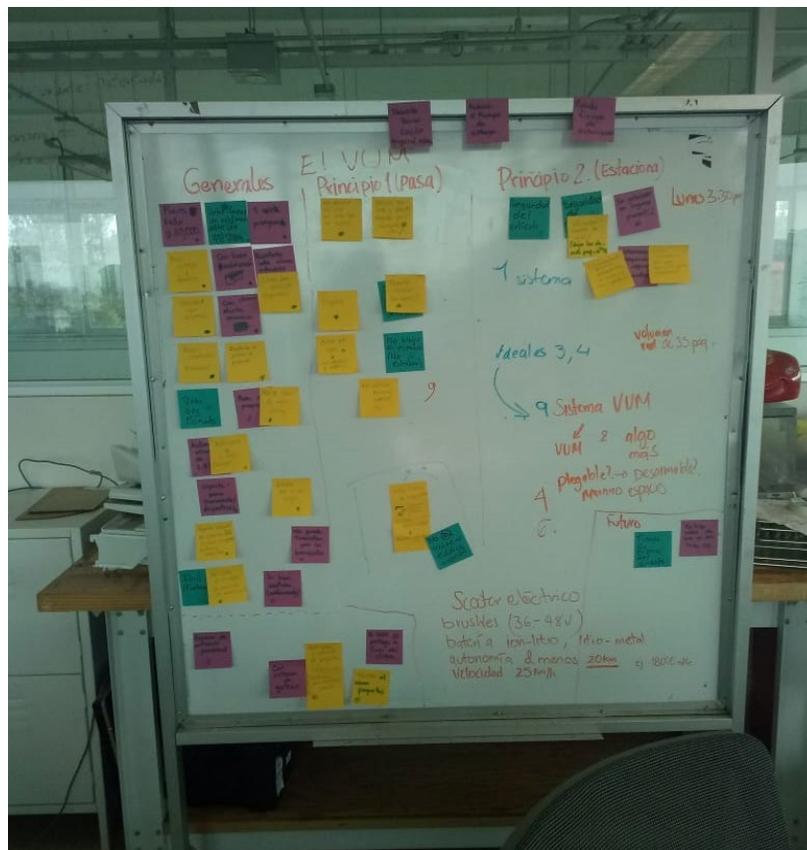
SUGERENCIAS

Usuario	Frase del cliente/usuario	Necesidad interpretada	Jerarquía
(Ch) (A)	Ojalá tuviera un lugar para poner mi lunch y refresco	El VUM tiene espacio para colocar alimentos y bebidas sin derramarlas.	3
(Ch)	Ojalá nos dieran una camioneta 4x4	El VUM opera en diferentes condiciones de terreno	5
(A)	Ojalá nos prestaran un diablito para destinos con varias entregas	El VUM facilita una gran aproximación a los puntos de entrega	5

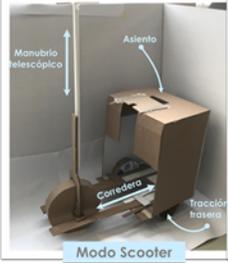
LO QUE NO LES GUSTA

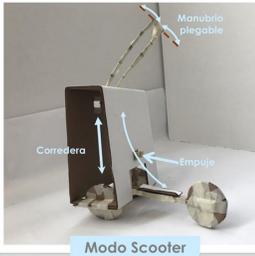
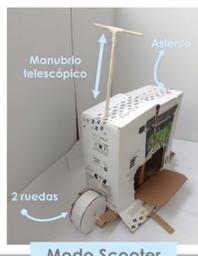
Usuario	Frase del cliente/usuario	Necesidad interpretada	Jerarquía
Ch	En las pendientes tengo que agarrar vuelo y no frenar para que la camioneta no se regrese.	El VUM opera en diferentes condiciones de terreno.	5
Ch A	No tengo donde guardar mis pertenencias personales, alimentos y bebidas.	El VUM tiene espacio para colocar pertenencias, bebidas y alimentos.	3
Ch	Es complicado encontrar donde estacionar la camioneta.	El VUM se estaciona en espacios reducidos.	5
Ch A	Abrir y cerrar varias veces las puertas de la cabina del operador.	El VUM facilita el ascenso y descenso.	4
Ch A	Subir y bajar cada rato de la camioneta.	El VUM facilita el ascenso y descenso.	4
Ch A	Cerrar la puerta para no llamar la atención cada que busco un paquete.	El VUM permite la discreción del contenido.	5
A	No me gusta cuando tengo que llevar varios paquetes ir y regresar a la camioneta.	El VUM permite entregar varios paquetes a la vez.	4
A	No me gusta que no haya timbre.	El VUM puede notificar al cliente de su arribo.	3
Ch A	Cuando llueve o el sol me quema la piel.	El VUM ofrece protección contra el clima.	3
A	Caminar mucho para encontrar el destino.	El VUM facilita la aproximación a los puntos de entrega.	5

Anexo H. Clasificación de requerimientos en corporativos



Anexo I. Evaluación de propuestas.

			
	Propuesta Esther	Propuesta Serch	Propuesta Luis
Descripción			
Cantidad de piezas	Llantas con motor: 2	Llantas con motor: 2	Llantas con motor: 2
	Llantas sin motor: 1	Llantas sin motor: 1	Llantas sin motor: 1
	Batería: 1	Batería: 1	Batería: 1
	Piezas del manubrio: 2	Piezas del manubrio: 3	Piezas de manubrio: 4
	Contenedor: 1	Contenedor: 1	Contenedor: 1
	Sensores: 1 (ángulo)	Sensores: 1 (joystick)	Sensores: 1 volante
	Plegado: 10 (2 rieles, 2 rodillos, 2 seguros, 2 separadores, 2 telescópico)	Plegado: 7 (3 seguros para llantas, manub telescópico, 3 bisagras.)	Plegado: 11 (1 bisagra, seguro para que no se caiga llanta, seguro de fijera, 4 eslabones, seguro ya extendido, 2 brazos telescópicos y manubrio telescópico)
Mecanismo de plegado	Corredera	Actuación de llanta trasera: 2 (o más...)	Actuación de llanta trasera: 2 (o más...)
Tracción	Trasera	Bisagras	Bisagras / Mecanismo de fijera
Configuración (delta, tadpole, scooter)	delta	Delantera	Delantera
Sentado / Parado	Sentado	tadpole	tadpole
Control	Diferencial electrónico leyendo ángulo de manubrio	Parado	Parado
Llantas ocultas	Sí, menos una	Control de giro de llantas delanteras y llanta trasera actuada	Control de giro de llantas delanteras y llanta trasera actuada
Se carga o se jala	Se jala	Todas	Sí (sólo una llanta)
Piezas de función crítica (carga)	Corredera, asiento (contenedor)	Ambas	Jala
Piezas involucradas en plegado	Corredera, asiento (contenedor)	Visagras (especialmente llantas)	Bisagra y mecanismo de fijera
Piezas involucradas en plegado			
	10 (2 rieles, 2 rodillos, 2 seguros, 2 separadores, manubrio)	7 (3 visagras, 3 seguros, 1 manubrio telescópico)	11 piezas
Pasos para subir	3 (pies abiertos, sentarse, subir pies)	1 (subir pies)	1 (subir pies)
Pasos para bajar	3 (pies abiertos, pararse, bajar pies)	1 (bajar pies)	1 (bajar pies)
Pasos de plegado			
	4 (Quitar seguro, empujar, poner seguro, ajustar manubrio)	8 (Quitar seguro de llanta trasera, plegar llanta trasera, poner seguro, cargar,	7 (meter dos brazos laterales, meter manubrio telescópico, quitar seguro de llanta trasera, plegar visagra, acomodar llanta trasera mec de fijera, poner seguro del mecanismo de fijera)
Centro de masa	Atrás	Adelante	Adelante
Observaciones adicionales	Cuidado con las llantas colineales en el plegado. El espacio dentro del contenedor debe considerar las dimensiones de la plataforma y ángulo de manubrio. Dificultad para plegar por la distancia a un punto de apoyo.	Buena opción seguros automáticos. Dimensiones de la plataforma importante a considerar para el plegado. Cuidado con la concentración de carga en las visagras de las llantas.	Cuidado con el número de piezas del mecanismo. Punto crítico las biságras.

