

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE MEDIOS DE MOVILIDAD SOSTENIBLES  
EN LIMA METROPOLITANA: EL MONOCICLO ELÉCTRICO Y LOS  
MODOS PEATONAL Y CICLISTA**

**Tesis para obtener el título profesional de INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

Jorge Jarel Solano Motta

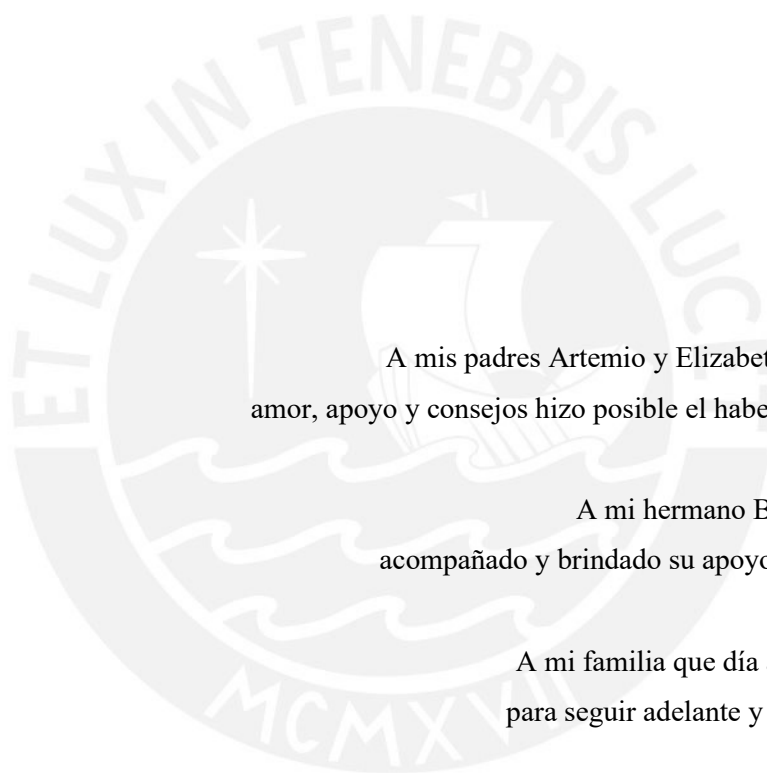
**ASESOR**

Fernando José Campos De La Cruz

**Lima, Julio, 2022**

## RESUMEN

La dificultad de poder desplazarse en las ciudades ha ocasionado que la calidad de vida de las personas se vea afectada. La movilidad sostenible como nuevo paradigma pretende mejorar los desplazamientos, otorgando mayor importancia a los peatones, ciclistas y al transporte público. Sin embargo, tanto el peatón como ciclista podrían presentar problemas en sus desplazamientos. Ambos modos dependen de energía humana para moverse por lo que poseen un límite de esfuerzo físico que ocasiona cansancio y desistimiento. El peatón posee un radio de influencia y velocidad baja que le impide recorrer largas distancias. Por otro lado, la bicicleta, debido a su tamaño y maniobrabilidad, no puede interactuar bien con el peatón en la infraestructura peatonal. Mientras que, con el transporte público, el ciclista no puede realizar un ingreso directo con su bicicleta a los buses o estaciones, necesita de cicloparqueaderos donde dejar su vehículo. Esta acción implica que el ciclista invierta tiempo adicional en su traslado y la imposibilidad de continuar el viaje en bicicleta. El proyecto de investigación tiene como objetivo principal explorar el desempeño del monociclo eléctrico como un tipo vehículo de movilidad personal, que podría integrarse con el peatón y ser una alternativa a la bicicleta. Se definen dos hipótesis: el monociclo eléctrico es un vehículo de movilidad personal que muestra indicios de una correcta convivencia entre peatones, e indicios de semejanza y mejora a las características del modo bici. El proyecto se desarrolló a través de 5 etapas. La primera etapa fue la revisión bibliográfica. La segunda fue la comparación de características similares entre los VMP y el peatón y ciclista, eligiendo a los VMP más compatibles con ambos modos. La tercera etapa fue realizada en campo y tomando como referencia el método de la observación directa, se elaboró y planteó un cuestionario para aplicar al VMP elegido con el peatón y ciclista a través de desplazamientos por rutas urbanas. La cuarta fue la comparación del nivel de integración del VMP con el transporte público y la identificación del costo económico y energético del VMP elegido. La quinta fue la recopilación de todos los resultados más importantes para la resolución de los objetivos. Se resolvió en primer lugar que el monociclo eléctrico modelo Airwheel X3 junto con el Mini Segway son los VMP que más características compatibles tienen con el peatón y ciclista. En etapas posteriores donde se utilizó el monociclo eléctrico, y aplicando el cuestionario se pudo mostrar la similitud y potencial convivencia entre el monociclo eléctrico y los peatones. También se observó que su interacción en veredas no ocasionó inconvenientes ni puntos de conflicto. Además, se identificó una gran similitud de características con la bicicleta, por ejemplo, las velocidades en ciclovías. Por otro lado, se pudo demostrar que el monociclo eléctrico posee una integración más eficiente con el transporte público que la bicicleta. El monociclo eléctrico puede ingresar a los buses debido a su reducido tamaño, el cual se encuentra dentro de los límites de volumen permitido en el transporte público. Esto favorece de manera importante la multimodalidad. Por último, se mostró que el consumo mensual energético y monetario del monociclo eléctrico (8.12 Kw y 4.5 soles respectivamente) es favorablemente bajo.



### *Agradecimientos*

A mis padres Artemio y Elizabeth, su incondicional amor, apoyo y consejos hizo posible el haber llegado hasta acá.

A mi hermano Brando por haberme acompañado y brindado su apoyo en todo momento.

A mi familia que día a día me da soporte para seguir adelante y cumplir mis metas.

A mi enamorada y compañera María del Carmen, sus ganas de salir adelante me impulsan y motivan a dar lo mejor de mí.

A mi asesor Fernando por su tiempo, paciencia, guía y conocimiento brindado a lo largo del proyecto.

A mis amigos que estuvieron presentes a lo largo de mi vida universitaria y profesional brindándome apoyos y consejos.

# ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivos del proyecto .....	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos .....	2
1.2. Hipótesis .....	3
1.3. Justificación .....	3
1.4. Alcance y limitaciones.....	3
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 La movilidad y su papel en las ciudades.....	5
2.1.1 Tránsito, transporte y movilidad.....	5
2.1.2 Movilidad sostenible.....	7
2.1.3 Movilidad y territorio urbano.....	8
2.1.4 Tecnología y movilidad .....	9
2.1.4.1 Vehículos eléctricos de movilidad personal y micromovilidad .....	10
2.2 El peatón y el modo peatonal.....	13
2.2.1 Peatón en la movilidad sostenible y la intermodalidad.....	15
2.2.3 Características físicas y espacio requerido para el peatón .....	16
2.2.3.1 Características y limitaciones de velocidad y radio de influencia del peatón .....	17
2.2.4 Infraestructura peatonal.....	18
2.3 La bicicleta y el modo ciclista.....	20
2.3.1 La bicicleta en la movilidad sostenible y intermodalidad .....	22
2.3.2 Características físicas y espacio requerido para el ciclista.....	23
2.3.2.1 Características y limitaciones de velocidad y radio de influencia del ciclista .....	24
2.3.3 Infraestructura ciclista.....	25
2.4.-Vehículos de movilidad personal-VMP.....	26
2.4.1 Antecedentes y características.....	26
2.4.2 Tipos de los vehículos de movilidad personal-VMP .....	27
2.4.3 Infraestructura .....	37
2.4.3.1 Normas y leyes de circulación sobre los vehículos de movilidad personal .....	37
2.5 Conclusiones del capítulo .....	40
CAPÍTULO 3.-METODOLOGÍA .....	42
3.1 Comparación y elección del tipo de vehículo de movilidad personal.....	43
3.1.1 Tamaño y dimensiones.....	43
3.1.2 Maniobrabilidad del VMP .....	43

3.1.3 Autonomía de viaje y radio de influencia .....	44
3.1.4 Velocidad promedio y velocidad máxima.....	44
3.1.5 Uso con otros medios de transporte (multimodalidad). .....	44
3.1.6 Disponibilidad y facilidad de adquirir el VMP .....	45
3.2 Etapa exploratoria en el lugar de estudio para el monociclo eléctrico junto con el peatón y ciclista .....	45
3.2.1 Desempeño del monociclo eléctrico al desplazarse entre peatones. ....	46
3.2.2 Comparación de características en campo de monociclo eléctrico y la bicicleta.....	47
3.3 Integración del monociclo eléctrico con el transporte público frente a la bicicleta. ....	48
3.4 Identificar el consumo económico y de energía eléctrica del monociclo eléctrico. ....	49
CAPÍTULO 4. CASO DE ESTUDIO .....	50
4.1 Comparación y elección del tipo de VMP frente al peatón y ciclista .....	50
4.1.1 Elección de modelo del monociclo eléctrico y proceso de aprendizaje. ....	54
4.2 Infraestructura ciclovial y peatonal de rutas seleccionadas .....	56
4.2.1 Velocidad mínima del monociclo eléctrico.....	66
4.3 Uso del monociclo eléctrico con el transporte público .....	66
4.4 Consumo económico y de energía eléctrica de monociclo eléctrico .....	69
CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	71
5.1 Elección del tipo de vehículo de movilidad personal.....	71
5.2 Comportamiento del monociclo eléctrico al desplazarse entre peatones .....	72
5.3 Velocidad de marcha y recorrido del monociclo eléctrico contra la bicicleta .....	83
5.4 Monociclo eléctrico y su integración con el transporte público.....	87
5.5 Costo del consumo de energía mensual. ....	89
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....	99
ANEXOS .....	1
Anexo A:.....	2
Anexo B: .....	3
Anexo C .....	3

## Lista de Figuras

Figura 2.1: Jerarquía de prioridades en la movilidad.....	6
Figura 2.2: Diferencia entre las dimensiones de un automóvil y un tipo de vehículo eléctrico de movilidad personal.....	11
Figura 2.3: Jerarquía de modos incluyendo a los vehículos de movilidad personal .....	13
Figura 2.4: Etapas de viaje y posibilidades de integración .....	15
Figura 2.5: Dimensiones y requerimientos de espacio para peatones.....	16
Figura 2.6: Dimensiones mínimas de desplazamientos para diferente tipos de peatones.....	17
Figura 2.7: Velocidades de diferentes tipos de peatones .....	18
Figura 2.8: Distribución de probabilidad de muerte de un peatón.....	19
Figura 2.9: Velocidad promedio según modos de transporte.....	21
Figura 2.10: Uso de bicicletas plegables en transporte público .....	23
Figura 2.11: Espacio de operación y dimensiones del ciclista.....	24
Figura 2.12: Clasificación inicial de los VMP según la dirección general de tráfico de España.....	28
Figura 2.13: Conocimiento de los peatones sobre los vehículos de movilidad personal .....	29
Figura 2.14: Características técnicas del SEGWAY I2 SE .....	30
Figura 2.15: Características técnicas del Mini Segway-Ninebot S .....	30
Figura 2.16: Características técnicas del patinete eléctrico – Xiaomi Mijia M365 .....	31
Figura 2.17: Características técnicas del patinete eléctrico con sillín – Ecoxtrem Sparrow. ....	32
Figura 2.18: Características técnicas del monociclo eléctrico – Airwheel x3 .....	32
Figura 2.19: Características técnicas del Hoverboard – Hoverboard S10 .....	33
Figura 2.20: Características técnicas del skateboard eléctrico – Airwheel M3 .....	34
Figura 2.21: Características técnicas de bicicleta de pedaleo asistido – ewheel LEED.....	35
Figura 2.22: Características técnicas del Segway con asiento– Airwheel A3 .....	35
Figura 2.23: Características técnicas del hovershoes – Inmotion hovershoes X1 .....	36
Figura 4.1: Espacio de operación de un ciclista y dimensiones de peatón estándar .....	51
Figura 4.2: Monociclos eléctricos disponibles en Perú de la marca Airwheel .....	55
Figura 4.3: Monociclo seleccionado para su uso .....	55
Figura 4.4: Distribución de viajes para el trabajo o estudio en Lima Metropolitana .....	56
Figura 4.5: Calles típicas en Lima Metropolitana.....	57
Figura 4.6: Ciclovía de la avenida Universitaria y las 3 rutas elegidas. ....	58
Figura 4.7: Ciclovía a lo largo de toda la avenida Universitaria.....	59
Figura 4.8: Ubicación de la ruta 1 distinguiendo desplazamiento por ciclovía y vía peatonal. ....	59
Figura 4.9: Ruta 1. Ciclovía en la parte central de la calzada con flujo bidireccional de bicicletas .....	60
Figura 4.10: Ruta 1. Tramo de ruta y desplazamiento para el ingreso a zona peatonal. ....	61

