



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

*VEHÍCULO PERSONAL PARA ENTREGAS DE ÚLTIMA MILLA Y SU
SISTEMA MECÁNICO*

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

PRESENTA:
ING. ISANDRA DANAE MARTÍNEZ CORTÉS

TUTOR
VICENTE BORJA RAMÍREZ
POSGRADO DE INGENIERÍA
MECÁNICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., MARZO 2021



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:

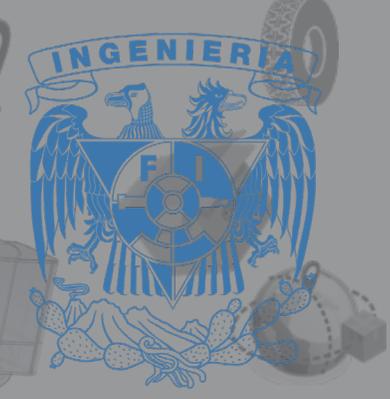
Presidente: Dr. Espinosa Bautista Adrián
Secretario: Dra. Corona Lira María del Pilar
1^{er.} Vocal: Dr. Borja Ramírez Vicente
2^{do.} Vocal: Dr. Ramírez Reivich Alejandro C.
3^{er.} Vocal: M. en I. Velázquez Silva Anahí

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: FACULTAD DE INGENIERÍA

TUTOR DE TESIS:

Dr. Borja Ramírez Vicente

FIRMA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA
FACULTAD DE INGENIERÍA

VEHÍCULO PERSONAL PARA ENTREGAS DE ÚLTIMA MILLA Y SU SISTEMA MECÁNICO

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN INGENIERÍA MECÁNICA

PRESENTA

Ing. Isandra Danae Martínez Cortés

DIRECTOR DE TESIS
Dr. Vicente Borja Ramírez

Ciudad Universitaria, CDMX, 2021.

AGRADECIMIENTOS

Como testimonio de mi gratitud dedico el presente trabajo a mi familia, con la que siempre estaré agradecida por el apoyo en mi día a día y en cada uno de los proyectos que emprendo.

En especial a mi madre Beatriz por su gran esfuerzo, por ser una mujer que me hace llenar de orgullo, no hay manera de devolverte tanto que me has ofrecido. Esta tesis es un logro más que llevo a cabo y ha sido en gran parte gracias a ti, no sé en donde me encontraría de no ser por tu ayuda, compañía y tu amor. Gracias mamá por todo.

A mi hermano Ulises, la persona con la que he recorrido todos mis años de vida, por alentarme incondicionalmente en lo personal y profesional. Tu ayuda ha sido fundamental, has estado en los momentos más difíciles. Gracias por motivarme a seguir superándome y ser mejor cada día.

A mi tutor Vicente, a Alejandro y Pili por su confianza puesta en mí, por el soporte incondicional a lo largo de mi trayectoria profesional y por encontrarse presentes en los momentos más difíciles, guiándome e inspirándome. Gracias por todo lo ofrecido hacia mi persona.

A todos los miembros y amigos del equipo VUM, Carlos, Gustavo, Jonathan, Jesús, Fernando, Esther, Sergio, Luis, Xanat, David; por el gran empeño puesto en el proyecto, por los grandes momentos compartidos y por siempre animarme a darlo todo.

A la UNAM y CONACyT, por la oportunidad para seguir preparándome y cultivar mi espíritu profesional.

A la empresa colaboradora Re-Corre! por la disposición para realizar investigación e interactuar con el usuario, así como evaluar y tomar decisiones sobre el proyecto.

Este trabajo de investigación fue realizado con el apoyo de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) a través de sus Programas UNAM- PAPIIT IT101718 y PAPIIT IT103320.

RESUMEN

El comercio electrónico, en los últimos años, ha tenido un crecimiento importante a nivel mundial. Esto manifiesta la forma en como se realiza el comercio actualmente y evidencia una tendencia de cómo será en el futuro, lo que a su vez representa grandes retos para la industria de la paquetería y su logística.

En este trabajo, se presenta el desarrollo detallado, de un vehículo de movilidad personal eléctrico, alternativo para transporte de paquetería en zonas corporativas de la Ciudad de México, utilizando la metodología de Diseño Centrado en el Usuario (DCU), con un enfoque sostenible y tomando en cuenta circunstancias sociales, normativas, tecnológicas y tendencias.

El vehículo está orientado a resolver dichos desafíos para hacer más eficiente la entrega de paquetes en zonas de difícil acceso. Resolviendo problemas actuales como: la inexistencia de lugares cercanos en donde estacionar la camioneta de reparto, calles estrechas, manifestaciones, tianguis, el tráfico y el circular solo por carriles para vehículos motorizados. Implementándolo mediante una nueva experiencia logística de entrega.

La propuesta de experiencia de uso del vehículo, permite una mejor distribución de personal, aprovechamiento del espacio de la camioneta, del tiempo y los recursos disponibles. Planteando a su vez, la disminución de combustibles fósiles y la implementación de energía eléctrica, que provoca un impacto ambiental, disminuye el gasto de combustible y tramites administrativos (tenencias, verificaciones). Además de permitir, circular por espacios donde no tiene acceso la camioneta, actual transporte usado para el reparto, cumpliendo con su objetivo principal de hacer en menor tiempo las entregas y en consecuencia la disminución de los costos de envío, generados a la empresa.

El trabajo reporta las actividades de diseño principales realizadas por el equipo multidisciplinario, durante el desarrollo, que van desde el trabajo previo, la definición del problema o reto, la identificación del usuario y sus necesidades, hasta el planteamiento de experiencia, fabricación y pruebas de prototipos funcionales. Todo en cuatro ciclos principales cada uno enfocado en diferentes aspectos que son: el usuario, la experiencia, el concepto y el prototipo.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1. ANTECEDENTES	3
1.1 MOVILIDAD URBANA	4
1.2 VEHÍCULOS DE ÚLTIMA MILLA (VUM)	8
1.3 VEHÍCULOS DE MOVILIDAD PERSONAL (VMP)	9
1.4 METODOLOGÍA	11
1.5 EQUIPO DE TRABAJO	15
CAPÍTULO 2. CICLO A: TRABAJO PREVIO	21
2.1 RETO DE DISEÑO	22
2.2 CONSIDERACIONES DEL VEHÍCULO	22
2.3 CONTEXTO DE USO	24
2.4 ENTREVISTAS A POSIBLES USUARIOS	25
2.5 HALLAZGOS DE ENTREVISTAS A POSIBLES USUARIOS	25
2.6 USUARIOS Y ESCENARIOS	26
2.7 OBSERVACIONES DE USUARIOS EN ESCENARIOS	27
2.7.1 HALLAZGOS DE USUARIOS EN ESCENARIO 1 Y 2	28
2.7.2 HALLAZGOS ENTREVISTA ESCENARIO 3	30
2.8 SISTEMAS DEL VEHÍCULO	31
2.9 SIMULADOR Y MAQUETAS	31
2.9.1 SIMULADOR ERGONÓMICO	32
2.9.2 RESULTADOS DE SIMULADOR ERGONÓMICO	34
2.9.3 MAQUETA DE REPRESENTACIÓN DE SUSPENSIÓN	35
2.9.4 MAQUETA A ESCALA DE VEHÍCULO	36
2.9.5 RESULTADOS DE MAQUETAS	36

CONTENIDO

	Página
2.10 APRENDIZAJES Y HALLAZGOS CICLO A	37
2.11 NUEVO MERCADO	38
CAPÍTULO 3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	39
3.1 COLABORADOR: RE! – CORRE	40
3.2 COMERCIO ELECTRÓNICO (E- COMMERCE)	41
3.3 COMERCIO ELECTRÓNICO (E- COMMERCE) EN MÉXICO	41
3.4 COMPRADOR MEXICANO	45
3.5 E-COMMERCE Y LA ÚLTIMA MILLA LOGÍSTICA	47
3.6 OBJETIVO	50
3.7 ALCANCES	50
CAPÍTULO 4. CICLO 1: USUARIO	51
4.1 RETO DE DISEÑO	52
4.2 USUARIO EN CONTEXTO	52
4.2.1 REUNIÓN CON COLABORADOR	52
4.2.1.1 USUARIO	53
4.2.2 OBSERVACIONES DE USUARIO EN CONTEXTO	54
4.3 NECESIDADES	58
4.4 SOLUCIONES ACTUALES	59
4.5 FACTORES CRÍTICOS Y HALLAZGOS CICLO 1	60
CAPÍTULO 5. CICLO 2: EXPERIENCIA	63
5.1 REDEFINICIÓN DEL RETO DE DISEÑO	64
5.2 PROPUESTA DE VALOR	64
5.3 JERARQUIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE NECESIDADES	64
5.4 PERSONAJES	65

CONTENIDO

	Página
5.5 MAPA DE RUTA	67
5.6 ESCENARIO GENERAL	69
5.7 FACTORES CRÍTICOS	70
5.8 DISEÑO DE LA EXPERIENCIA	72
5.8.1 EXPERIENCIA 1: VUM EN EDIFICIOS Y UNIDADES DEPARTAMENTALES	72
5.8.2 EXPERIENCIA 2: VUM POR LA CIUDAD	74
5.8.3 EXPERIENCIA 3: VUMS Y CAMIONETA POR ZONA	76
5.9 DUDAS	77
5.10 EXPERIMENTO Y RESULTADOS	78
5.11 SELECCIÓN DE LA EXPERIENCIA	81
5.12 HALLAZGOS Y CONCLUSIONES CICLO 2	82
CAPÍTULO 6. CICLO 3: PRODUCTO	83
6.1 REDEFINICIÓN DEL RETO DE DISEÑO	84
6.2 ESCENARIO PARTICULAR	84
6.3 PERSONAJES DE EXPERIENCIA	86
6.4 OBSERVACIONES EN CONTEXTO	89
6.4.1 OBSERVACIONES EN ZONAS CON CICLOVÍA	89
6.4.2 OBSERVACIONES EN ZONAS SIN CICLOVÍA	94
6.5 REGLAMENTACIÓN	98
6.6 REQUERIMIENTOS DEL PRODUCTO	100
6.7 FUNCIONES DE DISEÑO	102
6.8 ESTUDIO DE MERCADO	103
6.9 DISEÑO CONCEPTUAL DE VUM	105
6.10 PROPUESTAS DE VUM	106
6.11 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE PROPUESTA DE VUM	110

CONTENIDO

	Página
6.12 HALLAZGOS Y FACTORES CRÍTICOS	114
CAPÍTULO 7. CICLO 4: PROTOTIPO	115
7.1 REDEFINICIÓN DEL RETO DE DISEÑO	116
7.2 ESTUDIO COMPARATIVO DE VMP	116
7.3 ESPECIFICACIONES OBJETIVO	121
7.4 PRIMER PROTOTIPO: VUMi1	124
7.4.1 SISTEMA DE PLEGADO Y COMPARTIMIENTO VUMi1	124
7.4.2 SISTEMA ESTRUCTURAL VUMi1	127
7.4.3 SISTEMA MOTRIZ Y DE ALIMENTACIÓN VUMi1	131
7.4.4 SISTEMA DE DIRECCIÓN Y EJE POSTERIOR VUMi1	133
7.4.5 MANUFACTURA VUMi1	135
7.4.6 PRUEBAS VUMi1	137
7.4.7 PROPUESTA ESTÉTICA VUMi1	139
7.4.8 ESPECIFICACIONES FINALES VUMi1	140
7.5 SEGUNDO PROTOTIPO: VUMi2	140
7.5.1 SISTEMA ESTRUCTURAL VUMi2	142
7.5.2 SISTEMA DE DIRECCIÓN VUMi2	143
7.5.3 SISTEMA DE ACCESO VUMi2	144
7.5.4 SISTEMA ENVOLVENTE VUMi2	145
7.5.5 SISTEMA DE SOPORTE AL USUARIO VUMi2	146
7.5.6 MANUFACTURA VUMi2	146
7.5.7 PRUEBAS VUMi2	147
7.5.8 ESPECIFICACIONES FINALES VUMi2	155
7.6 TERCER PROTOTIPO: VUMi3	156
7.6.1 PROPUESTA DE DISEÑO VUMi3	157

CONTENIDO

	Página
7.6.2 SISTEMA ESTRUCTURAL VUMi3	159
7.6.3 SISTEMA DE DIRECCIÓN Y EJE POSTERIOR VUMi3	162
7.6.4 SISTEMA DE ENVOLVENTE VUMi3	168
7.6.5 SISTEMA DE ACCESO Y SEGURIDAD VUMi3	169
7.6.6 SISTEMA ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO VUMi3	170
7.6.7 SISTEMA DE SOPORTE PARA EL USUARIO VUMi3	171
7.6.8 SISTEMA DE FRENADO VUMi3	172
7.6.9 MANUFACTURA VUMi3	172
7.6.10 ESPECIFICACIONES FINALES VUMi3	176
7.6.11 PRUEBAS PRELIMINARES VUMi3	177
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES	179
8.1 CONCLUSIONES DEL PROYECTO	180
8.2 TRABAJO A FUTURO	182
8.3 CONCLUSIONES PERSONALES Y APRENDIZAJES	183
REFERENCIAS	184
A. ANEXO CICLO A	192
B. ANEXO CICLO 1	201
C. ANEXO CICLO 2	214
D. ANEXO CICLO 3	225
E. ANEXO CICLO 4	228

A lo largo de estos últimos años, el sector de empresas que ofrece servicios de entrega de paquetería y mensajería, se ha visto en la necesidad de transformarse cada vez más, para una administración eficiente de la última milla logística; ya que desde que sale el paquete del punto de distribución, hasta llegar a su destino de entrega, se encuentra con diversos obstáculos.

En la actualidad ciertas tendencias, como el aumento del comercio electrónico, han perfilado un panorama aún más complicado para ejecutar este último tramo en la logística de entrega. La complejidad en el proceso, da origen a retos relacionados con el transporte, el tipo de objeto a entregar y el entorno donde se realiza.

Con el fin de dar respuesta a la demanda de entrega, manifestada por el incremento del comercio electrónico, por la estrecha relación entre ambos (al crecer uno, se desarrolla el otro); surge la necesidad de buscar nuevas maneras para llevar los paquetes a sus destinos finales. Sobre todo en zonas urbanas y en específico en las megaciudades, donde se encuentra la mayor concentración de la población que hace uso de estos dos mercados.

Las problemáticas que establece la concentración de población son del tipo social, económico, medioambiental y de movilidad. Este último impactando directamente en el servicio de entrega, ya que la movilidad, no es sólo una actividad cotidiana de sus habitantes, sino también es esencial para que las empresas produzcan y entreguen sus productos y servicios.

Un claro ejemplo, se tiene en la Ciudad de México, considerada una de las ciudades más pobladas y con mayor congestión vial a nivel mundial, donde los problemas de movilidad requieren de diversas soluciones, siendo una de ellas, el uso de diferentes tipos de vehículos.

En el caso específico del comercio electrónico y los servicios de paquetería, para hacer llegar sus productos a sus clientes en forma efectiva, rápida y segura; los vehículos eléctricos personales de última milla, empleados en la prestación de servicio o privados, están siendo explorados.

El creciente volumen de paquetes, la demanda por satisfacer las expectativas de los clientes, así como las condiciones de la infraestructura vial, entre otras particularidades; proyectan nuevos retos y oportunidades para el desarrollo de estos vehículos.

Por lo que en este trabajo, se presenta el desarrollo del diseño y la implementación de un Vehículo de Última Milla (VUM) eléctrico y personal como propuesta de movilidad para la última milla logística para las empresas de paquetería de la Ciudad de México, planteado específicamente para zonas de corporativos,

permitiéndole circular por donde la camioneta (actual y principal vehículo utilizado para la entrega) no puede hacerlo, resolviendo las problemáticas de movilidad, tiempo y costos de entrega generados.

Inicialmente, el presente escrito comienza reportando una investigación sobre movilidad, los vehículos personales y la metodología usada para el desarrollo del proyecto. Después se encuentra el trabajo previo sobre movilidad, identificando diferentes mercados donde se podrían aplicar los Vehículos de Movilidad Personal (VMP), a la vez de aprender sobre ellos y explorar el nicho de aplicación en Universidades.

Seguidamente se define el problema, planteando el escenario del comercio electrónico y su relación con el servicio de entrega de paquetería, así como los retos de la última milla logística y se establecen los objetivos y alcances del proyecto.

Posteriormente, se plasma el desarrollo del proyecto en cuatro ciclos en donde el primero se fundamenta en conocer al usuario y sus necesidades, el segundo en el diseño de la experiencia que permita realizar la entrega de manera más eficiente, refinando a su vez al usuario y analizando sus necesidades. El tercer ciclo se centra en el concepto del diseño del vehículo con base en sus requerimientos y su entorno de aplicación, generando y evaluando sus características para la selección final. En el último ciclo se desarrolla el diseño a detalle del vehículo, generando tres prototipos de VUMi (Vehículo de Última Milla Innovador) y sus diferentes pruebas con usuarios, para su evaluación.

Finalmente, se presentan las conclusiones del proyecto, las personales y el trabajo a futuro.



CAPÍTULO

ANTECEDENTES

1

1.1 MOVILIDAD URBANA

Alrededor del mundo con el transcurrir de los años cada vez más población vive en metrópolis, al grado de que algunas han alcanzado dimensiones monumentales, lo que resulta en grandes desafíos, en términos de provisión de servicios como lo son la movilidad, el empleo, la vivienda, la telefonía y el cuidado del medio ambiente.

En 2018 en México, en la última actualización el Sistema Urbano Nacional (SUN)[1], identificó 401 ciudades habitadas por 92.7 millones de personas, esto es 74.2 por ciento del total nacional, 2.1 puntos porcentuales más que en 2010 y también 36 nuevas urbes, lo que denota el aumento en la tendencia hacia la urbanización.

De las ciudades, 74 son zonas metropolitanas (zm), 132 conurbaciones y 195 centros urbanos (Tabla 1.1). Las primeras concentran a la mayoría de la población, con 78.3 millones de habitantes (84.5% del SUN), les siguen los centros urbanos, con 7.3 millones (7.9%) y las conurbaciones cuentan con 7.0 millones (7.6%) [1].

Tamaño de población	Total		Zonas metropolitanas		Conurbaciones		Centros urbanos	
	Unidades	Población	Unidades	Población	Unidades	Población	Unidades	Población
Sistema Urbano Nacional	401	92 609 144	74	78 290 408	132	7 017 935	195	7 300 800
5 millones o más	2	26 861 070	2	26 861 070				
1 millón a 4 999 999	13	23 807 517	13	23 807 517				
500 mil a 999 999	22	17 103 639	22	17 103 639				
100 mil a 499 999	64	15 080 328	37	10 518 181	14	2 781 828	13	1 780 318
50 mil a 99 999	46	3 033 754			22	1 466 501	24	1 567 253
15 mil a 49 999	254	6 722 834			96	2 769 605	158	3 953 229

Tabla 1.1 - Número de ciudades y población por tamaño de población según tipo de ciudad, SUN 2018 [1].

Para el año 2019, en México, las tres entidades más pobladas fueron la Ciudad de México, el Estado de México y Veracruz [2]. A principios del año 2020, la Ciudad de México tomó el 9no lugar en la lista de las ciudades más pobladas a nivel mundial con una población estimada en 20,996,000 habitantes [3].

Las ciudades por definición son lugares de oportunidad y motores esenciales de la economía, que impulsan la creación de prosperidad, desarrollo social, innovación, el progreso industrial y tecnológico, la provisión de bienes fundamentales y servicio que conllevan a la generación de economías de escala, que facilitan la interacción, impulsan la especialización y la competitividad.

Por otra parte también las ciudades, y de manera general todos los asentamientos humanos son centros artificiales; su edificación y funcionamiento conllevan a transformaciones constantes y sustanciales del entorno, impactando no solo en el área sobre la que se establecen, sino también a los lugares de los cuales se extraen recursos, y a los que envían desechos y contaminantes de diversas naturalezas.

Por estas cuestiones, es necesario analizar la composición, tamaño y crecimiento poblacional de las ciudades y su relación con sus actividades económicas y el avance en la cobertura de servicios básicos, como lo es la movilidad que específicamente se aborda en este documento.

La movilidad urbana ocupa un papel central en la sociedad, en tanto que permite la comunicación, la actividad económica e integra los espacios y las actividades; es una necesidad de todas las personas para poder acceder a esos bienes y servicios básicos que hacen posible una vida digna [4].

Sin embargo, el crecimiento de las zonas urbanas se ha dado de forma dispersa, desvinculada y expansiva, fragmentando el espacio urbano y aumentando así las distancias y tiempos de traslados, dando como resultado un aumento en el parque vehicular.

La dependencia del automóvil exagera los costos que enfrenta la sociedad, incluyendo el gasto para el gobierno y los negocios de proveer calles y estacionamientos, el costo para los consumidores de poseer y operar un automóvil, la congestión vial, la inadecuada movilidad para quienes no conducen, altas tasas de accidentes de tránsito, altas tasas de consumo de combustible y altas tasas de emisiones contaminantes [5].

La movilidad en la Ciudad de México (CDMX) año con año va en aumento y uno de los problemas más grandes y graves a enfrentar para quienes vivimos en ciudades monumentales, son los congestionamientos viales en calles, avenidas y carreteras, que ocurren en nuestro día a día. Esta situación conlleva a otra serie de problemáticas que no solo perjudican a los automovilistas, sino también a los gobiernos, ya que afectan desde la pérdida de tiempo, hasta la economía y el medio ambiente con la contaminación.

Para 2019 según INRIX, empresa de gestión de tráfico, la CDMX se sitúa como la más congestionada del país y la tercera más congestionada a nivel mundial dentro de un total de 900 ciudades estudiadas (Figura 1.1).

Asimismo los conductores de la CDMX en ese año, perdieron 158 horas atrapados en el tráfico, lo que equivale a 6 días con 14 horas, tiempo que pudieron haber aprovechado para realizar alguna otra actividad que no fuera simplemente el estar sentados detrás de un volante, situación que en muchos automovilistas llega a causar condiciones de estrés. La velocidad promedio que se registró en

la última milla del centro de la ciudad fue 12 MPH (millas por hora) equivalente a 19.3 km/h (kilómetros por hora), velocidad equivalente a viajar en una bicicleta que puede alcanzar velocidades entre 15 y 20 km/h en promedio, con la notable diferencia de que los vehículos emiten gases contaminantes (Figura 1.2) [6].



Figura 1.1- Reporte de tráfico de la Ciudad de México (INRIX, 2019) [6].



Figura 1.2 - Tráfico Ciudad de México [7].

La mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero son también un importante tema, al igual de los retos que conlleva, ya que no sólo es un compromiso por parte del gobierno, sino es un compromiso que debemos tener cada uno con nosotros mismos y hacia el ambiente.

Igualmente, el modelo de movilidad que ha acompañado este proceso de crecimiento urbano y el aumento en el parque vehicular incentivado en la oferta de autos en venta en el país, es claramente insostenible porque la infraestructura se ha quedado atrás.

Por lo que en años recientes tanto en países desarrollados como en países en vías de desarrollo se han comenzado a implementar políticas de gestión entorno a este tema, tanto para reducir los viajes urbanos en automóvil, como para promover el uso de otros tipos de transporte.

Debido a los elementos comunes que existen entre sí, es ineludible un planteamiento interdisciplinario entre movilidad, desarrollo urbano y el medio ambiente, que de resolución a los distintos requerimientos y consecuencias de las decisiones en cuestión de política pública.

Las políticas implementadas incluyen cambios en la inversión en infraestructura de transporte, aumento en los impuestos a vehículos y combustibles, cambios en el diseño de las calles y restricciones o contribuciones por el uso del automóvil en ciertas áreas.

Se ha identificado que una importante clave para reducir las externalidades negativas del transporte, así como mejorar la calidad de vida de las personas y la productividad de las ciudades, es enfocarse en la reducción de kilómetros-vehículo recorridos bajo una estrategia general de Reducir-Cambiar-Mejorar :

- i. Reducir, es decir evitar las necesidades de viaje en automóvil particular, reduciendo el tamaño del viaje o eliminándolo.
- ii. Cambiar, es decir modificar la distribución modal de los viajes en favor de modos más eficientes como la movilidad no motorizada o el transporte público.
- iii. Mejorar, optimizando el desempeño del transporte motorizado para reducir las externalidades negativas [4].

Por lo anterior las posibles soluciones apoyan a tener una movilidad menos motorizada, es decir como ya se ha mencionado reducir el uso de vehículos de combustible fósil y haciendo en su lugar uso de alternativas de vehículos sustentables.



Figura 1. 3 - Movilidad Ciudad de México [8].

1.2 VEHÍCULOS DE ÚLTIMA MILLA (VUM)

Se define como última milla (UM) al tramo final de cualquier viaje [9]. En contexto con la movilidad urbana se refiere a la etapa final del trayecto o transporte de larga distancia de una persona cuando se dirige de un sitio a otro (Figura 1.4).

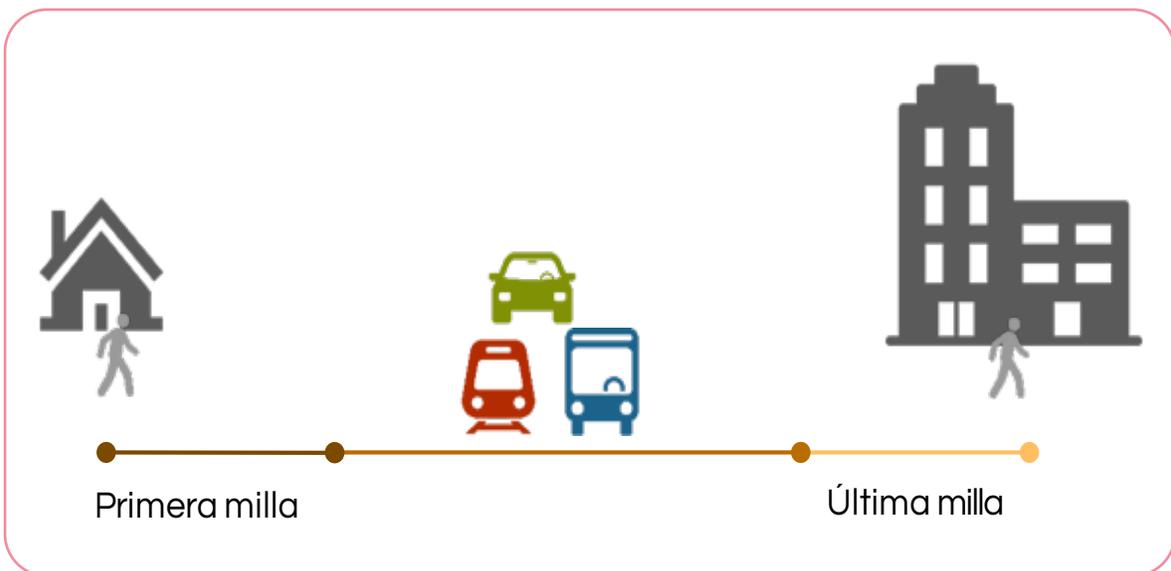


Figura 1. 4 - Fases de transporte de larga distancia.

Comúnmente cuando una persona se dirige a un sitio, ocupará su vehículo u otro medio de transporte público o privado y en su trayecto, ya sea en la primera o última parte, tendrá la necesidad de caminar. Por esto es que surgen vehículos alternativos que permitan hacer esta parte del recorrido más eficiente.

Es por ello que son llamados Vehículos de Última Milla (VUM) y tienen como característica el ser personales, por lo que también son clasificados como Vehículos de Movilidad Personal (VMP).

1.3 VEHÍCULOS DE MOVILIDAD PERSONAL (VMP)

El desarrollo de nueva tecnología también ha beneficiado la constante aparición de soluciones en tema de movilidad y contaminación en ciudades, que favorecen el desplazamiento personal mediante nuevos tipos de vehículos como lo son los de movilidad personal.

Los Vehículos de Movilidad Personal (VMP) pueden definirse como vehículos capaces de asistir al ser humano en su desplazamiento personal y que, por su construcción, pueden exceder las características de los vehículos accionados por el esfuerzo muscular mediante pedales y estar dotados de motor eléctrico [10].

Estos nuevos vehículos, tienen como principales objetivos la eficiencia, es decir moverse a mayor velocidad que los peatones y ser más ecológicos con la finalidad de reducir las emisiones relacionadas con el transporte.

Aunque en Estados Unidos y Europa ya se encuentra consolidado el sector de transporte personal, en América Latina apenas se empieza a integrar esta modalidad de transporte. Tal es el caso de la Ciudad de México, que el 26 de marzo de 2019, publicó en su Gaceta Oficial [11] los lineamientos para la Operación de Sistemas de Transporte Individual Sustentable (SiTis) todo ello como un primer paso a su incorporación real en el ámbito normativo del transporte movido por energías renovables.

Debido a que las infraestructuras y las ciudades de hoy, así como las normas de circulación generales y locales, han sido desarrolladas especialmente para vehículos automóviles y no para posibilitar la movilidad de vehículos personales, que cada vez intervienen más en nuestro ámbito diario en las calles.

La Dirección General de Tráfico (DGT) de España en un intento de ordenar la circulación de VMP los clasifica en función de la altura y de los ángulos peligrosos que puedan provocar daños a una persona en un atropello. Se definen como ángulos peligrosos aquellos inferiores a 110° orientados en sentido de avance del VMP. La clasificación es la siguiente: A, B, C0, C1 y C2 (Figura 1.5) [12].

A



B



C



Figura 1. 5 - Tipos de VMP [12].

- **VMP Tipo A.** Monociclo eléctrico, hoverboard, patinete eléctrico, etc. La edad mínima permitida para circular con un vehículo de este tipo por las vías y espacios públicos es de 16 años. Podrán circular por la calzada en determinadas calles y vías ciclistas con un límite de velocidad de 20 km/h y es recomendable el uso de equipo de protección.
- **VMP Tipo B.** Segway adulto, segway mini, etc. La edad mínima permitida para circular con un vehículo de este tipo por las vías y espacios públicos es de 16 años. Podrán circular por la calzada en determinadas calles y vías ciclistas con un límite de velocidad de 30 km/h y con equipo de protección obligatorio. Los vehículos deben llevar timbre, luces y elementos reflectantes debidamente homologados.
- **VMP Tipo C0, C1, C2.** Vehículos de uso personal comparado con una bicicleta, vehículos de actividad económica (Bici taxis), transportadores de bienes, etc. La edad mínima permitida para circular con un vehículo de este tipo por las vías y espacios públicos es de 16 años. Podrán circular por la calzada en calles, avenidas con un límite de velocidad de 45 km/h. Los vehículos deben llevar timbre, luces y elementos reflectantes debidamente homologados [13].

Características	A	B	C0	C1	C2
Velocidad máx.	20 km/h	30 km/h	45 km/h		45 km/h
Masa	≤ 25 kg	≤ 50 kg	≤ 300 kg		≤ 300 kg
Capacidad máx. (pers.)	1	1	1		3
Ancho máx.	0,6 m	0,8 m	1,5 m		1,5 m
Radio giro máx.	1 m	2 m	2 m		2 m
Peligrosidad superficie frontal	1	3	3		3
Altura máx.	2,1 m	2,1 m	2,1 m		2,1 m
Longitud máx.	1 m	1,9 m	1,9 m		1,9 m
Timbre	NO	SÍ	SÍ		SÍ
Frenada	NO	SÍ	SÍ		SÍ
DUM (distribución urbana mercancías)	NO	NO	NO	NO	SÍ
Transporte viajeros mediante pago de un precio	NO	NO	NO	SI	NO

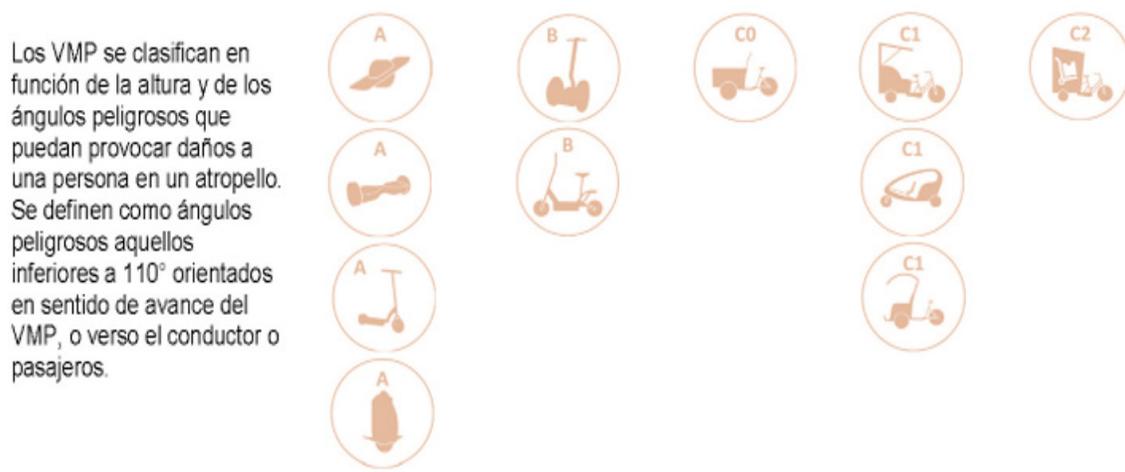


Figura 1. 6 - Clasificación de Vehículos de Movilidad Personal (VMP) [10].

1.4 METODOLOGÍA

La metodología empleada para el proceso de diseño del proyecto fue Diseño Centrado en el Usuario (DCU), con un enfoque creativo en la resolución de problemas.

Metodología que ha sido desarrollada por profesores del Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT), de la Facultad de Ingeniería (UNAM) y del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial (CIDI) de la Facultad de Arquitectura (UNAM), mediante la combinación de la corriente *Design Thinking*, que es un método para generar ideas innovadoras que centra su eficacia en entender y dar solución a las necesidades reales de los usuarios [14]. Y la metodología tradicional utilizada en ingeniería para el diseño y desarrollo de

productos, planteada por Ulrich y Eppinger, en donde se centran en actividades del desarrollo del producto que se benefician de la participación de todas las funciones centrales de la empresa: mercadotecnia, diseño y manufactura; identificándose desde las oportunidades hasta la economía y administración del producto [15].

El proceso de Diseño Centrado en el Usuario inicia con la definición de un reto que describe la problemática que se tiene y a partir de este se identifican los usuarios en contacto con la misma. Posteriormente se conocen sus necesidades para que se identifiquen las oportunidades de diseño y estas a su vez sean validadas por medio de simuladores, maquetas o prototipos [16].

El proceso de diseño que se sigue está estructurado en ciclos iterativos (Figura 1.7), que pueden ser repetidos hasta tender a una solución y que no siempre siguen un orden entre sus fases.

Cada ciclo se encuentra compuesto por cinco fases o funciones que se explican a continuación:

- I. **Definir:** etapa de diseño, en la que se establece el reto, la problemática y el objetivo, los cuales a lo largo de los ciclos se van modificando de acuerdo a los hallazgos encontrados.
- II. **Conocer:** etapa donde se realiza la recopilación de información de los usuarios en contexto que va relacionada a su vez con el reto, tomando en cuenta los temas vinculados con el impacto social, tecnológico, cultural, económico, ambiental y normativo. Se estudia el estado del arte, el mercado en el que se pretende incursionar, de igual forma la competencia y los productos análogos a los que se enfrenta nuestra propuesta.
- III. **Generar:** es la etapa de creatividad donde se producen la mayor parte de las ideas para comprender la problemática y sus puntos importantes a tomar en cuenta para el desarrollo de la solución del producto y/o servicio.
- IV. **Probar:** etapa donde se corrobora la validez de las ideas que se generan, esto por medio de simuladores, maquetas o prototipos. Cada prototipo, maqueta o simulador es evaluado, al igual que los conceptos propuestos.
- V. **Aprender:** etapa en la que se lleva a cabo la obtención y análisis de los hallazgos y factores críticos de las pruebas y ciclo en general que son significativos para el desarrollo, para así mejorar nuestro desarrollo del producto y/o servicio.



Figura 1. 7 - Metodología utilizada.

Para este proyecto se realizaron 5 iteraciones, de los que la primera, nombrada ciclo A, se basó en el trabajo previo realizado por el equipo de diseño. Este ciclo, tenía como objetivo identificar los nichos de aplicación de los Vehículos de Movilidad Personal (VMP). De los encontrados, se abordó el mercado de Universidades, del que se hizo una investigación planteada en el escenario de Ciudad Universitaria, donde se realizaron observaciones y entrevistas a posibles usuarios, para delimitar el final. Se diseñaron y fabricaron, maquetas, para validar ideas de diseño y simuladores para probar con usuarios y obtener dimensiones del vehículo, preferencias del usuario y otras características. Así también para evaluar la viabilidad de la aplicación de un VMP en este entorno.

Después de los resultados del trabajo previo y con la intervención de una empresa colaboradora de servicio de entrega de paquetería, se abre un nuevo mercado a explorar. A partir de ahí se plantea la problemática y los cuatro ciclos restantes

se encuentran enfocados en este nicho, donde el primer ciclo se centra en el usuario, el segundo en la experiencia, el tercero en el concepto del producto y el cuarto en el prototipo.

El ciclo 1, se inició por definir el reto y conocer al usuario en su contexto, a través de observaciones y entrevistas, para generar una lista de sus necesidades y su interpretación. Se realizó también una investigación de la industria de la paquetería en la actualidad. Finalmente se resumieron las características de los usuarios y sus problemáticas.

En la segunda iteración, ciclo 2, se replanteó el reto del proyecto y la problemática con base en los hallazgos obtenidos en la primera iteración. Las necesidades interpretadas se categorizaron y jerarquizaron. Se elaboraron los personajes basados en las características de los usuarios reales, se hizo un mapa de ruta de las actividades realizadas por los usuarios y se planteó un escenario general.

Basado en el mapa de ruta y la jerarquización de las necesidades, se establecieron los factores críticos a tomar en cuenta para plantear experiencias de uso del producto; alternativas creadas para que el usuario realice su trabajo de una forma distinta a como lo acostumbra y genere nuevas conductas que resuelvan sus problemáticas. Del planteamiento de las experiencias se formaron dudas y mediante un experimento se resolvieron, de las que se aprendió para seleccionar una final.

En el tercer ciclo también se replanteó el reto, se propuso el escenario particular de acuerdo a la experiencia seleccionada, el nuevo personaje de acuerdo a la misma y se realizaron observaciones del usuario en el escenario particular planteado. Se consultó información normativa y tecnológica, para generar los requerimientos del producto y a su vez las funciones de diseño a seguir. Se abundó más en el mercado de VMP para formar los conceptos y después las propuestas de vehículos a desarrollar por medio de maquetas. Se evaluaron y seleccionó la propuesta final de la que se obtuvieron hallazgos.

Finalmente en el ciclo 4, se redefinió el reto. Se realizó un estudio comparativo para conocer las características de los vehículos relacionados a la propuesta de vehículo y establecer las especificaciones, con base también en los requerimientos planteados en el ciclo anterior. Se planteó el primer prototipo comenzando por su arquitectura y de ahí se diseñó cada uno de sus sistemas, se manufacturó y se realizaron pruebas de conducción con el usuario, además de ser presentado al colaborador.

De las pruebas y comentarios del colaborador, se establecieron modificaciones al primer prototipo y se replanteó la arquitectura, para después desarrollar nuevamente cada sistema. Posteriormente de la manufactura del segundo prototipo, se realizan pruebas de conducción, carga, funcionalidad y comodidad con el usuario. De las que se obtuvieron resultados que llevaron a cambiar el

concepto del vehículo y diseñar el tercer prototipo del que inicialmente también, se planteó en un principio su arquitectura, después se desarrollaron los sistemas, se manufacturó y se le realizaron unas pruebas preliminares.

1.5 EQUIPO DE TRABAJO

En esta sección se hace la mención de cada uno de los participantes que formaron parte del equipo de desarrollo durante cada etapa del proyecto reportado en esta tesis.

El proyecto hasta donde se reporta en el presente trabajo, tuvo una duración de cuatro semestres.

A lo largo de estos cuatro semestres y del proyecto, se contó con la participación de varios estudiantes de licenciatura de la Facultad de Ingeniería y del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial, así como del Posgrado de Ingeniería de la UNAM, que más adelante se mencionan.

También participaron asesores de estas mismas dos Facultades. Por parte del Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT), los Doctores Alejandro Cuauhtémoc Ramírez Reivich y Vicente Borja Ramírez y por el Centro de Investigaciones de Diseño Industrial (CIDI) el Arquitecto Arturo Treviño Arizmendi (Figura 1.8), que contribuyeron en el seguimiento del proyecto a lo largo de su desarrollo.

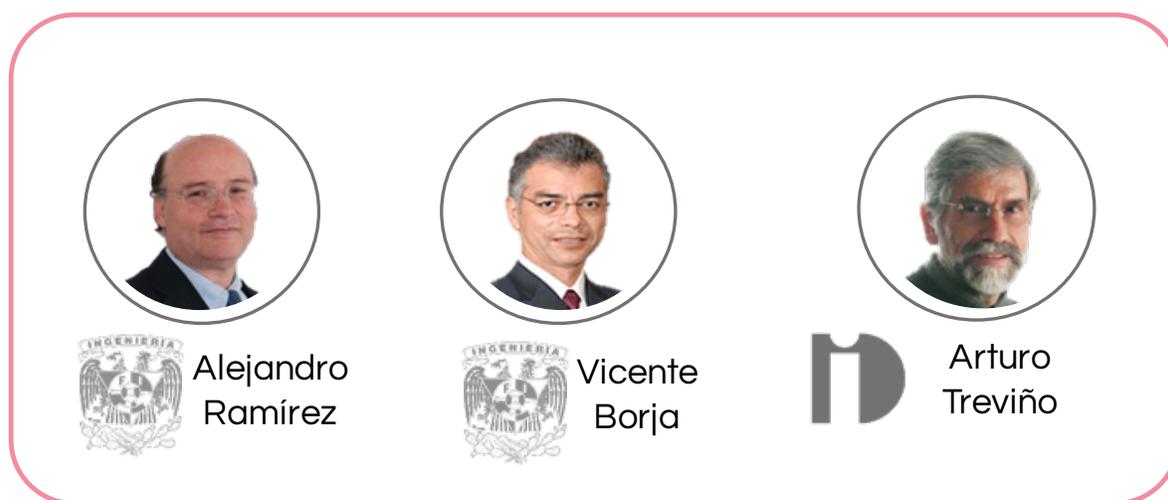


Figura 1. 8 - Asesores de proyecto.

Primera etapa. Trabajo previo desarrollado en el Ciclo A.

- Isandra Danae Martínez Cortés (Estudiante de maestría en Ingeniería Mecánica -Diseño Mecánico, CDMIT, UNAM).
- María Esther López Torres (Estudiante de maestría en Ingeniería Mecánica - Mecatrónica, CDMIT, UNAM).
- Sergio Hernández Sánchez (Estudiante de maestría en Ingeniería Mecánica - Diseño Mecánico, CDMIT, UNAM).
- Xanat Corchado Rsmos (Estudiante de Diseño Industrial, CIDI, UNAM).

Segunda etapa. Desarrollo del Ciclo 1: Usuario.

- Isandra Danae Martínez Cortés.
- María Esther López Torres.
- Sergio Hernández Sánchez.
- Gustavo David Pérez Velázquez (Estudiante de Diseño Industrial, CIDI, UNAM).
- David Alejandro Muñoz Pech (Estudiante de Diseño Industrial, CIDI, UNAM).

Tercera etapa. Desarrollo de Ciclo 2: Experiencia.

- Isandra Danae Martínez Cortés.
- María Esther López Torres.
- Sergio Hernández Sánchez.
- Gustavo David Pérez Velázquez.
- José Carlos Rodríguez Tenorio (Estudiante de maestría en Ingeniería Mecánica - Mecatrónica, CDMIT, UNAM).
- Luis Gustavo García Conejo (Estudiante de maestría en Ingeniería Mecánica -Diseño Mecánico, CDMIT, UNAM).

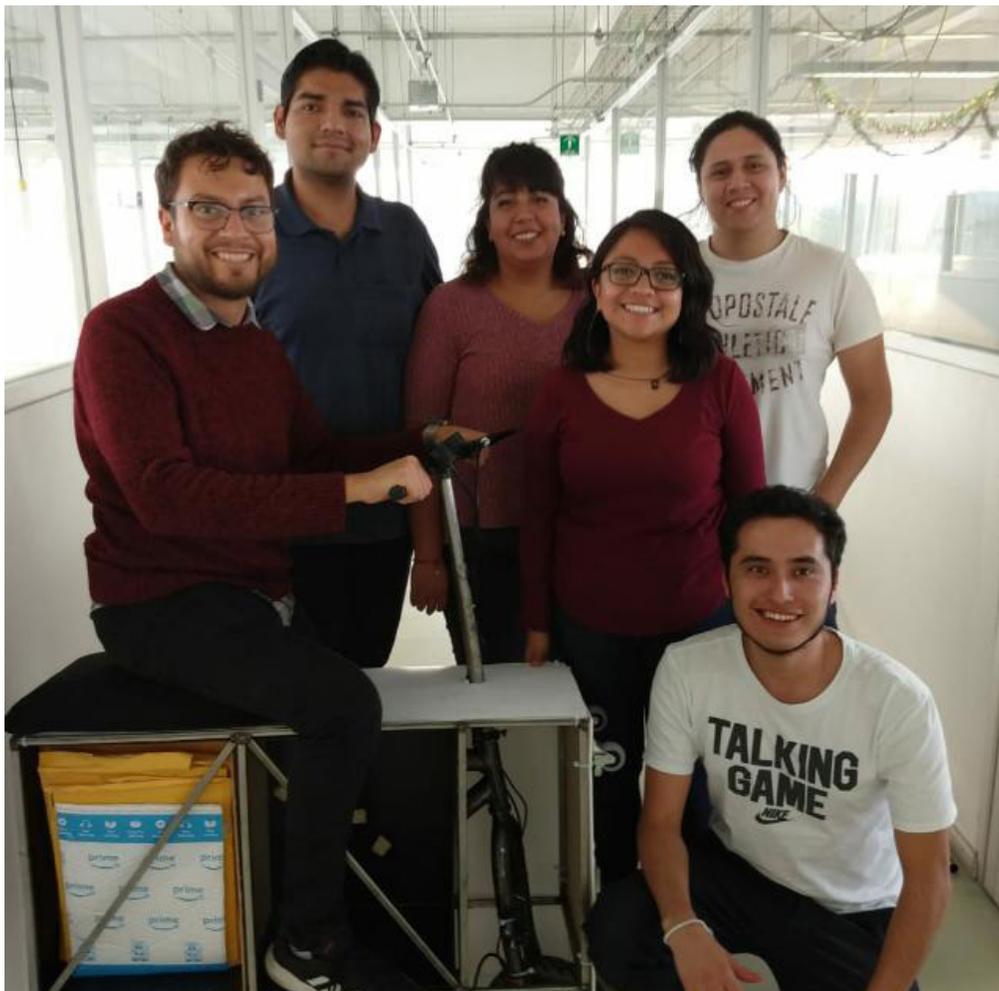


Figura 1. 9 - Equipo de trabajo tercera etapa
(de izquierda a derecha Sergio, Luis, Isandra, Esther, Gustavo, Carlos).

Cuarta etapa. Desarrollo de Ciclo 3: Concepto y parte de Ciclo 4: Prototipo, hasta segundo prototipo.

- Isandra Danae Martínez Cortés.
- María Esther López Torres.
- Sergio Hernández Sánchez.
- Gustavo David Pérez Velázquez.
- José Carlos Rodríguez Tenorio.
- Jonathan Josué Morales Vázquez (Estudiante de Ingeniería Mecánica, CDMIT, UNAM).
- Jesús Armando Pérez Severiano (Estudiante de Ingeniería Mecánica, CDMIT, UNAM).
- Fernando Martínez Agustín (Estudiante de Ingeniería Mecánica, CDMIT, UNAM).



Figura 1.10 - Equipo de trabajo cuarta etapa
(de izquierda a derecha Sergio, Jonathan, Carlos, Isandra, Jesús, Esther,
Dr. Vicente, Dr. Alejandro, Leslie, Oscar, Gustavo, Fernando).

Quinta etapa. Desarrollo de Ciclo 4: Prototipo, tercer prototipo.

- Isandra Danae Martínez Cortés.
- Gustavo David Pérez Velázquez.
- José Carlos Rodríguez Tenorio.
- Jonathan Josué Morales Vázquez.
- Jesús Armando Pérez Severiano.
- Fernando Martínez Agustín.

Isandra
Martínez



Carlos
Rodríguez



Gustavo
Pérez



Jonathan
Morales



Fernando
Martínez



Jesús
Pérez

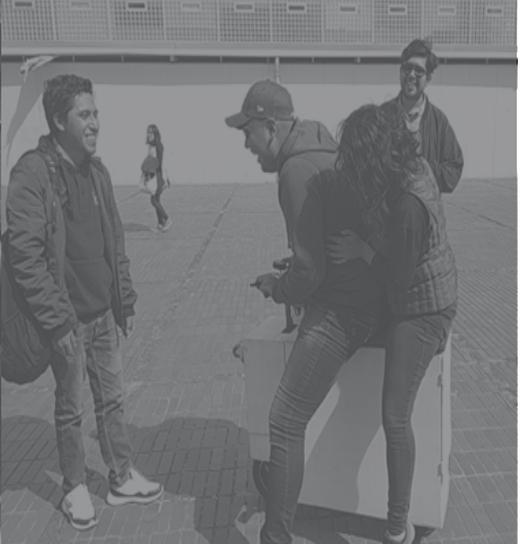


INTEGRANTES

QUINTA

ETAPA

Figura 1.11 - Equipo de trabajo de quinta etapa.



CAPÍTULO 2

CICLO A: TRABAJO PREVIO

2.1 RETO DE DISEÑO

El proyecto inició con la definición de un reto de diseño, como se indica en la metodología de Diseño Centrado en el Usuario.

El reto tenía como objetivo, diseñar y obtener un prototipo de un vehículo de movilidad personal portable y plegable que permitiera la movilidad en menos tiempo del que toma caminar o moverse en zonas de tráfico para distancias no mayores a 10 km y que implicara menos esfuerzo o desgaste físico.

Lo anterior tomando como base el diseño propuesto anteriormente en la Tesis de licenciatura “Diseño de Vehículo Eléctrico Plegable” de García y Jiménez [17].

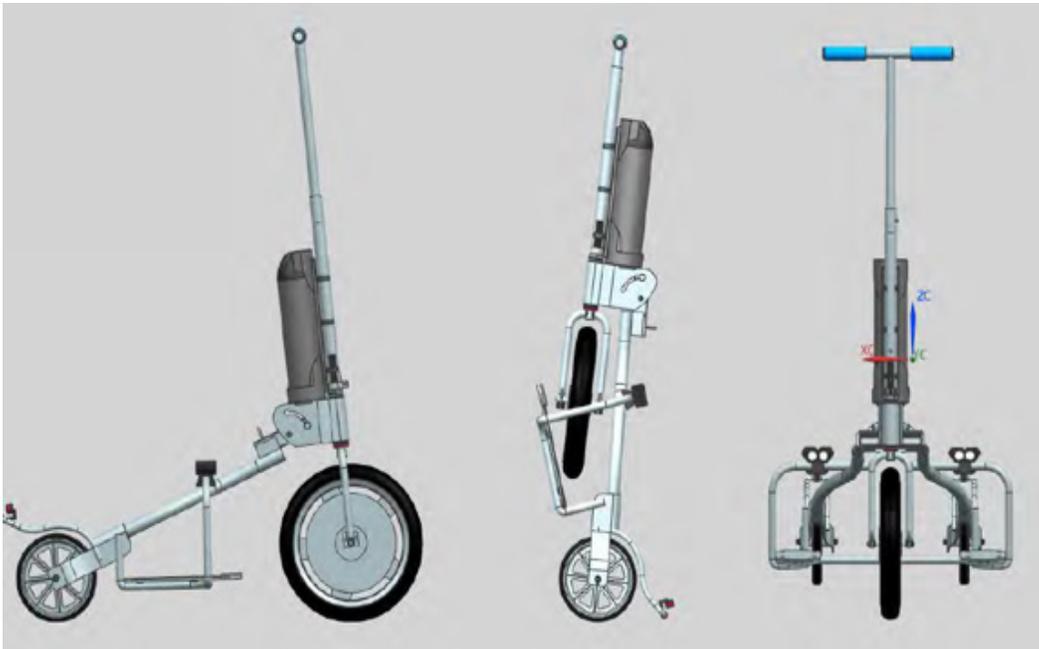


Figura 2.1- Diseño de Vehículo Eléctrico Plegable (propuesta) [17].

2.2 CONSIDERACIONES DEL VEHÍCULO

En la etapa conocer del proceso de Diseño Centrado en el usuario, para este ciclo comenzó por saber cuáles eran las especificaciones planteadas en [17] y son las que se muestran en la tabla 2.1 .

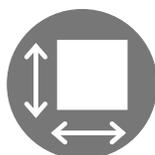
Especificación	Especificaciones resultantes de investigación	Especificaciones resultantes de investigación
Carga Máxima	120 [kg]	120 [kg]
Precio	1200 USD	801 USD
Velocidad Máxima	25 [km/h]	25 [km/h]
Peso	15 [kg]	7.3 [kg]
Autonomía	40 [km]	25.1 [km]

Tabla 2.1 - Especificaciones de tesis Diseño de Vehículo Eléctrico Plegable [17]

Posteriormente se plantearon los requerimientos del nuevo vehículo a diseñar, tomando en cuenta las especificaciones de la tabla 2.1 y las consideraciones generales para elegir un dispositivo de transporte eléctrico recomendadas que son:



Portabilidad : consideración de su peso para cargar y transportar.



Tamaño: de almacenamiento y dónde será montado. Las zonas peatonales llenas de gente requieren dispositivos con una huella pequeña.



Alcance: ¿hasta dónde te llevará y habrá suficiente batería para llevarte de vuelta? (Autonomía).



Tamaño de la rueda: debe ser compatible con el terreno en el que navegará.



Curva de aprendizaje: algunos dispositivos son más fáciles de dominar que otros.



Diversión vs utilidad: ¿es sólo un medio conveniente de transporte o también es importante el factor diversión? [18].

Una vez planteados los requerimientos del diseño se convirtieron en especificaciones. Ambos se muestran en la Tabla 2.2.

Requerimientos	Especificaciones
Autonomía con rango mayor a 30 km	Autonomía: 40 [km]
Velocidad máxima 25km/h para ser considerado vehículo no motorizado	Velocidad: 25 [km/h]
Peso menor a 15 kg	Masa: 15 [kg]
Vehículo monoplaza con oportunidad de equipaje 10 kg	Carga máxima: 120 [kg]
Vehículo diseñado para el rango de edades de 16-50 años	Rango de edades: 16-50 años
Facilidad al manejar el vehículo	Facilidad de conducir [1-9]: 9
El usuario debe transportarlo con facilidad	Transportabilidad [Fácil-Difícil]: Fácil
Retráctil	Transportabilidad [Fácil-Difícil]: Fácil
Bajo impacto ambiental (ecológico)	Batería
Vehículo debe ser eléctrico	Batería
Vehículo debe usar 3 ruedas	3 ruedas

Tabla 2.2 - Requerimientos y especificaciones nuevo diseño.

2.3 CONTEXTO DE USO

Tomando como base los requerimientos, especificaciones y características del vehículo planteadas en la sección anterior, se propusieron mercados tentativos de aplicación, se estudiaron los posibles tipos de usuario, sus necesidades y su forma de uso que básicamente consistía en si iba parado o sentado en el vehículo.

Los diferentes tipos de mercados propuestos, iban desde fábricas, hospitales, aeropuertos, paquetería, hasta universidades (Ver tabla en Anexo Ciclo A).

Se evaluaron estos posibles mercados y se propusieron de manera general, dos contextos factibles y sus potenciales usuarios que podrían englobar a todos los estudiados:

- ▶ Fábricas | Plantas Industriales
 - Personal de servicio (trabajadores y mantenimiento).
 - Visitantes
 - Personal de seguridad

- ▶ Universidades
 - Profesores.
 - Alumnos.
 - Personal de mantenimiento.
 - Personal de seguridad.

Debido a que el equipo no tuvo acceso a una fábrica o planta industrial, se decidió estudiar el contexto de las universidades, por lo que la investigación fue realizada con posibles usuarios de nuestra institución, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en Ciudad Universitaria.

2.4 ENTREVISTAS A POSIBLES USUARIOS

Como primer acercamiento a los probables usuarios, se realizaron entrevistas dentro del contexto de escenario de la Universidad, en el que se haría uso del vehículo. Se efectuaron cuestionarios a 10 personas (1 académico, 5 estudiantes y 4 trabajadores), los cuales fueron seleccionados aleatoriamente y se encontraban en Ciudad Universitaria (CU).

La finalidad de los cuestionarios aplicados en las entrevistas fueron encontrar a los usuarios y conocer la verdadera necesidad a resolver, así como generar empatía con ellos.

Entre los aspectos que se tomaron en cuenta en las entrevistas estaban su edad, sexo, estatura, ocupación, lugar de procedencia, sus actividades día con día, las cosas que llevaban consigo a cada una de sus actividades, en qué tipo de contenedores las transportan y cuál era su forma de cargar los mismos. Además de saber el tipo de transporte usado para llegar a sus destinos, si sus viajes los realizaban solos o acompañados, cuánto tiempo les tomaba llegar, que alternativas de transporte usaban cuando iban tarde, cuánto gastaban al día en transporte, su opinión sobre movilidad en la ciudad, que rutina seguían para llegar a la universidad y su acercamiento al uso de aplicaciones de movilidad (Ver entrevistas en Anexo Ciclo A).

2.5 HALLAZGOS DE ENTREVISTAS A POSIBLES USUARIOS

De las entrevistas se encontró que los que más se movían dentro de Ciudad Universitaria eran los estudiantes, académicos, directivos y los visitantes. El rango de edades de los entrevistados era de 18-60 años.

De las 10 personas entrevistadas 8 hacían uso de una mochila para transportar sus cosas y de esas 8 personas, todos tenían actividades extra aparte de trabajar o estudiar, por lo que se veían en la necesidad de llevar varias mochilas y/o bolsas. Los que llevaban mochila preferían cargarla en los dos hombros y si era bolsa con una mano.

El 90 % de los entrevistados en sus trayectos viajaban solos. De las 10 personas 8 hacían uso del transporte público (metro, metrobus, autobús) para llegar a la

Universidad y dentro de ella se movían a pie, en bicicleta, taxi o en autobuses internos. En su mayoría (9 de cada 10 persona) cuando iban tarde preferían usar un transporte que los ayudara a llegar rápido a su destino y resultaba ser más efectivo tomar taxi o un vehículo de alguna plataforma de transporte, esto debido a su disponibilidad.

La experiencia de los entrevistados con la movilidad en la ciudad y en la Universidad, ha sido mala debido al factor tiempo, ya que cualquier tipo de transporte del que hacían uso tardaba demasiado en sus recorridos y no tenía hora específica para que ellos pudieran abordarlos, lo que les generaba incertidumbre. Los 10 entrevistados, estaban familiarizados con al menos una aplicación de movilidad (waze, Google maps).

2.6 USUARIOS Y ESCENARIOS

De acuerdo a los hallazgos de las observaciones y entrevistas, se obtuvo como usuarios a estudiantes, visitantes, académicos y directivos, con un rango de edad entre 18 y 60 años, sexo indistinto, que realizaba actividades en diferentes sedes dentro del campus de Ciudad Universitaria (Figura 2.2).



Figura 2. 2 - Usuarios y contexto.

Después de haber obtenido a los usuarios, se plantearon tres tipos de escenarios de viaje que podrían realizar dentro de Ciudad Universitaria. Esto de acuerdo a lo aprendido de las entrevistas (Figura 2.3).

En el primer escenario se planteó que el usuario saliera de un punto de partida (estación de metro, metrobús, etc.) ubicado en las orillas de la Universidad y por medio de un solo traslado llegaría a la sede. Una vez ahí sólo permanecería en ese lugar y regresaría en un mismo traslado a su punto de partida al final de sus labores.

En el segundo escenario se propuso que el usuario comenzaría igualmente desde de un punto de partida, haría un traslado a una primer sede, realizaría sus tareas y después se trasladaría a una segunda, para llevar acabo otras tareas. El usuario podía regresar a la primera sede y de ahí al punto de partida o podía ir directamente al punto de partida, al finalizar sus tareas.

En el tercer y último escenario se tenía el viaje del usuario entre el punto de partida y 3 sedes. Es decir el usuario salía del punto de partida, se trasladaba a una primer sede a hacer sus labores, después a una segunda sede para seguir con otras labores y finalmente a una tercera a atender asuntos. El usuario podía regresar a una primera o segunda sede y al final regresaba al punto de partida .

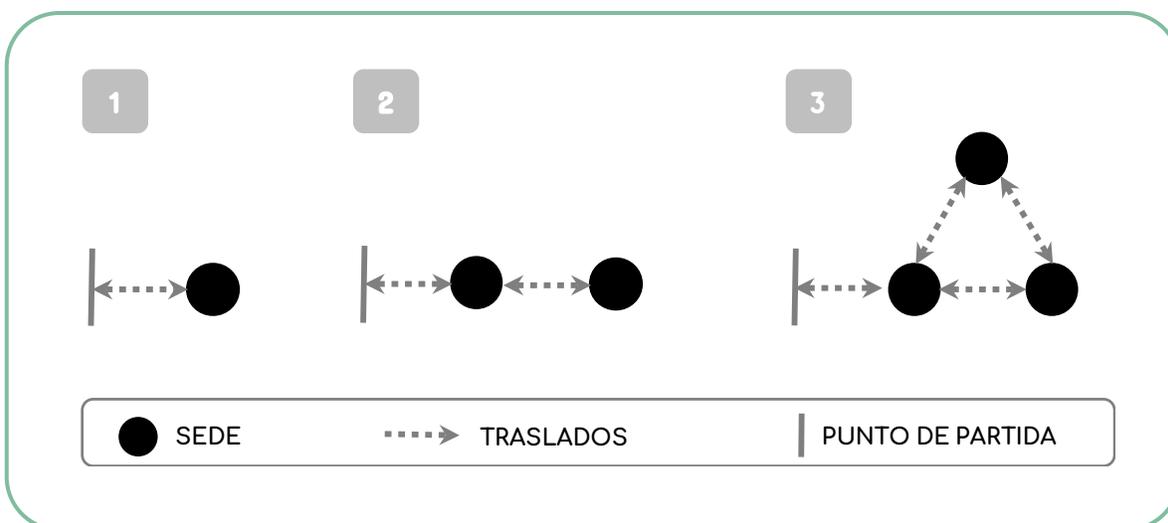


Figura 2.3 - Tipos de escenarios.

2.7 OBSERVACIONES DE USUARIOS EN ESCENARIOS

A partir de los tres tipos de escenarios planteados, se decidió conocer más al usuario y su entorno en cada escenario, para ello se hicieron observaciones en los dos primeros tipos de escenario y una entrevista para el tercer escenario, los hallazgos se presentan en los siguientes apartados.

2.7.1 HALLAZGOS DE USUARIOS EN ESCENARIO 1 Y 2

Como resultado de las observaciones a usuarios en el tipo de escenario número uno y dos planteados, se obtuvo que hacen uso de mochilas, bolsas o portafolios, para transportar sus cosas. Para el traslado a la primer sede en el segundo escenario o la única sede en el primero, desde su punto de partida lo realizaban a pie, si es que el lugar se encontraba cerca o en su defecto, si estaba más retirado hacían uso del sistema de transporte interno Pumabus para el que deben esperar un promedio de 20 minutos para abordarlo. En ocasiones cuando iban apesurados y deseaban llegar rápido a su destino tomaban taxi.

Para el segundo escenario donde el usuario tenía que trasladarse a una segunda sede lo hacía caminando, por medio de bicicleta (servicio de bicipuma) o en algunos casos tomando de nuevo el pumabus. Lo que nos indicó que los usuarios que visitaban más de una sede ocupaban más vehículos de movilidad personal.

En caso de ser estudiantes o visitantes, transportaban todas sus cosas a cada sitio al que se movían, los académicos y directivos contaban con una oficina o cubículo en donde podían guardar parte de sus pertenencias que no ocupaban, por lo que aligeraban su carga. La vestimenta de los usuarios era variada.



Figura 2. 4 - Usuarios de tipo escenario 1 (entrada Copilco).

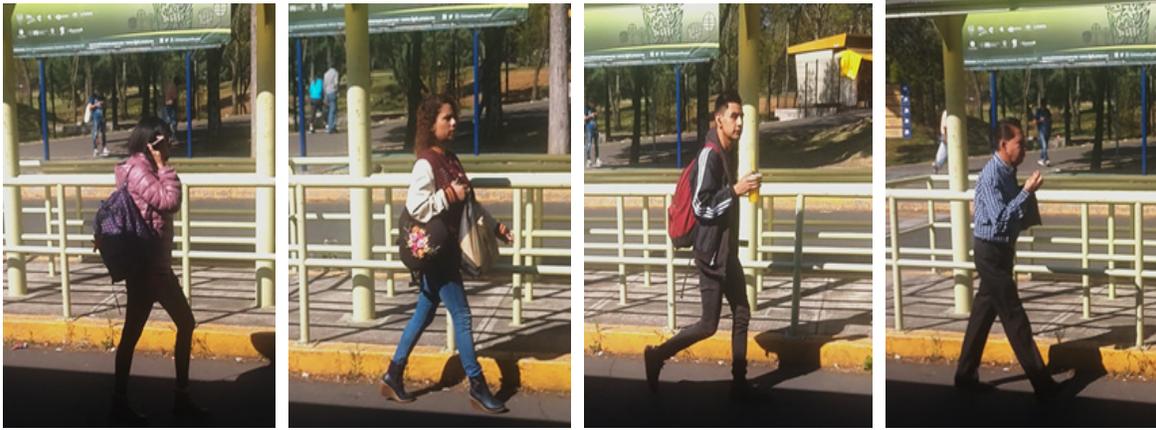


Figura 2.5 - Usuarios de tipo de escenario 1 (entrada metro Universidad).



Figura 2.6 - Usuarios de tipo escenario 2 (uso BICIPUMA).



Figura 2.7 - Usuarios de tipo escenario 2 (Anexo y edificio principal Facultad de Ingeniería).

2.7.2 HALLAZGOS ENTREVISTA ESCENARIO 3

De las observaciones se encontró que aunque son escasos los usuarios de este tipo de escenario, hubo una prevalencia de académicos y estudiantes de posgrado, por lo que se realizó una entrevista a un miembro de este grupo que hacía uso de un vehículo de movilidad personal para sus traslados. A continuación se muestra un resumen de la entrevista hecha.

Alan es un estudiante de 25 años, del Posgrado de Ingeniería y profesor de la Facultad de Química. Realiza su trabajo de investigación de maestría en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT), por lo que tiene la necesidad de hacer diariamente viajes entre la Facultad de Ingeniería, la Facultad de Química y el ICAT. Para realizar estos recorridos hace uso de un vehículo de movilidad personal que es una bicicleta eléctrica, misma que lleva usando 5 meses.

Su principal motivación para comenzar a usar este medio de transporte fue debido a que antes al realizar los trayectos a pie hacia demasiado tiempo y llegaba muy cansado, además de sudar mucho y fatigarse por el esfuerzo. El tiempo que antes le tomaba moverse era de 15 a 20 minutos, incluso 30 cuando no iba tan apresurado, tiempo que con la bicicleta disminuyó a entre 5 y 10 minutos. Lo mejor de la experiencia de uso de su vehículo, fue que ya no sudaba, ni se fatigaba, lo que le ayudó a mejorar su sentido de ánimo y apariencia.

Para ir de un lugar a otro en la mayoría de las veces, hace uso de las ciclo pistas de la Universidad y en zonas donde no existen transita por el circuito, procurando ir en las orillas, porque muchos automovilistas no respetan su espacio por el hecho de ir lento. Tiene un conocimiento básico de usar una bicicleta y señalizaciones. Disfruta y se divierte mucho en cada uno de sus recorridos. Las cosas que regularmente lleva consigo en sus traslados son una lonchera, una mochila, candados, guantes y un casco. Lo que lo motivo a comprar ese tipo de bicicleta fue su tamaño, para trasladarlo en su cajuela y su precio. (Ver entrevista completa en Anexo Ciclo A).



Figura 2. 8 - Alan, usuario de tipo escenario 3.



Figura 2. 9 - Vehículo y pertenencias de Alan.

2.8 SISTEMAS DEL VEHÍCULO

A la par de conocer al usuario, se realizó un examen de la tesis del vehículo propuesto sobre el que se estaba basando el proyecto, para saber más acerca de él. Se encontraron los sistemas por los que estaba compuesto, que son:

1. **Sistema de dirección** que se plantea en una rueda y de acuerdo a la disposición del diseño se restringió a ser la frontal.
2. **Sistema de cuadro estructural** del que se sabe que el material más adecuado para el vehículo era un compuesto, sin embargo, se descartó debido a su precio y a que su forma de manufacturar era muy compleja, por lo que al final se optó por la aleación de aluminio 6061 que tiene prestaciones similares.
3. **Sistema de tracción** compuesto por un motor eléctrico acoplado en la llanta delantera, con control o aceleración de esta rueda sencilla y cómoda para el usuario. Las ruedas traseras no tienen tracción, únicamente dan apoyo.
4. **Sistema de plegado** para trasladarlo fácilmente, al caminar o al llevarlo en la cajuela de un auto. Sistema de plegado sencillo y/o realizado en el menor número de tiempo y movimientos.
5. **Sistema de alimentación eléctrico** compuesto por 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 [17].

Adicionalmente a lo hallado, se planteó agregar un sexto sistema de suspensión.

6. **Sistema de suspensión** para que la experiencia del usuario fuera más placentera al aminorar las vibraciones que puedan ocasionarse por la irregularidad del terreno donde navegaría y ayudara también a la estabilidad del vehículo.

2.9 SIMULADOR Y MAQUETAS

De las observaciones, entrevistas y examen de la tesis, se generaron dudas acerca de las medidas ergonomías, con respecto a ¿si la colocación de los pies era cómoda para el usuario?, ¿en dónde se podían colocar sus pertenencias y el espacio necesario para ello?, ¿cómo se subirían al vehículo?, ¿cómo funcionaría la suspensión?, ¿cuál sería la configuración del vehículo?.

Para resolver estas preguntas, se planteó elaborar un simulador y dos maquetas. El simulador con la finalidad de evaluar la interacción del usuario, las dimensiones y aspectos ergonómicos. Las maquetas para darnos una idea del posible funcionamiento y forma del vehículo.

2.9.1 SIMULADOR ERGONÓMICO

Para el simulador ergonómico se construyó una plataforma rectangular de 80x60 cm de madera donde el usuario iba parado, con tres llantas unidireccionales colocadas en triángulo, emulando la configuración propuesta de dos llantas traseras y una delantera en la tesis de “Diseño de Vehículo Eléctrico Plegable”. Se le colocó además un manubrio elaborado con tubo de acero y un palo de madera que podía variar su ángulo de inclinación de 0° a 30° con respecto a la vertical y también su longitud de 89 a 109 cm (Figura 2.10).

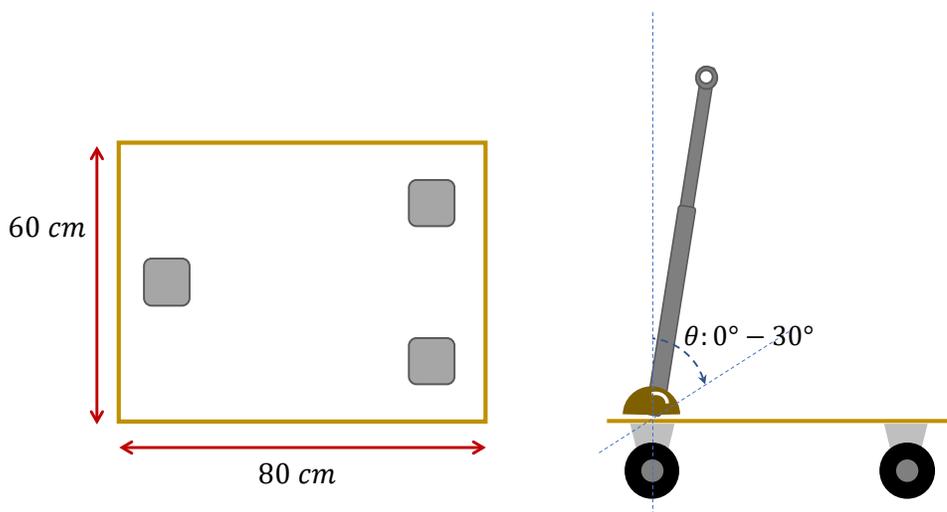


Figura 2.10 - Simulador ergonómico.