			
	Modo Scooter	Modo Scooter	
Descripción	Propuesta Carlos	Propuesta Isa	Propuesta Gus
Cantidad de piezas	Llantas con motor: 2 Llantas sin motor: 1 Batería: 1 Piezas de manubrio: 6 Contenedor: 1 Sensores: 1 (joystick) Plegado: 16 (2 plataforma, 2 bisagras, 3 seguros plataforma, seguro pos1, 1 riel, 1 separador, 1 rodillo, seguro pos2, manubrio giratorio X2, manubrio telescopico X2) Actuación de llanta trasera: 2 (o más...)	Llantas con motor: 1 Llantas sin motor: 1 Batería: 1 Piezas de manubrio: 2 Contenedor: 1 Sensores: 0 Plegado: 12 (2 rieles, 2 rodillos, 2 seguros, 2 separadores, 2 bisagras, 2 tercer punto de apoyo)	Llantas con motor: 2 Llantas sin motor: 1 Batería: 1 Piezas de manubrio: 2 Contenedor: 1 Sensores: 2 (joystick cada mano) Plegado: 10 (2 bisagra, 4 seguros plataforma, manubrio telescopico X2, 2 plataformas)
Mecanismo de plegado	Corredera	Correderas	Biságras
Tracción	Delantera	Trasera/ Delantera	Trasera/Delantera
Configuración (delta, tadpole, scooter)	tadpole	Scooter	Delta/Tadpole
Sentado/ Parado	Parado	Sentado	Parado/Sentado
Control	Control de giro de llantas delanteras y llanta trasera actuada	Manubrio mecánico	Control diferencial electrónico.
Llantas ocultas	Todas	Todas	Todas
Se carga o se jala	Se jala	Se jala	Se jala
Piezas de función crítica (carga)	Corredera y plataforma	asiento (contenedor), descansa pies, biságras de descansa pies	Topes, plataforma, estructura del contenedor
Piezas involucradas en plegado	Plegado: 16 (2 plataforma, 2 bisagras, 3 seguros plataforma, seguro pos1, 1 riel, 1 separador, 1 rodillo, seguro pos2, manubrio giratorio X2, manubrio telescopico X2)	Plegado: 12 (2 rieles, 2 rodillos, 2 seguros, 2 separadores, 2 bisagras, 2 tercer punto de apoyo)	Plegado: (1 bisagra, 2 seguros plataforma, manubrio telescopico X2)
Pasos para subir	1 (subir pies)	3 (apoyo de pie, montarse)	1 (subir pies)/ 2(subir pies, sentarse)
Pasos para bajar	1 (bajar pies)	3 (bajar pie, desmontarse, bajar pies)	1 (bajar pies)/ 2(pararse, bajar pies)
Pasos de plegado	12 (quitar seguro plataforma X2, subir plataforma X2, poner seguro, desatorar llanta, empujar por riel, atorar, (girar y bajar)x2)	6 (subir descansa piesx2, bajar cubierta x2, meter manubrio, girar maleta)	5 (quitar seguro plataforma, inclinar y cargar el contenedor, empujar plataforma, poner seguro)
Centro de masa	Adelante	Centro	Adelante/ Atrás
Observaciones adicionales	Dimensiones de la plataforma y mecanismo que va por el riel para que pueda girar y estar lo suficientemente alto. La altura del contenedor es proporcional a la longitud de la plataforma. Tener cuidado con el espacio ocupado por la plataforma y los manubrios para no interferirse entre si	Cuidado con el esfuerzo humano al montarse. Dos llantas y un motor, más eficiente	Giro de manubrio. Distancia necesaria por debajo del vehículo al menos la longitud de la plataforma. Cuidado con el giro.

PROTOTIPO Isa	PROTOTIPO Carlos	PROTOTIPO Gustavo
		
Calificación	Calificación	Calificación
Llantas con motor: 1	Llantas con motor: 2	Llantas con motor: 2
Llantas sin motor: 1	Llantas sin motor: 1	Llantas sin motor: 1
Batería: 1	Batería: 1	Batería: 1
Piezas de manubrio: 2	Piezas de manubrio: 6	Piezas de manubrio: 2
Piezas de empuñamiento: 2	Piezas de manubrio: 6	Piezas de manubrio: 2
Contenedor: 1	Contenedor: 1	Contenedor: 1
Sensores: 0	Sensores: 1 (joystick)	Sensores: 1 (joystick)**
Plegado: 27 (2 rieles, 4 rodillos, 6 seguros, 4 separadores, 2 descansa pies, 2 bisagras, 2 tercer punto de apoyo, 2 manubrios, 2 jala mochila, 1 mecanismo)	Plegado: 16 (2 plataforma, 2 bisagras, 3 seguros plataforma, seguro pos1, 1 riel, 1 separador, 1 rodillo, seguro pos2, manubrio giratorio X2, manubrio telescopico X2)	Plegado: 5 (1 bisagra, 2 seguros plataforma, manubrio telescopico X2)
	Actuación de llanta trasera: 2 (o más...)	
Correderas	Corredera	Biságras
Trasera/ Delantera	Delantera	Trasera/Delantera
Scooter	tadpole	Delta/Tadpole
Sentado	Parado	Parado/Sentado
Sencillo	Control de giro de llantas delanteras y llanta trasera actuada	Control diferencial electrónico.
Sí	Sí	Sí
Se jala	Se jala	Se jala
asiento (contenedor), descansa pies, biságras de descansa pies	Corredera y plataforma	Topes, plataforma, estructura del contenedor
Plegado: 27 (2 rieles, 4 rodillos, 6 seguros, 4 separadores, 2 descansa pies, 2 bisagras, 2 tercer punto de apoyo, 2 manubrios, 2 jala mochila, 1 mecanismo)	Plegado: 16 (2 plataforma, 2 bisagras, 3 seguros plataforma, seguro pos1, 1 riel, 1 separador, 1 rodillo, seguro pos2, manubrio giratorio X2, manubrio telescopico X2)	Plegado: (1 bisagra, 2 seguros plataforma, manubrio telescopico X2)
6 (apoyo de pie, montarse, sentarse, subir un pie, acelerar, subir el otro pie)	1 (subir pies)	1 (subir pies)/ 2(subir pies, sentarse)
3 (bajar pie, desmontarse, bajar pies)	1 (bajar pies)	1 (bajar pies)/ 2(pararse, bajar pies)
12 (subir descansa piesx2, poner seguros descansa pies x2, bajar cubierta x2, poner seguros x2, meter manubrio, girar maleta, sacar jalador, contraer tercer punto de apoyo)	12 (quitar seguro plataforma X2, subir plataforma X2, poner seguro, desatorar llanta, empujar por riel, atorar, (girar y bajar)x2)	4 (quitar seguro plataforma, inclinar o cargar el contenedor, empujar plataforma, poner seguro)
Centro	Adelante	Adelante/ Atrás
Cuidado con el esfuerzo humano al montarse. Dos llantas y un motor, más eficiente	Dimensiones de la plataforma y mecanismo que va por el riel para que pueda girar y estar lo suficientemente alto. La altura del contenedor es proporcional a la longitud de la plataforma. Tener cuidado con el espacio ocupado por la plataforma y los manubrios para no interferirse entre si	Giro de manubrio. Distancia necesaria por debajo del vehículo al menos la longitud de la plataforma. Cuidado con el giro.

Anexo J. Estudio comparativo vehículos de movilidad personal

Personal Mover Concept, es la propuesta corporativa de BMW Grupo para la movilidad personal de sus empleados en planta y centros logísticos. Tiene dimensiones de 60cm de ancho por 80cm de largo; cuenta con 5 llantas: una en cada esquina, de las cuales dos frontales son omnidireccionales, y una motriz; freno regenerativo; peso de 20kg; círculo de giro de 1.2m; autonomía de 20 a 30 km; y velocidad máxima de 25 km/h [83].



Figura 120. BMW Personal Mover Concept.

Streeter, vehículo de movilidad personal eléctrico de tres ruedas en configuración delta (dos traseras de 8 pulgadas de diámetro y una delantera de 20 pulgadas de diámetro), con control de giro mediante pies, tracción eléctrica delantera, motor eléctrico de 400W a 48V, batería de 48V a 9Ah, mide 105cm de largo por 65cm de ancho, pesa 38.8kg, ofrece 30 km de autonomía y velocidad máxima de 28 km/h [84].



Figura 121. Streeter.

Halfbike (Fig.15a), es un vehículo de movilidad personal con configuración delta, tracción frontal mediante pedaleo y transmisión por cadena, es plegable, de tres ruedas (llanta frontal de 18 pulgadas y dos llantas traseras de 8 pulgadas), pesa 9 kg, mide 100cm de largo por 29 de ancho y soporta un peso máximo de 95kg [85].

Mercane Wheels (Fig. 15b), es un vehículo de movilidad personal urbana de tres ruedas en configuración renacuajo (dos ruedas delanteras y una trasera), plegable, con suspensión y dirección delantera, cuenta con un motor de corriente directa sin escobillas de 500W, alcanza una velocidad máxima de 25km/h y soporta un peso máximo de 100kg [86].

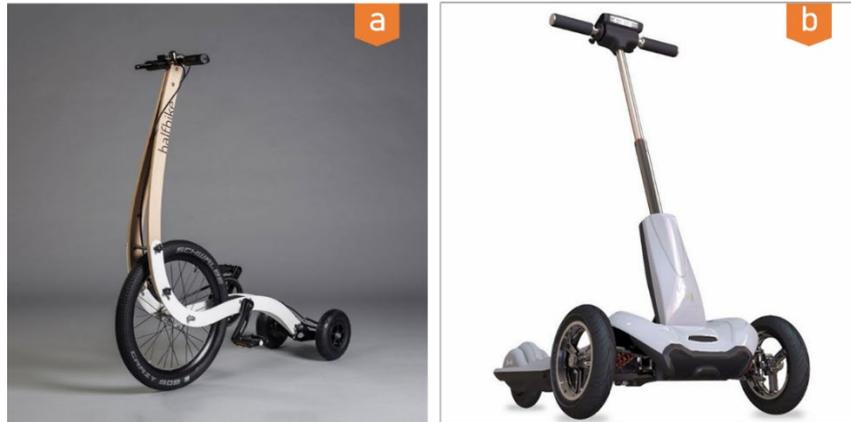


Figura 122. a) Halfbike, b) Mercane Wheels.