Figura 4.11: Ruta 1. Obstáculos permanentes en la vía que invaden el espacio de peatones. ....	61
Figura 4.12: Ubicación de la ruta 2 resaltando desplazamiento en ciclovía y en vía peatonal .....	62
Figura 4.13: Ruta 2. Ciclovía en los laterales de la calzada con flujo unidireccional de bicicletas.....	62
Figura 4.14: Ruta 2. Tramo de ruta y desplazamiento entre ciclovía y la vía peatonal en estudio .....	63
Figura 4.15: Ruta 2. Obstáculos permanentes en la vía que invaden el espacio de peatones .....	63
Figura 4.16: Ubicación de la ruta 3 distinguiendo por tipo de desplazamiento .....	64
Figura 4.17: Ruta 3. Ciclovía en los laterales de la calzada principal con flujo unidireccional .....	65
Figura 4.18: Ruta 3. Tramo de ruta entre ciclovía y la vía peatonal en estudio .....	65
Figura 4.19: Ruta 3. Obstáculos permanentes en la vía que interrumpe el espacio de circulación.....	66
Figura 4.20: Dimensiones de equipaje permitido y transporte de vehículos permitidos .....	67
Figura 4.21: Dimensiones de equipaje y vehículos menores permitidos dentro de las estaciones y buses.....	68
Figura 5.1: Vista frontal y de perfil de peatón, ciclista y los VMP elegidos . ....	72
Figura 5.2: Interacción del monociclo eléctrico con peatones o inmobiliario en ruta 1 .....	75
Figura 5.3: Mayor interacción del monociclo eléctrico con peatones en la acera .....	75
Figura 5.4: Interacción del monociclo eléctrico con peatones o inmobiliario en ruta 2 .....	77
Figura 5.5: Mayor interacción del monociclo eléctrico con peatones o inmobiliario en ruta 2.....	78
Figura 5.6: Interacción del monociclo eléctrico con peatones o inmobiliario en ruta 3 .....	80
Figura 5.7: Mayor interacción del monociclo eléctrico con peatones o inmobiliario en ruta 3.....	80
Figura 5.8: Posible cadena de rutas de viaje incluyendo al monociclo eléctrico en sus múltiples opciones que presenta .....	92

## Lista de tablas

Tabla 2.1: Diferencias entre tráfico y movilidad para el objeto y sujeto de estudio .....	6
Tabla 2.2: Incremento en el ingreso de vehículos ligeros electrónicos a Perú.....	12
Tabla 2.3: Tipo de peatones y subgrupos.....	14
Tabla 2.4: Niveles de servicio según el HCM .....	20
Tabla 2.5: Perfil y características del ciclista urbano en su desplazamiento.....	24
Tabla 2.6: Esquema y características de la red de infraestructura ciclovial en Lima.....	26
Tabla 2.7: Evolución de los vehículos de movilidad personal a través de los años.....	27
Tabla 2.8: Regulación sobre el uso de los VMP en diferentes ciudades y países del mundo .....	38
Tabla 2.9: Regulaciones sobre el uso de los VMP o micro movilidad en Lima Metropolitana.....	39
Tabla 2.10: Relación de energía cinética entre diferentes usuarios del espacio público.....	40
Tabla 4.1: Características generales de los 10 VMP a analizar con el peatón y ciclista.....	50
Tabla 4.2: Dimensiones, volumen y peso de una bicicleta estándar, bicicleta plegable y el monociclo eléctrico.....	53
Tabla 4.3: Disponibilidad de adquirir en Perú o en el extranjero los VMP. ....	54
Tabla 4.4: Volumen y peso de los 4 vehículos de micromovilidad a comparar .....	69
Tabla 4.5: Potencia consumida por hora de diferentes aparatos eléctricos.....	69
Tabla 4.6: Tiempo de carga y consumo de energía para el monociclo eléctrico .....	70
Tabla 5.1: Resultado general sobre el cumplimiento de cada característica comparada .....	71
Tabla 5.2: Velocidad mínima promedio del monociclo eléctrico .....	73
Tabla 5.3: Velocidad de los peatones frente a la velocidad mínima del monociclo eléctrico.....	73
Tabla 5.4: Comparación de velocidad de los niveles de servicio con el monociclo eléctrico. ....	82
Tabla 5.5: Velocidad de recorrido y marcha para el monociclo y bicicleta en ciclovía. ....	83
Tabla 5.6: Velocidad en cruceo peatonal para el monociclo eléctrico y bicicleta.....	84
Tabla 5.7: Velocidad para el monociclo y bicicleta en zona peatonal .....	85
Tabla 5.8: Velocidades del monociclo eléctrico a diferentes velocidades de diseño.....	86
Tabla 5.9: Dimensiones permitidas dentro del transporte público y dimensiones de los vehículos de micromovilidad.....	87
Tabla 5.10: Comparación de volúmenes entre el monociclo eléctrico y el volumen permitido en el transporte público.....	88
Tabla 5.11: Consumo de energía y costo mensual por el número de usos a la semana .....	89
Tabla 5.12: Estimación de la duración del vehículo por el número de usos a la semana .....	90

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la dificultad de poder desplazarse en Lima Metropolitana es considerada junto con la corrupción y la delincuencia, 3 de las principales problemáticas que afecta a la población limeña (Alegre, 2016). Una de las soluciones más recurrentes a lo largo de los años fue el de considerar al automóvil como el modo de transporte más importante de la ciudad y al que todas las políticas y decisiones de movilidad estén dirigidas. En la actualidad está demostrado que estas acciones repercuten de manera negativa y perjudicial a la ciudad (construir mayores autopistas solo genera e induce mayor tráfico en un mediano y largo plazo). Desde la perspectiva de la movilidad sostenible se pretende modificar este dominio de los automóviles, identificando como los principales actores a los peatones, ciclistas y transporte público. Sin embargo, tanto el peatón como el ciclista pueden mostrar algunas deficiencias en sus desplazamientos.

En primer lugar, enfocándonos en medios de movilidad sostenibles para cortas distancias se encuentra el peatón y la caminata, principal actor dentro del paradigma de la movilidad sostenible, el cual al ser la forma más básica y natural de movilidad humana su infraestructura está presente en todo el espacio público; diseño de calles, avenidas, parques, urbanizaciones, centros comerciales, etc. Todo esto ayudado por las pequeñas dimensiones que requiere para su desplazamiento. Sin embargo, debido a las características fisiológicas que posee el peatón, los desplazamientos que realiza son en su mayoría cortos y de bajas velocidades (un exceso de estos produce cansancio y fatiga), lo cual restringe la posibilidad de recorrer o abarcar grandes distancias (radio de influencia menor). Como segundo modo de mayor importancia para distancias cortas está la bicicleta, el cual tiene la capacidad de recorrer mayores distancias que el peatón y además de poseer un mayor rango de velocidad y mayor radio de influencia. Sin embargo a diferencia del peatón, la bicicleta necesita de una adecuada infraestructura para garantizar su uso, tema que lo limita enormemente por carecer de esta, por lo que sus desplazamientos tienden a ser restringidos por la ciudad obligando al ciclista usar la infraestructura dedicada a otros modos como el automóvil y los peatones, ambas infraestructuras presentan problemas de desplazamiento para el ciclista, es muy peligroso interactuar con los automóviles mientras con los peatones por diferencias en tamaño la bicicleta no puede desarrollar correctamente sus velocidades. Si bien es cierto el peatón y la bicicleta son los modos más importantes para trayectos cortos a medianos, al usarlo junto a una red integrada con otros medios de transporte especialmente con el transporte público hace que se expanda el trayecto original para tramos largos, además que estos dos modos son adaptables a la intermodalidad con el transporte público, mientras la interacción del peatón con el transporte público se da de forma natural y directa, la bicicleta presenta restricciones debido a su tamaño ya que no puede ingresar de manera directa, dependiendo enormemente de infraestructura externa para poder usar el transporte público (cicloparqueaderos

dentro de las estaciones o aledaños a él), dicha acción lo limita y lo imposibilita de continuar con su trayecto original, el de usar la bicicleta luego del transporte público.

Por otro lado, dentro de la promoción y uso de medios alternativos más eficientes que el automóvil, podemos encontrar a los vehículos eléctricos los cuales poseen nula emisión de gases contaminantes y escasa contaminación acústica, dentro de esta categoría se pueden ubicar a una emergente y muy amplia gama de vehículos eléctricos de uso personal que tienen como fin el desplazamiento de las personas. Los denominados vehículos de movilidad personal (VMP) además, se encuentran en una nueva categoría de movilidad denominada micromovilidad que son vehículos que se caracterizan por ser de un tamaño similar o menor al de la bicicleta y atender distancias cortas. Uno de los primeros VMP en surgir fue el Segway. Para el proyecto se utilizará el monociclo eléctrico, el cual a diferencia del Segway posee un menor tamaño.

Debido a las características técnicas y físicas que posee el monociclo eléctrico a diferencia de los demás VMP, este podría tener ciertas semejanzas o similitudes a las características que poseen el peatón y ciclista en sus desplazamientos y de cierta manera integrarse a estos modos. En cuanto al peatón, el monociclo eléctrico se podría asimilar a su figura y proporcionar un mayor radio de influencia en sus desplazamientos. En cuanto a la bicicleta podría competir con ella ya que podría desarrollar velocidades muy parecidas, además que podría mejorar sus aspectos limitantes como desplazarse junto con el peatón e integrarse de manera más eficiente al transporte público ya que el monociclo eléctrico posee dimensiones reducidas que podría fomentar la intermodalidad. Además, se tratará de mostrar el consumo energético y monetario que el monociclo eléctrico produce al usarlo.

## **1.1. Objetivos del proyecto**

### **1.1.1. Objetivo general**

Explorar el desempeño del monociclo eléctrico como un tipo vehículo de movilidad personal, que podría integrarse con el peatón y ser una alternativa a la bicicleta.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Seleccionar y comparar las características de los vehículos de movilidad personal existentes y seleccionar a los VMP más idóneos con los peatones y ciclistas.
- Determinar el desempeño del monociclo eléctrico al desplazarse entre peatones.
- Determinar la velocidad promedio del monociclo eléctrico en rutas urbanas en comparación a la bicicleta.
- Comparar el nivel de integración del monociclo eléctrico con el transporte público frente a la bicicleta.
- Identificar el costo económico y energético del uso del monociclo eléctrico como medio de movilidad urbano.

## **1.2. Hipótesis**

El monociclo eléctrico es un vehículo de movilidad personal que muestra indicios de una correcta convivencia entre peatones, e indicios de semejanza y mejora a las características del modo bici.

## **1.3. Justificación**

La reciente introducción de los vehículos eléctricos en las dinámicas de movilidad en las ciudades hace que sea necesario estudiar sus características tanto técnicas como físicas. Aquello ayudaría a entender mejor este nuevo tipo de movilidad y observar la posibilidad que los VMP puedan acoplarse y mejorar deficiencias existentes en los modos actuales de movilidad como lo son el peatón y la bicicleta, además de integrarse con el transporte público. Por lo que se puede otorgar un valor teórico a la investigación.

Los viajes de corta distancia que se realizan en automóvil en Lima Metropolitana podrían ser modificados por modos más eficientes y beneficiosos para la ciudad, es en esta línea que los VMP por sus características físicas y técnicas podrían formar parte de esta solución, desplazándose junto con los peatones y ciclistas. Con respecto a los viajes de larga distancia, el uso del transporte público como el mejor medio masivo de transporte debe ser potenciado por los demás modos mediante la multimodalidad, el uso del monociclo eléctrico como una herramienta que podría cumplir esta función además de mejorar la manera en cómo lo realiza la bicicleta. Se podría entonces otorgar relevancia social a la investigación.

Además, parte de la investigación puede ser de utilidad metodológica ya que las herramientas utilizadas para la recolección de datos y la manera en cómo se aplican podrían formar parte de procedimientos estandarizados para el análisis de más casos a futuro.

## **1.4. Alcance y limitaciones**

El alcance de la investigación se puede considerar como exploratorio ya que la inserción de los vehículos de movilidad personal como nuevos participantes de la movilidad en ciudades es un fenómeno muy reciente y poco estudiado por lo que las técnicas a aplicar en el estudio suponen cierta innovación y propone preparar dicha área de conocimientos para estudios más elaborados y detallados. Por otra parte, el alcance también se puede considerar como descriptivo ya que en gran parte del estudio mediante la observación; como una herramienta importante, se detalla cómo se está realizando el desenvolvimiento del fenómeno de la interacción monociclo eléctrico-peatón y monociclo eléctrico-ciclista.

Debido al estudio exploratorio que presupone la investigación, los resultados obtenidos al ser casos puntuales y limitados deben ser considerados referenciales y no generalizables a todos los casos, sin

embargo, sí se pueden considerar como valores o cantidades que pueden mostrar tendencias de cómo se podrían comportar futuros casos similares.

Entre las limitaciones también se puede considerar que el estudio excluye de su análisis los desplazamientos en la calzada, toda interacción con automóviles se está excluyendo por considerarse muy peligroso y desventajoso tanto para el monociclo eléctrico, peatón y la bicicleta. Toda la interacción se dará en el espacio público destinado a los peatones y ciclistas.

Además, debido a que los vehículos de movilidad personal son relativamente nuevos participantes de la movilidad, las normas y leyes que se aplican a estos tipos de vehículos están en constante modificación y cambio, por lo que el estudio llevado a cabo debe considerarse con las leyes y normas del momento de realizado el proyecto



## **CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 La movilidad y su papel en las ciudades**

El modo en cómo nos movemos por la ciudad para resolver nuestras necesidades básicas y acceder a bienes y servicios fue cambiante a lo largo de los años, entre los diferentes enfoques que dieron las pautas para nuestros desplazamientos, el más difundido fue el de priorizar al automóvil para todo tipo de desplazamiento. Antes del arribo de los automóviles, los barrios tradicionales eran compactos y peatonales, su aparición trajo consigo que este modo de movilidad domine el trazado y diseño de calles y barrios, dispersión de la población y ubicación de las actividades (ONU-HABITAD, 2013). Basta con observar cómo es el espacio público en las ciudades, donde la prioridad al automóvil es más que evidente. Sin embargo, estas acciones traen a la ciudad mayores perjuicios que beneficios. Asociar a los coches privados con la prosperidad y estatus social, se contrasta enormemente en que su uso genera costos económicos, sociales y ambientales que disminuye la calidad de vida de las ciudades (ITDP-México, 2012). La calidad de vida de las personas se ve afectada y reducida, además de inversiones de dinero de forma no equitativa por parte del estado. Tal como lo menciona Dextre y Avellaneda (2014) es paradójico que los costos sociales, económicos y ambientales generados por un medio de transporte que la minoría utiliza deban ser soportados por el conjunto de la población. Es en este contexto que surge la movilidad como una alternativa para un cambio en el orden de prioridades de los desplazamientos y brindar un impacto positivo en la ciudad. La movilidad es uno de los elementos básicos para mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en las ciudades (ITDP-México, 2012).