El objetivo general de este simulador, como ya se mencionó, fue obtener los datos ergonómicos suficientes para darle medidas generales al producto y así, basar el chasis en éstas, para que el usuario pudiera sentirse cómodo y seguro, y también tuviera el espacio para transportarse con sus pertenencias más comunes. Por lo anterior se diseñó una prueba con tres etapas:

Etapa 1

Como inicio de la prueba se le pidió al usuario que ajustara el manubrio a la altura y ángulo en el que se sintiera más cómodo y se subiera al vehículo. Las mediciones que se realizaron fueron el ángulo de inclinación y altura del manubrio necesarias para que el usuario se sienta seguro y le ayude a mantener el equilibrio. Observación de colocación de manos, ángulo de brazos y forma de ascenso al vehículo.

Etapa 2

Una vez ajustado el manubrio se le indicó al usuario que situara los pies en la posición más cómoda para él. Mediante el trazado de los pies en un papel bond pegado en la plataforma, se identificó la colocación inicial de los mismos. Después de esto, la plataforma, con el usuario encima, fueron arrastrados en línea recta una distancia de aproximadamente 10 metros. Se observó su reacción durante

el recorrido y al final, nuevamente se registró la colocación de sus pies, esto con el fin de conocer si es que cambiaban de zona de apoyo y así el espacio que necesitaría el usuario para mantener su seguridad y equilibrio.

Etapa 3

Para finalizar la prueba se le solicitó al usuario que bajara de la plataforma y volviera ascender, pero ahora con cosas para que se les volviera a realizar lo de la etapa anterior con el trazado de la colocación de sus pies antes y después del desplazamiento. Las cosas que debía transportar eran su mochila, una caja de herramientas y un portafolio de computadora que se les proporcionó. Lo anterior con la finalidad de observar la forma y lugar de colocación de los objetos, además de conocer si cambiaba la zona de posicionamiento de sus pies con respecto a cuando no llevaba cosas.

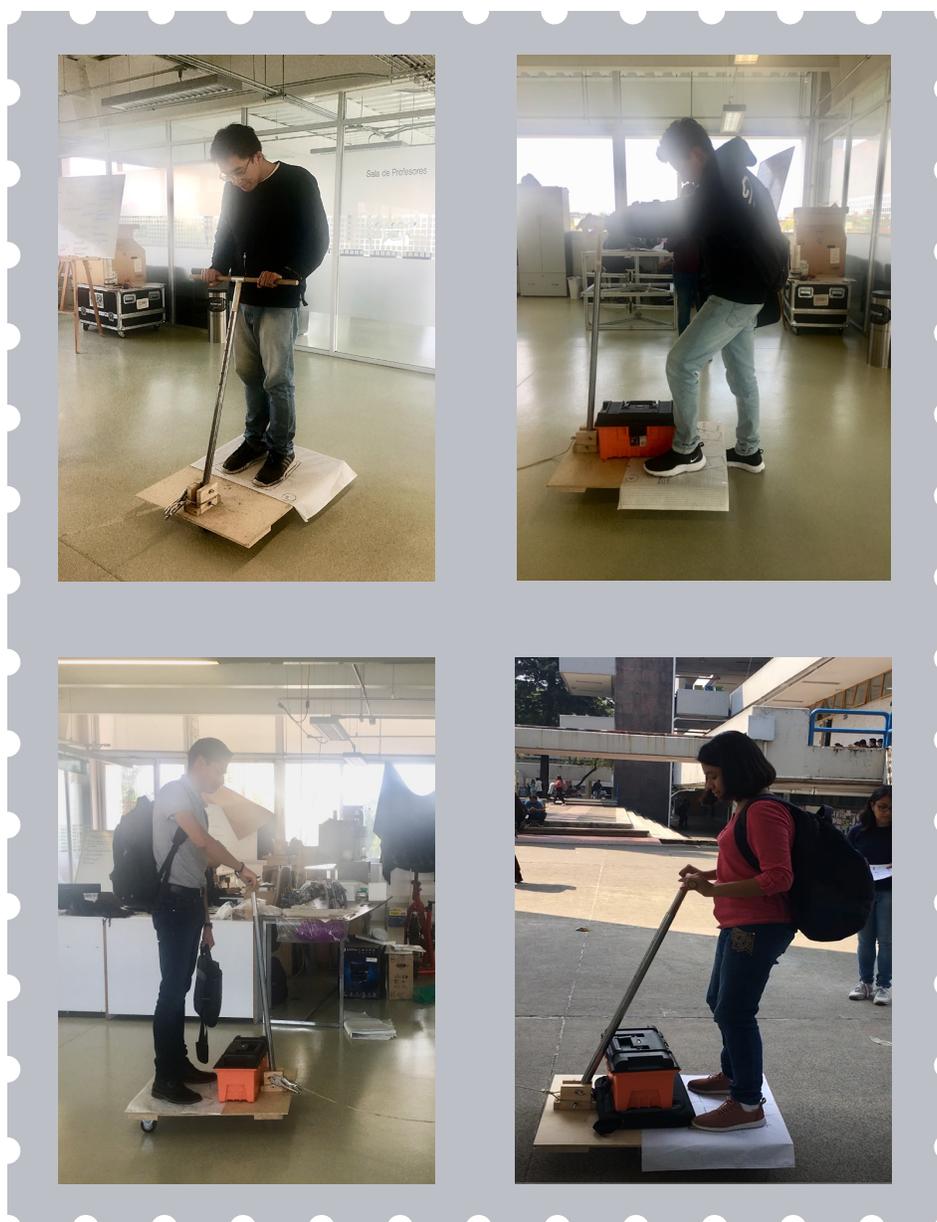


Figura 2. 11 - Usuarios en simulador ergonómico.

2.9.2 RESULTADOS DE SIMULADOR ERGONÓMICO

Los resultados que se obtuvieron de pruebas y observaciones realizadas con 20 usuarios (17 hombres y 3 mujeres) fueron, que de la primer etapa en la inclinación del manubrio se mostró una variación de ángulos θ entre 2° y 15.4° (Figura 2.12). La longitud del manubrio dependía del ángulo de inclinación, que también presentó una variación predominante de 97 a 105 cm.

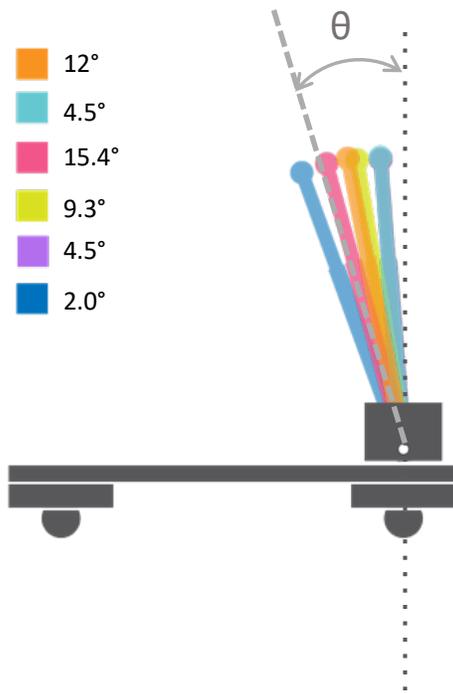


Figura 2.12 - Resultados predominantes etapa 1.

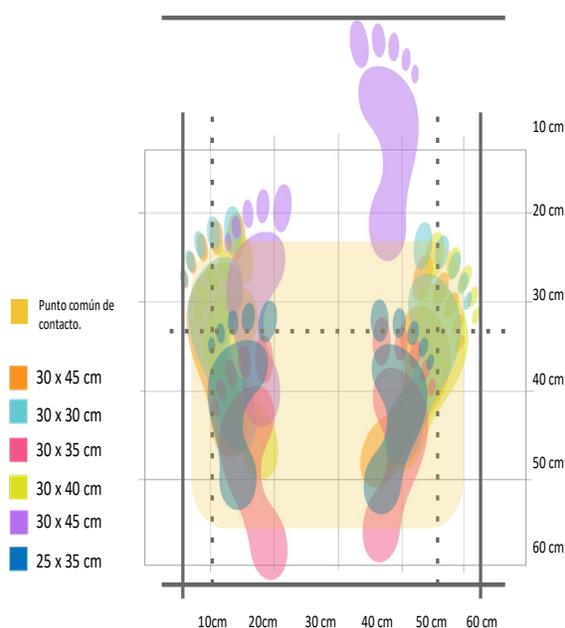


Figura 2.13 - Resultados predominantes etapa 2.

Al final se llegó a la conclusión de que tenía que fijarse el ángulo de inclinación, al igual que la longitud del manubrio, ya que eran demasiadas las variables y complicaba el uso del vehículo.

Como observación se obtuvo que la plataforma es inestable fuera del triángulo formado por las 3 llantas, la colocación de manos se da de manera lineal con la posición de los hombros, el ángulo de brazos se representa casi de 90° y la forma de ascenso al vehículo siempre por la parte trasera en todos los usuarios.

Con respecto a la segunda etapa se conoció que se necesita una base de apoyo de dimensiones de 40x60 cm. De los 20 usuarios 18 posicionaron sus pies con las puntas hacia enfrente y paralelo uno al otro, lo que les ayudó a mejorar su equilibrio y darles seguridad (Figura 2.13).

También se observó que la rigidez de la unión manubrio-plataforma debe permanecer lo suficientemente rígida para que no se mueva y le genere la adecuada confianza al usuario cuando el vehículo está en movimiento. Durante el recorrido, todos los usuarios siempre volteaban a ver el piso y el manubrio. La variación de trazos entre la posición inicial y final de los pies se consideró despreciable, ya que no fue mucha la diferencia.

De la última etapa se encontraron las diferentes configuraciones para transportar cada una de las cosas (Figura 2.14), con lo que se observó que todos los usuarios preferían cargar siempre la mochila en la espalda, la caja enfrente de sus pies o entre las piernas (mujeres) sobre la plataforma y el portafolio fue el que lo colocaron con mayor variación de posiciones, unos lo trasladaban en su hombro, otros en el manubrio, encima o junto con la caja. El traslado con cosas no afectó el trazado de la etapa anterior, permaneció la colocación de pies en la misma zona.



Figura 2.14 - Resultados predominantes etapa 3.

2.9.3 MAQUETA DE REPRESENTACIÓN DE SUSPENSIÓN

La maqueta de suspensión se construyó para entender el funcionamiento de la misma en conjunto con el giro de las llantas y con el fin de implementarla en la configuración completa del vehículo, esto pensando en evitar arrastre y volcadura.

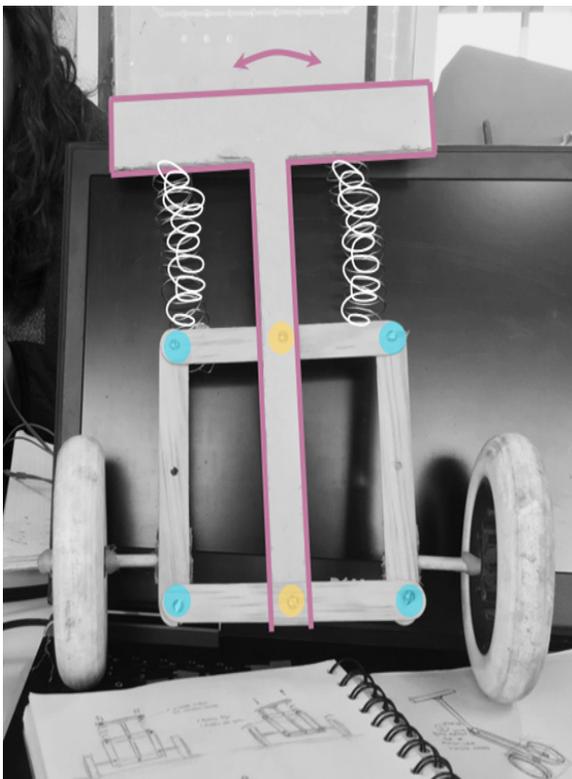


Figura 2.15 - Maqueta de modelo de suspensión.

El modelo seleccionado que representaba la amortiguación, con el que se observó la funcionalidad consistía en un mecanismo de cuatro barras (Figura 2.15) el que al recargar peso en el lado izquierdo del eslabón central (rosa), el resorte de ese lado se comprimía y el derecho se alargaba, lo que provocaba a su vez que con los puntos azules se formara un rombo orientado a la izquierda. Todo este movimiento nos permitía un giro del vehículo a la izquierda. Por lo que para dar un giro del vehículo a la derecha se debía cumplir lo contrario.

Los materiales para realizar la maqueta fueron palos de madera, abatelenguas, cartón, llantas de carreta usadas, alambre, silicón.

2.9.4 MAQUETA A ESCALA DE VEHÍCULO

Se construyó un modelo a escala de configuración factible del vehículo con el fin de visualizarlo de forma completa y pensar en posibles ajustes de elementos (Figura 2.16). Se tomó como base para explorar la dirección para el giro del vehículo, la posición del usuario, colocación de la suspensión y la plegabilidad (Figura 2.17).

Para la representación se definió el diámetro de las ruedas de 10", de la plataforma (40x60 cm) y longitud máxima del manubrio (105 cm) planteadas de los resultados del simulador, esto para tener una mejor noción de la dimensión que podrían ser utilizadas en la versión final. Todas estas medidas fueron escaladas, la escala ocupada fue 1:5.

Se colocó la plataforma en conjunto con las llantas traseras y su suspensión, sobre unos rieles que nos daban la posibilidad de variar su posición para observar, comportamiento ante una curva. El material utilizado para su construcción fueron palos de madera, tubos de pvc, abatelenguas, cartón, alambre y silicón.

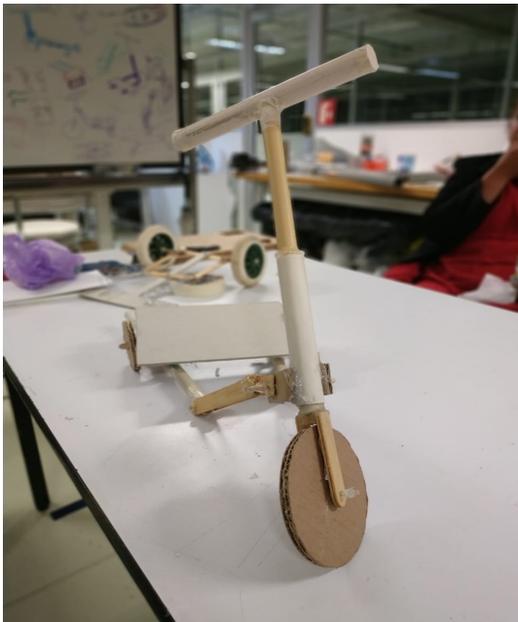


Figura 2.16 - Maqueta de modelo de vehículo.



Figura 2.17 - Maqueta de modelo de vehículo plegado

2.9.5 RESULTADOS DE MAQUETAS

El resultado de la maqueta de la suspensión fue el entendimiento del funcionamiento general y los componentes necesarios para su desempeño. Se notó también, que no era suficiente esa propuesta por lo que se debían probar más configuraciones.

Por el lado de la maqueta a escala del vehículo se conocieron y evaluaron todos los elementos y mecanismos que intervenían en el funcionamiento. Se detectaron los críticos como lo era la pieza que conectaba a la dirección con la estructura trasera, además de notar que en la configuración planteada las llantas debían ser independientes, junto con la suspensión, de otra forma no tenía función la suspensión y había arrastre de las llantas traseras.

Conforme se acercaba la plataforma por medio de los rieles a la dirección el vehículo se hacía más inestable al girar. El diseño de la plataforma debe ser intuitiva para posicionamiento de los pies. Hacer el vehículo plegable es un tema que se debe tomar en cuenta desde el principio del diseño de la configuración.

2.10 APRENDIZAJES Y HALLAZGOS CICLO A

Las problemáticas existentes en la movilidad demandan de diversas soluciones, siendo una de ellas, el uso de diferentes tipos de vehículos. Entre ellos se encuentran los vehículos eléctricos personales de última milla, que actualmente están siendo explorados en diversas situaciones de aplicación, ya sea en la prestación de servicios o empleados para uso privado.

Una de estas tantas aplicaciones es en Universidades, ya que la movilidad de masas en ella es una problemática debido a la alta demanda y poca disposición de transporte. Además del tiempo que tardan los usuarios en recorrer los trayectos de un lugar a otro, como se mostró en el caso de estudio en Ciudad Universitaria, en donde se encuentran lugares muy separados unos de otros.

La mayor movilidad dentro de la universidad se da usando como transporte autobuses o bicicletas del servicio interno proporcionado por la universidad que es totalmente gratis y en menor proporción por taxis de servicio privado con su respectivo pago de cuota según distancia recorrida. La preferencia a veces de algunos usuarios a caminar o usar bicicleta en lugar de otro transporte, lleva al final del día a que el usuario se sienta agotado y que a su vez tenga implicaciones en aspectos de apariencia, esto por los indicios de sudor en la ropa o en casos de las mujeres también imperfecciones en su maquillaje.

Como se observó los que más se trasladan son los alumnos, visitantes, directivos y académicos, pero de ellos los que realizan más traslados a más de una sede o lugar son alumnos de posgrado y académicos. Siendo estos últimos, además de directivos y algún otro estudiante de licenciatura los que pueden acceder a un vehículo de movilidad personal de uso privado, esto por su poder monetario de adquisición.

Por último entre las características halladas a tomar en cuenta para el rediseño del vehículo fueron que éste sea totalmente eléctrico para facilitarle al usuario

un traslado sin esfuerzo, de igual forma se considere la autonomía para que haga recorridos eficientes. Tenga una capacidad de carga de al menos 120 [kg], que contempla al usuario y sus pertenencias. La plataforma en dónde se colocarán los pies deberá ser cómoda e intuitiva, el manubrio contará con una inclinación y altura fijos. El vehículo debe ser resistente a las irregularidades de terreno y en su totalidad debe transmitir seguridad al usuario cuando se encuentra en movimiento.

2.11 NUEVO MERCADO

Al final de este ciclo se presentó la oportunidad de colaborar con una empresa de paquetería y por ello se decidió encaminar el proyecto de investigación a esta temática; que también se encontraba contemplada entre los mercados planteados en el apartado: 2.3 Contexto de uso. Razón por la que en los siguientes capítulos se presentan los alcances, objetivos, desarrollo y resultado final del proyecto enfocado en materia de la entrega de paquetes.

CAPÍTULO 3

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA



3.1 COLABORADOR: RE!-CORRE

Primeramente, para la ejecución de este proyecto, se contó con la participación directa de la empresa Re!-corre, que nos presentó un mercado de oportunidad, en el que se hicieron observaciones a usuarios y entornos reales; conociendo al final los desafíos y problemáticas a las que se enfrentan en su vida diaria al moverse. También de obtener retroalimentación por parte de ellos, tomando el papel como clientes.

Re!-corre es una empresa que ofrece servicio de mensajería, distribución y concierge en diferentes partes del territorio nacional. Sus servicios se encuentran concentrados principalmente en las ciudades de Puebla, Pachuca, Toluca, Guadalajara, Monterrey y CDMX.

Ofrece entregas rápidas, rastrea los pedidos en tiempo real sin costo extra por medio de GPS, seguro gratis, entregan el mismo día de recolección, calculan sus precios sin importar peso, ni medidas, mientras quepan en sus unidades [19].

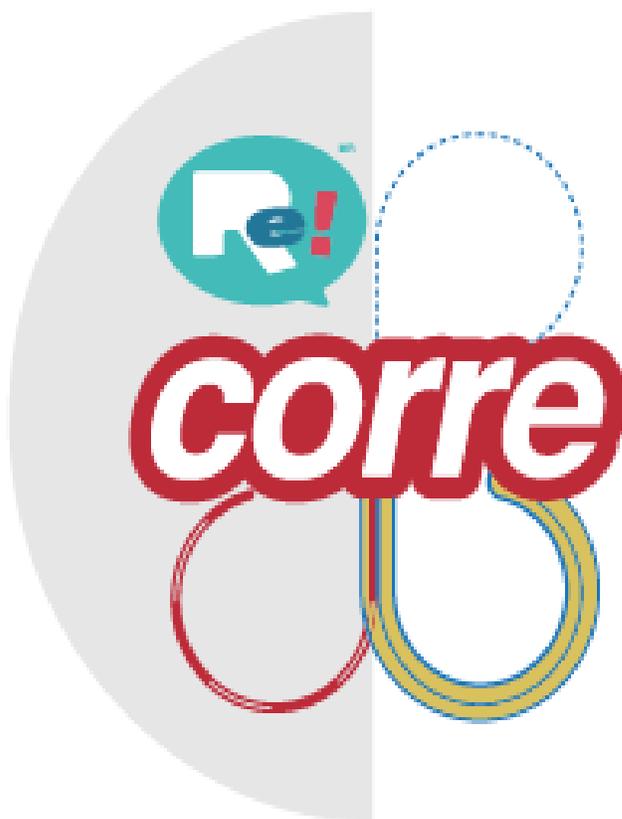


Figura 3.1 - Logotipo de empresa [19].

3.2 COMERCIO ELECTRÓNICO (E-COMMERCE)

El comercio electrónico o mejor conocido como *e-commerce*, es la compraventa y distribución de bienes y servicios a través de internet u otras redes informáticas. El comercio electrónico actualmente se ve como la última faceta en la evolución del comercio, es decir en el intercambio de bienes y servicios a lo largo de la historia [20].

El *e-commerce* en los últimos años ha experimentado un gran crecimiento y actualmente, se encuentra aún en transformación, esperando que en un corto plazo, su alcance se extienda, lo que causará que el mercado sea más complejo y competitivo. Los avances tecnológicos que también siguen en evolución, permitirán este incremento de compras en línea.

Entre los beneficios más significativos que los compradores notan de esta forma de comercio es el ahorrar tiempo, ya que no es necesario acudir a los establecimientos, reciben en sus domicilios y pueden comprar a la hora que desean. En algunos casos cuentan con mayor información del producto o servicio lo que les ayuda a que tomen una mejor decisión de compra. Por parte de los vendedores se tiene la ventaja en el ahorro de la renta de establecimientos físicos, así como el alcance de promoción de sus productos o servicios, ya que puede ser escalable de un nivel local a uno nacional, he incluso internacional.

Conforme se da la evolución del *e-commerce*, también lo hacen las necesidades y los hábitos de consumo, lo que da como resultado el surgimiento de nuevos factores que modifican el escenario actual y generan nuevas vías de compraventa en línea como lo es la compra en línea y recolección de productos en tienda (*buy on line, pick up in store* por sus siglas en inglés). Todo siendo prácticas que generan para los consumidores un ahorro mayor en tiempo de espera y flexibilidad, al permitir que los productos adquiridos les lleguen a su domicilio o sean recogidos en la tienda. Además de que las empresas hacen ahorro en los costos de logística en sus centros de distribución y reducen gastos evitando el costo de envío [21].

3.3 COMERCIO ELECTRÓNICO(E-COMMERCE) EN MÉXICO

El crecimiento que ha experimentado el comercio electrónico en Latinoamérica en los últimos seis años ha sido memorable, gracias en parte a los números que aporta México. Y es que la cultura de comprar en línea en el país es de las más fuertes en Latinoamérica. La mayoría de los mexicanos hacen de esta actividad un hábito frecuente en sus vidas. Para el año 2017, en la región los líderes del *e-commerce* eran Brasil con un 36.3% del comercio total, México con 24%, Argentina 19.6% y Chile 4.7% seguido por Colombia 4.4% (Figura 3.2) [22].

México que ocupa el segundo lugar en ventas de e-commerce en América Latina y que 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 [23]. Se reporta también que de 2017 a 2018 México tuvo un crecimiento porcentual de 19.1% y de 2018 a 2019 de 17.9% (Figura 3.3) [24].

Actualmente Latinoamérica se encuentra en una etapa inicial de desarrollo en cuanto a comercio electrónico se refiere, tanto a nivel nacional como internacional. Lo que hace ver que es significativamente más pequeño que en otras partes del mundo como Asia, Europa o América del Norte.

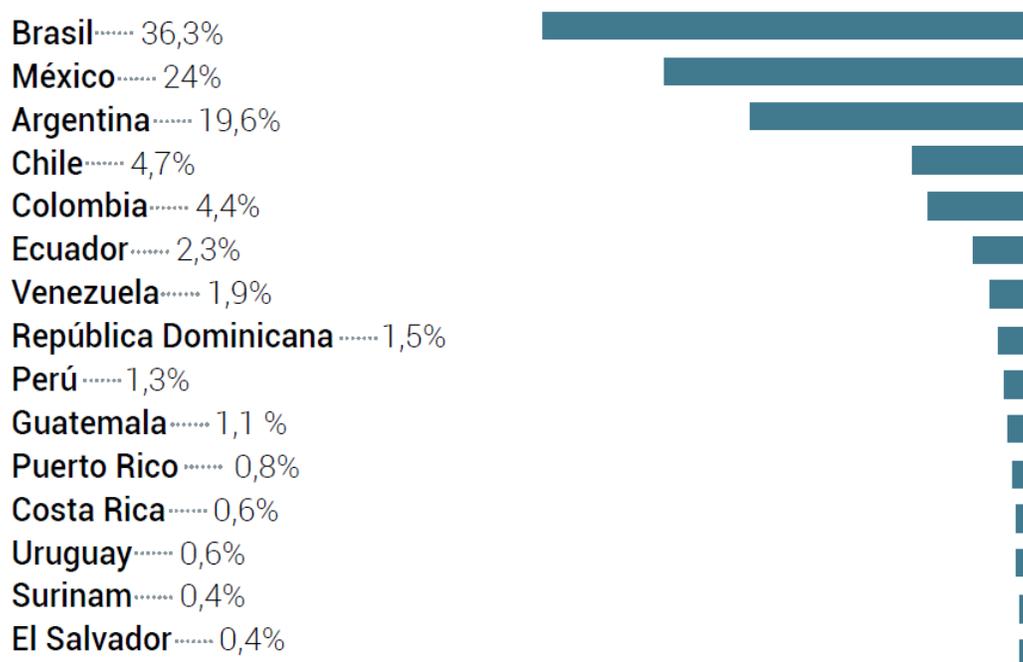


Figura 3 . 2 - Porcentaje de e-commerce en Latin América, 2017 [23].

Crecimiento porcentual anual de eCommerce

Año	México	Brasil
2016-2017	28%	N/A
2017-2018	19,1%	13%
2018-2019	17,9%	12,8%
2019-2020	16,3%	12,2%

Figura 3 . 3 - Crecimiento porcentual anual de e-commerce en Latin América [24].

El desarrollo del e-commerce se debe también a que México es un país digital, es decir, cada vez más personas tienen acceso a internet año con año y la mayoría suele ocuparlo para realizar muchas de sus actividades diarias como lo son ver películas, escuchar música, utilizar un correo electrónico, comunicarse con alguien, consultar noticias, etcétera. Por lo que hasta enero de 2020, México contaba con 89 millones de usuarios de internet, siendo el segundo país con mayor penetración, superando a Argentina y Colombia (Figura 3.4) [25].

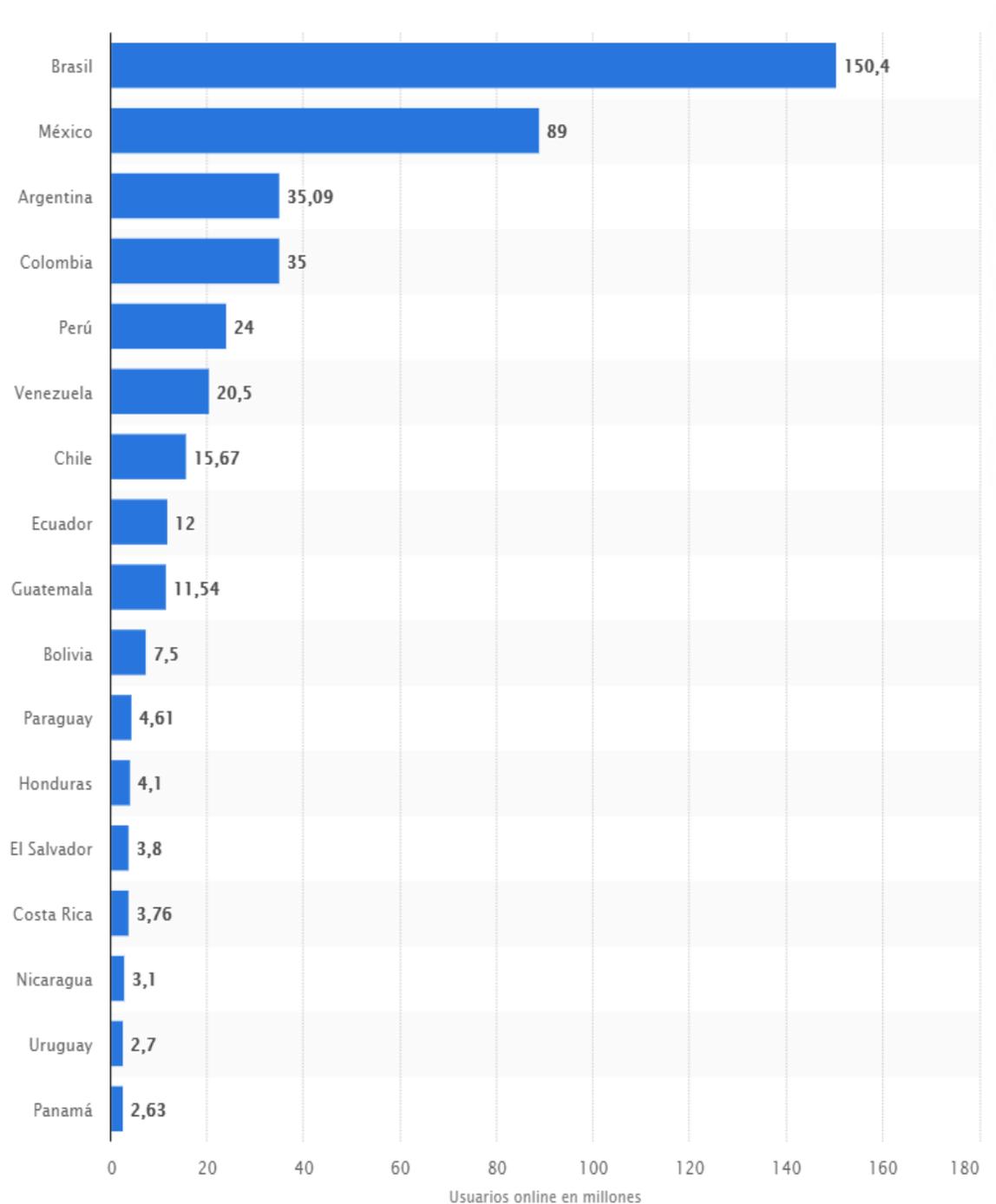


Figura 3.4 - Número de usuarios de internet por país en América Latina en 2020 (Fuente: Statista) [25].

En México hay 80.6 millones de usuarios de internet. El 76.6% de la población urbana es usuaria de Internet, mientras que en la zona rural la población usuaria se encuentra en 47.7%. Actualmente de esta población con acceso a internet, son las nuevas generaciones catalogadas como Generación Z (personas nacidas entre los años 1994-2010) y Millennials (personas nacidas entre los años 1981-1993), son las que se encuentran impulsando la economía digital en el país.

Como se observa en la Figura 3.5 en el tercer lugar de usuarios se encuentran los de 25 a 34 años, quienes registraron 86.9% y los de 35 a 44 años en cuarto lugar con un 79.3% que pertenecen a estas dos generaciones.

A pesar de observar que la mayor proporción de usuarios de internet se concentra, en el grupo de 18 a 24 años con una participación del 91.2% y en un segundo grupo de edad de 12 a 17 años donde el uso de internet es con 87.8%. Los que se encuentran en un mejor poder adquisitivo y realizan mayores movimientos vía internet, son los pertenecientes al cuarto y tercer grupo que juntos generan una mayor cantidad de usuarios, lo que va a potencializar el crecimiento del comercio electrónico mexicano en el corto plazo [26].

Distribución de los usuarios de Internet por grupos de edad, 2019

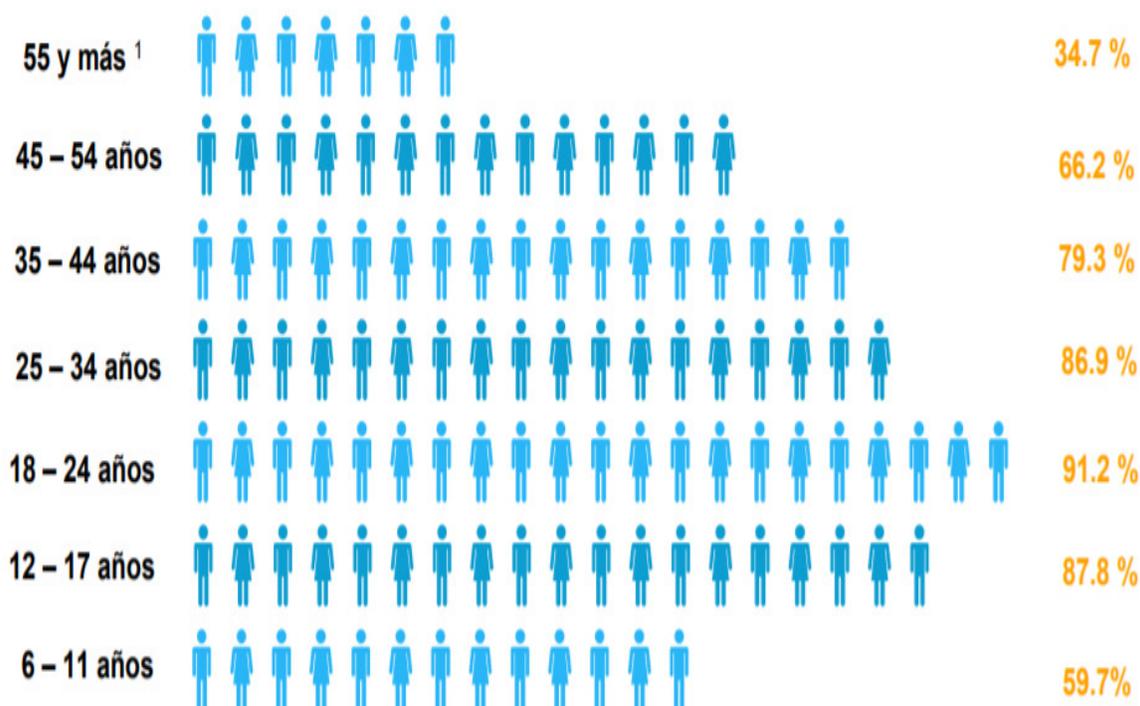


Figura 3. 5 - Distribución de los usuarios de Internet por grupos de edad, 2019 (Fuente: INEGI) [26].

3.4 COMPRADOR MEXICANO

Como ya se mencionó en el apartado anterior la penetración de internet en los últimos años, ha venido impulsado el mundo digital y por supuesto el comercio electrónico en el país. Siendo la Generación Z y los Millennials, los principales promotores, por lo que el perfil del comprador mexicano según el último estudio de la Asociación Mexicana de Venta Online (AMVO) nos muestra esta tendencia y las características que tuvieron estos principales compradores de enero de 2019 hasta enero de 2020. El estudio comprende encuestas a 813 compradores en línea.

En la Figura 3.6, se observa que efectivamente los que consumen más online son personas de una edad entre 25 a 44 años, seguidas por los de 18 a 24 años, aunque para este estudio se muestra un incremento en las personas de 45 a 64 años y de 35 a 44 años respecto al estudio del año anterior. Las personas que más realizan compras se encuentran en un nivel socioeconómico AB y C+, el primero sufrió un decrecimiento y el segundo un aumentó con respecto al año anterior. El que también creció son personas con nivel socioeconómico C, pero obtuvo igualmente menor porcentaje aún así que el C+.

PERFIL DEMOGRÁFICO DEL COMPRADOR EN LÍNEA MEXICANO

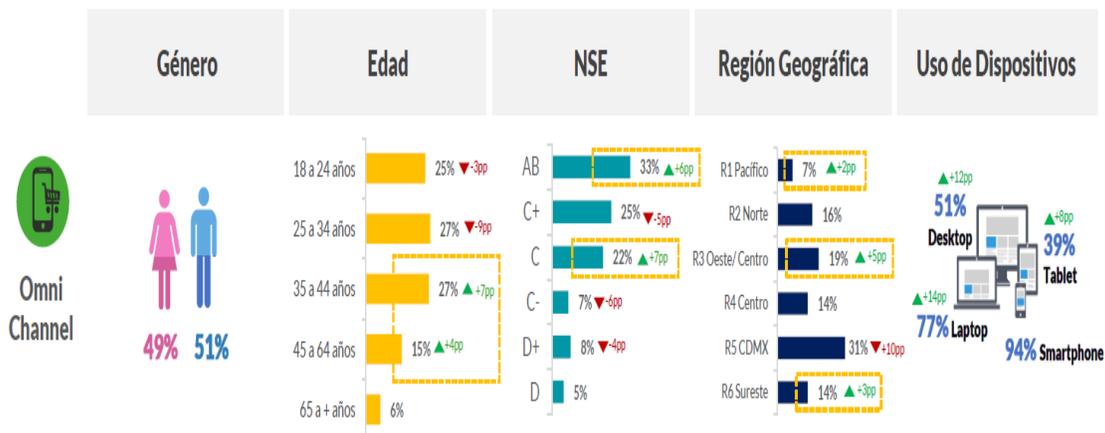


Figura 3.6 - Perfil demográfico del comprador en línea mexicano (Fuente: AMVO) [27].

La región geográfica en donde se da mayor actividad de compra online es en la CDMX, que respecto con el año pasado (de enero de 2018 hasta enero de 2019), tuvo un decremento de 10 puntos porcentuales (pp). Después en segundo lugar de compras está la zona oeste/centro, que sufrió un incremento, al igual que el pacífico y el sureste del país. En el tercer lugar se encuentra la zona norte que se mantuvo con el mismo porcentaje de compradores. Los dispositivos más utilizados para realizar estas compras son teléfonos celulares con un 94%, seguido por 77% de uso de laptops, 51% de computadoras de escritorio y 39% de tablets [27].

Dentro de las principales razones para realizar compras en línea, el precio pierde terreno en la mente del consumidor, cada vez son más fuertes otros beneficios al comprar en línea, especialmente la conveniencia, la capacidad de comparar precios y obtener productos que no están disponibles en canales físicos. En la Figura 3.7 se muestran cinco razones principales por las que el comprador mexicano prefiere realizar sus compras en línea.

Por último tenemos los cinco métodos preferidos del comprador mexicano para recibir sus compras en línea, son: el envío a su hogar con una preferencia de 79%, le sigue con el 31% envío a su oficina o lugar de trabajo, porcentaje que aumento 17 puntos porcentuales con respecto al estudio pasado, después recoger en centros de distribución con 10% y muy cercano con un 9% el envió a casa de familiar o amigo y finalmente el recoger en tienda física con un 6% de preferencia (Figura 3.8) [27].

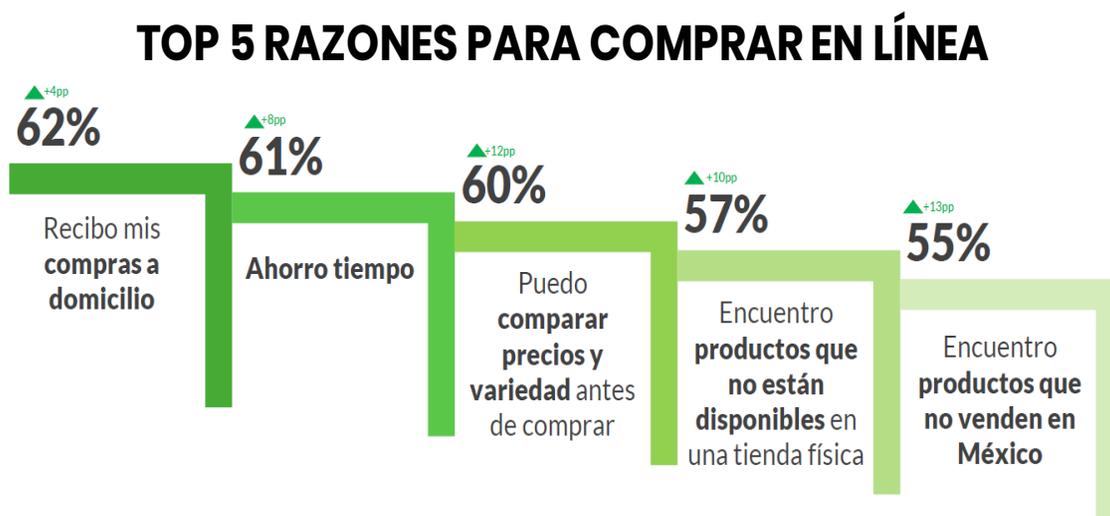


Figura 3.7 - Razones para comprar en línea (Fuente:AMVO) [27].

MÉTODOS DE ENTREGA PREFERIDOS PARA RECIBIR COMPRAS EN LÍNEA

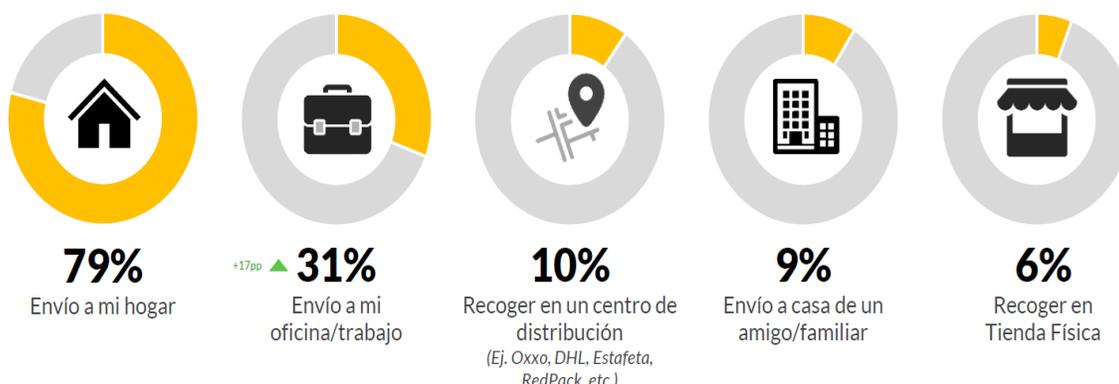


Figura 3.8 - Métodos de entrega preferidos para recibir compras en línea (Fuente: AMVO) [27].

3.5 E-COMMERCE Y ÚLTIMA MILLA LOGÍSTICA

La movilidad, en las megaciudades, es una actividad cotidiana en sus habitantes, pero también es parte fundamental para empresas que producen y entregan sus productos y servicios en ellas.

El creciente uso del comercio electrónico (*e-commerce*) por empresas, hace que las mismas soliciten servicios para hacer llegar sus productos a sus clientes en forma efectiva, rápida y segura, provocando también el crecimiento acelerado de los servicios de paquetería.

El desarrollo acelerado del *e-commerce* plantea grandes retos y oportunidades a empresas de logística y de paquetería, ya que se tiene el creciente volumen de paquetes, la exigencia por satisfacer las expectativas de los clientes, así como las condiciones de la infraestructura vial, entre otras particularidades a tomar en cuenta. Por lo que este mercado tiene tres retos principales para los años venideros: servicio rápido y flexible, procesos de compra más sencillos y logística sostenible[28]. Para afrontar el primer reto, las entregas de última milla están siendo cruciales.

En el campo de la logística, el concepto de última milla hace referencia al último tramo de entrega de los paquetes en el destino indicado por el cliente [29], es decir la distancia que recorre el repartidor, desde un centro de distribución hasta el lugar de entrega. El alcance de la última milla logística puede abarcar desde unas cuantas manzanas en la ciudad hasta distancias mucho más largas.

La evolución de la última milla logística ha puesto un gran desafío para una gestión con eficiencia, porque el paquete, desde que sale del último punto de distribución hasta llegar al destino de entrega, encuentra numerosos obstáculos.

Algunos de estos impedimentos están relacionados con el propio transporte, otros con el tipo de producto que se entrega o el entorno donde se realiza. Aun así, en la actualidad, ciertas tendencias en la forma de ejecutar la logística de última milla, con la aparición del *e-commerce*, han dibujado un panorama aún más complejo.

El diagrama de la Figura 3.9 muestra, como era la última milla tradicional, donde sólo se observan, dos vías de entrega, una al cliente y otra a una tienda física.

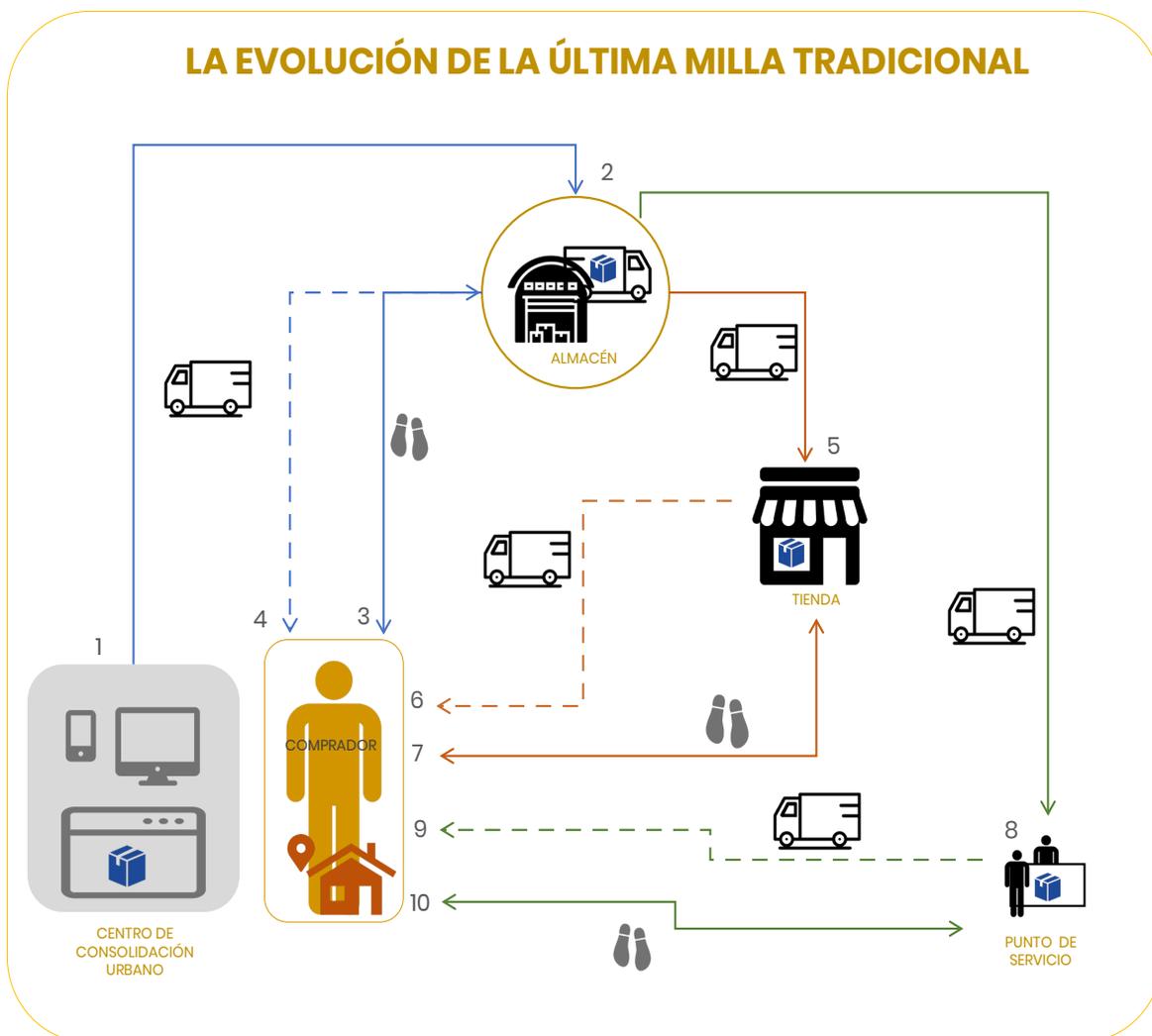
En el diagrama de la Figura 3.10, se muestra la complejidad que ha alcanzado la última milla en la actualidad, con varias ramificaciones en la entrega[29]. Esta complejidad en el proceso de entrega actual, como ya se mencionó, repercute también en la movilidad, porque ya sea en zonas rurales o urbanas, surge la necesidad de buscar nuevas formas para llevar los paquetes a los destinos deseados, tomando más impacto en las grandes urbes donde se encuentra la

mayor concentración de compradores.

Y es por ello que algunas alternativas para encarar esta problemática y dar una solución, es utilizar nuevos vehículos para el transporte. Aplicando así los Vehículos de Movilidad Personal (VMP) en este mercado, en esta última milla en el mercado de la entrega de paquetería.



Figura 3 . 9 - Diagrama tradicional de logística de la última milla [29].



- 1 – 2. Transporte de productos del centro de consolidación urbano al almacén.
- 2 – 3. El comprador va de su domicilio al almacén por su producto y de regreso.
- 2 – 4. Entrega del producto al comprador en su domicilio.
- 2 – 5. Entrega de productos del almacén a la tienda.
- 5 – 6. Entrega de productos desde la tienda al comprador.
- 5 – 7. El comprador va de su domicilio a la tienda para realizar una compra directa y de regreso.
- 2 – 8. Entrega de productos del almacén a un punto de servicio.
- 8 – 9. Entrega de productos desde el punto de servicio al comprador.
- 8 – 10. El comprador va de su domicilio al punto de servicio para recoger su producto y de regreso.

Figura 3.10 - Diagrama de la evolución de la logística de la última milla [29].

3.6 OBJETIVO

Después de haber conocido el entorno del comercio electrónico en el país y las problemáticas que tiene la movilidad en la última milla en la entrega de paquetería, se planteó afrontar los retos que se presentan en este nicho a través del desarrollo de un vehículo de última milla. El objetivo que se sigue a lo largo de este trabajo es:

Diseñar mediante la metodología Diseño Centrado en el Usuario (DCU), un Vehículo de Última Milla (VUM) eléctrico, que permita la entrega de paquetería de una forma eficiente en zonas de difícil acceso para la camioneta, reduciendo el tiempo y costos de envío, a mediano y largo plazo.

3.7 ALCANCES

Los alcances para este trabajo de tesis son:

- Empleo de la metodología Diseño Centrado en el Usuario para resolver las problemáticas existentes en la última milla en la entrega de paquetes.
- Identificación de las necesidades reales del usuario en el entorno
- Diseño de experiencia para el usuario haciendo uso de un VUM que cambie la forma en como es realizada la actividad de entrega.
- Diseño de un producto y/o servicio que satisfaga las necesidades del usuario.
- Diseño y construcción de prototipo del producto, para validar su aplicación.

CAPÍTULO

4

CICLO 1: USUARIO

4.1 RETO DE DISEÑO

Como ya se mencionó nuestro mercado cambió a la última milla en la entrega de paquetería, por la colaboración de una empresa. Por lo que, la nueva fase del proyecto comenzó de nuevo con el planteamiento de un reto como se expone en la metodología de DCU de acuerdo a sus etapas.

De esta manera el reto propuesto en la primer etapa de DCU, definir, fue: Diseñar un vehículo que permita optimizar las entregas, con el objetivo de garantizar la calidad del servicio a los compradores. Lo anterior planteando el uso de vehículos alternativos en la última milla para la entrega de paquetería. Esto debido a la alta demanda de entregas generada por el comercio electrónico.

4.2 USUARIO EN CONTEXTO

La siguiente etapa de DCU, que es conocer; comenzó por examinar y saber todo lo que contemplaba a las personas que se verían beneficiadas. El principal enfoque de este primer ciclo fue conocer al usuario y su entorno, a partir de sus experiencias y la información proporcionada por el colaborador. Por ello se realizó una reunión con éste último y observaciones con los trabajadores, información que se presenta en los siguientes apartados.

4.2.1 REUNIÓN CON COLABORADOR

El primer encuentro con los colaboradores de la empresa de paquetería, se realizó aproximadamente una semana después de estar enterados de la colaboración. De esta reunión se conoció la información que se presenta enseguida.

La empresa ofrece servicio de paquetería principalmente para compañías que se dedican al comercio electrónico, las zonas en las que se encuentran mejor posicionados son tres, de las cuales una de ellas es la CDMX.

Su sistema de logística está compuesto por dos procesos principales, uno es el de recepción y separado de paquetería, y el otro es el de entrega de paquetería. En este apartado se tratará el primero.

Para el proceso logístico de recepción y separado de paquetería, la compañía cuenta con estaciones de almacenamiento y control, en diferentes partes del país. En estas estaciones se reciben los paquetes previamente embalados por las empresas que ofrecen los servicios de e-commerce.

El día de llegada de los paquetes a la estación, se registran en su sistema, para posteriormente ser separados de acuerdo a cuadrantes de entrega; que están previamente calculados en rutas logísticas de 50 km. Después de la organización son almacenados en grupos de cuadrantes, para que finalmente al siguiente día sean asignados a los repartidores para su entrega (Figura 4.1).



Figura 4.1- Proceso logístico de recepción y separación de paquetería.

4.2.1.1 USUARIO

Como acercamiento inicial a la definición de nuestros usuarios y personajes principales, que realizan toda la logística de entrega, de acuerdo a lo establecido por la empresa son: choferes y ayudantes repartidores. Ellos son de sexo masculino en su totalidad, con un rango de edad de entre 25 y 45 años, de complejión robusta y una estatura media de 1.70 [m].

Los horarios de entrega que tienen los usuarios en temporadas normales son de 7 a.m. a 4 p.m. (9 horas con 1 hora de comida) y en temporada alta de 9 a.m. a 9 p.m. o incluso más dependiendo de la demanda. Realizan entregas tanto a zonas populares como zonas de corporativos. Para entregas en lugares de difícil acceso en las que se encuentran las zonas populares; el equipo de entrega está compuesto por un chofer y un ayudante, este último encargado de repartir la paquetería y el primero sólo de conducir. Por otro lado, en las zonas donde se puede acceder fácilmente, que son en su mayoría algunas zonas corporativas, sólo se envía una persona que tiene el rol de chofer y repartidor (Figura 4.2).

La cantidad de paquetes para entregar por vehículo en cada día, son en promedio de 30, pero deseaban una entrega de 50 a 60 paquetes, ya que los vehículos tienen mayor capacidad (paquetes aproximados en los vehículos de mayor capacidad: 150), pero no era posible aumentar tanto el número debido a los conflictos que se encontraban al realizar las entregas.

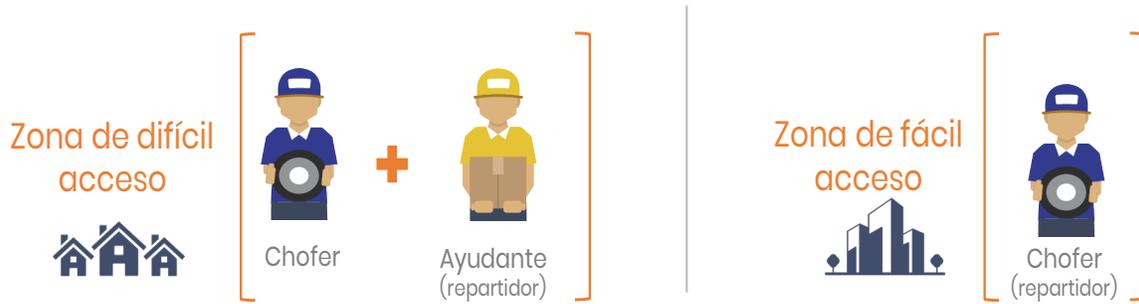


Figura 4. 2 - Organización de personal para entrega, según tipo de zona.

4.2.2 OBSERVACIONES DE USUARIO EN CONTEXTO

Debido a la gran importancia de conocer al usuario, se concretó un primer acercamiento en el que se realizaron observaciones en el segundo proceso del sistema de logística, es decir, de todo el procedimiento que contemplaba la entrega de paquetería; para obtener información directa de ellos.

A las observaciones asistieron cuatro miembros del equipo de diseño y éstas se dividieron en dos partes. La primera en el almacén, donde se examinó, desde la llegada a la estación de todos los usuarios involucrados; cuando entran a la bodega a recoger los paquetes y realizan el procedimiento de carga en los diferentes tipos de vehículos (Figura 4.3), hasta la logística antes de salir. Los pasos del procedimiento en el almacén (Figura 4.4), se encuentran enseguida y su detalle se puede observar en el Anexo Ciclo 1.

Procedimiento en el Almacén:

- 1 Llegada de choferes y ayudantes al almacén (Checkpoint).
- 2 Desayuno y espera para acceso al almacén.
- 3 Acceso de choferes en vehículos al almacén.
- 4 Conteo y carga de paquetes en vehículos (camionetas y motocicletas).
- 5 Acceso a aplicación de guiado y corroboración de datos.
- 6 Salida del vehículo del almacén y ascenso de ayudantes en camionetas.



1 VAN



2 MINI VAN



3 MOTOCICLETA

Figura 4.3 - Tipos de vehículos utilizados para hacer entregas. [30, 31, 32].

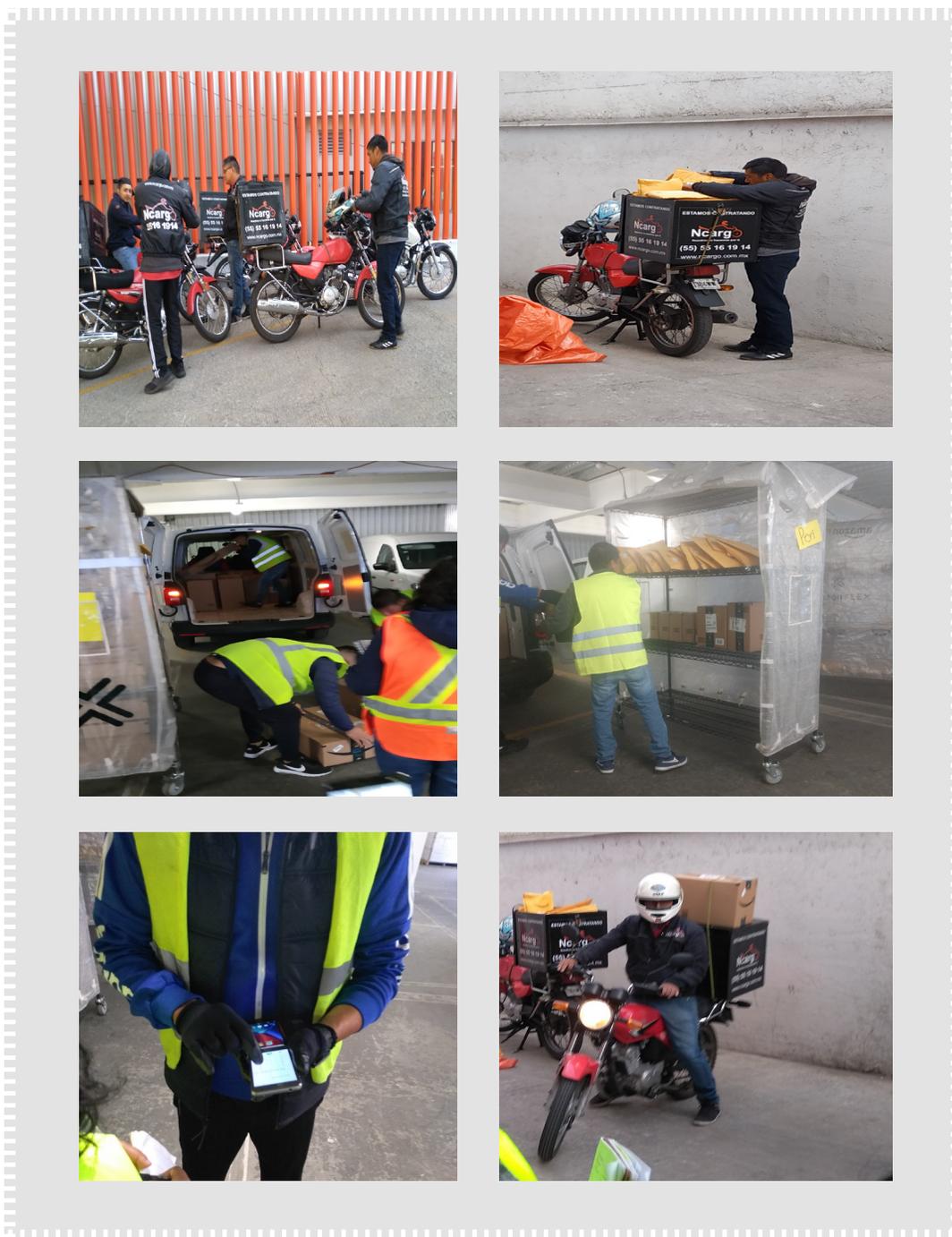


Figura 4.4 - Fotos que ejemplifican algunos de los pasos del procedimiento en el almacén.

Después de las observaciones en el almacén, la segunda parte fue en campo. Durante tres horas, cada miembro acompañó a dos trabajadores, un chofer y su ayudante; a bordo de camionetas a realizar entregas en una sección de la ruta de reparto, tiempo en el que también se les entrevistó. Sólo se hicieron observaciones en el proceso de entrega a bordo de camionetas; primeramente, por seguridad, debido a que en las motocicletas no se contaba con el espacio, para ir con ellos y tampoco con la protección extra (Figura 4.5). A continuación se presentan los pasos generales del procedimiento de entrega en camionetas y en el Anexo Ciclo 1, se detalla su descripción.

Procedimiento de Entregas.

- 7** Traslado a zona (cuadrante de entrega).
- 8** Localización de destino.
- 9** Estacionamiento del vehículo.
- 10** Búsqueda del paquete.
- 11** Llamado a la puerta del cliente por medio del timbre.
- 12** Entrega de paquete/ No hay entrega de paquete.
 - a)** Entrega de paquete y firma de entregado.
 - b)** No hay entrega de paquete (llamada a centro de atención para número telefónico de cliente y re-agendar entrega).
- 13** Selección y traslado al siguiente domicilio (repetición del proceso desde paso 8 hasta acabar entregas o mínimo el 98% de ellas).
- 14** Hora de comer e ir al baño (en algún momento de la ruta).
- 15** Regreso al almacén.

En total, se efectuaron 12 horas de observación y 10 entrevistas a personal de la empresa, que se encuentra en contacto directo con la logística; para finalmente conocer el contexto en el que laboran. En el Anexo Ciclo 1, se reporta información obtenida de las entrevistas, que complementan las observaciones y de una investigación de homólogos respecto a la entrega de paquetería.



Figura 4. 5 - Fotos que ejemplifican algunos de los pasos del procedimiento de la entrega de paquetes.

4.3 NECESIDADES

De la información recopilada de las observaciones, entrevistas y la reunión con el colaborador; empleando un modelo planteado por Ulrich y Eppinger [33] se organizó y se realizó un filtrado. El resultado final fueron cuatro tablas. En la primera se muestra información referente al uso del vehículo, en la segunda que les gusta a los usuarios y el cliente, acerca de algunos aspectos en la experiencia, en la tercera que no les gusta (usuarios y cliente) igualmente alusivo a la experiencia o entorno y finalmente en la cuarta sus sugerencias. En este apartado sólo se exhiben dos y se encuentran completas en el Anexo Ciclo 1.

Como se observa en las Tablas 4.1 y 4.2, cada una contiene un conjunto de datos sin procesar, enunciados obtenidos directamente de nuestros usuarios o cliente (colaborador) y un conjunto de oraciones, datos procesados, enunciados de las necesidades interpretadas por parte del equipo de diseño. Como se menciona cada enunciado fue dicho por el cliente, el chofer o el ayudante.

Pregunta/Sugerencia	Chofer	Ayudante	Cliente	Enunciado obtenido	Necesidad interpretada
Usos típicos de vehículo	x	x	x	Necesito meter paquetes de diferentes tamaños, pesos y frágiles.	El VUM tiene la capacidad de almacenar paquetes de diferentes volúmenes, masas y frágiles.
	x	x	x	Necesito transportar paquetes de diferentes tamaños, pesos y frágiles.	El VUM tiene la capacidad de transportar paquetes de diferentes volúmenes, masas y frágiles.
		x		Entrego paquetes de diferentes tamaños, pesos y frágiles.	El VUM permite entregar paquetes de diferentes volúmenes, masas y frágiles.
	x			Manejo de manera continua durante 9 horas.	El VUM cubre una jornada de trabajo.
	x	x		No suelo utilizar el cinturón de seguridad.	El VUM cuenta con sistema de seguridad.
	x	x		Hago entregas en una ruta de 50 Km diario.	El VUM cubre una ruta diaria.
	x			Acomodo los paquetes por tamaño.	El VUM tiene el espacio para ordenar los paquetes.
	x			Dejo la camioneta prendida mientras hago la entrega.	El VUM enciende fácilmente.
			x	No me gusta tener que gastar mucho en combustible.	La relación costo beneficio del VUM es alta.
	x	x		Busco los paquetes por tamaño y número de orden.	El VUM permite la identificación de los paquetes.
x			Reacomodo los paquetes en cada entrega para evitar que se muevan.	El VUM permite la estabilidad de los paquetes.	

Tabla 4.1- Necesidades interpretadas referentes a los usos típicos del vehículo.

Pregunta/Sugerencia	Chofer	Ayudante	Cliente	Enunciado obtenido	Necesidad interpretada
Que les gusta			x	Me gusta que caben hasta 120 paquetes.	El VUM cubre la demanda de paquetes.
	x			Me gusta que pueda tener la ruta a la vista.	El VUM permite ver la ruta fácilmente.
	x			Me gusta que pueda quitar el teléfono fácilmente.	El VUM permite desmontar el teléfono fácilmente.
	x	x		Me gusta que si me apuro, puedo salir temprano.	El VUM permite hacer entregas rápidas.
	x	x		Me gusta que no haya tráfico.	El VUM permite circular fácilmente en zonas con tráfico.
	x	x		Me gusta tener alguien con quien platicar.	El VUM permite tener interacción.
	x	x		Me gusta escuchar música.	El VUM procura hacer el viaje más ameno.

Tabla 4.2 - Necesidades interpretadas referentes a lo que les gusta.

4.4 SOLUCIONES ACTUALES

Los últimos tramos que recorren los repartidores, desde el centro de distribución hasta el punto de entrega; generalmente lo hacen con el uso de camionetas y con ello afrontan diversos retos, ya que los centros de las grandes ciudades son entornos cada vez más restringidos al paso de vehículos. El tráfico, la complicación de maniobrabilidad en espacios reducidos, los robos, la falta de estacionamientos, el consumo de combustibles fósiles y la problemática ambiental son algunos de estos retos a tomar en cuenta; lo que obliga a las empresas de paquetería y distribución a buscar otras soluciones que les permitan seguir trabajando y apuestan por la adaptación al entorno urbano, sobre la base de los nuevos desarrollos.

En los recientes años han surgido algunas alternativas de entrega, que contemplan vehículos como se muestran en la Figura 4.6. Algunos siguen siendo conceptuales y otros más se han transformado en una opción de solución viable.

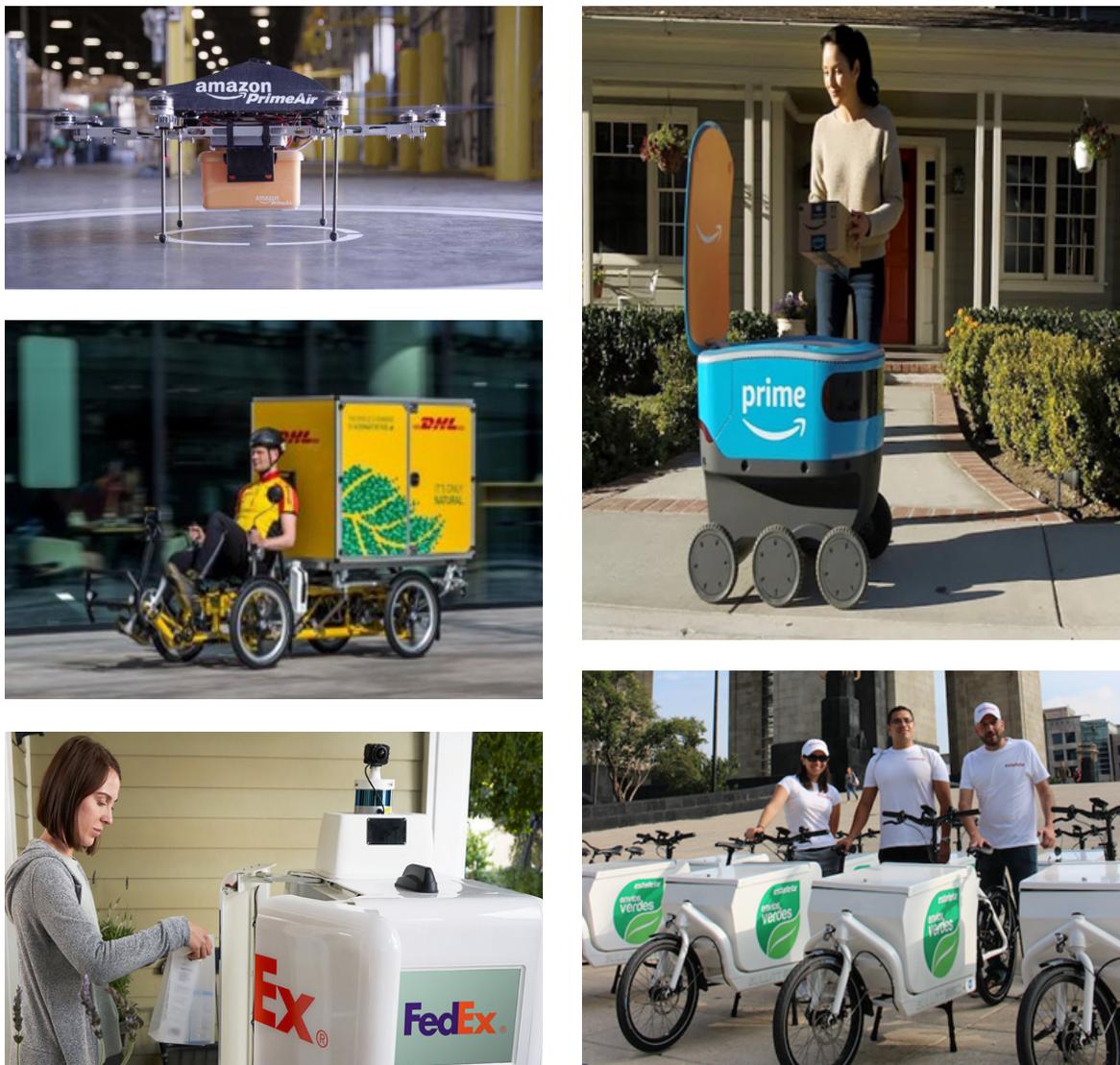


Figura 4.6 - Vehículos implementados [34-38].

4.5 FACTORES CRÍTICOS Y HALLAZGOS CICLO 1

En los recientes años se ha prestado especial atención a las problemáticas más comunes en las entregas de última milla, razón por la cual se ha tratado de implementar mejores prácticas y estrategias para solucionarlos.

En el proyecto a partir de las observaciones y entrevistas, se identificaron estas problemáticas, que tanto aquejan a los usuarios. Los hallazgos y factores críticos encontrados se resumen a continuación; hacen referencia a la entrega de paquetes, las dificultades por las que pasan los usuarios y las características generales de los mismos en estas condiciones. Se consideraron sobre todo las entregas de paquetes en camionetas, que fue el proceso de entrega en el que se enfocó la investigación.

A Características del usuario

Choferes y ayudantes tienen una estatura de entre 1.70 m y 1.60 m, complexión robusta a delgada (en su mayoría delgada), una edad entre 20 y 40 años y todos son de sexo masculino. Perciben un sueldo mensual de \$6,500 a \$7,000. Su vestimenta para llevar acabo su trabajo es cómoda, todo de acuerdo al clima del día; utilizan prendas como playera, chaleco, sudadera, pantalón de mezclilla y tenis, además de algunos accesorios como reloj, gorra para protegerse del sol o impermeable en el caso de lluvia. Algunas de las cosas que llevan siempre son un celular con la app de la empresa, su celular personal, sus identificaciones, dinero y sus llaves (Figura 4.7).



Figura 4.7 -Características de usuario actual.

B Entrega de Paquetes

- Paquetes de diversos volúmenes: los sobres y paquetes pequeños los reparte una sola persona en motocicleta, 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 tres ciudades, principalmente en Ciudad de México.
- 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 provista por los clientes de nuestros colaboradores.
- Entrega de 50-70 paquetes en promedio, en una jornada normal.
- Se cuenta con un protocolo de entrega.

C Dificultades en el trabajo

- Encontrar estacionamiento: en la mayoría de las veces deben alejarse unos metros para estacionarse y en 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 (calles estrechas, tráfico, privadas, diferentes condiciones de terreno, etc.); nombres de calles mal escritos o que han cambiado recientemente.
- Avería del vehículo durante la jornada de trabajo.
- Dificultad para la 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.
- 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 consumir sus 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 gases de efecto invernadero (GEI).
- Comprobar la recarga de combustible con recibos, la empresa cubre un monto fijo día a día.
- Nulo uso del cinturón de seguridad por parte del chofer y el ayudante, con la finalidad de facilitar su ascenso y descenso continuo.
- El manejo del tiempo en las entregas es el principal factor que genera preocupación en los operarios.
- Los operarios se encuentran también 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.