Hitcar Lift DDM (Fig. 16a), scooter eléctrico para el traslado monoplaza, aplicado especialmente en trabajos en almacenes, centros de distribución, aeropuertos, hospitales, estacionamientos y mercados. Tiene una capacidad de carga hasta 50 kg (extra al peso de la persona), capacidad de arrastre hasta 500 kg y autonomía de hasta 70km [87].

DC-Tri (Fig. 16b), es un vehículo de movilidad personal eléctrico de tres ruedas en configuración delta, cuenta con suspensión y radio de giro cero, tracción delantera mediante un motor sin escobillas, ofrece una velocidad de hasta 25km/h, freno de disco de alta calidad, utiliza una batería de Litio-Ion de 36V a 13Ah, lo que ofrece una autonomía de 50km [88].



Figura 123. a) Hitcar Lift DDM, b) DC-TRI.

Egret ten (Fig. 17a), es un scooter eléctrico de dos llantas neumáticas de 10 pulgadas, motor de 500W, batería de Litio-Ion 48 V a 11.6Ah lo que ofrece una autonomía de 40km, utiliza freno de disco delantero y trasero, tiene una velocidad máxima de 20km/h, pesa 17 kg y soporta un peso máximo de 100kg [89].

Mi Electric Scooter (Fig. 17b), es el scooter de Xiaomi de dos llantas neumáticas de 8.5 pulgadas, cuenta con un motor sin escobillas DC de 250W y batería de Litio de 7.8Ah que ofrecen una autonomía de 30km. Dispone de eABS antibloqueo regenerativo y disco de freno frontal y trasero [90].

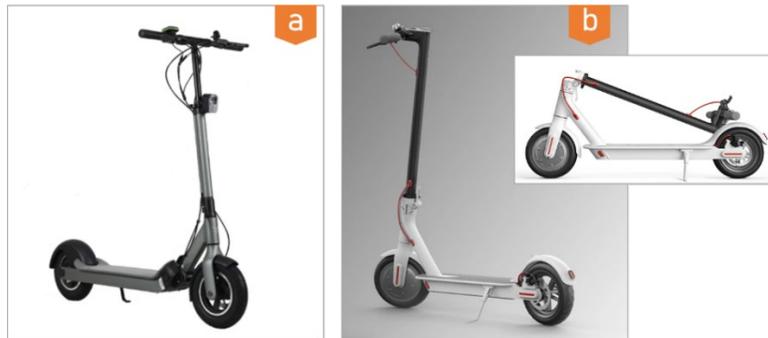
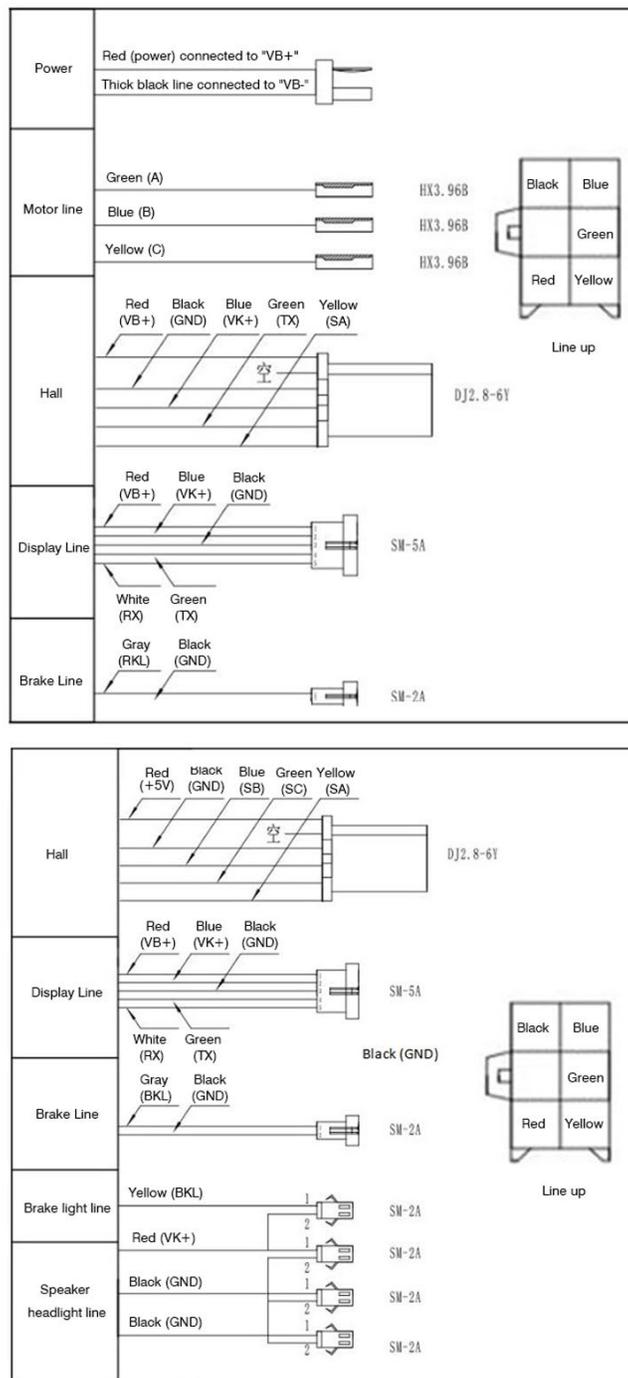


Figura 124. a) EGRET TEN, b) Xiaomi.

Anexo K. Diagrama de conexión motor-batería-controlador proporcionado por el fabricante



Anexo L. Artículo presentado en el XXVI Congreso Internacional Anual de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica, SOMIM nombrado “Diseño de un vehículo eléctrico de última milla para la entrega de paquetería”

Tema A1 Diseño Mecánico: Diseño de productos, Diseño centrado en el usuario

“Diseño de un vehículo eléctrico de última milla para la entrega de paquetería”

Sergio Hernández Sánchez¹, María Esther López Torres¹, Isandra D. Martínez Cortés¹, Vicente Borja^{*1}, Arturo Treviño Arizmendi², Alejandro C. Ramírez-Reivich¹

Universidad Nacional Autónoma de México

¹Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica, Facultad de Ingeniería

² Centro de Investigaciones en Diseño Industrial, Facultad de Arquitectura

Circuito Exterior, Conjunto Sur, Facultad de Ingeniería, Edificio X, Centro de Ingeniería Avanzada

Ciudad Universitaria Cd. de México, México, C.P. 04510.

*Autor contacto: vicenteb@unam.mx

RESUMEN

El comercio electrónico ha tenido un crecimiento importante a nivel mundial en los últimos años. Éste revela la manera en que se realiza el comercio actualmente y muestra una tendencia de cómo será en el futuro, lo que representa grandes retos para la industria de la paquetería y logística. En este artículo se presenta el desarrollo de un vehículo alternativo eléctrico de última milla para transportación personal utilizando Diseño Centrado en el Usuario, orientado a resolver dichos desafíos y otros que son de interés, como el impacto ambiental cuando se utilizan vehículos que usan combustibles fósiles y su ineficiencia al moverse en caminos estrechos o de gran tránsito. El artículo reporta las actividades principales realizadas durante el desarrollo que van desde la definición del problema o reto, y la identificación de necesidades de usuarios hasta la fabricación y prueba de un prototipo funcional.

Palabras Clave: Vehículo de última milla, Vehículo eléctrico, Diseño Centrado en el Usuario, Entrega de paquetes.

ABSTRACT

The e-commerce has had an important growth worldwide in recent years. It reveals the way that trade is currently done and shows a trend of how it will be in the future, which represents great challenges for the parcel industry and logistics. This paper presents the development of an alternative last-mile electric vehicle for personal transportation applying User-Centered Design, aimed at solving these challenges and others such as the environmental impact of using vehicles that use fossil fuels and the inefficiency of getting around on narrow roads and traffic jams. This paper reports on the main activities carried out during the project that comprehend from problem definition and user needs identification to manufacturing and testing of a working prototype.

Keywords: Last mile vehicle, Electric vehicle, User-centered design, Package delivery.