#### **2.1.1 Tránsito, transporte y movilidad**

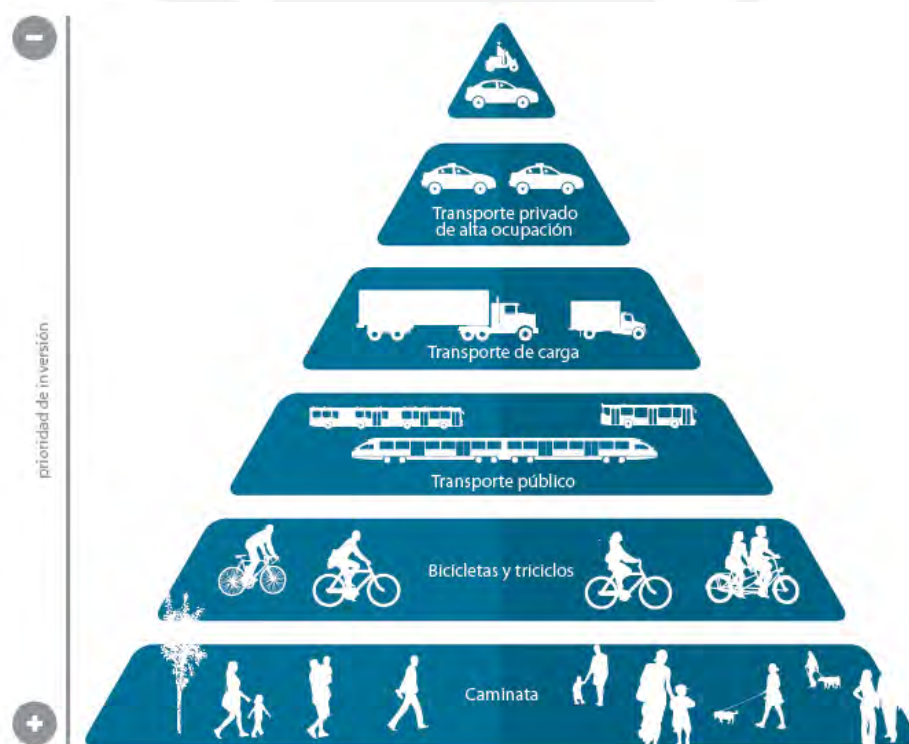
Para comprender la importancia y magnitud que juega la movilidad dentro de las ciudades y su territorio es necesario distinguir 3 términos que podrían traer confusión por su similitud: tránsito, transporte y movilidad. Tal como menciona Sanz (2005) la diferencia esencial entre tránsito, transporte y movilidad está en el sujeto de estudio. Mientras que el tránsito enfoca sus estudios y prioridades a los conductores de automóviles y sus desplazamientos, el transporte amplía su enfoque a todos los conductores de vehículos motorizados: automóviles, transporte público, motocicletas, etc., y sus respectivos desplazamientos. La movilidad por su parte prioriza y enfoca sus estudios a todas las personas, con sus distinciones propias de sexo, edad, condición física, etc., y las razones de su desplazamiento sin importar el modo en el cual lo realicen. Tal como lo menciona Dextre y Avellaneda (2014) si para el transporte o tráfico el objeto de estudio se centraba en la circulación de vehículos automotores, la movilidad se centra principalmente en el movimiento de las personas independientemente del modo a utilizar para desplazarse, es desde este nuevo concepto que emerge con fuerza el análisis de las necesidades de colectivos como: peatones, ciclistas o usuarios de transporte público.

**Tabla 2.1: Diferencias entre tráfico y movilidad para el objeto y sujeto de estudio**

	OBJETO	SUJETO
TRÁFICO	Medios de transporte a motor	Conductores de automóviles
MOVILIDAD	Todos los modos de desplazamiento	Personas (con toda su singularidad)

**Fuente: Adaptado de Dextre & Avellaneda, 2014.**

Es así que, con la movilidad se amplía el sujeto de estudio. Se configura un universo de estudio y demandas de movilidad mucho más amplio y diverso que el considerado en los estudios de tránsito y/o de transporte. Niños, personas de tercera edad, mujeres, personas con discapacidad, personas sensorialmente limitadas, inmigrantes, pasajeros de automóviles, etc. (Sanz, 2005). Estableciendo así en la movilidad una nueva jerarquía de prioridades.



**Figura 2.1: Jerarquía de prioridades en la movilidad**  
**Fuente: BID Ciclo Inclusión en América Latina y el caribe, 2015.**

Esta jerarquía de prioridades según la imagen ubica a los peatones, ciclistas y al transporte público como los principales actores y la base de la movilidad, otorgándoles mayor prioridad que al automóvil, al cual se le delega a un último nivel de prioridad. Tal como lo menciona Gehl (2014) transporte público, caminar o usar bicicleta son modos más eficientes de lograr una ciudad sostenible. Cabe resaltar que los principales actores en la movilidad cobrarán mayor importancia según las

distancias que recorran. La caminata y bicicleta son medios de transporte más eficientes para realizar desplazamientos cortos de hasta 5 km, a partir de ahí se oponen los vehículos a motor, siendo el más eficiente el transporte público desde una perspectiva colectiva (Dextre & Avellaneda, 2014).

Además, para poder potenciar e incrementar la eficiencia de estos modos en especial del transporte público es que se usa la intermodalidad al combinar dos o más modos de transporte. La intermodalidad consiste en la coexistencia de distintos modos de transporte y su perfecta combinación para favorecer el mejor uso del transporte público por parte de las ciudades (Dextre & Avellaneda, 2014). Esta combinación (intermodalidad) además, amplía la cobertura del transporte público. Este tipo de integración ha demostrado ser muy beneficioso para incrementar la cobertura de un sistema de transporte público, cobertura es 6 veces mayor ya que es posible recorrer más distancia (BID, 2015). Peatones, ciclistas y transporte público son sin duda actores importantes en los estudios de movilidad. Los nuevos proyectos para las ciudades deben empezar por diseñar rutas lo más directas y atractivas posibles para el desplazamiento peatonal y ciclista, para luego volcar su atención a las necesidades de otros medios de transporte, este nuevo orden de prioridades resultará en áreas urbanas más compactas con dimensiones más pequeñas (Gehl, 2014).

### **2.1.2 Movilidad sostenible**

A su vez al enfoque de movilidad se le añade o complementa el termino sostenibilidad, el cual de acuerdo a Brundlant (1987) consiste en satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras. Se considera así el uso no indiscriminado de los recursos y la necesidad de reducir los impactos ambientales .Tal como lo menciona Guillamón y Hoyos (2005) el termino sostenibilidad abarca necesariamente 3 esferas muy importantes: dimensión económica, social y ambiental, no solo las añade sino que establece una jerarquía entre ellas, se entiende, por tanto, que una movilidad sostenible es aquella que reduce las necesidades de desplazamiento de personas y mercancías a límites físicos y ambientales del territorio, a la vez privilegia el uso de modos de transporte más eficientes (sostenibilidad), facilita el acceso de toda la ciudadanía a un precio asequible (bienestar social), y promueve la prosperidad económica de dicho territorio (crecimiento económico) .Es así que con la sostenibilidad se amplía el ángulo de visión de los problemas de movilidad haciendo hincapié en las consecuencias ambientales de estas (Dextre & Avellaneda, 2014).

Entonces dentro del concepto de movilidad sostenible toma mucha importancia el término de ciudad compacta, policéntrica y accesible. Una ciudad que concentre funciones tanto residenciales como comerciales, laborales y de entretenimiento dentro de una urbe, sería considerada una ciudad compacta. Es decir, que agrupa los distintos usos y servicios urbanos de manera que sus habitantes no tengan que desplazarse grandes distancias para acceder a ellos (Alegre, 2016). Se valora mucho los desplazamientos de cortas distancias más aún si estos son realizados a pie o en bicicleta, es decir si una ciudad crece de manera ordenada y compacta la necesidad de utilizar medios de transporte

motorizados para acceder a los bienes y servicios que una ciudad brinda disminuye enormemente, contrario si es que la ciudad crece de manera dispersa y desordenada. Tal como lo menciona Avellaneda (2008) un espacio de alta complejidad permitirá desarrollar la vida cotidiana en un espacio local, requiriendo desplazamientos cortos estos mayormente resueltos a pie, un grado de no funcionalidad obliga realizar las actividades fuera del espacio de proximidad y siendo necesario tomar medios de transporte motorizados que permita salvar las grandes distancias. Es así que como menciona La Municipalidad de Lima (2017), la mejor opción de transporte sostenible en términos económicos, urbanos ambientales es la combinación de la caminata para distancias cortas, uso de la bicicleta para distancias intermedias y transporte público para distancias largas, cada uno se complementa con el otro con sus puntos débiles y fuertes. Reforzando aún más la pirámide de modos presentado anteriormente.

### **2.1.3 Movilidad y territorio urbano**

Es entonces que la movilidad plantea una visión mucho más amplia que los anteriores enfoques, y además toma mayor relevancia dentro de la ciudad y su distribución urbanística. La movilidad se convertirá en una actividad imprescindible para poder conectar los espacios y grupos sociales de la ciudad y sus habitantes haciéndolo de esta manera uno de los elementos imprescindibles para el correcto funcionamiento de la ciudad y su articulación (Avellaneda ,2008). Además, como menciona Dextre y Avellaneda (2014) la planificación del territorio urbano y la organización de la ciudad condicionan las pautas de movilidad que desarrollaran los habitantes de esta, si a cada modelo de ciudad corresponde un modelo de movilidad, se hace necesaria la integración de la movilidad en la planificación urbanística.

Queda marcado entonces que la planificación urbanística debe ir de la mano con la planificación de la movilidad. Es importante también resaltar que se hace necesaria una autoridad general que pueda unificar todos los aspectos involucrados de la movilidad y saber cómo manejarlos de manera integrada. Dextre y Avellaneda (2014) acotan que la movilidad es un campo de múltiples aristas donde intervienen aspectos de carácter social, económico, ambiental, infraestructural y además de la existencia de múltiples organismos de gestión pública en movilidad hace que existan permanentes contradicciones legislativas, conflictos, duplicidades. Para romper este molde es necesario crear una autoridad unificada del transporte y la movilidad cuyo objetivo consista en gestionar, planificar y fiscalizar la movilidad de la mano y en constante coordinación con la planificación urbana de las ciudades. Las políticas e ideas innovadoras orientadas hacia la movilidad sostenible requieren sólidas estructuras institucionales y de gobernanza para supervisar que su implementación se realice satisfactoriamente (ONU-HABITAD, 2013).

Se sitúa de esta forma a la movilidad sostenible en las ciudades dentro de un marco general que apunta al desarrollo sostenible de las naciones, el cual, está originando múltiples iniciativas alrededor

del mundo con los mismos objetivos, un desarrollo sostenible para mejorar la calidad de vida de las personas. Desde las primeras decisiones e informes: conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano 1972, la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas publicando Nuestro Futuro Común 1987, hasta las últimas y más nuevas renovaciones de decisiones ONU-HABITAD III, AGENDA 2030, pacto verde europeo, todos siendo direccionados hacia un mismo objetivo, el desarrollo sostenible de las naciones.

#### **2.1.4 Tecnología y movilidad**

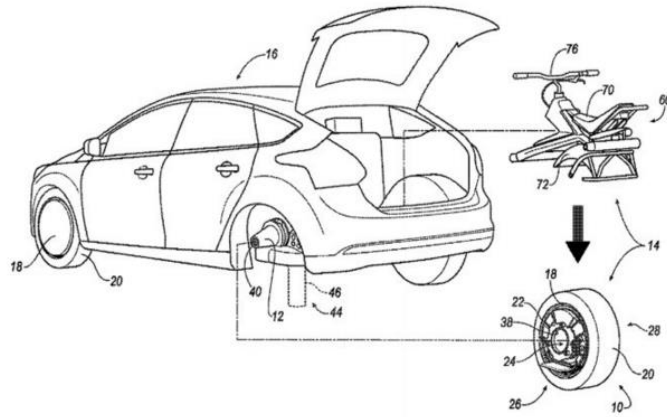
El aporte e influencia que está teniendo la tecnología en los múltiples campos y vertientes de la humanidad se hace mucho más notoria e importante en estos últimos años, el campo de movilidad no es ajeno a dichos cambios, donde se observa últimamente un rápido aumento en nuevas tecnologías emergentes. Tal como lo menciona ROP (2018) es de suma importancia observar como las nuevas tecnologías tienen y tendrán un impacto en la gestión, planificación y operación de la movilidad. Además, Mckinsey (2019) menciona: vehículos eléctricos y vehículos autónomos, redes de caminos inteligentes e interconectados, nuevos servicios e interfaces con clientes, son algunas de las transformaciones inminentes. En este contexto se pueden mencionar brevemente algunas de las tecnologías en movilidad que ya están siendo implementadas en algunos países, la mayoría europeos. Como el Mobility as a Service (MaaS), el Big data en la movilidad, el uso de datos de telefonía móvil (ROP, 2018). Se suma a estas últimas tecnologías según explica Maeso (2011) la optimización de servicios como el carpooling, uso compartido de automóviles; parkinpooling, aparcamiento de espacio compartido por horas; el carsharing, aparcamiento y alquiler de vehículos; bikesharing, red de bicicletas y aparcabicis. Se puede añadir el ride-hailing que son los vehículos de alquiler con conductor (Uber, Cafiby, etc.).