CAPÍTULO

CICLO 2: EXPERIENCIA

5

5.1 REDEFINICIÓN DEL RETO DE DISEÑO

Retomando lo aprendido en el ciclo anterior acerca del usuario, para este ciclo, el reto se redefinió como: diseñar un Vehículo de Última Milla (VUM) eléctrico que hiciera más eficiente la entrega de paquetes respecto a cómo se hace actualmente, con una aplicación en zonas de difícil acceso, para reducir tiempo y costos de envío; a través de la generación de nuevas experiencias de uso. Lo anterior también basado en que el único proceso en toda logística, en el que se podía comenzar a proponer y explorar era en la entrega.

5.2 PROPUESTA DE VALOR

La propuesta de valor es el “elemento de la declaración de la misión que articula las pocas razones críticas por las que un cliente compraría el producto; hipótesis que será validada durante el proceso de desarrollo del concepto” [39].

Por lo que la propuesta de valor general e inicial planteada en el proyecto fue:

“Reduce el tiempo de envío, costo de combustible, impacto ambiental, gastos administrativos y entrega la misma cantidad de paquetes, con tus propios vehículos”.

Satisfaciendo la reducción del tiempo de envío mediante la implementación de vehículos personales para moverse con mayor libertad y agilidad en el tráfico, en calles angostas o tianguis. Por consiguiente se mejorará el aprovechamiento y distribución de personal, requiriendo sólo un chofer por unidad. La reducción del costo del combustible, el impacto ambiental y los gastos administrativos como lo son las tenencias, verificación vehicular, permisos de circulación diaria, entre otros; serán por medio de la sustitución de los combustibles fósiles por energía eléctrica. Todo obteniendo su propia flotilla de vehículos sin la necesidad de subcontratar mortociclistas.

5.3 JERARQUIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE NECESIDADES

Las necesidades interpretadas del apartado 4.3 en el ciclo anterior, fueron clasificadas y jerarquizadas.

La clasificación constó en dividir las necesidades en tres grupos, según su relación con los paquetes, con el vehículo o con la comodidad del operador.

La jerarquización se dio de acuerdo a la importancia de la función; en una escala del 1 al 5 donde 1 era el menor o una función indeseable y el 5 el mayor o una función de importancia crítica. En la Tabla 5.1 se encuentran algunas de las necesidades de mayor jerarquía (Ver tabla completa en Anexo Ciclo 2).

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
Vehículo	El VUM facilita una gran aproximación a los puntos de entrega.	5
	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
Comodidad	El VUM facilita el ascenso y descenso.	4
	El VUM permite ver la ruta fácilmente.	4
	La ergonomía del VUM facilita su manejo por varias horas continuas.	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

Tabla 5.1 – Necesidades referidas al VUM con jerarquización más alta (Jerarquización con valores 3, 4 y 5 donde se usó una escala de 1 a 5 donde 5 es el mayor).

5.4 PERSONAJES

Los personajes son una herramienta muy utilizada en Diseño Centrado en el Usuario. Los personajes o *personas* son arquetipos hipotéticos que representan usuarios reales. No son de verdad, pero representan a personas reales durante el proceso de diseño [40]. Es una caracterización imaginaria de un usuario, basada en datos reales extraídos; mediante la cual se da a conocer sus problemáticas, aspiraciones e interacciones como se muestra en las Figuras 5.1 y 5.2, donde se representan los usuarios actuales que son los choferes y ayudantes. Favorecen a crear empatía, para establecer una comunicación emocional y real con los productos y/o servicios.



EDAD
26 años

RESIDENCIA
Xochimilco, CDMX

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS
ALTURA: 1.74 m
PESO: 71 kg

SALARIO MENSUAL
6, 500 MXN.

Pedro González

Pedro es ayudante repartidor, su principal trabajo es contactar y entregar el paquete a su destino. Lleva 1 mes y medio trabajando para Re-Corre!.

Para realizar su trabajo generalmente viste pantalón de mezclilla, tenis, camisa y gorra para evitar el sol. Para las entregas utiliza el celular de la empresa con la aplicación donde estas se registran. Siempre lleva consigo lo necesario, una identificación, dinero, sus llaves y un celular propio. No lleva comida porque en la camioneta no hay donde ponerlo y por lo regular come comida rápida.

Pedro es padre de familia y su esposa es ama de casa. Tiene una hija de 5 años que pronto entrará a la primaria.

RUTINA



Figura 5.1 – Personaje de ayudante.



EDAD
33 años

RESIDENCIA
Gustavo A. Madero, CDMX

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS
ALTURA: 1.75 m
PESO: 74 kg

SALARIO MENSUAL
7, 000 MXN.

Rogelio Pérez

Rogelio es chofer repartidor, su principal trabajo es conducir la camioneta a los diferentes puntos de reparto. Lleva 2 años y medio trabajando para Re-Corre!, 2 años como ayudante repartidor y medio año como chofer repartidor.

En su trabajo diario viste pantalón de mezclilla, botas o tenis, camisa y “mangas” para evitar que el sol queme sus brazos. Para las entregas utiliza el celular de la empresa con la aplicación para encontrar los domicilios, mismo que comparte con el ayudante. Entre las cosas que lleva consigo están una identificación, dinero, sus llaves y un celular propio. Es el principal responsable del vehículo y el celular de la empresa. El vehículo diariamente lo recoge y deja en una pensión. No le gusta llevar comida porque no hay lugar donde ponerlo en la camioneta. Le gusta poner música con un pequeño radio que tiene para hacer ameno su viaje.

Rogelio vive con su actual pareja que es costurera y esperan formar una familia próximamente.

RUTINA



Figura 5.2 – Personaje de chofer.

5.5 MAPA DE RUTA

De la información obtenida se obtuvo la secuencia de las actividades desempeñadas por cada trabajador y del proceso general que se lleva para la entrega de paquetes que es en donde se enfocó el proyecto a partir de este punto, que como ya se había mencionado al principio fue donde se podía proponer un cambio. El sistema de entrega de paquetería fue dividido en tres etapas identificadas, que se nombraron como: pre-proceso, proceso y pos-proceso (Figura 5.3). Con la finalidad de diferenciar e investigar en que parte de la entrega se encontraban mayores problemáticas.

Como resultado, se elaboró 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” [41]. Para realizar un Mapa de Ruta del Usuario existen una gran variedad de modelos, pero para el proyecto, se ocupó el tipo denominado modelo Temkin (Figura 5.4) [42], en el que además se detalla la percepción del usuario durante sus actividades; como placentera, neutra o desagradable. El uso de esta herramienta permitió una sencilla visualización del tiempo y secuencia de las actividades desempeñadas por cada trabajador y diferenciar las tres etapas.

En la etapa del Pre-proceso se contempla la salida de choferes y ayudantes de sus hogares, el traslado por la camioneta (chofer), su llegada a la estación tiempo antes de entrar a bodega, carga de paquetes y la preparación de la salida de la estación. La etapa de Proceso considerada desde la salida de la estación y todo el proceso realizado para entregar cada paquete hasta el regreso a la bodega al finalizar entregas. La última etapa es el Pos-proceso, abarca desde el acceso a la estación para la devolución de paquetes sobrantes, marcar su salida y hasta el regreso del chofer y ayudante a su casa.

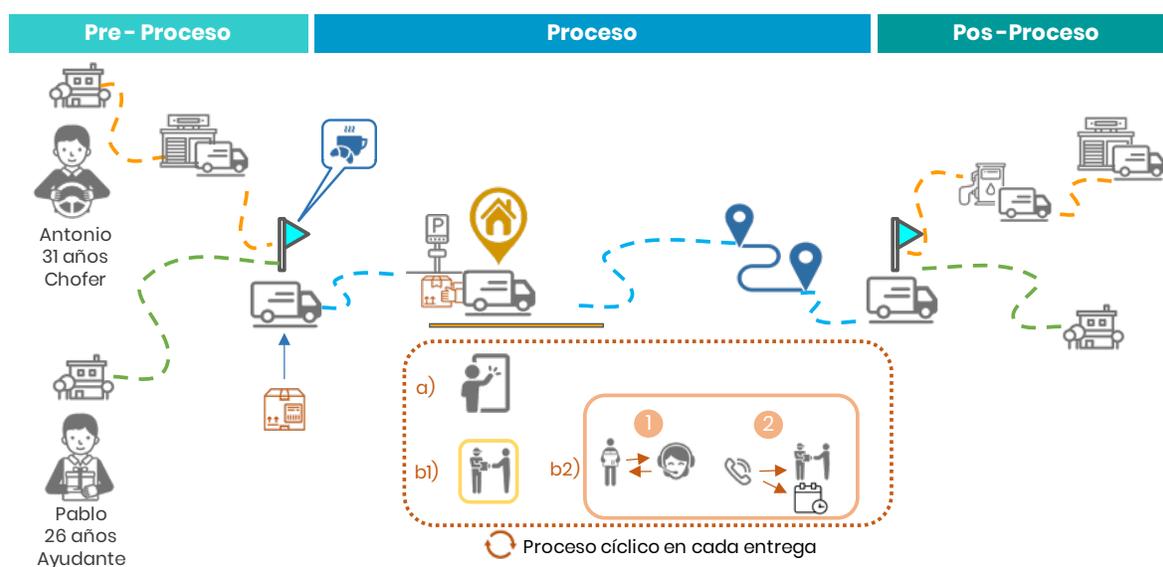


Figura 5.3 - Sistema para la entrega de paquetería.

Pre – Proceso

Proceso

Pos – Proceso

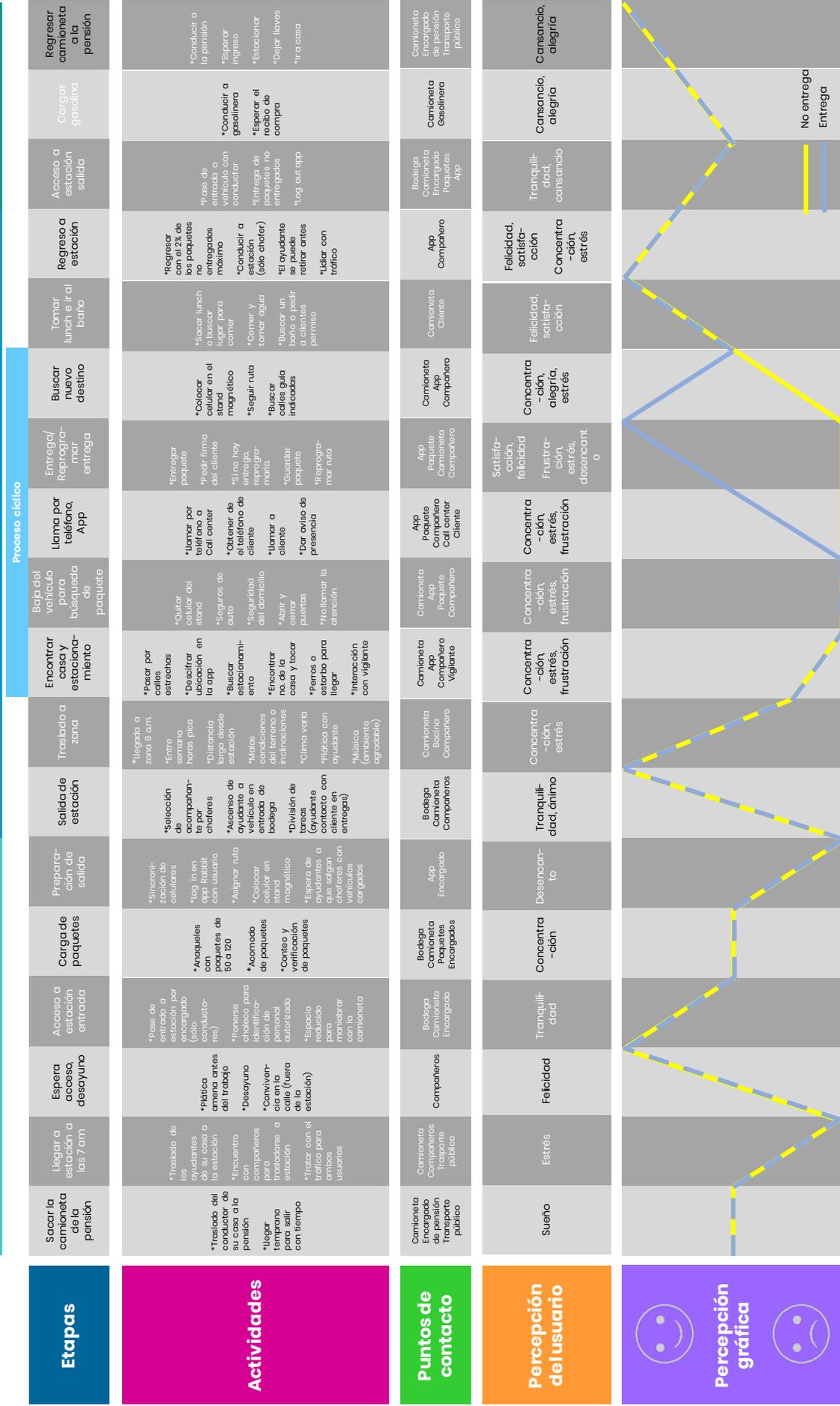


Figura 5.4 - Mapa de Ruta del Usuario (chofer y ayudante) .

5.6 ESCENARIO GENERAL

Los personajes son usados dentro de un contexto a través de escenarios o descripciones de situaciones de uso concretas para describir sus prácticas o procesos que desempeñan. Los escenarios son el lugar donde ocurren las acciones que llevan a un personaje a utilizar la solución para lograr un objetivo [43].

Como escenario general para el desarrollo del proyecto se propuso la Ciudad de México (CDMX), que es el lugar en donde se realizó la investigación con usuarios y donde tiene mayor presencia la empresa colaboradora. También se tomó en cuenta que la CDMX es el núcleo urbano más grande de la República Mexicana, con gran movilidad y es la principal región geográfica en donde se da la mayor actividad de compra *online*, situación que se observó en la Figura 3.6 con el 31% del total en el país (Figura 5.5).

PERFIL DEMOGRÁFICO DEL COMPRADOR EN LÍNEA MEXICANO

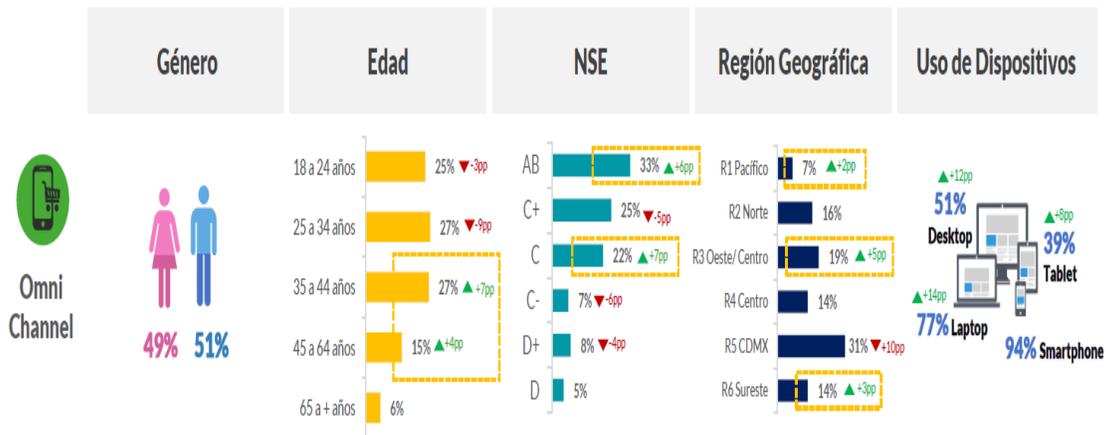


Figura 5. 5 - Perfil demográfico del comprador en línea mexicano (Figura 3.6 repetida).

5.7 FACTORES CRÍTICOS

De acuerdo al Mapa de Ruta y a la jerarquización de necesidades se mostró la percepción de los trabajadores, al mismo tiempo de evidenciar áreas de oportunidad en su contexto. Se identificaron los factores críticos presentes en toda la logística; circunstancias que están respecto al vehículo, los paquetes y la comodidad del operador, las tres categorías mencionadas en la jerarquización de necesidades.

Las Figuras 5.6 a 5.8 muestran algunos de los factores críticos tomados en cuenta para el avance del proyecto. Se encuentran, en círculos de diferentes tamaños; donde en los más grandes se hallan los de mayor jerarquía o importancia y que conforme a su disminución en tamaño, también lo hace su importancia.

En la categoría referente al “vehículo”, se considera primordial su seguridad, el tiempo de entrega, el gasto en el combustible y el acceso a zonas difíciles con relación a las condiciones del terreno y el estacionamiento. Así como en menor medida el ascenso y descenso del usuario debido a que lo tienen que realizar al menos 50 veces al día.

Con respecto a la de “paquetes”, la capacidad de carga, la seguridad y la discreción son primordiales; porque se necesitaba conservar un mínimo de paquetes por unidad y el que la gente en su entorno no se percatara del transporte de paquetes, para no incitar robo. Además del ordenado, estabilidad e identificación, para su protección de daños y disminución de tiempo en la búsqueda de la paquetería.

Por último en lo concerniente a la “comodidad del operador” se tiene como prioritaria la identificación de la ruta, por la dificultad del operador al dar con la dirección. Después la notificación al cliente, por la incertidumbre de si se encuentra o no en el domicilio, la protección contra el clima por distintas enfermedades como lo son el cáncer de piel causada por la exposición prolongada al sol. Así como el espacio para sus bebidas y comida o cosas personales que desean transportar. Sin dejar de lado el tener un viaje ameno durante el recorrido para sentirse de buen humor.

A pesar de que la mayoría de estas condiciones se ubican principalmente en la etapa del proceso de entrega, identificada en el apartado 5.5 y son circunstancias que se pudieran transformar. También existen otras fuera del alcance planteado para el proyecto como lo son problemas concernientes a la logística en el diseño de rutas, la eficiencia de la aplicación móvil usada para las entregas o a los hábitos de los trabajadores. Razones por la que se determinó el desarrollo sólo enfocado en la etapa del proceso de entrega y tomando en cuenta que cosas se podían o no modificar.

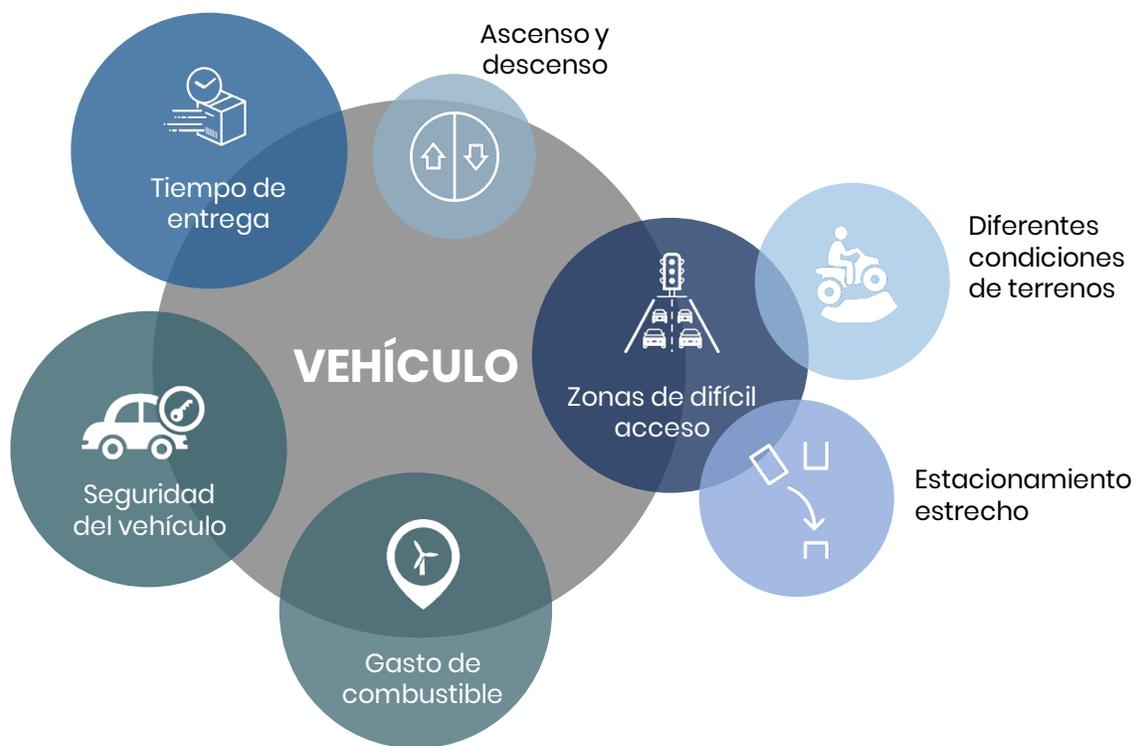


Figura 5.6 - Factores críticos categoría : "vehículo".

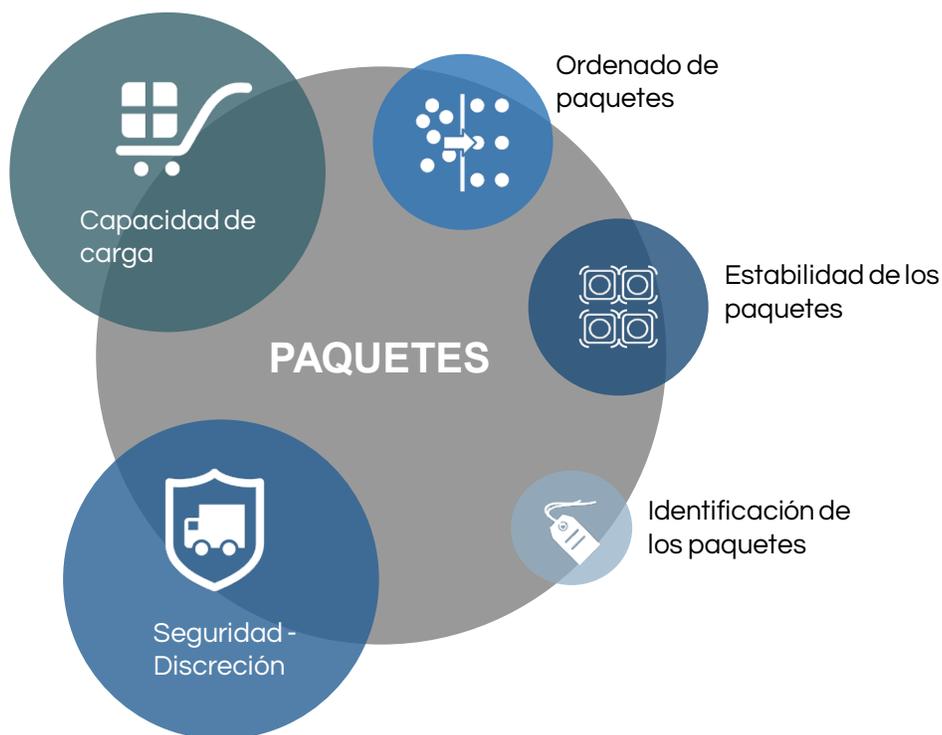


Figura 5.7 - Factores críticos categoría : "paquetes".



Figura 5.8 - Factores críticos categoría : "comodidad del operador. ".

5.8 DISEÑO DE LA EXPERIENCIA

Enseguida de observar, comprender y haber decidido tomar un enfoque en la etapa del proceso de entregas. Se generaron modelos de experiencia, en donde se incluían circunstancias y elementos referentes a la interacción del usuario con un entorno o producto específico en la CDMX. Esto, en particular para el proyecto con la finalidad de cambiar el proceso de reparto, que actualmente se realiza con el uso de camionetas y motocicletas.

A continuación se muestran los tres procesos, que se propusieron para resolver parte de las problemáticas presentes en el tramo del centro de distribución al lugar de entrega y que plantean el uso de Vehículos de Última Milla (VUM). Cada experiencia planteaba además, una propuesta de valor dirigida al colaborador (cliente) y al usuario. Además de condiciones de diseño a tomar en cuenta.

5.8.1 EXPERIENCIA 1: VUM EN EDIFICIOS Y UNIDADES DEPARTAMENTALES

El primer modelo de experiencia está enfocado a la entrega en edificios y unidades habitacionales (Figura 5.9). La experiencia consiste en que una camioneta de reparto sale del almacén cargada con un VUM y paquetes, con chofer y un ayudante. La camioneta es estacionada cerca de la zona de entrega

y el ayudante baja el VUM cargado con paquetes. El VUM será conducido por el ayudante, mientras el chofer se queda en la camioneta. El ayudante montado en 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 nuevamente con paquetes. El ciclo se repite en otras zonas hasta que finalmente se han repartido todos los paquetes y la camioneta regrese al centro de distribución (Ver descripción detallada en Anexo Ciclo 2).

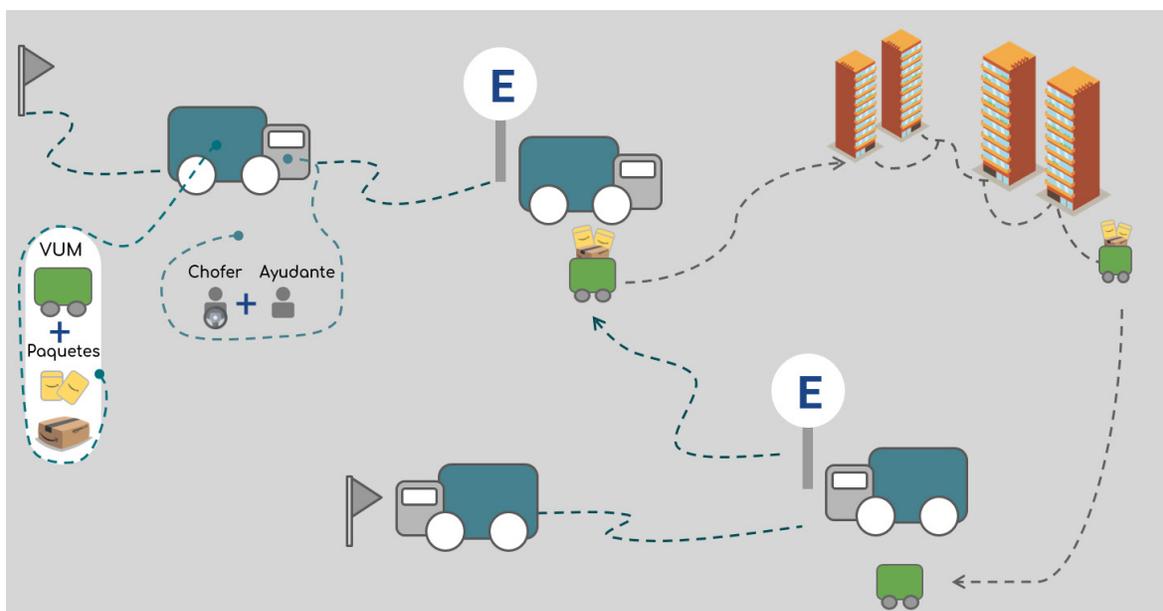


Figura 5.9 - Primer modelo de experiencia: VUM EN EDIFICIOS Y UNIDADES DEPARTAMENTALES.

Como propuesta de valor para esta experiencia se planteó la siguiente:

“Reduce el tiempo de entrega por zona, transportando varios paquetes sin tener que regresar tantas veces y circulando por zonas de difícil acceso para la camioneta; usando un VUM”.

En donde la reducción del tiempo de entrega por zona, se da al trasladar varios paquetes desde la camioneta hacia los destinos en la misma zona, que resulta también en la reducción del número de trayectos desde y hacia la camioneta.

Asimismo disminuyendo la fatiga del ayudante, al no tener que regresar una y otra vez. Además de poder circular por lugares de difícil acceso como lo son: espacios peatonales, pasillos entre edificios, plazas comerciales corporativos, estacionamientos, entre manifestaciones, tianguis, ciclistas y por calles estrechas. Por último el VUM sería operado por cualquier persona, sin importar su género.

Las condiciones de diseño del VUM contempladas, para esta experiencia eran:



Vehículo eléctrico con baterías intercambiables



Transportable en parte trasera de camioneta



Capacidad media de almacenamiento con respecto a una moto



Planeación de trayectoria como bicicleta



Al menos 1 hora continua de entregas



Posibles cambios en la parte trasera de la camioneta



Peso ligero del VUM



Velocidad aproximada de 25 km/h

5.8.2 EXPERIENCIA 2: VUM POR LA CIUDAD

El segundo modelo fue diseñado para una jornada completa (Figura 5.10) y consiste en un VUM capaz de transportar todos los paquetes a entregar en un día. De manera que, un empleado sale del centro de distribución con un VUM, se dirige a la zona de entrega y visita cada domicilio. Finalmente regresa al punto de partida. La mayor ventaja de esta propuesta es que se elimina por completo el uso de la camioneta y una persona que se quede a cuidarla; solo se necesita un operador por vehículo (Ver descripción detallada en Anexo Ciclo 2).



Figura 5.10 - Segundo modelo de experiencia: VUM POR LA CIUDAD.

La propuesta de valor para esta segunda experiencia se planteó como:

“Ahorra gastos en combustibles fósiles y administrativos; circula todos los días por zonas de difícil acceso y entrega más paquetes por día. Todo con un VUM que puedes re-cargar en el sistema de la CDMX”.

En la que el ahorro en gastos por combustibles fósiles es por la completa eliminación de compra de gasolina o diesel, ya que no necesitaría el uso de camionetas. En consecuencia y al ser eléctricos los vehículos circularían diario y no tendrían que pagar tenencias, verificaciones, entre otros trámites. Los vehículos serían usados en las zonas de la CDMX, que cuenten con estaciones de carga, ya que tendrían compatibilidad con los sistemas. El volumen de entrega podría ser superior al de las cajas de las motos para cada vehículo (mayor a 50 paquetes, entre sobres y cajas pequeñas), por la influencia en el diseño de la zona de carga. Además del ordenamiento, la identificación y estabilidad de los paquetes para ahorrar tiempo en la búsqueda. A su vez tendría la capacidad para circular entre coches, esquivando el tráfico. Finalmente el VUM sería operado por cualquier persona, sin importar su género como se planteó en la primer experiencia.

Las condiciones de diseño del VUM planteados, para esta experiencia eran:

- | | | | |
|---|---|---|---|
|  | Vehículo eléctrico con baterías intercambiables y/o recargables |  | Capacidad superior a la caja de una moto para almacenar |
|  | Estructura resistente al agua y polvo |  | 50 km de ruta de entrega más kilómetros por traslado a zona |
|  | Velocidad aproximada de 45 km/h |  | Sin restricción de peso |
|  | Comodidad prolongada para el personal |  | Identificación de zonas con estaciones de carga |
|  | Seguridad y aspectos legales |  | Planeación de trayectoria como auto/moto |
|  | Mantenimiento periódico debido a mayor contacto con entorno | | |

5.8.3 EXPERIENCIA 3: VUMS Y CAMIONETA POR ZONA

El último y tercer modelo de experiencia consiste en varios VUM y camionetas por zonas (Figura 5.11), es un concepto referido como enjambre. El chofer sale del centro de distribución con la camioneta, para encontrarse en un punto de reunión cerca de la zona de entregas con un grupo de repartidores. En la zona de carga de la camioneta van paquetes grandes y varios VUM llenos con paquetes de dimensiones menores. Una vez en el punto de reunión, cada repartidor toma un vehículo para realizar entregas a cada domicilio asignado en sus pequeñas rutas. Durante este lapso, 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 (Ver descripción detallada en Anexo Ciclo 2).

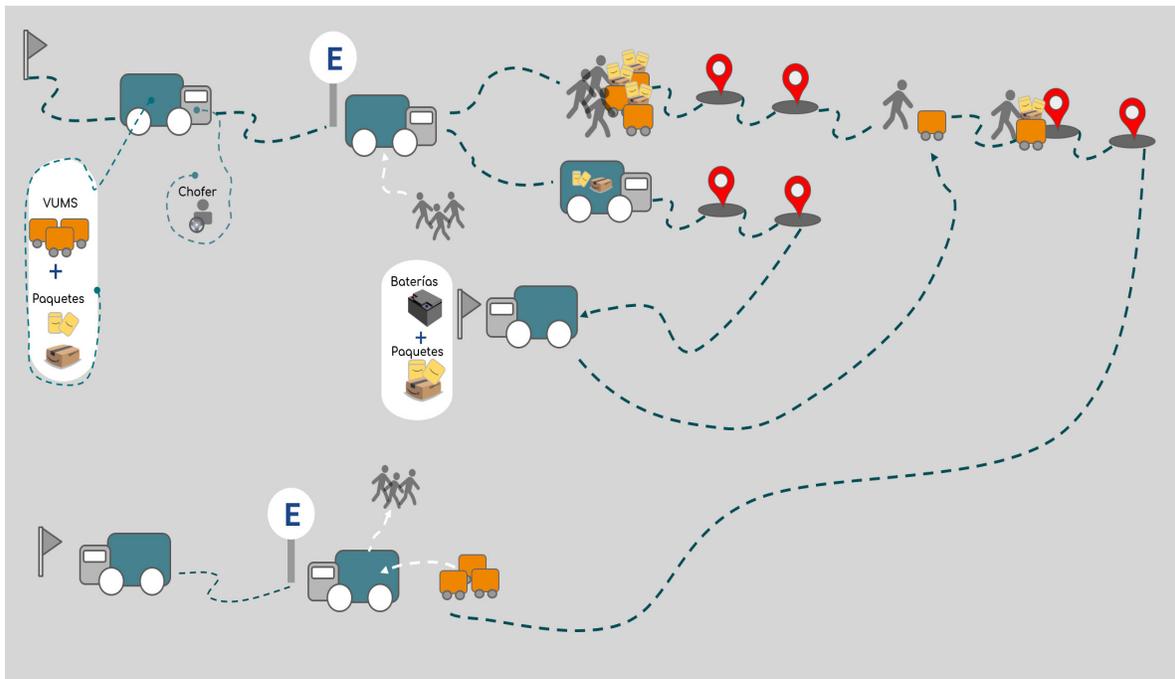


Figura 5. 11 - Tercer modelo de experiencia: VUMS Y CAMIONETA POR ZONA.

La propuesta de valor para esta última experiencia se planteó como:

“Reduce el tiempo de entrega por zona, gastos de combustibles fósiles y administrativos. Circula por lugares de difícil acceso para la camioneta y aprovecha su espacio de carga; usando varios VUMs y la camioneta”.

La entrega por zonas reducirá el tiempo, por el traslado de paquetes más pequeños en Vehículos de Última Milla (VUMs) y los de mayor dimensión en la

camioneta, aumentando la cantidad de paquetes por zona. Se obtendrá mayor tiempo efectivo de trabajo por llegada de trabajadores a zonas de entrega. Se reducirán los gastos en combustible y papeleo administrativo (tenencias, verificaciones, entre otros trámites) por la disminución en el uso de camionetas a diesel o gasolina y aumento en vehículos eléctricos. Los VUMs circularían por calles estrechas, ciclistas, pasillos entre edificios, plazas comerciales, corporativos, estacionamientos, manifestaciones y tianguis. A la vez se tendría un mejor acomodo en la zona de carga de la camioneta. Asimismo el VUM sería operado por cualquier persona, sin importar su género.

Las condiciones de diseño del VUM planteadas, para esta experiencia eran:

- | | | | |
|---|---|---|--|
|  | Vehículo eléctrico con baterías intercambiables |  | Transportable en parte trasera de camioneta |
|  | Capacidad equiparable con respecto a una moto |  | Planeación de trayectoria como bicicleta |
|  | Cerca de 50 km de ruta de entrega |  | Posibles cambios en la parte trasera de la camioneta |
|  | Peso ligero del VUM |  | Velocidad aproximada de 25 km/h |
|  | Comodidad prolongada para el personal |  | Planeación logística elaborada de entregas |

5.9 DUDAS

En el planteamiento de las experiencias se generaron dudas con respecto al tiempo de entrega y la movilidad de paquetes a repartir en una zona de edificios, desde un punto donde se estacione la camioneta, actualmente y con el uso de un VUM. Las dudas específicas que surgieron fueron:

- 1 ¿Cuántos trayectos tiene que hacer un repartidor actualmente y cuántas haría con el VUM?

- 2 ¿Cuál es el tiempo en los trayectos para realizar la entrega con y sin VUM ? y ¿cuánto se reduce este tiempo?
- 3 ¿Cuál es la cantidad de paquetes que puede llevar un repartidor en un traslado con y sin VUM? y ¿Cuál es el aumento en movilidad de paquetes en un traslado?

5.10 EXPERIMENTO Y RESULTADOS

Para dar respuesta a las dudas planteadas en la sección 5.9, primero se propuso un escenario de dos edificios y un estacionamiento. Para responder a la primera pregunta se observaron cuántos trayectos se tenían de ida-regreso a un edificio y a otro a partir del estacionamiento. Además de los trayectos de subida-bajada de cada edificio. Esto por medio de un diagrama de recorridos actual y con el VUM, que se muestra en la Figura 5.12.

En el contexto actual se pueden ver en la Figura 5.12, los trayectos realizados por el usuario para ir a un primer edificio y regresar al estacionamiento en verde. Para ir a un segundo edificio y regresar de nuevo al estacionamiento en azul. Más dos trayectos de subida y dos de bajada que se presentan en cada uno de los edificios en verde y azul respectivamente. En total para la primera circunstancia se tiene un total de 8 trayectos. Por otro lado para el contexto con el VUM los trayectos realizados por el usuario para ir a un primer edificio, subir y bajar del mismo, en amarillo. Después para ir a un segundo, subir y bajar del mismo en naranja, al igual que el de regreso al estacionamiento. En total para la segunda circunstancia se tiene un total de 7 trayectos.

Comparando la cantidad de trayectos del escenario actual respecto con los requeridos al usar un VUM, se elimina un trayecto, reduciendo la distancia de recorrido y por ende el tiempo en las entregas.

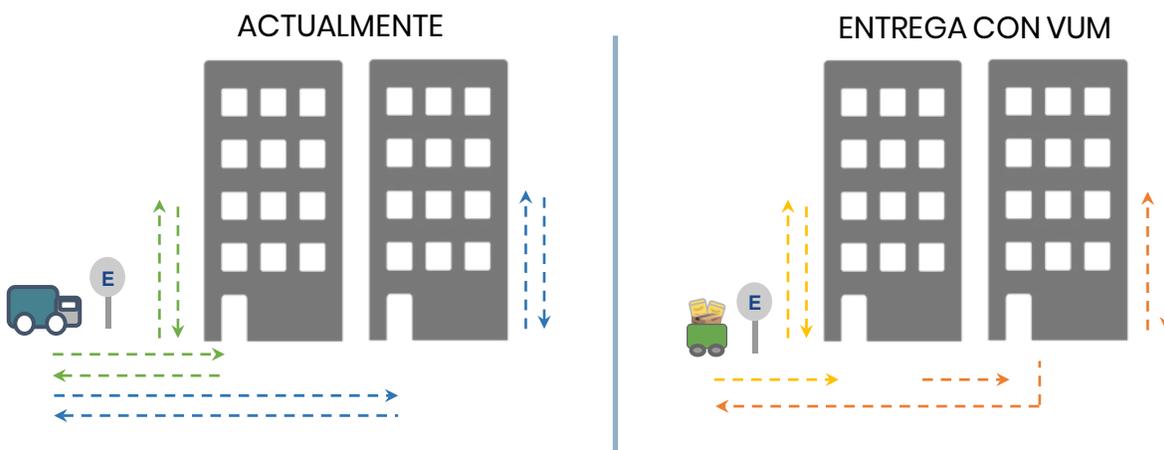


Figura 5.12 - Trayectos realizados para entrega en dos edificios, desde un estacionamiento.

En cuanto a la segunda pregunta, se realizó un experimento para calcular un aproximado del tiempo de entrega en los mismos escenarios. La prueba para esto consistió en medir el tiempo que tardaba un usuario que transportaba una mochila con una masa de 15 kilogramos al recorrer de un punto en el estacionamiento a un edificio, subir a un cuarto piso y bajarlo para llegar de nuevo al punto en el estacionamiento. En un primer caso caminando y en el segundo por medio de un elevador.

Para plantear los tiempos aproximados que se muestran en la Figura 5.13 en el contexto actual, se hizo la prueba con dos usuarios y se obtuvo un promedio en las mediciones tomadas en el trayecto de subir-bajar caminando y en elevador, además del estacionamiento (Ver tabla de en Anexo Ciclo 2). Los resultados fueron parecidos, así que se tomó un tiempo de 5 minutos, no importando si subía y bajaba caminando o en elevador. Así como un valor de 4 minutos en trayecto para atravesar el estacionamiento.

En el escenario con el VUM, se propusieron cifras tomando como base su reducción al usar un vehículo en los trayectos de ida y regreso de los edificios; manteniendo los de subida-bajada del edificio iguales que en el primer escenario. Se propuso un tiempo de 1 minuto para llegar a un primer edificio, 30 segundos para pasar del primero al segundo y 1 minuto de regreso del segundo edificio al punto inicial en el estacionamiento. El tiempo total en el contexto actual es de 28 minutos y en el contexto con el VUM tan sólo 13 minutos. Reduciendo el tiempo en trayectos para realizar las entregas un 53% (Figura 5.13).

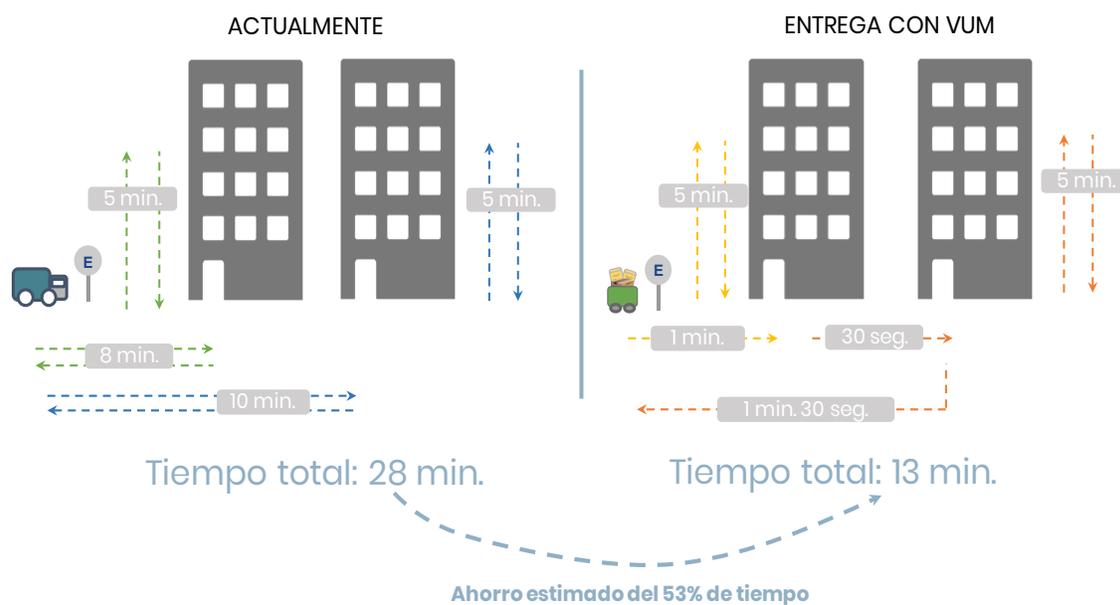


Figura 5.13 - Reducción en el tiempo de entrega por zona.

Por último para conocer la movilidad de paquetes en un traslado, primeramente se conocieron las dimensiones de paquetes que se trabajan en paquetería; tomando como base los que utiliza la empresa Amazon [44] (Ver clasificación en Anexo Ciclo 2). De la clasificación en paquetería que tiene esta empresa, sólo

se consideraron los paquetes de tamaño estándar. Ocupando como volumen máximo una caja estándar de dimensiones 45x34x26 cm que es la que precede al sobre más grande que manejan, de dimensiones 23x33x5 cm; por la razón que es la última caja que puede entrar en una caja de motocicleta con dimensiones 50x60x60 cm.

Después con cajas de cartón se replicó el volumen de la caja estándar y su mitad, ya que se observó que al tener dos filas de ocho sobres grandes se asemejaba al mismo volumen. Se realizaron pruebas de traslado con los dos volúmenes. Tomando en cuenta la forma de transporte como se muestra en la Figura 5.14, observando su agarre y la visión que tenían enfrente para tener seguridad al caminar. Como resultado se obtuvo que el volumen con el que se sentían más seguros al caminar era la mitad del volumen de la caja estándar, es decir, transportar cuatro sobres grandes. Lo que nos da la cantidad de paquetes que se pueden transportar en un traslado actualmente.

Además de acuerdo a la NOM-036-1-STPS-2018, Factores de riesgo ergonómico en el Trabajo-Identificación, análisis, prevención y control [45]; el peso de la carga máxima que puede transportar un trabajador por edad y género, considerando sólo a los que se encuentran en el rango de edad del usuario (entre los 18 a 45 años), para mujeres son 10 kilogramos[kg] y para hombres 15 kg en un traslado de 15 minutos sin tener factores de riesgo presentes. Por lo que trasladando esos 4 sobres sólo llevaría cargando 3.84 kg (masa máxima de cada sobre grande= 960 g), que entran dentro del rango que pueden cargar ambos géneros.

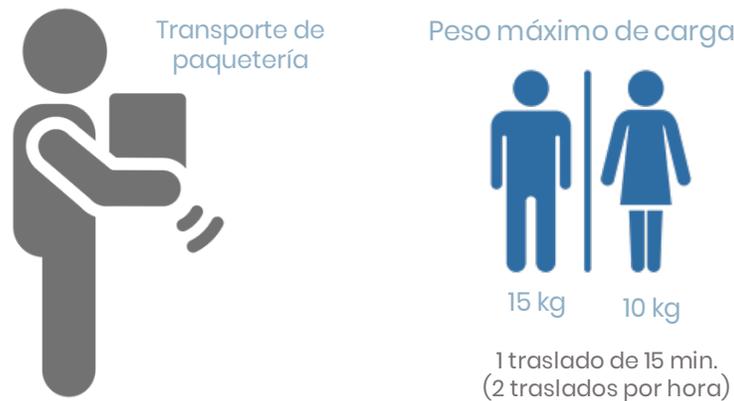


Figura 5.14 - Forma de transporte y peso máximo de carga.

Para obtener cuantos eran los paquetes que se podían transportar en un escenario con el VUM se investigaron las dimensiones de una caja de motocicleta que era el volumen a igualar. En esas dimensiones caben aproximadamente 34 sobres con una masa total de 32.64 kg, pero debido a que se pensó sólo considerar 25 kg de carga, debido a que es la masa máxima que puede levantar o bajar un trabajador del género masculino de entre 18 y 45 años de acuerdo a la NOM-036-1-STPS-2018; el total de paquetes a transportar serían 27. Así el aumento en movilidad de paquetes es de 6.75 veces usando el VUM, con respecto a lo que carga en las manos un usuario en el escenario actual (Figura 5.15).



Figura 5.15 - Aumento de movilidad de paquetes en entrega por zona.

5.11 SELECCIÓN DE EXPERIENCIA

Para seleccionar el modelo de experiencia, se convocó a los colaboradores a una reunión y en ella se expuso lo planteado en cada propuesta y de acuerdo a sus comentarios, se llegó a una decisión. Primero se descartó el segundo modelo debido a la semejanza con la forma de entrega que se aplica actualmente con una motocicleta y por lo mismo la gran tendencia a tener las mismas probabilidades de accidentes que se presentan con ellas, esto es, un accidente cada tres semanas (dato obtenido de la empresa).

Se consideró que el primer y tercer modelo son viables para ser implementados en un corto plazo. El segundo sería viable a mediano o largo plazo. Además de que el tercero es una extensión del primero.

Finalmente se eligió el modelo de experiencia número tres: VUMs y camioneta por zona, con una visión a corto plazo. 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 definida la experiencia surgió la necesidad específica de los colaboradores para el enfoque de entrega en zonas de corporativos, debido a que no tenían cubiertos estos lugares, mencionando el uso de ciclovía como primordial. Así como solo destinar el diseño del vehículo basado en usuarios hombres, debido a que sólo contratan para entrega a hombres, por algunas problemáticas de amorío que han surgido anteriormente.

5.12 HALLAZGOS Y CONCLUSIONES CICLO 2

En esta segunda iteración de la metodología, se llegó a la forma en que sería aplicado el VUM; a partir de lo aprendido, los hallazgos adquiridos a lo largo del desarrollo y los comentarios de los colaboradores, que favorecieron la convergencia. Se situó la experiencia en un escenario más específico, como lo son las zonas corporativas de la Ciudad de México. A su vez se obtuvieron los usuarios finales que son los choferes y ayudantes, estos últimos ahora conductores de los Vehículos de Última Milla (VUM). Ambos solamente de sexo masculino. De las pruebas se estimó la cantidad de paquetes que se podían incrementar en un traslado, así como la reducción en el tiempo.

En adición, se plantearon nuevas necesidades del colaborador a tomar en cuenta en el desarrollo; estas derivadas de la reunión. A continuación se encuentran enlistadas las 12 primeras (ver lista completa en Anexo Ciclo 2).

EI VUM:

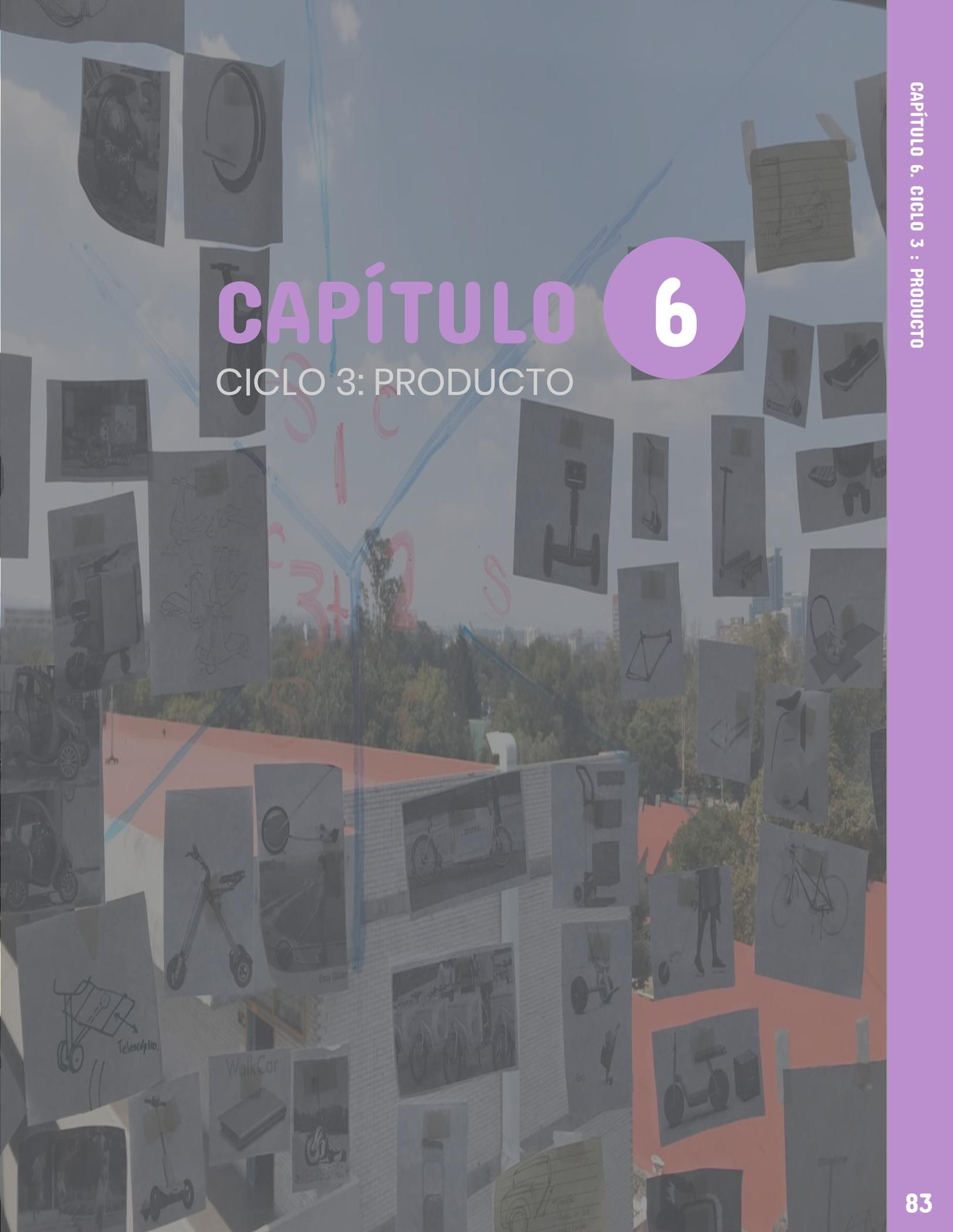
1. Debe acceder a centros comerciales (c.c.) y elevadores de corporativos (Tamaño)
2. Debe ser accesible a c.c. y corporativos (parte estética)
3. No se deben de ver las llantas/que no parezca vehículo motorizado
4. Se debe transportar fácilmente
5. Debe ser seguro para el usuario
6. Debe ser fácil de guardar
7. Debe tener un costo menor a \$30,000 MXN
8. Debe ser fácil de reparar
9. Debe ser de manejo suave (cómodo para el usuario)
10. Debe ser ligero, esbelto y grande
11. Debe usar componentes comerciales (reproducibile y reparable)
12. Debe ser más veloz que un humano corriendo

Para realizar el diseño del VUM, además de las necesidades mencionadas se deben tener presentes los factores críticos mostrados en el apartado 5.7 tales como el tiempo de entrega, la relación costo-beneficio, la facilidad de ascenso y descenso, la discreción y seguridad de los paquetes, la identificación de la ruta, protección contra el clima, entre otros. Así como el planteamiento de zonas de estudio como la Colonia Roma, la Condesa, la Juárez y la alcaldía Miguel Hidalgo. Tomando en cuenta las rutas de ciclovías para uso del VUM.

CAPÍTULO 6

CICLO 3: PRODUCTO

6



6.1 REDEFINICIÓN DEL RETO DE DISEÑO

Una vez definida la experiencia en el ciclo anterior e identificada la necesidad específica de realizar entrega de paquetería en corporativos. Es así como, para este ciclo, 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, a mediano y largo plazo.

6.2 ESCENARIO PARTICULAR

El lugar donde ocurrirán las acciones de solución con el producto serán las zonas corporativas de la Ciudad de México (CDMX). Donde se tiene el mercado inmobiliario de oficinas, más grande del país. Este mercado de oficinas se encuentra dividido en 10 corredores principales, como se muestra en la Figura 6.1 [46]. De acuerdo a estimaciones de la empresa Coldwell Banker Commercial para el 2018, los que tendrían mayor inventario serían Santa Fe con 1 347 294 m², Polanco con 1 159 273 m² e Insurgentes con 1 166 074 m² [47]; colocándose como los primordiales.

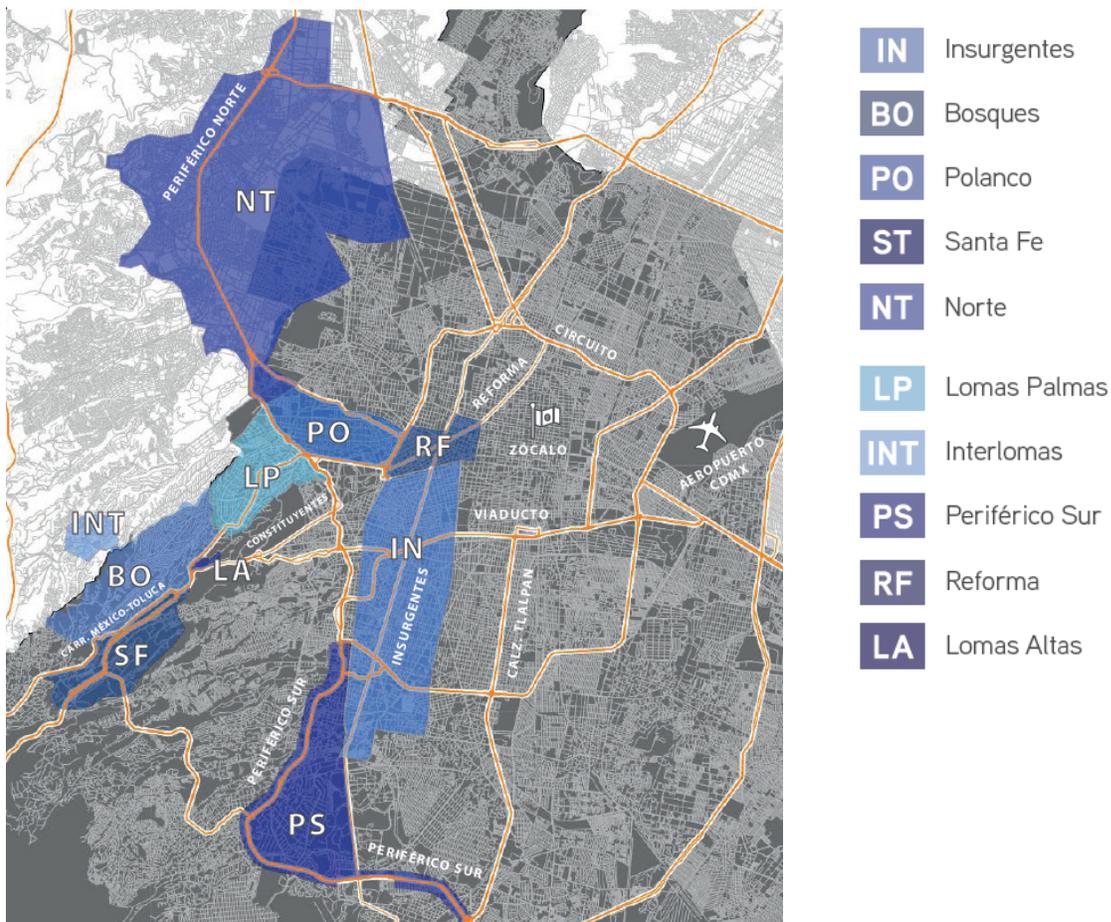


Figura 6.1- Mapa de corredores de oficinas en la CDMX [46].

Por otra parte, acorde a la encuesta intercensal del 2017; las antes delegaciones, ahora alcaldías con mayor densidad de población en la CDMX son la Gustavo A. Madero, Cuauhtémoc, Benito Juárez, Iztacalco e Iztapalapa; seguidas de la Venustiano Carranza, Azcapotzalco y en menor cantidad Miguel Hidalgo, Álvaro Obregón, Coyoacán y Tlahuac (Figura 6.2)[48].

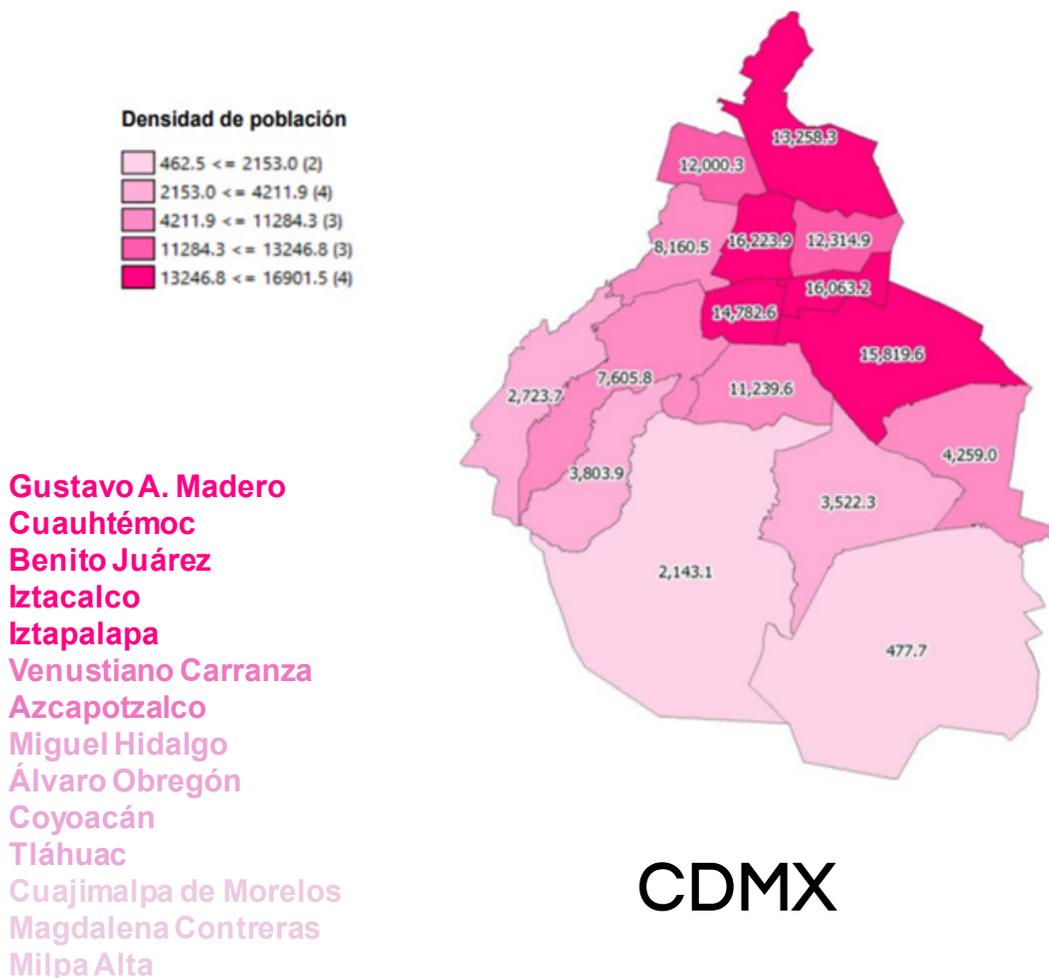


Figura 6. 2 - Densidad de población por alcaldía [48].

Ambas razones importantes para especificar las zonas de aplicación en el centro y norte de la ciudad, debido a que son los lugares más poblados y en donde se encuentran los corredores de corporativos. Considerando a su vez, las condiciones del entorno, en cuanto al tema de movilidad, que están presentes como son los servicios.

Los servicios ofrecidos para implementar la movilidad en la CDMX y en especial en estas zonas son: el uso de ciclovías, el alquiler de vehículos para traslados personales como scooters, motonetas o bicicletas (ej. Ecobici) y los biciestacionamientos. Todos servicios que se encuentran principalmente concentrados dentro de las alcaldías Cuauhtémoc, Benito Juárez y Miguel Hidalgo. En un rango de zona como Polanco, Chapultepec, la Roma, Condesa, Reforma, entre otras (Figura 6.3).

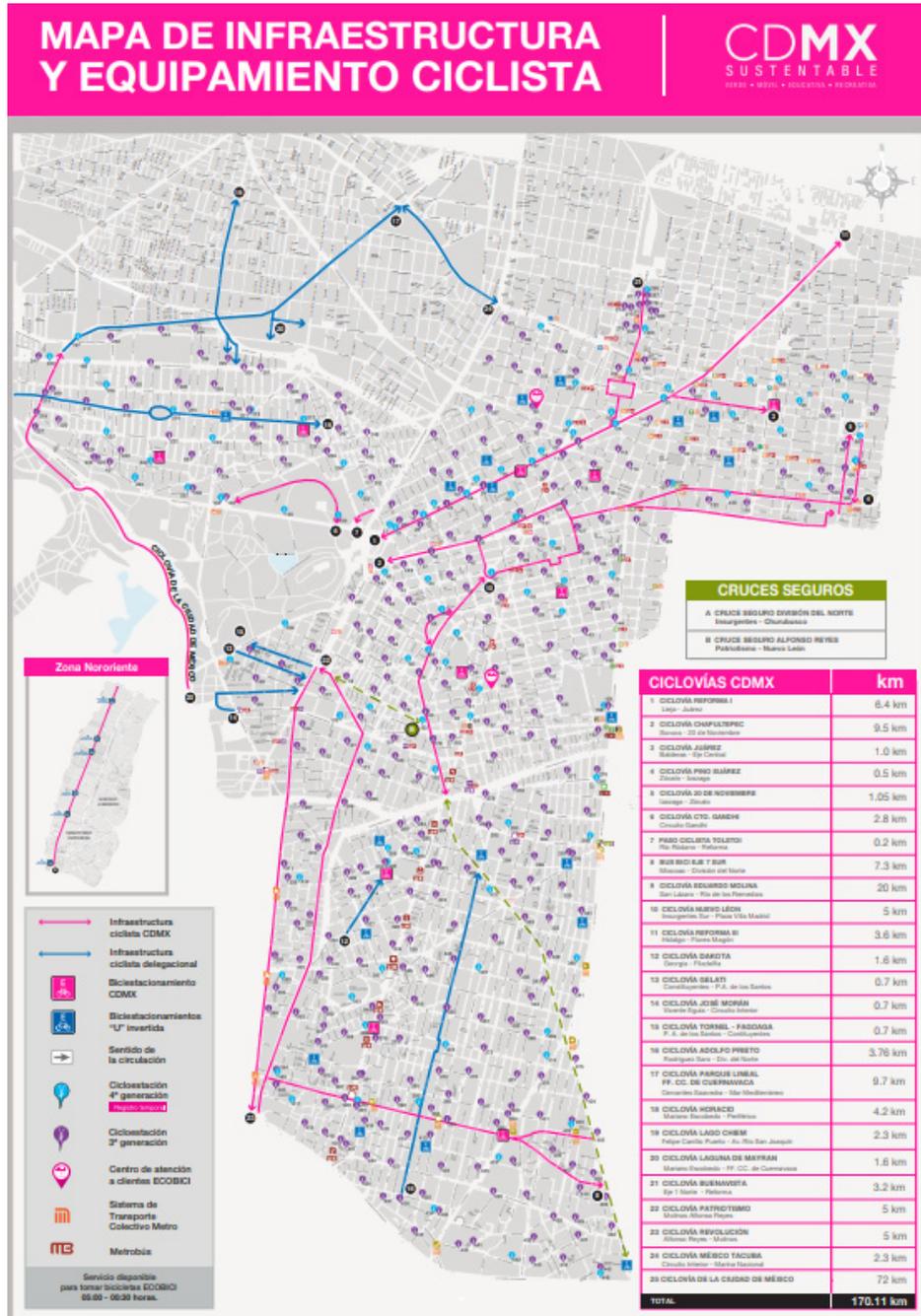


Figura 6.3 - Mapa de servicios para implementar la movilidad en la CDMX [49].

6.3 PERSONAJES DE EXPERIENCIA

Los personajes que representan a los usuarios finales (choferes-repartidores de camioneta y choferes-repartidores de VUM) en el escenario particular de la experiencia elegida son como se muestran en las Figura 6.4 y 6.5. Se presentan como la caracterización imaginaria de sus aspiraciones e interacciones con el producto.

Alejandro García



Alejandro es chofer - repartidor, sus actividades son conducir la camioneta en donde van los VUMs al punto de encuentro con los choferes - repartidores en VUM, entregar los paquetes más grandes y reabastecer los VUMs de paquetes o batería.

En su trabajo diario viste cómodamente, por lo regular usa pantalón de mezclilla, tenis y camisa con sudadera, dependiendo las condiciones climáticas. Para las entregas utiliza el celular de la empresa con la aplicación para encontrar los domicilios. Entre las cosas que lleva consigo están una identificación, dinero, sus llaves y un celular propio. Es el principal responsable de la camioneta, los VUMs. La camioneta diariamente la recoge y deja en una pensión. Los VUMs los carga y descarga en el almacén. Su jornada laboral es de 7 a.m. a 5 p.m.

Alejandro vive con su pareja y su hijo de 3 años.

OCUPACIÓN
Chofer camioneta y repartidor

EDAD
36 años

RESIDENCIA
Mixcoac, CDMX

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

ALTURA: 1.73 m

PESO: 75 kg

SALARIO MENSUAL
7, 000 MXN.

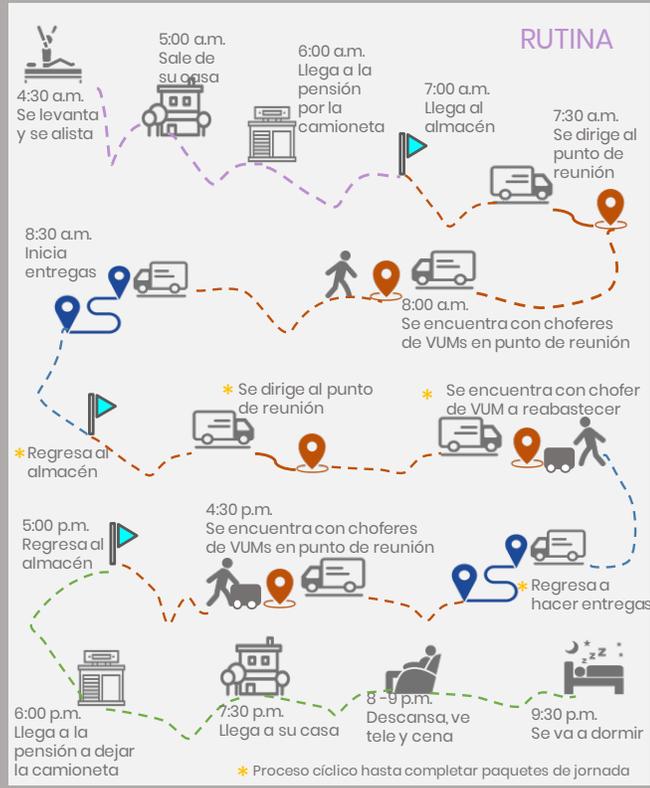


Figura 6. 4 - Personaje de chofer - repartidor en camioneta.

Bernardo Flores



Bernardo es chofer – repartidor, sus actividades son conducir un VUM. Se encuentra con el chofer de la camioneta cada mañana en un punto de reunión para obtener el VUM y entregar los paquetes más pequeños en rutas reducidas en una zona.

En su trabajo diario viste cómodamente, por lo regular usa pantalón de mezclilla, tenis y camisa, dependiendo del clima del día. Para las entregas utiliza el celular de la empresa con la aplicación para encontrar los domicilios. Entre las cosas que lleva consigo están una identificación, dinero, sus llaves y un celular propio. Es el segundo responsable del VUM.

El VUM diariamente lo recoge y deja en un punto de reunión cerca de la zona de entrega. Su jornada laboral es de 8:30 a.m. a 4:30 p.m.

Bernardo vive con su prometida y sus padres; pronto tendrá un hijo.

OCUPACIÓN
Chofer de VUM y repartidor

EDAD
23 años

RESIDENCIA
Iztapalapa, CDMX

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

ALTURA: 1.74 m

PESO: 72 kg

SALARIO MENSUAL
6, 500 MXN.

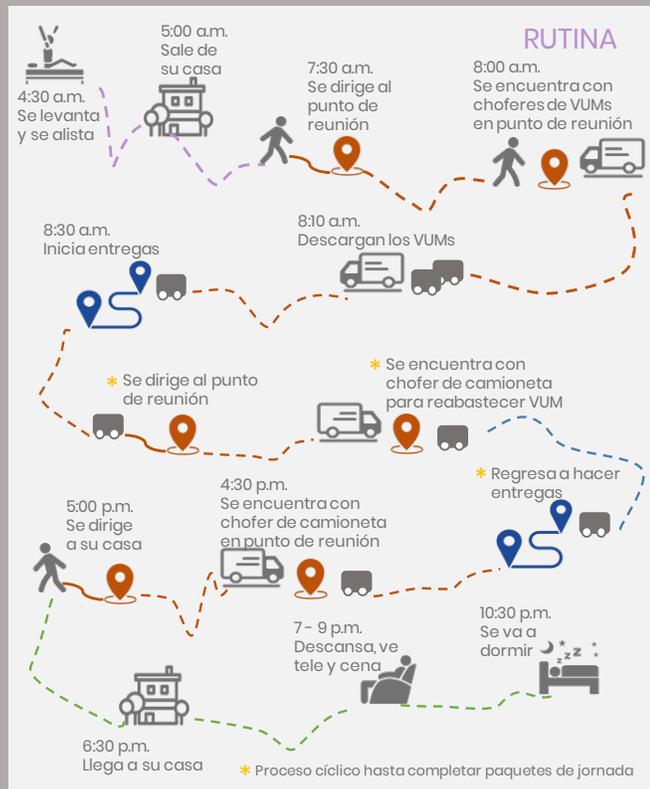


Figura 6. 5 - Personaje de chofer – repartidor en VUM.

6.4 OBSERVACIONES EN CONTEXTO

Con el propósito de averiguar aspectos referentes a las zonas corporativas y corroborar la información obtenida del colaborador, se realizaron observaciones en estos escenarios. Se analizó una zona con ciclovia en Avenida Paseo de la Reforma en la alcaldía Cuauhtémoc y otra sin ciclovia en Avenida Insurgentes Sur en la alcaldía Álvaro Obregón. En los siguientes apartados se presenta el desarrollo y los hallazgos.