1. Introducción

En el año 2020, más del 50% de la población mundial vive en áreas urbanas y de estas áreas 35 son clasificadas como megaciudades por contar con una población de más de 10 millones de habitantes. Entre ellas, la Ciudad de México (CDMX) y su zona conurbana es clasificada como la 9na ciudad más poblada del mundo con 20,996,000 millones de habitantes [1]. Según [2], el transporte es visto como el reto más importante de infraestructura en las megaciudades. La movilidad en las ciudades colapsa por el uso desmedido del automóvil [3] y la solución a este problema debe considerar la seguridad vial, la gestión del tráfico y la protección al medio ambiente. Una tendencia común en las megaciudades es el crecimiento del parque vehicular. Tan sólo en la

CDMX, de 1990 a 2014 creció 350%, de 2.18 a 7.49 millones de unidades [4].

Los problemas de movilidad requieren de diversas soluciones, siendo una de ellas, el uso de diversos tipos de vehículos. Los vehículos eléctricos personales de última milla, privados o empleados en la prestación de servicio, están siendo explorados.

En las megaciudades, la movilidad no sólo es una actividad cotidiana de sus habitantes, también es fundamental para que las empresas produzcan y entreguen sus productos y servicios. Un caso específico es el comercio electrónico (*e-commerce*), que está provocando el acelerado crecimiento de los servicios de paquetería, debido a que son solicitados por un creciente número de empresas para hacer llegar sus productos a sus clientes en forma efectiva, rápida y segura. Sin embargo, el creciente volumen de paquetes, la exigencia de satisfacer las expectativas de los clientes, así

como las condiciones de la infraestructura vial, entre otras particularidades; plantean nuevos retos y oportunidades para este servicio.

Este artículo presenta el desarrollo de un Vehículo de Última Milla (VUM) eléctrico, como una propuesta de movilidad para las empresas de paquetería de la CDMX. Para el desarrollo del VUM se usó un enfoque sustentable y un proceso de Diseño Centrado en el Usuario.

El presente escrito, comienza reportando una investigación sobre movilidad, planteando la problemática de la última milla en el transporte de paquetería a domicilio y los productos y servicios disponibles en el mercado para ello. Posteriormente se expone el proceso de diseño empleado el cual incluyó un análisis de usuarios para establecer sus necesidades; el diseño de una experiencia; el diseño del VUM; y el diseño, fabricación y prueba de dos prototipos. Finalmente, se presentan las conclusiones del proyecto reportado.

2. Antecedentes

2.1. Investigaciones previas

Los autores han explorado el nicho de los vehículos alternativos para uso personal desde hace algunos años, abarcando desde sistemas complejos que han incluido el principio del péndulo invertido en vehículos de dos ruedas en paralelo [5-7], hasta alternativas de cuatriciclos ecológicos [8]. Recientemente, considerando tendencias de movilidad combinando vehículos personales eléctricos de última milla y transporte público, se han conceptualizado vehículos eléctricos de tres ruedas plegables [9, 10].

La Última Milla es un concepto empleado para describir el último tramo del trayecto, los últimos metros o kilómetros que restan recorrer para llegar al destino final, después de que un usuario usó el transporte público o su auto.

Para desarrollar un VUM que satisfaga una necesidad concreta, los autores han revisado distintos escenarios de uso y nichos de mercado. Uno de los nichos más explorados actualmente es el de la movilidad personal, ofrecida como producto o servicio. Algunos de los vehículos que están teniendo gran impacto en este nicho son los que se muestran en la Figura 1.



Figura 1 – Algunos vehículos última milla. a) MeMover [11], b) Halfbike [12], c) Streeter [13], d) Xiaomi [14].

Cuando un VUM es usado para terminar un trayecto en el que se emplea un transporte público o un auto, y es el único medio para ir del inicio al fin de un recorrido, compete directamente con bicicletas y motocicletas; aunque presenta

características que lo diferencian, como la no generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y el no requerir de esfuerzo físico para trasportarse a sí mismo y alguna carga.

Otro nicho de mercado estudiado por los autores fue el de servicios. De éste derivan varios como el transporte en naves industriales y fábricas, la vigilancia en inmuebles como aeropuertos y centros comerciales; y la entrega de paquetería.

2.2. Última milla y los retos que enfrenta en paquetería

México ocupa el segundo lugar en ventas de *e-commerce* en América Latina y se prevé que para este 2020 tome el primer lugar, sobre Brasil según cifras de *Statista*, proveedor líder de datos de mercado y de consumo. Se reporta también que de 2017 a 2018 México tuvo un crecimiento porcentual de 19.1% y de 2018 a 2019 de 17.9% [15].

En la última década, el *e-commerce* ha evolucionado de muchas formas, así como sus consumidores quienes han marcado el ritmo de la transformación. El desarrollo acelerado de este sector establece grandes retos a las empresas de logística y entrega de paquetería, ya que éste seguirá aumentando siempre y cuando otros sectores crezcan a la par y la capacidad de entrega le siga el paso. Por lo que tiene tres retos principales para los años venideros: servicio rápido y flexible, procesos de compra más sencillos y logística sostenible [16]. Para afrontar el primer reto, las entregas de última milla están siendo cruciales.

En logística, el concepto de última milla refiere al último tramo que recorre el repartidor, desde un centro de distribución hasta el lugar de entrega. La forma en que se realiza esta última parte de la entrega es generalmente con el uso de camionetas y afronta diversos retos. Entre ellos, el tráfico de ciudades, la complicación de maniobrabilidad en espacios reducidos, los robos, la falta de estacionamientos y el consumo de combustibles fósiles. Por otro lado, dada la problemática ambiental de las megaciudades, la contribución de este creciente número de camionetas a las emisiones de GEI, es también un factor por considerar.



Figura 2 – Vehículos implementados: a) cuatriciclo [17], b) vehículo terrestre autónomo [18], c) cuadricóptero [19].

Dada esta problemática, en los recientes años han surgido alternativas de entrega para el último tramo como las que se muestran en la Figura 2, algunas de las cuales siguen siendo conceptuales, pero otras se convierten en opciones viables.

2.3. Proceso de diseño

El proceso empleado por los autores para desarrollar un VUM para la entrega de paquetes en la CDMX, ha sido empleado en otros proyectos (por ejemplo, [20,21]). Tiene un enfoque centrado en el usuario y considera impactos al medio ambiente y una viabilidad económica. El proceso consta de cuatro ciclos (usuario, experiencia, producto y prototipo), en cada uno de los cuales se realizan cinco funciones: definir, conocer, generar, probar y aprender.

El ciclo1, usuario, inicia al *definir* el reto, se *conoce* al usuario, tomando en cuenta los temas relacionados con el impacto social, tecnológico, cultural, económico, ambiental y normativo. Se *generan* dudas sobre el usuario y sobre el uso de tecnologías que son despejadas con *pruebas*. Al final de cada ciclo se sintetiza lo *aprendido*.

En el ciclo 2, experiencia, se *redefine* el reto con base en lo aprendido en el ciclo anterior, y se establecen requerimientos, se *conoce* el estado de la técnica y los productos análogos presentes en el mercado. Se *generan* y *prueban* opciones de experiencia para el usuario.

En el ciclo 3, producto, se *redefine* el reto y se actualizan los requerimientos considerando la experiencia a desarrollar y se continúa *conociendo* el estado de la técnica. Se *generan* conceptos de productos o servicios que hagan viable la experiencia del ciclo anterior, y se prueban con usuarios mediante prototipos simplificados y simuladores para seleccionar uno.

En el ciclo 4, prototipo, se *definen* las especificaciones de diseño del producto o servicio; se *conocen* nuevas tecnologías; se *genera* la arquitectura del producto y su diseño a detalle; se manufactura el prototipo del producto y se realizan *pruebas* con usuarios.

El proceso está organizado en ciclos iterativos, que se repiten hasta lograr una solución, no siempre siguiendo un orden entre las funciones. Las *pruebas* se realizan con usuarios usando maquetas, prototipos y simuladores. En el proyecto que se reporta en este artículo, el ciclo 4 tuvo dos iteraciones. En las siguientes secciones se reportan las actividades principales del proceso de desarrollo del VUM.

3. Ciclo 1: Usuario

Al inicio del proyecto se planteó el reto: Diseñar un vehículo alternativo que permita optimizar la entrega de paquetería en la última milla, con el objetivo de garantizar la calidad del servicio a los compradores.

3.1. Mapa de ruta del usuario chofer/ayudante (UJM)

Dada la importancia de conocer al usuario, se colaboró con una empresa de paquetería que permitió a 4 miembros del equipo de diseño observar su proceso de manejo y entrega de paquetes. En total, se hicieron 12 horas de observación y entrevistas a 10 personas que laboran en la empresa y están en contacto directo con la logística. Con esa información se realizó un Mapa de Ruta del Usuario (UJM, por sus siglas en inglés), el cual es “una tabla donde se muestran las secuencias de eventos y actividades, por los que transcurre un usuario, con un producto” (Figura 3) [22].