Por otra parte dentro de las tecnologías también es importante mencionar los vehículos eléctricos e híbridos los cuales supondrían un gran avance hacia modos de transporte menos contaminantes y más eficientes, los vehículos eléctricos se ubican entre las acciones que aumentan la eficiencia tecnológica de los sistemas de transporte, dentro del actual paradigma del transporte sostenible (Banister 2007). Siendo el aporte más valioso de este tipo de vehículos su poca o nula emisión de elementos contaminantes al medio ambiente en comparación con los vehículos de combustión interna. Según lo explica Gómez-Gelvéz et al. (2016) a pesar de que los vehículos de combustión interna han logrado reducir en consumo de combustible y emisiones gracias a los avances tecnológicos, las tecnologías basadas en electricidad pueden ser la única opción para lograr estándares ambientales bajos, especialmente en el consumo de energía. Como un último escalón en movilidad eléctrica se menciona a los vehículos autónomos, según explica López (2018) son aquellos vehículos eléctricos que pueden realizar tareas de conducción por sí mismos y que si bien en la actualidad se encuentran en fases de prueba, múltiples empresas ya están invirtiendo por estas capacidades para aplicaciones en el

transporte público, para el transporte de mercancías y operaciones en entornos específicos (minería, construcción, agricultura, etc.). Algo muy importante por destacar es que la mayoría de estas tecnologías ponen al transporte público como un elemento importante e imprescindible para el correcto funcionamiento de las ciudades ya sea como medio de conexión con otros modos (multimodalidad) o en el mismo transporte público en sí. Transporte público se convierte en un catalizador de la movilidad futura si es que se quiere incidir en la sostenibilidad y minimizar el coste para la persona INDRA (2018).

#### **2.1.4.1 Vehículos eléctricos de movilidad personal y micromovilidad**

Dentro de los cambios tecnológicos mencionados surgen también nuevos modelos de movilidad para las ciudades. Las modificaciones en los modelos energéticos, las restricciones a los desplazamientos por motivos medioambientales y una mayor concientización de la población, derivan en un incremento de nuevos modelos de movilidad (Fundación MAPFRE, 2019). Dentro de los cuales se encuentra una gama emergente de vehículos eléctricos de uso personal o como lo denominó por primera vez la Dirección General de Tráfico de España, vehículos de movilidad personal –VMP, este organismo en la actualidad lo define en la actualidad como: “un vehículo de una o más ruedas dotado de una única plaza y propulsado exclusivamente por motores eléctricos que pueden proporcionar al vehículo una velocidad máxima por diseño comprendida entre los 6 y 25 km/h” (Ministerio de la presidencia, 2020), también según el reglamento nacional de vehículos de Perú en el anexo II , numeral 90 define a los VMP como: “aquel vehículo equipado con motor eléctrico que permite su propulsión a una velocidad máxima de construcción de hasta 25 km/h ,el cual por diseño y características solo permite el desplazamiento de una persona o usuario” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2019). Ambas entidades asienten que este vehículo se caracteriza principalmente por ser de tamaño y uso personal, además de poseer una velocidad máxima de diseño de 25 km/h y acotando también que no se encuentra dentro de la clasificación de vehículos motorizados como tal, lo cual implica estar exentos de todas las obligaciones que implica poseer un vehículo automotor (licencia de conducir, póliza contra accidentes, etc.).



**Figura 2.2: Diferencia entre las dimensiones de un automóvil y un tipo de vehículo eléctrico personal**  
**Fuente: UPSTO, 2016.**

La diferencia de dimensiones entre un automóvil y un modelo de VMP salta a simple vista como se observa en la figura 2.2, además estos VMP se encuentran dentro de una nueva y emergente categoría de medios de transporte como es la micromovilidad, Rasheq et al. (2019) lo menciona como formas de transporte que pueden ocupar el espacio de una bicicleta; scooters eléctricos, bicicletas con y sin cadenas, y otros tipos de vehículos ligeros usados para mover personas en distancias relativamente cortas. No es raro entonces asociar a la micromovilidad mayormente con los vehículos eléctricos personales. Cabe destacar que esta nueva modalidad de transporte urbano con las características que poseen (tamaño y velocidad semejante a la bicicleta), podrían aportar en gran medida a los desplazamientos de cortas y medianas distancias e implementarse también en viajes intermodales (largas distancias) con el transporte público. La micromovilidad podría convertirse en una poderosa herramienta en la lucha para aumentar el acceso al transporte para comunidades desatendidas comúnmente (Rasheq et al., 2019). Por otro lado refiriéndose a viajes de cortas distancias e intermodalidad Mckinsey (2019) menciona que alrededor del 60 % de viajes que se realizan en automóvil en EE.UU, La Unión Europea y China poseen menos de 8 kilómetros de recorrido y que las velocidades de tráfico en varias ciudades promedian 15 km/h y es donde la micromovilidad podría traer grandes beneficios y soluciones, ya que además podría cubrir un estimado del 20 % de los viajes en transporte público (especialmente cerrando la brecha de la primera y última milla), así como todos los viajes realizados en bicicleta, ciclomotor, scooter eléctrico o caminando.

Su implementación y uso alrededor de las principales ciudades del mundo ya se encuentra en pleno crecimiento y expansión, tal como lo menciona Populus.ai (2018), las tasas de adopción (sobre todo en los scooters eléctricos) durante el corto periodo en el mercado han sobrepasado incluso a las aplicaciones de conducción durante sus primeros años. La ciudad de Lima no está exenta a estos sucesos, registrándose un incremento significativo en el ingreso de número de vehículos eléctricos personales a territorio peruano.

**Tabla 2.2: Incremento en el ingreso de vehículos ligeros electrónicos a Perú**

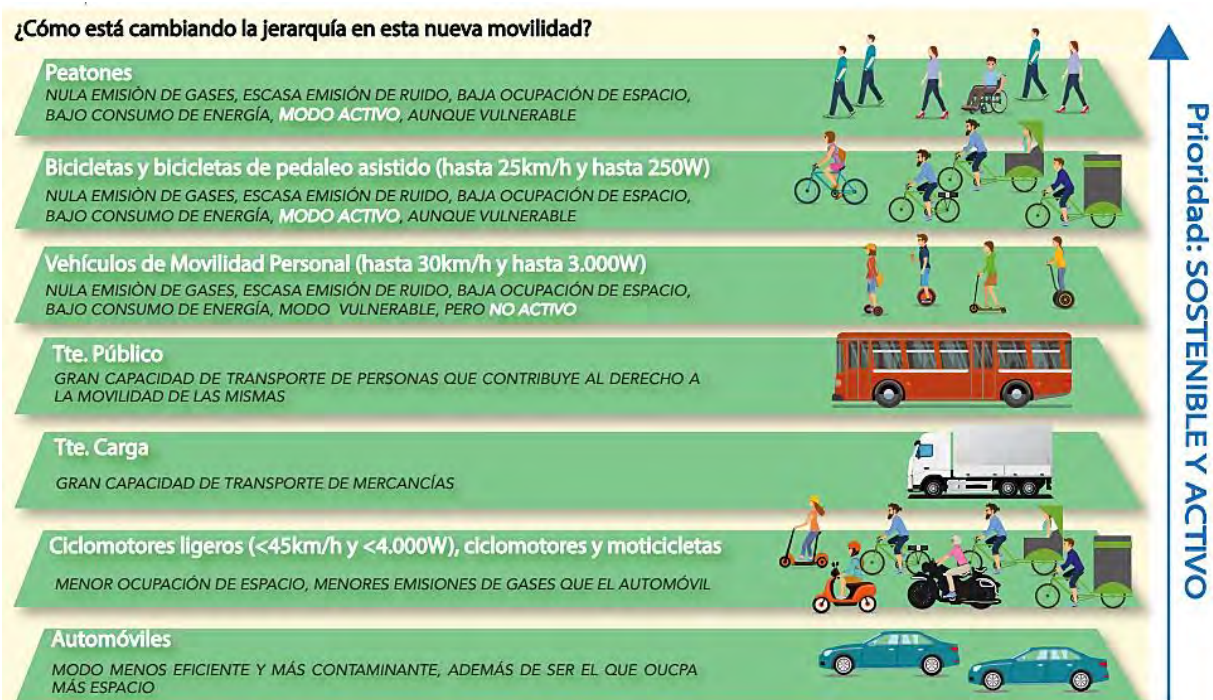
<b>IMPORTACIONES DE VEHÍCULOS LIGEROS ELÉCTRICOS</b>		
<b>Enero - Abril 2018</b>		
Vehículos ligeros eléctricos	Valor CIF - USD	Cantidad en unidades
Total general	381,466	1,220
<b>Enero - Abril 2019</b>		
Vehículos ligeros eléctricos	Valor CIF - USD	Cantidad en unidades
Total general	3,581,593	10,550

**Fuente: Adaptado de Gestión, 2019.**

Este escenario de acelerada proliferación de los VMP alrededor de las principales urbes en el mundo viene acompañado de una diferente forma de usar el espacio público por parte de los VMP (desplazamientos tanto en acera, ciclovías como en calzada), esta acción obliga a las municipios o gobiernos locales establecer ciertas normas y parámetros de uso, ya que este medio de transporte rompe el molde tradicional de desplazamientos, acera-peatones, calzada-automóviles (Rasheq et al., 2019). Existen múltiples posturas y normas implementadas que prohíben su desplazamiento por ciertos lugares que varían de acuerdo a las ciudades las cuales se tocarán más adelante, sin embargo, cabe destacar que esta aparición de nuevos modos de transporte responde a la necesidad de usar modos alternos al automóvil y hacer el cambio modal hacia medios más eficientes. Entonces la idea central debe ser no prohibir o eliminar medios de transporte que pueden traer beneficios a la ciudad. Tal como lo Rasheq et al. (2019). Las ciudades deben acoger la neutralidad modal, significa que si la micromovilidad apoya las metas de la ciudad mejorando la congestión, complementando el transporte público y disminuyendo las huellas de carbón de los individuos y la ciudad, esta debe ser bienvenida.

La aceptación e inserción de nuevos modos de desplazamientos en tanto estos mejoren la movilidad en las ciudades debería ser posible y no realizando prohibiciones en su uso. Tal como lo menciona Lima como vamos (2019) sobre movilidad sostenible, micromovilidad y los criterios que promueven. La movilidad sostenible como paradigma urbano asegura una escala humana de la calle, cuestionando los privilegios y dependencia del uso del automóvil, incentivando la caminata, la bicicleta y el uso de distintos artefactos de micromovilidad, jerarquizándolo según sus prioridades, en primer lugar al peatón como parte principal de los desplazamientos, en segundo lugar, la bicicleta y ahora los artefactos de micromovilidad deben ser considerados dentro del planeamiento, gestión y diseño urbano más aún deben ser promovidos pues generan muy bajas emisiones, en tercer lugar el transporte público debe ser promovido y alentado y en un último lugar los automóviles.

Tal como se mencionó en los apartados de movilidad sostenible, sobre la existencia de las prioridades y la pirámide de modos en la ciudad, los VMP o la micromovilidad se podrían adaptar e integrar a estos modos, tal como lo propone también la Mesa Española de la Bicicleta (2018) sobre como los VMP pueden modificar la pirámide de modos o la jerarquía en la movilidad actual, en la siguiente imagen se describe con mejor precisión.



**Figura 2.3: Jerarquía de modos incluyendo a los vehículos de movilidad personal**  
**Fuente: Mesa Española de la Bicicleta, 2018.**

Además, tal como menciona Lima como vamos (2019), junto con el transporte público, el peatón y el ciclista, el usuario de artefactos de micromovilidad, contribuye a construir una escala humana del espacio público y la calle. Entonces con el establecido orden de jerarquías en la movilidad sostenible donde los peatones, ciclistas y el transporte público juegan un papel preponderante y la aparición de un potencial nuevo modo que contribuye y refuerza los ideales de la movilidad sostenible, se desarrollan a continuación sobre los modos peatón, ciclistas y los vehículos de movilidad personal y cómo estos 3 modos podrían estar interrelacionados y convivir en la ciudad. En los cuales tanto el peatón como el ciclista podrían presentar ciertas deficiencias o problemas en sus desplazamientos y es donde los vehículos de movilidad personal podrían ayudar a estos dos modos.