6.4.1 OBSERVACIONES EN ZONAS CON CICLOVÍA

La primer observación realizada fue en la edificación Torre Latino Reforma, que se encuentra en una zona con ciclovia, en la alcaldía Cuauhtémoc, colonia Juárez; cerca del monumento conocido como Ángel de la Independencia.

Para comenzar se examinaron los detalles de construcción y se obtuvo que el edificio cuenta con dos accesos al edificio; uno es para vehículos que lleva hacia el estacionamiento y elevador de carga por donde acceden proveedores, paquetería de dimensiones consideradas mayores y repartidores de comida. El otro acceso es para personas que se dirigen a un restaurante que se encuentra en la planta baja del edificio o hacia el vestíbulo para acceder a los elevadores principales que los llevan a las oficinas en los siguientes pisos.

Seguidamente se observó lo que se hallaba inmediatamente frente al edificio y se encontró que hay letreros indicando la prohibición para estacionarse en esa zona, un lector de tarjetas magnéticas a la entrada del estacionamiento, que da acceso a los vehículos. En la banqueta, que tiene un ancho aproximado de 3 metros, solo transitan personas y cuenta con una rampa para personas en sillas de ruedas. En la ciclovia circulan bicicletas, scooters eléctricos y bicicletas eléctricas. (Figura 6.6).

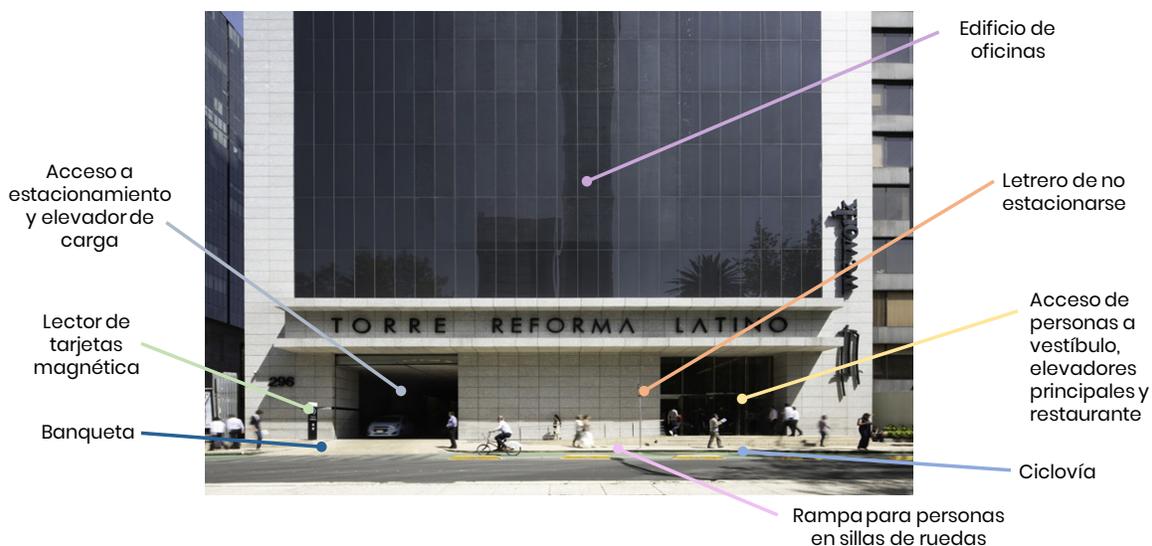


Figura 6. 6 - Descripción del sitio.

Respecto a las entregas en esta zona los hallazgos fueron: su realización es a bordo de vehículos como motocicletas y bicicletas, así como a pie. Se registraron 18 avistamientos de repartidores, de los cuales 11 utilizaban bicicleta y uno iba a pie. Se entregan paquetes y en mayor proporción comida.

Otros aspectos obtenidos relacionados al procedimiento en la distribución son: el estacionamiento de los vehículos, la forma de realizar la entrega, las medidas de seguridad de los repartidores usadas para transitar a bordo de su vehículo y las dimensiones de sus contenedores, los que se exponen a continuación.

ESTACIONAMIENTO. Debido a la inexistencia de áreas cercanas al edificio para estacionar los vehículos (bicicletas y motocicletas). Los repartidores en bicicleta optan por sujetar su vehículo, principalmente a los señalamientos (Figura 6.7 -a) y en otros casos a algún poste de alumbrado público cercano. Los medios de anclaje son cadenas con candados, cuerdas o candados especiales para bicicleta. Los repartidores en motocicleta, suelen esperar con su vehículo en el carril confinado a la ciclovía, invadiendo parcial o totalmente el espacio (Figura 6.7 - b). También sobre las banquetas, se encuentran estacionados scooters de servicios de movilidad privada, sin sujeción a nada.

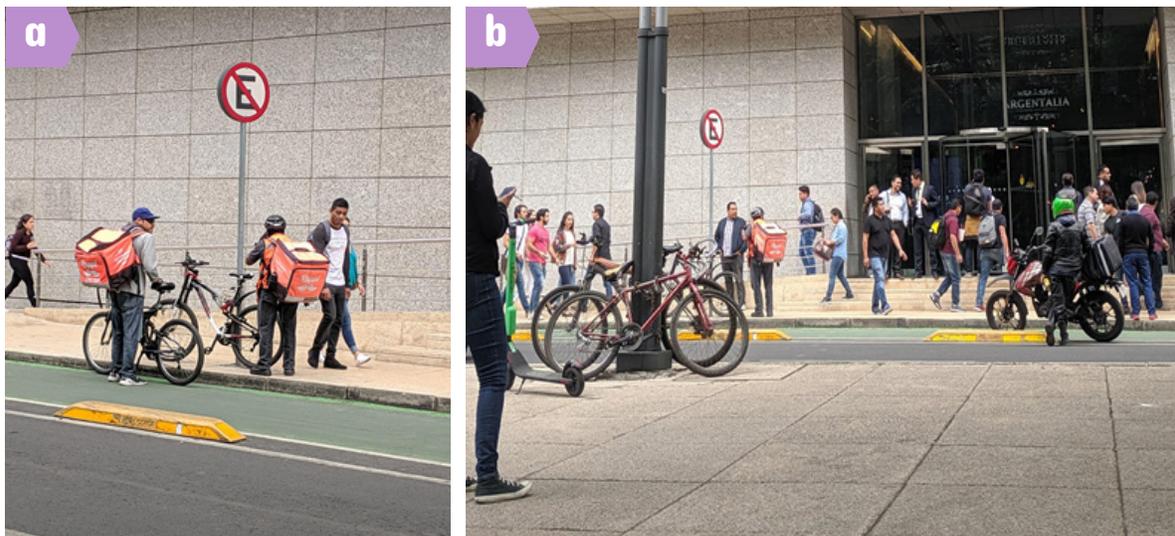


Figura 6.7 - a) Repartidores en bicicleta sujetando su bicicleta al señalamiento; b) Repartidor en motocicleta estacionado en ciclovía.

FORMA DE ENTREGA. Para realizar las entregas se encontraron tres alternativas. La primera donde el repartidor espera afuera del edificio al cliente, la segunda donde el repartidor accede al edificio por el estacionamiento y la tercera donde accede al edificio por la puerta principal.

El procedimiento de la primer opción y la más común, consiste en la llegada del repartidor al sitio de entrega y le notifica al cliente de su arribo, mientras sujeta su vehículo a un señalamiento o poste. El repartidor espera junto o a unos metros de su vehículo estacionado alrededor de 10 minutos en promedio, a que el cliente

baje. Finalmente el cliente sale del edificio, se encuentra con el repartidor y recibe su pedido. Después el cliente se retira y el repartidor libera su bicicleta para retirarse también (Figura 6.8 a - c).

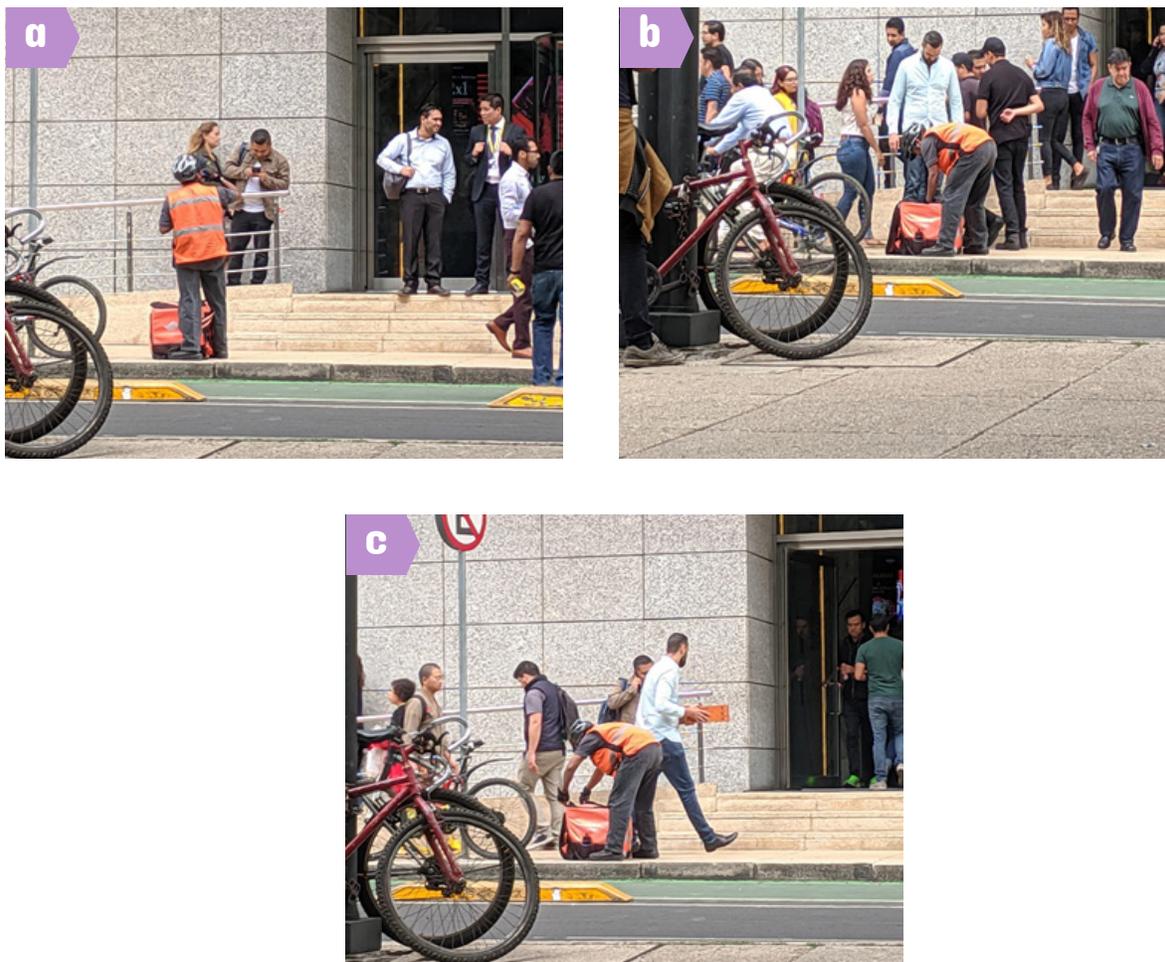


Figura 6.8 - a) Repartidor de comida esperando en la banqueta cerca de la entrada al edificio; b) El cliente llega con el repartidor ; c) El cliente recibe su pedido y ambos se retiran.

En la segunda opción donde el repartidor accede al edificio para realizar la entrega. Éste entra por el estacionamiento, a bordo de su motocicleta, bicicleta o a pie (Figura 6.9 a - c). Se identifica en la caseta de vigilancia próxima a la entrada y anuncia por teléfono su presencia al cliente, para permitir su acceso. Posteriormente en caso de que el repartidor lleve vehículo, lo estaciona en los cajones designados y se dirige al elevador de carga para subir hasta el piso donde se encuentra el cliente. El repartidor debe esperar su turno para poder ascender al elevador y esto puede tardar mucho tiempo o no, dependiendo de la cantidad de personas esperando a trasladar cosas en él. Una vez en su destino, se anuncia nuevamente por teléfono su llegada al cliente, por medio de la recepción del piso. El cliente sale a recibir el paquete o comida y el repartidor regresa por donde llegó. Bajando por el elevador de carga, igualmente esperando su turno y registrando su salida al final en la caseta de vigilancia.

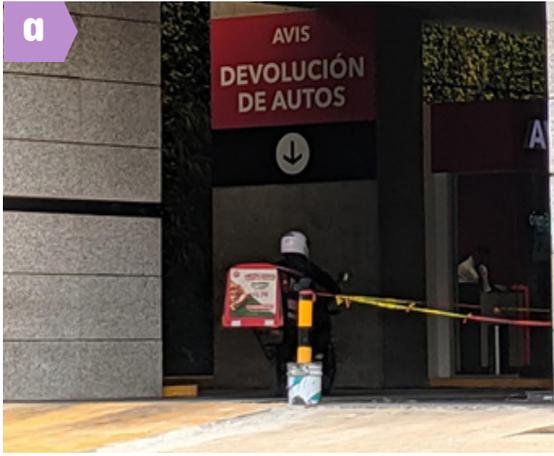


Figura 6 . 8 - a) Repartidor de comida en motocicleta entra por estacionamiento ; b) Repartidor de comida en bicicleta entra por estacionamiento ; c) Repartidor de paquetería entra por estacionamiento.

En la última opción el repartidor accede al edificio por la entrada principal (Figura 6.9), entra al vestíbulo donde hay una recepción para registrar su acceso y que se avise de su presencia al cliente. Una vez registrado se dirige al área de elevadores principales para subir al piso en donde hará la entrega. Cuando el repartidor llega a su destino, se anuncia su llegada al cliente, por medio de la recepción del piso, para que el cliente salga a recibir su paquete o comida . Una vez entregado el pedido el repartidor regresa de la misma forma como subió, por el elevador principal e indicando su salida en recepción. Solamente 3 de los 18 repartidores vistos en el lugar accedieron por la puerta principal al edificio. Los tres eran repartidores de comida.



Figura 6 . 9 - Repartidor de comida, accediendo a edificio por entrada principal.

MEDIDAS DE SEGURIDAD Y DIMENSIONES DE CONTENEDORES. Las medidas de protección que se observan en los 17 repartidores que llevaban vehículo son el uso de casco en los 6 motociclistas, además de otras medidas de seguridad como trajes, rodilleras y coderas. Por otro lado de los 11 ciclistas, sólo 4 llevaban un casco. Las dimensiones de los contenedores (mochilas) de los repartidores en bicicleta variaban en tamaño, 5 de ellas eran pequeñas y 6 grandes. Mientras los contenedores de las motocicletas son todas de dimensiones estándar (Figura 6.10 a-d).

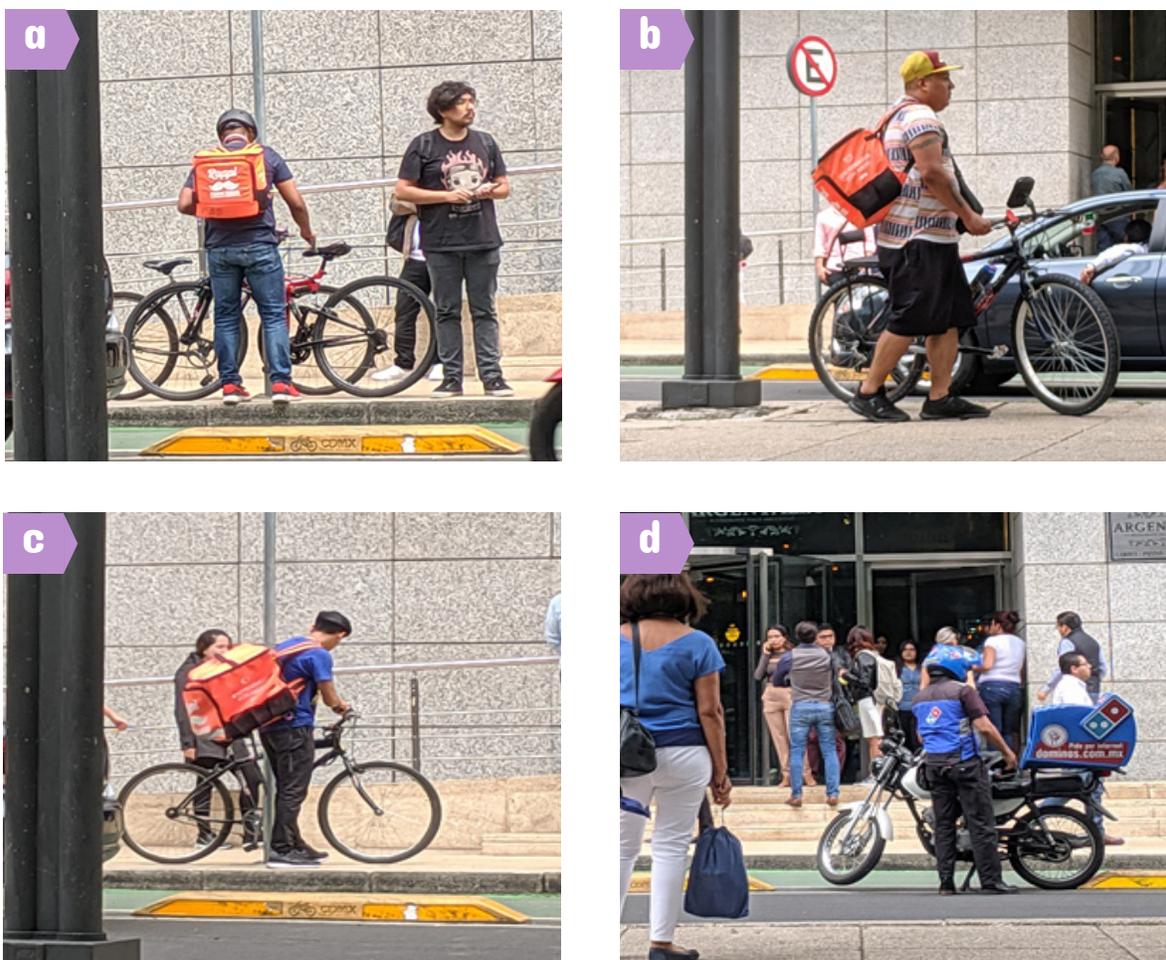


Figura 6.10 - a) Repartidor de comida en bicicleta con mochila pequeña, con medidas de seguridad ; b) Repartidor de comida en bicicleta con mochila pequeña y sin medidas de seguridad ; c) Repartidor de comida en bicicleta con mochila grande, sin medidas de seguridad ; d) Repartidor de comida en motocicleta con contenedor trasero estándar especial, con medidas de seguridad.

6.4.2 OBSERVACIONES EN ZONAS SIN CICLOVÍA

La segunda observación se realizó en edificios ubicados en Avenida Insurgentes Sur, en la alcaldía Álvaro Obregón, colonia Florida (entre las estaciones de metrobús Altavista y José María Velasco) que es una zona donde no hay ciclovia.

Como en el primer escenario, se examinaron los detalles de construcción y se obtuvo de igual forma que los edificios cuentan con dos accesos; uno para vehículos que lleva hacia el estacionamiento y elevador de carga, y otro acceso hacia el vestíbulo para acceder a los elevadores principales que los llevan a las oficinas en los siguientes pisos.

Con respecto a lo que se hallaba inmediatamente frente a los edificios son señalamientos, postes y en algunas partes jardineras pequeñas. Las banquetas tienen un ancho de alrededor de 2 metros, donde solo transitan personas y hay rampas para personas en sillas de ruedas.

Los hallazgos encontrados en esta zona, relacionados a la entrega fueron, que se realizan a bordo de vehículos como motocicletas, bicicletas y camionetas. Se reparten en su mayoría paquetes y en menor proporción comida.

Se descubrieron, al igual que en la zona con ciclovia, aspectos relacionados al estacionamiento de los vehículos, la forma de realizar la entrega, las medidas de seguridad de los repartidores usadas para transitar a bordo de su vehículo y las dimensiones de sus contenedores, los que se exponen a continuación.

ESTACIONAMIENTO. Dado que estacionarse afuera de los corporativos, sobre la acera está prohibido, los repartidores en motocicletas optan por estacionar sus vehículos en la avenida, al igual que los repartidores en camioneta, obstruyendo el carril de baja velocidad y perjudicando la circulación vial (Figura 6.11 a-b).

Otros motociclistas buscan zonas cercanas donde no hay corporativos, para estacionar sus vehículos en la acera invadiendo el espacio peatonal e incluso no importando la presencia de señalamientos prohibiendo el estacionarse en el lugar (Figura 6.11 - c). Lo anterior, a pesar de que existen zonas de parquímetros en los alrededores del edificio, pero no lo bastante cercanas para ahorrarles tiempo en sus trayectos.

En algunos otros edificios existen estacionamientos de corto plazo (entre 5 a 10 minutos de permanencia) para motocicletas (Figura 6.11 d). Los repartidores en bicicleta, buscan un lugar donde no obstruyan las entradas o el paso y sea permitido dejar su vehículo sujetado a un señalamiento o a un poste de alumbrado público (Figura 6.11 - e).

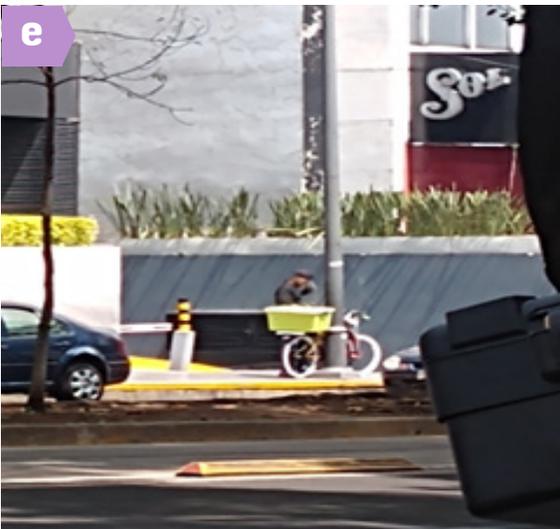


Figura 6.11- a) Camioneta de paquetería estacionado en carril de baja; b) Motocicleta de paquetería estacionado en carril de baja ; c) Motocicletas estacionadas en zonas cercanas, donde no hay corporativos, sobre la banqueta; d) Estacionamiento de corto plazo para motocicletas; e) Repartidor de comida en bicicleta, sujetando su vehículo a un poste de alumbrado público.

FORMA DE ENTREGA. Para realizar las entregas se hallaron las mismas tres opciones que en la zona con ciclovía. En la primera, el repartidor espera afuera del edificio al cliente, la segunda donde el repartidor accede al edificio por el estacionamiento y la tercera donde accede al edificio por la puerta principal. Siendo más predominante, la última forma (Figura 6.12).

MEDIDAS DE SEGURIDAD Y DIMENSIONES DE CONTENEDORES. Las medidas de protección que se observaron en los repartidores que llevaban motocicleta, es el uso de casco y otras medidas de seguridad como trajes, rodilleras y coderas (Figura 6.13). Por el contrario, los ciclistas no llevan ninguna protección. Los conductores de las camionetas a veces usan el cinturón de seguridad y en otras ocasiones no. Las dimensiones de los contenedores de los repartidores en bicicleta se asemejan a los contenedores de los motocicletas que son de dimensiones estándar todas y en las camionetas el espacio de carga depende del modelo de vehículo (van o minivan) que use la compañía de reparto.



Figura 6 . 12 - Repartidor de paquetería en motocicleta, accediendo a edificio por entrada principal.



Figura 6 . 13 - Repartidor de paquetería en motocicleta, con medidas de seguridad (casco y traje).

ENTREVISTA. En este escenario también se realizó una entrevista a un guardia de seguridad de uno de los edificios, de la que se obtuvieron los siguientes hallazgos:

- Está prohibido estacionar cualquier tipo de vehículo afuera del corporativo sobre la acera , para evitar obstrucciones de entradas y salidas en caso de temblores o emergencias.
- Cada repartidor se debe identificar, al igual que el paquete a la entrada del edificio. Indicando asimismo, con quién va, para dar aviso.
- Los paquetes siempre deben ser visibles (llevar en mano).
- El cliente debe autorizar la recepción y acceso del repartidor al edificio.

- En algunos edificios hay identificador de metales en la entrada.
- Se realiza una inspección del repartidor antes de entrar.
- La forma de entrega depende del reglamento interno del corporativo y del cliente.
- Para el caso de paquetería pequeña y mensajería, casi siempre se entrega accediendo por la puerta principal.
- En la entrega de paquetes más voluminosos, el acceso es por el elevador de carga, donde se realizan múltiples tareas, como: subir o bajar basura, mobiliario, papelería, alimentos, etc., por lo que se suele invertir alrededor de 30 min (dependiendo de las tareas enlistadas) para conseguir realizar la entrega.
- La entrega por elevadores principales, se ve condicionada a la estética y limpieza del contenedor, ya que socialmente es de suma importancia para convivir con los ejecutivos; por lo que sólo se permite el acceso con paquetes poco voluminosos y limpios.

Otras observaciones adicionales en esta zona fueron:

- Hay múltiples centros de distribución de paquetería (DHL, FedEx, etc.) cercanos entre sí y a los edificios.
- No se permite el acceso con cascos o cualquier objeto que pudiera ser usado como arma blanca.
- Existen estacionamientos especiales para vehículos personales dentro de algunos edificios (Figura 6.14).
- La entrega de comida casi siempre es afuera del edificio y de paquetes siempre dentro del edificio.



Figura 6 . 14 - Estacionamiento especial para vehículos personales..

- En un edificio puede haber oficinas de varias empresas (Figura 6.15).
- El vehículo puede permanecer en la calle en ocasiones con el compartimiento abierto, sin sufrir de robo (Figura 6.16).
- Hay gran presencia para cuidar de la zona, por parte de la policía, la seguridad del edificio y cámaras de vigilancia.
- La entrada de las personas por la puerta principal es permitida con mochila, portafolio o bolsa.



Figura 6.15 - Diferentes empresas en un sólo edificio.



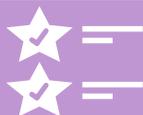
Figura 6.16 - Motocicleta estacionada en la calle con compartimiento abierto.

6.5 REGLAMENTACIÓN

El uso de vehículos de movilidad personal en el concepto de experiencia, refirió seguir ciertos lineamientos que rigen el contexto de aplicación y son indispensables a tomar en cuenta para su desarrollo.

Entre ellos se encontraron los Lineamientos de operación del transporte individual sustentable de la Ciudad de México, publicados en la gaceta oficial del pasado 26 de marzo de 2019 y modificados el 16 de abril del mismo año [50]. En ellos se dan a conocer los requisitos de funcionamiento, así como las características básicas de las unidades mecánicas o motorizadas (bicicletas o scooters) en los sistemas de transporte individual sustentable de la ciudad, para uso en renta.

Autorizando a su vez a la Secretaría de Movilidad, supervisar que el operador realice la prestación del servicio en estricto apego a lo establecido en la Ley, su Reglamento, dichos lineamientos y demás normatividad aplicable (Tabla 6.1 y 6.2).



Características generales de las unidades

- Capacidad máxima para una persona.
- Contar con dispositivo de geolocalización (GPS) que permita conocer la ubicación de la unidad en tiempo real; sin necesidad de que esté conectada o en interfaz con el dispositivo móvil de la persona usuaria.
- Dispositivo acústico de advertencia (timbre o campana).
- Dispositivo de luz blanca que, mientras la unidad está en movimiento, ilumine la superficie del camino frente al usuario y sea visible desde una distancia preferente de 90 m hacia el frente y desde los laterales de la unidad.
- Dispositivo de luz roja, continua o intermitente, en la parte trasera que sea visible desde una distancia preferente de 150 m hacia atrás.
- Contar con sistema de frenado. En caso de las unidades eléctricas, deberán contar con un sistema de frenado mecánico para casos de emergencia aunque cuenten con sistema de frenado electrónico.
- Soporte de pie, parador o pie de apoyo que le permita mantenerse en pie por sí misma.
- Velocidad máxima gobernada a 25 km/h, para el caso de las unidades eléctricas o con asistencia eléctrica.

Tabla 6.1 -Características generales de las unidades [50].



Estacionamiento de las unidades

- Está permitido estacionarse en:
 - a. Aceras cuando no haya un punto de arribo dedicado al estacionamiento de bicicletas y monopatines en un radio de 140 metros, y únicamente cuando la acera tenga un ancho mínimo de dos metros con ochenta centímetros y las unidades de servicio se estacionen en la franja de mobiliario urbano y arbolado, garantizando el paso peatonal con un mínimo de un metro sesenta centímetros con respecto al paramento de fachada.
 - b. Puntos de arribo dedicados para el estacionamiento de bicicletas y monopatines.
- Queda prohibido estacionar unidades en las siguientes áreas:
 - a. Franja peatonal, franja de fachada y acceso peatonal a predios.
 - b. Cruces y rampas peatonales.
 - c. Acceso a estaciones de transporte público masivo y semimasivo, y paradas de Transporte Público colectivo; emergencia e hidrantes, así como zonas de concentración o delimitadas por protocolos de protección civil.
 - d. Carriles de circulación vehicular
 - e. Estacionamiento para personas con discapacidad y áreas de carga y descarga.
 - f. Rampas de acceso vehicular a predios.
 - g. Infraestructura para la movilidad y mobiliario urbano, como cicloestaciones de ECOBICI y dispositivos de control de tránsito.
 - h. Cajones del programa de ordenamiento del estacionamiento en la vía pública, incluyendo cajones para motocicleta y de servicios especiales.

Tabla 6.2 -Lineamientos para el estacionamiento de unidades [50].

Además de los lineamientos, existen las recomendaciones de tránsito para bicicletas expuesto en la Guía Ciclista de la Ciudad de México (Tabla 6.3) promulgada por la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA) [51].



Guía ciclista de la Ciudad de México

A. SEGURIDAD DEL CICLISTA AL CONDUCIR

- Circular siempre en sentido de la calle y ciclovía, nunca en sentido contrario.
- No circular sobre banquetas, ni en carriles exclusivos para transporte público.
- Ceder el paso a las personas que caminan y respetar su espacio.
- Respetar los altos en vías primarias (ejes viales y avenidas).
- En el semáforo, esperar detrás del cruce o en la caja bici-moto.
- Señalar los movimientos (giros a derecha o izquierda, alto, etc.) usando las manos y el cuerpo.
- Rebasar por la izquierda.
- Nunca usar celular cuando se encuentren en movimiento.
- Nunca transportar a alguien más si sólo se cuenta con un asiento.
- No usar audífonos que aíslen de los sonidos viales.
- No transportar objetos que limiten la visión.
- Nunca transitar bajo la influencia del alcohol.

B. SEGURIDAD DEL CICLISTA Y VEHÍCULO

- Usar luces (trasera roja, delantera blanca) y reflejantes (chaleco y accesorios).
- Uso de cadena y uno o dos candados para asegurar el vehículo.
- Estacionar en lugar seguro.
- Portar un kit básico de herramientas

Tabla 6.2 -Lineamientos y recomendaciones en la Guía de ciclistas de la Ciudad de México [51].

6.6 REQUERIMIENTOS DEL PRODUCTO

A partir de los hallazgos obtenidos en las observaciones de la entrega en zonas corporativas, la reglamentación y las necesidades expuestas, por el colaborador y los usuarios; se establecieron dos tipos de requerimientos para el producto (vehículo): los generales y los generales ideales.

Los requerimientos generales del producto (Tabla 6.3) son indispensables para hacer realidad la experiencia final seleccionada en el ciclo anterior y los requerimientos generales ideales (Tabla 6.4) para mejorar la experiencia del usuario; se muestran como una aspiración y no perjudican el funcionamiento del producto; por lo que su nivel de importancia, es menor que los primeros.

NO.	REQUERIMIENTO GENERAL
1	El VUM tiene un precio máximo de \$30,000.
2	El VUM tiene un volumen de entrega de al menos 35 paquetes (sobres).
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 es monoplaza.
6	El VUM permite una velocidad máxima de 25 km/h.
7	El VUM se compone de piezas comerciales.
8	El VUM soporta el peso de los paquetes y del usuario.
9	El VUM recorre zonas de edificios corporativos.
10	El VUM cuenta con un soporte para dispositivos de trabajo (teléfono celular).
11	El VUM permite circular entre zonas con tráfico y ciclovías.
12	El VUM transita por zonas irregulares (desnivel de banqueteta, topes, baches)
13	El VUM es estable con carga y sin carga, al circular o encontrarse estacionado.
14	El VUM es de fácil mantenimiento.
15	El VUM permite la fácil reposición de piezas dañadas.
16	El VUM es seguro para el usuario.
17	La apariencia del sistema VUM encaja en un ambiente corporativo.
18	El VUM es eléctrico.
19	El VUM es cómodo para el usuario.

Tabla 6. 3 - Requerimientos generales del producto.

NO.	REQUERIMIENTO GENERAL IDEAL
1	El sistema VUM tiene espacio para artículos personales.
2	El sistema VUM es rastreado.
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.

Tabla 6. 4 - Requerimientos generales ideales del producto.

6.7 FUNCIONES DE DISEÑO

A su vez, con base en lo anteriormente aprendido, los requerimientos generales del producto planteados, y bajo el siguiente supuesto:

“Se requiere entrar al edificio por elevadores principales y evitar los de carga, esto, debido a que se emplea tiempo en exceso para realizar la entrega, si se accede por uno de carga. La opción donde el repartidor ingresa y sale del edificio por la entrada principal, representa para el repartidor un mayor control del tiempo en la entrega, a pesar de suponer otros inconvenientes”.

Se propusieron dos funciones de diseño para la generación de conceptos del producto que se muestran en la Figura 6.17.

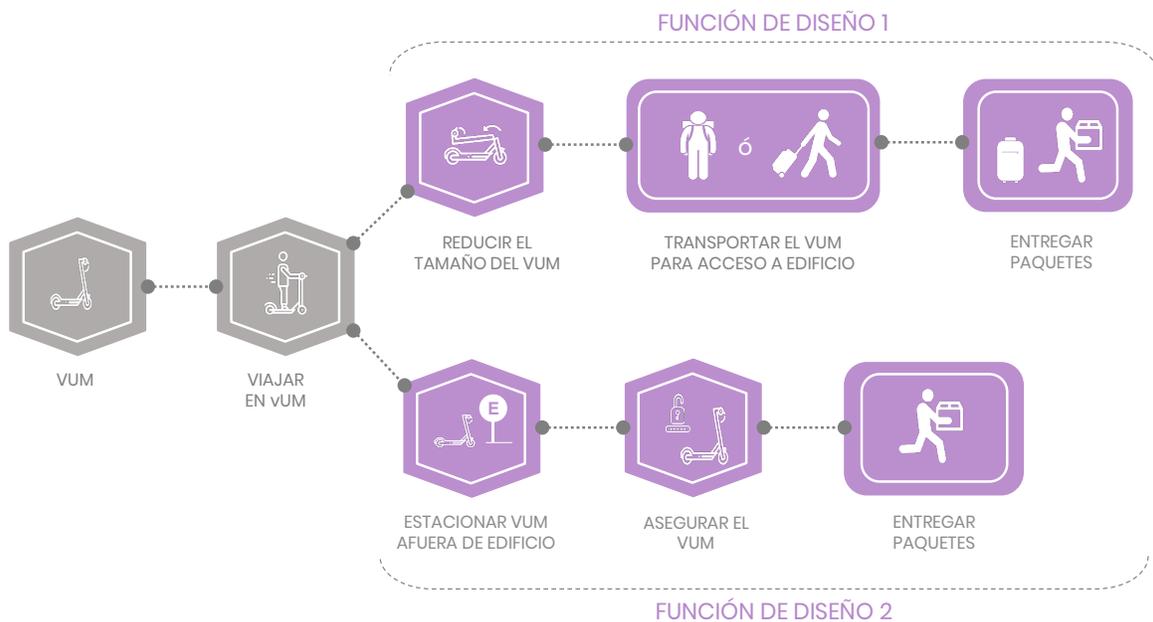


Figura 6.17 - Funciones de diseño.

La primer función de diseño (función de diseño 1) describe el proceso de uso en que el usuario, después del viaje en el Vehículo de Última Milla (VUM), reduce su tamaño; ya sea plegándolo o desarmándolo para transportarlo. El usuario lo traslada cargándolo en la espalda como mochila o arrastrándolo como maleta, junto con los paquetes. Permiéndole el acceso por la entrada principal, a los elevadores principales y desplazarse con facilidad en el interior del corporativo, donde hará la entrega. El vehículo y los paquetes siempre permanecerán con el usuario.

Asimismo, se tomó la consideración en donde el usuario no siempre pueda acceder con el vehículo al edificio y en esos casos, sería necesario dejarlo afuera (función de diseño 2). Su proceso de uso en este escenario, se describe en la

segunda función de diseño. Después del viaje en el VUM, el usuario lo estaciona afuera del edificio, donde sea permitido y pueda ser asegurado. El usuario desciende del vehículo, saca los paquetes a entregar, asegura el vehículo y el compartimiento de paquetes. Posteriormente accede al edificio por la puerta principal para realizar la entrega, dejando el vehículo sólo, hasta su regreso.

Adicional a los requerimientos generales planteados en el apartado 6.6, se establecieron requerimientos especiales de acuerdo a la función de diseño, que se presentan en la Tabla 6.5 y 6.6 y complementan cada circunstancia.

NO.	REQUERIMIENTO 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 demuestra ser seguro. (ocultar cables, evita formas punzocortantes).
7	El sistema VUM está construido por materiales seguros.
8	El sistema VUM facilita el registro de paquetes

Tabla 6 . 5 - Requerimientos de la Función de diseño 1 .

NO.	REQUERIMIENTO FUNCIÓN DE DISEÑO 2
1	El sistema VUM garantiza la seguridad de los paquetes.
2	El VUM es antirrobo.
3	El VUM se estaciona en lugares permitidos.
4	La estética del Sistema VUM permite la difícil identificación del servicio de paquetería.
5	El tamaño del VUM es comparable con el de una bicicleta.

Tabla 6 . 6 - Requerimientos de la Función de diseño 2 .

6.8 ESTUDIO DE MERCADO

Seguidamente del planteamiento de las funciones de diseño, se realizó una investigación de vehículos de movilidad personal, con la finalidad de estudiar y conocer los productos presentes, además de las tendencias existentes en este horizonte.

Los vehículos encontrados, se clasificaron en tres categorías y a su vez cada categoría en subcategorías. Las tres categorías fueron basadas en su cantidad de ruedas: de una, dos y tres. Cada una de las tres categorías, se dividió en dos,

tomando la consideración de si el vehículo traía un compartimento o contenedor, para que el usuario pudiera transportar artículos.

En la Figura 6.18 se muestra la investigación y clasificación realizada, de la que al final se observó que los vehículos con dos y tres ruedas hacen uso de un compartimento para guardar artículos.



Figura 6.18 - Estudio de mercado, vehículos de movilidad personal de una, dos y tres ruedas (1 [52], 2 [53], 3 [54], 4 [55], 5 [56], 6 [57], 7 [58], 8 [59], 9 [60], 10 [61], 11 [62], 12 [63], 13 [64], 14 [65], 15 [66], 16 [67], 17 [68], 18 [69], 19 [70], 20 [71], 21 [72], 22 [73], 23 [74], 24 [75], 25 [76], 26 [77], 27 [78], 28 [79]).

6.9 DISEÑO CONCEPTUAL DE VUM

Para realizar el diseño del vehículo, primeramente de las funciones planteadas en la sección 6.7, se seleccionó la primera, debido a que ofrece la mayor seguridad de los paquetes y el vehículo al traerlos siempre consigo en el reparto de la paquetería.

Inclinándose a desarrollar un concepto que se transporte en forma de maleta, de acuerdo al principio que resulta mejor empujar o jalar una maleta, que cargar una mochila, todo el recorrido de entrega por el peso y el volumen mínimo del sistema que se propuso comparable al menos con el compartimento de una motocicleta. Cuidando a la vez la salud de la columna de los usuarios.

A continuación se presentan los conceptos generados (Figura 6.19), para dar solución a la problemática en la entrega en corporativos, también basada en el estudio de mercado del apartado 6.8.

CONCEPTO NO. 1: Vehículo que es maleta, en donde el vehículo tiene forma de maleta, los paquetes se encuentran dentro del compartimiento y sólo se hacen cambios pequeños para su transformación estética antes de entrar al edificio.

CONCEPTO NO. 2: Vehículo que se convierte en maleta, en donde el vehículo se esconde dentro de la maleta antes de acceder al edificio. Claramente se diferencia el vehículo y el compartimiento, que al unirse dan la forma estética de la maleta.

CONCEPTO NO. 3: Maleta y patines, en donde el vehículo se plantea en forma parecida a patines y el compartimiento en una especie de maleta, en donde van los paquetes y antes de entrar al edificio se guardan los patines.



Figura 6.19 - Conceptos de diseño del vehículo..

Finalmente, de los tres conceptos generados, solo se tomaron los dos primeros principios para generar propuestas de vehículos, que se muestran en la sección siguiente. Se descarto el último, por que el uso de patines involucra un mayor tiempo de aprendizaje para lograr mantener el equilibrio, por la exposición del usuario a caídas y por la dispersión de los componentes del sistema.

6.10 PROPUESTAS DE VUM

Las propuestas de vehículos se basaron en dos de los conceptos planteados en la sección anterior, que son: el Vehículo es maleta y el Vehículo se convierte en maleta. Asimismo se consideraron los hallazgos del estudio de mercado para proponer vehículos con dos y tres ruedas, que son los que hacen uso de un compartimiento para guardar artículos o en los que se pudiera implementar, para el traslado de paquetes. Las configuraciones consideradas para las propuestas de vehículos, es como se muestra en la Figura 6.20.

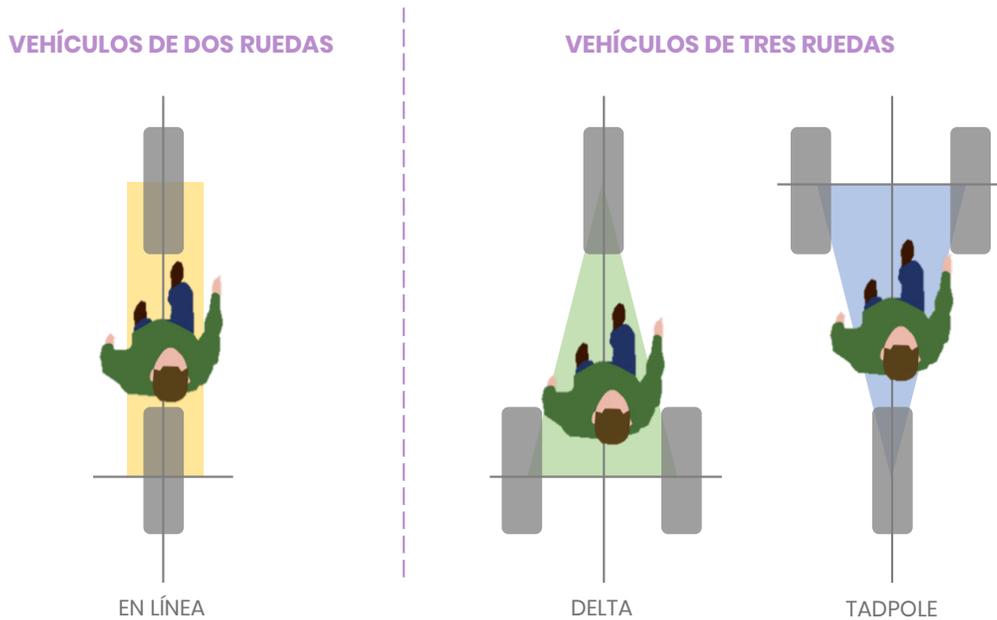


Figura 6 . 20 - Configuraciones de vehículos para propuestas.

En total se generaron seis propuestas de vehículos con diferentes formas de plegado para transformarlos en maleta . Se presentan enseguida por medio de maquetas y su descripción.

PROPUESTA NO.1: Vehículo de tres ruedas en configuración delta con compartimento trasero, donde el usuario viaja sentado. Con tracción trasera y dirección delantera. Sistema de plegado compuesto por correderas, que permite que la horquilla delantera se desplace hacia la parte trasera para ocultarse completamente en el compartimento, dejando el manubrio como asa para jalar como maleta (Figura 6.21).

PROPUESTA NO.2: Vehículo de tres ruedas en configuración tadpole, con compartimento delantero, tracción y dirección delantera. El usuario viaja de pie en una plataforma que es plegable hacia la parte posterior del compartimento junto con la llanta trasera para convertirse en maleta, dejando el manubrio telescópico como asa para jalarla y acceder al corporativo. Además las llanta delanteras también son abatibles para tener la opción de cargarla en modo mochila (Figura 6.22).

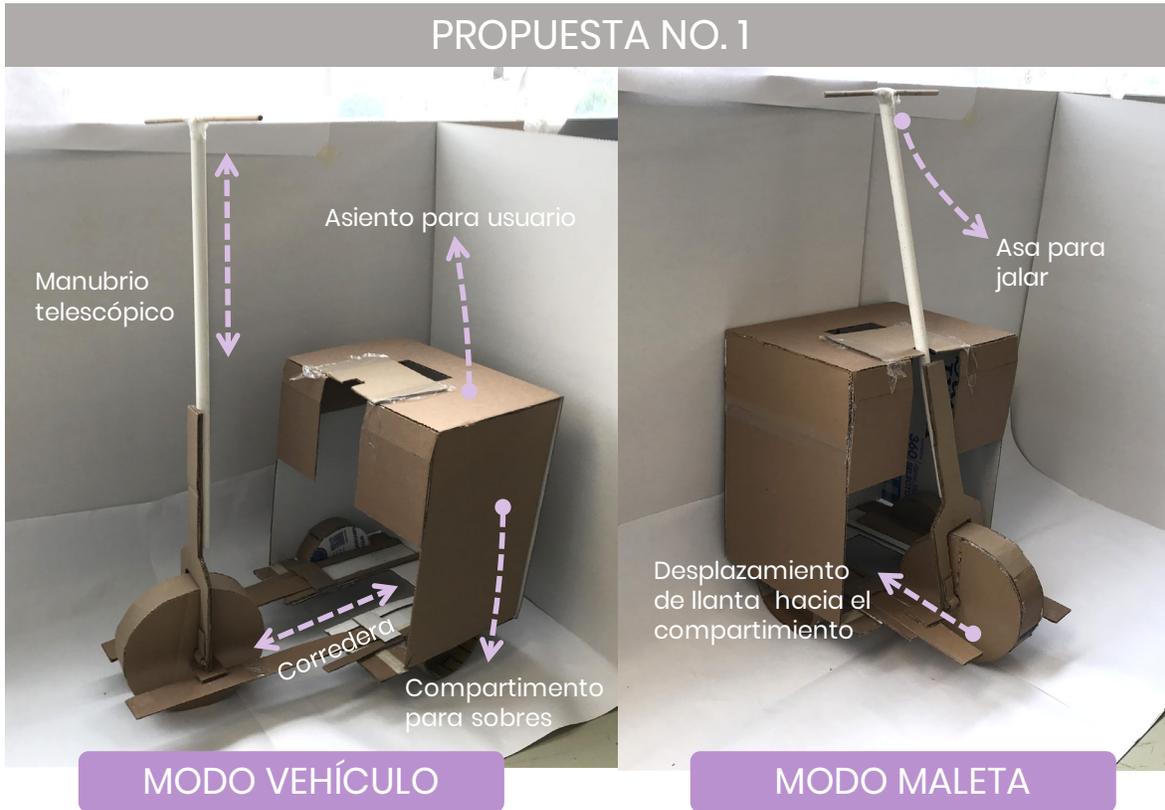


Figura 6. 21- Propuesta de vehículo No.1.

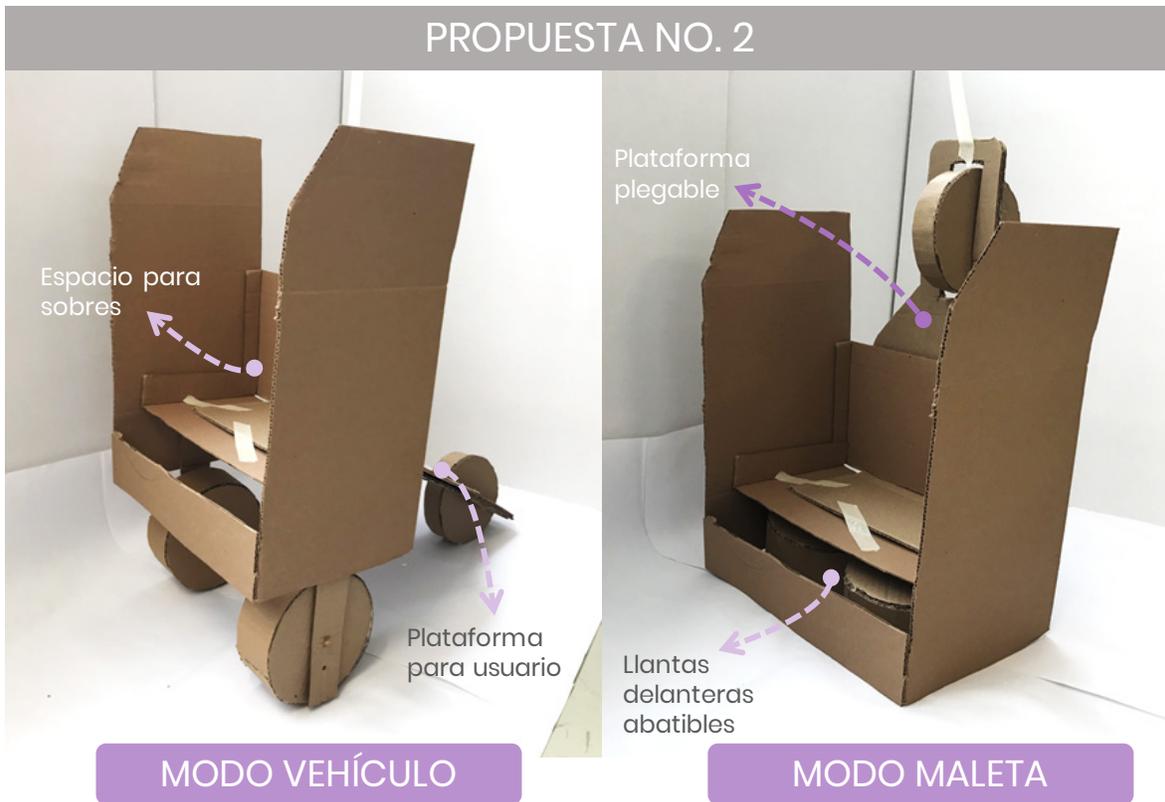


Figura 6. 22 - Propuesta de vehículo No.2.

PROPUESTA NO.3: Vehículo de tres ruedas en configuración tadpole, con compartimento delantero, tracción y dirección delantera. El usuario viaja de pie en una plataforma plegable hacia la parte posterior del compartimento. La llanta trasera se dobla en sentido contrario a la plataforma, usando un eje para su giro y colocación abajo, desfasada de las dos delanteras; ayudando en el parado de la maleta. El manubrio telescópico funciona como asa para jalarla y acceder al corporativo. Los puños del manubrio son de igual forma plegables y reducen su tamaño para mejorar su estética (Figura 6.23).

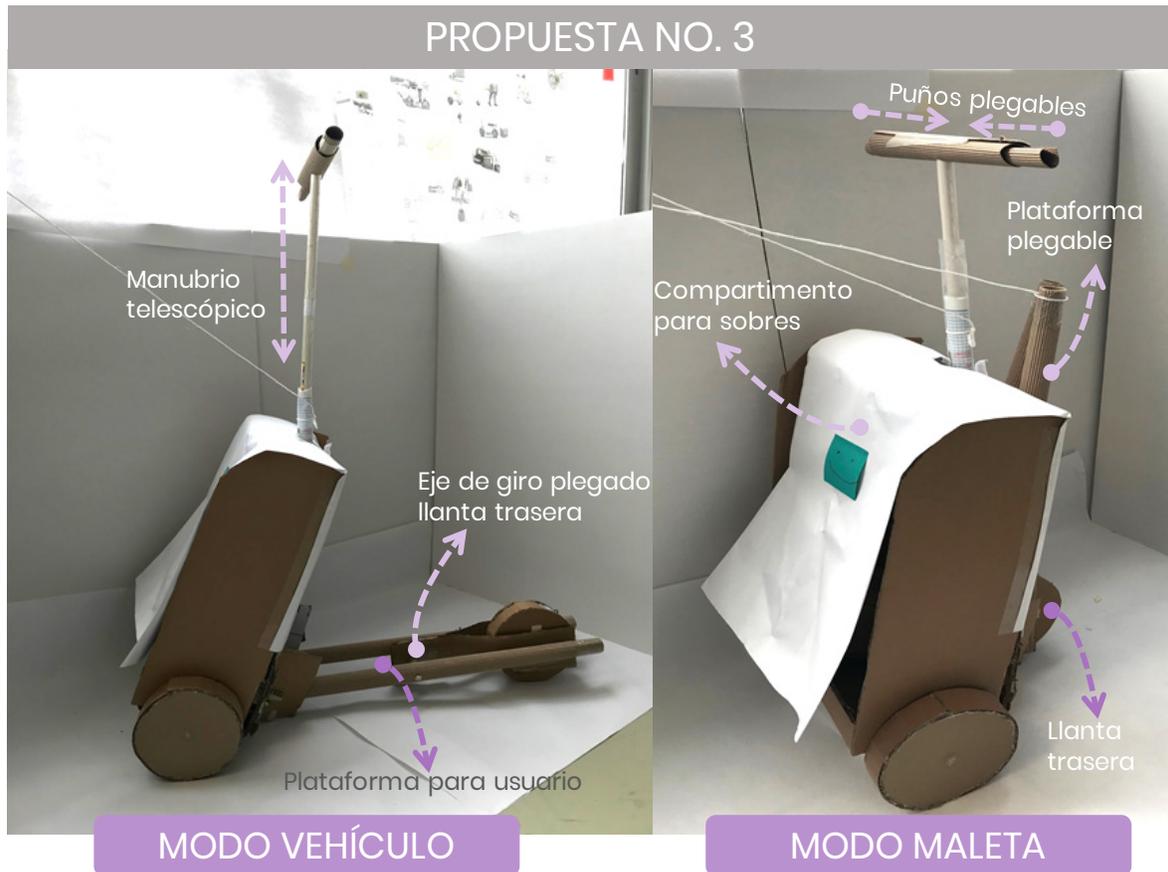


Figura 6.23 - Propuesta de vehículo No.3.

PROPUESTA NO.4: Vehículo de tres ruedas en configuración tadpole, con compartimento delantero, tracción y dirección delantera. El usuario viaja de pie en una plataforma plegable que se desplaza junto con la llanta hacia la parte posterior interna del compartimento, esto, por medio de una corredera situada en el interior. La llanta trasera se alinea con las dos delanteras, ocultándola. El manubrio es telescópico y sus puños son plegables para dar una estética visual de asa, para jalar la maleta y acceder al corporativo (Figura 6.24).

PROPUESTA NO.5: Vehículo de dos ruedas en línea, donde el usuario durante el trayecto va sentado en el compartimento que se encuentra entre las dos llantas. Su tracción y dirección son delanteras. Cuenta con una doble carcasa que se expande para ocultar las llantas y así convertirse en maleta, además de que los reposapiés se abaten para esconderse. El manubrio es telescópico y se usa para jalar la maleta cuando se accede al corporativo (Figura 6.25).

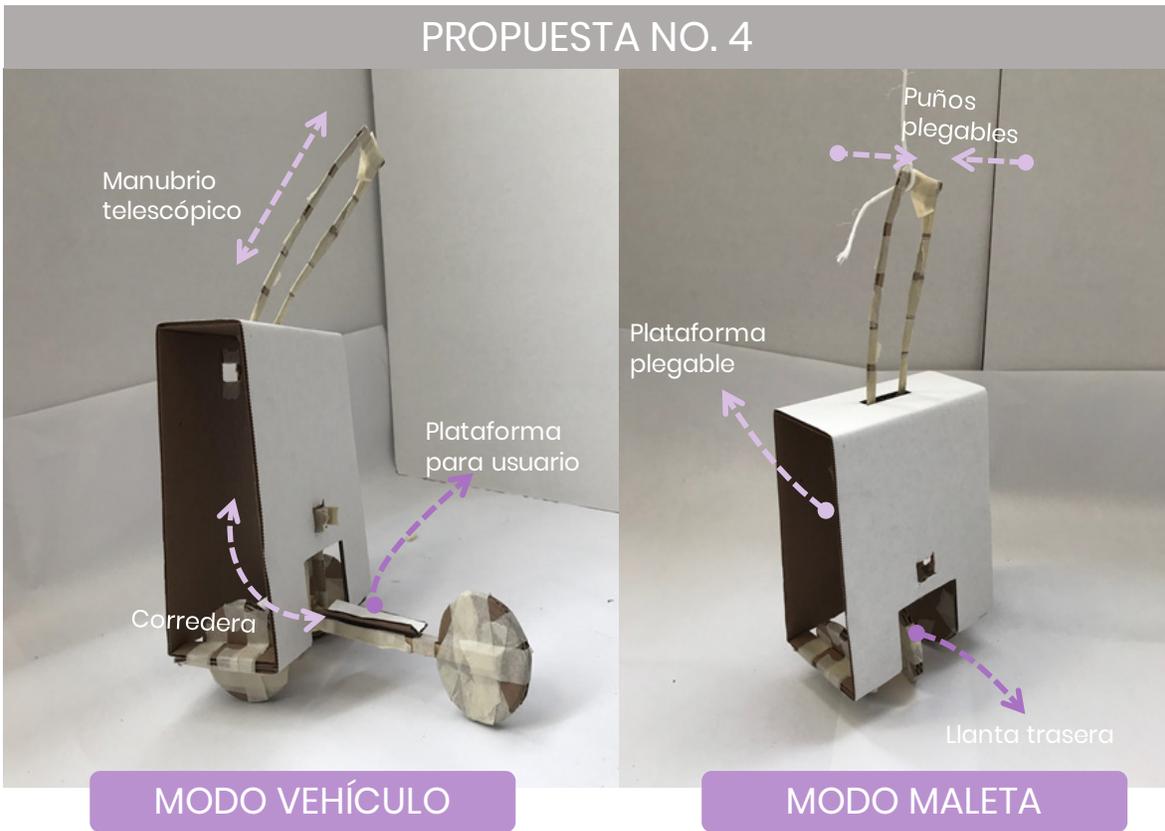


Figura 6 . 24 - Propuesta de vehículo No.4.

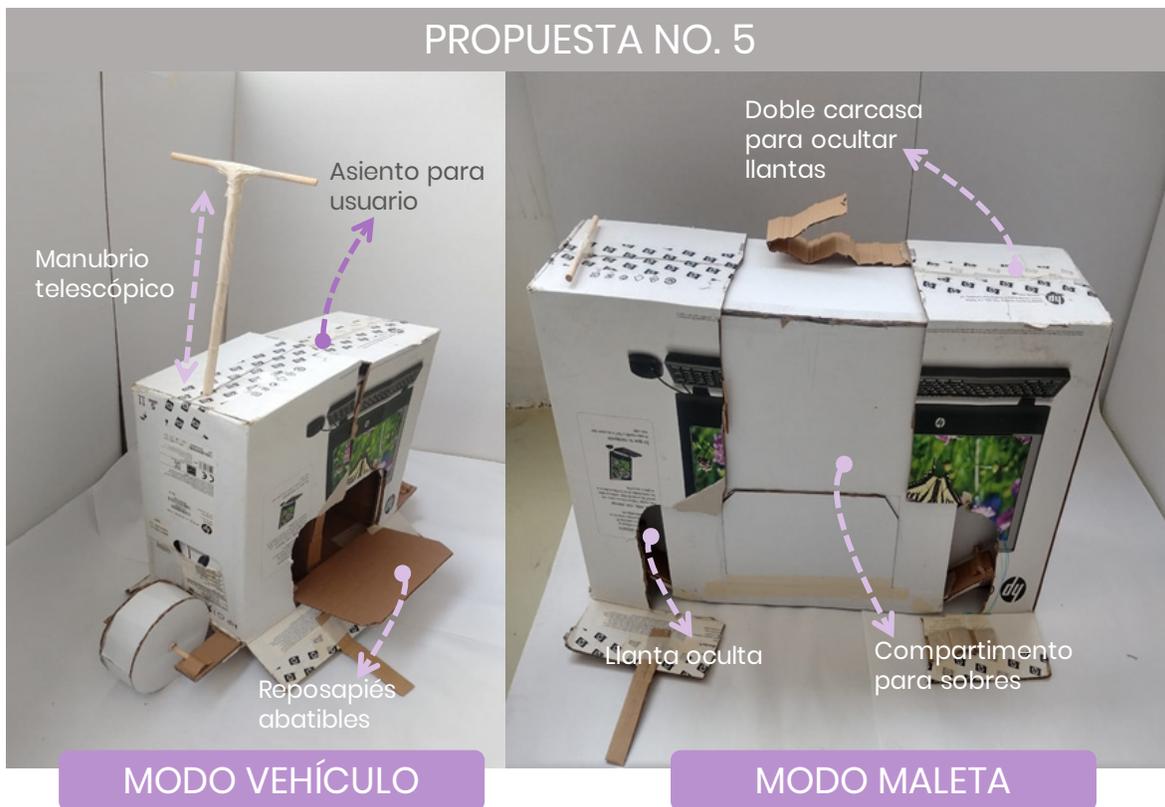


Figura 6 . 25 - Propuesta de vehículo No.5.

PROPUESTA NO.6: Vehículo de tres ruedas, de uso en configuración delta o tadpole. En la configuración tadpole el usuario va sentado sobre el compartimiento que se ubica sobre una sola rueda y en la delta el usuario se para sobre la plataforma entre las dos llantas. Su dirección es mediante sensores para controlar los motores en las llantas. Para convertirse en maleta, las dos llantas y la plataforma giran 180° para colocarse debajo del compartimiento, quedando así las tres ruedas alineadas. El soporte del usuario es telescópico y se usa para jalar la maleta cuando se accede al corporativo (Figura 6.26).



Figura 6 . 26 - Propuesta de vehículo No.6.

6.11 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE PROPUESTA DE VUM

En la evaluación de las propuestas de vehículos, para compararlos entre si de manera homogénea. Primeramente se establecieron criterios de selección, que se muestran en la Tabla 6.7, basados en los requerimientos planteados anteriormente.

Posteriormente al planteamiento de los criterios, se realizó una jerarquización y asignación del número de requerimiento al que se refieren; sin tomar en cuenta los que se consideran obligatorios como las señalizaciones, la velocidad, un volumen mínimo de paquetes, entre otros; ya que éstos deben ser considerados en cada una de las propuestas y los demás si tienen variación entre propuesta y propuesta.

No.	Requerimiento	Criterio
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 (obligatorio)
3	El VUM permite el fácil ascenso y descenso de su usuario.	Número de pasos para subir y bajar, número de pasos de plegado
4	El VUM cuenta con un sistema de señalización visual y sonora para comunicación vial.	Obligatorio
5	El VUM es monoplaza.	Obligatorio
6	El VUM permite una velocidad máxima de 25km/h.	Obligatorio
7	El VUM se compone de piezas comerciales.	Complejidad de diseño
8	El VUM soporta el peso de los paquetes y del usuario.	Obligatorio
9	El VUM recorre zonas de edificios corporativos.	Autonomía: Peso del vehículo, número de motores, complejidad de diseño
10	El VUM cuenta con un soporte para dispositivos de trabajo (teléfono celular).	Obligatorio
11	El VUM permite circular entre zonas con tráfico y ciclovías.	Obligatorio
12	El VUM transita por zonas irregulares (desnivel de banqueteta, topes, baches).	Obligatorio
13	El VUM es estable con carga y sin carga, al circular o encontrarse estacionado.	Estabilidad con carga
14	El VUM es de fácil mantenimiento.	Número de piezas
15	El VUM permite la fácil reposición de sus piezas dañadas.	Complejidad de mecanismo, número de piezas
16	El VUM es seguro para el usuario.	Obligatorio
17	La apariencia del VUM encaja en un ambiente corporativo.	Ocultar llantas
18	El VUM es eléctrico.	Obligatorio
19	El VUM es cómodo para el usuario.	De pie o sentado

Tabla 6.7 - Criterios de selección.

En la Tabla 6.8, se muestran los criterios, su asignación de requerimiento y su jerarquización 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.
- Estética y comodidad del usuario tiene un valor de 2

La escala va del 1 al 5, donde, 5 tiene la mayor importancia, y el 1 tiene menor importancia. En la tabla también se indica la forma en que se evaluará cada criterio haciendo uso de dos escalas: la primera del 1 al 5, donde el 5 apunta al más conveniente y el 1 al menos beneficioso; y la segunda del 1 al 2, para los casos en donde sólo se tienen dos opciones, donde 2 es el más conveniente y el 1 es el menos beneficioso.

Jerarquía	No. de Requerimiento	Criterio	Evaluación
5	1, 14, 15	Número de piezas	1 al 5, siendo 5 el menor número de piezas
5	1, 7, 9, 15	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	Número de pasos de plegado	1 al 5, siendo 5 el menor número de pasos
3	9	Número de motores	1 al 2, siendo 2 un motor y 1 dos motores
4	13	Estabilidad con carga	1 al 5, siendo 5 el de mayor estabilidad
2	17	Ocultar llantas	1 al 5, siendo 5 el que mejor oculta las llantas
2	19	De pie o sentado	1 al 2, siendo 2 sentado y 1 de pie

Tabla 6 . 8 - Jerarquización, asignación y evaluación de criterios de selección.

Para los criterios: complejidad de diseño, estabilidad con carga, ocultar llantas y de pie o sentado, se consideraron sub-escalas de evaluación como se muestra en la Tabla 6.9, con rango de calificación del 1 al 3, donde el 3 es el mejor y 1 el menos beneficioso.

	Complejidad de mecanismo	Complejidad de control	Estabilidad (configuración)	Llantas ocultas	Estabilidad (centro de masa)	Posición del usuario	
+	Corredera	3 llantas y manubrio	En línea	Todas			3
↕	Tijera	2 llantas y manubrio	Tadpole	Todas-1	Centro abajo	Sentado	2
-	Bisagra	1 llanta	Delta	Todas-2	Adelante/atrás	De pie	1

Tabla 6 . 9 - Sub-escalas de evaluación de criterios de selección.

Después, cada propuesta se describió de acuerdo a los criterios para hacer comparaciones en los mismos términos. En la Tabla 6.10 se muestra la síntesis de la descripción planteada de cada propuesta y sobre la que se basa la evaluación (ver tabla completa de la descripción en Anexo Ciclo 3).

Finalmente se evaluó cada criterio en cada propuesta, utilizando las escalas de las Tablas 6.8 y 6.9. La evaluación queda como se muestra en la Tabla 6.11; en donde los resultados de la valoración evidencian que la propuesta número 5, es la mejor puntuada con un total de 126 y la seleccionada como propuesta de vehículo a desarrollar como solución. Seguida también por poca diferencia, por la propuesta numero 6 con 120 puntos y después por la número 2 con 109.

Criterio	Propuesta No.1	Propuesta No.2	Propuesta No.3	Propuesta No.4	Propuesta No.5	Propuesta No.6
Número de piezas	18	17	23	28	18	19
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) + Control 1 llanta (1): 4	Bisagra (1) + Control 2 llantas, manubrio y modo (3): 4
Número de pasos para subir y bajar	3	1	1	1	3	1
Número de pasos de plegado	4	8	7	12	6	5
Número de motores	2	3	3	3	1	2
Estabilidad con carga	Delta (1), Centro de masa atrás (1): 2	Tadpole (2), Centro de masa adelante (3): 3	Tadpole (2), Centro de masa adelante (3): 3	Tadpole (2), Centro de masa adelante (3): 3	En línea (3), Centro de masa en el centro (2): 5	Tadpole (2), Centro de masa adelante (3): 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 6.10 - Descripción de propuestas en terminos de criterios.

Jerarquía	Criterio	Propuesta No.1		Propuesta No.2		Propuesta No.3		Propuesta No.4		Propuesta No.5		Propuesta No.6	
		Ev	P	Ev	P	Ev	P	Ev	P	Ev	P	Ev	P
5	Número de piezas	5	25	5	25	4	20	3	15	5	25	5	25
5	Complejidad de diseño (mecanismo y control)	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
Total de puntos			108		109		100		91		126		120

Ev – Evaluación
P – Puntos

Tabla 6.11 - Evaluación y selección de propuesta..

6.12 HALLAZGOS Y FACTORES CRÍTICOS

Para acceder al edificio por la entrada principal, la propuesta de vehículo seleccionada fue la número 5, un vehículo que es maleta, en configuración de dos ruedas en línea. La simplicidad en su de diseño, permite tener un menor número de piezas y por ende reducir costos en materiales, manufactura y mantenimiento.

El compartimiento central aporta un mayor espacio para contener los paquetes, comparado con cualquiera de las otras propuestas. Además de asegurarse que el centro de masa se encuentre lo más abajo posible y en el centro, fortaleciendo asimismo el equilibrio del usuario. Permite también que el usuario se transporte sentado, dándole comodidad y descanso durante el viaje .

El área a mejorar en esta propuesta se encuentra en el tema del plegado. En donde se requiere implementar un sistema o realizar una modificación en el diseño para ocultar completa o parcialmente las llantas con la misma carcasa, sin necesidad de una doble.

CAPÍTULO

7

CICLO 4: PROTOTIPO

7.1 REDEFINICIÓN DEL RETO DE DISEÑO

El reto del ciclo anterior establece realizar entrega de paquetería en corporativos, para lo que en este último sigue la misma línea permaneciendo como: Diseñar un Vehículo de Última Milla (VUM) eléctrico, que haga más eficiente la entrega de paquetes en zonas de corporativos, reduciendo tiempo y costos de envío, a mediano y largo plazo.

En esta última iteración se desarrolló la propuesta del concepto de vehículo seleccionada en el ciclo anterior, para obtener al final el prototipo que dará solución a la problemática planteada en el escenario de los corporativos. En total se realizaron tres prototipos que se presentan más adelante. El concepto del producto a diseñar, toma por nombre VUMi (Vehículo de Última Milla Innovador) y se le agrega un número de acuerdo al prototipo generado.

7.2 ESTUDIO COMPARATIVO DE VMP

Como primer paso para el diseño del prototipo se realizó un estudio comparativo de productos análogos y homólogos a la propuesta planteada. En el estudio se identificaron las características técnicas y de diseño de cada Vehículo de Movilidad Personal (VMP), como lo son: el tamaño de neumáticos, carga máxima que soporta la estructura, peso del vehículo, velocidad máxima, autonomía, entre otros. Aspectos que se tomaron como base para definir ciertos parámetros en especificaciones y para la selección de componentes (Ver tablas completas en Anexo Ciclo 3). En la Figura 7.1 se presentan los vehículos estudiados y a continuación el análisis de los datos de las tablas.



Figura 7.1 - Vehículos de Movilidad Personal (VMP) estudiados
(1 [80], 2 [81], 3 [82], 4 [83], 5 [84], 6 [85], 7 [86], 8 [87], 9 [88], 10 [89], 11 [90], 12 [91], 13 [92]).

Los VMP tienen un mayor uso en la movilidad urbana, a excepción de los que son utilizados como maleta, ya que su aplicación es en terrenos más planos como los que se encuentran dentro de los aeropuertos.

De acuerdo a la clasificación de la Dirección General de Tráfico (DGT) de España [10], el vehículo a desarrollar se encuentra en la clasificación de tipo de vehículo B, por considerarse su velocidad límite de 25[km/h], para poder transitar por las ciclovías de la Ciudad de México. La normativa española establece para este tipo de vehículos una velocidad máxima de 30[km/h].

En el estudio comparativo se investigaron 13 VMP, de los que se observó que el rango de la velocidad máxima de vehículos maleta o que son plegables en forma de maleta se encuentra entre 6-13[km/h] (5 VMP) y los scooter en línea (5 VMP) van entre 20 a 30[km/h], obteniendo que 10 de los 13 VMP se encuentran dentro del límite de velocidad máxima establecido por la normativa (Figura 7.2).