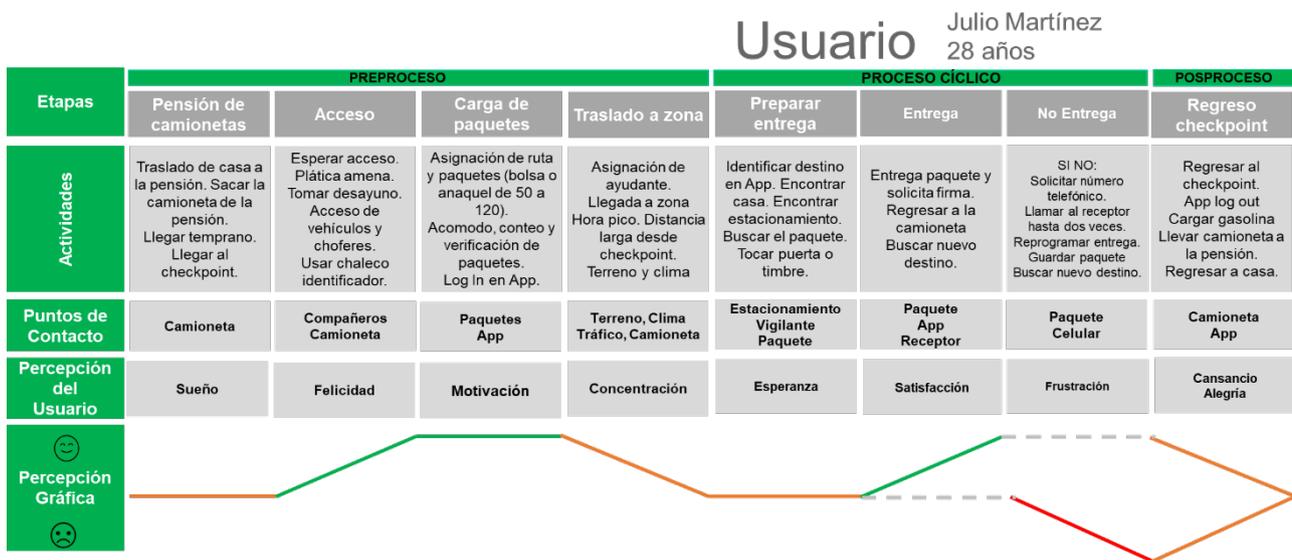


Figura 3 – UJM de chofer/ayudante.

Los integrantes del equipo que realizaron observaciones y entrevistas a los trabajadores, conocieron el contexto en el que laboran a lo largo de todo el proceso de carga, desde que los conductores entran a la bodega a recoger los paquetes hasta la logística antes de salir; y el proceso con protocolos de la entrega de paquetes. Durante tres horas, cada miembro del equipo acompañó a dos trabajadores, un chofer y su ayudante, a bordo de camionetas a realizar las entregas en una sección de la ruta de reparto, tiempo en el que también se les entrevistó.

El uso de UJM permitió una sencilla visualización del tiempo y secuencia de las actividades desempeñadas por cada trabajador y del proceso de entrega en general, en el que se identificaron tres etapas: *preproceso*, *proceso* y *posproceso*. En la etapa *preproceso* se realiza la preparación de la entrega, abarca desde que el chofer recoge la camioneta en la pensión, hasta la salida del almacén rumbo a la ruta de reparto. La etapa *proceso* es comprende la realización de las entregas de los paquetes a los clientes, abarca desde la incorporación a la ruta hasta que se hace la entrega incluyendo los protocolos ante inconvenientes. La etapa *posproceso* se refiere al regreso al almacén y a la entrega de la camioneta en la pensión.

Existen diversas plantillas para generar un UJM. En el proyecto que se reporta, se ocupó el modelo Temkin [23] ya que se identificó la percepción del usuario, se clasificó como placentera, neutra o desagradable y se graficó a lo largo de las actividades de cada una de las etapas.

Asimismo, los UJM realizados mostraron la percepción de los trabajadores observados y evidenciaron áreas de oportunidad en su contexto. Entre estas oportunidades se identificaron varias referentes a la entrega de paquetes, pero también otras que están fuera del alcance planteado para el proyecto, como problemas de logística, de la aplicación móvil usada para las entregas o de los hábitos de los trabajadores.

3.2. Necesidades

Empleando la técnica propuesta por Ulrich y Eppinger [24], se recopiló la información de las observaciones realizadas a trabajadores. Posteriormente, se hizo un filtrado, para obtener frases que se transformaron en necesidades o requerimientos representativos de la problemática, para finalmente jerarquizarlos y clasificarlos en tres grupos: relacionadas con paquetes, con el vehículo y con la comodidad. En la Tabla 1 se encuentran algunas de las necesidades de mayor jerarquía.

3.3. Factores críticos y hallazgos

A partir de las observaciones y entrevistas, se identificaron factores críticos y hallazgos relacionados

con los usuarios. Éstos se resumen a continuación y consideran sobre todo entregas de paquetes en *minivans*.

A) Características del usuario

- Chofers y ayudantes tienen una estatura de entre 1.70 m y 1.60 m, complexión robusta y delgada, edad entre 20 y 40 años y todos son de sexo masculino.

Tabla 1– Necesidades referidas al VUM con jerarquización más alta (Jerarquización con valores 3, 4 y 5; donde 5 es la mayor).

Categoría	Necesidad interpretada	Jerarquización
Paquetes	El VUM tiene la capacidad de almacenar, transportar y permite entregar paquetes de diferentes volúmenes y masas.	5
	El VUM tiene el espacio para ordenar los paquetes.	4
	El VUM permite la estabilidad de los paquetes.	4
	EL VUM cubre la demanda de paquetes	5
	El VUM permite la discreción del contenido	5
	El VUM facilita una gran aproximación a los puntos de entrega	5
Vehículo	El VUM cubre una ruta diaria.	4
	El VUM cuenta con sistema de seguridad.	5
	La relación costo beneficio del VUM es alta.	5
	El VUM permite hacer entregas rápidas	5
	El VUM permite circular fácilmente en zonas con tráfico	5
	El VUM opera en diferentes condiciones de terreno	5
	El VUM se estaciona en espacios reducidos	5
El VUM facilita el ascenso y descenso	4	
Comodidad	El VUM permite ver la ruta fácilmente	4
	El VUM tiene espacio para guardar pertenencias personales de manera segura	3
	EL VUM ofrece protección contra el clima	3
	El VUM puede notificar al cliente de su arribo	3

B) Entrega de paquetes

- Paquetes de diversos volúmenes: los sobres y paquetes pequeños se reparten en motocicletas, mientras que para los paquetes medianos y grandes se emplean dos personas, un chofer y un ayudante, que reparten en camionetas del tipo *van* y *minivan*.
- Entregas en la Ciudad de México y su área metropolitana, Puebla y Guadalajara.

- Destinos de entrega: casas particulares en zonas populares, unidades habitacionales y corporativos.
- Entrega de paquetes en rutas lógicas preestablecidas en un radio de 50 km con la ayuda de una aplicación móvil.
- Entrega promedio de 50 a 70 paquetes en jornada normal.
- Se tiene un protocolo de entrega.

C) Dificultades en el trabajo

- Encontrar estacionamiento, muchas veces deben alejarse unos metros para estacionarse y otras ocasiones tienen que estacionarse en doble fila, lo que genera confrontaciones con otros conductores y estragos en las vialidades.
- Difícil acceso a algunas zonas; nombres de calles mal escritos o que han cambiado recientemente.
- Dificultad para identificación de paquetes, las camionetas son rentadas y no tienen ningún compartimento atrás para acomodar los paquetes. Se desordenan en el trayecto entre destinos, lo que incrementa el tiempo para encontrar alguno en específico.
- Avería del vehículo durante la jornada.
- Horario de trabajo no específico, pues éste termina cuando acaban las entregas o al menos el 98% de ellas. Aunque la jornada laboral contratada es de 8 horas (de 7 a.m. a 4 p.m.), la motivación del usuario es hacer las entregas rápido, para que, al finalizarlas pueda terminar su jornada.
- Falta de lugar y horario para realizar comidas e ir al baño.
- Gasto de combustible de la camioneta al mantener su motor prendido casi todo el tiempo, lo que repercute en la generación de GEI.
- Comprobar la recarga de combustible con recibos, pues la empresa cubre un monto fijo día a día.
- Ni el chofer ni el acompañante usan cinturón de seguridad, para facilitar su ascenso y descenso continuo.
- El manejo del tiempo en las entregas es preocupante para los operarios.
- Los operarios se encuentran bajo constante estrés, a causa de eventos externos como el tráfico, problemas con otros vehículos o personas, las condiciones climáticas, no encontrar a los clientes en el domicilio, no encontrar el domicilio, etc.

4. Ciclo 2. Experiencia

Retomando lo aprendido en el ciclo anterior acerca del usuario, en el Ciclo 2, el reto se redefinió como: diseñar un Vehículo de Última Milla (VUM) eléctrico que haga más eficiente la entrega de paquetes respecto a cómo se hace actualmente, sobre todo para zonas de difícil acceso,

reduciendo tiempo y costos de envío, a través de la generación de nuevas experiencias de uso.

4.1. Escenarios y Personajes

Para el desarrollo del proyecto se propuso el escenario de las calles de la Ciudad de México, como se sabe, es el núcleo urbano más grande del país y el principal centro político, académico, económico, financiero, empresarial y cultural; por lo que las problemáticas de movilidad características en megaciudades están siempre presentes.