## 2.2 El peatón y el modo peatonal

Se define como peatón a la persona que se moviliza a pie, dentro o sobre un dispositivo equipado con ruedas o corredores giratorios que no sea un vehículo (NZ Transport Agency, 2009). Dentro de este término se incluye de forma importante a varios tipos de peatones con diferentes necesidades y características en sus desplazamientos, la guía de Nueva Zelanda lo clasifica en tres tipos de peatones los cuales son:

**Tabla 2.3: Tipo de peatones y subgrupos**

<b>Tipos de peatones</b>	<b>Subgrupos</b>
<b>A pie</b>	Caminantes Corredores/trotadores Peatón adulto Peatón joven Peatones con limitaciones Peatón de tercera edad Peatones con perros guía Peatones sensorialmente limitados
<b>En ruedas pequeñas</b>	Tablas lineales Patines Skateboards Scooters de pie Personas con carritos
<b>Con movilidad reducida</b>	Movilidad con scooter Con sillas de ruedas manuales Con sillas de ruedas eléctricas Con andador

**Fuente: Adaptado NZ Transport Agency, 2009.**

Se observa diferentes tipos de peatones y con ello distintas características de movilidad. Se menciona también a los peatones en ruedas pequeñas. Estos dispositivos tienen la ventaja sobre el caminar a pie ya que reducen el tiempo de viaje, siendo útiles para viajes de utilidad (NZ Transport Agency, 2009). El concepto de peatón pone de manifiesto que no se trata únicamente de una sola figura o idealización de lo que significa un peatón, sino que ellos configuran un universo muy amplio; personas con objetos adicionados a sus desplazamientos, personas con objetos de ruedas como scooter o pequeños carritos y más. Es de suma importancia esta aclaración y la existencia de los diferentes tipos de peatones ya que abre la posibilidad de integrar o incluir a algún tipo de vehículo eléctrico o VMP que pueda reunir dichas características y estar dentro la categoría o tipo de peatón con ruedas pequeñas.

Es así que, la acción básica que realiza el peatón, la de caminar es denominada también el modo peatonal. Decimos que la forma de desplazarse a pie por un espacio público o privado, incluido las personas con movilidad reducida es el modo peatonal (Instituto de Desarrollo Urbano, 2006). Viajes a pie son realizados por toda persona que necesite movilizarse, en algunos casos representa el 100% de todo el trayecto y en otros un poco porcentaje ya que en algún punto del viaje la persona tendrá que caminar para llegar a su destino. Tal como lo menciona OECD (2011) el caminar es la forma fundamental de desplazarse, constituyendo el inicio y fin de todo desplazamiento y además es el modo de transporte más natural y original. Si bien es cierto que la acción de caminar puede considerarse como una actividad lineal o de solo circular, no se limita solo a esto ya que la acción de caminar se puede usar para más propósitos o actividades. Tal como lo describe Gehl (2014), sobre la existencia de 3 tipos de actividades: actividades necesarias como ir al trabajo, centro de estudio o ir de

compras, actividades opcionales como disfrutar de un paseo, ejercitarse, y actividades sociales como interactuar con otras personas en el espacio público. Consideradas estas apreciaciones considerar al modo peatonal como un medio exclusivamente de transporte sería erróneo ya que como se observó, las vías peatonales no solo se prestan para un uso exclusivo de circulación sino para otras actividades.

### 2.2.1 Peatón en la movilidad sostenible y la intermodalidad

Así como el peatón tiene una gran importancia dentro de la movilidad sostenible y más aún si hablamos de cortas distancias, el transporte público como medio de transporte masivo es una herramienta muy poderosa e importante para cubrir largas distancias dentro de las ciudades, tal como lo menciona Doig (2013) el modo peatonal no tiene el carácter suficiente para comunicar barrios alejados dentro de una misma ciudad, por eso que está en la necesidad de interactuar con otros modos como el transporte público. La importancia del transporte público deriva de las limitaciones de distancia que poseen los peatones en sus desplazamientos, debido a su moderada velocidad media (Pozueta, 2009). Esta limitación o inconveniente del peatón hace necesario su interacción entre dos o más modos de viaje para cubrir una determinada ruta, la cual se denomina intermodalidad. Caminar y el transporte público son elementos intrínsecos e interdependientes de una movilidad sostenible (OECD, 2011).

Por otro lado, es importante saber cómo se combina e interactúa el peatón con el transporte público. Todo usuario al utilizar el transporte público es consciente que este medio es solo una parte del viaje el cual realiza, especialmente en viajes de puerta a puerta donde la combinación de dos o más modos de viaje será necesaria, tal como lo menciona La Municipalidad de Lima (2017) los usuarios del transporte público en su totalidad tienen que viajar desde su origen hasta el paradero y al final del viaje desde el paradero a su destino, viajes de acceso y egreso hacia el transporte público se convierte en un parte inevitable.

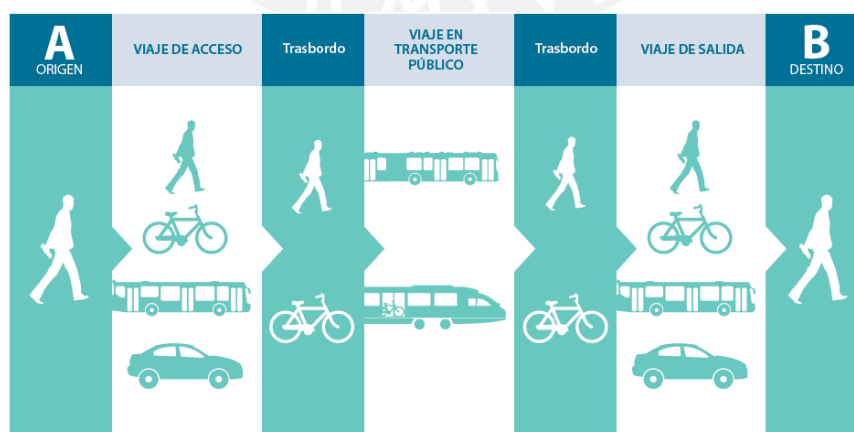


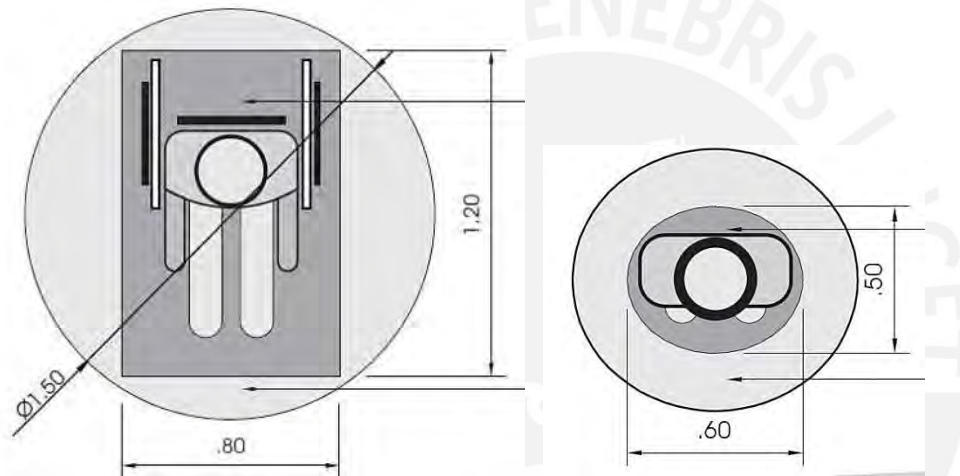
Figura 2.4: Etapas de viaje y posibilidades de integración

Fuente: BID, 2015.

Se muestra una figura 2.4 los viajes puerta a puerta y como este puede estar compuesto por diferentes modos, se resalta la importancia de la caminata en los viajes hacia y desde el transporte público a los siguientes modos. En consecuencia, según Pozueta (2009) para largas distancias la combinación de los desplazamientos a pie con el uso del transporte público promueve un sistema de movilidad sostenible, además que ambos modos pueden competir con el automóvil en cualquier viaje urbano.

### 2.2.3 Características físicas y espacio requerido para el peatón

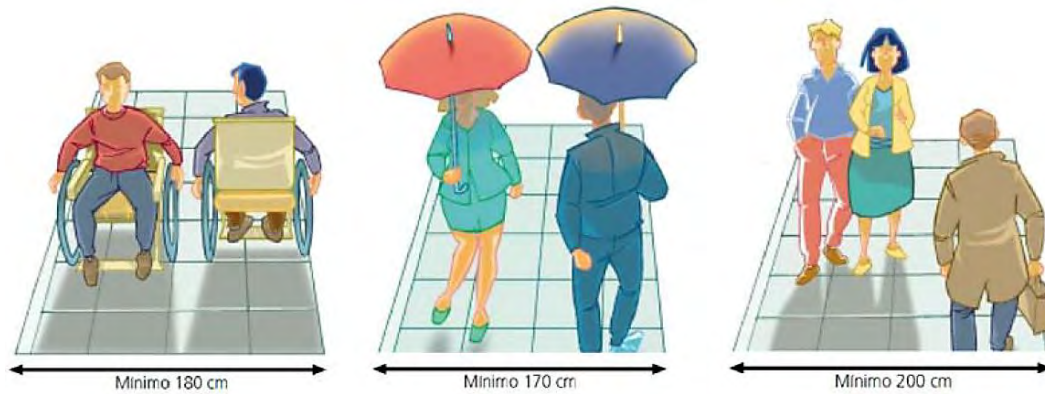
La amplia existencia de varios tipos de peatones hace que posean diferentes características de espacio, los peatones con movilidad restringida por ejemplo requerirán mucho más espacio para sus desplazamientos en comparación a otros peatones, ya que ellos necesitan otras herramientas extra para poder posibilitar sus movimientos.



**Figura 2.5: Dimensiones y requerimientos de espacio para peatones**  
Fuente: Instituto de Desarrollo Urbano, 2006.

Para ambos casos se observa que estos peatones tienen dimensiones diferentes y aumentarán para cuando inicien su movimiento ya que requieren mayor espacio, por un lado el peatón con silla de ruedas requerirá un espacio de  $0.96\text{m}^2$ , por otro lado el peatón estándar el cual define sus dimensiones por las características anatómicas del mismo, ancho de hombros 60 centímetros y profundidad de caja torácica 50 centímetros, dando un espacio requerido de  $0.3\text{m}^3$  el cual se incrementará conforme empiece el movimiento. Cabe destacar que estos requerimientos de espacio se verán afectados cuando exista mayor número de peatones movilizándose en la misma vía.

Por otro lado, para un desplazamiento de varios peatones en la vía pública, según la Fundación RACC (2004) 2 metros debería ser el ancho mínimo recomendado para un correcto desplazamiento de los diferentes tipos de peatones. Se describe con mayor precisión en la siguiente imagen.



**Figura 2.6: Dimensiones mínimas de desplazamientos de diferentes tipos de peatones**  
**Fuente: RAAC, 2004.**

Resalta en la imagen que los flujos en dos direcciones de personas desplazándose tienen que ser mayor que las dimensiones de personas en estado estático.

### 2.2.3.1 Características y limitaciones de velocidad y radio de influencia del peatón

De la misma manera que las dimensiones y área son variables dependiendo del tipo de peatón, la velocidad lo será según las características del peatón: edad, género, condición física, si es que posee o no movilidad reducida. Además, esta actividad requiere esfuerzo físico por parte del peatón lo que limita en gran parte los recorridos y las velocidades que pueda desarrollar. Tal como lo menciona Pozueta (2009) la dependencia de energía humana para desplazarse determina algunas de las principales limitaciones de los desplazamientos a pie, limitaciones que condicionan su velocidad y la duración/distancia del desplazamiento. Por esta razón que la velocidad y distancias que desarrollan los peatones son inferiores a los vehículos y hasta a los ciclistas.

El Instituto de Desarrollo Urbano (2006), muestra algunas velocidades características de los peatones: peatones jóvenes en pleno uso de sus facultades, 1.8 m/s; peatones en silla de ruedas de 1 a 1.2 m/s; velocidad promedio para cruce regulado por semáforo 1.2 m/s; vías peatonales a flujo libre 1.5m/s.

Además, la revista tráfico de la dirección general de tráfico de España, muestra las velocidades características de varios tipos de peatones que se muestran a continuación:

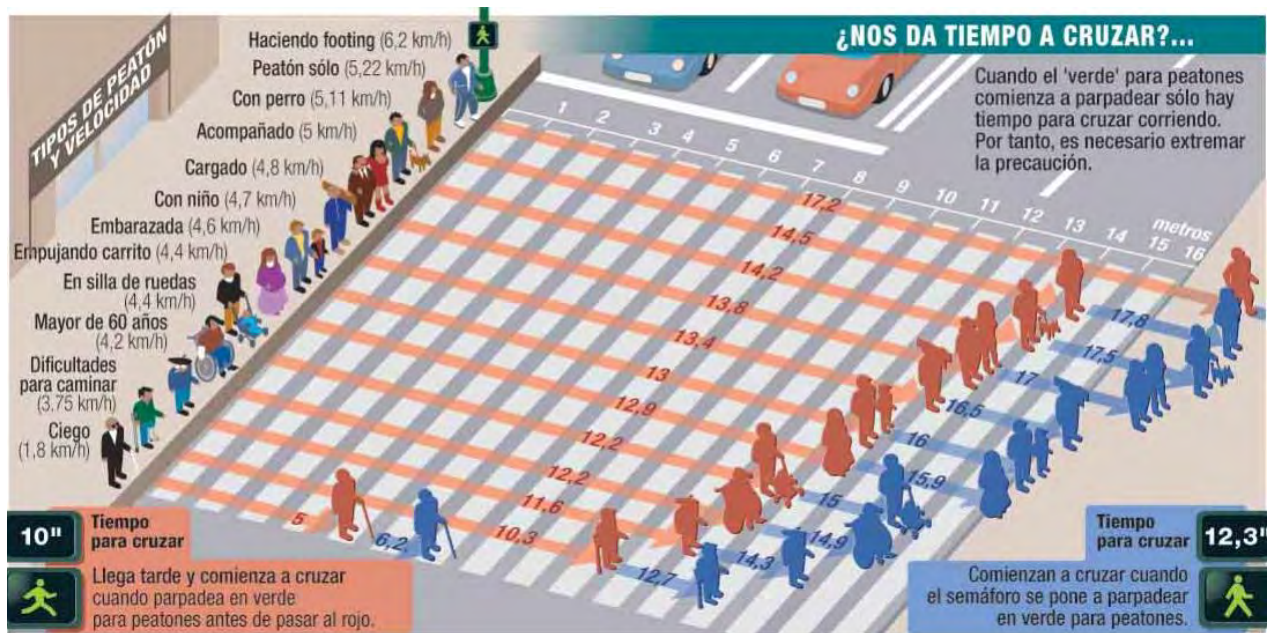


Figura 2.7: Velocidades de diferentes tipos de peatones

Fuente: Revista Tráfico, 2016.