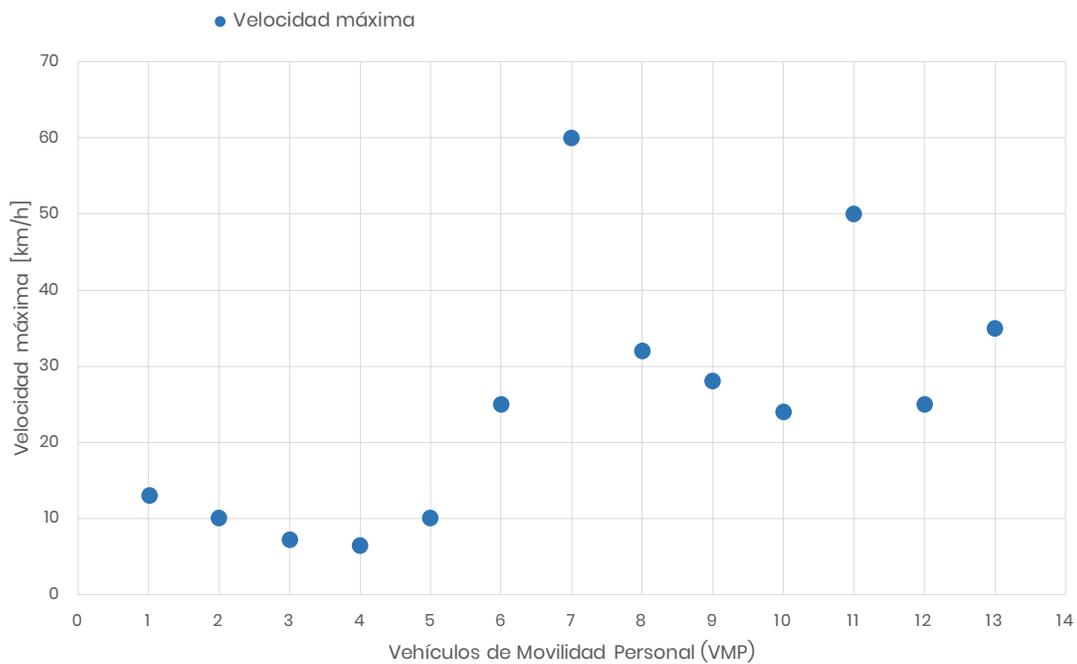


Figura 7.2 - Gráfica de velocidad máxima de Vehículos de Movilidad Personal (VMP) estudiados.

Las dimensiones de este tipo de vehículos en la normativa se especifican como: largo máximo de 1.9[m], ancho máximo de 0.8[m] y altura máxima de 2.1[m]. Para lo que los vehículos analizados su longitud se encuentran en un rango de 50 a 140[cm], un ancho de 20 a 55[cm] y una altura de 35 a 140[cm], en donde todos cumplen con los rangos de dimensiones máximos establecidos en la norma española (Figura 7.3).

La masa de acuerdo a la normativa debe ser menor o igual a 50[kg] y del análisis se observa que 12 de los 13 vehículos se encuentra entre los 9 a 32[kg] y uno sólo rebasa este límite con 52[kg] (Figura 7.4).

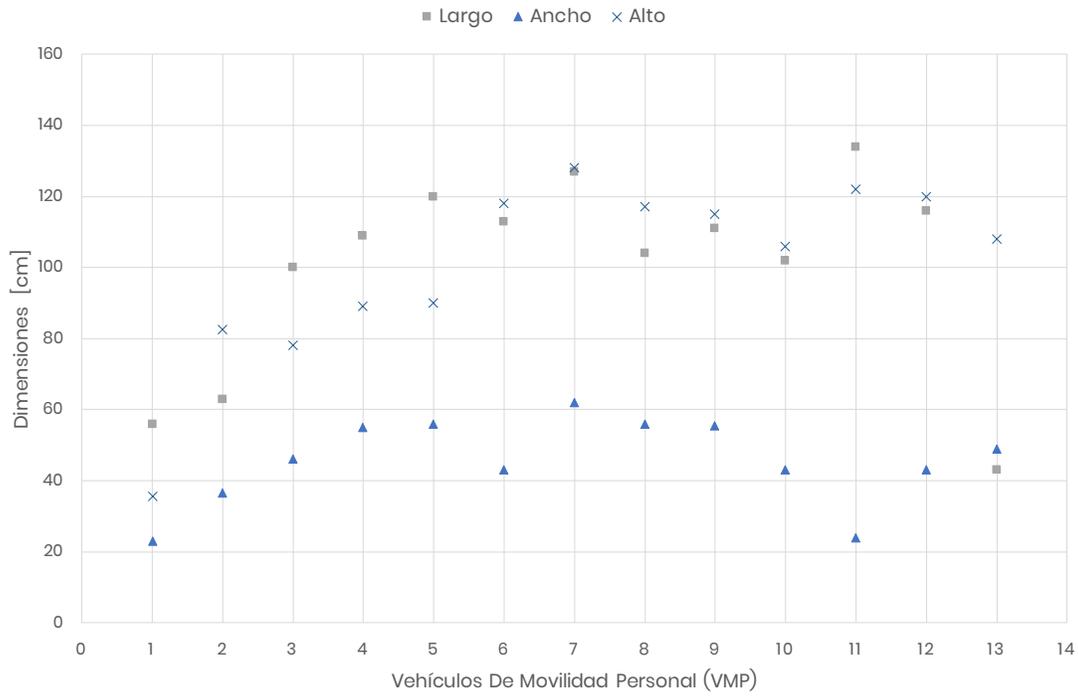


Figura 7.3 - Gráfica de dimensiones de Vehículos de Movilidad Personal (VMP) estudiados.

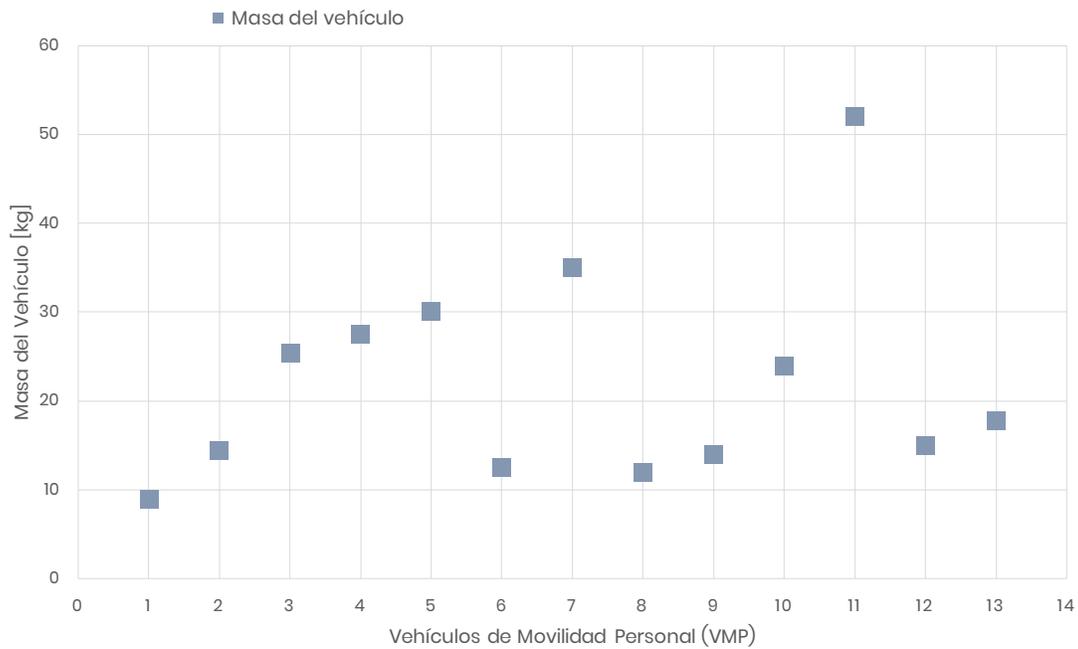


Figura 7.4 - Gráfica de masa de Vehículos de Movilidad Personal (VMP) estudiados.

Para el análisis de las llantas utilizadas se encontró que en configuraciones delta o cuatro puntos, las colocadas en la parte frontal son mas pequeñas que las traseras y van en un rango de tamaño de 6-10[in]. En el caso de la configuración en línea las dos son de igual tamaño y tienen un rango de medida de 6-11[in] (Figura 7.5). Las ruedas pueden ser totalmente sólidas o con aire, con uso o sin uso de cámara. Su empleo es en conjunto de suspensión o no, las de aire son mayormente aplicadas sin suspensión.

La carga máxima que soportan los VMP va en un rango de 100-160 [kg] (Figura 7.6), en uso de una sola persona, como se especifica en la norma española.

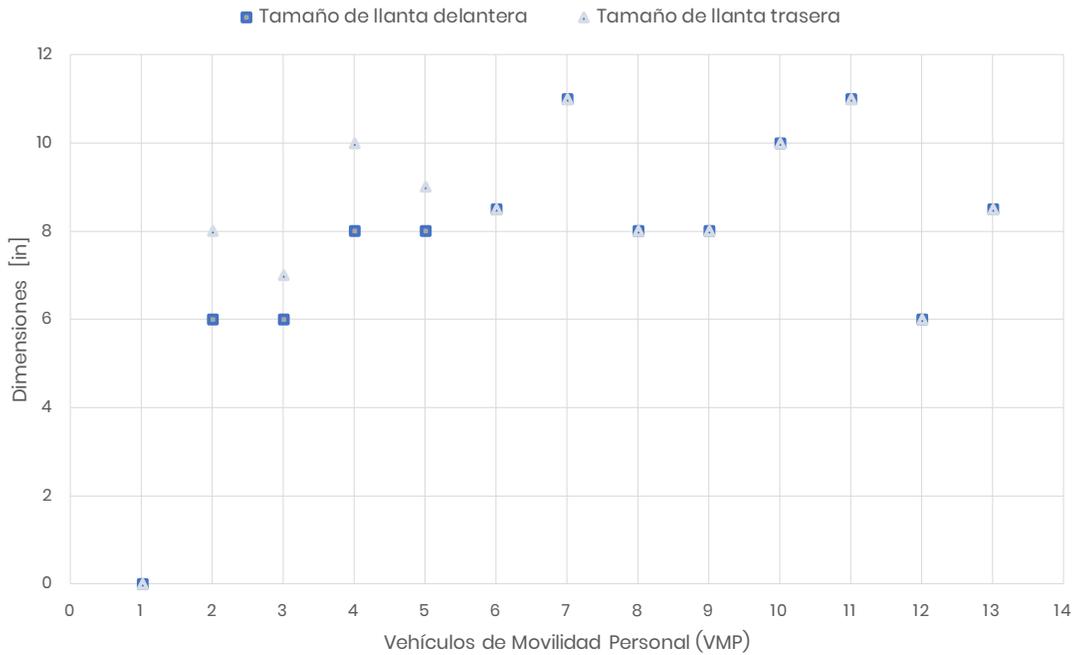


Figura 7. 5 - Gráfica de tamaño de llantas de Vehículos de Movilidad Personal (VMP) estudiados.

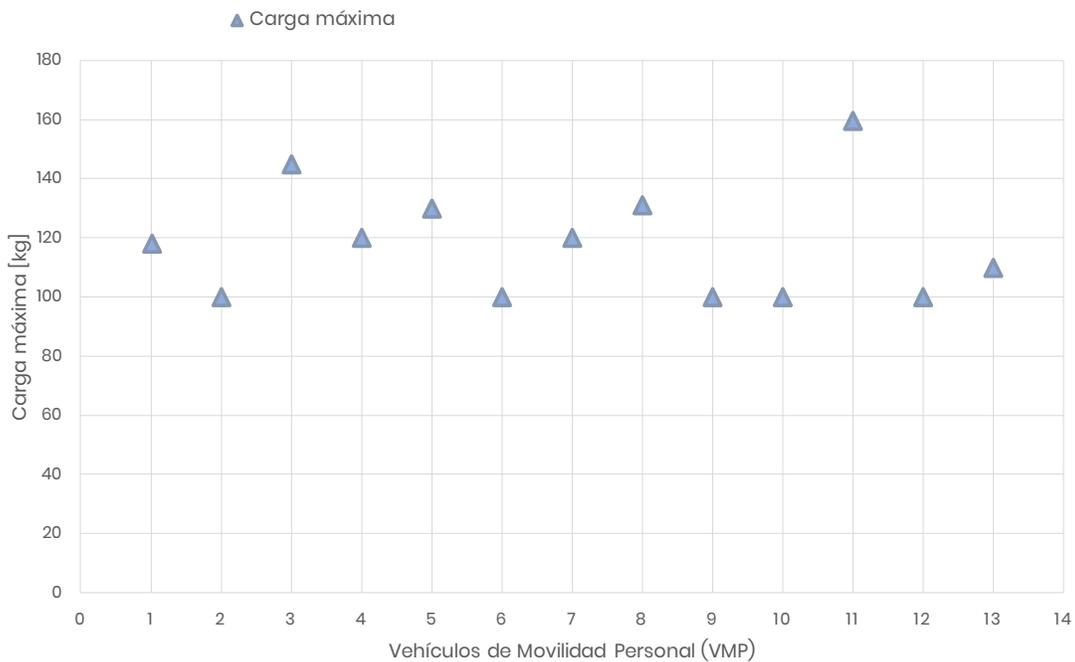


Figura 7. 6 - Gráfica de carga máxima de Vehículos de Movilidad Personal (VMP) estudiados.

Referente a los motores la tecnología usada predominante es del tipo brushless. El rango de operación en potencia de estos es de 120[W] a 700[W], con algunas excepciones con mayor potencia y a diferente voltaje, de acuerdo a los vehículos estudiados (Figura 7.7). Aunque en el mercado hay una existencia mayoritaria en un rango de potencia de 250-600[W] a 36 o 48[V].

La energía o alimentación es por baterías de Litio (Li-Ion, LiFePo4), de acuerdo a la sollicitación del motor (Figura 7.8), pero como se menciona al igual que en la potencia de los motores, dominan las de 36[V] o 48[V] con un amperaje entre 7.8 [Ah] y 11.6[Ah] y autonomía de 25 a 35[km]. La autonomía presente en los vehículos estudiados se encuentra entre 10 a 50[km], con un vehículo de largo alcance con 120[km] (Figura 7.9).

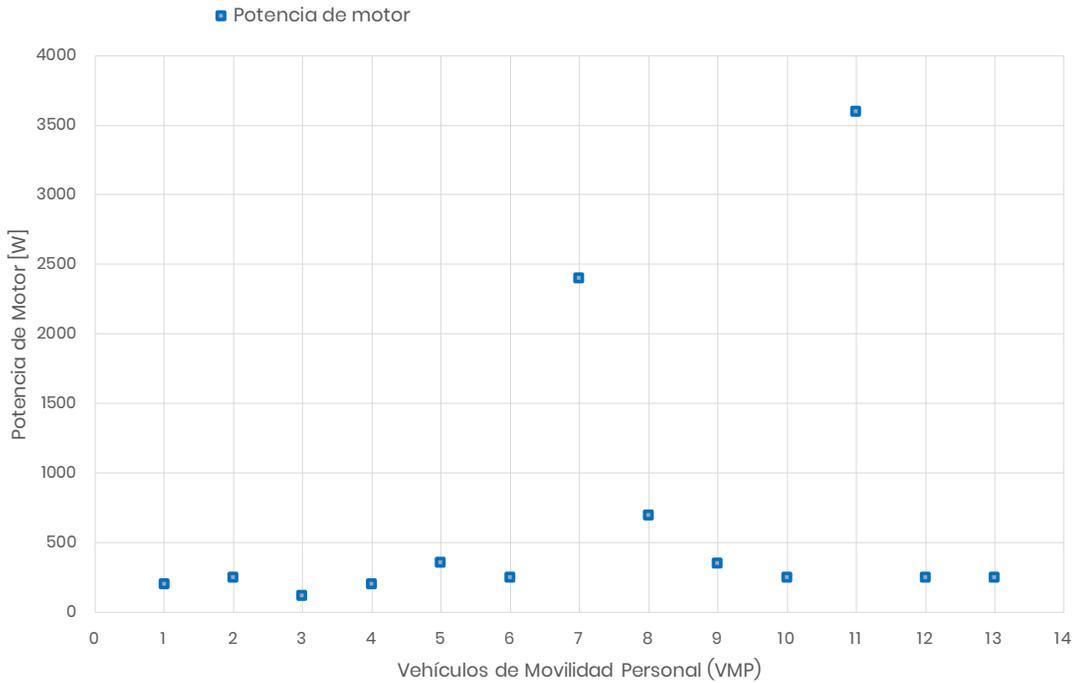


Figura 7. 7 - Gráfica de potencia de motor de Vehículos de Movilidad Personal (VMP) estudiados.

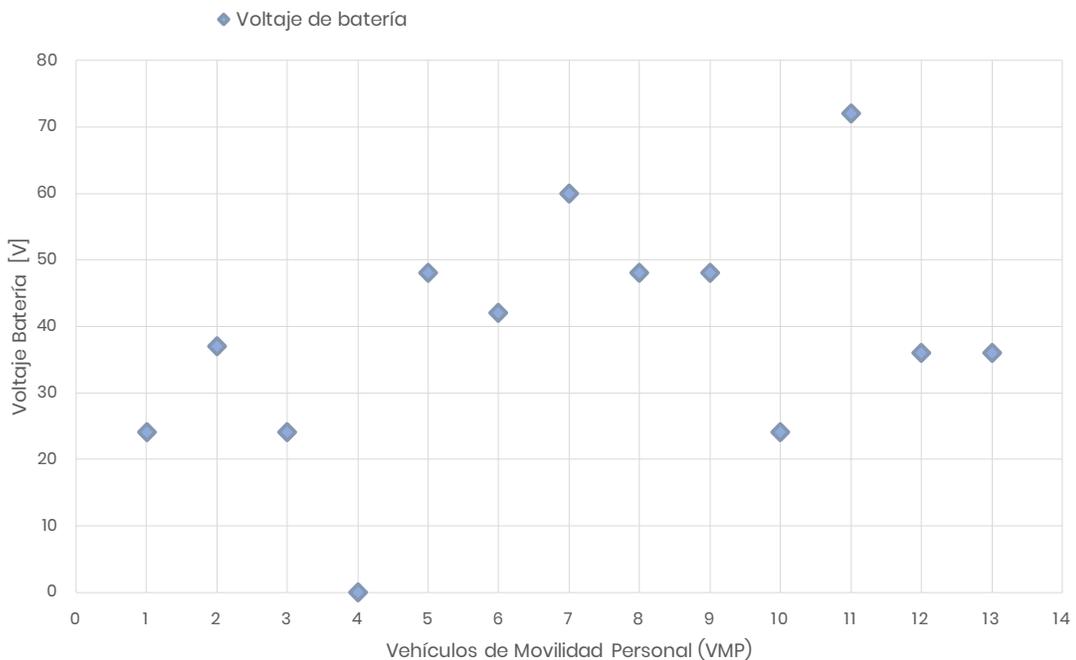


Figura 7. 8 - Gráfica de voltaje de batería de Vehículos de Movilidad Personal (VMP) estudiados.

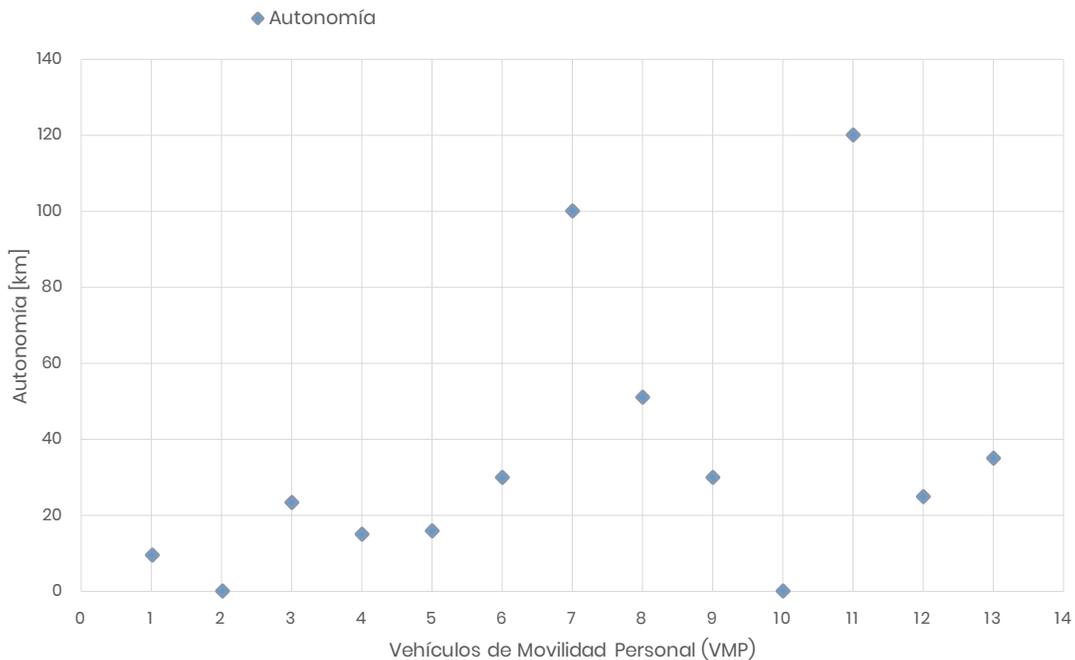


Figura 7.9 - Gráfica de autonomía de Vehículos de Movilidad Personal (VMP) estudiados.

Por último como implementación en frenado se ocupan del tipo electromagnético, electrónico, hidráulico, regenerativo, de tambor y en mayor cantidad de disco. La estructura de la mayoría de los vehículos es de aluminio o aleaciones de aluminio, en menor proporción de acero o alguna aleación de acero (acero inoxidable).

7.3 ESPECIFICACIONES OBJETIVO

Posteriormente al estudio comparativo se plantearon las especificaciones objetivo, con base en los requerimientos generales expuestos en el apartado 6.6 y los referentes a la función de diseño 1 en el apartado 6.7. Se definieron las métricas relacionadas a los requerimientos y sus unidades, que se enlistan en la Tabla 7.1.

A continuación, de acuerdo a la normativa revisada y el estudio comparativo, se determinaron los intervalos de los aspectos técnicos (Tabla 7.2). En donde las métricas marcadas con asterisco en la Tabla 7.1, son necesarias para el diseño y dependen del mismo, pero no se incluyen en la Tabla 7.2, por no tener unidades o ser subjetivas, es decir, ser propias del diseño a desarrollar. Las consideraciones para establecer los intervalos se mencionan a continuación:

Costo. El precio máximo del vehículo fue fijado por los colaboradores, planteando que estaban dispuestos a invertir un total de 30,000 MXN por cada uno. Precio donde se considerarían los costos de desarrollo.

No.	Requerimiento	Métrica	Unidades
1	El VUM tiene un costo máximo estimado de \$30,000.	Costo	MXN
2	El VUM tiene un volumen de entrega de al menos 35 paquetes.	Volumen de carga	m ³
3	El VUM permite el fácil ascenso y descenso de su usuario.	Dimensiones	cm
4	El VUM cuenta con un sistema de señalización visual y sonora para comunicación vial.	Señalización visual y sonora *	-
5	El VUM es monoplaza.	Capacidad máxima	personas
6	El VUM permite una velocidad máxima de 25km/h.	Velocidad máxima	km/ h
7	El VUM se compone de piezas comerciales.	Piezas comerciales *	Subj.
8	El VUM soporta el peso de los paquetes y del usuario.	Carga máxima de usuario y carga de paquetes	kg
9	El VUM recorre zonas de edificios corporativos.	Autonomía	km
10	El VUM cuenta con un soporte para dispositivos de trabajo (teléfono celular).	Soporte para dispositivos *	-
11	El VUM permite circular entre zonas con tráfico y ciclovías.	Dimensiones máximas	cm
12	El VUM transita por zonas irregulares (desnivel de banquetas, topes, baches).	Tamaño, tipo de llanta y freno	in
13	El VUM es estable con carga y sin carga, al circular o encontrarse estacionado.	Estabilidad estática y dinámica*	Subj.
14	El VUM es de fácil mantenimiento.	Herramientas universales para mantenimiento *	Subj.
15	El VUM permite la fácil reposición de sus piezas dañadas.	Piezas comerciales*	Subj.
16	El VUM es seguro para el usuario.	Seguridad del usuario *	-
17	La apariencia del VUM encaja en un ambiente corporativo.	Estética *	Subj.
18	El VUM es eléctrico.	Potencia de motor y batería	W
19	El VUM es cómodo para el usuario.	Comodidad del usuario *	-
20	El sistema VUM en conjunto con la paquetería es ligero para su portabilidad.	Masa de vehículo	kg
21	El sistema VUM es poco voluminoso.	Dimensiones máximas plegado*	cm
22	El sistema VUM dificulta la acumulación y transmisión de suciedad.	Estética*	Subj.
23	El sistema VUM permite ver los paquetes contenidos.	Estética*	Subj.
24	El sistema VUM facilita el registro de paquetes	Fácil registro de paquete*	-
25	El sistema VUM está construido por materiales seguros.	Materiales resistentes*	Subj.

* = Métrica obligatoria

Tabla 7.1- Métricas y unidades.

Volumen de carga. El volumen máximo de carga se estableció primeramente con respecto a la carga de una caja de motocicleta que es $0.155[m^3]$, con dimensiones de $50 \times 50 \times 62[cm]$ y por otra parte tomando como base el concepto de convertirse en maleta, por lo que se compara en tener una de $28[in]$ con volumen de $0.1[m^3]$ y como mínimo una de $24[in]$ con un volumen de $0.5[m^3]$.

Capacidad máxima. Como se establece en la norma española la ocupación de un vehículo de tipo B, que es a la clasificación a la que pertenece el vehículo de acuerdo a la Dirección General de Tráfico de España, es de una persona.

Carga máxima de usuario, carga de paquetes y masa de vehículo. Se consideró una carga total aproximada entre usuario, paquetes y vehículo de $150[kg]$, $100[kg]$ como carga máxima de usuario por la complejidad del mismo y estar en el rango de acuerdo al estudio comparativo; $35[kg]$ en carga de paquetería por tomar en cuenta la masa de los 35 paquetes (35 sobres grandes con una masa de $960[g]$ máximo cada uno = $32.64[kg]$) y $15[kg]$ en masa del vehículo.

Dimensiones máximas. Los valores máximos según la normativa Española para vehículos tipo B son de largo $190[cm]$, un ancho de $80[cm]$ y una altura de $210[cm]$.

Velocidad máxima. A este parámetro en la norma española para el tipo de vehículo B, se le asigna un valor máximo de $30[km/h]$. Del estudio comparativo de los VMP en línea se tiene un intervalo de velocidad de entre 20 y $30[km/h]$, pero de acuerdo al valor más importante a tomar en cuenta, es el del reglamento de la ciclovía, resaltando que se debe restringir a $25[km/h]$ para poder transitar en ella.

Autonomía. Se estimó una distancia de recorrido de $10[km]$, tomando en cuenta que las distancias son cortas en una zona de corporativos y que varias entregas se realizarían en un mismo edificio. Además de la consideración de cambio de batería a su término, planteada en la experiencia.

Potencia del motor y batería. Del estudio comparativo se obtuvo un rango de operación en potencia de 120 a $700[W]$, con la aplicación del tipo busheles de corriente directa. La batería se consideró de Litio y dependiendo de las solicitaciones del motor y la autonomía planteada.

Tamaño de la llanta, tipo y freno. También basado en el estudio comparativo, el tamaño de llantas utilizado en vehículos configurados en línea, va en un intervalo de 6 a $11[in]$. Las llantas de $6[in]$ son demasiado pequeñas para transitar en terrenos con baches y topes, tipo de terreno que se encuentra en la Ciudad de México, por lo que se descartaron y se decidió buscar unas entre 10 y $11[in]$. No más grandes por la cuestión del espacio que ocuparían en el volumen total del vehículo. En cuanto al tipo, se consideraron que fueran neumáticas y no completamente sólidas, por la ventaja de que agregan amortiguamiento, a pesar de si se considera o no una suspensión en el diseño. El freno considerado fue el de disco, por la gran existencia en el mercado, ya que la mayoría de vehículos lo usan.

No.	No. de requerimiento	Métrica	Intervalo	Unidades
1	1, 7, 11, 17, 18	Costo	$\leq 30,000$	MXN
2	2	Volumen de carga	$0.05 \leq \text{Vol.} \leq 0.1$	m^3
3	5	Capacidad máxima	1	persona
4	6, 18	Velocidad máxima	25	km/h
5	5, 8, 18	Carga máxima de usuario	100	kg
6	8, 18	Carga de paquetes	15 - 35	kg
10	18, 20	Masa de vehículo	9 - 52	kg
6	7, 9, 18	Autonomía	10	km
7	3, 11, 21	Dimensiones máximas	190 x 80 x 210	cm
8	7, 12	Diámetro de llanta	10 - 11	in
9	7, 18	Potencia de motor	$120 \leq \text{Pot.} \leq 700$	W

Tabla 7. 2 - Especificaciones objetivo.

7.4 PRIMER PROTOTIPO: VUMi1

A continuación de enunciar las especificaciones objetivo, se establecieron los sistemas que compondrían al primer prototipo nombrado VUMi1. El diagrama de sistemas propuestos para su diseño se muestran en la Figura 7.10, indicando de manera general su arquitectura, que se planteó en 7 sistemas y se desarrollan en los siguientes apartados.

7.4.1 SISTEMA DE PLEGADO Y COMPARTIMIENTO VUMi1

Los primeros sistemas en desarrollarse fueron el sistema de plegado y el del compartimiento.

El "Sistema plegado" como se había mencionado en los hallazgos del tercer ciclo, se debía modificar a partir de la propuesta seleccionada en el apartado 6.11; para lograr la transformación a maleta.

Para ello finalmente se definió que la misma carcasa del vehículo cubriría parcialmente las llantas (mitad de diámetro). Mientras que la conversión se daría

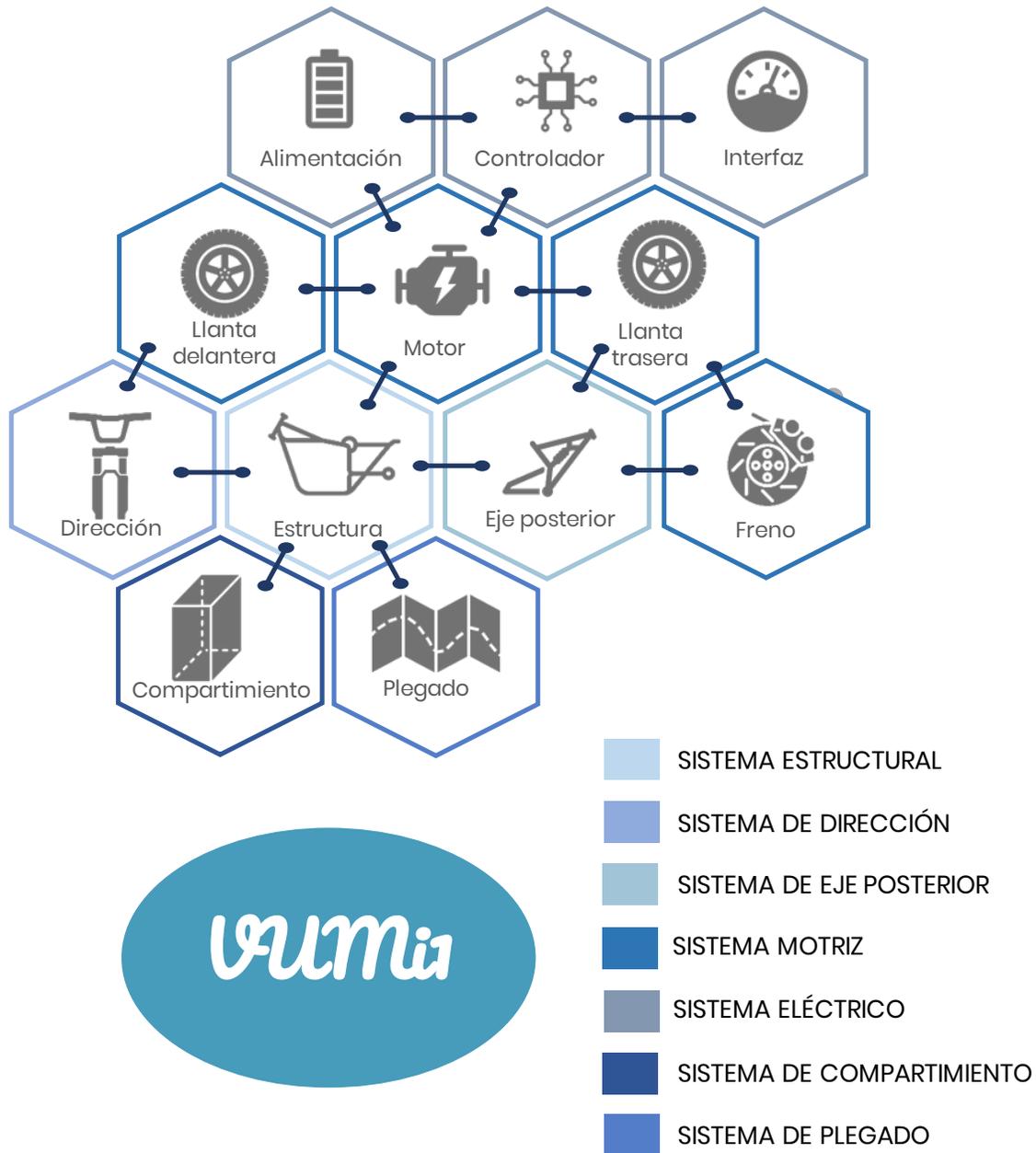


Figura 7.10 – Arquitectura VUMi.

plegando el manubrio y después girando el vehículo 90° hacia la parte frontal del mismo, para que quede apoyado en dos llantas de maleta (ubicadas en la parte frontal), haciendo que el vehículo se equilibre en modo maleta junto con la llanta delantera. Además se haría uso de una manija para girarlo y transportarlo (Figura 7.11).

El “Sistema de compartimiento”, se basa en el diseño, distribución en el vehículo y el cálculo aproximado del volumen del contenedor para los paquetes; tomando como base también, la propuesta de vehículo seleccionada en la sección 6.11.

Debido a la gran variedad de tamaños de sobres en el mercado, se realizó una nueva búsqueda de sus dimensiones. Como consecuencia se identificó un sobre

con mayores dimensiones en las que se estaba fundamentando la investigación, por lo que se decidió tomar como base ese nuevo envoltorio.

Al final el seleccionado para el calculo del volumen de carga pertenece a la serie S-22457 [93]. Sus medidas se ajustaron a los físicos que se que se reunieron y con los que se pretendía probar. Las medidas del sobre corresponden a un largo de 16" (40.64[cm]), un ancho de 10 ½" (26.67[cm]) y una profundidad de alrededor de 1.5[cm] (Figura 7.12-a).

De los requerimientos se planean transportar al menos 35 paquetes en el compartimiento, donde su acomodo se planteó a lo largo del vehículo en dos columnas. De esta manera, el contenedor tendría forma rectangular, con dimensiones 67.5 x 27 x 44[cm] (largo, ancho, alto) para dar amplitud a los paquetes. El volumen total de carga fue de 0.08[m³]; medida que se encuentra dentro del intervalo de las especificaciones objetivo (Figura 7.12-b).

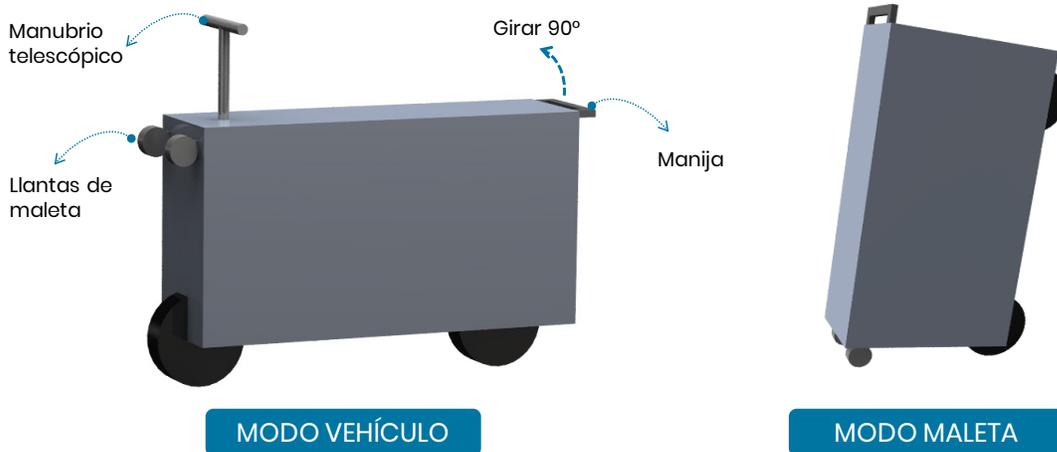


Figura 7. 11 - Sistema de plegado de modo vehículo a modo maleta.

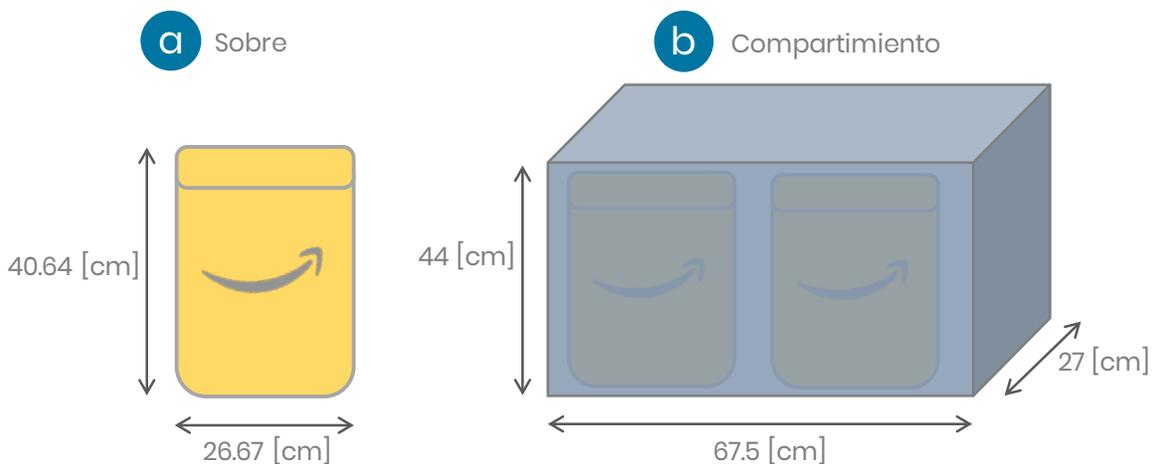


Figura 7. 12 - a) Medidas sobre S-22457 ; b) Medidas compartimiento.

7.4.2 SISTEMA ESTRUCTURAL VUMi1

El “Sistema estructural” radica en el diseño del chasis o cuadro del vehículo. Para comenzar se investigaron los tipos de chasis para la fabricación de vehículos, de los que se obtuvieron los tipos mostrados en la Figura 7.13. Además de los tipos de cuadros de motocicletas de la Figura 7.14.

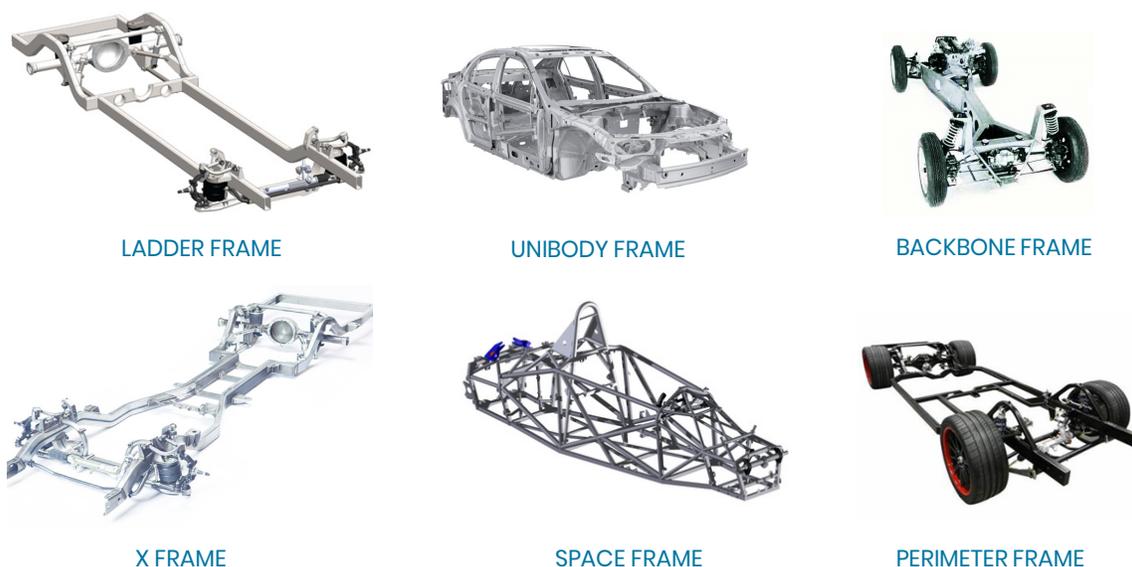


Figura 7.13 - Tipos de chasis para la fabricación de vehículos [94-96].



Figura 7.14 - Tipos de cuadros para la fabricación de motocicletas [97].

De los tipos de chasis hallados se determinó realizar para el vehículo, un tipo de estructura space frame o multitubular; por la ventaja que ofrece para construir un armazón homogéneo, es decir, sin tener que cambiar de tamaño de perfiles o formas por cuestiones de costos en la manufactura.

La idea del marco general o exterior se fundamenta en la forma rectangular de la maleta, al igual que el contenedor. El diseño de la parte interior se basó en las dimensiones del contenedor: 67.5 x 27 x 44[cm] (largo, ancho, alto), en la forma en cómo se extraería del interior de la estructura y la posición final en que se colocaría el compartimiento para sacar los paquetes. Esta última predefinida por la forma del plegado (modo maleta Figura 7.11) en el que conviene colocar el compartimiento en la parte trasera del vehículo, para que se encuentre a una altura cómoda para el usuario y no requiera el agacharse demasiado para acceder al contenedor.

A continuación se exponen los dos conceptos generados con respecto a la de extracción del compartimiento, incluyendo la estructura planteada para cada uno.

El primer concepto se apoyó en la idea de un contenedor que se extrae, al hacerlo girar 180° sobre un eje, para posicionarlo en la parte trasera del vehículo como se ve en la Figura 7.15 - a; aproximándose al sistema aplicado en una USB, para cubrir el conector. En la Figura 7.15-b se muestra la propuesta preliminar de la estructura a utilizar en esta configuración de extracción del compartimiento.

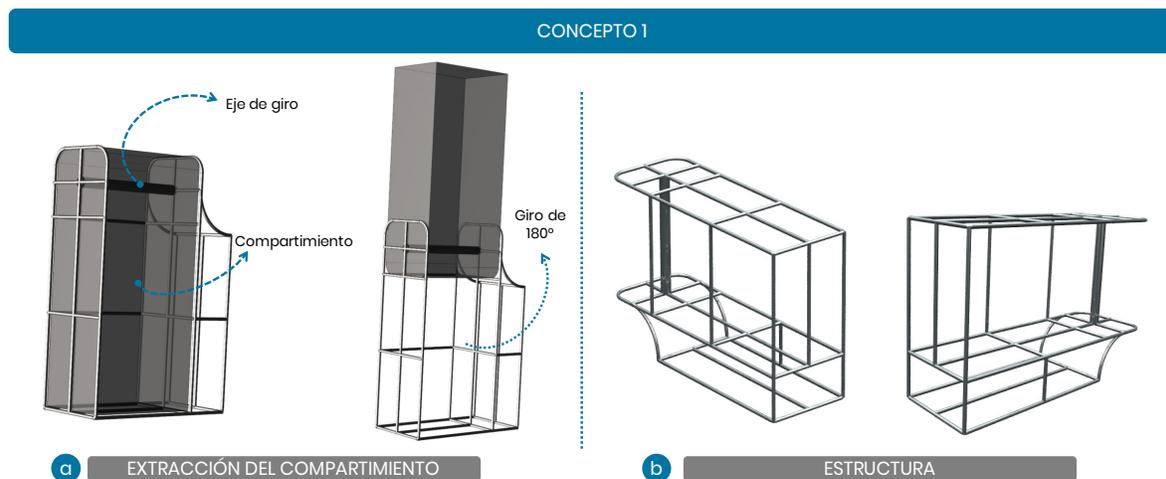


Figura 7. 15 - a) Extracción del compartimiento ; b) Estructura de acuerdo al sistema de extracción.

El segundo concepto se basó en el deslizamiento del contenedor para extraerlo por la parte posterior del vehículo. El compartimiento es deslizado por medio de correderas hasta llegar a la posición final como se ve en la Figura 7.16-a; hace uso de un sistema semejante al de un cajón. En la Figura 7.16-b se muestra también la propuesta preliminar de la estructura a utilizar en esta configuración de extracción del compartimiento.

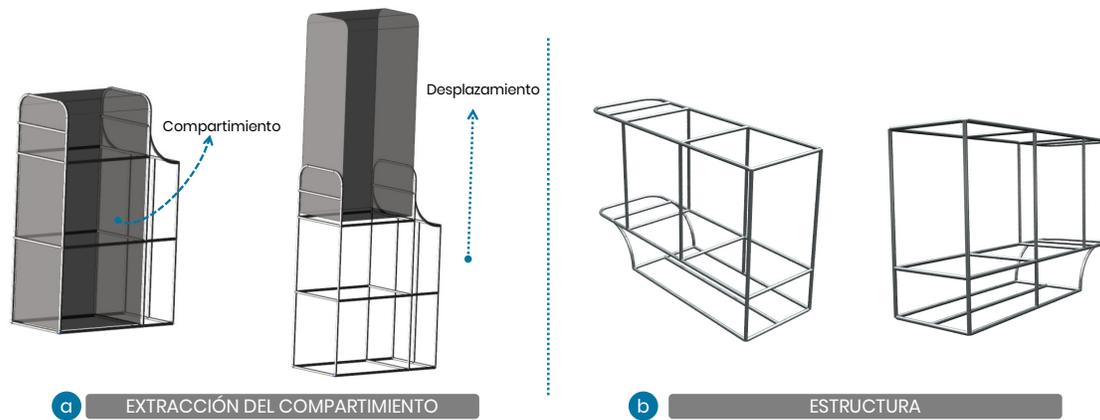


Figura 7. 16 - a) Extracción del compartimento ; b) Estructura de acuerdo al sistema de extracción.

De los dos conceptos se eligió desarrollar el segundo, por cuatro razones. La primera es la sencillez de uso, la segunda es porque el usuario no tendría la necesidad de agacharse demasiado para jalar el compartimento como lo haría en la primer propuesta. La tercer razón, es que no se agregaría una pieza con otro tipo de perfil y especificaciones, como el eje de giro en el primer concepto y que ocuparía espacio demás en la estructura. Además como última razón, pero más importante, el estimar que la estructura tendría un mejor comportamiento por considerarse un cuadro o chasis cerrado.

Una vez seleccionado el concepto de extracción del compartimento se establecieron las condiciones con las que debía cumplir la estructura y que son tres: estabilidad, resistencia y rigidez.

Estabilidad. para que la estructura se mantenga erguida y no vuelque, esto de acuerdo al centro de masa que debe encontrarse dentro de la base y lo más cercano al suelo.

Resistencia. Para soportar las cargas sin romperse, esto depende del tipo y cantidad de material, además de la forma de la estructura.

Rigidez. La deformación de los elementos no debe ser grande, se deben de soldar las uniones de forma apropiada.

Entonces concorde a lo anterior la estructura del vehículo debía ser diseñada para soportar cargas, mantener su forma, proteger partes delicadas, ser ligera y estable.

Los conceptos de estructura de las Figuras 7.15-b y 7.16-b fueron planteados con tubular de $\frac{1}{2}$ ", pero para la construcción y diseño de la estructura del prototipo, se seleccionó un perfil cuadrangular de la misma medida. Se eludió usar tubular, para evitar realizar cortes ("bocas de pescado") en las uniones y facilitar así la manufactura; además de el acceso a herramientas para trabajar con este tipo material. Igualmente de las estructura preliminar se eliminaron los radios en la

parte trasera, quedando un diseño en estructura totalmente rectangular por cuestiones de simplicidad en construcción.

Tomando como base la propuesta preliminar de la estructura 7.16-b y la eliminación de radios, se observó que solo estaba compuesta de rectángulos/cuadrados, por lo que se propuso hacerla en forma de armadura, ya que es uno de los principales tipos de estructuras que se usan en ingeniería.

Para prevenir el colapso, la forma de una armadura debe ser rígida. La forma más sencilla que es rígida o estable es un triángulo [98]. Por lo que en consecuencia, al diseño se debían agregar triangulaciones para dar esa rigidez necesaria en donde el usuario iría sentado y los paquetes contenidos.

Como resultado el diseño final de la estructura del primer prototipo, queda como se muestra en la Figura 7.17. Considerando el perfil cuadrado de ½”, de acero al carbón y calibre 18.

ESTRUCTURA PROTOTIPO: VUMiI

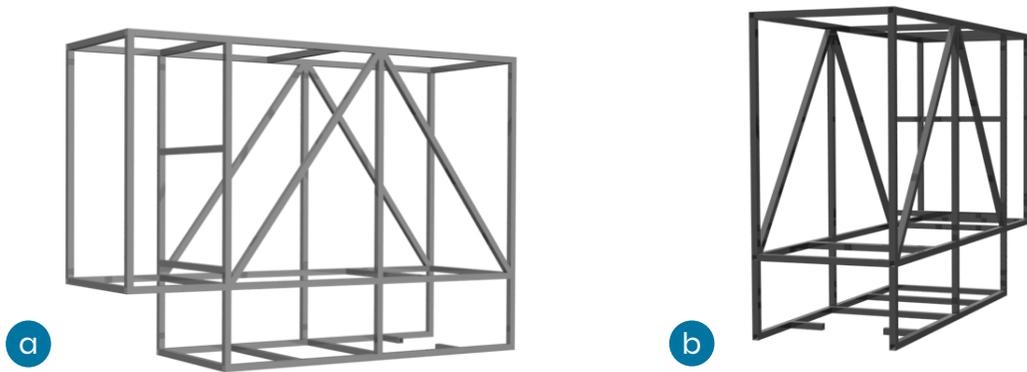


Figura 7.17 - Estructura final de VUMiI.

Una comprobación de la rigidez de la armadura principal (Figura 7.18), donde ira sentado el usuario y contenidos los paquetes, es que se debe cumplir la igualdad $m = 2n - 3 \dots (A)$; donde m = número total de elementos; n = número total de nodos [99].

De acuerdo a la Figura 7.18 se tiene que $m=9$ y $n=6$ en (A):

$9 = 2(6) - 3 \rightarrow 9 = 12 - 3 \rightarrow 9 = 9$,
por lo que se cumple la igualdad y se comprueba la rigidez en la armadura.

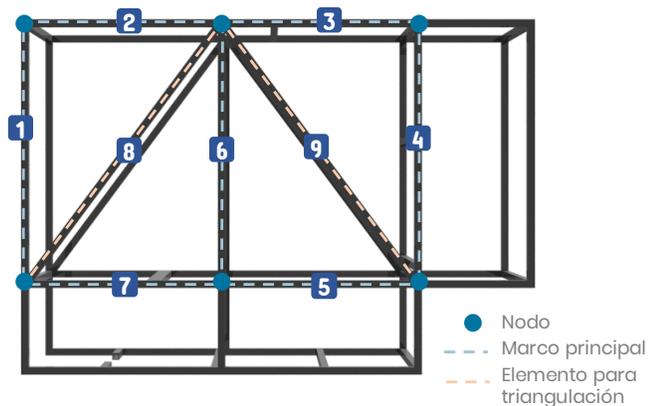


Figura 7.18 - Rigidez de armadura final de VUMiI.

En la Figura 7.19 -a, se muestran las medidas de la estructura final diseñada (Ver detalle de medidas en Anexo Ciclo 4) y en la Figura 7.19 -b el centro de masa de la estructura, que se encuentra dentro de la misma en aproximadamente la mitad del cuerpo, centro que en conjunto con los componentes, se espera baje.

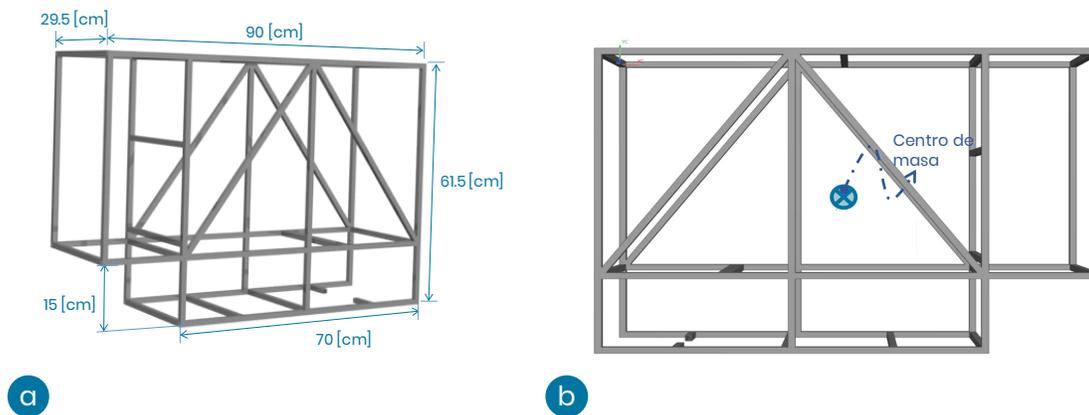


Figura 7.19 - a) Medidas estructura final de VUMi1; b) Centro de masa estructura VUMi1.

7.4.3 SISTEMA MOTRIZ Y DE ALIMENTACIÓN VUMi1

Los siguientes sistemas en conformarse fueron el “Sistema motriz” y el “Sistema eléctrico”. El “Sistema motriz”, se integró por el motor, la llanta delantera y la trasera, así como el frenado y el “Sistema eléctrico” quedó conformado por la energía o alimentación, el controlador y la interfaz.

Para determinar los componentes del sistema motriz, primeramente se estableció que la tracción sería delantera y el freno de disco, colocado en la parte trasera. Esto derivado del estudio comparativo que se realizó al inicio del presente ciclo.

Después por medio de un análisis dinámico se obtuvo la potencia del motor eléctrico. El análisis se sustentó en la bibliografía: *Vehicle Dynamics Theory and Application* de Reza N. Jazar[100] y *Vehicle Dynamics and Control* de Rajesh Rajamani[101].

Para el estudio se consideró a VUMi1 como un vehículo de dos ruedas, tipo motocicleta, con tracción delantera. En la Figura 7.20 [102], se presenta el diagrama de cuerpo libre planteado para modelar su dinámica longitudinal. Para la estimación de parámetros, se utilizó un factor de seguridad de 1.5 veces en la masa total considerada de 150[kg], entre usuario, paquetes y vehículo (100[kg] usuario, 15[kg] vehículo, 35[kg] paquetes), es decir, m tuvo un valor de 225[kg].

Los valores de centro de masa se obtuvieron de un CAD generado, tomando en cuenta unas llantas de 10” de diámetro. Las consideraciones de aceleración

y velocidad fueron: aceleración de $1[m/s^2]$ a una velocidad de $25[km/h]$. Para examinar el detalle del cálculo ver [102]. Como resultado del análisis se obtuvo una Potencia igual a $263.84[W]$ para las sollicitaciones antes mencionadas.

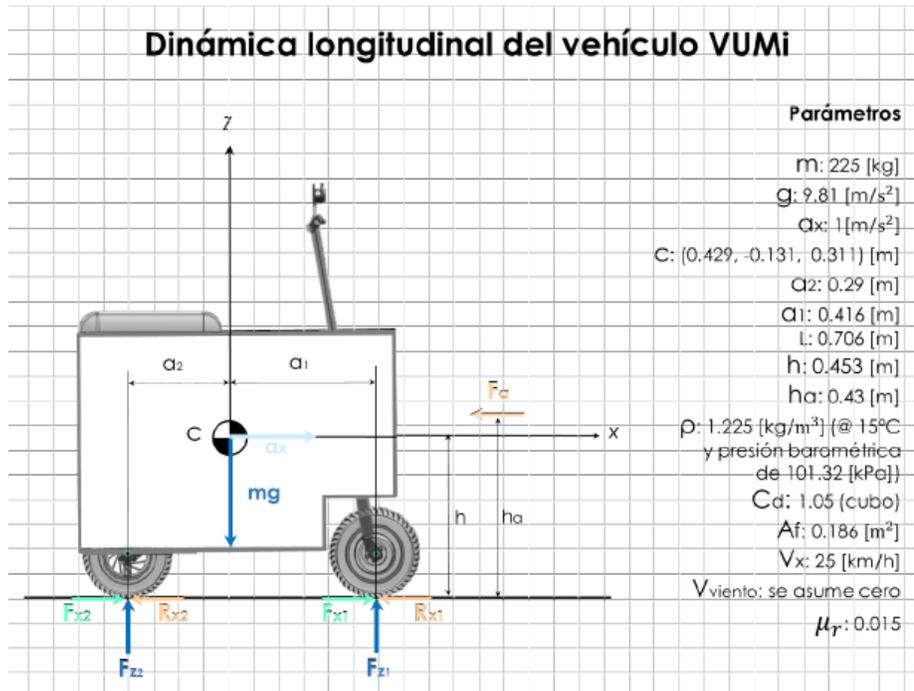


Figura 7. 20 - Diagrama de la dinámica longitudinal de VUMi [102].

Sin embargo, por el propósito de ampliar las aplicaciones y modificar especificaciones de acuerdo al prototipo a realizar, se acordó seleccionar un motor con mayor capacidad en cuanto a potencia. Por cuestiones de venta en el mercado de este tipo de motores, se convino adquirir un kit. El kit seleccionado incluye un motor de $500[W]$ a $48[V]$ con tres límites de velocidad: $15[km/h]$, $25[km/h]$ y $45[km/h]$, su controlador, la interfaz con el usuario (pantalla LCD con velocímetro) y el acelerador de mano. Además de la llanta trasera y delantera (motor integrado) neumáticas de $10''$ de diámetro, ejes y frenos de disco con palanca mecánica manual para montar en el manubrio y chicotes de acero [103] (Figura 7.21).

Parte de los componentes del sistema eléctrico, venían con el kit, como lo era el controlador del motor y la interfaz. Lo que se tuvo que adquirir aparte, fue la alimentación o batería. Para este componente también se calculó su capacidad a partir del dato de la potencia necesaria para la funcionalidad del vehículo y el voltaje nominal en el que trabaja el motor, que debe ser compatible con la batería (ver detalle del cálculo en [102]).

Del cálculo resultó que una batería de $10.4 Ah$ debería ser suficiente para mover la vehículo durante 1 hora a $25[km/h]$ con una autonomía de $25[km]$, por lo que se seleccionó una batería comercial de $LiNiMnCoO_2$ [104] de $10[Ah]$ (capacidad más próxima a la calculada) por su menor costo accesible (Figura 7.22).



Especificaciones:

- Modelo de Motor: TX-10
- Corriente nominal: 48 V
- Potencia: 500 W
- Longitud del eje: 160mm
- Tamaño de rueda: 10 pulgadas
- Tamaño de la horquilla: 110mm
- Diámetro exterior: 168mm
- Ancho: 40mm
- Peso: 3,2 kg
- Color: Negro
- Velocidad: 45 km/h

Figura 7 . 21- Kit de sistema motriz [103].



Especificaciones:

- Tipo: LiNiMnCoO2
- Celdas: 13
- Voltaje Mínimo: 40 V
- Voltaje Máximo: 54 V
- Voltaje Nominal: 48 V
- Corriente de carga: 3 A
- Descarga máxima: 35 A
- Ciclo de vida: 700-1000
- Autonomía: 25 – 30 km
- Peso: 3 kg

Figura 7 . 22 -Batería [104].

7.4.4 SISTEMA DE DIRECCIÓN Y EJE POSTERIOR VUMi1

El “Sistema dirección”, al igual que el “Sistema de eje posterior” en este primer prototipo estuvieron compuestos por la horquilla frontal, telescopio, tazas y la horquilla trasera de una bicicleta para adulto (Figura 7.23). Las piezas se cortaron y acoplaron a la estructura, sin realizarles modificaciones. El diseño de estos dos sistemas se aborda en los siguientes prototipos.

Como consideraciones en este prototipo, en el sistema de dirección, se buscó mantener la estabilidad en el giro, controlando el ángulo de la dirección. El ángulo de la dirección, también llamado ángulo de lanzamiento, de avance o de caster, es la medida o inclinación hacia atrás del tubo de dirección y la horquilla, dada en grados; partiendo de una línea vertical imaginaria a 90 grados que se eleva desde el pavimento y cruza el eje de la rueda frontal hasta la línea o eje central del telescopio (Figura 7.24).



Figura 7. 23 -Componentes tomados de una bicicleta .

Un ángulo de lanzamiento de 0° , significa que el tubo de dirección está completamente recto, por lo que la horquilla quedaría acoplada de forma completamente vertical. Cualquier ángulo mayor a 0° posiciona la horquilla hacia delante del tubo de dirección, proporcionándole a la dirección del vehículo características únicas dependiendo de dicha medida angular.

El ángulo de avance en carros, suele estar comprendido entre 0 y 4° para con motor delantero y de 6 a 12° para vehículos con motor trasero. Para la mayoría de motos el ángulo de lanzamiento se encuentra frecuentemente entre los 22 y 36 grados, mientras los scooter suelen tener un ángulo mucho más pequeño. Por lo que se esperaba que el ángulo de caster fuera menor a los 22° . Finalmente el ángulo de avance de VUMil, obtenido al acoplar la dirección a la estructura fue de 13° (Figura 7.25).

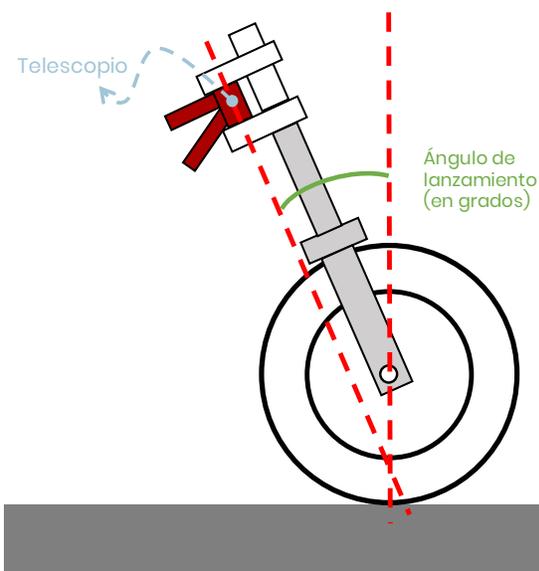


Figura 7. 24 - Ángulo de lanzamiento.



Figura 7. 25 - Medición del ángulo de lanzamiento de VUMil.

7.4.5 MANUFACTURA VUMi1

La manufactura del primer prototipo se llevó a cabo en el laboratorio de Laminados del Centro de Investigaciones en Diseño Industrial (CIDI). El proceso de construcción se dividió en cuatro etapas: estructura, dirección y horquilla trasera, ensamble y detallado.

La primer etapa se enfocó en la construcción de la estructura con el material seleccionado, de acuerdo a las medidas y forma planteadas anteriormente. Los procesos usados fueron corte con segueta, para obtener los perfiles de la medida y se unieron soldándolos.

Una vez completada la estructura, se pasó a la segunda etapa y se hizo el corte de la dirección y la horquilla trasera de la bicicleta, igualmente utilizando segueta para ello. Cuando la dirección estuvo separada de la estructura de la bicicleta, se abrió la horquilla delantera para adaptarla a las dimensiones del motor. Por cuestiones de medidas también se tuvo que manufacturar un eje para adaptar a la medida el motor a la horquilla.

En la tercera etapa se ensambló todo. La dirección se unió a la estructura mediante la colocación de otros travesaños y una placa. La horquilla trasera también se soldó y acopló con travesaños a la estructura. Después se colocaron las llantas en las horquillas. La parte final de trabajo en la horquilla trasera, fue la adaptación del caliper del freno de disco, que tenía que estar en una posición específica para que pudiera desempeñarse bien. Su acoplamiento fue usando un ángulo como base, que fue soldado en uno de los brazos de la horquilla. Finalmente se cortó el manubrio, se reestructuró para que se hiciera telescópico y se adaptara a la dirección, fue soldado de igual forma. Todo el proceso de unión de piezas fue realizado con soldadura eléctrica. En la Figura 7.26, se pueden observar fotografías de estas etapas.

Como última etapa se encuentra la del detallado, donde se manufacturó una carcasa provisional de Coroplast blanco de 4[mm] de espesor. Se construyó el compartimento de Policloruro de vinilo (PVC) negro de 3[mm] de espesor. Se ensambló toda la electrónica, el acelerador en el manubrio, el controlador y la batería, estos últimos fueron colocados en la parte inferior de la estructura, debajo del compartimento. También se ensambló el chicote del freno en el caliper y la manija de frenado en el manubrio. Se moldeó un asiento igualmente provisional de unicel sobre una base de madera, forrado con fieltro negro y se le colocó al vehículo. Finalmente se le adaptaron dos ruedas de maleta de 3" en la parte frontal de acuerdo al diseño del sistema de plegado.

El resultado de la manufactura del prototipo se ve en la Figura 7.27 en modo vehículo y en la Figura 7.28 en modo maleta.



Figura 7. 26 - Proceso de manufactura VUMil .



VUMi1 EN MODO VEHÍCULO

Figura 7. 27 – Prototipo VUMi1 en modo vehículo.



VUMi1 EN MODO MALETA

Figura 7. 28 – Prototipo VUMi1 en modo maleta.

7.4.6 PRUEBAS VUMi1

Finalizado el prototipo VUMi1, se le realizaron pruebas de funcionalidad, ergonomía e impresión del diseño. El vehículo se probó con 10 usuarios de los dos sexos, de diferentes edades y complejión. Las pruebas consistieron en la conducción del vehículo a lo largo de un pasillo con terreno liso. Antes de realizar la prueba a cada usuario se le dio instrucciones básicas del funcionamiento y se les aseguro por medio del uso de un casco. Se probaron las velocidades, estabilidad al girar, comodidad del usuario y frenado. En la Figura 7.29 se observan algunas imágenes de los usuarios en la prueba con el prototipo.



Figura 7.29 - Pruebas con prototipo VUMiI.

El prototipo VUMiI, se presentó también a los colaboradores y se recibió retroalimentación. De la reunión con el colaborador, las observaciones y comentarios de los usuarios en las pruebas, se obtuvieron los siguientes puntos a tomar en cuenta para el progreso de los prototipos :

- La altura y ancho del vehículo no son cómodos para el usuario, ya que les costaba subir y perdían fácilmente el equilibrio.
- Se necesitaba la colocación de reposapiés para sostener en ellos los pies, mientras el vehículo circula.
- Cuando el vehículo estaba estático era necesario un pie para detenerlo, sin la necesidad de buscar un muro para hacerlo.
- Era recomendable manufacturar una carcasa resistente, para seguridad de los paquetes.
- Se debía corregir el ángulo de lanzamiento de la dirección, ya que presentaba sensibilidad excesiva al girar.
- El volumen del compartimento se consideró adecuado, pero no óptimo.
- El manejo del vehículo a una velocidad de 25[km/h] no representa una sensación de peligro para el usuario.
- El frenado se consideró más adecuado para la velocidad de 15 y 25[km/h].
- Se deben considerar las medidas antropométricas para el diseño del manubrio, porque se halló muy alto para los usuarios.
- El vehículo (estructura, motor, dirección, etc.) soportó el periodo de pruebas sin ninguna afectación aparente.
- El manubrio presentó problemas en el plegado.
- El mecanismo del compartimento ocupaba espacio dentro de la estructura.
- El asiento no es cómodo para el usuario.
- La llanta delantera se mueve en modo maleta.

7.4.7 PROPUESTA ESTÉTICA VUMi1

A la par de la manufactura del prototipo se trabajó la propuesta estética del concepto de VUMi1 en el entorno corporativo y es como se muestra en la Figura 7.30 en modo vehículo y la Figura 7.31 en modo maleta.

La propuesta estética consistió en recubrir el vehículo con una carcasa en dos tonalidades neutras, que armonice con el ambiente y que alcance a cubrir las llantas, ayudando a dar ese aspecto de maleta. Un manubrio telescópico que se oculte después del viaje y que se adapte al estilo, así como un asiento cómodo pero lo bastante imperceptible para destacar en la composición. Además de una manija abatible para voltearlo y transportarlo. Cuando el vehículo este en modo maleta el compartimento será extraído por la parte posterior y contará con dos subdivisiones para colocar los paquetes.



Figura 7 . 30 - Propuesta estética VUMi1 en modo vehiculo.

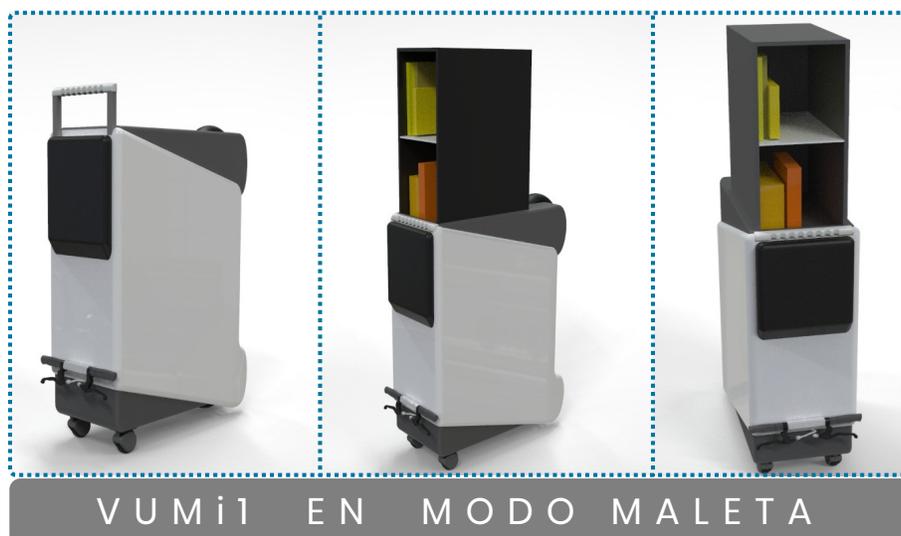


Figura 7 . 31 - Propuesta estética VUMi1 en modo vehiculo.

7.4.8 ESPECIFICACIONES FINALES VUMi1

Las especificaciones finales de VUMi1 quedan como se ven en la Tabla 7.3, que se basan en las objetivo. Especificaciones como el volumen de carga, la masa del vehículo, carga de paquetes, dimensiones máximas, el diámetro de la llantas y la potencia se clarifican, tomando valores de acuerdo a lo desarrollado en este primer prototipo. Todas quedan dentro de los intervalos planteados en las especificaciones objetivo.

No.	No. de requerimiento	Métrica	Intervalo	Unidades
1	1, 7, 11, 17, 18	Costo	$\leq 30,000$	MXN
2	2	Volumen de carga	0.08	m^3
3	5	Capacidad máxima	1	persona
4	6, 18	Velocidad máxima	25	km/h
5	5, 8, 18	Carga máxima de usuario	100	kg
6	8, 18	Carga de paquetes	35	kg
10	18, 20	Masa de vehículo	29.52	kg
6	7, 9, 18	Autonomía	10	km
7	3, 11, 21	Dimensiones máximas	90 x 30 x 75	cm
8	7, 12	Diámetro de llanta	10	in
9	7.18	Potencia de motor	500	W

Tabla 7.3 - Especificaciones finales VUMi1.

7.5 SEGUNDO PROTOTIPO: VUMi2

La segunda iteración del prototipo del vehículo fue llamado VUMi2 y surgió a partir de realizarle modificaciones al primer prototipo. Las modificaciones generales planteadas para desarrollar el segundo prototipo con relación a los puntos generados en las pruebas del anterior vehículo fueron:

- Modificar el ángulo de avance de la horquilla para disminuir su sensibilidad al giro.
- Mejorar el funcionamiento del manubrio telescópico e inmovilizar dirección en modo maleta.
- Implementar reposapiés y un asiento cómodo.

- Modificar el compartimento, eliminando la caja y haciéndolo parte de la estructura con accesos a él.
- Implementar una carcasa resistente

De nuevo como en el primer prototipo, se planteó la arquitectura del segundo vehículo, tomando en cuenta las modificaciones planteadas. Se estableció que los únicos sistemas donde se debían realizar modificaciones son en el de dirección y el estructural, este último porque se fusionaría con el estructural por la modificación del compartimento. Los que permanecerían igual serían los sistemas: eje posterior, motriz, alimentación y plegado. Además de que se generaron nuevos sistemas que son el de acceso, el de envoltorio y el de soporte al usuario. De esta forma se replanteó la arquitectura de los sistemas y quedó como se muestra en la Figura 7.32. A continuación en los siguientes apartados se presentan las modificaciones realizadas por sistemas.

El sistema eléctrico y motriz, permanecieron con los mismos componentes que en el primer prototipo.