Además de definir el escenario, se utilizó una técnica que consiste en “representar patrones de conducta y necesidades de usuarios reales a través de perfiles, los cuales se denominan personajes” [25]. En la Figura 4 se muestra el personaje que hará uso del VUM.

Personaje: Iván Carmona es chofer repartidor, su principal trabajo es conducir la camioneta a los diferentes puntos de reparto, mide 1.70 m, tiene 36 años y es de complejión delgada. Iván vive en la zona oriente de la CDMX y lleva 6 meses trabajando para la empresa de entrega de paquetes que colabora con el proyecto.



Figura 4 – Personaje de VUM

4.2. Diseño de la experiencia

Tras observar y entender la logística de reparto de paquetes, se propusieron tres modelos de uso que resuelvan parte de la problemática de entrega en la última milla aplicados en diferentes contextos de uso. Esto con el fin de mejorar la experiencia actual.

El primer modelo está enfocado a la entrega en edificios y unidades habitacionales (Figura 5). Consiste en una camioneta de reparto que sale cargada con un VUM y paquetes, con chofer y un ayudante. La camioneta se estaciona, se baja el VUM cargado con paquetes, que será conducido por el ayudante. El VUM llega a los edificios y realiza su recorrido de entregas. Una vez finalizado el recorrido, regresa a la camioneta y el VUM es cargado con paquetes de nuevo. El ciclo se repite en otras zonas hasta que finalmente se han repartido todos los paquetes y la camioneta regrese al centro de distribución.

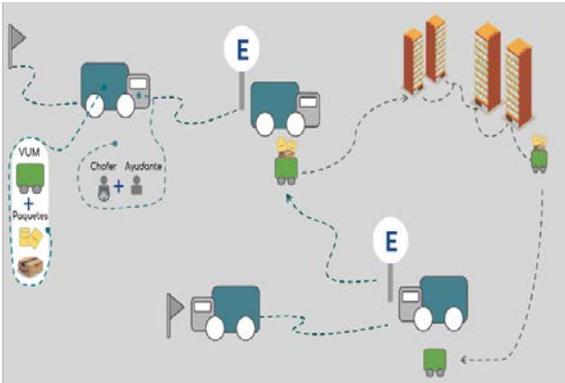


Figura 5 – Primer modelo de uso propuesto

El segundo modelo de uso fue diseñado para una jornada completa (Figura 6) y consiste en un VUM capaz de transportar todos los paquetes a entregar en un día, de tal modo que, sale del centro de distribución para visitar cada domicilio, y regresa finalmente al punto de partida. La mayor ventaja de esta propuesta es que se elimina por completo el uso de una camioneta y una persona que se quede a cuidarla.



Figura 6 – Segundo modelo de experiencia propuesto

El último modelo de uso consiste en varios VUM y camionetas por zonas (Figura 7), es un concepto referido como enjambre. Una camioneta con chofer sale del centro de distribución con paquetes grandes, varios VUM y sólo un chofer, para encontrarse en un punto de reunión cerca de la zona de entregas con un grupo de repartidores. Una vez en el punto de reunión, cada repartidor toma un vehículo para realizar entregas a cada domicilio asignado, mientras tanto la camioneta entrega los paquetes de mayores dimensiones que no pueden ser transportados en un VUM. Cuando termina sus repartos, la camioneta regresa al centro de distribución por más paquetes y baterías cargadas para los vehículos, reabastece a los VUM y sigue su ruta, repitiéndose este ciclo hasta cumplir la demanda o la jornada de trabajo. Finalmente, los repartidores regresan los VUM a un punto de reunión con la camioneta, suben a ella los vehículos de nuevo y el chofer los regresa al centro de distribución, mientras los repartidores van a sus hogares.

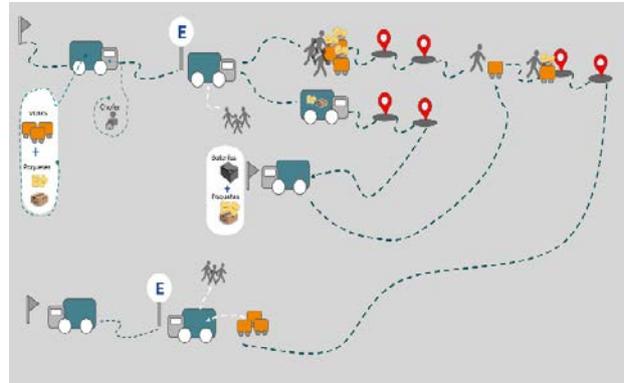


Figura 7 – Tercer modelo de uso propuesto

4.3. Hallazgos y conclusiones del Ciclo 2

Para seleccionar el modelo de uso, se tomaron en cuenta los comentarios de los colaboradores. Se descartó el segundo modelo de uso debido a la semejanza con lo que se hace ahora con una motocicleta. Se consideró que el primer y segundo modelos son viables para ser implementados en un corto plazo, pero se identificó que el tercer modelo es una extensión del primero, y sería viable a mediano o largo plazo. Así que se eligió el modelo de uso tres. La principal ventaja de este modelo es la eficiencia de entrega, ya que son varios los VUM que distribuyen los paquetes y hay sincronización con la camioneta para aprovechar el tiempo.

Además, no se gasta energía de la batería para llegar a la zona de reparto (a diferencia del segundo modelo).

Una vez seleccionada la experiencia, se establecieron algunas propuestas de valor:

- Al ser un vehículo eléctrico, la relación costo-beneficio es mejor, al comparar los costos asociados al uso de energía eléctrica comparados con los de combustibles fósiles.
- Puede circular diariamente, sin generar gastos administrativos como lo es la tenencia, entre otros.
- Sólo se requerirá de una persona para su manejo.
- Acceso a terrenos por donde la camioneta no es capaz de circular.
- El vehículo podrá cubrir la ruta de entrega e igualar la capacidad de carga de una motocicleta (aproximadamente 50 paquetes).
- La empresa podría adquirir sus propios vehículos, sin necesidad de renta a terceros.

Otros aspectos importantes de la experiencia, en los cuales el usuario interactúa diariamente, también considerados en el diseño del VUM son: la facilidad de ascenso y descenso, ya que esta actividad la realizan al menos 50 veces al día y la procuran hacer lo más rápido posible; la forma de visualización del mapa de la ruta sin tener que saltar de aplicaciones o dispositivos; un sistema de seguridad sencillo que no lleve mucho tiempo o esfuerzo implementarlo.

5. Ciclo 3. Producto

Una vez definida la experiencia en el ciclo anterior, y después de una junta con el colaborador, se identificó la siguiente necesidad específica: entrega de paquetería en corporativos. Es así como, para el ciclo 3, el reto se redefinió como: diseñar un Vehículo de Última Milla (VUM) eléctrico que haga más eficiente la entrega de paquetes permitiendo el acceso a corporativos, reduciendo así, tiempo y costos de envío.

5.1. Observaciones

El escenario está ahora delimitado a las alcaldías con mayor concentración de corporativos como lo son la Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc y Benito Juárez. En éstas se encuentra infraestructura para movilidad personal, donde se procedió a realizar entrevistas y observaciones sobre el reparto de paquetería en la zona de Insurgentes y Polanco (Figura 8).

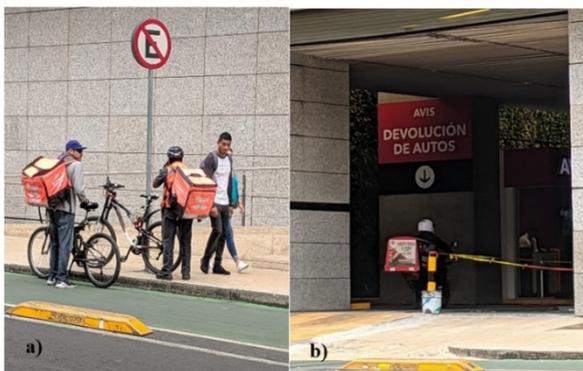


Figura 8 – Observaciones en corporativos (a) estacionamiento, (b) acceso por zona de carga.

Entre los resultados de las observaciones más relevantes, se encontró que existen zonas con ciclo vía y otras sin ella. Hay dos tipos de entrada a corporativos, zona de recepción y zona de carga, donde no permiten el acceso con cascos ni con cualquier objeto que pueda ser usado como arma.

Además, los paquetes voluminosos deben subir por un montacargas, pasan por un punto de revisión y las personas deben registrarse.

Hay dos formas de entregar un paquete al cliente: una es esperando a que el propietario salga y la segunda es entrar al edificio para buscarlo. Si entran, los repartidores suelen asegurar sus bicicletas a postes no cercanos a la entrada ya que esto está prohibido. Además, es obligatorio identificar todos los paquetes y hay detector de metales en algunos edificios. Por último, la apariencia es sumamente importante para que se permita el acceso a elevadores por zona de recepción.