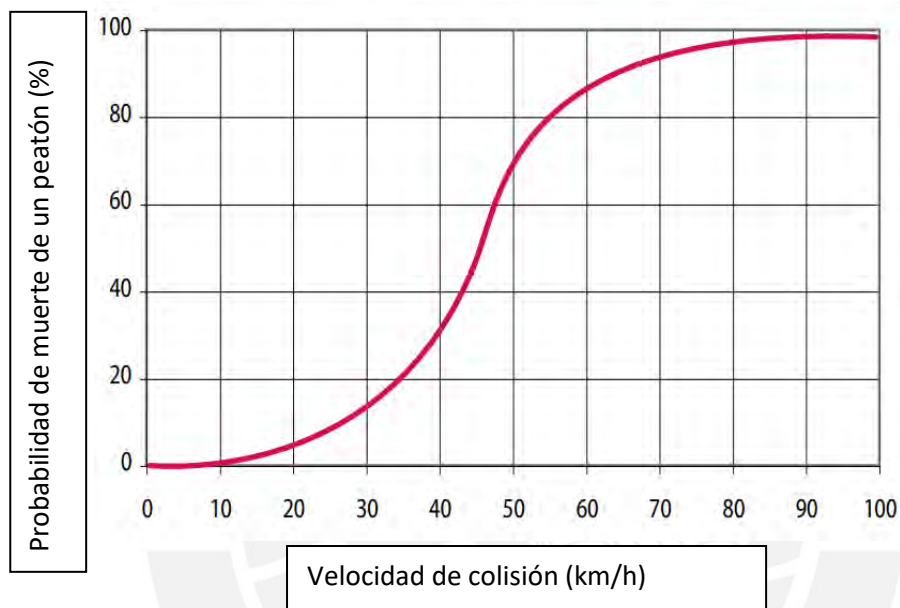
La premisa de importancia es que cada tipo de peatón posee una velocidad característica a la cual se moviliza, siendo además estos rangos de velocidad de baja magnitud.

De la misma forma que las velocidades desarrolladas por los peatones son reducidas, lo serán la distancia de sus desplazamientos. Pozueta (2009) acota que el umbral de referencia o radio de acción de un peatón varía entre los 1.5 y 2.5 kilómetros de distancia para velocidades de 4-5 km/h, es desde este límite cuando el modo peatón necesita asociarse con el transporte público para mejorar sus desplazamientos o sustituirse por el uso de la bicicleta. O como se extrae de National Research Council (2000) la mayoría de los viajes peatonales se encuentran por debajo de una milla de distancia (1.6km). Estos datos refuerzan la importancia del peatón y la caminata como un modo efectivo solo y exclusivamente para distancias cortas y el optar por combinar con otros modos que puedan otorgar mayor radio de influencia.

### 2.2.4 Infraestructura peatonal

Para que un peatón pueda desplazarse por el espacio público de la ciudad, debe existir una adecuada red de infraestructura peatonal que la permita acceder a ella y que promueva los desplazamientos a pie, esta debe tener la posibilidad de ser usada por el mayor número de personas. La movilidad peatonal como el sistema de circulación más lento y frágil, debe garantizar con su infraestructura el poder desplazarse con el mismo grado de seguridad y de forma confortable a todo usuario, además la infraestructura debe garantizar al peatón 3 factores principales: seguridad, confort y autonomía. (Instituto de Desarrollo Urbano, 2006).

Con respecto a la seguridad, la fragilidad de los peatones frente a los demás modos de movilidad en la ciudad hace necesaria una correcta implementación de sistemas o medidas para que esta fragilidad no afecte sus desplazamientos por las vías, es por eso que la segregación del peatón frente a los demás modos se hace en cierto modo necesaria, principalmente frente al automóvil. Cuanto más rápido va un automóvil, más difícil le resultará evitar chocar contra una persona en su camino y cuanto más rápida sea la velocidad en el que se golpea a un peatón, más graves serán las lesiones ocasionadas (NZ Transport Agency, 2009)



**Figura 2.8: Distribución de probabilidad de muerte de un peatón**  
Fuente: NZ Transport Agency, 2009.

Un dato importante del gráfico es que la probabilidad de muerte de un peatón a causa de una colisión con un automóvil se incrementa exponencialmente a partir de los 30 km/h. Por lo que establecer límites máximos a la velocidad de los automóviles en las calles es una medida necesaria y que varias ciudades principalmente europeas lo adoptan muy seriamente. Pozueta (2009) acota que la inclusión de elementos físicos que contribuyan a la reducción de velocidad de los automóviles ha sido el objetivo principal de las nuevas técnicas de acondicionamiento, fundamentalmente en países del centro y norte de Europa, como las peatonalizaciones, los woonerf, el templado de tráfico, las áreas 30, calles compartidas, etc.

Con respecto al confort El Instituto de Desarrollo Urbano (2006) menciona, que esta condición se da en la medida en que el peatón se desplace a gusto por el espacio público, pudiendo realizar recorridos óptimos en términos de distancia y tiempo. Que el peatón pueda contar con el espacio necesario para circular con la velocidad y dirección que el desee será de mucha importancia, ya que al experimentar un aumento en la cantidad de peatones en la vía se puede llegar a un punto donde el espacio y

velocidad del peatón se vea restringido y condicionado. Una de las herramientas para poder medir la calidad o nivel del servicio de la vía bajo estas condiciones es con el nivel de servicio peatonal propuesto por el Highway Capacity Manual HCM, esta metodología, para el caso de flujo continuo (veredas, caminos peatonales, etc.), analiza principalmente 3 factores del peatón en la vía peatonal; la densidad y/o espacio (p/m<sup>2</sup>), el flujo (p/min/m) y la velocidad (m/s). Se muestran 7 niveles de servicio para una determinada vía peatonal, donde en el nivel A los peatones tienen desplazamientos ideales y sin ningún conflicto y con posibilidad libre de movimiento, mientras en el nivel F todas las velocidades y espacio se ven restringidos sobrepasando la capacidad de la vía.

**Tabla 2.4: Niveles de servicio según el HCM**

NIVEL DE SERVICIO	Espacio (m <sup>2</sup> /peatón)	Volumen (peatón/min./m)	Velocidad (m/s)	v/c
A	>5.6	<16	>1.30	<0.21
B	>3.7 - 5.6	>16 - 23	>1.27 - 1.30	>0.21 - 0.31
C	>2.2 - 3.7	>23 - 33	>1.22 - 1.27	>0.31 - 0.44
D	>1.4 - 2.2	>33 - 49	>1.14 - 1.22	>0.44 - 0.65
E	>0.75 - 1.4	>49 - 75	>0.75 - 1.14	>0.65 - 1.00
F	<0.75	Variable	<0.75	Variable

**Fuente: Adaptado National Research Council, 2016.**

Según Gehl (2014) para las calles de new york se propuso una medida máxima de 23 peatones por minuto por metro para una vereda siendo este un valor apropiado para el peatón. Este valor estaría rondando los niveles de servicio B y C. Con respecto a la autonomía Fernández et al. (2005) menciona que es la capacidad de desarrollar la mayor cantidad de actividades de forma independiente dentro de las capacidades de cada persona. Se dice que si una infraestructura es apta para personas con movilidad restringida lo será para la mayoría de peatones ya que ellos son los usuarios que tienen mayores deficiencias a la hora de sus desplazamientos, la implementación de mobiliarios, adopción en los espacios públicos, de por ejemplo rampas para personas con discapacidad, línea para invidentes. Queda implícito entonces que el desplazamiento del peatón por la ciudad se limita en tanto haya suficiente infraestructura peatonal por donde desplazarse.

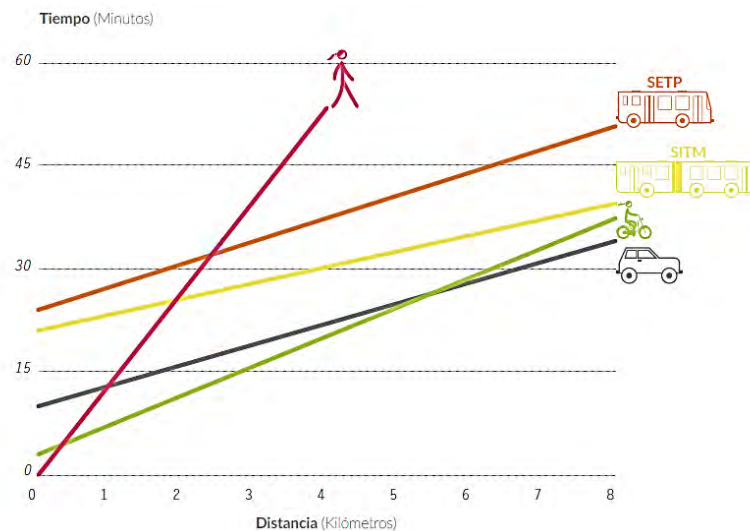
### 2.3 La bicicleta y el modo ciclista

La bicicleta es un vehículo que se ha utilizado históricamente con tres finalidades: transporte, deporte y recreación (ITDP-México, 2011). Desde sus primeros años de creación mostró un reducido uso y poco conocimiento de la población, sin embargo, es en los años 80s en Holanda países bajos, que se comienza a dar un uso más amplio y extendido de la bicicleta como medio de transporte.

Esta aceptación de la bicicleta como medio de transporte se fue extendiendo progresivamente en estos últimos años por todos los países, hasta llegar al punto de reconocer a la bicicleta como un medio legítimo de transporte y que este tome importancia en las políticas de movilidad de las ciudades. Se

llega incluso a proponer que los viajes de cortas a medianas distancias realizados por los automóviles podrían ser reemplazados por viajes en bicicleta. Los viajes cortos en automóvil son las más susceptibles a ser sustituidos por viajes en bicicleta además que los coches producen mayor contaminación por kilómetro recorrido que la bicicleta (European Cyclists Federation, 1993).

Es en las distancias medias en las cuales andar en bicicleta tiene mayor potencial de desarrollo que los demás modos. La bicicleta como medio de transporte posee una alta efectividad en términos de ocupación de espacio, consumo de energía y velocidad promedio para distancias cortas y medias (Ministerio de transporte de Colombia, 2016).



**Figura 2.9: Velocidad promedio según modos de transporte**  
**Fuente: Ministerio de Transporte de Colombia, 2016.**

Para tiempos de viaje de hasta 5 kilómetros se observa que la bicicleta es más rápida que cualquier otro medio de desplazamiento, teniendo en cuenta los tiempos de acceso a vehículos, así como las etapas desde los paraderos o los estacionamientos hasta el destino final (Ministerio de transporte de Colombia, 2016). El Instituto de Desarrollo Urbano (2006) menciona al modo bici como una alternativa que tiene la persona para desplazarse por la ciudad y a una solución como modo de transporte. Es decir, andar en bicicleta por la ciudad se podría mencionar como el modo bici. Este modo al igual que el modo peatonal es impulsado exclusivamente por energía que provee la persona por lo que sus desplazamientos serán siempre restringidos y limitados al esfuerzo físico que realice la persona.

Cabe mencionar que la actividad de andar en bicicleta puede ser realizada por diferentes motivos o necesidades, razón por la cual existe varios tipos de ciclistas, El Ministerio de Transporte de Colombia (2016) menciona que pueden ser de los siguientes tipos: Usuario cotidiano, usuario recreativo o de paseo, ciclo turista, ciclista deportivo de carretera, ciclista deportivo de montaña. Cabe resaltar que cada uno de estos usuarios posee diferentes tipos de requerimientos, pero es en el usuario

cotidiano o urbano al que se le debe dar mayor importancia, como lo menciona La Municipalidad de Lima(2017) los parámetros de diseño de la infraestructura ciclista se deben definir en función del ciclista urbano y su bicicleta, aquellos que utilizan la bicicleta de manera utilitaria (al estudio, trabajo , de compras , etc.) y buscan que sus desplazamientos sean cortos, directos, seguros y atractivos. BID (2015) recalca que el ciclismo urbano es una opción de movilidad con elevado potencial para disminuir algunos de los problemas de las ciudades; congestión de tráfico, mala calidad del aire y las emisiones de gases; la bicicleta como opción de transporte contribuye a la competitividad de las ciudades y a su desarrollo.

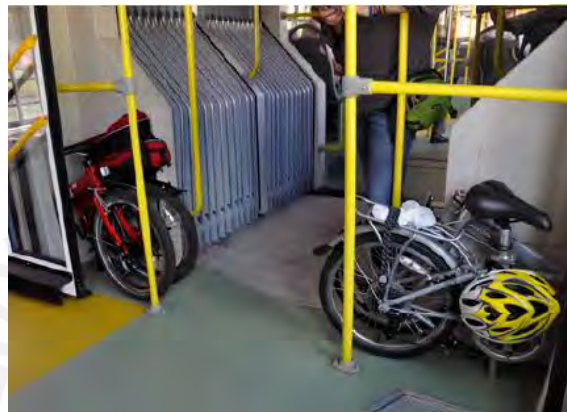
### **2.3.1 La bicicleta en la movilidad sostenible y intermodalidad**

Como se ha ido mencionado con anterioridad sobre la movilidad sostenible, es en este escenario donde la bicicleta se establece como un modo que pueda cumplir y adecuarse a lo que una ciudad con políticas de movilidad sostenible plantea. Políticas ciclo inclusivas en ciudades es una pieza importante en las estrategias de urbanismo y movilidad sostenible, contribuyendo al mismo tiempo a afrontar retos sociales y ambientales (Ministerio de Transporte de Colombia, 2016). De la misma manera y de acuerdo a la Municipalidad de Lima (2017) existen dos conceptos que apoyan y dan soporte a la bicicleta como un medio de gran importancia en la movilidad sostenible, los cuales son: la pirámide de modo donde se ubica al ciclista en una segunda prioridad detrás del peatón. El segundo concepto el enfoque de Evitar-cambiar-mejorar enfoque propuesto por Dalkmann & Brannigan (2007).