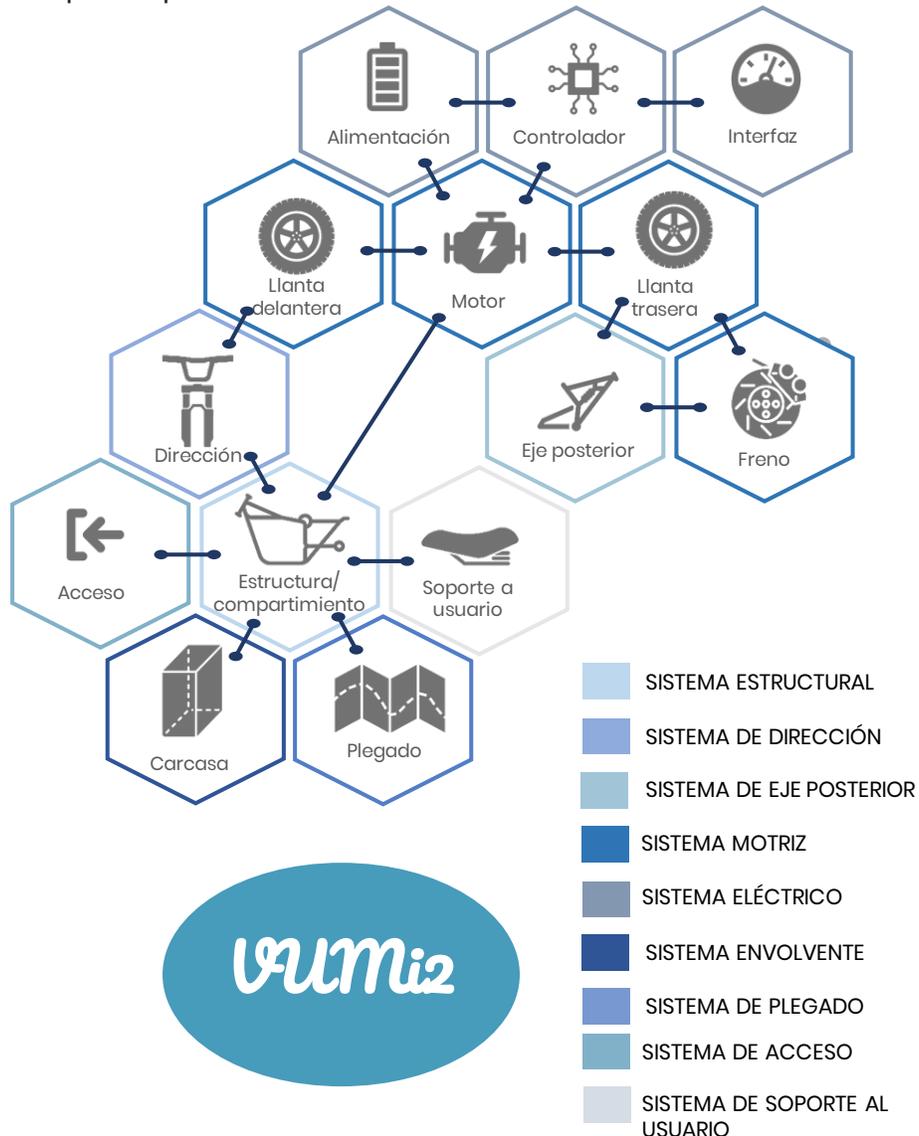


Figura 7. 32 - Arquitectura VUMi2.

7.5.1 SISTEMA ESTRUCTURAL VUMi2

Este sistema, para el segundo prototipo paso a componerse por la estructura, que permaneció sin ninguna modificación y por el compartimiento. Lo anterior, debido a que se descartó la idea de que se encontraran por separado, por la evaluación del espacio disponible y procedimientos necesarios para agregar un mecanismo para su deslizamiento y extracción del interior.

Al final se decidió unificarlo con la estructura y de esa forma, al eliminar la caja del compartimiento, se planteó aprovechar todo el espacio disponible. Cuestión por la que, también se evaluó utilizar como volumen de carga la parte inferior, donde se encontraba la batería y el controlador; esto por petición de los colaboradores, en aumentar el volumen de carga para acercarse más al de una motocicleta (valor límite planteado en las especificaciones objetivo).

Finalmente se cambio de posición a la batería y el controlador, de la parte inferior a la parte frontal, a unos apartados fabricados con lámina (Figura 7.33). En consecuencia, se necesitaba también modificar la dirección. El volumen de carga obtenido de la modificación fue 0.093 m³ correspondiente a un 16% con respecto al 0.08 m³ de volumen de carga del primer prototipo, VUMi1 (Figura 7.34).

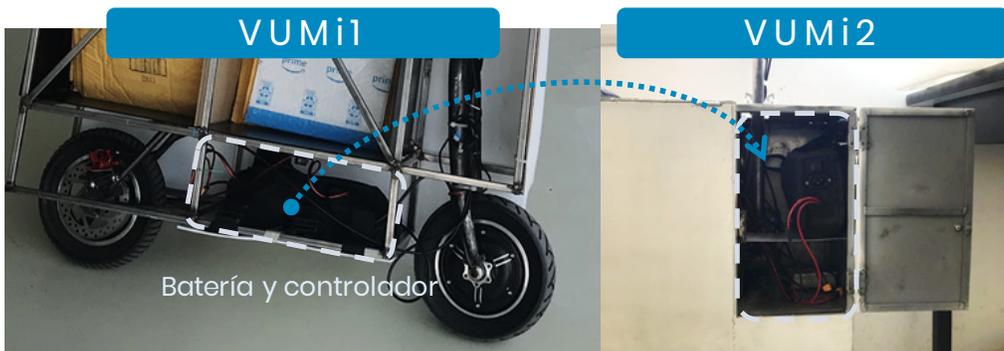


Figura 7.33 - Cambio de lugar de la batería y el controlador en VUMi2.



Figura 7.34 - Cambio del contenedor (aumento de volumen de carga en VUMi2).

7.5.2 SISTEMA DE DIRECCIÓN VUMi2

Como ya se mencionó, a consecuencia de la modificación del compartimiento y el planteamiento de mover la batería y el controlador a la parte frontal, se tuvo que modificar el sistema de dirección para este segundo prototipo.

Para obtener el espacio suficiente y colocar un compartimiento donde poner la batería y el controlador, las modificaciones pertinentes constaron en la reducción en tamaño de la de la horquilla delantera para ajustarla a la llanta, lo que implicó también bajar los travesaños de donde se acoplaba a la estructura (Figura 7.35).



Figura 7.35 - Cambio en el sistema direccional en VUMi2.

Así mismo se modificó el ángulo de lanzamiento, aumentándolo un poco, bajo el argumento de aumentar la distancia entre ejes; ya que cuanto mayor es la distancia, mayor es la estabilidad direccional y el esfuerzo para operar en las curvas.

Como resultado de estas modificaciones, hubo un aumento de 3° en el ángulo de lanzamiento con respecto al primer prototipo. Este ángulo cambió de 13° a 16° , para disminuir la inestabilidad direccional (Figura 7.36-a).

También se recortó el manubrio porque era muy alto para los usuarios y se mejoró el funcionamiento telescópico, ya que en el primer prototipo presentó problemas para deslizarse y reducir su tamaño. El paso final en este sistema fue implementar un mecanismo que sostuviera los puños del manubrio y evitara el giro de toda la dirección y por ende de la llanta frontal, en modo maleta (Figura 7.36-b).

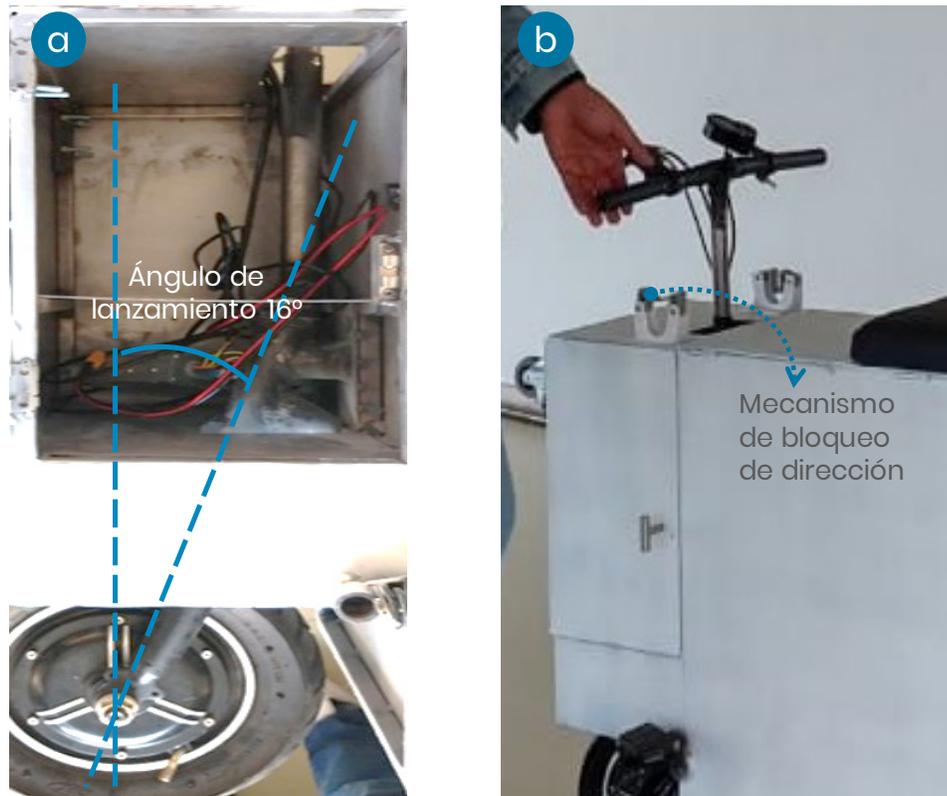


Figura 7.36 - a) Medición del ángulo de lanzamiento de VUMi2; b) Implementación de mecanismo de bloqueo de dirección en VUMi2.

7.5.3 SISTEMA DE ACCESO VUMi2

Por los cambios en el compartimiento y posicionamiento de la batería y el controlador, se creó un sistema nombrado “Sistema de acceso” que comprende los diferentes accesos a estos lugares.

Para la parte del compartimiento, se consideró realizar dos accesos, uno en la parte donde va sentado el usuario y otro en la parte posterior del vehículo. El primero pensando en la posibilidad de que al usuario no se le permita el acceso al edificio con el vehículo y lo deje fuera, en modo vehículo (Figura 7.37-a). El segundo suponiendo que el usuario sí entre al edificio con el vehículo convertido en maleta (Figura 7.37-b). Los accesos consistieron en puertas que se realizaron con un marco de solera de $\frac{1}{2}$ " y con lámina negra de acero al carbón, calibre 20; acopladas a la estructura con bisagras, un sistema de cerrado con broches perico y jaladeras de botón, adaptadas para su manipulación.

Igualmente, se creó un acceso a los apartados de la batería y el controlador, porque son piezas importantes que se deben manipular constantemente para mantenimiento o carga en el caso de la pila.



Figura 7 . 37 - a) Acceso superior a compartimiento en VUMi2; b) Acceso posterior a compartimiento en VUMi2.

7.5.4 SISTEMA ENVOLVENTE VUMi2

A la vez de plantear un sistema de acceso, se proyectó el “Sistema envolvente”, que comprende la carcasa. Debido a que debe ser resistente, por la seguridad de los paquetes, se construyó de lámina negra de acero al carbón, calibre 20, al igual que las puertas de acceso (Figura 7.38-a). Al final esa envolvente y las puertas fueron pintadas de color blanco mate, para identificar las áreas de contacto o de mayor desgaste del vehículo (Figura 7.38-b). La horquilla y el manubrio se pintaron en color negro, para darle mejor estética (Figura 7.38-c).

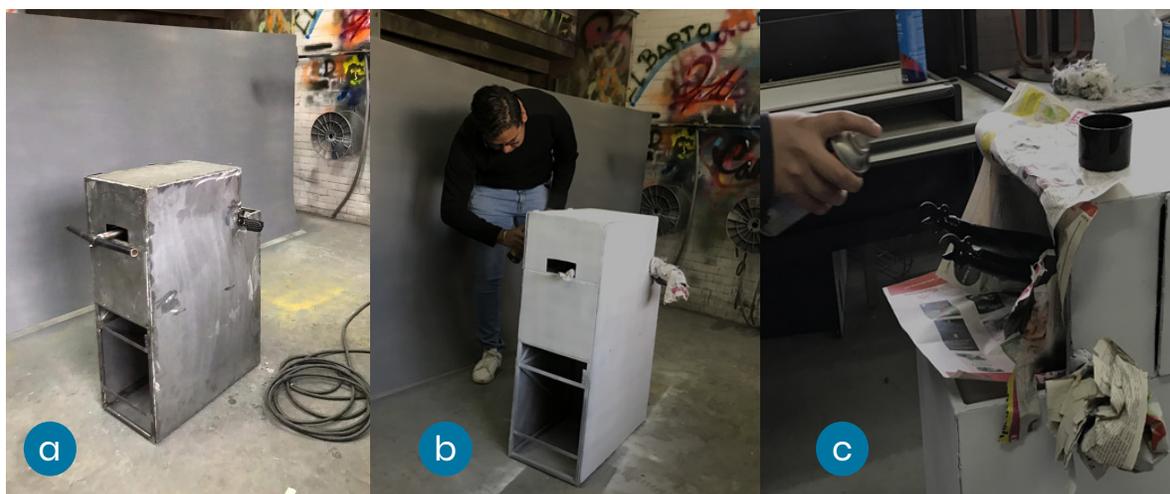


Figura 7 . 38 - a) Envolvente de lámina de acero, calibre 20 en VUMi2; b) Pintado de envolvente en blanco mate en VUMi2 ; c) Pintado de horquilla en negro en VUMi2.

7.5.5 SISTEMA DE SOPORTE AL USUARIO VUMi2

Por último para el sistema de soporte al usuario, se implementaron reposapiés de acero con goma antiderrapante, abatibles, soldados a la estructura (Figura 7.39-a); un asiento rectangular de esponja forrado de tela vinil color negro, colocado en la puerta superior, para darle confort al usuario durante el viaje (Figura 7.39-b). Además de un soporte para celular, colocado en el manubrio, para ver la ruta en el dispositivo (Figura 7.39-c).



Figura 7. 39 - a) Implementación de reposapiés en VUMi2 ; b) Implementación de asiento de esponja en VUMi2 ; c) Implementación soporte de celular en VUMi2..

7.5.6 MANUFACTURA VUMi2

La manufactura de las modificaciones en dirección, envoltorio, accesos y soporte al usuario para VUMi2, se realizó con terceros debido a la falta de disponibilidad del laboratorio, donde se llevó a cabo el primer prototipo (Figura 7.40). Para la unión de los componentes se utilizó soldadura por arco y el corte fue con esmeril. El pintado y modificaciones menores fueron realizadas por el equipo de diseño.



Figura 7. 40 - Manufactura de VUMi2.

El resultado de la manufactura del prototipo es como se ve en la Figura 7.41 en modo vehículo y en la Figura 7.42 en modo maleta.



Figura 7.41 - Prototipo VUMi2 en modo vehículo.



Figura 7.42 - Prototipo VUMi2 en modo maleta.

7.5.7 PRUEBAS VUMi2

Después de ser construido el segundo prototipo, VUMi2, se le realizaron pruebas de: funcionalidad en diferentes tipos de superficies, de rendimiento, de conducción y con el usuario (repartidor).

PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD EN DIFERENTES TIPOS DE SUPERFICIES. Consistieron en evaluar la respuesta del vehículo en terrenos difíciles como rampas, baches, empedrados y topes. Todas estas pruebas fueron cualitativas y realizadas dentro de escenarios en Ciudad Universitaria.

Prueba en topes. El primer terreno evaluado, fueron topes de concreto y polietileno, en forma de trapecio. Los de concreto con dimensiones aproximadas de 450x250x14[cm] (longitud, ancho, alto) y los de polietileno de 120x60x10[cm] (longitud, ancho, alto). Como resultado de la prueba, se observó que el vehículo no tuvo ningún atascamiento, ni problema para circular por los topes, por lo que se consideró aceptable la distancia entre ejes (71[cm]) y el espacio entre en suelo y la parte inferior del vehículo (12.7[cm]) (Figura 7.43 y 7.44).



Figura 7. 43 - Prueba de VUMi2 en topes de concreto.



Figura 7. 44 - Prueba de VUMi2 en topes de polietileno.

Prueba en rampas. El segundo tipo de terreno evaluado fueron rampas con ángulos de aproximadamente 3°, 8° y 12° de inclinación. El ángulo máximo que logró subir fue 8°, con un buen desempeño por parte del motor del vehículo; no presentó problemas aparentes para interrumpir su marcha durante el trayecto en las dos primeras medidas de ángulo (Figura 7.45).



Figura 7. 45 - Prueba de VUMi2 en rampas.

Prueba en baches y empedrado. Uno de los últimos tipos de terreno en evaluar fueron los baches, para valorar las dimensiones de las llantas. Como conclusión de esta prueba, se obtuvo que las dimensiones de los neumáticos, permitieron entrar y salir de este tipo de terrenos, donde las profundidades de los baches son menores a la mitad del diámetro de la llanta (Figura 7.46).

Como última evaluación, del tipo de terreno, el vehículo fue introducido a un empedrado, para evaluar el amortiguamiento que ofrecían los neumáticos. De esta última prueba, se encontró, que al circular en estos terrenos, las llantas, no ofrecen la comodidad máxima al usuario, porque el vehículo presentó vibraciones. A pesar de lo anterior, se definió que es adecuado, ya que logró transitar y la aplicación final, no está pensada para desarrollarse en estos escenarios extremos (Figura 7.47).



Figura 7.46 - Prueba de VUMi2 en baches.



Figura 7.47 - Prueba de VUMi2 en empedrado.

PRUEBAS DE RENDIMIENTO. Consistieron en medir la autonomía ofrecida por la batería y la potencia del motor.

Autonomía. Esta prueba se basó en realizar recorridos por un circuito, de la cicliopista de Ciudad Universitaria, con la batería en carga completa. La

distancia total recorrida fue de 11.15[km] en un tiempo de 1 hora y 30 minutos aproximadamente, a una velocidad de 25[km/h]; dato que satisface la especificación objetivo en autonomía. La distancia recorrida se cuantificó por medio de una aplicación móvil (Figura 7.48).

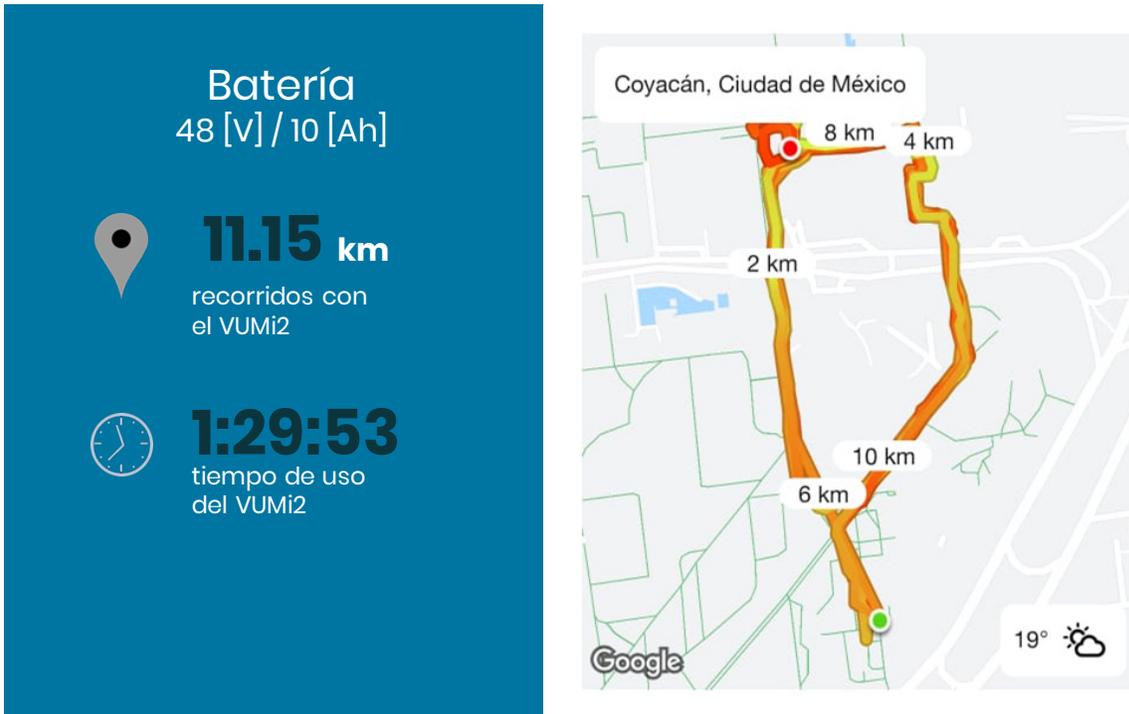


Figura 7. 48 - Prueba de autonomía VUMi2.

Potencia de motor. Esta prueba radicó en calcular la potencia máxima real del motor, por medio del voltaje y la intensidad entregada; para corroborar el valor en especificaciones del producto. Primeramente se accionó el motor a la velocidad de 25[km/h] y por medio de un multímetro se midió el voltaje y la intensidad. El voltaje final entregado fue 46[V] y la intensidad de 15[A], por lo que la potencia pico fue de 690[W] (Figura 7.49).

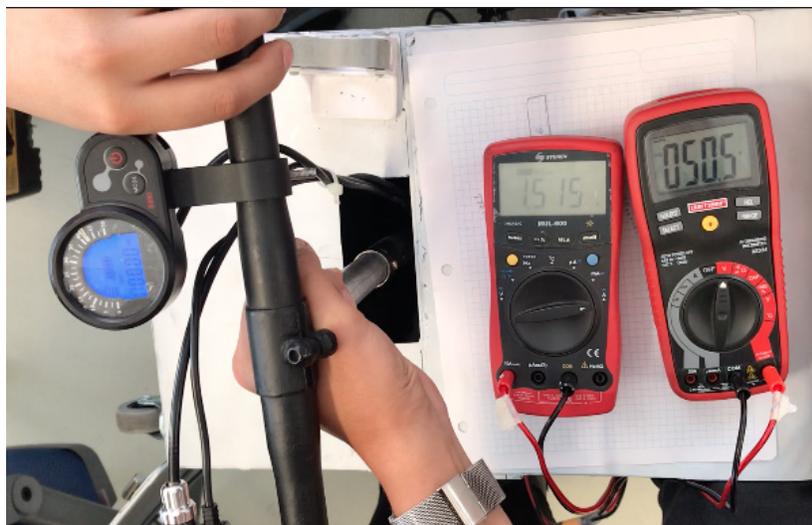


Figura 7. 49 - Prueba de potencia de motor VUMi2.

PRUEBA DE CONDUCCIÓN. Consistió en hacer una evaluación de manejo con dos personas abordo del vehículo y una medición del radio de giro del vehículo.

Prueba de carga con dos personas. El desempeño en la conducción del vehículo, con carga de dos personas, en un terreno plano, resultó en una ejecución resistente por la parte estructural y buena, en cuanto a potencia observada del motor, ya que no sonó forzado en ningún momento del trayecto. En dimensiones, se contempló limitado el lugar para ir sentados, por la cercanía entre uno y otro. (Figura 7.50-a).

Prueba de radio de giro. Se midió el radio de giro crítico que detalla la capacidad del vehículo para girar, a una velocidad de entre 8 y 10[km/h], que resultó de 1.30 [m] y a una velocidad de circulación de entre 15 y 20[km/h] de 2.90[m] (Figura 7.50-b).

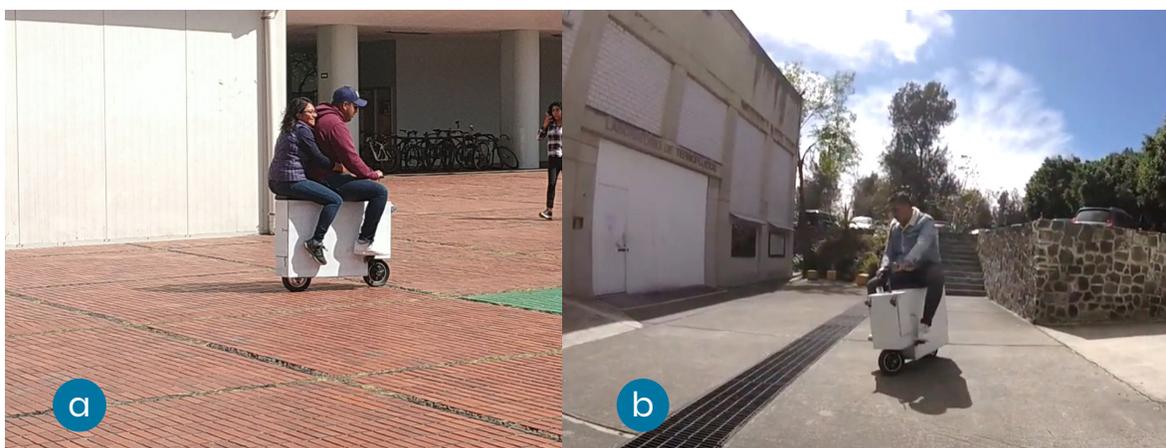


Figura 7. 50 - a) Prueba de carga con dos personas en VUMi2 ; b) Prueba de radio de giro VUMi2.

PRUEBAS CON EL USUARIO. Estas pruebas, se dividieron en cuatro y son: el llenado del vehículo con paquetes, del vehículo en la camioneta, las superficies de contacto usuario-vehículo y la comodidad del usuario. Para la realización, la empresa colaboradora, puso a disposición algunos paquetes, la camioneta y dos trabajadores (un chofer y un repartidor).

Prueba de llenado del vehículo con paquetes. Esta evaluación consistió en hacer que el repartidor llenara el vehículo con los paquetes. El total de paquetes que llevaban, eran 9 de los que solo 8 lograron entrar. Entre los paquetes se encontraban sobres, cajas, bolsas; de diferentes tamaños y morfologías. El paquete con mayores dimensiones fue una caja de 47x22x38[cm], que pudo entrar solo por el acceso posterior. El repartidor tuvo que hacer tres intentos para lograr meter los 8 paquetes; el paquete sobrante, fue una bolsa mediana que contenía una especie de rollos alargados (Figura 7.51).



Figura 7. 51 - Prueba de llenado de VUMi2 con paquetes.

Prueba del vehículo en la camioneta. Esta prueba se realizó para observar la forma de agarre del vehículo al ascenso y descenso del vehículo de la camioneta, la cantidad de vehículos que podrían caber en la misma y la forma de acomodarlos. Como resultado se obtuvo la necesidad de dos personas para subir y bajar el vehículo de la camioneta (Figura 7.52-a). El agarre para subir y bajarlo fue cada usuario de un lado del vehículo, sosteniéndolo de la parte posterior- inferior y de la parte frontal apoyándose del manubrio. Además se observó la posibilidad de transportar entre 3 y 4 vehículos (tres acomodados en lo ancho de la camioneta como se muestra en la Figura 7.52-b y uno en el frente de los tres). También la necesidad de implementar un sistema de sujeción para evitar que éstos se muevan durante el traslado.

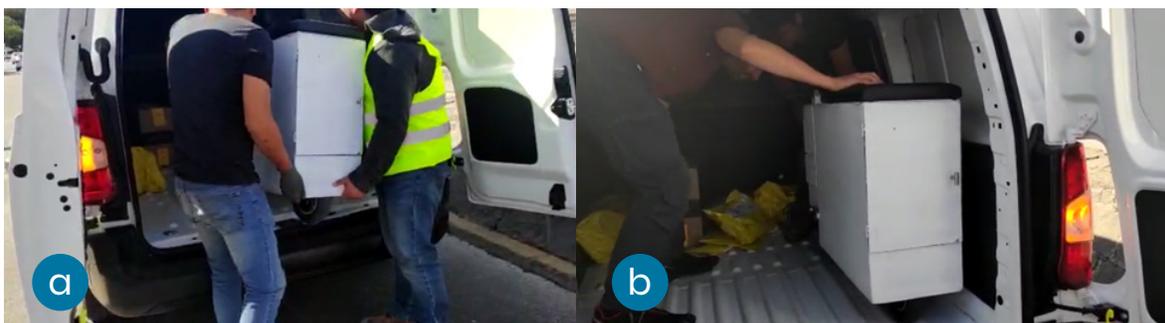


Figura 7. 52 - a) Prueba para subir y bajar a VUMi2 de la camioneta ; b) Prueba de acomodo de VUMi2 en la camioneta.

Pruebas de superficies de contacto usuario-vehículo. Esta prueba se evaluó por medio de la observación y las marcas encontradas en el vehículo, que ayudaron a la identificación de las superficies de contacto con las que interactuó el usuario en el vehículo, que fueron: la puerta de acceso en la parte superior (asiento) (Figura 7.53-a), la puerta de acceso en la parte posterior (Figura 7.53-b),

la puerta del compartimiento de batería y controlador (Figura 7.53-c), el celular en el soporte para el mismo (Figura 7.53-d), el manubrio para sostenerse durante el traslado (Figura 7.53-e), los reposapiés para mantener una posición cómoda durante el viaje (Figura 7.53-f), la parte posterior-inferior del vehículo y manubrio para convertir el vehículo a maleta o sostenerlo en el ascenso o descenso de la camioneta (Figura 7.53-g).



Figura 7.53 - a) Punto de contacto en puerta superior VUMi2; b) Punto de contacto en puerta posterior VUMi2; c) Punto de contacto en puerta de compartimiento batería-controlador; d) Punto de contacto con celular en soporte en VUMi2; e) Punto de contacto en manubrio durante el viaje en VUMi2; f) Punto de contacto con reposapiés durante traslado en VUMi2; g) Punto de contacto en parte posterior - inferior para subir/baja VUMi2 de la camioneta o convertirlo a modo maleta.

Pruebas de comodidad del usuario. Esta última etapa de pruebas con el usuario consistió en pedirle al repartidor que subiera al vehículo y lo condujera en un pequeño tramo para saber su opinión y observar sus acciones.

De las observaciones, se examinó la forma de ascender y bajar del vehículo, de la que el usuario la realizó de manera similar a como ascendiera o bajara de una bicicleta o motocicleta (Figura 7.54-a). También se pudo ver que antes de iniciar su marcha examinó la forma de funcionamiento del vehículo y las partes importantes (Figura 7.54-b). Durante el trayecto el usuario permaneció viendo hacia abajo, desviando la mirada entre el camino y el vehículo, encorvando su cuerpo y aventando su torso hacia abajo, para mantener una posición más cómoda para él, con respecto al manubrio. Además, se observó que no estaba

completamente sentado en el centro del asiento, sino ligeramente ubicado hacia un lado (Figura 7.54-c). Le costó tiempo el acostumbrarse y mantener el equilibrio, por lo que no pudo realizar una trayectoria completamente recta y bajaba constantemente un pie. Al realizar la vuelta se vio de nuevo el comportamiento de bajar un pie para ayudarse (Figura 7.54-d).

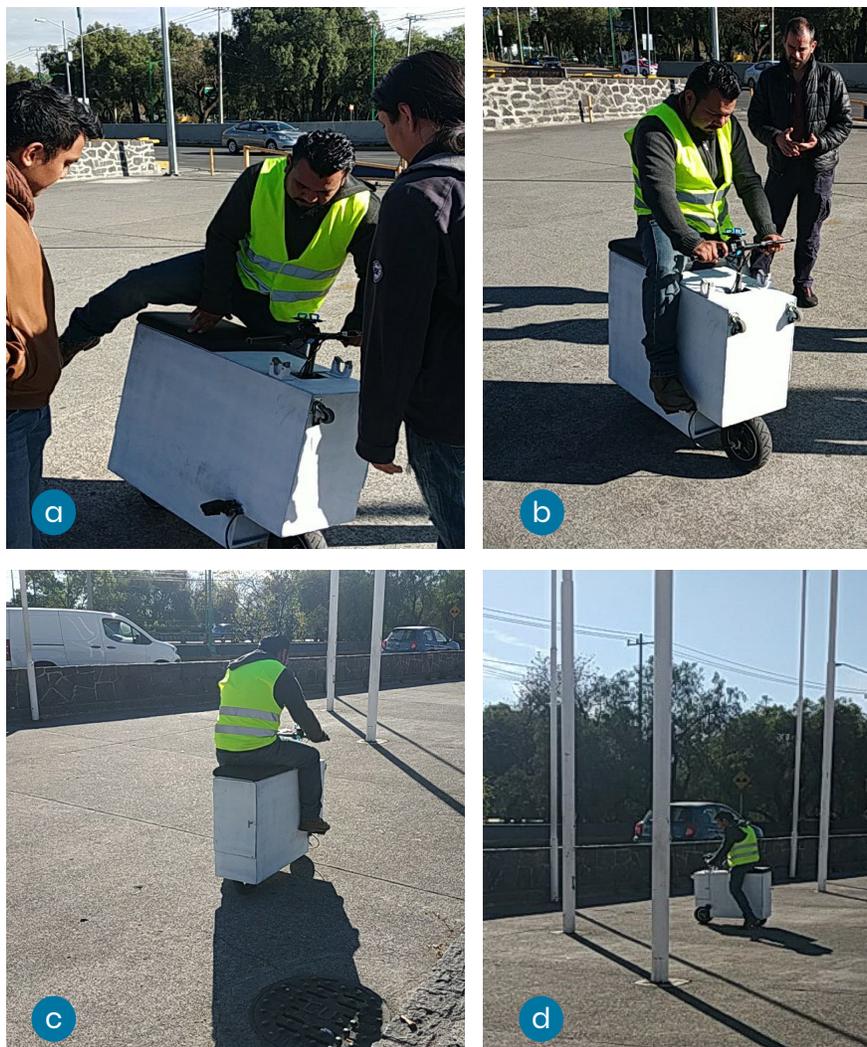


Figura 7. 54 - a) Aacenso de usuario a VUMi2; b) Observación de VUMi2 por usuario, antes de ponerse en marcha; c) Usuario adordo de VUMi2; d) Cambio de dirección abordo de VUMi2.

De la realimentación realizada por el usuario, dado que ya han realizado pruebas piloto de entregas en una zona de corporativos, a bordo de un scooter, se obtuvo que:

- El acceso con un vehículo, sólo se podía realizar la mitad de las veces y en las ocasiones que no podía acceder, el vehículo se quedaba estacionado fuera del edificio. Por lo que, a su pensar, el concepto de VUMi2 en modo maleta tendría problemas para desarrollarse en el ambiente y sea completamente útil.
- Las dimensiones son demasiado grandes comparadas con las del scooter, para poder acceder a un edificio, preferiría dejarlo afuera.

- Es demasiado pesado para manipularlo en modo maleta dentro del edificio (masa del vehículo: 34.12[kg]).
- La forma cuadrada de la parte frontal, después de un tiempo llega a causarle incomodidad al usuario, por lo ancho del vehículo.
- El manubrio se encuentra en una posición baja, no puede ir completamente erguido.
- La curva de aprendizaje en conducción es comparable con la de un scooter.
- La sensación de velocidad es similar al andar en un scooter.

No se pudieron realizar pruebas de conducción por ciclovías, debido a restricciones de la universidad para circular por los espacios.

7.5.8 ESPECIFICACIONES FINALES VUMi2

Las especificaciones finales de VUMi2 quedan como se muestran en la Tabla 7.4, que se basan en las objetivo y se agregan algunas, por lo encontrado en el desarrollo y pruebas del vehículo. Especificaciones como el volumen de carga y la masa del vehículo aumentaron, con respecto de VUMi1. El volumen de 0.08 a 0.093[m³] y la masa de 29.52 a 34.123[kg]. Las especificaciones agregadas fueron la inclinación, distancia entre ejes y radio de giro.

No.	No. de requerimiento	Métrica	Intervalo	Unidades
1	1, 7, 11, 17, 18	Costo	≤ 30,000	MXN
2	2	Volumen de carga	0.093	m ³
3	5	Capacidad máxima	1	persona
4	6, 18	Velocidad máxima	25	km/h
5	5, 8, 18	Carga máxima de usuario	100	kg
6	8, 18	Carga de paquetes	35	kg
10	18, 20	Masa de vehículo	34.12	kg
6	7, 9, 18	Autonomía	10	km
7	3, 11, 21	Dimensiones máximas	90 x 30 x 75	cm
8	7, 12	Diámetro de llanta	10	in
9	7, 18	Potencia de motor	500	W
10	7, 18	Inclinación	8	°
11	3, 11, 21	Distancia entre ejes	71	cm
12	3, 11, 21	Radio de giro crítico	130	cm

Tabla 7. 4 - Especificaciones finales VUMi2.

7.6 TERCER PROTOTIPO: VUMi3

Como resultado de las pruebas realizadas en VUMi2 y de la realimentación del usuario, en conjunto con el colaborador, se decidió descartar el concepto en modo maleta, pero seguir desarrollando el formato en configuración en modo vehículo. Principalmente por la razón de que el acceso a corporativos con el vehículo sólo se podía hacer la mitad de las veces y las dificultades principales a las que se enfrentaría para acceder por sus dimensiones y masa.

Por lo anterior se replanteó de nuevo la arquitectura general de los sistemas del vehículo como se muestra en la Figura 7.55 y la composición de cada uno, basado en la arquitectura de VUMi2 y que a lo largo del desarrollo se fue complementando hasta llegar a su forma final para VUMi3 (Ver diagrama de componentes por sistemas en Anexo Ciclo 4).

El motor, llantas, sistema de frenado, controlador, interfaz y batería ocupados en el primer prototipo, fueron los mismos, usados para éste.



Figura 7. 55 - Arquitectura VUMi3.

7.6.1 PROPUESTAS DE DISEÑO VUMi3

Como para la tercera iteración del prototipo, se descartó la posibilidad de entrar a edificios con el vehículo y que este permanecería afuera estacionado, se propuso modificar sus dimensiones en cuanto al largo del vehículo, para aumentar el volumen de carga, aumentando a su vez la distancia entre ejes y por ende la estabilidad direccional del vehículo, para mejorarla con respecto a la obtenida en el prototipo anterior.

Para ello primero se idearon propuestas de diseño, ya que como se había mencionado desde VUMi1, una parte importante del vehículo, que representaba incomodidad al usuario por sus dimensiones era el ancho del mismo en la parte donde va sentado. Por lo que se plantearon dos sugerencias tratando de resolver esta problemática y que se muestran en las Figuras 7.56 y 7.57.

La primera sugerencia de diseño (Figura 7.56) propone hacer un vehículo más largo y delgado, manteniendo la sección a lo largo de todo el vehículo.

La segunda sugerencia de diseño (Figura 7.57) propone un vehículo que mantiene una geometría en el frente y otra en el posterior similares, reduciéndose solamente en la parte central, para dar confort en donde va situado el usuario. De esta última también se plantean los accesos a los diferentes compartimientos como se muestra en la Figura 7.58.



Figura 7. 56 - Primer propuesta de diseño VUMi3.



Figura 7 . 57 - Segunda propuesta de diseño VUMi3.

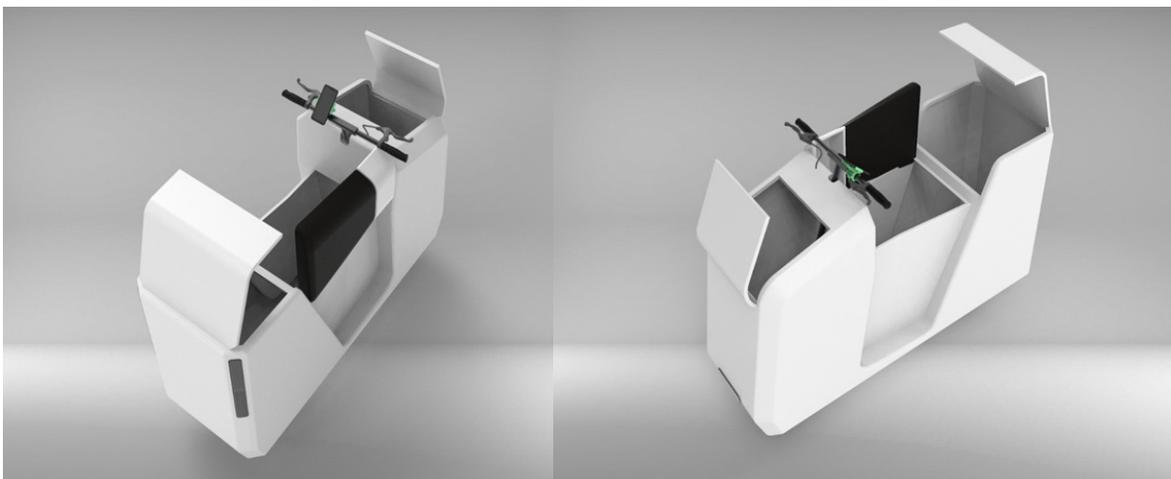


Figura 7 . 58 - Accesos de segunda propuesta de diseño VUMi3.

De las dos propuestas se decidió hacer una mezcla entre ellas, planteando un diseño de vehículo, como se muestra en la Figura 7.59; que consiste en tener un vehículo con la parte trasera ancha, una reducción en forma de trapecio hacia la parte central (área donde va sentado el usuario) y de ahí hacia el frente, permanece con las dimensiones de la base menor del trapecio. Evitando los relieves para una manufactura sencilla y de menor costo.

Finalmente, tomando solo dos accesos al vehículo, uno al compartimiento de la batería-controlador y otro al de carga, por la parte superior donde se encuentra el asiento (Figura 7.60); descartando el posterior mostrado en VUMi2 con el motivo de que el usuario acceda hasta finalizar su viaje al paquete y por no tener que hacer el cambio a maleta.

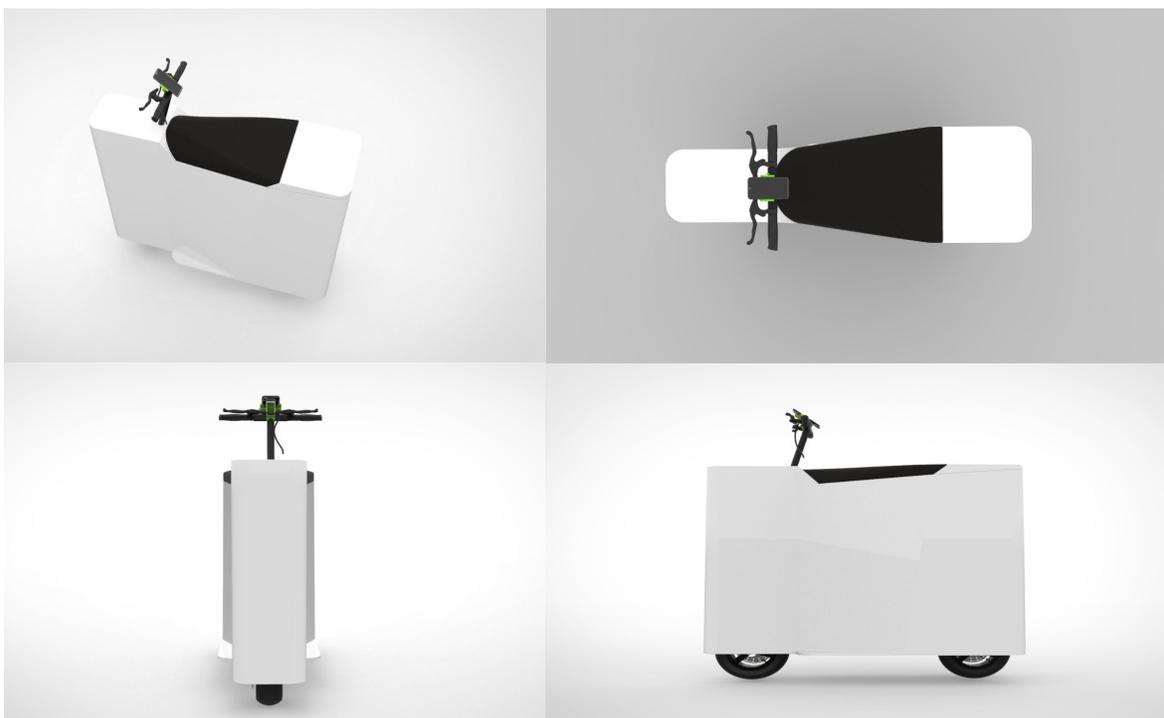


Figura 7. 59 - Propuesta de diseño final VUMi3.



Figura 7. 60 - Accesos de propuesta de diseño final VUMi3.

7.6.2 SISTEMA ESTRUCTURAL VUMi3

Una vez decidida la geometría del vehículo, se siguió a revisar las dimensiones, para diseñar la estructura. El dimensionado, se realizó por medio de una maqueta a escala real; construida tomando como base el VUMi2 y agregando paredes de cartones para fabricar un volumen (Figura 7.61) sobre el que se trabajó.

Se llegó a un acuerdo de tomar como medidas aproximadas para la estructura 106[cm] de longitud, 57.5[cm] de alto, ancho trasero de 35[cm] y delantero de 22 [cm], generando una vista de planta como la Figura 7.62-a.



Figura 7. 61 - Maqueta para dimensionar VUMi3.

Después, para definir la forma de la estructura, primero se tomó la forma de planta para los marcos inferior y superior. Posteriormente se unieron mediante travesaños verticales y horizontales para separar la parte frontal, donde iría la dirección y electrónica, la parte trasera del eje posterior y el área de compartimiento. La parte superior del compartimiento se dejó sin travesaños horizontales, porque sería la parte de acceso, como se muestra en la Figura 7.62 -b. Como volumen de carga se obtuvieron $0.103[m^3]$.

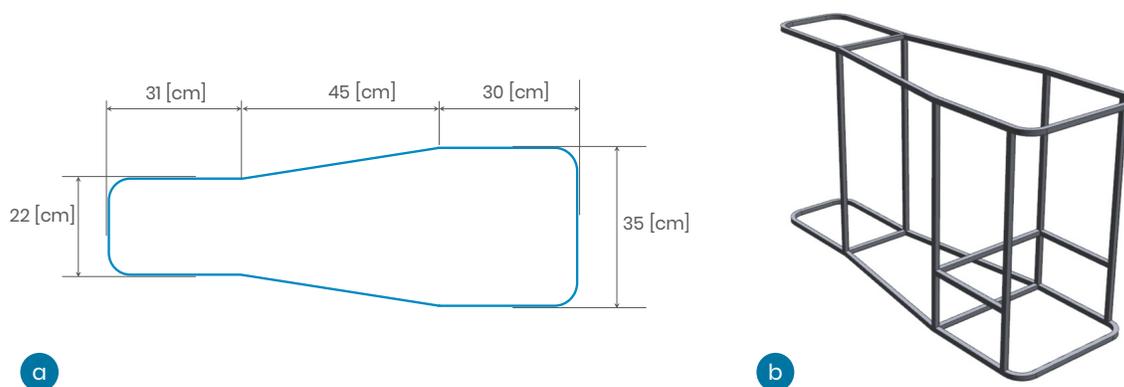


Figura 7 . 62 - a) Dimensiones planteadas VUMi3; b) Estructura preliminar VUMi3.

De nuevo, como en el diseño de la armadura del primer prototipo, la estructura de VUMi3, estaba compuesta por rectángulos/cuadrados; por lo que, se propuso aplicar el mismo principio de las triangulaciones. Dado el desempeño mostrado en los prototipos anteriores y con la consideración de darle rigidez, especialmente en el marco principal, en donde el usuario se sentaría.

Como resultado el diseño final de la estructura del tercer prototipo, queda como se muestra en la Figura 7.63, con las dimensiones antes mencionadas. Considerando el perfil cuadrado de $\frac{1}{2}$ " , de acero al carbón y calibre 18 (Ver planos en Anexo Ciclo 4 para detalles).

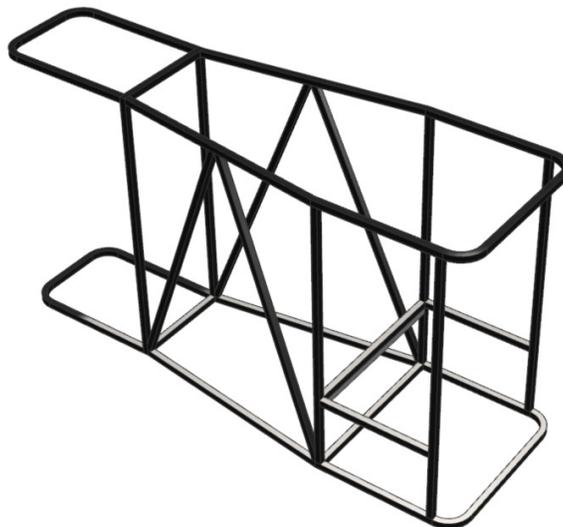


Figura 7.63 - Estructura final VUMi3.

Una comprobación de la rigidez de la armadura principal (Figura 7.64), donde irá sentado el usuario y contenidos los paquetes, es que se debe cumplir la igualdad $m = 2n - 3 \dots (A)$; donde m = número total de elementos; n = número total de nodos [ver referencia en apartado 7.4.2].

De acuerdo a la Figura 7.64 se tiene que $m=7$ y $n=5$ en (A):

$7 = 2(5) - 3 \quad \text{--->} \quad 7 = 10 - 3 \quad \text{--->} \quad 7 = 7$, por lo que se cumple la igualdad y se comprueba la rigidez en la armadura.

El "Sistema Estructural", al final, quedó formado por cada una de las piezas que componen a la estructura (Ver diagrama en Anexo Ciclo 4 para detalles).

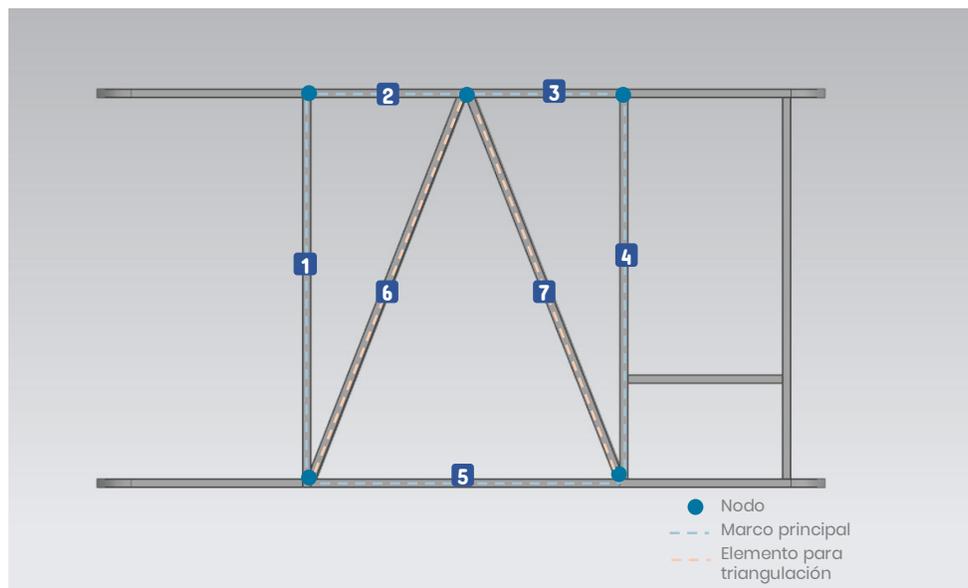


Figura 7.64 - Rigidez de estructura final VUMi3.

7.6.3 SISTEMA DE DIRECCIÓN Y EJE POSTERIOR VUMi3

Después del diseño de la estructura se planteó el “Sistema dirección”, al igual que el “Sistema de eje posterior”.

El “Sistema de dirección”, se inició definiendo la horquilla; de la que se resolvió buscar una comercial, para solo implementarla, dado que su diseño llevaba más tiempo del disponible. Se determinó comprar una, que se acoplara a la llanta lo mejor posible, es decir, que quedara lo más justa a sus medidas como en el prototipo de VUMi2. Lo anterior con la intención de poder acomodar los demás componentes eléctricos-electrónicos en el frente, en la parte superior. Además, de adquirir las tazas respectivas, también comerciales, para adaptar la horquilla de 1”, al telescopio.

Para la selección también, se analizó una de las características ofrecidas por la horquilla, que define la sensación y estabilidad del vehículo, el offset.

Offset de horquilla. Distancia existente entre el centro de la rueda frontal y el centro de la pata de la horquilla. Es importante, ya que controla la sensación del vehículo y cuán estable se va a comportar. De acuerdo a la Figura 7.65, entre menor sea esta distancia el vehículo realizará los giros más rápido, rápida respuesta y es bueno para realizar trucos. Por el contrario si el offset es mayor el vehículo será más estable, giros mas lentos, mejor para saltos y velocidad [105].

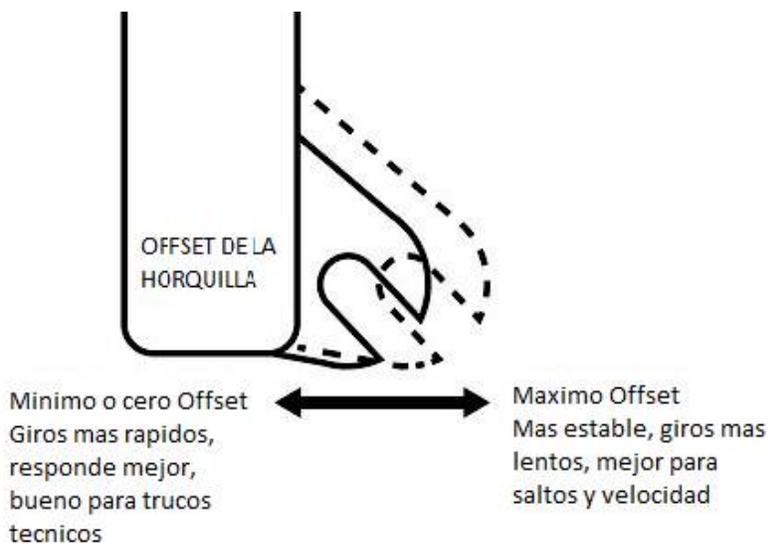


Figura 7. 64 - Offset de la horquilla [105].

En consecuencia, se consiguió una horquilla con un offset mayor en comparación del medido en el segundo prototipo 9.26 [mm] (Figura 7.66-a), con magnitud de 35.54 [mm] (Figura 7.66-b). Para ofrecer esa estabilidad al vehículo y disminuir la sensibilidad en los giros.

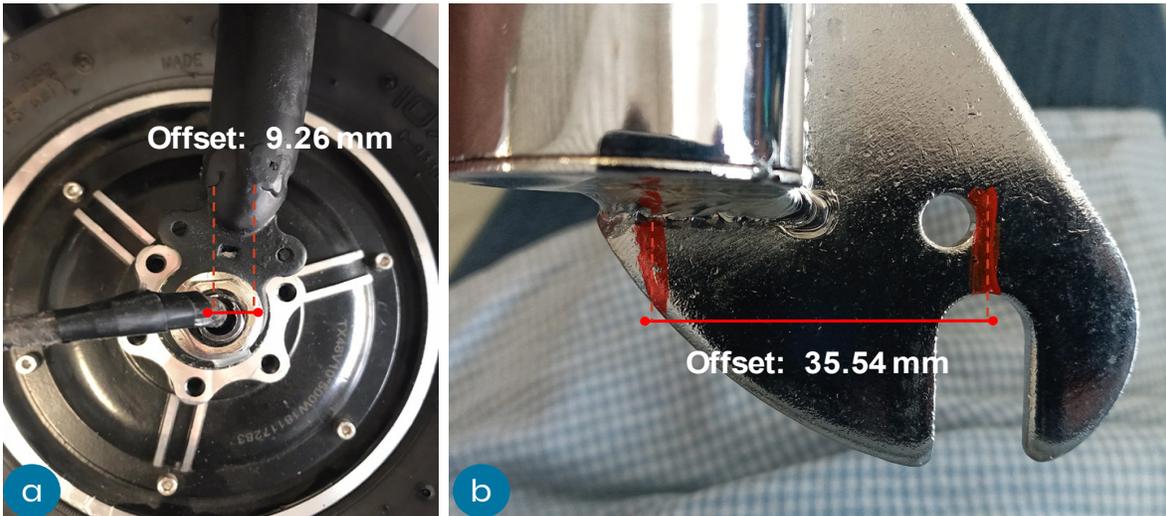


Figura 7. 65 - a) Offset de la horquilla en VUMi2; b) Offset de la horquilla en VUMi3..

Una vez encontradas las piezas antes mencionadas; se le tomaron medidas a las tazas y se proyectaron sobre el cuello de la horquilla (Figura 7.66-a) con la finalidad de conocer la longitud máxima que podía tomar el telescopio, para su diseño (16[cm]).

Posteriormente, se evaluaron las reacciones en los rodamientos, para encontrar la longitud final del telescopio. Para ello se tomó el esquema estructural de acuerdo al ensayo normalizado de flexión estática para la horquilla de una bicicleta, que se realiza para validar el dimensionado y la funcionalidad de la misma [106]. En la Figura 7.66-b se muestra el diagrama de las reacciones en los rodamientos de la barra de dirección y sus ecuaciones para obtenerlas son:

$$R_i = F \cdot \frac{d+t}{t} \quad ; \quad R_s = -R_i + F \quad \dots (I)$$

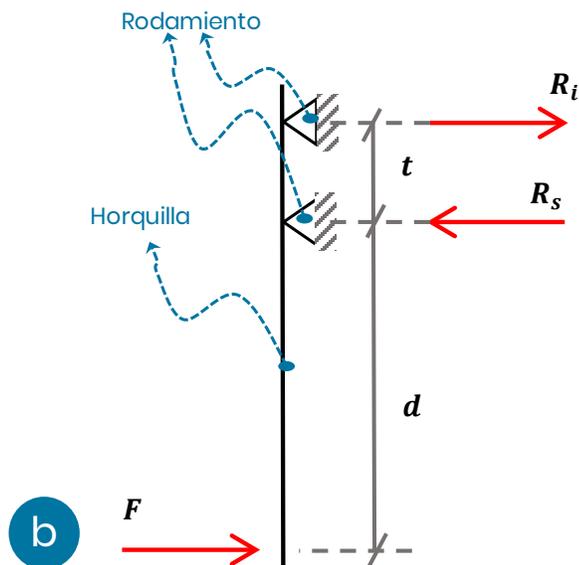
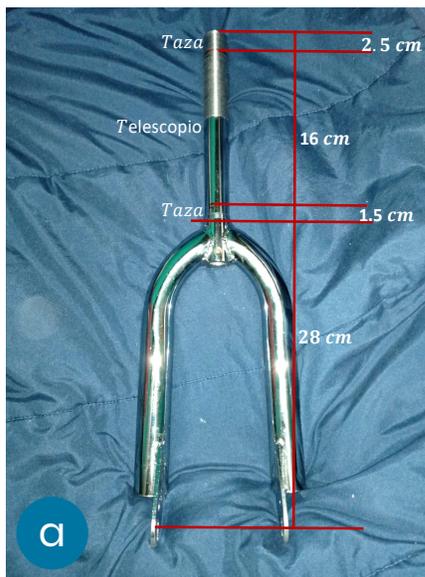


Figura 7. 66 - a) Medidas de tazas proyectadas en la horquilla VUMi3; b) Diagrama de las reacciones en los rodamientos de la dirección en VUMi3 [106].

En la norma específica que para el ensayo se aplica una carga transversal de $F=1500\text{[N]}$ en las punteras de la horquilla, sustituyendo este valor en las ecuaciones de (I) se tiene:

$$R_i = 1500 \text{ [N]} \cdot \frac{d+t}{t} \quad ; \quad R_s = -R_i + 1500 \text{ [N]} \quad \dots \text{ (II)}$$

Por lo que, si se varían en un primer caso los valores de t , es decir la distancia entre rodamientos y d permanece en un valor fijo, se observa que R_i y R_s son mayores, cuando t es menor. Además de que el momento en R_i es mayor que en R_s , aumentando conforme aumenta t . Si, en el caso contrario, t permanece fijo y d se varía, R_i y R_s son mayores cuando d es mayor. Asimismo, el momento en R_i es mayor que en R_s , aumentando conforme disminuye d (ver tablas realizadas para análisis en Anexo Ciclo 4).

Lo que lleva a decidir que el valor de t , se debe considerar lo más grande posible para que las reacciones sean menores en magnitud. De lo que se determinó así, como longitud del telescopio los 16 [cm] disponibles, para colocar los rodamientos lo más alejado posible uno del otro. Además de corroborar, que entre la horquilla sea más pequeña, distancia d , las reacciones en los rodamientos, serán menores en magnitud también.

Finalmente tomando la separación entre los centros de los rodamientos, como $t = 17.5 \text{ [cm]}$ y la distancia de la carga al centro del primer rodamiento, como $d = 29.5 \text{ [mm]}$; por las dimensiones de la horquilla. Estos valores en (II), se obtienen las reacciones en los rodamientos del sistema diseñado como:

$$R_i = 1500 \text{ [N]} \cdot \frac{29.5 \text{ [mm]} + 17.5 \text{ [mm]}}{17.5 \text{ [mm]}} = 4 \ 028.57 \text{ [N]} \ ;$$

$$R_s = -4 \ 028.57 \text{ [N]} + 1500 \text{ [N]} = -2 \ 528.57 \text{ [N]}$$

Enseguida, se diseñaron los soportes del telescopio. Primeramente se buscó la configuración más adecuado de los soportes en el telescopio, para lo que, se examinaron la forma de los cuadros en los diferentes tipos de bicicletas [113] (Figura 7.67) y de las motocicletas, vistos con anterioridad (Figura 7.14). De los que se observó, para la mayoría de los cuadro, sus soportes van direccionados hacia la parte inferior del cuadro y ubicados, lo más separados o abarcando la mayor superficie del telescopio. De ello, se decide seguir esa misma configuración en el diseño de los soportes del telescopio.

También, bajo el razonamiento de lo examinado en la distancia entre los rodamientos, con respecto a las reacciones en ellos; que son igualmente transmitidas a la estructura, se proyectó situar los soportes lo más cercano a las orillas del telescopio. Al final situándolos a un centímetro separado de los

extremos del telescopio, como se muestra en la Figura 7.67-a, dando esa holgura para la soldadura. Para su fabricación tanto de los soportes como del telescopio, se propuso tubular redondo de 1 ¼” en calibre 18, de acero al carbón.

La longitud de los soportes del telescopio, fue adecuada para acoplar la llanta lo más al frente, pero sin salir de la estructura del vehículo y generando en ángulo de caster máximo (ver planos en Anexo Ciclo 4 para detalles). Así se obtuvo un ángulo de colocación del telescopio de 10° y de lanzamiento igual a 16° (Figura 7.67-b), como en el segundo prototipo; esto por el espacio disponible en el frente del vehículo y las características de la horquilla.



Figura 7. 67 - Tipos de bicicletas y sus usos [107].

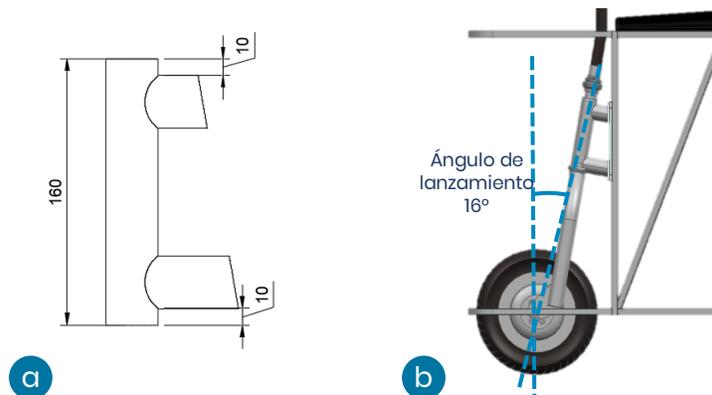


Figura 7. 68 - a) Telescopio y soportes VUMi3; b) Ángulo de lanzamiento VUMi3.

El manubrio se diseñó con base en medidas antropométricas, de acuerdo a las dimensiones, tomadas de diferentes motocicletas. Estableciendo finalmente, una altura total de 25.64 [cm] ,medida desde la parte superior del frente del vehículo, hasta la terminación del manubrio (Figura 7. 69) (ver planos en Anexo Ciclo 4 para detalles). Fabricado en tubular de 7/8", calibre 18, de acero al carbón (consultar [108] para mas detalle).

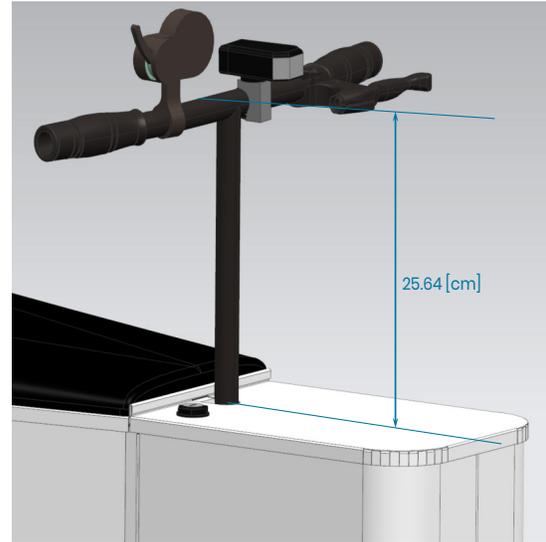


Figura 7. 69 - Manubrio VUMi3.

Además, de los componentes mencionados, también se considerará como parte de este sistema la llanta frontal con el motor incluido, la solera que se une a los soportes del telescopio y a su vez con los perfiles cuadrados utilizados para unir a la estructura.

El "Sistema de eje posterior" está compuesto por la horquilla trasera, la llanta trasera y su eje.

La horquilla, se diseñó con base en la del segundo prototipo. Primeramente, se planteó dividir esta pieza en tres partes para su fabricación: los dos brazos o tirantes y el soporte. Luego, se esbozó el soporte, donde se incrusta el eje de la llanta, como se muestra en la Figura 7.70-a, para fabricar en solera de 1/8", de acero al carbón. Después se diseñaron los tirantes en tubo de 7/8", calibre 18, de acero al carbón, con las medidas para acoplarse a la estructura y como en el caso de la horquilla delantera, quedar lo suficientemente separado, pero dentro de la estructura y considerando que la llanta se pudiera extraer de la horquilla. Las medidas generales tomadas para su manufactura fueron como se ven en la Figura 7.70-b (ver detalles en planos Anexo Ciclo 4).

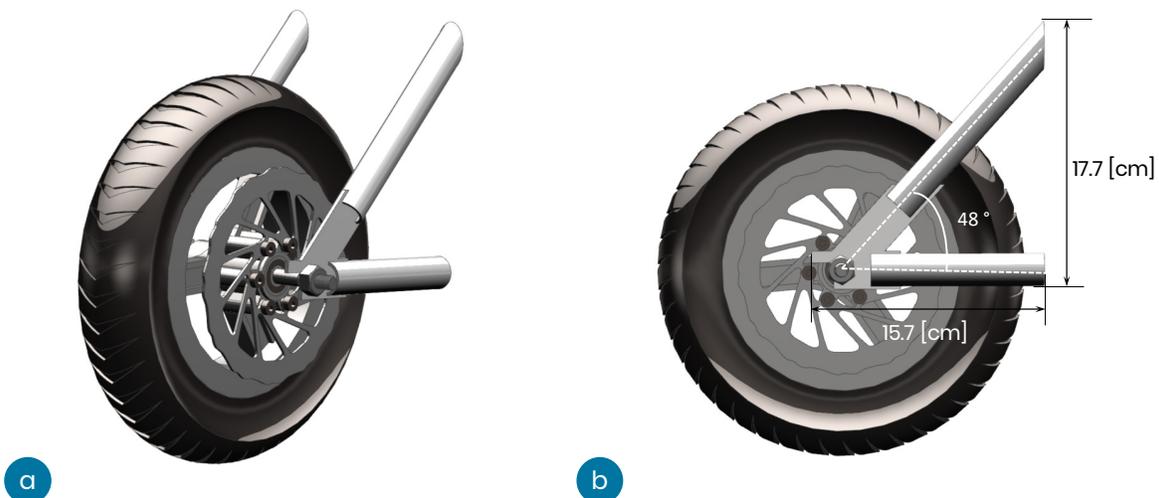


Figura 7. 70 - a) Horquilla trasera VUMi3; b) Medidas horquilla trasera VUMi3.

Finalmente concluidos estos sistema, se analizó el radio de giro crítico del prototipo VUMi3.

Radio de giro. Cuando un vehículo se mueve en una trayectoria curva, a una velocidad muy baja, la aceleración lateral es muy pequeña, por lo que el balanceo del cuerpo y las fuerzas laterales del eje son insignificantes.

Sin embargo, puede haber ángulos de deslizamiento opuestos en los dos extremos de un eje, dando una fuerza neta cero. Este movimiento geométrico no dinámico es el giro cinemático. Por lo tanto, los ángulos de las ruedas son los que surgen geoméricamente, no por la necesidad de producir fuerza lateral.

Descartando, temporalmente el ancho del vehículo, se puede usar un modelo del vehículo, para analizar el radio de giro, como en la Figura 7.71. Al que a veces se le llama modelo de bicicleta, que es correcto en el sentido, de que la bicicleta tiene dos ruedas, pero posiblemente engañoso, porque el vehículo modelo previsto, no tiene balanceo en las curvas como lo hace una bicicleta física común.

El ángulo de dirección medio de baja velocidad δ_K requerido para dar vuelta se llama ángulo de dirección cinemático y se obtiene mediante:

$$\delta_K = \arctan\left(\frac{L}{R_f}\right) \approx \arctan\left(\frac{L}{R}\right) \approx \frac{L}{R} \quad \dots \text{(III)}$$

Este es el ángulo de dirección de la rueda delantera individual en la Figura 7.71. También es el ángulo de dirección medio de las dos ruedas en un eje delantero real. Los estándares SAE llaman a esto el ángulo de Ackermann. De (III) para calcular R , se tiene:

$$R = \frac{L}{\delta_K} \quad \dots \text{(IV)}$$

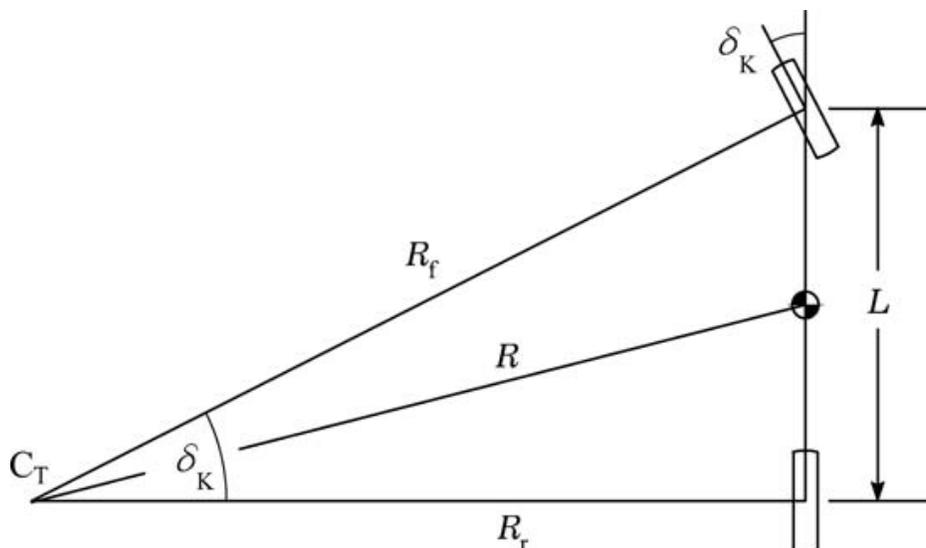


Figura 7. 71 - Modelo de bicicleta para mostrar el giro cinemático.[109].

Los centros de los dos extremos de la esquina del vehículo, son radios diferentes. El radio de giro frontal, como se ve en la Figura 7.71, es R_f :

$$R_f = \frac{L}{\sin \delta_K} \dots (V)$$

Y el radio de giro trasero es R_r :

$$R_r = \frac{L}{\tan \delta_K} \dots (VI)$$

Del prototipo, la distancia entre ejes obtenida fue de 75.23[cm] y el ángulo máximo medido al que puede girar la llanta delantera es 22° (0.3840[rad]) aproximadamente (Figura 7.72). Estos datos en (IV), (V) y (VI):

$$R = \frac{75.23 [cm]}{0.3840 [rad]} = 195.91[cm]$$

$$R_r = \frac{75.23 [cm]}{\tan(22)} = 186.20[cm]$$

$$R_r = \frac{75.23 [cm]}{\sin(22)} = 200.82[cm]$$

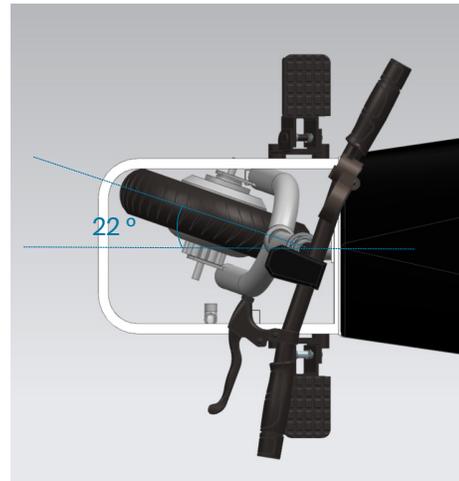


Figura 7.72 - Ángulo δ_K en VUMi3.

De los resultados, se concluye que su radio de giro máximo está dentro del límite de la especificación objetivo, para la clasificación del tipo de vehículo B. Además se realizó el cálculo de los mismos datos en un rango de 5 a 30° para VUMi3 y VUMi2 (Ver tabla de análisis en Anexo Ciclo 4), de la que se observa que entre más se cierre el ángulo, el radio de giro aumenta. Asimismo como si se disminuye la distancia entre ejes el radio de giro es menor.