5.2. Requerimientos

A partir de los resultados obtenidos en las observaciones y las necesidades expuestas por el colaborador, se establecieron requerimientos (Tabla 2).

Tabla 2 – Requerimientos del VUM

No.	Requerimiento
1	El VUM tiene un costo máximo estimado de \$30,000.
2	El VUM tiene un volumen de entrega de al menos 35 paquetes.
3	El VUM permite el fácil ascenso y descenso de su usuario.
4	El VUM cuenta con un sistema de señalización visual y sonora para comunicación vial.
5	El VUM permite una velocidad máxima de 25km/h.
6	El VUM se compone de piezas comerciales.
7	El VUM soporta el peso de los paquetes y del usuario.
8	El VUM recorre zonas de edificios corporativos.
9	El VUM cuenta con un soporte para teléfono celular.
10	El VUM permite circular entre zonas con tráfico y ciclo vías.
11	El VUM transita por zonas irregulares (desnivel de banqueta, topes, baches).
12	El VUM es estable, con y sin carga, al circular y estar estacionado.
13	El VUM es de fácil mantenimiento.
14	El VUM permite la fácil reposición de sus componentes dañados.
15	La apariencia del VUM armoniza en un ambiente corporativo.
16	El VUM es eléctrico.
17	El VUM es cómodo para el usuario.

5.3. Funciones del producto

Con base en los requerimientos descritos, se plantearon dos funcionalidades del producto, como se muestra en la Figura 9. La primera define que el vehículo se pliegue, de tal forma que reduzca su volumen y que esté siempre con el usuario; y la segunda define que se pueda desarmar, quitando al menos las piezas esenciales, disminuyendo la posibilidad de robo. Seguido de cualquiera de las dos opciones planteadas, el repartidor cargará o arrastrará el vehículo y los paquetes, permitiéndole desplazarse con facilidad en el interior del corporativo donde sería la entrega.

Dadas las funciones, se realizó de nueva cuenta la búsqueda de soluciones análogas y homólogas, ahora con un enfoque en vehículos de dos o tres ruedas que ofrecieran la posibilidad de modificar su estructura física y para ser cargados o arrastrados conteniendo paquetes.

Terminada la búsqueda, se realizó una lluvia de ideas para generar un concepto de vehículo en el cual se sustentaría la solución. En primer lugar, se generó la propuesta de un “vehículo que a su vez es maleta”, por otra parte, se pensó que sea un “vehículo que se convierte

en maleta”.

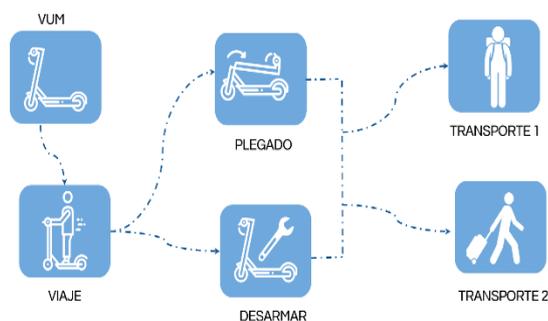


Figura 9 – Funciones propuestas.

5.4. Generación de conceptos

Para apoyar al proceso de generación de conceptos, se fabricaron maquetas de opciones de vehículos con distinto número de llantas, varias ubicaciones de la sección de carga de paquetes y diferentes formas de plegado. Algunas de estas maquetas se muestran en la Figura 10.

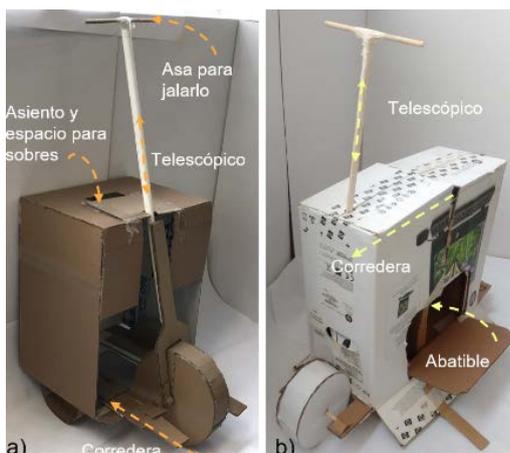


Figura 10 – Maquetas de cartón: a) tres ruedas, carga frontal b) dos ruedas, carga al centro

5.5. Selección del concepto

Para la etapa de selección, se evaluaron las ventajas y desventajas de cada maqueta, concluyendo lo siguiente:

- Dado que el vehículo debe ser compacto, agregar una tercera rueda dificulta dicho objetivo.
- Por otra parte, si se tuvieran dos ruedas paralelas, estilo vehículo de péndulo invertido, las implicaciones de seguridad del usuario serían mayores y riesgosas.
- El tener dos ruedas en el mismo plano, a pesar de no ser estáticamente estable logra estabilidad dinámica cuando está en movimiento.
- Si la carga se tiene cerca del centro de masa del vehículo, éste será estable evitando volcaduras.
- Si el vehículo ingresa al edificio, debe ser discreto y parecer lo menos posible un medio de transporte.
- El vehículo se transformará en maleta con pocos movimientos, para reducir el tiempo de ensamble de piezas cada vez que cambia de forma.

- Debe tener la capacidad de cargar mínimo 35 paquetes o el volumen de carga cercano al de una moto.
- La carga principal que el VUMi entregaría serían sobres, los cuales son de diversos tamaños según [24].

5.6. Hallazgos y conclusiones del ciclo 3

Se decidió hacer un prototipo de la propuesta, *vehículo que a su vez es maleta*, dado que se puede perder alguna pieza luego de ser desensamblada, además del inconveniente del tiempo requerido por hacer esta tarea en cada entrega.

Por otra parte, fue más conveniente utilizar la configuración de vehículo con dos ruedas en un mismo plano (Figura 10b), cuya carga esté en su centro y tenga capacidad para 35 paquetes, principalmente sobres, y encima de este mismo espacio de carga, el usuario se siente.

Además, para lograr que el vehículo se convierta en maleta, se propuso apoyarlo sobre la llanta delantera y girarlo hacia adelante 90 grados, de forma que ahora se pudiera jalar o empujar.

6. Ciclo 4. Prototipo

En este último ciclo se desarrollaron dos iteraciones del prototipo del concepto de producto final propuesto en la sección anterior, nombrado Vehículo de Última Milla innovador (*VUMi*) y Vehículo de Última Milla innovador versión 2 (*VUMi2*).

VUMi el vehículo que cambia el proceso de entrega de paquetería en zonas de corporativos y unidades habitacionales, funciona en conjunto con el sistema actual de empresas de mensajería, con algunas modificaciones logísticas, manteniendo las entregas con camioneta y permitiendo las ventajas que ofrece *VUMi*: acceso a circulación por ciclovía, calles estrechas, embotellamientos y manifestaciones; se obtiene un mejor aprovechamiento del espacio en las camionetas; se usan energías renovables, y se realizan mayor número de entregas en menor tiempo.

6.1. Especificaciones

Para realizar el prototipo, se comenzó por establecer las especificaciones generales de *VUMi* (Tabla 3). Con base en los conceptos generados, se decidió desarrollar un vehículo que fácilmente se transformara en maleta, por ello, sus dimensiones se definieron basándose en diferentes tamaños de maletas, tomando en cuenta que su volumen debía ser cercano al de una caja de motocicleta que cumple con el número mínimo de 35 paquetes, por lo que se concluyó que debía estar entre una maleta mediana y grande (24-28”). La capacidad de carga es equivalente al peso estimado del usuario (80 kg), el peso de los paquetes (30 kg) y el peso del mismo vehículo (20 kg). La autonomía del vehículo está definida por el costo de la batería y la necesidad de repartir paquetes en una ruta de

10 km. La potencia del motor se decidió como la necesaria para mover una persona en un vehículo personal. El diámetro de las llantas fue definido considerando la altura de baches y topes. La velocidad máxima y la señalización vial que debe tener el vehículo están regidas por el reglamento de movilidad personal de la CDMX.

Tabla 3 – Especificaciones generales de VUMi

No.	Especificación	Intervalos	Unidades
1	Costo máximo	<30,000	MXN
2	Volumen de carga	0.08	m ³
3	Dimensiones máx.	30x50x75	cm
4	Velocidad Máxima	25	Km/h
5	Capacidad de carga	150	Kg
6	Autonomía	10	Km
7	Potencia	> 300	W
8	Señalización vial	Obligatorio	-
9	Diámetro llanta	10	pulg

6.2. Diseño

Al diseñar el sistema estructural, se comenzó por investigar los tipos de estructuras vehiculares y de *scooters* existentes, además de los posibles materiales a usar para su construcción. Al final se concluyó que la estructura sería del tipo “*Space Frame*” y de tubular cuadrado de ½ [pulg] de acero. Esto por su bajo costo y facilidad de manejo, ya que se adaptaba fácilmente al concepto en forma de una maleta. Se decidió usar lámina de acero para la carcasa.