Por otro lado, al igual que el modo peatonal, la bicicleta tiene un límite de desplazamiento en el cual deja de ser eficiente, por lo que combinarlo con otros medios de transporte, entre ellos el transporte público se hace necesario. Realizar esta implementación junto a la bicicleta ayuda a ambas partes a complementar sus viajes, especialmente si estos cuentan con tramos que el transporte público no puede abarcar, es ahí donde la bicicleta se convierte en un elemento importante al igual que la caminata. Tal como lo menciona El Ministerio de Transporte de Colombia (2016) las ventajas de integración es que multiplica las posibilidades de uso de ambos modos, área de captación de usuarios incrementa enormemente, transporte público aporta a la bicicleta viajar más lejos multiplicando su radio de acción.

A diferencia del peatón el cual se vale a sí mismo para poder movilizarse e interactuar con otros modos, la bicicleta debido a sus dimensiones posee una manera limitada y diferente de realizar esta interacción, en especial con el transporte público donde su ingreso directo queda restringido y depende de infraestructura externa para su implementación razón por la cual, se deben poseer otras herramientas para facilitar su interacción. El Ministerio de Transporte de Colombia (2016) describe 3 maneras en cómo se puede dar esta articulación con el transporte público: una primera forma es adecuar espacios que estén cercanos a las estaciones del transporte público para estacionar la

bicicleta; una segunda forma es la de adecuar estacionamientos dentro de los terminales o paraderos del transporte público y una última forma es el de transportar la bicicleta en los vehículos o unidades de transporte público. Punto muy importante y a resaltar es que, al poder transportar la bicicleta dentro del transporte público, el usuario puede continuar su viaje con la bicicleta luego de usar el transporte público, además se deja de depender de manera importante de infraestructura externa como son los cicloparqueaderos. Es en este aspecto las bicicletas plegables brindan mayores facilidades ya que ocupan poco espacio y hasta se puede llegar a considerar como equipaje de mano Ministerio de Transporte de Colombia (2016).



**Figura 2.10: Uso de bicicletas plegables en transporte público**  
**Fuente: Ministerio de Transporte de Colombia, 2016.**

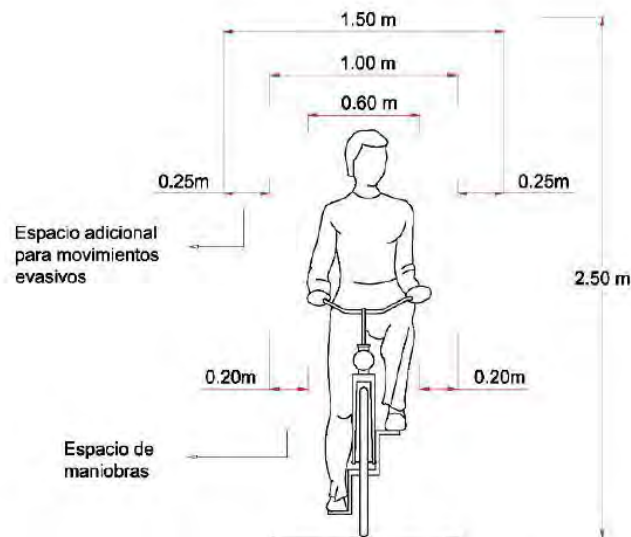
El poco espacio que ocupa una bicicleta plegable en comparación de una bicicleta estándar brinda esta considerable ventaja en los viajes multimodales ya que también se deja de depender de cicloparqueaderos donde resguardar la bicicleta. Además, el solo hecho de poder transportar la bicicleta dentro de los buses del transporte público y no darse el tiempo de estacionar los vehículos en cicloparqueaderos, agiliza y ahorra tiempo en el proceso.

### **2.3.2 Características físicas y espacio requerido para el ciclista**

A diferencia de los peatones que poseen un amplio margen de dimensiones según el tipo de peatón, la bicicleta y el ciclista se caracteriza por poseer dimensiones muy parecidas entre todos los tipos de ciclistas antes mencionados.

Resalta las dimensiones del ciclista urbano al cual se tomará mayor relevancia por los motivos antes mencionados. El Ministerio de Transporte de Colombia (2016) acota que, como vehículo la bicicleta urbana y ciclista poseen las siguientes dimensiones estándar:

Alto: 1.80m; Ancho: 0.60 m; Largo: 1.90 m.



**Figura 2.11: Espacio de operación y dimensiones del ciclista**  
**Fuente: Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao.**

Tal como se indica en la gráfica, aparte del espacio físico que ocupa el ciclista se necesita de mayor espacio para un correcto desplazamiento además, la Municipalidad de Lima (2017) menciona que las bicicletas funcionan gracias al esfuerzo físico del usuario y además dependen del equilibrio y habilidades del ciclista, razón por lo cual no circulan en línea recta y requieren un espacio mínimo que le permita pedalear y mantener el equilibrio, es por estas razones que se brinda cierto espacio de operación al ciclista.

### 2.3.2.1 Características y limitaciones de velocidad y radio de influencia del ciclista

Como se mencionó con anterioridad existen varios tipos de ciclistas que poseen diferentes necesidades y motivos en el uso de la bicicleta, pero es en el usuario cotidiano o ciclista urbano en el que se centrara los resultados o información.

**Tabla 2.5: Perfil y características de ciclista urbano en su desplazamiento**

Tipo de ciclista	Motivo principal de viaje	Longitud del recorrido típico	Modalidad de viaje	Velocidad media de viaje
Urbano cotidiano	Trabajo, escuela, compras, relaciones personales, etc	3-8 km en casa viaje de ida o de vuelta	Viajes en solitario	15-20 km/h

**Fuente: Adaptado de Ministerio de Transporte de Colombia, 2016**

Los recorridos hechos por el ciclista en general se caracterizan por ser de corto a mediano trayecto, tal como lo menciona Consorcio Projekta-Interdiseños (1998) la acción de propulsar la bicicleta por su propia musculatura implica un límite metabólico a su esfuerzo tanto en planta como perfil, por lo que recorrer largas distancias provoca al ciclista cansancio y desistimiento. Además, ITDP-México (2011)

refuerza la información ya mencionada sobre velocidad media y longitud de recorrido de viaje, establece que la bicicleta es un vehículo de tracción humana a pedales que en desplazamientos urbanos es el más eficiente en distancias de hasta 5km y que alcanza una velocidad promedio de 15 a 20 km/h.

Cabe resaltar que para poder desplazarse en bicicleta por la ciudad existirá un límite máximo de velocidad, en el caso peruano el Ministerio de Transporte y Comunicación (2020) especifica en la modificación del artículo 156 que las ciclovías están destinadas a la circulación de las bicicletas y bicicletas con SPA (sistema de pedaleo asistido), cuya velocidad máxima debe alcanzar los 25 km/h; a excepción de otros ciclos cuyas dimensiones no afecten o dificulten el libre tránsito de las mismas.

### **2.3.3 Infraestructura ciclista**

Para que un medio de movilización pueda ser aceptado por la población en especial la bicicleta debe de existir una red de infraestructura debidamente implementada, tal como lo menciona El Ministerio de Transporte de Colombia (2016) la infraestructura juega un papel preponderante, contribuyendo, si está bien diseñada y construida, a generar una mayor legitimidad de dicho medio. En el caso de la bicicleta debido a su reciente implementación masiva en las ciudades carece de una adecuada infraestructura ciclovial lo cual dificulta los desplazamientos de este tipo de movilidad. Por lo cual es común el desplazamiento por calzadas conviviendo de manera peligrosa con los automóviles y por otro lado desplazamientos por veredas conviviendo con los peatones, en ambos casos es la bicicleta la cual tiene que adaptarse y modificar su comportamiento, mientras en calzadas está obligado a desplazarse exclusivamente por la parte derecha de la calzada en vías peatonales se ve en la obligación de descender del vehículo o mantener una velocidad de peatón si bien tiene algunas restricciones estas dan mayor seguridad al ciclista (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2020).

Por otro lado, la implementación de su infraestructura ciclovial necesita el cumplimiento de 5 requisitos importantes, La Municipalidad de Lima (2017) menciona que deben poseer rutas seguras, rutas coherentes, rutas directas, rutas cómodas y rutas atractivas. Cabe destacar que estas características a cumplir de una infraestructura ciclovial tienen gran similitud con las necesidades de desplazamiento de un ciclista urbano o cotidiano, de ahí que se dé la afirmación que la infraestructura se debe definir en función del ciclista urbano y su bicicleta.

Dentro de los modelos de ciclo-infraestructura o infraestructura ciclovial por donde los ciclistas deben circular se describen principalmente dos tipos de espacios: los que implican la segregación de la bicicleta de los demás modos y los que se integran a la bicicleta dentro de una misma vía compartida, tal como lo menciona La Municipalidad de Lima (2017) el tipo de infraestructura a implementar debe responder a la condiciones del entorno (velocidad y volumen vehicular, volumen peatonal, usos del suelo) y no a la disponibilidad de espacio o a la implementación generalizada de una misma tipología.

Por esta razón es que varias ciudades aceptan opciones mixtas, segregación en determinadas vías y en otras se integran.

Si bien es cierto se nota una separación clara entre los dos tipos (integración y segregación), existe características singulares dentro de cada vía que son de gran importancia y que vale la pena mencionar, estas características se muestran en el siguiente cuadro resumen

**Tabla 2.6: Esquema y características de la red de infraestructura ciclovial en Lima**

Nivel de segregación	Tipo de infraestructura	Clasificación
Vías no segregadas	Vía compartida	Carril compartido(incluye vía compartida)
	Vía delimitada	Ciclocarril
Vías segregadas	Integrada a la calzada o por separador lateral o central	Ciclovía
	Integrada a la vereda	Cicloacera(Incluye ciclosenda)

**Fuente: Adaptado Municipalidad de Lima, 2017.**

Dentro de estos 4 principales tipos de infraestructura toma gran relevancia las vías compartidas o también llamadas zonas 30, ya que son espacios de uso compartido que incentivan la interacción e integración de todos los modos, priorizando a los peatones y ciclistas. Además es ampliamente usado como una estrategia de pacificación del tránsito ya que la velocidad de los vehículos está limitada a 30 km/h, tal como lo menciona Sanz (1998) el objetivo es mejorar las condiciones de seguridad vial y brindar vitalidad al espacio público .Su importancia reside también que estas vías abren la posibilidad de que otros medios de movilidad como lo son los vehículos de movilidad personal o micromovilidad puedan interactuar en esta vía , tal como lo menciona la Mesa Española de la bicicleta (2018) zonas 30, son áreas compartidas por todo tipo de vehículo y teniendo como prioridad suavizar el tráfico urbano, fomentando el mayor uso de otros medios de transporte incluyendo los VMP auto equilibrados y patinetes.

## **2.4.-Vehículos de movilidad personal-VMP**

### **2.4.1 Antecedentes y características**

La aparición de este tipo de vehículos netamente eléctricos es muy reciente en comparación a otros modos de movilidad como el automóvil o la bicicleta, en diciembre del 2001 se lanza al mercado el Segway PT (Personal transporter) vehículo creado por el estadounidense Dean Kamen junto con la empresa SEGWAY inc. es considerado como el primer vehículo de movilidad personal. SEGWAYS-NINEBOT (2020) mencionan que un Segway convierte a una persona en un peatón más capacitado, permitiéndole ir más lejos, moverse más rápido y cargar más peso, además que el nombre fue derivado de la palabra *segue*, que significa “transición suave de un estado a otro”. Se considera así a

este vehículo como el que inició este nuevo tipo de movilidad en las ciudades, se menciona algunos de los eventos más importantes en el siguiente cuadro:

**Tabla 2.7: Evolución de los vehículos de movilidad personal a través de los años**

Cronología de los vehículos de movilidad personal	
2001	Presentación del Segway
2006	Incremento de usuarios de las bicicletas eléctricas
2011	Aparece el Solowheel
2013	Aparece el hoverboard
2015	Incremento de usuarios del hoverboard
2016	Se presenta el mini-segway
2016	DGT (España) publica la instrucción 16/v-124 y primera clasificación de los VMP
2017	Incremento en los usuarios del patinete eléctrico
2018	Proliferación de empresas de alquiler de patinetes eléctricos

**Fuente: Adaptado de Fundación MAPFRE, 2019.**

Si bien es cierto existe una gran variedad de vehículos de movilidad personal la gran mayoría de ellos poseen entre si partes o elementos básicos que todo VMP posee, los cuales, según Elpatinete.net (2020) son:

- Neumáticos.-Según el tipo de VMP puede poseer entre 1 a 3 ruedas.
- Motor eléctrico.-Es el encargado de brindar la potencia adecuada para realizar el desplazamiento con el vehículo.
- Batería.-Usualmente hecho a base de litio, es el que brinda la autonomía a los vehículos para que no dependa de estar conectado a una red de carga.
- Placa base o controladora.- Es la unidad que controla a los demás elementos del vehículo para que el funcionamiento en su conjunto sea óptimo.