7.6.4 SISTEMA DE ENVOLVENTE VUMi3

Una vez listos los sistemas estructural, de dirección y el de eje posterior, se planteó el “Sistema de envoltente”, comprendido por la carcasa, tomando el principio del prototipo anterior, para construirla de lámina (Figura 7.73).

Se diseñó y construyó en lámina negra, calibre 22 de acero al carbón. En varias

piezas, tomando en cuenta su ensamble para evitar que se introduzca agua o sean fáciles de desacoplar (Figura 7.74). Su ensamble a la estructura, fue por medio de remaches (ver más detalles en [108]). El sistema, en su totalidad, se encuentra compuesto por todas las láminas que forman la carcasa (ver planos en Anexo Ciclo 4).

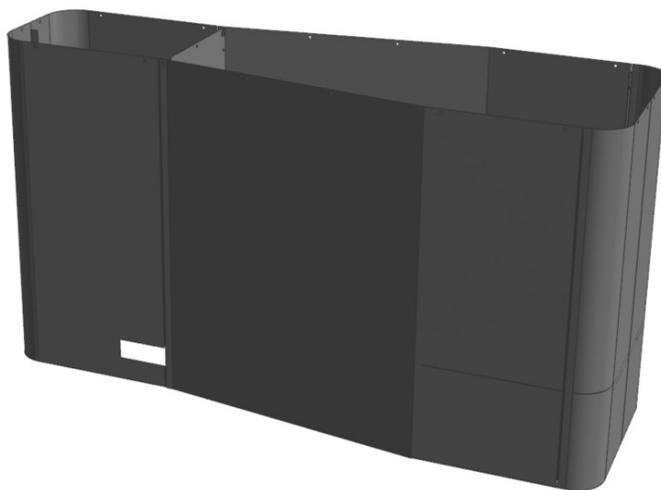


Figura 7.73 - Envoltente VUMi3.

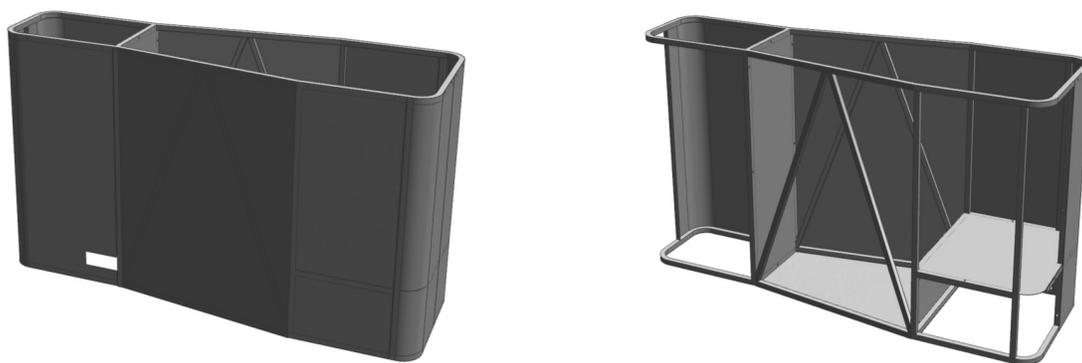


Figura 7.74 - Envoltente acoplado a la estructura VUMi3.

7.6.5 SISTEMA DE ACCESO Y SEGURIDAD VUMi3

El “Sistema de acceso y seguridad” en este prototipo final, se complementó, para quedar formado por la puerta del acceso al compartimiento, el acceso al módulo de energía, caballete y cerraduras de las dos puertas.

Definida la carcasa de lámina, las puertas, también se construyeron de lámina. A la puerta del compartimiento, se le incorporaron estructuras omega para darle rigidez, debido a que, sobre ella iría sentado el usuario.

A cada acceso, se le instaló una cerradura, por seguridad de los paquetes y lo eléctrico-electrónico, contenido en el vehículo. Como parte final se implementó un caballete de motoneta modificado, para mantener el vehículo parado, mientras está en un estado estático, resolviendo una de las problemáticas mencionadas en el primer prototipo (Figura 7.75) (ver detalles en [110] y [111]).

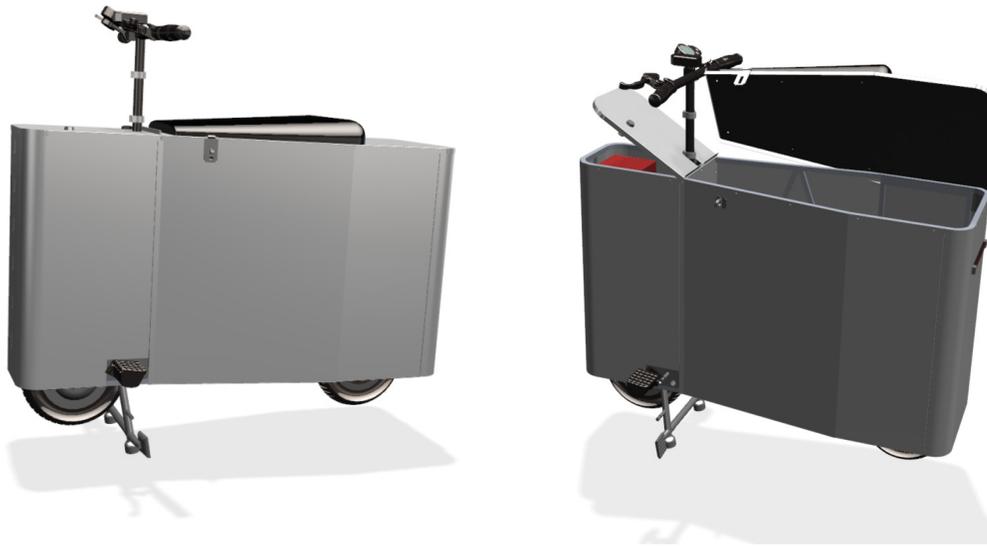


Figura 7.75 - Sistema de acceso y seguridad VUMi3.

7.6.6 SISTEMA ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO VUMi3

Este sistema, se integró por la batería, el controlador, el motor, el acelerador con pantalla y los nuevos elementos implementados que son: una luz trasera roja, una luz delantera blanca, una llave switch, un GPS y su respectivo cableado.

Las luces fueron añadidas por la normatividad para transitar por la ciclovía. La llave switch para encendido del vehículo. El sistema GPS, para la seguridad del vehículo, que monitorea en tiempo real su ubicación. Asimismo a la batería se le fabricó una carcasa y una estructura para soportarla unida a la armadura del vehículo. Se acopló también, una platina donde se colocaron el controlador y GPS (Figura 7.76) (ver detalles en [111]).

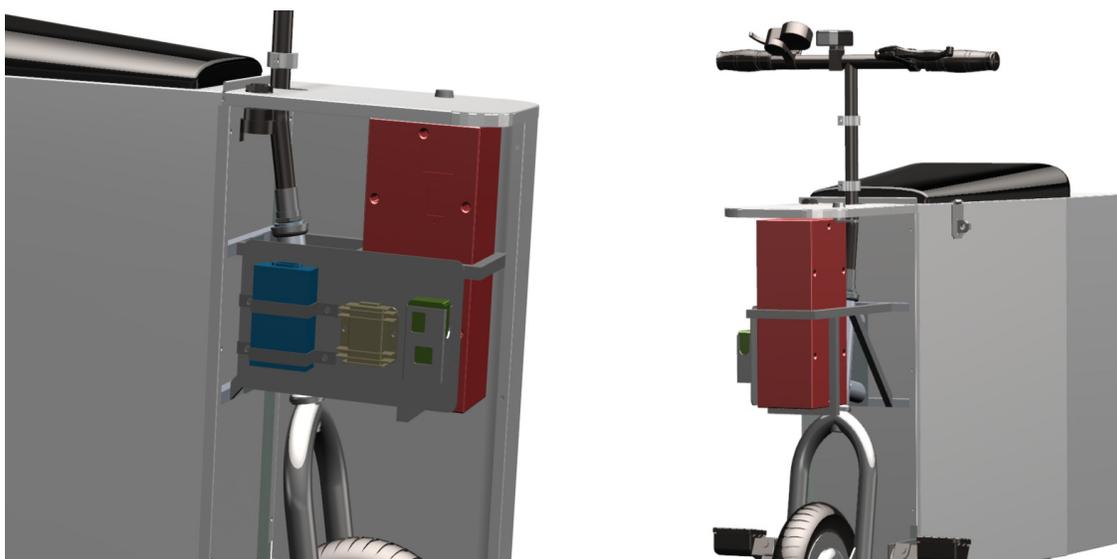


Figura 7.76 – Sistema eléctrico-electrónico VUMi3.

7.6.7 SISTEMA DE SOPORTE PARA EL USUARIO VUMi3

Para el “Sistema de soporte al usuario” se implementaron reposapiés idénticos al segundo prototipo, anclados a una placa como se muestra en la Figura 7.77. Y un asiento de espuma, forrado de vinil, que cambió de geometría, por el cambio de forma del vehículo y con la finalidad de dar mayor comodidad al usuario (ver planos en Anexo Ciclo 4) (Figura 7.77).



Figura 7.77 – Sistema de soporte para el usuario VUMi3.

7.6.8 SISTEMA DE FRENADO VUMi3

Finalmente, el “Sistema de frenado”, se compuso por la palanca de freno, el chicote, el caliper y el soporte de este último.

El caliper se acopló a uno de los tirantes de la horquilla trasera, por medio de un ángulo y un perfil; colocando el disco entre las pastillas del caliper, en forma simétrica. El disco se debía ubicar justo en medio de las pastillas del caliper, para lograr un buen desempeño en el frenado (Figura 7.78) (ver planos en Anexo Ciclo 4 para detalles).

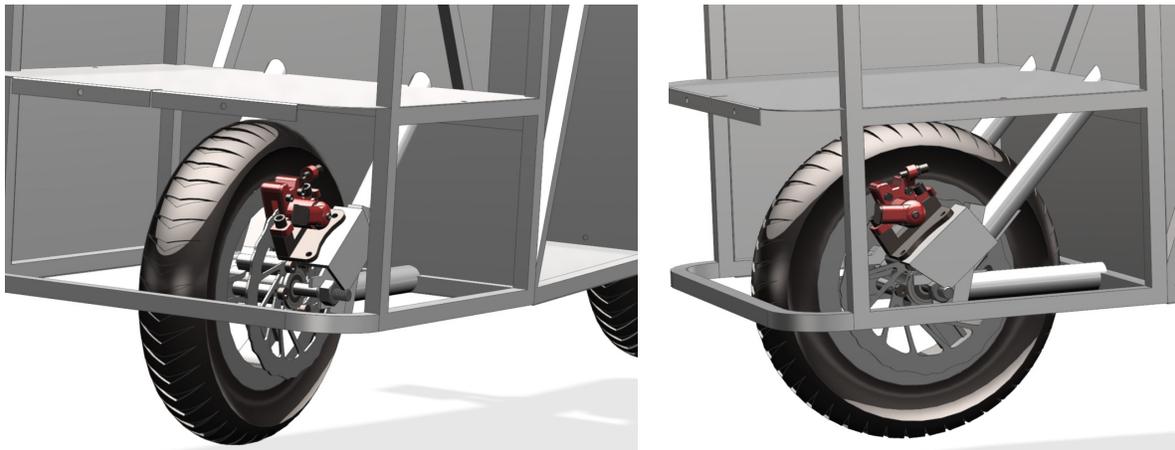


Figura 7.78 - Sistema de frenado VUMi3.

7.6.9 MANUFACTURA VUMi3

La manufactura del tercer prototipo, se realizó en tres etapas y diferentes lugares.

La primer etapa consistió en la fabricación de la estructura, que se hizo por terceros en un taller, de acuerdo al diseño realizado (Figura 7.79).

La segunda etapa se basó en la construcción de la dirección y la horquilla trasera, cortado de láminas para la carcasa y realización de puerta de acceso al compartimento, todo en el Laboratorio de Laminados en el Centro de Investigaciones de Diseño Industrial (CIDI), de acuerdo también a lo diseñado, anteriormente. Además de el asiento que se manufacturó por terceros en un local de tapizados (Figura 7.80).

Por el confinamiento debido al COVID, se suspendió la manufactura y se retomó en la tercera etapa, en un taller externo, donde finalmente se concluyó. En la tercer etapa, se construyó la estructura de la batería, así como la platina, se doblaron las láminas para dar la forma del vehículo. Las láminas se colocaron en la estructura, por medio de remaches (Figura 7.81).



Figura 7. 79 - Manufactura de estructura VUMi3.



Figura 7. 80 - Manufactura de dirección, horquilla trasera y frenado VUMi3.

Como ya se mencionó, a la puerta del compartimiento se le agregaron más estructuras omega para hacerla más rígida. Se realizaron modificaciones en la apertura de esta puerta, en lugar de abrirla hacia un lado, se cambió, que se realizara hacia la parte trasera, ya que la bisagra no se pudo acoplar. Además de agregar un sistema de pistón para mantenerla abierta.

La puerta del acceso a lo eléctrico-electrónico, se dividió en dos por la instalación de *switch*, a pesar de ello, su orientación de apertura si permaneció como se planteó. Se le instalaron las cerraduras a las puertas, la cerradura del compartimiento se cambio para una de candado a como inicialmente se habían pensado ambas de llave, por cuestiones de dimensiones (Figura 7.82).



Figura 7. 81 - Manufactura de carcasa, estructura de batería y platina VUMi3.



Figura 7. 82 - Manufactura de accesos y cerraduras VUMi3.

Una vez manufacturado todo el prototipo, se pintó de color blanco acero, con pintura electrostática texturizada, en el mismo taller.

Finalmente, después de la pintura, se le ensambló la electrónica y el asiento. El resultado final del prototipo, es como se ve en la Figura 7.83.



Figura 7. 83 -Prototipo VUMi3.

7.6.10 ESPECIFICACIONES FINALES VUMi3

Las especificaciones finales de VUMi3 quedan como se muestran en la Tabla 7.5, que se basan en las objetivo y otras agregadas, por lo encontrado en el desarrollo y pruebas del vehículo desde el segundo prototipo. Especificaciones como las dimensiones, volumen de carga, masa del vehículo, distancia entre ejes y radio de giro aumentaron, con respecto de VUMi2, ya que el concepto así lo ameritó.

No.	No. de requerimiento	Métrica	Intervalo	Unidades
1	1, 7, 11, 17, 18	Costo	≤ 30,000	MXN
2	2	Volumen de carga	0.103	m ³
3	5	Capacidad máxima	1	persona
4	6, 18	Velocidad máxima	25	km/ h
5	5, 8, 18	Carga máxima de usuario	100	kg
6	8, 18	Carga de paquetes	35	kg
10	18, 20	Masa de vehículo	37	kg
6	7, 9, 18	Autonomía	10	km
7	3, 11, 21	Dimensiones máximas	106.3 x 35 x 95.84	cm
8	7, 12	Diámetro de llanta	10	in
9	7, 18	Potencia de motor	500	W
10	7, 18	Inclinación	8	°
11	3, 11, 21	Distancia entre ejes	75.23	cm
12	3, 11, 21	Radio de giro crítico	186.20	cm

Tabla 7. 5 -Especificaciones finales VUMi3.

7.6.11 PRUEBAS PRELIMINARES VUMi3

Las pruebas preliminares, realizadas para este prototipo fueron solo de conducción, en una ciclovía, por topes y baches. Además de verificación de componentes, todo por parte del equipo de diseño. De las pruebas se obtuvieron las siguientes observaciones:

- El vehículo se desempeña bien en el terreno de la ciclovía.
- Al pasar un bache el eje de la llanta trasera, se salió del soporte de la horquilla trasera por lo que se tiene que cambiar la geometría.
- La palanca del caballete se debe de adaptar, porque se encuentra muy afuera. Además de considerar cambiarlo a la parte trasera.
- La llanta delantera choca con la estructura frontal, por lo que es necesario modificar las medias aumentando unos milímetros de holgura.
- El caliper después de un tiempo de uso se afloja, por lo que es necesario ajustarlo a cada instante.
- Se deben aumentar las dimensiones de la puerta del compartimiento por que se atora al cerrar.
- Se debe mejorar el sistema para mantener la puerta del compartimiento abierta.
- Se tiene que evaluar el desempeño de la cerradura de la puerta del compartimiento, en cuanto a comodidad para el usuario.
- Se debe aplicar un material entre los remaches y las láminas para reducir vibraciones.
- Implementar un sistema para evitar el robo, además del GPS. (Figura 7.84)

Con estas pruebas y observaciones, se terminó el trabajo desarrollado, satisfaciéndose el reto final, planteado al inicio del ciclo con el objetivo de diseñar un Vehículo de Última Milla (VUM) eléctrico para hacer más eficiente la entrega de paquetes en zonas de corporativos, mediante el desarrollo de tres prototipos de función crítica y las pruebas de éstos con usuarios.



Figura 7. 84 -Pruebas preliminares VUMi3.

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES

8.1 CONCLUSIONES DEL PROYECTO

Finalmente, después del trabajo previo y cuatro iteraciones para desarrollar un vehículo de movilidad Personal (VMP) eléctrico, aplicado en la entrega de paquetería, se concluyó el proyecto con el primer prototipo del concepto final del producto y sus planos respectivos. En espera de la realización de pruebas con el usuario, para su validación.

Al finalizar este proyecto de tesis, se ha determinado que el desarrollo del vehículo, aún requiere de algunas iteraciones, para refinarlo y converger a un diseño final apropiado del producto.

Del resultado obtenido, en el presente trabajo, se concluye haber logrado satisfacer el objetivo y los alcances planteados al principio. Además de considerarlo una valiosa aportación en la línea de investigación, desarrollada en el tema de movilidad por el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT); tomándose como base de futuras investigaciones, configuraciones y aplicaciones en diferentes mercados.

Para el diseño del Vehículo de Última Milla (VUM), se empleó plenamente la metodología de Diseño Centrado en el Usuario (DCU), que ayudó a seguir un orden y camino, para converger en el diseño final, sin la necesidad de ser tan estructurada y rígida; permitiéndole al equipo aportar opiniones, ideas y tomar decisiones fundamentadas a lo largo del progreso. El desarrollo se cimentó en aspectos tecnológicos, normativos, de tendencia social, comercial y poblacional, que ayudaron al análisis y proceso de diseño.

La evolución del proyecto, en sus diferentes etapas, está basado completamente en el estudio de las necesidades de los usuarios: Choferes y repartidores. Las necesidades halladas fueron referentes a su comodidad, a los paquetes y al vehículo, relacionadas entre sí, buscándose resolver las de mayor importancia en el diseño del vehículo y la experiencia.

La propuesta final, que lleva por nombre VUMi3, consiste en el diseño de un vehículo, personal y eléctrico, enfocando a la entrega de paquetería en zonas corporativas de la Ciudad de México. Escenario final identificado, donde prevalecen la mayoría de las problemáticas en la última milla logística, como lo son principalmente los tiempos de entrega y costos de envío, de los que se promueve su reducción. Además de ser considerada como la sede donde se realizan la mayor cantidad de entregas por el alto porcentaje de comercio electrónico presente en la zona.

El diseño del vehículo tiene como finalidad, hacer más eficiente la entrega de paquetes en zonas de difícil acceso. Resolviendo problemas actuales como: la inexistencia de lugares cercanos en donde estacionar la camioneta de reparto, calles estrechas, manifestaciones, tianguis, el tráfico y el circular solo por carriles

para vehículos motorizados, se implementa mediante un sistema logístico de entrega, denominado experiencia de uso, tipo enjambre.

La experiencia de uso de VUMi3 diseñada, proyecta una mejor distribución de personal, aprovechamiento del espacio de la camioneta, del tiempo y los recursos disponibles. Planteando a su vez, la disminución de combustibles fósiles y la implementación de energía eléctrica, que provoca un impacto ambiental, disminuye el gasto de combustible y tramites administrativos (tenencias, verificaciones). Además de permitirle a los repartidores, circular por espacios donde no tiene acceso la camioneta, cumpliendo con su objetivo principal de hacer en menor tiempo las entregas y en consecuencia la disminución de los costos de envío, generados a la empresa.

A lo largo del proyecto, se pusieron en evidencia los retos a los que se enfrenta la industria de la entrega de paquetería en el ámbito de la movilidad. Desafíos causados por la sobrepoblación en ciertas zonas, los congestionamientos por el incremento en el uso de automóviles, así como el principal que es la demanda en el servicio de entrega por el incremento del comercio electrónico, debido a la era digital que se está viviendo. Además de la actual pandemia de COVID-19, que impulsó el incremento del e-commerce o comercio electrónico, aumentando de manera proporcional la demanda en el servicio de entrega, lo que ha revolucionado aún más este mercado obligándolo a implementar otras medidas para satisfacer las nuevas demandas y necesidades, para las que se debe contemplar y estudiar su comportamiento.

La investigación presente, fue realizada con el apoyo de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) a través de sus programas UNAM – PAPIIT IT 101718 y UNAM – PAPIIT IT 103320. Además de la beca nacional otorgada por CONACyT para estudiar la maestría.

De este trabajo, se presentó un artículo en el XXVI Congreso Internacional Anual SOMIM (Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica) nombrado “Diseño de un vehículo eléctrico de última milla para la entrega de paquetería” y que se encuentra publicado en las memorias del congreso [112].

Adicionalmente, está en proceso de registro de propiedad industrial el diseño de VUMi3, como modelo de utilidad ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial, IMPI.

8.2 TRABAJO A FUTURO

En el desarrollo de este proyecto con el tiempo se han validado algunas partes del concepto del vehículo y la experiencia. Sin embargo, falta corroborar algunas otras, por lo que como trabajo a futuro se propone:

- Realizar modificaciones temporales para realizar pruebas con usuario.
- Realizar pruebas con el usuario de conducción en escenario propuesto, llenado del vehículo con paquetes, ascenso y descenso del usuario del vehículo, subir y bajar el vehículo de la camioneta.
- Evaluación de aspectos ergonómicos.
- Realizar un análisis por elemento finito (FEM), en estado estático y dinámico (prueba de impacto), para su rediseño y optimización, en materiales y geometrías, con la finalidad de disminuir su peso, costos y procesos de manufactura, asegurando a la vez su resistencia a las sollicitaciones planteadas para el vehículo.
- Realizar un análisis de fatiga al conjunto horquilla delantera-estructura-horquilla trasera para determinar su resistencia ante cargas cíclicas.
- Redimensionar la parte frontal de la estructura y por ende la carcasa, por el choque de la llanta.
- Verificar el hermetismo de la envolvente (carcasa).
- Disminuir o eliminar el número de remaches, buscando nuevas formas de acoplamiento a la estructura.
- Colocar algún tipo de material que ayude a disminuir las vibraciones entre estructura-remaches-envolvente.
- Modificar el caballete y evaluar su posicionamiento en pruebas con usuario.
- Rediseñar el soporte del caliper.
- Implementar otro caliper, porque presenta problemas en su ajuste.
- Considerar diseñar la horquilla delantera, de acuerdo a las dimensiones de la llanta, para ahorrar espacio, todo dependiendo de los resultados en las pruebas con el usuario y de acuerdo al análisis de fatiga.
- Calcular la potencia del motor para terrenos con pendientes, ya que a pesar de haber sometido el adquirido a ellas, el cálculo se hizo para condiciones de aceleración cero, velocidad constante y movimiento longitudinal horizontal.
- Para el producto final es indispensable limitar la velocidad del motor a 25 [km/h] por la normativa (configuración de controlador).
- Evaluar la posibilidad de aumentar la autonomía mediante el uso de una

batería con mayor capacidad o un banco de baterías o implementar un freno regenerativo.

- Verificar la ergonomía del diseño total del vehículo y refinar el diseño.
- Rediseñar el sistema de la puerta del compartimiento para mantenerla abierta.
- Plantear un sistema antirrobo para cuando el vehículo se encuentra solo fuera del edificio, tomando como referencia [108].

8.3 CONCLUSIONES PERSONALES Y APRENDIZAJES

El haber aportado a la gran línea de investigación que se lleva en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT) con referencia a la movilidad en vehículos, es de gran satisfacción para mí.

Los resultados obtenidos, me complacen totalmente, porque representan el largo camino que tuve que recorrer junto a mi equipo, para resolver una problemática real, con usuarios tangibles en su entorno y que puede llegar a generar cambios tan impactantes en nuestro entorno, que a este punto no podemos contemplar con precisión.

Me queda claro que el vínculo entre universidades y empresas, promueve el desarrollo de proyectos e incentiva al estudiante a enfrentarse a situaciones reales, para desarrollar su talento tanto profesional, como personal.

El uso de la metodología de Diseño Centrado en el Usuario, me parece maravillosa, me ha permitido desarrollar un sentido más crítico sobre el diseño de las cosas a mi alrededor, creándome una capacidad de pensar creativamente en soluciones con un panorama de innovación íntegro.

A través de esta experiencia, de la que no solo pude poner en práctica mis conocimientos que he adquirido a lo largo de mis estudios profesionales, he podido también incluir mi opinión y experiencias aportando en todo momento para el progreso en las tomas de decisiones. Además he mejorado mis habilidades para llevar un proyecto y trabajar en equipo, con integrantes de diferentes afinidades y que dejaron al final, en mí una muy grata experiencia y vivencias que siempre tendré presentes.

Y finalmente la oportunidad de tener ese soporte por parte de los profesores, que nos guiaron y apoyaron para impulsarnos; sobre todo en tiempos donde perdíamos la dirección sobre el proyecto y nos ayudaban a retomarla para seguir avanzando para lograrlo, sin derrotarnos en el intento. Siempre tendré presentes sus grandes ganas de seguir aprendiendo, pero sobre todo la gran admiración a su perseverancia, en cada aspecto de su vida.

REFERENCIAS

- [1] Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, Secretaría de Gobernación y Secretaría General del Consejo Nacional de Población. (2018). Sistema Urbano Nacional 2018. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/400771/SUN_2018.pdf
- [2] M. (2020, 18 noviembre). ¿Cuáles son los Estados más Poblados de México? Lánzate y Viaja. <https://lanzateyviaja.com/mexico/estados-mas-poblados>
- [3] Demographia World Urban Areas. (2020, junio). Demographia World Urban Areas (Built Up Urban Areas or World Agglomerations) 16th ANNUAL EDITION (N.o 16). Demographia. <http://demographia.com/db-worldua.pdf>
- [4] Movilidad urbana sustentable. (2018). HACIA UNA ESTRATEGIA NACIONAL INTEGRAL DE MOVILIDAD URBANA. ITDP. http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Movilidad-Urbana-Sustentable-MUS_.pdf
- [5] Litman, T. & Victoria Transport Policy Institute. (2012, noviembre). Gestión de la movilidad para México. Beneficios para su desarrollo económico. ITDP. <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Gestion-de-la-movilidad-Todd-Litman.pdf>
- [6] I. (2019). Scorecard City - INRIX. Inrix. <https://inrix.com/scorecard-city/?city=Mexico%20City&index=3>
- [7] Tráfico CDMX. (2016). [Fotografía]. <https://i2.wp.com/lopezdoriga.com/wp-content/uploads/2016/03/trafico-cdmx.jpg?resize=730%2C491&ssl=1>
- [8] Movilidad en la Ciudad de México. (2019). [Fotografía]. <https://inmobiliare.com/proyectos-de-movilidad-y-transporte-en-la-cdmx/>
- [9] Urban Dictionary: Last mile. (2004). Urban Dictionary. <https://www.urbandictionary.com/define.php?term=Last%20mile>
- [10] Subdirección General de Gestión de la Movilidad. (2016). Normativa-legislación de Vehículos de Movilidad Personal. Dirección General del Tráfico (DGT). http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/normativa-legislacion/otras-normas/modificaciones/2016/Instr_16_V_124_Vehiculos_Movilidad_Personal.pdf
- [11] Gobierno de la Ciudad de México. (2019, marzo). Gaceta Oficial de la Ciudad de México (N.o 58). Órgano de Difusión del Gobierno de la Ciudad de México. https://data.consejeria.cdmx.gob.mx/portal_old/uploads/gacetas/cb5bd8fb286f1cab199c05fef8bb5e1d.pdf
- [12] Castillo, M. G. (2018, 29 junio). Todo sobre los nuevos vehículos de movilidad personal: qué son y su normativa. Autopista. <https://www.autopista.es/noticias-motor/todo-sobre-los-nuevos-vehiculos-de-movilidad-personal-que-son-y->

su-normativa_150857_102.html

[13] Adjuntament de Barcelona. (2017). Regulating personal mobility vehicles and cycles with more than two wheels in Barcelona. https://www.barcelona.cat/mobilitat/sites/default/files/documents/fulleto_mobilitat_personal_eng_web.pdf

[14] Design Thinking en Español. (2018). Design Thinking en Español. Copyright (c) 2012, Design Thinking en Español. <https://www.designthinking.es/inicio/>

[15] Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2013). Diseño y desarrollo de productos (Quinta ed.). MCGRAW HILL EDUCATION.

[16] 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 Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica, Cd. Obregón, México, Septiembre.

[17] García Esteban, Luis Bernardo, Vivia Jiménez, Juan Diego (2018) “Diseño de Vehículo Eléctrico Plegable”, Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería, UNAM.

[18] 11 TYPES OF ELECTRIC PERSONAL TRANSPORTATION VEHICLES: A COMPARISON. (2019). Hobbr. <https://www.hobbr.com/types-of-electric-personal-transport-devices/>

[19] Re!-Corre. (2018). Re!-Corre. <https://www.recorre.mx/>

[20] Alcalde, J.C. (2020, 23 julio). Comercio electrónico (ecommerce). Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/comercio-electronico-ecommerce.html>

[21] Deloitte. (2019). Comercio Electrónico. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/consumer-business/2019/Comercio-Electronico.pdf>

[22] Reporte de Industria: El e-commerce en México 2018/2019. (2018). BlackSip. http://www.todoecommerce.com/uploads/2/4/4/6/2446682/ebook_reporte_de_industria_mx_2018_mexico.pdf

[23] Statista. (2020, 8 septiembre). Latin America: e-commerce sales 2019-2023, by country. <https://www.statista.com/statistics/804022/latin-america-e-commerce-sales/>

[24] Annual retail e-commerce sales growth in Brazil from 2017 to 2022, Statista.

[25] Statista. (2020, 8 septiembre). América Latina: usuarios de internet por país 2020. <https://es.statista.com/estadisticas/1073677/usuarios-internet-pais-america-latina/>

[26] INEGI, IFT. (2020, 17 febrero). EN MÉXICO HAY 80.6 MILLONES DE USUARIOS DE

INTERNET Y 86.5 MILLONES DE USUARIOS DE TELÉFONOS CELULARES: ENDUTIH 2019 [Comunicado de prensa]. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/OtrTemEcon/ENDUTIH_2019.pdf

[27] Asociación Mexicana de Venta Online (AMVO) . (2020, 4 julio). Estudio sobre Venta Online en México – 2020 | AMVO. AMVO - Asociación Mexicana de Venta Online. <https://www.amvo.org.mx/estudios/estudio-sobre-venta-online-en-mexico-2020/>

[28] 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 . <https://marketing4ecommerce.net/la-historia-dhl-gigante-global-la-paqueteria/>

[29] Gómez, J. M. F. (2020, 1 febrero). La gestión de la última milla logística empieza en el almacén. Advanced Fleet. <https://advancedfleetmanagementconsulting.com/blog/2020/02/01/la-gestion-de-la-ultima-milla-logistica-empieza-en-el-almacen/>

[30] Volkswagen. (2020). [Fotografía]. <https://www.vwcomerciales.com.mx/es.html>

[31] Peugeot Partner Furgón. (2020). [Fotografía]. <https://www.conduciendo.com/renew-kangoo-express-vs-peugeot-partner-furgon/>

[32] Motocicleta. (2012). [Fotografía]. <https://www.miraplastek.com.mx/wp/wp-content/uploads/2012/11/foto-caja-para-moto-300x215.jpg>

[33] Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2013). Diseño y desarrollo de productos (Quinta ed.). MCGRAW HILL EDUCATION.

[34] «Drone Amazon Prime Air» [. (2019). [Fotografía]. <https://blog.aboutamazon.com/transportation/a-drone-program-taking-flight>

[35] Katherine Carrillo Herrera. (2017). Bici-Distribución urbana de mercancías. 25/03/2019, de Zona logística . <https://www.zonalogistica.com/bici-distribucion-urbana-de-mercancias/>

[36] Ebenizer Pinedo. (2019). Amazon ha creado Scout, su robot repartidor. 20/03/2019, de Hipertextual. <https://hipertextual.com/2019/01/amazon-scout-robot-repartidor>

[37] New FedEx Delivery Robot. (2019). [Fotografía]. <https://thespoon.tech/new-fedex-delivery-robot-will-deliver-packages-food-and-even-hot-pizza/>

[38] Estafeta «Envios Verdes». (2018). [Fotografía]. <http://noti-bicimotos.blogspot.com/2018/06/inicia-estafeta-envios-verdes.html>

[39] Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2013). Diseño y desarrollo de productos (Quinta ed.). MCGRAW HILL EDUCATION.

- [40] Cooper, A. *The Inmates Are Running the Asylum*. Indianapolis, Indiana: SAMS, Division of MacMillan Computer Publishing, 1999.
- [41] 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.
- [42] Stickdorn, M., Schneider, J., Andrews, K., & Lawrence, A. (2011). *This is service design thinking: Basics, tools, cases*. Hoboken, NJ: Wiley
- [43] Rosson, M. B. (2002). *Scenario-Based Design*. En J. M. Carroll (Ed.), *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals* (pp. 1032-1050). Lawrence Erlbaum Associates.
- [44] Calculadora Amazon FBA España | Logística de Amazon. (2019). Amazon. <https://services.amazon.es/servicios/logistica-de-amazon/precios.html>
- [45] DOF - Diario Oficial de la Federación. (2018). Secretaría de Gobernación. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5544579&fecha=23/11/2018
- [46] Colliers International. (2020). Ciudad de México Overview del Mercado de Oficinas IT 2020.
- [47] Expansión. (2018, 18 enero). La carrera por ser el mercado de oficinas más grande de la CDMX. <https://expansion.mx/empresas/2018/01/18/la-carrera-por-ser-el-mercado-de-oficinas-mas-grande-de-la-cdmx>
- [48] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). Encuesta Intercensal.
- [49] Mapa de servicios para implementar la movilidad en la CDMX. (2019). [Ilustración]. <https://mapamexicodf360.com.mx/carte/pdf/es/plano-estaciones-ecobici.pdf>
- [50]]«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,» 2019. https://data.consejeria.cdmx.gob.mx/portal_old/uploads/gacetas/8c8a38fc7cbd244378fd81d117fd1f03.pdfhttps://data.consejeria.cdmx.gob.mx/portal_old/uploads/gacetas/cb5bd8fb286f1cab199c05fef8bb5e1d.pdf
- [51] Guía para el ciclista en la CDMX. (2017). Issuu. https://issuu.com/leticiasalasrelacionespublicas/docs/guia_ciclista_cdmx
- [52] Ninebot One S1. (2020) [Fotografía]. Segway. <https://www.segway.com/ninebot-one-s1/>

- [53] RYNO Micro-Cycle. (2018). [Fotografía]. <http://rynomotors.com/>
- [54] U3-X. (2009). [Fotografía] . Honda Global. <https://global.honda/innovation/robotics/robot-development-history.html>
- [55] Onewheel. (2019). [Fotografía]. Onewheel. <https://onewheel.com/>
- [56] Monowheel ride. (2018, 18 junio). [Fotografía]. Motorbike Magazine. <https://www.motorbikemag.es/video-como-fabricar-un-monociclo-a-motor/>
- [57] Monociclo eléctrico Gorila 500W. (2019, 10 septiembre). [Fotografía]. Green Front. <https://monociclos-electricos.com/tienda-vehiculos-electricos/monociclo-electrico-gorila-500w/>
- [58] Segway Drift W1. (2019). [Fotografía]. Segway-Ninebot. <https://es-es.segway.com/products/driftw1>
- [59] Hoverboard Patines Xtion Sport Hoversh. (2019). [Fotografía]. <https://www.claroshop.com/producto/899856/hoverboard-patines-electricos-con-bocina-bluetooth-xtion-sport-hovershoes-scooter>
- [60] Loomo. (2019). [Fotografía]. Segway. <https://store.segway.com/segway-loomo-mini-transporter-robot-sidekick>
- [61] Scooter Eléctrico Xiaomi Mi Electric. (2019). [Fotografía]. Xiaomi Mi Electric. <https://www.mi.com/mx/mi-electric-scooter>
- [62] YIKEBIKE – MODEL C. (2015). [Fotografía]. YikeBike. <http://www.yikebike.com/product/yikebike-model-c/>
- [63] Brenck, G. (2012, 17 enero). Scooter backpack. [Fotografía]. Designboom | architecture & design magazine. <https://www.designboom.com/design/scooter-backpack-by-gustavo-brenck/>
- [64] AIRA. (2019). [Fotografía]. <https://www.behance.net/gallery/77064617/AIRA-A-Sustainable-Delivery-Scooter>
- [65] Nast, C. (2020, 27 julio). Urban Arrow's Cargo Bike. [Fotografía]. Wired. <https://www.wired.com/review/urban-arrow-family/>
- [66] Ranby, J. (2019). Stretch – Electric Family & Cargo Bike. [Fotografía]. Pedego Europe. <https://www.pedego-europe.com/products/stretch>
- [67] SURLY BIG DUMMY. (2019, 9 noviembre). [Fotografía]. Velo Culture. <https://veloculture.pt/produto/surly-big-dummy/>
- [68] V. (2007, 8 junio). Everglide, bici plegable para trayectos cortos. [Fotografía]. Vitónica. <https://www.vitonica.com/equipamiento/everglide-bici-plegable-para->

trayectos-cortos

[69] Woollaston, V. (2014, 10 abril). The suitcase that doubles up as an electric scooter. [Fotografía]. Mail Online. <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2601607/The-6-000-suitcase-doubles-electric-scooter-Battery-powered-vehicle-covers-mile-five-minutes.html>

[70] Topmate. (2019, 5 julio). [Fotografía]. TopMate. <https://www.topmate.cc/>

[71] Yaiish, N. (2013). Electric scooter [Fotografía]. Behance. <https://www.behance.net/gallery/8605157/electric-scooter>

[72] Scooter Eléctrico. (2019). [Fotografía]. Grainger México. <https://www.grainger.com.mx/producto/RMB-ELECTRIC-Scooter-El%C3%A9ctrico%2CDistancia-M%C3%A1x-30-mi-/p/49EL96?analytics=searchResults>

[73] Morby, A. (2017, 16 enero). PriestmanGoode's Scooter For Life encourages older people to stay active for longer. Dezeen. <https://www.dezeen.com/2017/01/12/priestmangoodes-scooter-life-older-people-stay-active-design-museum-new-old-exhibition/#/>

[74] Digiorge, R. (2015). Backpack Electric Scooter . [Fotografía]. Behance. <https://www.behance.net/gallery/24060225/Backpack-Electric-Scooter>

[75] Seth, R. (2012, 27 julio). Skippy The Scooty. [Fotografía]. Yanko Design. <https://www.yankodesign.com/2012/07/27/skippy-the-scooty/>

[76] Martí, A. (2018, 21 septiembre). Bicicleta eléctrica de Volkswagen. [Fotografía]. Xataka. <https://www.xataka.com/vehiculos/volkswagen-cargo-e-bike-caracteristicas-ficha-tecnica>

[77] Nihola Low Cargo Bike. (2020, 17 diciembre). [Fotografía]. Practical Cycle. <https://www.practicalcycle.com/product/nihola-low-cargo-bike/>

[78] E-cargo bike XCYC PICKUP. (2019). [Fotografía]. XCYC PICKUP. <https://www.xcyc.de/en/e-cargo-bike-details.html>

[79] Airwheel SE3. (2019). [Fotografía]. Airwheel Official. <https://www.airwheel.net/home/product/se3>

[80] MODOBAG. (2019). [Fotografía]. Modobag. <https://modobag.com/features.html>

[81] Airwheel SE3. (2019). [Fotografía]. Airwheel Official. <https://www.airwheel.net/home/product/se3>

[82] Luggie Classic Scooter. (2020). [Fotografía]. Luggie Scooters. <https://luggie-scooters.com/luggie-classic-scooter/>

- [83] RELYNC RI. (2018). [Fotografía]. Relync. <https://relync.com/>
- [84] ATTO. (2019). [Fotografía]. Atto-Mexico. <http://atto-mexico.com/ATTO>
- [85] Xiaomi 365. (2019). [Fotografía]. XIAOMI. <https://www.mi.com/es/mi-electric-scooter/specs/>
- [86] MERCANE MX60. (2020). [Fotografía]. Mercane-kor. <https://www.mercane.co.kr/copy-of-widewheel-kor>
- [87] EcoReco Electric Scooter. (2020). [Fotografía]. EcoReco Electric Scooter. <https://ecorecoscooter.com/>
- [88] EGRET EIGHT V2 X. (2020). [Fotografía]. Urban Electrics. <https://urban-electrics.com/es/EGRET-EIGHT-V2/95902>
- [89] E300S - Scooters Eléctricos. (2020). [Fotografía]. Razor - México. <https://global.razor.com/mx/products/scooters-electricos/e300s/>
- [90] Scooters, W. (2020). Weped SS Electric Scooter. [Fotografía]. Weped Scooters. <https://wepedscooters.com/products/weped-ss>
- [91] HUFFY. (2020). [Fotografía]. Huffy. <https://www.huffy.com.mx/>
- [92] Scooter Eléctrico Cityfly Fly1. (2020). [Fotografía]. Cityflymexico. <https://cityfly.city/products/scooter-electrico-cityfly-fly1>
- [93] Uline Sobres #5 Económicos Dorados con Burbuja - 10 1/2 x 16" S-22457 - Uline. (2020). Uline. <https://es.uline.mx/Product/Detail/S-22457/Self-Seal-Bubble-Mailers/Uline-Economy-Gold-Bubble-Mailers-5-10-1-2-x-16>
- [94] Straight Rail Frames | Art Morrison Enterprises. (2020). [Fotografía]. MORRISON. <https://artmorrison.com/custom-chassis/frames>
- [95] A. (2020). Unibody vs. Body-on-Frame Construction. [Fotografía]. CARFAX. <https://www.carfax.eu/nl/>
- [96] CHASSIS AND FRAMES. (2015, 5 marzo). [Fotografía]. AerMech. <https://aermech.com/chassis-frames/>
- [97] P. (2019, 13 septiembre). Tipos de marcos para motocicleta. [Fotografía]. Publimotos - Revista de Motos. https://www.publimotos.com/mtips/61-tips_moto/2350-tipos-de-marcos-para-motocicleta
- [98] Hibbeler, R. C. (2004). Mecánica Vectorial para Ingenieros. Estática (10.a ed.). Pearson Educación.
- [99] Beer, F. P., Johnston, E. R., Mazurek, D. F., & Eisenberg, E. R. (2010). Mecánica vectorial para ingenieros: Estática (9.a ed.). Mc Graw Hill.

- [100] R. N. Jazar, *Vehicle Dynamics Theory and Application*, New York, USA: Springer, 2008.
- [101] R. Rajamani, *Vehicle Dynamics and Control*, New York, USA: Springer, 2006
- [102] M. E. López Torres, *Vehículo personal para entregas en la última milla y su sistema estructural*, tesis de maestría, Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, En edición.
- [103] Kit de conversión eBIKE. (2018). AliExpress. <https://es.aliexpress.com/item/32948196212.html?spm=a2g0s.8937460.0.0.3e9d2e0eV8R4uP>
- [104] Batería. (2018). Electropedaleo. <https://www.electropedaleo.com.mx/wp-content/uploads/2018/12/caracter%C3%ADsticas-bater%C3%ADas-sp-2.png>.
- [105] Shop, L. B. (2019, 26 diciembre). Hablemos de horquillas. lpm bmx shop. <https://www.lpmbmxshop.com/post/hablemos-de-horquillas>
- [106] Navarro, P., RUI-WAMBA, J., FERNÁNDEZ CAMPS, A., ALTISENCH, O., GARCÍA BAÑUELOS, C., JULIÀ, J., & RUI-WAMBA MARTIJA, M. A. (2009). LA INGENIERÍA DE LA BICICLETA. Fundación ESTEYCO. https://www.esteyco.com/wp-content/uploads/2017/02/r2010_IngBici.pdf
- [107] A. (2018, 16 julio). Infografía: 20 Bicis para todo tipo de ciclistas ¿Cuál es la tuya? [Fotografía]. Bicimundo. <https://bicimundo.com.mx/2018/07/16/infografia-20-bicis-para-todo-tipo-de-ciclistas-cual-es-la-tuya/>
- [108] G. D. Pérez Velázquez, Tesis de licenciatura en proceso, Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, En edición.
- [109] Dixon, J. C. (2009). *Suspension Geometry and Computation*. Wiley.
- [110] J. J. Morales Vázquez y F. Martínez Agustín, Tesis de licenciatura en proceso, Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, En edición.
- [111] José Carlos Rodríguez Tenorio, Tesis de licenciatura en proceso, Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, En edición.
- [112] Hernández Sánchez, S., López Torres, M. E., Martínez Cortés, I. D., Borja, V., Treviño Arizmendi, A., & Ramírez Reivich, A. C. (2020). "Diseño de un vehículo eléctrico de última milla para la entrega de paquetería". SOMIM. http://somim.org.mx/memorias/memorias2020/articulos/A1_80.pdf

A. ANEXO CICLO A

A.1 TABLA CONTEXTOS DE USO

En este apartado se encuentra la tabla de los diferentes tipos de mercados propuestos, sus usuarios, necesidades y formas de uso, mencionadas en el apartado 2.3.

Mercado tentativo	Usuario	Necesidades	Posición
Fábrica	Personal de servicio	Que no cargue sus cosas, recorra distancias largas en poco tiempo, poco esfuerzo físico para moverlo	De pie, o sentado
Hospital	Sólo doctores	Doctores: Recorra distancias largas en poco tiempo, poco esfuerzo físico para moverlo.	Personal médico: de pie
Plazas comerciales	Discapacitados, vigilancia	Seguridad, comodidad	Pacientes: sentado Personal: de pie
Universidades	Alumnos, académicos, visitantes*, intendencia	Comodidad, llegar rápido a su destino	De pie
Discapacidad	Adultos mayores, discapacitados	Comodidad	Sentados
Parques	Familias, Chapultepec, zoológico,	Entretenimiento, seguridad, comodidad	De pie
Parques de diversiones	Familias, personal, mantenimiento, vigilancia, etc	Seguridad, emergencia, comodidad	De pie/Adultos mayores: sentados
Aeropuerto	Personal, adultos, equipaje, familias	Comodidad, eficiencia	De pie
Ciudad	Familias, inundados*, usuarios del metro,	Inundaciones, tráfico, estacionamiento	De pie
Fitness	Deportistas	Ejercitarse mientras se mueve	De pie/sentado

Tabla A.1 - Mercados de uso propuestos.

A.2 ENTREVISTAS CON POSIBLES USUARIOS

En esta sección se encuentran dos ejemplos de las entrevistas realizadas a posibles usuarios en el Ciclo A..

MOVILIDAD

Buenos tardes, 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: 18

Sexo: F

Estatura: 1.63 m

Nombre: Ocupación: Estudiante.

¿En qué delegación o municipio vives?

Edo México - Ecatepec.

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

5:30
Escuela → Natación → Casa (6pm)
5:30
5:45
Martes a Viernes.

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

Cuadernos	Traje Baño
lapicera	Toalla
Paraguas	Sandales
Botella agua	Shapoz
Libro	Uñas
	Condono

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

Mochila Bolsa de tela & asa

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

Con dos hombros izquierda. derecha

¿Cómo te transportas? (A cada actividad)

Papá transporte.

Cura ciencias a CU. o pumabús a metro Universidad.

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

NO

Figura A.1- Entrevista a posible usuario 1 (parte 1).

MOVILIDAD

¿Cuánto tiempo te toma llegar a cada destino?
 Esc. 1hr10min / Regreso 2hrs.
 Nutación 10min

¿Qué alternativas de movilidad tomas cuando vas tarde a tu destino?
 Taxi - Comiendo - Coche

¿Cuánto dinero gastas en transporte al día?
 \$25 de ida

En general, ¿cuál es tu opinión acerca de la movilidad en tu ciudad?
 Puma, el metro se tarda mucho tiempo en una estación
 justo
 Puma se tarda.

¿Podrías contarme "un día de tu vida"? (¿Qué haces para llegar a tus destinos desde que sales de tu casa?)
 Ida - Casa $\xrightarrow{\text{auto}}$ Facultad
 Regreso - Puma \rightarrow CU \rightarrow metro \rightarrow
 \rightarrow Combi o autobus. 2hrs.

¿Utilizas alguna aplicación móvil para movilidad? ¿Cuál o cuáles?
 Para más comentarios y/o sugerencias nos puedes contactar al correo movilidad.cdmit@gmail.com
 Waze
 No

Figura A.2 - Entrevista a posible usuario 1 (parte 2).

MOVILIDAD



Buenos tardes, 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: 36 Sexo: F Estatura: 1.63

Nombre: Comparación - Profesora Filosofía

¿En qué delegación o municipio vives?
Cuauhtemoc

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

Trabajo Malvarista - Foro Hawach - Trabajo
Comida

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

<u>Claves - machila</u>	<u>laptop</u>	}	<u>Juguetes aro, olus</u>
<u>Paraguas</u>	<u>agua - termo</u>		<u>vestuario</u>
<u>Seter</u>	<u>4 veces comida</u>		<u>Yisolina.</u>
			<u>Agua, termo.</u>

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

Mochila Bolsa
Morales de lado

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

Izquierdo / dos hombros Izquierdo
enfrente

¿Cómo te transportas? (A cada actividad)

Transporte publico
Autro Uber Suburbana
Metrobus

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

Sola, a veces acompañada

Figura A.3 - Entrevista a posible usuario 2 (parte 1).

¿Cuánto tiempo te toma llegar a cada destino?

CU - 40min - 1hr | 1hr o más ~> 2hr
 Tlahuac - 1hr / 30min - 2hr | Regreso =

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

Ecobici → Coche, | sífera Subida - eléctrica
 Estrategia de estaciones. | Flami.co

¿Cuánto dinero gastas en transporte al día?

\$1,000 a la quincena gasolina | \$300 - 500 uber
 \$12 metro | \$20 taxi?
 Pecerio \$6 al metro

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

Metro cuando no funciona bien.
 Educación en el metro.

¿Podrías contarme "un día de tu vida"? (¿Qué haces para llegar a tus destinos 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

Uber - Maps, - Waze - Easy taxi (efectivo)
 Ecobici

Ruta ciclista.
 Alternativas de rutas.

Figura A.4 - Entrevista a posible usuario 2 (parte 2).

A.3 ENTREVISTA CON USUARIO ESCENARIO 3

1. Nombre: Alan Borbolla Vazquez

2. Edad: 25 años

3. Ocupación: Estudiante de posgrado en Ingeniería (maestría)/ Profesor de la Facultad de Química

4. Estatura: 1.70 m ; **Peso:** 68 kg

6. ¿Cuánto tiempo llevas usando la bicicleta eléctrica? 5 meses

7. ¿Qué te motivó a hacer uso de una bicicleta eléctrica?

Porque hacía demasiado tiempo en sus trayectos y llegaba muy cansado. Sudaba mucho y me fatigaba por el esfuerzo.

8. ¿Podrías contarnos un día en tu vida usando la bicicleta eléctrica?

A. Salgo de mi casa en auto

B. Llego a la universidad donde tengo lugar para estacionarme en la Facultad de Química, aunque a veces me estaciono en el circuito cerca del ICAT

C. Saco la bicicleta de mi cajuela y me subo a la bicicleta

D. Me dirijo al lugar que tenga que ir ya sea Facultad de ingeniería (anexo), Facultad de Química, ICAT o Posgrado de Ingeniería

E. Llego al lugar y aseguro mi bicicleta primero reduciéndola al menor tamaño posible y la sujeto regularmente a postes

9. ¿Qué traslados realizas? ¿cuánto tiempo te llevan aproximadamente?

5-10 minutos de cada trayecto / anteriormente caminando 15-20 min., incluso 30 minutos.

10. ¿Cómo son las vialidades por donde transitas?(calles, vías de bicis, circuito)

Uso las ciclopistas en la mayoría de mis trayectos/ en zonas donde no hay uso el circuito y procuro ir a las orillas. La he usado fuera en trayectos cortos.

11. ¿Cómo son los tipos de terreno por los que transitas con ella? Asfalto, Cemento, Pasto.

12. Cuando vas transitando , ¿los demás respetan tu paso o cuál es tu experiencia? A Veces no respetan mi espacio por el hecho de ir lento y algunos si toman su espacio

13. ¿Conoces las señales básicas para poder transitar en una bicicleta por vialidades? No conozco a fondo las señales, sólo las que marcan dirección

14. ¿Tu bici eléctrica cuenta con señalamientos?(luz roja, etc) Stop/ luz delantera blanca/ Luz trasera roja/ no direccionales

15. ¿Qué modelo de bicicleta es? Airwheel

16. ¿Cuáles son sus características? Expectativa batería alcanza 100 km / realidad

rinde 10-15 km ultimas rayas va lento 12 km/hr, velocidad máxima 20 km/h, tamaño de rueda 14", Peso 20 kg.

17. ¿Cómo la elegiste? Con la idea de gastar lo menos, obteniendo lo mejor. Checando diferentes marcas, la Brompton era mi ideal pero estaban demasiadas caras. Que tuviera luces. Cupiera en la cajuela. Menor costo vs menor peso.

18. ¿Por qué elegiste esa en particular? Tamaño y precio.

19. ¿Por qué me recomendarías que la usara? es plegable y es barata dentro de los costos en el mercado.

20. ¿Qué es lo que te agrada de usarla? Que cumple con la velocidad (tiene buen torque).

21. ¿Qué tan seguro te sientes al usarla? Al principio se siente inestable por las llantas bajas. Se tiene que dominar para crear estabilidad. De bajada alcanza una velocidad de 25 km/hr. En las curvas se deben de tomar con cuidado. *No me importa la velocidad, es mejor la seguridad. *Diámetro de llantas no es importante, la seguridad si y que quepa en mi cajuela.

22. ¿Es cómoda? ¿porque la consideras que lo es? Si, porque mis trayectos no son tan largos (Anexo Ingeniería, AAPAUNAM). El asiento es cómodo y la altura del manubrio es buena, no te encuentras tan agachado. En baches se siente el golpeteo, pero me levanto para reducirlo.

23. ¿Es divertido? ¿Por qué? Si, aunque no fue mi principal objetivo ya que disfruto de mis paseos. Además de no agotarme.

24. ¿Cómo se usa? (rutina de uso)

25. ¿Cuando la usas qué otras cosas llevas? (mochila, portafolio,..)

Lonchera, Mochila, Candados (candado y cadena), guantes (por los callos que como son trayectos pequeños no le han generado alguno) , casco.

26. Si es mochila (bolsa) ¿Que llevas dentro? Laptop, tablet, 1 o 2 libretas , cables (usb, cargador de computadora, ...), calculadora , Lápiz, pluma, goma, cartera. Carga la mochila en la espalda, para viajes de más de 30 km si me molesta, pero para mis trayectos actuales no es molesto.

27. ¿Qué tipo de vestimenta has usado, cuando montas la bicicleta? Pantalón, camisa chamarra/ nunca traje. Cuando uso ropa clara trato de tener cuidado en no mancharme y voy más lento.

28. ¿Cuál es la principal o principales diferencias entre usar una bicicleta normal y una eléctrica? La asistencia es de gran ayuda en pendientes para no llegar cansado o sudado a mi destino.

29. ¿Te importa mucho el hecho de sudar, cuando haces uso de una bicicleta? Si, por presentación no me gusta llegar sudado.

30. ¿Te gusta ir sentado? ¿Qué piensas de ir parado? No me importaría ir parado por la distancia y tiempo que me tardo. Pensó en comprar un scooter por el

tamaño.

31. ¿Has usado alguna vez un scooter? ¿Cómo fue tu experiencia? Eléctrico no, pero en el que me subí; sentía las irregularidades del terreno.

32. ¿Qué le mejorarías o te gustaría que tuvieran estos tipos de transporte personal: scooter, bicicleta normal, bicicleta eléctrica? Velocidad (hacer cambios a mi gusto), que no tenga tantas piezas movibles (que se quiten), uso de piezas universales, facilidad para adquirir repuestos, seguridad (antirrobo), que sea ligero.

33. ¿Cuánto te costó tu bicicleta eléctrica? 12-14 mil pesos.

34. ¿Cómo la compraste? Por medio de Mercado libre (internet).

35. ¿Cuánto estarías dispuesto a pagar por un transporte que te ofrezca algo más de lo que obtienes de tu actual bicicleta? Máximo 20 mil pesos

36. ¿Qué sería mejor para ti un servicio que te ofreciera su uso o tener tu propio vehículo? Servicio porque ellos le darían mantenimiento y demás a la bicicleta, aunque aquí no uso bicipuma por lo lejano de las estaciones. Usaría bicicletas que se pudieran dejar en cualquier lado y también si el costo-beneficio lo permite.

37. ¿Conoces a más gente que haga uso de bicicletas eléctricas? Gente con bicicleta propia, no.

B. ANEXO CICLO 1

B.1 OBSERVACIÓN DE USUARIO EN CONTEXTO

En esta sección se encuentra la descripción de los pasos del procedimiento de las observaciones en el almacén y la entrega de paquetes.

Procedimiento en el almacén:

- 1. Llegada de choferes y ayudantes al almacén (Checkpoint).** El personal llega al almacén en punto de las 7 a.m., cada uno de diferentes direcciones. Los choferes, van de sus casas a la pensión, donde recogen las camionetas y de ahí a la bodega. Los ayudantes sólo se trasladan de su casa a la bodega.
- 2. Desayuno y espera para acceso al almacén.** Cuando ya están todos los trabajadores reunidos y mientras esperan la entrada a la bodega; aprovechan para tener su desayuno y un tiempo de esparcimiento, platicando entre compañeros. Lo anterior entre risas y en un ambiente muy relajado.
- 3. Acceso de choferes en vehículos al almacén.** Llegada la hora de entrada, los únicos que acceden a la bodega son los choferes en las camionetas y los motociclistas con sus respectivas motocicletas; los ayudantes esperan fuera, esto con la finalidad de tener un mayor control y no se cree un acumulamiento de gente dentro del establecimiento. El acceso se los da uno de los dos encargados de la organización dentro de la bodega. Los ayudantes se quedan platicando y en un estado relajado, mientras que los choferes adoptan un estado mesurado.
- 4. conteo y carga de paquetes en vehículos (camionetas y motocicletas).** A cada chofer de camioneta se le asigna una ruta, por ende un estante de paquetes previamente separados que corresponden a la ruta designada. Una vez asignado el estante a cada chofer, estos realizan un conteo antes de cargar los paquetes; la cifra de número de paquetes es corroborada con el encargado de la organización. Después de la ratificación, ya pueden ser cargados los paquetes a la camioneta. El chofer va acomodando los paquetes de acuerdo a su experiencia, de forma que sean visibles y no se muevan cuando estén en movimiento. Colocan los paquetes en el piso de la cajuela, porque esta no tiene estantería para su acomodo. Los paquetes más grandes van al fondo y los más pequeños hacia enfrente, llegando hasta las puertas traseras. Para el caso de las motocicletas, todas son asignadas a una sola zona y tienen un estante o costal asignado, el cual contiene solo sobres y pequeñas cajas. Los motociclistas van llenando los compartimentos de sus motocicletas, al mismo tiempo que van contando y al final indicar el número de paquetes que llevan. No llevan un orden específico para acomodar, sólo lo hacen a intuición. Esta parte del proceso se lleva de manera minuciosa y con una alta concentración por parte de

los choferes de camionetas y de las motocicletas.

- 5. Acceso a aplicación de guiado y corroboración de datos.** Una vez cargados los vehículos con los paquetes, el encargado de la organización, les da un celular en el que tienen que acceder a una aplicación proporcionada por la empresa de comercio electrónico. La aplicación los ayudará en el guiado a las zonas de entrega y a cada domicilio, proporcionándoles también los datos del domicilio y nombre de las personas a las que se les tiene que entregar el paquete. Al ingresar se les solicita la identificación del chofer a cargo de la unidad y el kilometraje de la unidad. El encargado de corrobora los datos del kilometraje, la cantidad de combustible del vehículo, el estado del celular, de los soportes de los mismos y nuevamente el estatus de la cantidad de paquetes. Los choferes tanto de camionetas como de motocicletas, están encargados de suministrarle combustible a los vehículos, mediante vales que les son entregados diariamente. Este proceso se vive igualmente en un estado de suma concentración y seriedad dentro del almacén.
- 6. Salida del vehículo de almacén y ascenso de ayudantes en camionetas.** Una vez registrado que todo esté en orden, se va dando la salida a cada vehículo de la bodega. Primero salen las motocicletas, que sólo llevan un ocupante y después las camionetas, que es donde van los ayudantes con los choferes. Los ayudantes son seleccionados por cada chofer, de acuerdo a su afinidad y suben a cada una, todo esto en la entrada del almacén. Esta fase se vive de manera alentadora, con gran energía por parte de todos por iniciar su jornada.



Figura B.1- Entrada a almacén, donde esperan los ayudantes..

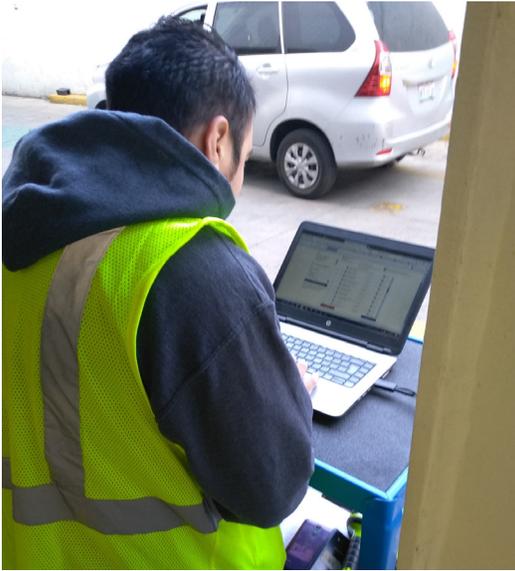


Figura B.2 - Momentos en el proceso en el almacén.

Procedimiento de entregas:

- 7. Traslado a zona (cuadrante de entrega).** Una vez que cada chofer se encuentra con su ayudante en la camioneta; el chofer selecciona el primer domicilio de la zona por donde empezarán su ruta y se dirigen a el de acuerdo a la ruta marcada en su aplicación. Acción destacada es que ninguno usa cinturón de seguridad y no hacen ni siquiera el intento de colocárselo.
- 8. Localización de destino.** Ya en la calle o avenida en donde indica la aplicación que se encuentra el domicilio; se comienza una búsqueda por inspección para verificar el nombre de la calle y dar con el número. Situación que mantiene un momento de tensión por la mala numeración de los domicilios, calles mal nombradas y la exactitud de la ubicación en la aplicación.
- 9. Estacionamiento del vehículo.** Cuando se identifica el domicilio, el chofer busca en donde estacionar el vehículo. En zonas en las cuales las calles son muy reducidas, optan por estacionarse en una calle aledaña o en el peor de los casos en medio de la calle. En algunas otras en segunda fila, provocando en la mayoría de los casos, problemáticas en la circulación. Mantienen el vehículo todo el tiempo encendido, según señalan, para poder moverse más rápido y no perder tiempo en dar marcha. Cuestiones que los empieza a poner en un estado de tensión.
- 10. Búsqueda de paquete.** Por consiguiente en la misma aplicación usada para localizar el domicilio, se muestra también el nombre del consumidor y el código del paquete, mediante el cual el ayudante lo busca. Algunas veces el ayudante tiene la necesidad de subir a la cajuela para buscarlo. El chofer también ayuda en su búsqueda. Durante el rastreo el personal trata en lo más posible de mantener cerradas las puertas, evitando la visibilidad del contenido. El estado en el que permanecen el chofer y el ayudante, es de ansiedad por encontrar lo más rápido posible el paquete.
- 11. Llamado a la puerta del cliente por medio del timbre.** Una vez que encuentran el paquete y ya localizaron bien el domicilio. Llaman a la puerta y preguntan por el nombre registrado de la persona a la que se le tiene que entregar el paquete. En algunas ocasiones va sólo el ayudante a realizar la entrega y en otras van los dos, todo dependiendo de las circunstancias de la entrega..
- 12. Entrega de paquete/ No hay entrega de paquete.**
 - a. Entrega de paquete y firma de entrega.** En el caso positivo de que se encuentre la persona, se le hace entrega del paquete y esta tiene que firmar electrónicamente por medio del celular. Cada que se realiza una

entrega, es un sentimiento de alivio para el chofer y el ayudante, ya que por reglamento deben de cumplir con un mínimo del 98% de entregas.

- b. No hay entrega de paquete (llamada a centro de atención para número telefónico de cliente y re-agendar entrega).** En caso de no encontrar a cliente llaman a un centro de atención (call center) y piden el número telefónico de la persona, para acordar una entrega más tarde o en otro día. Anteriormente el contacto se encontraba en la etiqueta del paquete, pero por cuestiones de seguridad de datos del cliente, se suprimió. El no localizar al cliente provoca que los choferes y ayudantes entren en un estado de estrés e inquietud, porque es tiempo de retraso en la ruta.
- 13. Selección y traslado al siguiente domicilio (repetición del proceso desde paso 8 hasta acabar entregas o mínimo el 98% de ellas).** A continuación, independientemente de si la entrega fue o no exitosa, ambos regresan al vehículo y el chofer selecciona el siguiente destino. Se dirigen hacia el próximo punto de entrega, repitiendo los pasos a partir del número 8; esto lo repiten cíclicamente hasta completar las entregas o por lo menos el 98% de ellas.
- 14. Hora de comer e ir al baño (en algún momento de la ruta).** Su hora y lugar de comida no es específica, ya que la realizan mientras están en la ruta. Para realizar sus necesidades, piden permiso a alguno de los clientes para acceder a su baño.
- 15. Regreso al almacén.** Finalmente cuando terminan las entregas regresan al almacén los dos o sólo el chofer.

B.2 USUARIO EN CONTEXTO: ENTREVISTA

De las entrevistas se conoció más información acerca de los puntos listados en el apartado 4.2.2 y que se recopila a continuación.

Por las mañanas los choferes, tienen que ir de sus casas a la pensión donde recogen las camionetas y de ahí a la bodega. Los ayudantes sólo se trasladan de su casa a la bodega.

Las camionetas son vehículos estándar y arrendadas, no tienen ningún tipo de logotipo o publicidad por seguridad, son completamente blancas. Por esto mismo no se les puede realizar ninguna modificación y los paquetes son colocados directamente en el piso de la camioneta. Las motocicletas son subcontratadas de un servicio de entrega, traen la publicidad de su compañía, al igual que los uniformes de los motociclistas.

La selección de ayudantes por parte de los choferes, siempre ha sido por quién es la persona con la que se sienten más cómodos para trabajar. Ninguno hace uso del cinturón de seguridad durante la ruta según exponen por la facilidad de subir y bajar, les resta tiempo estar abrochando y desabrochándolo. Aparte de que se ha vuelto costumbre el ir de esa forma y ninguna autoridad los reprende por no seguir el reglamento.

Les gusta amenizar su ambiente con música, que ponen en sus celulares o en pequeñas bocinas, esto porque la camioneta no cuenta con estéreo. También les gusta ir platicando entre ellos contándose de sus vidas o de eventos que les pasan en su día a día.

Para su hora de comida no llevan alimentos porque no tienen espacio donde colocarlos dentro del vehículo. Además que está prohibido hacer uso de mochilas dentro del almacén y en la unidad. Sus bebidas tampoco tienen un lugar donde ser colocadas; durante el viaje van expuestas al calor y todo el movimiento. En lo relacionado al ir al baño, la mayoría pide permiso para pasar en alguno de los hogares de los clientes, pero algunos otros prefieren no tomar líquidos o incluso no comer para no tener que pedir favor.

A lo largo de todo el proceso de entregas tanto el chofer, como el ayudante se encuentran en situaciones estresantes y de relajación.

El ayudante recibe más la carga física, por las caminatas y esfuerzos al buscar los paquetes. Los paquetes se acomodan cada vez que entregan uno para que no se muevan y golpeen. Al buscar, mantienen una puerta cerrada para la discreción de los paquetes. No les gusta gastar tiempo, buscando paquetes.

No importa la hora deben cumplir con su cuota de entregas diariamente, por lo que si la unidad sufre una avería durante la jornada es una situación que les estresa demasiado. A los repartidores y choferes les preocupa demasiado el manejo del tiempo en las entregas.

Eventos externos como el tráfico, problemas con otros vehículos/personas, las condiciones climáticas, no encontrar a los clientes en el domicilio, no dar con el domicilio y otras cuestiones pueden empeorar el estrés.

Cuando terminan sus entregas pueden salir del trabajo, sin necesidad de cumplir la jornada de 9 hrs, lo cual es una motivación para ellos. Permanecen con el vehículo encendido, porque piensan que es más rápido para moverse, si se quedan en segunda fila. No usan cinturón por la misma razón para subir y bajar rápido. Suben y bajan de la camioneta más de 50 veces al día. Sólo hay hombres desarrollando todas las tareas de reparto.



Figura B.3 - Momentos en el proceso de entrega.

B.3 INVESTIGACIÓN DE HOMÓLOGOS

Se realizó una investigación de homólogos donde se analizan los vehículos usados, el acomodo de los paquetes, el proceso de entrega y el espacio para los operarios.

VEHÍCULOS USADOS. Los vehículos usados en las entregas en otras empresas de paquetería son furgonetas de diferentes capacidades y orientadas a ciertas circunstancias.



1

Furgoneta 15–20m³

- Para traslado de grandes volúmenes de paquetes entre centros de distribución principalmente, o para entrega a domicilio.
- Traslado de paquetes de gran tamaño, lotes completos o pallets.

2

Furgoneta 8–15 m³

- Para traslado de grandes cantidades de paquetes o paquetes de gran tamaño para entrega a domicilio.
- Utilizado para zonas con buen nivel de acceso.

3

Furgoneta 4–8 m³

- Para traslado de pequeños volúmenes de paquetes y de menores dimensiones.
- Utilizado para zonas con medio- bajo nivel de acceso, o cuadrantes de poca extensión territorial.
- Paquetes pequeños y sobres mayoritariamente.

Figura B.4 - Vehículos usados por otras empresas de paquetería.

ACOMODO DE PAQUETES. Uno de los puntos más importantes para el traslado de paquetería es el espacio disponible en el vehículo (m³), así como el acomodo de los diferentes tipos y tamaños de paquetes. El acondicionamiento que tengan las unidades para facilitar el acomodo de las mismas es otro factor que determina la eficiencia para encontrar los paquetes de acuerdo a cómo se van entregando, disminuyendo el mayor tiempo posible entre cada entrega.



Figura B.5 - Vehículos usados por otras empresas de paquetería.

VEHÍCULOS DE APOYO. Dependiendo del tamaño de la unidad es también el tamaño de los vehículos de apoyo que utilizan para llevar varios paquetes al mismo tiempo o paquetes pesados. Estos pueden ser diablitos o carritos de 4 ruedas en su mayoría.

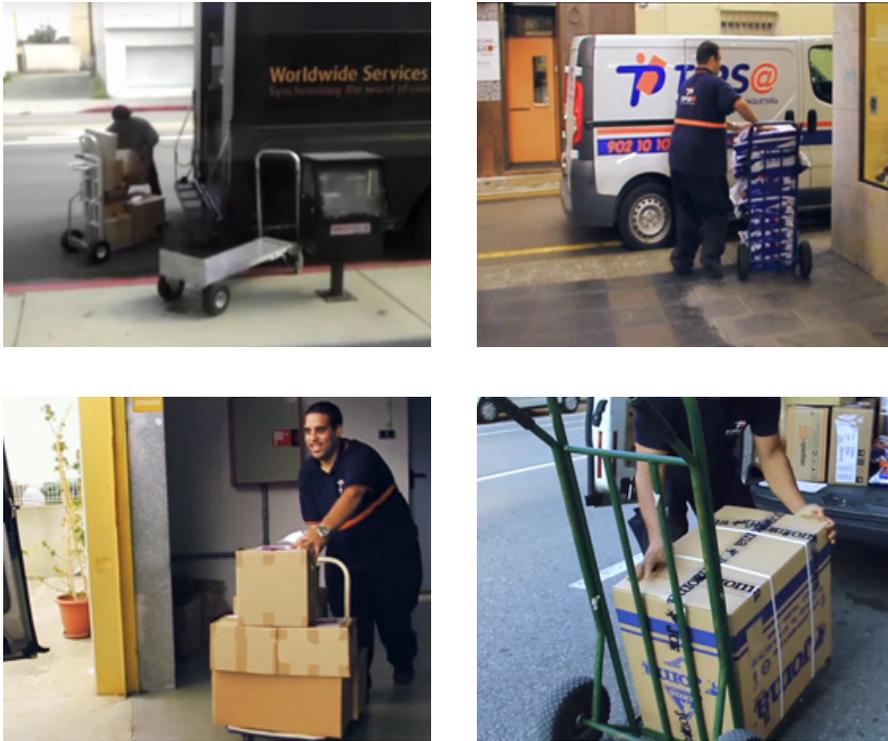


Figura B.6 - Vehículos de apoyo para traslado de paquetes.