Para la dirección (manubrio, horquilla delantera y trasera) se usó la estructura de una bicicleta. En cuanto a la parte motriz, se utilizó un kit comercial que incluye: dos llantas neumáticas, una de tracción con un motor sin escobillas de 48 V y potencia máxima de 500 W y la otra sólo con el rin y sistema de frenado de disco, ambas rodada 10 pulg; un acelerador de gatillo y un controlador. Como fuente de energía se seleccionó una batería de ion de litio (Li-ion) de 48 V y 11 Ah.

6.3. Primer Prototipo: VUMi1

Para el primer prototipo, se generaron propuestas de diseño de la forma del vehículo y de la apertura del compartimiento. Finalmente, se decidió que el vehículo, con su compartimiento, fuera un prisma rectangular, imitando la forma más común de una maleta y con el fin de aumentar al máximo el espacio de carga (Figura 11a).

En la parte frontal del vehículo, se tienen dos ruedas locas, las cuales se ocupan en el modo maleta, el cual se logra al contraer el manubrio telescópico, bloquear el giro del manubrio, apoyar el vehículo sobre la llanta delantera, empujarlo y girarlo 90 grados hacia enfrente de tal forma que pueda ser jalado o empujado por el operador. El acceso a la paquetería es por la parte superior en modo maleta, el contenedor se desliza hacia arriba para permitir

la visualización y acceso a los paquetes (Figura 11b). En la Figura 11c, se visualiza cómo iría montado el operador.



Figura 11 – VUMi1: Propuesta estética a) Modo conducción b) Modo maleta con apertura de contenedor; c) Prototipo

6.4. Segundo Prototipo: VUMi2

En el segundo prototipo se conservó la misma plataforma estructural y la parte motriz. Se hicieron modificaciones a la dirección y a la horquilla delantera, cambiando la longitud de esta última para modificar el ángulo de *caster*, así como su tamaño para ajustarlo a la llanta. También se modificó el acceso a la paquetería tanto en la forma como en su posición, se cambió por una puerta en la parte superior y otra en la posterior, para probar diferentes accesos (Figura 12). Se aumentó el volumen de carga quitando el mecanismo de deslizamiento vertical y aprovechando el espacio disponible. Se agregó un sistema de envoltorio de lámina calibre 20 para protección de los paquetes y unos soportes para los pies del usuario.



Figura 12 – VUMi2: Apertura a) posterior b) superior

A este prototipo se le realizaron pruebas de duración de batería, potencia del motor, radio de giro, de comportamiento ante obstáculos en vialidades (topes, baches, rampas, terrenos accidentados y giros pronunciados) y con usuarios de carga de paquetes, de ascenso y descenso del vehículo a una camioneta y de superficies de contacto entre el vehículo y el usuario.

6.5. Hallazgos y conclusiones del ciclo 4

Después de recibir comentarios de los colaboradores

sobre el VUMi2 y de probarlo con usuarios, se resaltó la gran utilidad del vehículo para entregar paquetes en zonas para las cuales fue diseñado y las ventajas de reparto que otorga el concepto, destacando que el costo quedó debajo del que se había especificado. Sin embargo, se identificó la dificultad de VUMi2 para entrar a corporativos por razones de apariencia, de dimensiones y regulatorias.

7. Conclusiones

En el proyecto reportado en este artículo se aplicó la metodología Diseño Centrado en el Usuario para diseñar un vehículo personal eléctrico para entrega de paquetería que satisface los requerimientos planteados por la industria del comercio electrónico. Se comprobó la funcionalidad y aceptación por parte del usuario del producto por medio de prototipos. Se validó que el vehículo desarrollado ofrece una solución a la problemática de movilidad en megaciudades, factible técnica y económicamente, que reduce emisiones de GEI.

Con base en las pruebas del prototipo y de comentarios de la empresa colaboradora, se decidió trabajar en otras versiones de VUM con otros requerimientos.

Agradecimientos

Se reconoce el trabajo de Xanat Corchado, David Muñoz, Gustavo Pérez, Carlos Rodríguez, Luis García, Jonathan Morales, Jesús Pérez y Fernando Martínez; quienes participaron en el proyecto reportado con los autores.

Se agradece la colaboración de Leslie Riveros y Oscar Martínez de *Re! –corre*, y la asesoría de Yesica Escalera.

Investigación realizada con el apoyo de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) a través de sus Programas UNAM- PAPIIT IT101718 y 103320.

REFERENCIAS

- [1] 16th Annual Edition of Demographia World Urban Areas. (April 2020).
- [2] *Megacity challenges, a stakeholder perspective*. (2007).
- [3] Ferrer y Vélez, *Movilidad 3.0*. IEXE Editorial (2016).
- [4] *Tendencias territoriales determinantes del futuro de la CDMX*. (2016).
- [5] Vargas Osorio, Hugo César (2013) “Diseño mecánico de un prototipo de vehículo eléctrico de péndulo invertido”. Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- [6] Ibarra Romero, Ingrid Irani (2013) “Mando para un vehículo eléctrico de péndulo invertido”, Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- [7] González Figueroa Alfonso (2016). “Vehículo eléctrico personal con tecnología de autobalanceo”. Tesis de Diseño Industrial. FA-UNAM.
- [8] Águila Flores, Percy (2012) “Cuadriciclos ecológicos”. Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- [9] Barrera Hernández Cristóbal Alejandro, Latorre López Elías, Nava Mireles Tomás, Pineda Torres Héctor (2016) “Diseño de vehículo eléctrico alternativo”, Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- [10] García Esteban, Luis Bernardo, Vivian Jiménez, Juan Diego (2018) “Diseño de Vehículo Eléctrico Plegable”, Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería, UNAM.
- [11] ME MOVER. Vehículo Motorizado Personal. Consultado en 2018, octubre 10. Online, disponible en: <https://me-mover.com/>
- [12] Halfbike. Vehículo Impulsado con Potencia Humana. Consultado en 2018, octubre 10. Online, disponible en: <https://halfbikes.com/shop/halfbike>
- [13] Streeter. Vehículo Motorizado Personal. Consultado en 2018, octubre 10. Online, disponible en: <http://www.s3tr.hr/>
- [14] XIAOMI. Vehículo Motorizado Personal. Consultado en 2018, octubre 10. Online, disponible en: <https://www.mi.com/es/mi-electric-scooter/>
- [15] BlackSip, Mercado Libre, & Opiniones verificadas. (2018). *Reporte de Industria: El e-commerce en México 2018/2019* (BlackSip 2018).
- [16] Grandio, X. (2017). Historia de DHL: cómo crear un gigante global de los envíos en menos de 50 años. 19/05/2019, de Marketing 4 ecommerce Sitio web: <https://marketing4ecommerce.net/la-historia-dhl-gigante-global-la-paqueteria/>
- [17] Katherine Carrillo Herrera. (2017). Bici-Distribución urbana de mercancías. 25/03/2019, de Zona logística Sitio web: <https://www.zonalogistica.com/bici-distribucion-urbana-de-mercancias/>
- [18] Ebenizer Pinedo. (2019). Amazon ha creado Scout, su robot repartidor. 20/03/2019, de Hipertextual Sitio web: <https://hipertextual.com/2019/01/amazon-scout-robot-repartidor>
- [19] Thomas Tamblyn. (2014). North Sea Island To Get Delivery By Drone. 30/03/2019, de The Huffington Post UK Sitio web: <https://bit.ly/2Hwfbhr>
- [20] Castro, C., Castillo, S., Haro, D., Vega, J.D., Borja, V., Escalera, Y., Ramírez-Reivich, A.C., Treviño, A. (2018) “User centered design applied to the improvement of fine motor skills”, Proceedings of the ASME 2018 International Mechanical Engineering Congress & Exposition, IMECE 2018-88407, Pittsburgh, Pennsylvania, EEUU, November. Doi: 10.1115/IMECE2018-88407
- [21] Huato, J.C., Cortés, I.M., Borja, V., Escalera, Y. (2017) “ZLUP: diseño de un sistema para el diagnóstico de la apnea del sueño”, Revista Ingeniería Mecánica Tecnología y Desarrollo, Vol.6, No.1, (2017) 001-008, ISSN 2448-5837.
- [22] Márquez, F., Escalera, Y., García, A., Borja, V. (2017) “Mapa de Viaje de Usuario, técnica del proceso de diseño para entender las interacciones del usuario con el producto y su entorno”, Memorias del XXIII Congreso Internacional Anual de la SOMIM, Cuernavaca, Morelos, México.
- [23] Stickdorn, M., Schneider, J., Andrews, K., & Lawrence, A. (2011). *This is service design thinking: Basics, tools, cases*. Hoboken, NJ: Wiley
- [24] Ulrich, K., Eppinger, S., (2013). *Diseño y desarrollo de productos*. Stanford, Estados Unidos: McGraw-Hill.
- [25] Gómez, L., Borja, V., Palmer, W.E., García, D.A., Mendoza, M. (2009) “Diseño de nuevos productos con un enfoque orientado al usuario”, Memorias de Congreso: XV Congreso Internacional Anual de la SOMIM, Cd. Obregón, Sonora, México.