Uno de los problemas observados referente a estos vehículos de apoyo es que generalmente no están pensados-diseñados para integrarse con el espacio de la unidad de transporte principal, así como con los paquetes. Donde el operario generalmente los acomoda como puede, muchas veces siendo sobre los mismos paquetes. Estos vehículos están fabricados para ser robustos, lo que representa un riesgo ya que pesan y ocupan un gran volumen de espacio pudiendo dañar los paquetes o la unidad debido a las vibraciones y golpes.



Figura B.7 - Problemáticas para el acomodo de vehículos de apoyo para traslado de paquetes.

PROCESO DE ENTREGA. Cuando el operario se dispone a la entrega de un pedido siempre carga con un registro el cual muchas veces le dificulta la entrega. Los paquetes pueden tener diferentes tamaños y formas por lo que a veces el vehículo de apoyo puede ser útil o no.

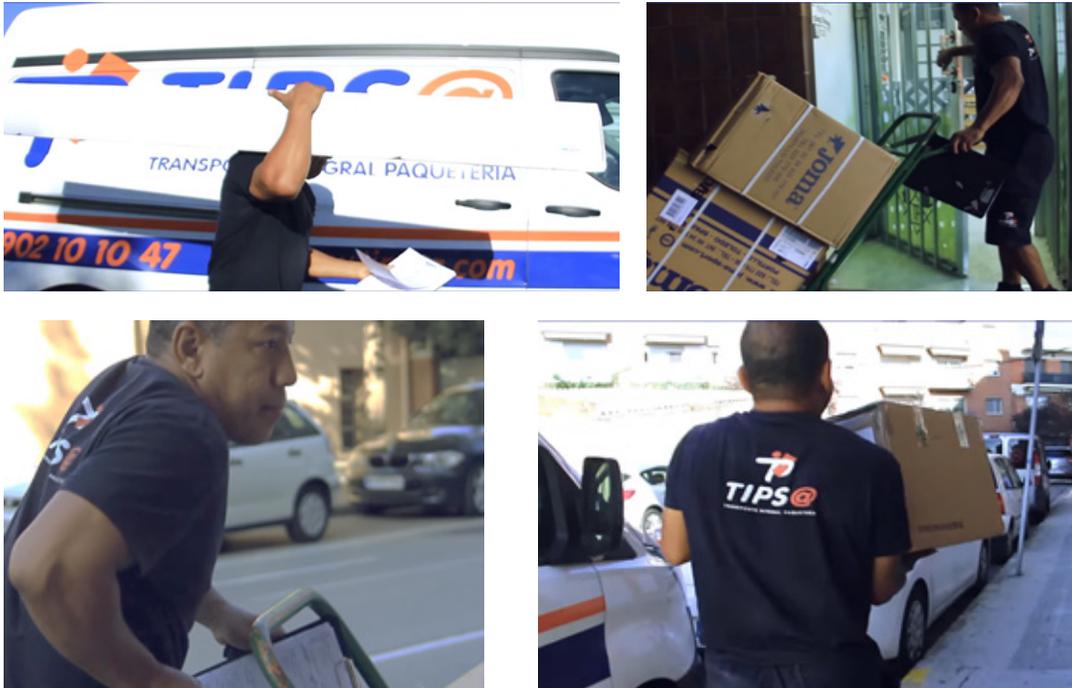


Figura B.8 - Proceso de entrega.

ESPACIO PARA LOS OPERARIOS. Los vehículos están acondicionados para maximizar el espacio útil de carga, por lo que no disponen de muchos componentes, como por ejemplo asientos, ventanas, radio, guantera etc. Solo dispone de los panel de instrumentos del vehículo y sus herramientas para el registro y búsqueda.

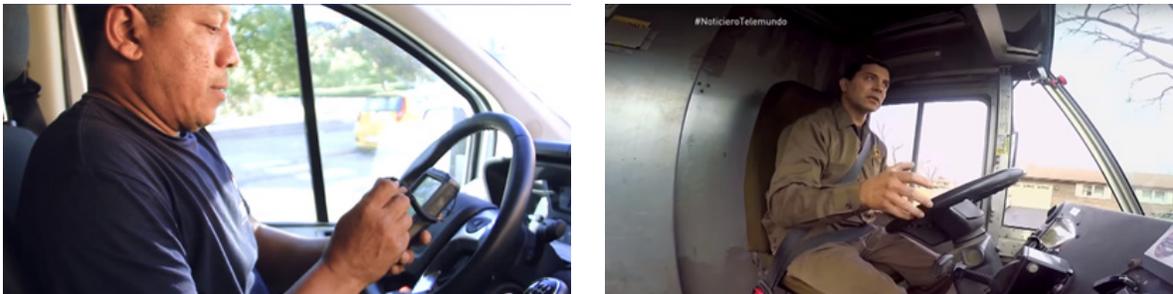


Figura B.9 - Espacio para los operarios.

B.4 TABLA DE NECESIDADES

En esta sección se encuentran todas las frases o enunciados que se transformaron en necesidades representativos de la problemática.

Pregunta/ Sugerencia	Chofer	Ayudante	Cliente	Enunciado obtenido	Necesidad interpretada
Usos típicos de vehículo	x	x	x	Necesito meter paquetes de diferentes tamaños, pesos y frágiles.	El VUM tiene la capacidad de almacenar paquetes de diferentes volúmenes, masas y frágiles.
	x	x	x	Necesito transportar paquetes de diferentes tamaños, pesos y frágiles.	El VUM tiene la capacidad de transportar paquetes de diferentes volúmenes, masas y frágiles.
		x		Entrego paquetes de diferentes tamaños, pesos y frágiles.	El VUM permite entregar paquetes de diferentes volúmenes, masas y frágiles.
	x			Manejo de manera continua durante 9 horas.	El VUM cubre una jornada de trabajo.
	x	x		No suelo utilizar el cinturón de seguridad.	El VUM cuenta con sistema de seguridad.
	x	x		Hago entregas en una ruta de 50 Km diario.	El VUM cubre una ruta diaria.
	x			Acomodo los paquetes por tamaño.	El VUM tiene el espacio para ordenar los paquetes.
	x			Dejo la camioneta prendida mientras hago la entrega.	El VUM enciende fácilmente.
			x	No me gusta tener que gastar mucho en combustible.	La relación costo beneficio del VUM es alta.
	x	x		Busco los paquetes por tamaño y número de orden.	El VUM permite la identificación de los paquetes.
x			Reacomodo los paquetes en cada entrega para evitar que se muevan.	El VUM permite la estabilidad de los paquetes.	

Pregunta/ Sugerencia	Chofer	Ayudante	Cliente	Enunciado obtenido	Necesidad interpretada
Que les gusta			x	Me gusta que caben hasta 120 paquetes.	EL VUM cubre la demanda de paquetes.
	x			Me gusta que pueda tener la ruta a la vista.	El VUM permite ver la ruta fácilmente.
	x			Me gusta que pueda quitar el teléfono fácilmente.	El VUM permite desmontar el teléfono fácilmente.
	x	x		Me gusta que si me apuro, puedo salir temprano.	El VUM permite hacer entregas rápidas.
	x	x		Me gusta que no haya tráfico.	El VUM permite circular fácilmente en zonas con tráfico.
	x	x		Me gusta tener alguien con quien platicar.	El VUM permite tener interacción.
	x	x		Me gusta escuchar música.	El VUM procura hacer el viaje más ameno.

Pregunta/Sugerencia	Chofer	Ayudante	Cliente	Enunciado obtenido	Necesidad interpretada
Que no le gusta	x			No me gusta que 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.
	x	x		No me gusta tener que intercambiar el teléfono cada vez que hay una entrega.	No es relacionado con el vehículo.
	x	x		No me gusta que mi refresco se caiga y se caliente.	El VUM tiene espacio para colocar bebidas sin derramarlas y mantenerlas frescas.
	x	x		No me gusta que me prohíban llevar mochila por que no tengo donde guardar mis pertenencias personales.	El VUM tiene espacio para guardar pertenencias personales de manera segura.
	x	x		No me gusta que no hay donde poner mi lunch.	El VUM tiene espacio para guardar su refrigerio y mantenerlo comestible.
	x	x		No me gusta la aplicación porque algunas veces marca mal el destino.	No es relacionado con el vehículo.
	x			No me gusta que es complicado encontrar donde estacionar la camioneta.	El VUM se estaciona en espacios reducidos.
	x	x		No me gusta que tenga que abrir y cerrar varias veces las puertas de la cabina del operador.	El VUM facilita el ascenso y descenso.
	x	x		No me gusta tener que subir y bajar cada rato de la camioneta.	El VUM facilita el ascenso y descenso.
	x			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.
	x			No me gusta que me salgan cayos por manejar todo el día.	La ergonomía del VUM facilita su manejo por varias horas continuas.
	x			No me gusta que se me quemen los brazos.	El VUM ofrece protección contra el clima
	x	x		Me frustra no encontrar a la persona en casa.	No es relacionado con el vehículo.
	x	x		No me gusta que haya poca descripción del domicilio.	No es relacionado con el vehículo.
	x	x		No me gusta que no haya timbre	El VUM puede notificar al cliente de su arribo
			x	No me gusta cuando tengo que llevar varios paquetes ir y regresar a la camioneta.	El VUM permite entregar varios paquetes a la vez.
			x	No me gusta cuando llueve.	El VUM ofrece protección contra el clima.
	x	x		No me gusta tener que regresar al punto de entrega.	No es relacionado con el vehículo.
x	x		No me gusta que debo cumplir con el 98% de las entregas.	No es relacionado con el vehículo.	
		x	No me gusta asolearme, ni caminar.	El VUM facilita una gran aproximación a los puntos de entrega.	

Pregunta/Sugerencia	Chofer	Ayudante	Cliente	Enunciado obtenido	Necesidad interpretada
Sugerencias	x	x		Me gustaría que tuviera estéreo para escuchar música.	El VUM permite hacer el viaje mas ameno
	x	x		Me gustaría tener donde poner mis bebidas.	El VUM tiene espacio para colocar bebidas sin derramarlas y mantenerlas frescas.
	x	x		Ojalá tuviera un lugar para poner mi lunch.	El VUM tiene espacio para colocar mi lunch y mantenerlo fresco.
	x			Ojalá nos dieran una camioneta 4x4.	El VUM opera en diferentes condiciones de terreno.
	x	x		Me gustaría que nos dieran un cel con la app a cada uno.	No tiene que ver con el vehículo.
			x	Ojalá nos prestaran un diablito para destinos con varias entregas.	El VUM facilita una gran aproximación a los puntos de entrega.

Tabla B.I – Necesidades interpretadas, creadas apartir de las observaciones.

C. ANEXO CICLO 2

C.1 JERARQUIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE NECESIDADES

En esta sección se encuentran todas las frases que se transformaron en necesidades o requerimientos representativos de la problemática, su clasificación y jerarquización.

Como ya se mencionó en el apartado 4.3 la clasificación fue tres grupos: paquetes, vehículo y comodidad del operador. La jerarquización se dio de acuerdo a una escala del 1 al 5, donde se consideraba que tan importante era la función.

Escala de 1 a 5 qué tan importante es esa función :

1. La función es indeseable. No consideraría un producto con esta función.
2. La función no es importante, pero no me importaría 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 y formas de uso.

Pregunta/ Sugerencia	Chofer	Ayudante	Cliente	Enunciado obtenido	Necesidad interpretada	Categorías	Jerarquización
Usos típicos de vehículo	x	x	x	Necesito meter paquetes de diferentes tamaños, pesos y frágiles.	El VUM tiene la capacidad de almacenar paquetes de diferentes volúmenes, masas y frágiles.	Paquetes	5
	x	x	x	Necesito transportar paquetes de diferentes tamaños, pesos y frágiles.	El VUM tiene la capacidad de transportar paquetes de diferentes volúmenes, masas y frágiles.	Paquetes	5
		x		Entrego paquetes de diferentes tamaños, pesos y frágiles.	El VUM permite entregar paquetes de diferentes volúmenes, masas y frágiles.	Paquetes	5
	x			Manejo de manera continua durante 9 horas.	El VUM cubre una jornada de trabajo.	Vehículo	4
	x	x		No suelo utilizar el cinturón de seguridad.	El VUM cuenta con sistema de seguridad.	Vehículo	5
	x	x		Hago entregas en una ruta de 50 Km diario.	El VUM cubre una ruta diaria.	Vehículo	4
	x			Acomodo los paquetes por tamaño.	El VUM tiene el espacio para ordenar los paquetes.	Paquetes	4
	x			Dejo la camioneta prendida mientras hago la entrega.	El VUM enciende fácilmente.	Vehículo	3
			x	No me gusta tener que gastar mucho en combustible.	La relación costo beneficio del VUM es alta.	Vehículo	5
	x	x		Busco los paquetes por tamaño y número de orden.	El VUM permite la identificación de los paquetes.	Paquetes	3
x			Reacomodo los paquetes en cada entrega para evitar que se muevan.	El VUM permite la estabilidad de los paquetes.	Paquetes	4	

Pregunta/ Sugerencia	Chofer	Ayudante	Cliente	Enunciado obtenido	Necesidad interpretada	Categorías	Jerarquización
Que les gusta			x	Me gusta que caben hasta 120 paquetes.	El VUM cubre la demanda de paquetes.	Paquetes	5
	x			Me gusta que pueda tener la ruta a la vista.	El VUM permite ver la ruta fácilmente.	Comodidad	4
	x			Me gusta que pueda quitar el teléfono fácilmente.	El VUM permite desmontar el teléfono fácilmente.	Comodidad	2
	x	x		Me gusta que si me apuro, puedo salir temprano.	El VUM permite hacer entregas rápidas.	Vehículo	5
	x	x		Me gusta que no haya tráfico.	El VUM permite circular fácilmente en zonas con tráfico.	Vehículo	5
	x	x		Me gusta tener alguien con quien platicar.	El VUM permite tener interacción.	Vehículo	3
	x	x		Me gusta escuchar música.	El VUM procura hacer el viaje más ameno.	Comodidad	3

Pregunta/ Sugerencia	Chofer	Ayudante	Cliente	Enunciado obtenido	Necesidad interpretada	Categorías	Jerarquización
Que no le gusta	x			No me gusta que 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.	Vehículo	5
	x	x		No me gusta tener que intercambiar el teléfono cada vez que hay una entrega.	No es relacionado con el vehículo.	-	-
	x	x		No me gusta que mi refresco se caiga y se caliente.	El VUM tiene espacio para colocar bebidas sin derramarlas y mantenerlas frescas.	Comodidad	3
	x	x		No me gusta que me prohíban llevar mochila por que no tengo donde guardar mis pertenencias personales.	El VUM tiene espacio para guardar pertenencias personales de manera segura.	Comodidad	3
	x	x		No me gusta que no hay donde poner mi lunch.	El VUM tiene espacio para guardar su refrigerio y mantenerlo comestible.	Comodidad	3
	x	x		No me gusta la aplicación porque algunas veces marca mal el destino.	No es relacionado con el vehículo.	-	-
	x			No me gusta que es complicado encontrar donde estacionar la camioneta.	El VUM se estaciona en espacios reducidos.	Vehículo	5
	x	x		No me gusta que tenga que abrir y cerrar varias veces las puertas de la cabina del operador.	El VUM facilita el ascenso y descenso.	Vehículo	4
	x	x		No me gusta tener que subir y bajar cada rato de la camioneta.	El VUM facilita el ascenso y descenso.	Vehículo	4
	x			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.	Paquetes	5
	x			No me gusta que me salgan cayos por manejar todo el día.	La ergonomía del VUM facilita su manejo por varias horas continuas.	Comodidad	4
	x			No me gusta que se me quemen los brazos.	EL VUM ofrece protección contra el clima	Comodidad	3
	x	x		Me frustra no encontrar a la persona en casa.	No es relacionado con el vehículo.	-	-
	x	x		No me gusta que haya poca descripción del domicilio.	No es relacionado con el vehículo.	-	-
	x	x		No me gusta que no haya timbre	El VUM puede notificar al cliente de su arribo	Vehículo	3
			x	No me gusta cuando tengo que llevar varios paquetes ir y regresar a la camioneta.	El VUM permite entregar varios paquetes a la vez.	Paquetes	4
			x	No me gusta cuando llueve.	EL VUM ofrece protección contra el clima.	Comodidad	3
	x	x		No me gusta tener que regresar al punto de entrega.	No es relacionado con el vehículo.	-	-
	x	x		No me gusta que debo cumplir con el 98% de las entregas.	No es relacionado con el vehículo.	-	-
			x	No me gusta asolearme, ni caminar.	El VUM facilita una gran aproximación a los puntos de entrega.	Vehículo	5

Pregunta/ Sugerencia	Chofer	Ayudante	Cliente	Enunciado obtenido	Necesidad interpretada	Categorías	Jerarquización
Sugerencias	x	x		Me gustaría que tuviera estéreo para escuchar música.	El VUM permite hacer el viaje mas ameno	Comodidad	3
	x	x		Me gustaría tener donde poner mis bebidas.	El VUM tiene espacio para colocar bebidas sin derramarlas y mantenerlas frescas.	Comodidad	3
	x	x		Ojalá tuviera un lugar para poner mi lunch.	El VUM tiene espacio para colocar mi lunch y mantenerlo fresco.	Comodidad	3
	x			Ojalá nos dieran una camioneta 4x4.	El VUM opera en diferentes condiciones de terreno.	Vehículo	5
	x	x		Me gustaría que nos dieran un cel con la app a cada uno.	No tiene que ver con el vehículo.	-	-
			x	Ojalá nos prestaran un diablito para destinos con varias entregas.	El VUM facilita una gran aproximación a los puntos de entrega.	Vehículo	5

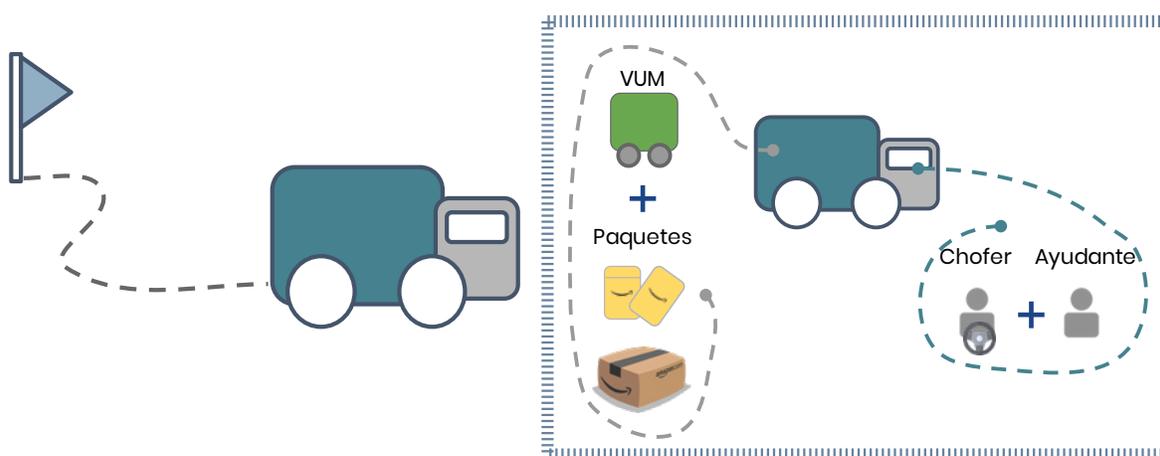
Tabla B.1 – Jerarquización y categorización de necesidades.

C.2 DESCRIPCIÓN DE EXPERIENCIAS

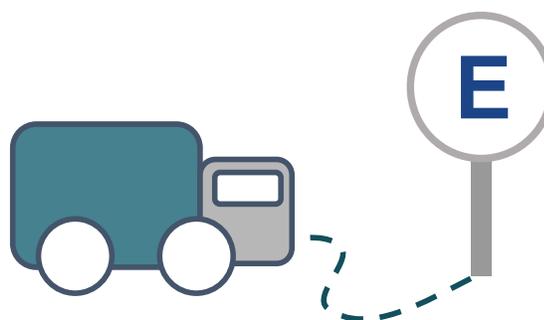
En este apartado se encuentra la descripción de cada uno de los modelos de experiencia.

C.2.1 VUM EN EDIFICIOS Y UNIDADES DEPARTAMENTALES

- 1 La camioneta sale del almacén y se dirige a la zona de entrega, ya sean edificios o una unidad habitacional. Abordo va el chofer, el ayudante, un Vehículo de Última Milla (VUM) y los paquetes.



- 2 Cuando la camioneta llega a la zona, es estacionada cerca de esta. En un lugar permitido y sin ocasionar problemáticas en el tránsito.

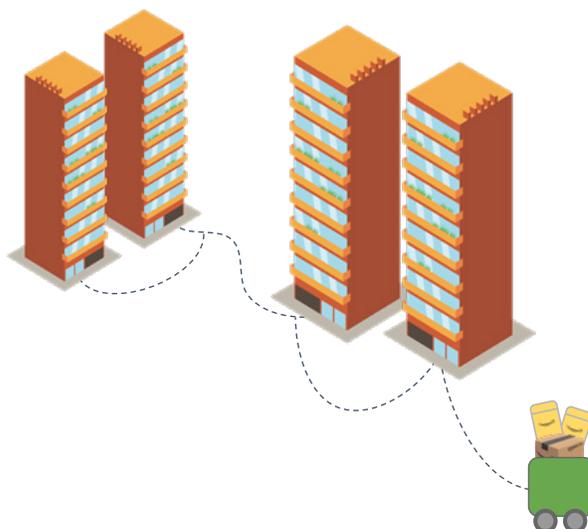


- 3 El ayudante descarga el VUM junto con los paquetes, previamente seleccionados para entregar en ese lugar.



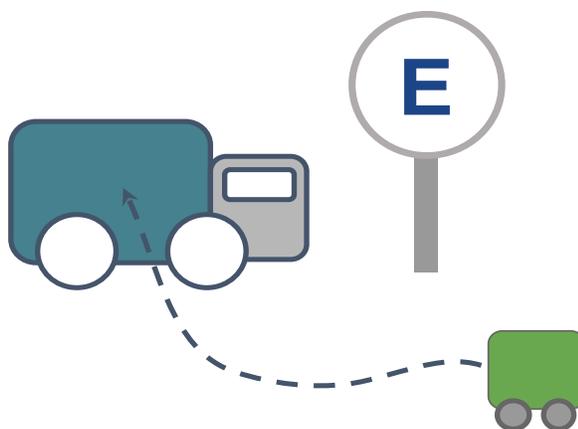
4

Una vez cargado el VUM, el ayudante se monta en él y se dirige a los edificios para realizar las entregas en cada uno.



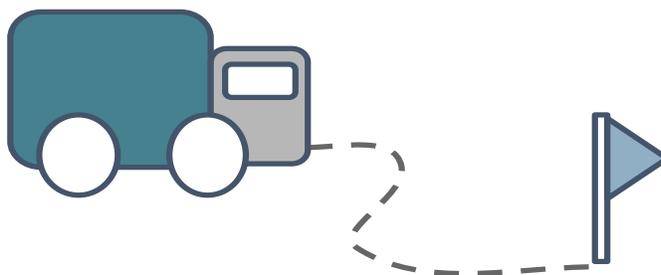
5

Cuando finaliza la entrega de paquetes, regresa a la camioneta. El vehículo es llenado de nuevo con paquetes, si tiene que regresar a la zona o cargado a la camioneta para entregar en otra. Sistemáticamente se dirigen a la siguiente parada y repiten los pasos a partir del 3 hasta que cubren la cuota de paquetes.



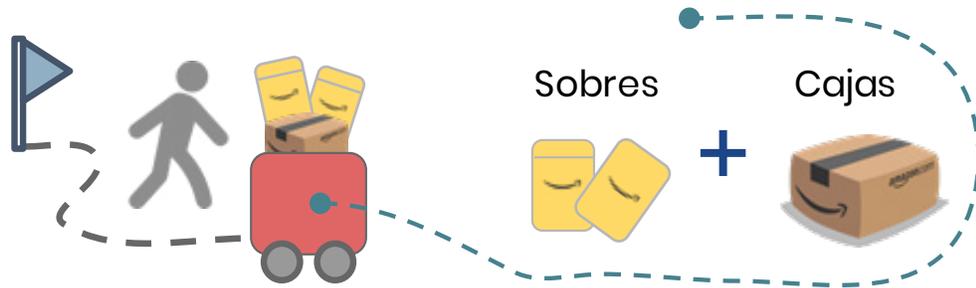
6

Finalmente la camioneta regresa al almacén para dejar el VUM y los paquetes restantes en el caso que existan.

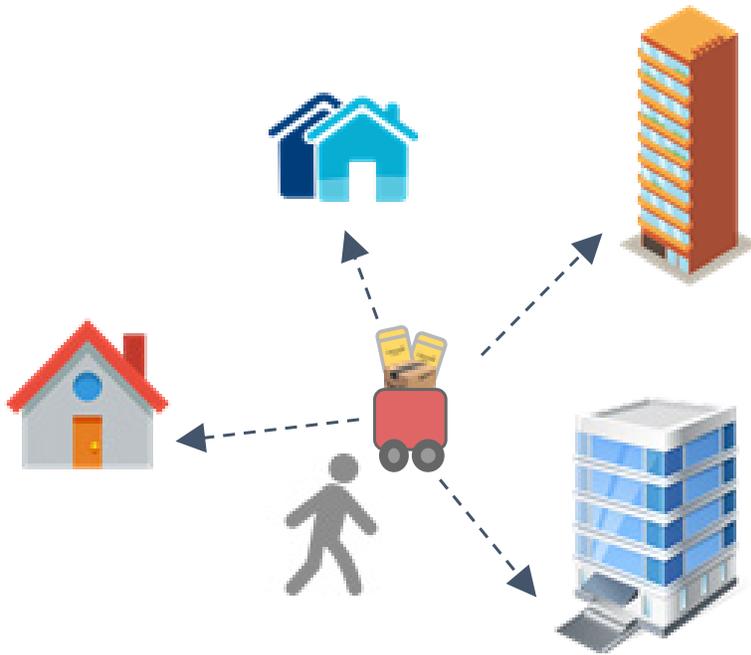


C.2.2 VUM POR LA CIUDAD

- 1 El empleado sale del almacén hacia una zona de la ciudad montado en un VUM, que lleva paquetes para una jornada de trabajo diaria.



- 2 Cuando el empleado llega a la zona de reparto, se dirige a cada domicilio a bordo del VUM; para entregar los paquetes.

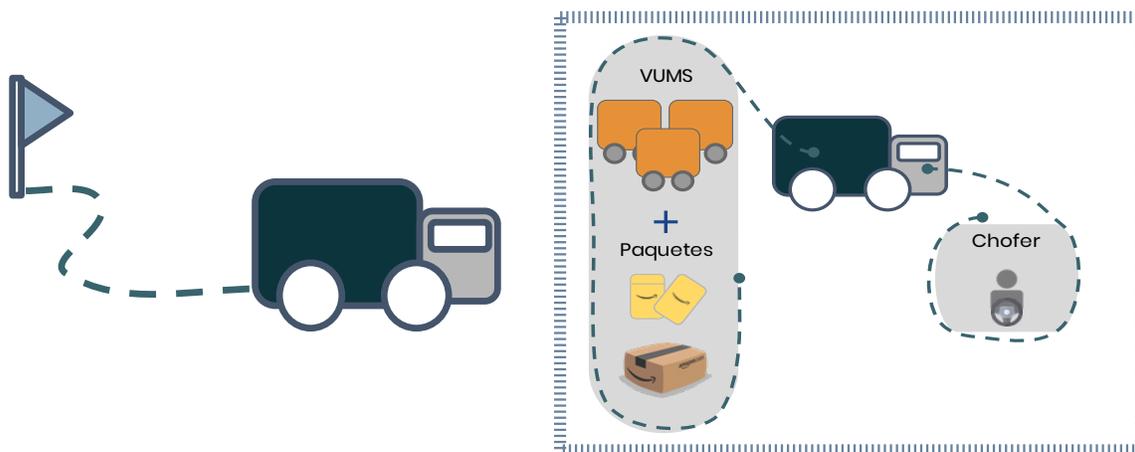


- 3 Una vez terminadas las entregas el empleado regresa con el VUM al almacén para dejarlo y entregar paquetes si es el caso..

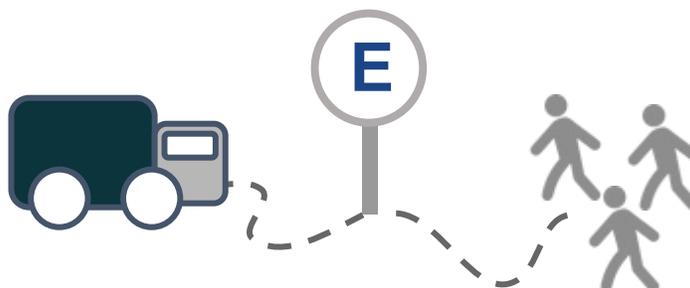


C.2.3 VUMS Y CAMIONETA POR ZONA

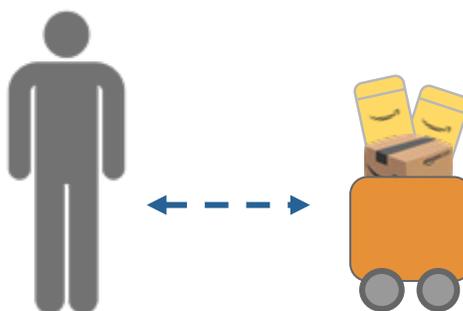
- 1 El chofer sale del almacén hacia un punto de reunión cerca de la zona de entrega. La camioneta va cargada con Vehículos de Última Milla (VUMs) y cada vehículo se encuentra lleno de paquetes pequeños (cajas y sobres) a entregar en pequeñas rutas para cada VUM. Aparte va la paquetería de mayores dimensiones a entregar en la zona.



- 2 La camioneta es estacionada en el punto de reunión. Para que se reúnan el chofer y los repartidores.

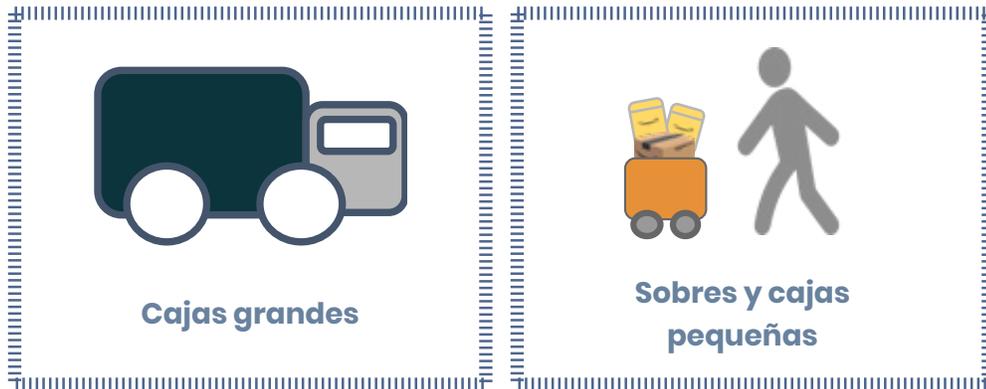


- 3 Una vez reunidos, los repartidores bajan los vehículos y a cada empleado se le asigna un VUM con los paquetes a repartir en cada domicilio programado en su pequeña ruta. En la camioneta se quedan los paquetes de mayores dimensiones, que repartirá el chofer.



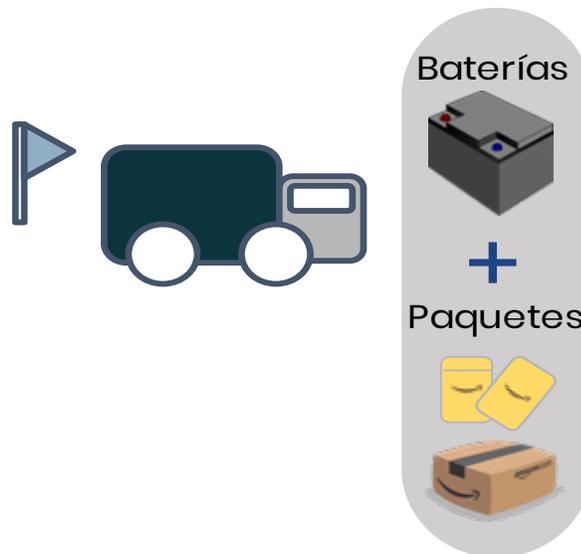
4

El chofer en la camioneta y los repartidores en los VUMs entregan los paquetes de forma simultanea.



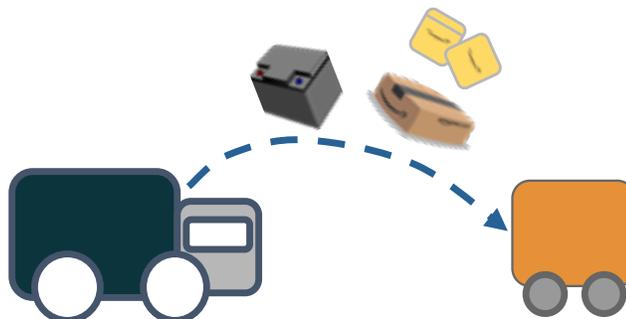
5

Eventualmente, cuando el chofer termine de entregar los paquetes que llevaba, regresa al almacén para reabastecerse de baterías y paquetes para los VUMs y la camioneta.



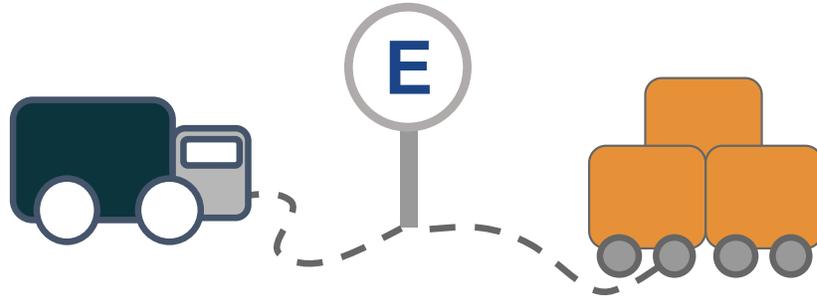
6

El chofer regresa a un punto de reunión para encontrarse con los repartidores y suministrarles más paquetes o baterías a los VUM, en caso necesario.



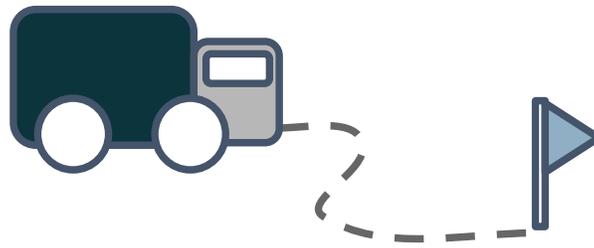
7

Después el chofer prosigue con su ruta entregando paquetería simultáneamente y se repite el proceso desde el punto 5, hasta que se finalice el total de paquetes a entregar por zona. Al final el chofer y los repartidores se encuentran en el punto de reunión para la entrega de los VUMs al chofer..



8

Finalmente el chofer regresa a la bodega con los VUMs y la camioneta al almacén. Mientras los repartidores regresan a sus hogares desde el punto de reunión..



C.3 EXPERIMENTO Y RESULTADOS

En esta sección se encuentra la tabla del conteo del tiempo para eestimar el ahorro en los trayectos con y sin Vehículo de Última Milla (VUM). Además de la clasificación con dimensiones y masa de los paquetes utilizados por la empresa Amazon.

Medición	Usuario 1 Tiempo [min]	Usuario 2 Tiempo [min]
Atravesar estacionamiento	4.03	4.19
Subir caminando	3.30	2.22
Bajar caminando	2.04	2.18
Suma de tiempo [min]	5.34	4.40
Subir en elevador	3.29	3.57
Bajar en elevador	2.11	3.15
Suma de tiempo [min]	5.40	6.72
Promedio de tiempo [min]	5.37	5.56

Tabla B.2 – Jerarquización y categorización de necesidades.

TAMAÑOS DE PAQUETES

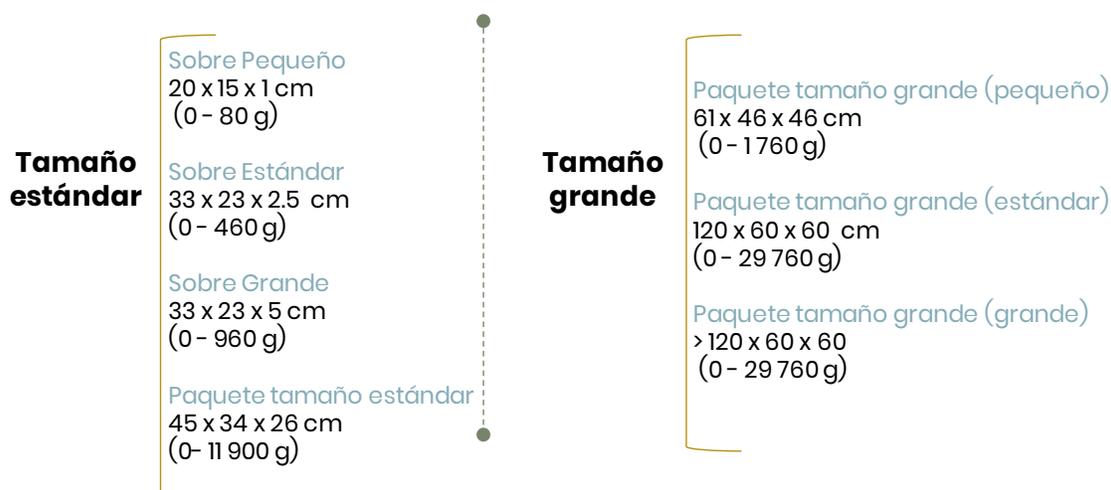


Figura B.1 – Clasificación de paquetes de la empresa Amazon [44].

C.4 LISTA DE NECESIDADES DEL COLABORADOR

En este apartado se encuentra la lista completa de las necesidades obtenidas de la segunda reunión con colaboradores, una vez definida la experiencia y algunos aspectos tomados en cuenta para definir el rumbo del desarrollo del proyecto

EL VUM:

1. Debe acceder a centros comerciales (c.c.) y elevadores de corporativos (Tamaño)

2. Debe ser accesible a c.c. y corporativos (parte estética)
3. No se deben de ver las llantas/que no parezca vehículo motorizado
4. Se debe transportar fácilmente
5. Debe ser seguro para el usuario
6. Debe ser fácil de guardar
7. Debe tener un costo menor a \$30,000 MXN
8. Debe ser fácil de reparar
9. Debe ser de manejo suave (cómodo para el usuario)
10. Debe ser ligero, esbelto y grande
11. Debe usar componentes comerciales (reproducibles y reparables)
12. Debe ser más veloz que un humano corriendo
13. Debe servir para todo un día de entrega
14. Debe ser de uso rudo (resistente a baches y/o topes)
15. Debe tener piezas largamente durables (muchos ciclos de trabajo)
16. Debe llevar al menos 35 paquetes (mayoría sobres y cajas muy pequeñas)
17. Dimensiones máximas del contenedor por lado de 60cm (brazo humano)
18. Debe tener sistemas de seguridad antirrobo
19. Debe ser rastreable
20. Debe acceder a terrenos por donde la camioneta no es capaz de circular
21. Debe proteger los paquetes (es mejor perder el vehículo, que un paquete).
22. Debe ser eléctrico
23. Debe poder ser fabricado y escalable.

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, para ser comparado con las dimensiones de un contenedor de motocicleta (Volumen).

D. ANEXO CICLO 3

D.1 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE PROPUESTA DE VUM

En este apartado se encuentran las tablas de las características de las propuestas de Vehículos de Última Milla (VUM) para su evaluación y selección.

Descripción	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
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, manubrio telescópico, 3 bisagras,)	Plegado: 11 (1 bisagra, seguro para que no se caiga llanta, seguro de tijera, 4 eslabones, seguro ya extendido, 2 brazos telescópicos y manubrio telescópico)
Mecanismo de plegado	Corredera	Bisagras	Bisagras / Mecanismo de tijera
Tracción	Trasera	Delantera	Delantera
Configuración (delta, tadpole, scooter)	delta	tadpole	tadpole
Sentado/ Parado	Sentado	Parado	Parado
Control	Diferencial electrónico leyendo ángulo de manubrio	Control de giro de llantas delanteras y llanta trasera actuada	Control de giro de llantas delanteras y llanta trasera actuada
Llantas ocultas	Sí, menos una	Todas	Sí (sólo una llanta)
Se carga o se jala	Se jala	Ambas	Jala
Piezas de función crítica (carga)	Corredera, asiento (contenedor)	Visagras (especialmente llantas)	Bisagra y mecanismo de tijera
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 bisagra, acomodar llanta trasera mec. de tijera, poner seguro del mecanismo de tijera)
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 bisagras.

Tabla D.1– Características de propuestas de VUM (parte 1).

Descripción	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6
Cantidad de piezas	Llantas con motor: 2	Llantas con motor: 1	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: 6	Piezas de manubrio: 2	Piezas de manubrio: 2
	Contenedor: 1	Contenedor: 1	Contenedor: 1
	Sensores: 1 (joystick)	Sensores: 0	Sensores: 2 (joystick cada mano)
	Plegado: 16 (2 plataforma, 2 bisagras, 3 seguros plataforma, seguro pos1, 1 riel, 1 separador, 1 rodillo, seguro pos2, manubrio giratorio X2, manubrio telescópico X2)	Plegado: 12 (2 rieles, 2 rodillos, 2 seguros, 2 separadores, 2 bisagras, 2 tercer punto de apoyo)	Plegado: 10 (2 bisagra, 4 seguros plataforma, manubrio telescópico X2, 2 plataformas)
	Actuación de llanta trasera: 2 (o más...)		
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, bisagras 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 telescópico 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 telescópico 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.

Tabla D.2 – Características de propuestas de VUM (parte 2).

E. ANEXO CICLO 4

E.1 ESTUDIO COMPARATIVO

Tablas completas de características utilizadas para el estudio comparativo de vehículos relacionados con la propuesta del producto.

Vehículo	MODOBAG	Airwheel SE3	Luggie élite	Relync RI	ATTO
Imagen					
Uso	Viaje (aeropuerto)	Viaje	Movilidad urbana / Asistencia	Movilidad urbana	Movilidad urbana/asistencia
Configuración	4 puntos	Delta	4 puntos	Delta	Delta
Tamaño vehículo (largo x ancho x alto)	55.8 x 22.86 x 35.56 [cm]	62.9 x 36.5 x 82.6 [cm]	100 x 46 x 78 [cm]	109 x 55 x 89 [cm]	120 x 56 x 90 [cm]
Potencia de motor	200 [w]	250 [w]	120 [w]	200 [w]	360[w]
Tamaño de llanta y tipo	- Poliuretano de alto rendimiento	Delantera 6[in] Traseras 8 [in] Aire	Delanteras 6 [in] Traseras 7 [in] Sólidas de goma	Delantera 8[in] y Traseras 10 [in] aire	Delantera 8[in] y traseras 9[in] aire
Tracción	Trasera	Delantera	Trasera	Delantera	Delantera
Tipo de freno	De cable activados con palanca	Electrónico	Electromagnético y regenerativo	SBS (disco y pastillas)	Regenerativo/ electromecánico
Batería	Li 24 [v]	Li-B 37 [v]	Li 24 [v] / 10 [Ah]	Li-Ion -	Li-Ion 48 [v] /12 [Ah]
Autonomía	9.6 [km]	-	23.3 [km]	15 [km]	16 [km]
Velocidad máxima	13 [km/h]	10 [km/h]	7.2 [km/h]	6.4 [km/h]	10 [km/h]
Estructura	Chasis Aluminio Carcasa de nylon balístico	Marco aleación de aluminio Carcasa ABS	Aleación de aluminio	Aluminio grado aeronáutico y PVC	Aluminio, ABS reforzado
Masa vehículo	9 [kg]	14.5 [kg]	25.4 [kg]	27.5 [kg]	30.05 [kg]
Carga máxima	118 [kg]	100 [kg]	145 [kg]	120 [kg]	130 [kg]
Suspensión	No tiene	No tiene	Delantera central	Trasera doble	No tiene
Inclinación máxima	0°	-	6°	6°	6°
Radio de giro	-	-	90 [cm]	135 [cm]	135 [cm]

Tabla E.1 – Características de vehículos evaluados para el estudio comparativo (parte 1).

Vehículo	Xiaomi M365	Mercane MX60	Ecoreco L5	Egret eight V2
Imagen				
Uso	Movilidad urbana	Movilidad urbana	Movilidad urbana	Movilidad urbana
Configuración	En línea	En línea	En línea	En línea
Tamaño vehículo (largo x ancho x alto)	113 x 43 x118 [cm]	127 x 62 x 128 [cm]	104 x 56 x 117 [cm]	111 x55.5 x115 [cm]
Potencia de motor	250 [W]	1200[W] c/u	700 [W]	350[W]
Tamaño de llanta y tipo	8.5 [in] Aire con cámara	11 [in] de aire sin cámara	8[in] Delantera rellena de poliuretano y trasera maciza	8 [in] Delantero aire y trasero goma
Tracción	Delantera	Doble	Trasera	Trasera
Tipo de freno	Disco + regenerativo	Disco	Regenerativo	Tambor
Batería	Litio-Ion 42 [V] / 7.8 [Ah]	Li-Ion 60 [V]	Li-Ion/LiFePo4 48 [V] /36 [V]	Li-Ion 48 [V] / 11.6 [Ah]
Autonomía	30 [km]	100 [km]	16-51 [km]	30 [km]
Velocidad máxima	25 [km/h]	60 [km/h] Limitado a: 25 [km/h]	32 [km/h]	28 [km/h]
Estructura	Aluminio aeroespacial y acero	Aluminio Maquinado en CNC	Aluminio y acero inoxidable	Aleación metal
Masa vehículo	12.5 [kg]	35 [kg]	12 [kg]	14 [kg]
Carga máxima	100 [kg]	120 [kg]	131 [kg]	100 [kg]
Suspensión	Delantera (opcional)	Delantero y trasera de aire	Delantera y trasera doble	Delantera y trasera
Inclinación máxima	14-20°	40°	20-25°	-
Radio de giro	-	-	-	-

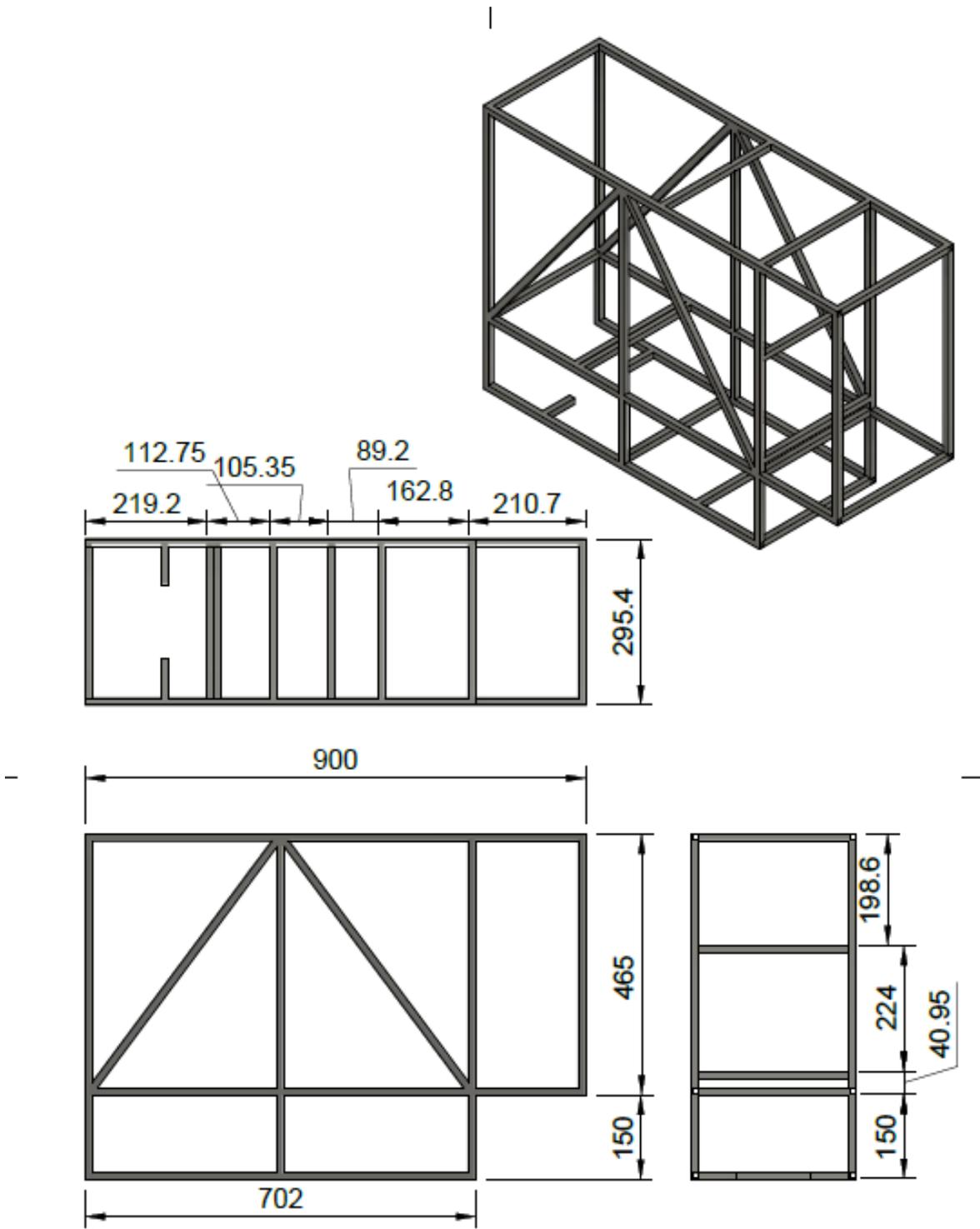
Tabla E.2 – Características de vehículos evaluados para el estudio comparativo (parte 2).

Vehículo	Razor E300s	Weped SS	Huffy 18309P	Cityfly Fly1
Imagen				
Uso	Movilidad urbana	Movilidad urbana	Movilidad urbana	Movilidad urbana
Configuración	En línea	En línea	En línea	En línea
Tamaño vehículo (largo x ancho x alto)	102 x 43 x 106 [cm]	134 x 24 x 122 [cm]	116 x 43 x 120 [cm]	43 x 49 x 108 [cm]
Potencia de motor	250 [W]	3, 600 [w]	250 [W]	250 [W]
Tamaño de llanta y tipo	10 [in] aire	11 [in] sin aire	6 [in] Sólidas	8.5 [in] Delantera rígida y trasera aire
Tracción	Trasera	Doble	Delantera	Delantera
Tipo de freno	-	Disco, hidráulico doble	Disco	Disco
Batería	Li-Ion 24 [V]	Li-Ion 72 [V]	Li-Ion 36 [V] / 7.5 [Ah]	Li 36 [V]/6 [Ah]
Autonomía	40 min. de uso continuo	120 [km]	25 [km]	35 [km/h]
Velocidad máxima	24 [km/h]	40-50 [km/h]	20-25 [km/h]	20-25 [km/h]
Estructura	Acero	Aluminio, acero y polipropileno	Aluminio	Aluminio
Masa vehículo	24 [kg]	52 [kg]	15 [kg]	17.8 [kg]
Carga máxima	100 [kg]	160 [kg]	100 [kg]	110 [kg]
Suspensión	No tiene	Delantera central	No tiene	No tiene
Inclinación máxima	-	-	-	13°
Radio de giro	-	-	-	-

Tabla E.3 – Características de vehículos evaluados para el estudio comparativo (parte 3).

E.2 ESTRUCTURA VUMi1

Medidas en las que se basó la fabricación de la primer estructura de VUMi1.

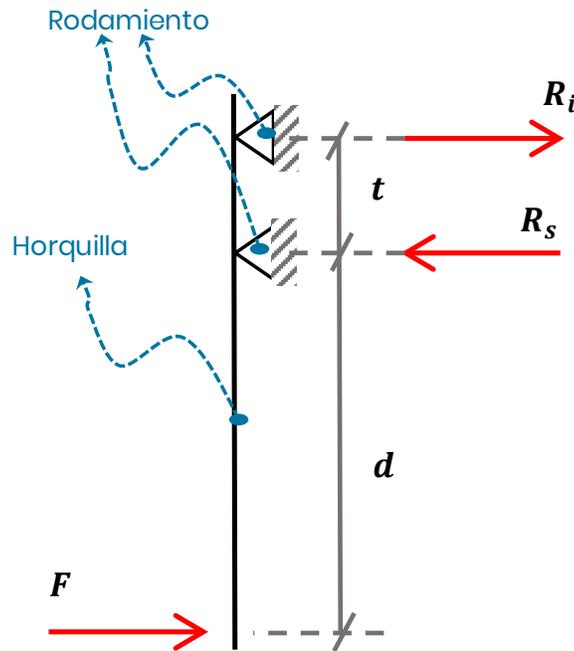


Medidas en : [mm]

Figura E.1 – Medidas para estructura del primer prototipo.

E.3 ANÁLISIS EN RODAMIENTOS VUMi3

En este apartado se encuentra el análisis realizado en los rodamientos, de acuerdo al ensayo normalizado de flexión estática para la horquilla de una bicicleta.



							Rodamiento s	Rodamiento i
F [N]	t [cm]	d [cm]	t [m]	d [m]	Ri [N]	Rs [N]	Momento [N*m]	Momento [N*m]
1500	11	28	0.11	0.28	5,318.18	-3,818.18	420	585
1500	12	28	0.12	0.28	5,000.00	-3,500.00	420	600
1500	13	28	0.13	0.28	4,730.77	-3,230.77	420	615
1500	14	28	0.14	0.28	4,500.00	-3,000.00	420	630
1500	15	28	0.15	0.28	4,300.00	-2,800.00	420	645
1500	16	28	0.16	0.28	4,125.00	-2,625.00	420	660
1500	17	28	0.17	0.28	3,970.59	-2,470.59	420	675
1500	18	28	0.18	0.28	3,833.33	-2,333.33	420	690
1500	19	28	0.19	0.28	3,710.53	-2,210.53	420	705
1500	20	28	0.2	0.28	3,600.00	-2,100.00	420	720

Tabla E.4 – Análisis en rodamientos variando “t”, la distancia entre los dos rodamientos.

F [N]	t [cm]	d [cm]	t [m]	d [m]	Ri [N]	Rs [N]	Rodamiento s	Rodamiento i
							Momento [N*m]	Momento [N*m]
1500	16	39	0.16	0.39	5,156.25	-3,656.25	585	825
1500	16	38	0.16	0.38	5,062.50	-3,562.50	570	810
1500	16	37	0.16	0.37	4,968.75	-3,468.75	555	795
1500	16	36	0.16	0.36	4,875.00	-3,375.00	540	780
1500	16	35	0.16	0.35	4,781.25	-3,281.25	525	765
1500	16	34	0.16	0.34	4,687.50	-3,187.50	510	750
1500	16	33	0.16	0.33	4,593.75	-3,093.75	495	735
1500	16	32	0.16	0.32	4,500.00	-3,000.00	480	720
1500	16	31	0.16	0.31	4,406.25	-2,906.25	465	705
1500	16	30	0.16	0.3	4,312.50	-2,812.50	450	690
1501	16	29	0.16	0.29	4,221.56	-2,720.56	435.29	675.45
1501	16	28	0.16	0.28	4,127.75	-2,626.75	420.28	660.44
1501	16	27	0.16	0.27	4,033.94	-2,532.94	405.27	645.43
1501	16	26	0.16	0.26	3,940.13	-2,439.13	390.26	630.42
1501	16	25	0.16	0.25	3,846.31	-2,345.31	375.25	615.41
1501	16	24	0.16	0.24	3,752.50	-2,251.50	360.24	600.4
1501	16	23	0.16	0.23	3,658.69	-2,157.69	345.23	585.39
1501	16	22	0.16	0.22	3,564.88	-2,063.88	330.22	570.38
1501	16	21	0.16	0.21	3,471.06	-1,970.06	315.21	555.37
1501	16	20	0.16	0.2	3,377.25	-1,876.25	300.2	540.36

Tabla E.5 – Análisis en rodamientos variando la distancia “d” entre el final de la horquilla, al primer rodamiento..

E.4 ANÁLISIS DE RADIO DE GIRO

En esta sección se encuentra el análisis relacionado al radio de giro realizado en el segundo y tercer prototipo.

VUMi3					
				Radio de giro frontal	Radio de giro trasero
δ_K [°]	δ_K [rad]	L [cm]	R [cm]	$Rf=L/\text{sen } \delta_K$ [cm]	$Rr=L/\text{tan } \delta_K$ [cm]
5	0.0873	75.23	862.07	863.17	859.88
6	0.1047	75.23	718.39	719.71	715.77
7	0.1222	75.23	615.77	617.30	612.70
8	0.1396	75.23	538.80	540.55	535.29
9	0.1571	75.23	478.93	480.90	474.98
10	0.1745	75.23	431.04	433.23	426.65
11	0.1920	75.23	391.85	394.27	387.02
12	0.2094	75.23	359.20	361.84	353.93
13	0.2269	75.23	331.57	334.43	325.86
14	0.2443	75.23	307.88	310.97	301.73
15	0.2618	75.23	287.36	290.67	280.76
16	0.2793	75.23	269.40	272.93	262.36
17	0.2967	75.23	253.55	257.31	246.07
18	0.3142	75.23	239.46	243.45	231.53
19	0.3316	75.23	226.86	231.07	218.48
20	0.3491	75.23	215.52	219.96	206.69
21	0.3665	75.23	205.26	209.92	195.98
22	0.3840	75.23	195.93	200.82	186.20
23	0.4014	75.23	187.41	192.54	177.23
24	0.4189	75.23	179.60	184.96	168.97
25	0.4363	75.23	172.41	178.01	161.33
26	0.4538	75.23	165.78	171.61	154.24
27	0.4712	75.23	159.64	165.71	147.65
28	0.4887	75.23	153.94	160.24	141.49
29	0.5061	75.23	148.63	155.17	135.72
30	0.5236	75.23	143.68	150.46	130.30

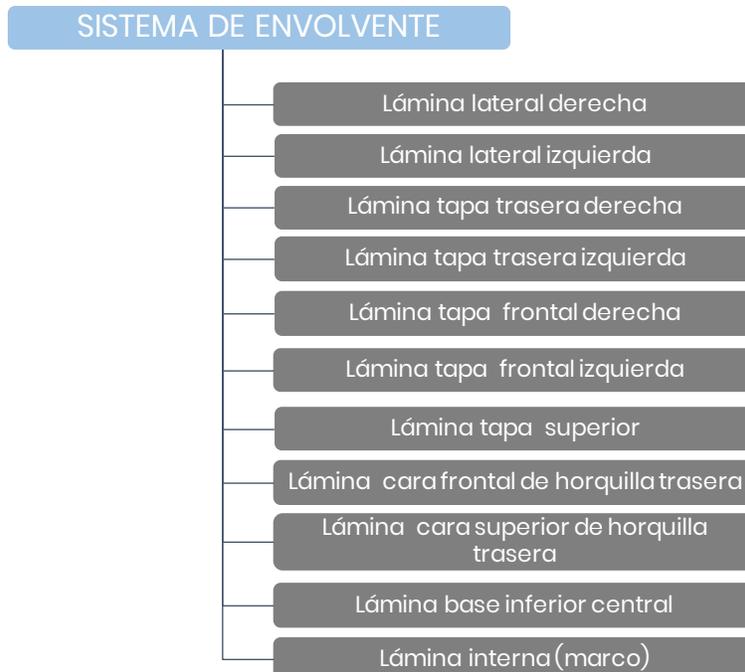
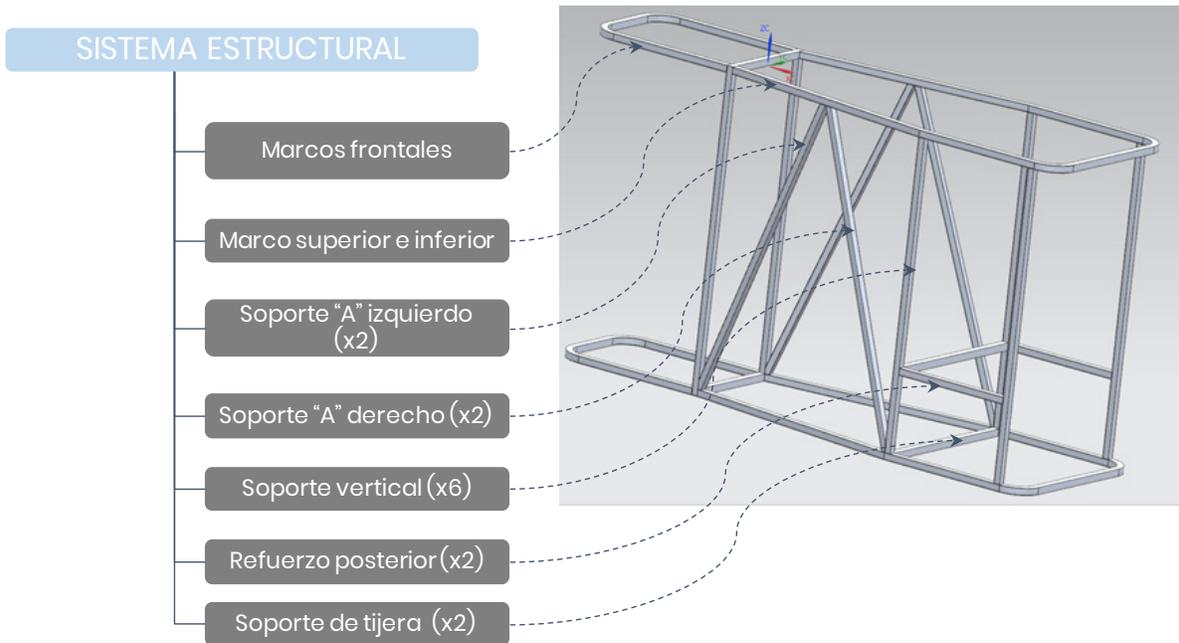
Tabla E.6 – Análisis del radio de giro VUMi3.

VUMi2					
				Radio de giro frontal	Radio de giro trasero
δ_K [°]	δ_K [rad]	L [cm]	R [cm]	$R_f=L/\text{sen } \delta_K$ [cm]	$R_r=L/\text{tan } \delta_K$ [cm]
5	0.0873	71	813.60	814.63	811.53
6	0.1047	71	678.00	679.24	675.52
7	0.1222	71	581.14	582.59	578.25
8	0.1396	71	508.50	510.16	505.19
9	0.1571	71	452.00	453.86	448.28
10	0.1745	71	406.80	408.87	402.66
11	0.1920	71	369.82	372.10	365.26
12	0.2094	71	339.00	341.49	334.03
13	0.2269	71	312.92	315.62	307.53
14	0.2443	71	290.57	293.48	284.77
15	0.2618	71	271.20	274.32	264.98
16	0.2793	71	254.25	257.58	247.61
17	0.2967	71	239.29	242.84	232.23
18	0.3142	71	226.00	229.76	218.52
19	0.3316	71	214.11	218.08	206.20
20	0.3491	71	203.40	207.59	195.07
21	0.3665	71	193.71	198.12	184.96
22	0.3840	71	184.91	189.53	175.73
23	0.4014	71	176.87	181.71	167.27
24	0.4189	71	169.50	174.56	159.47
25	0.4363	71	162.72	168.00	152.26
26	0.4538	71	156.46	161.96	145.57
27	0.4712	71	150.67	156.39	139.35
28	0.4887	71	145.29	151.23	133.53
29	0.5061	71	140.28	146.45	128.09
30	0.5236	71	135.60	142.00	122.98

Tabla E.7 – Análisis del radio de giro VUMi2.

E.5 ARQUITECTURA POR SISTEMAS DE VUMi3

A continuación se encuentran los diagramas de los sistemas y cada componente de cada uno. Además de la listas de partes y los planos de las piezas.



SISTEMA DE ACCESO Y SEGURIDAD

Puerta de modulo de energía

Puerta de acceso

Caballote

Cerradura de puerta de acceso

Cerradura de módulo de energía

SISTEMA DE SOPORTE PARA EL USUARIO

Asiento

Reposapiés

Soporte para celular

SISTEMA DE FRENADO

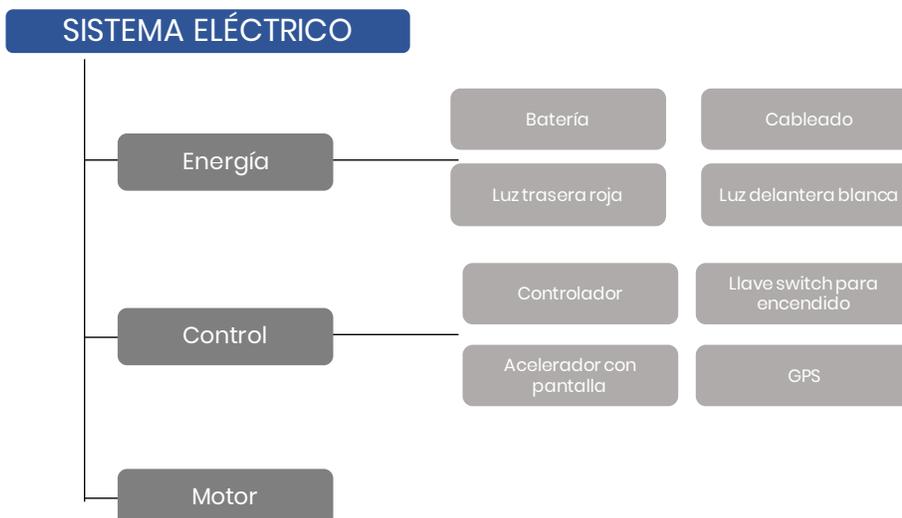
Palanca de freno

Chicote

Disco de freno

Caliper

Soporte para Caliper



E.6 LISTA DE PARTES Y PLANOS DE VUMi3

ITEM	CLAVE	NOMBRE	# DE PIEZAS	MATERIAL	PLANO
	E	ESTRUCTURA			
1	E1	Marco frontal	2	Tubular cuadrado, acero al carbón 1/2 in, cal 18.	1
2	E2	Marco superior e inferior	2	Tubular cuadrado, acero al carbón 1/2 in, cal 18.	1
3	E3	Soporte vertical	6	Tubular cuadrado, acero al carbón 1/2 in, cal 18.	1
4	E4	Refuerzo posterior	2	Tubular cuadrado, acero al carbón 1/2 in, cal 18.	1
5	E5	Soporte horquilla trasera	3	Tubular cuadrado, acero al carbón 1/2 in, cal 18.	1
6	E6	Soporte "A" derecho	2	Tubular cuadrado, acero al carbón 1/2 in, cal 18.	1
7	E7	Soporte "A" izquierdo	2	Tubular cuadrado, acero al carbón 1/2 in, cal 18.	1
8	E8	Soporte horizontal	2	Tubular cuadrado, acero al carbón 1/2 in, cal 18.	1
9	E9	Soporte horizontal 2	2	Tubular cuadrado, acero al carbón 1/2 in, cal 18.	1
10	E10	Refuerzo solera	1	Tubular cuadrado, acero al carbón 1/2 in, cal 18.	1
11	E11	Tope	2	Tubular cuadrado, acero al carbón, 3 / 4 in, calibre 18	1
12	E12	Placa reposapiés	2	Placa acero al carbón, calibre 1/8 in	1
	EN	ENVOLVENTE			
13	EN1	Lámina lateral derecha	1	Lámina acero al carbón calibre 22	1
14	EN2	Lámina lateral izquierda	1	Lámina acero al carbón calibre 22	1
15	EN3	Lámina tapa trasera derecha	1	Lámina acero al carbón calibre 22	1
16	EN4	Lámina tapa trasera izquierda	1	Lámina acero al carbón calibre 22	1
17	EN5	Lámina tapa frontal derecha	1	Lámina acero al carbón calibre 22	1
18	EN6	Lámina tapa frontal izquierda	1	Lámina acero al carbón calibre 22	1
19	EN7a	Lámina tapa superior	1	Lámina acero al carbón calibre 22	1
20	EN7b	Esquinera curva	2	Lámina acero al carbón calibre 22	1
21	EN8	Lámina cara frontal de horquilla trasera	1	Lámina acero al carbón calibre 22	1
22	EN9	Lámina cara superior de horquilla trasera	1	Lámina acero al carbón calibre 22	1
23	EN10	Lámina base inferior central	1	Lámina acero al carbón calibre 22	1
24	EN11	Lamina interna (marco)	1	Lámina acero al carbón calibre 22	1
25	EN12	Puerta de acceso	1	Lámina acero al carbón calibre 22	1
	D	DIRECCION			
26	D1	Manubrio	1	Integrado por piezas M1 y M2	1
27	M1	Manubrio superior	1	Tubular redondo, acero al carbón 7/8 in, cal 18.	
28	M2	Manubrio inferior	1	Tubular redondo, acero al carbón 7/8 in, cal 18.	
29	D2	Taza superior	1	PIEZA COMERCIAL	-
30	D3	Telescopio con soportes	1	Integrado por piezas TE1, TE2 y TE3	1
31	TE1	Telescópico corto	1	Tubular redondo, acero al carbón 1 1/4 in, cal 18.	
32	TE2	Telescópico vertical	1	Tubular redondo, acero al carbón 1 1/4 in, cal 18.	-
33	TE3	Telescópico largo	1	Tubular redondo, acero al carbón 1 1/4 in, cal 18.	-
34	D4	Solera de unión	1	Solera, 1 1/2 in x 3/16 in	1
35	D5	Taza inferior	1	PIEZA COMERCIAL	-
36	D6	Horquilla	1	PIEZA COMERCIAL	-
37	D7	Eje frontal	1	PIEZA COMERCIAL	-
38	D8	Llanta frontal con motor	1	PIEZA COMERCIAL	-
39	D9	Codo para motor	1	PLA	1
	EP	EJE POSTERIOR			
40	EP1	Tijera	1	Integrado por piezas T1, T2 y T3	1
41	T1	Tubo diagonal	2	Tubular redondo, acero al carbón 3/4 in, cal 18	-
42	T2	Soporte de eje	2	Solera, acero al carbón, 3mm	-
43	T3	Tubo horizontal	2	Tubular redondo, acero al carbón 3/4 in, cal 18	-
44	EP2	Soporte para calíper	1	Integrado por piezas S1 y S2	1
45	S1	Ángulo de soporte	1	Ángulo acero al carbón 1/8 x 1 1/2 in	-
46	S2	Tubo de soporte	1	Tubular cuadrado, acero al carbón 1/2 in, cal 18	-
46	EP3	Calíper	1	PIEZA COMERCIAL	-
48	EP4	Disco de freno	1	PIEZA COMERCIAL	-
49	EP5	Llanta trasera	1	PIEZA COMERCIAL	-
50	EP6	Eje trasero	1	Barra redonda, acero al carbón, 1/2 in.	1
	F	FRENADO			
51	F4	Palanca de freno	1	PIEZA COMERCIAL	-
52	F5	Chicote	1	PIEZA COMERCIAL	-
	SE	ELÉCTRICO			
53	SE1	Batería 48V	1	PIEZA COMERCIAL	-
54	SE2	Luz trasera roja	1	PIEZA COMERCIAL	-
55	SE3	Luz delantera blanca	1	PIEZA COMERCIAL	-
56	SE4	Cableado	1	PIEZA COMERCIAL	-
57	SE5	Controlador	1	PIEZA COMERCIAL	-
58	SE6	Acelerador con pantalla	1	PIEZA COMERCIAL	-
59	SE7	Llave switch para encendido	1	PIEZA COMERCIAL	-
60	SE8	GPS	1	PIEZA COMERCIAL	-
61	SE9	Carcasa de batería	1	MDF 3 mm	1
62	SE10	Convertidor DC a DC step down	1	PIEZA COMERCIAL	-
63	SE11	Soporte para el controlador	2	Lámina de acero al carbón, cal 18	1
64	SE13	Platina	1	Lámina de acero al carbón 1/16 in (1.5 mm)	1
	AS	ACCESO Y SEGURIDAD			
65	AS1	Puerta de módulo de energía	1	Lámina acero al carbón calibre 22	1
66	AS2	Puerta de acceso	1	Lámina acero al carbón calibre 18	1
67	AS3	Cerradura de puerta de acceso	1	PIEZA COMERCIAL	1
68	AS4	Cerradura de módulo de energía	1	PIEZA COMERCIAL	1
69	AS5	Caballote	1	PIEZA COMERCIAL	-
	SU	SOPORTE PARA USUARIO			
70	SU1	Asiento	1	Vinil y espumado de polímero.	1
71	SU2	Reposapiés	1	PIEZA COMERCIAL	-

Tabla E.8 – Lista de partes VUMi3.