Posee también como elemento externo al vehículo, una fuente de alimentación que carga la batería interna del vehículo para brindarle la autonomía necesaria para sus desplazamientos.

#### **2.4.2 Tipos de los vehículos de movilidad personal-VMP**

La amplia variedad de estos vehículos y su exponencial aparición en tan poco tiempo hace que no exista una clara clasificación o tipología de los mismos, incluso el nombre por el cual se les conoce, vehículos de movilidad personal es una definición muy reciente (año 2016), ya que además se les puede conocer como vehículos eléctricos personales, vehículos eléctricos ligeros, vehículos de

micromovilidad o vehículos de movilidad urbana. Una de las primeras clasificaciones formales de los VMP lo realizó la Dirección General de Tráfico de España (DGT), la cual publicó la Instrucción 16/V-124 sobre Vehículos de Movilidad Personal (Ayuso et al., 2019). En este instructivo se clasificaba a los VMP en 5 categorías. Cada categoría con ciertas características donde destacaban la velocidad máxima, la altura y el peso máximo que podía poseer el vehículo.

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	SÍ	NO



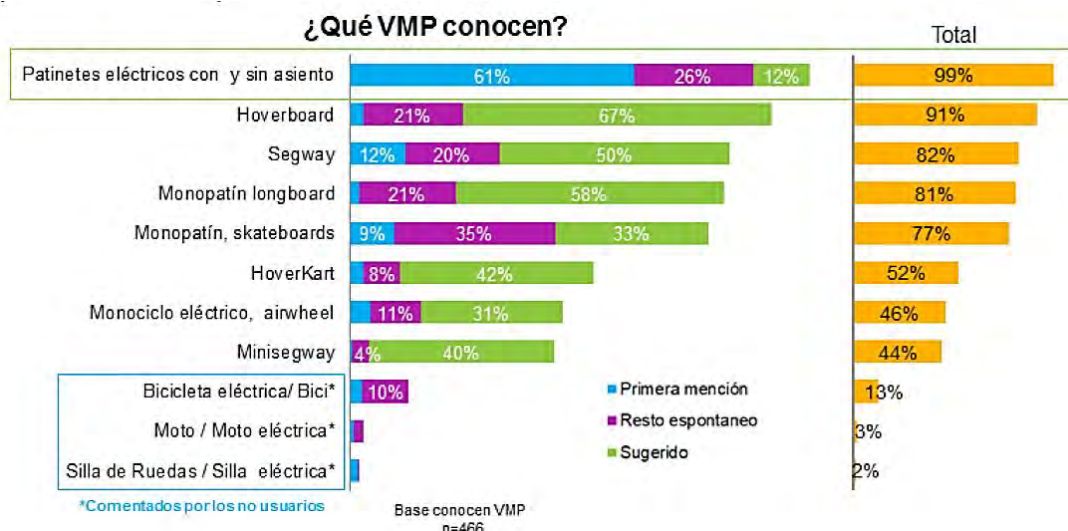
**Figura 2.12: Clasificación inicial de los VMP según la dirección general de tráfico de España**  
Fuente: DGT, 2016.

Esta primera clasificación consideraba a los vehículos eléctricos de hasta 45 km/h de velocidad máxima como un tipo de VMP, lo cual fue modificado en la actualidad a una velocidad máxima de diseño de 25 km/h, considerando con esta modificación solo a los VMP tipo A y B. Esta mención es de suma importancia ya que los VMP se distinguen de los vehículos automotores principalmente por la velocidad máxima a la cual están diseñados, razón por la cual no pueden ser catalogados como tales. La categoría vehicular más cercana a los VMP son los vehículos de categoría L1 o también llamados ciclomotores los cuales, según Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2019) poseen una velocidad máxima de hasta 50 km/h y pueden ser vehículos a combustión o eléctrico, estos últimos, al ser catalogados como vehículos automotores necesitan de requerimientos muchos más complejos para su uso en la vía pública: permisos de circulación, brevet del conductor, etc.

Por otro lado existe un pequeño apartado sobre dispositivos o aparatos eléctricos de entretenimiento o desplazamiento, los cuales de acuerdo al Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2021) los define como, dispositivos que poseen motor eléctrico que los propulsa a una velocidad máxima de

diseño de 12 km/h, dichos dispositivos eléctricos pueden circular o usarse por la acera o vereda como extensión del concepto de peatón y que además no forman parte de la clasificación vehicular al igual que los VMP. Estos dispositivos resaltan de manera importante la capacidad de poder ser un tipo de peatón dado la baja velocidad de desplazamiento del dispositivo. Se resalta esta capacidad ya que una de las características de los VMP es que no se pueden asimilar a la figura del peatón.

Dentro de la categoría de VMP se pueden ubicar diferentes tipos de vehículos, con características similares entre ellos. En una reciente encuesta realizada por la Fundación MAPFRE (2019) a los peatones españoles sobre la percepción que se tiene sobre los VMP, se extrajo la siguiente información donde se muestran a los principales y más conocidos VMP en territorio español.



**Figura 2.13: Conocimiento de los peatones sobre los vehículos de movilidad personal**  
**Fuente: Fundación MAPFRE, 2019.**

Dado que el país europeo tiene mayor inserción de estos vehículos que Perú, la clasificación de los VMP que a continuación se va a realizar será en base a los principales modelos de vehículos que actualmente se comercializan en España. Además, debido a la rápida aparición de varios y nuevos modelos de vehículos cada año, no se tomará en cuenta a los que tienen poca inserción en las ciudades y que sean poco conocidos. Cada VMP que se muestra a continuación irá acompañado de una imagen referencial junto con sus características técnicas más importantes. Además, las imágenes y características técnicas mostradas de los siguientes VMP serán de un modelo en específico.

## Segway

Si bien es cierto SEGWAY es una marca de transporte inteligente, dicha marca nombró con este mismo nombre al que fue su primer vehículo. Su funcionamiento como lo describe SEGWAY (2014) utiliza una tecnología llamada estabilización dinámica para mantener el equilibrio y moverse hacia adelante y hacia atrás, pero no de lado a lado, el usuario tiene la responsabilidad de brindar la estabilidad lateral cuando se conduzca. Para acciones de aceleración o frenado solo se requiere inclinar el cuerpo hacia adelante o atrás, respectivamente, en el caso de giro del vehículo se tiene que

mover el manillar hacia la derecha o izquierda según se requiera. Debido al tamaño y peso este vehículo está orientado más a uso turístico, uso en fábricas o plantas que su uso en áreas urbanas, además el proceso de aprendizaje para manejar el vehículo es de relativamente corto, es decir posee una curva de aprendizaje muy corta (Fundación MAPFRE, 2019).



**Figura 2.14: Características técnicas del SEGWAY I2 SE**  
Fuente: Segway, 2019.

### Mini-segway

Presentado a finales del 2015 este vehículo es una variación del Segway, posee mucha de sus características físicas, pero es de menor tamaño y peso, su principal cambio es que el manillar pasa de una ubicación a la altura de la cadera a una en las rodillas, extremidades que el conductor usará para direccionar su desplazamiento, siendo un vehículo de equilibrio eléctrico e inteligente (SEGWAY, 2018). Una de las adiciones más importantes fue la conectividad que se puede dar con el celular vía Bluetooth. Además, posee un nivel bajo de dificultad para aprender a manejar, por lo que su curva de aprendizaje es casi nula por ser fácil de dominar (Tumovilidadurbana, 2020).



**Figura 2.15: Características técnicas del Mini Segway-Ninebot S**  
Fuente: Segway, 2020.

### **Patinete eléctrico o scooter eléctrico**

Es uno de los vehículos eléctricos más populares y usados para el uso urbano y como medio de movilidad, el grado de penetración es mucho mayor a cualquier otro VMP, un origen más cercano es el patinete tradicional, es decir una plataforma rectangular con una rueda en la parte delantera y otra en la trasera y un manillar hasta la altura de la cintura (Fundación MAPFRE, 2019). Es el patinete tradicional que, al adaptar un motor eléctrico, una batería y freno logra convertirse en un patinete eléctrico. No posee curva de aprendizaje, por lo que cualquier persona es capaz de poder usarlo, acción que lo refuerza como uno de los VMP más usados (Tumovilidadurbana, 2020). Cabe resaltar que este modelo de patinete eléctrico tiene la posibilidad de poder plegarse, reduciendo así su tamaño y abriendo la posibilidad de llevarlo a mano por espacio más reducidos.



**Figura 2.16: Características técnicas del patinete eléctrico – Xiaomi Mijia M365**  
**Fuente: Xiaomi, 2020.**

### **Patinete eléctrico – Scooter eléctrico / Con asiento**

Este vehículo es muy similar al patinete eléctrico convencional, con algunas diferencias marcadas como ruedas más pequeñas y anchas, y equipo más pesado. La adición del sillín es la gran diferencia de este vehículo con los scooters eléctricos. Posee un grado de penetración bajo a medio como medio de transporte y requiere de un proceso de aprendizaje para su utilización, además su curva de aprendizaje mediana (Fundación MAFRE, 2019).



Vehículo: Ecoxtrem Sparrow -Scooter eléctrico
Velocidad máxima: 40 km/h
Autonomía de viaje: 30 km
Peso neto: 34 kg
Carga máxima del conductor: 120 kg
Longitud: 116 cm
Ancho: 43 cm
Altura: 114 cm
Tiempo de carga: 5-6 horas
Requisitos de batería: 110-240 v
Ángulo inclinable: 20 grados
Radio de giro: No puede girar sobre su eje

**Figura 2.17: Características técnicas del patinete eléctrico con sillín – Ecoxtrem Sparrow.**  
**Fuente: <https://www.amazon.es/ECOXTREM-Sparrow-> , Fundación MAFRE, 2019.**

### Monociclo eléctrico - Uniciclo eléctrico

Este vehículo eléctrico dotado de un sistema de auto equilibrio es uno de los más pequeños de toda la lista, consiste en unos pedales que se ubican al costado de una única rueda, y que junto con sensores, giroscopios y acelerómetros produce el funcionamiento del VMP. Para acelerar o desacelerar solo es necesario inclinar el cuerpo hacia adelante o hacia atrás, el usuario es el que debe brindar el equilibrio para los costados. Posee un grado de penetración medio a bajo debido a la necesidad de aprender a manejar para poder usarlo además el monociclo eléctrico tiene una curva de aprendizaje media por lo que requiere tiempo (varias horas) para aprender a manejar el vehículo (Fundación MAPFRE, 2019). Tumovilidadurbana (2020) acota que debido a poseer una única rueda el usuario debe proporcionar el equilibrio en los costados para mantenerse en movimiento y además debe superar una cierta velocidad mínima para que el vehículo permanezca estable. Situación parecida a una bicicleta, que en velocidades bajas esta inestable y a medida que su velocidad aumenta el vehículo se vuelve más estable. Cabe destacar que todos los modelos de este vehículo tienen la posibilidad de poder plegar los pedales cuando el vehículo no esté en uso y se quiera ser llevado a mano o como equipaje, reduciendo así su tamaño.



Vehículo: Monociclo eléctrico Airwheel x3
Velocidad máxima:18 km/h
Autonomía de viaje: 9-13 km
Peso neto: 9.8 kg
Carga máxima del conductor: 135 kg
Longitud: 45 cm---45 cm
Ancho: 41 cm--- 16 cm
Altura: 49.5 cm --- 49.5 cm
Tiempo de carga: 1 hora
Requisitos de batería: 240 v
Ángulo inclinable: 15 grados
Radio de giro: Cercano a girar sobre su eje

**Figura 2.18: Características técnicas del monociclo eléctrico – Airwheel x3**  
**Fuente: Airwheel, 2015.**

## Hoverboard

Junto con el monociclo eléctrico, el Hoverboard es uno de los vehículos más pequeños que se incluyen, consta de dos pequeñas plataformas y ruedas laterales que sirven de base para el vehículo. Junto con sensores de aceleración y giroscopios hace posible su funcionamiento como un vehículo autoequilibrado (Fundación MAPFRE, 2019). Utiliza el mismo sistema de aceleración y frenado que el Segway y monociclo eléctrico que son inclinación del cuerpo para adelante o para atrás, debido a las dos ruedas laterales proporcionan mayor estabilidad al usuario. Poseen una curva de aprendizaje casi nula.



Vehículo: Hoverboard S10
Velocidad máxima: 20 km/h
Autonomía de viaje: 20 km
Peso neto: 14 kg
Carga máxima del conductor: 120 kg
Longitud: 30
Ancho: 66 cm
Altura: 27 cm
Tiempo de carga: 60 a 90 minutos
Requisitos de batería: 240 v
Ángulo inclinable: 30 grados
Radio de giro: Cero, gira sobre su eje

**Figura 2.19: Características técnicas del Hoverboard – Hoverboard S10**  
Fuente: [www.sabway.es/hoverboards/44-hoverboard-10-sabway](http://www.sabway.es/hoverboards/44-hoverboard-10-sabway)

## Skateboards Eléctrico-Monopatín

Estos vehículos poseen las mismas características físicas al skateboards tradicional, las diferencias son los dispositivos electrónicos que se acoplan en él, como la batería, el motor eléctrico, frenos, etc., y además un mando o controlador que se lleva en la mano para controlar la aceleración y frenado del vehículo, posee además un grado de penetración medio a alto ya que se destaca como medio de transporte además de funcionar de manera simple ya que mantener el equilibrio es relativamente fácil. Por lo que su curva de aprendizaje es casi nula (Fundación MAFRE, 2019).



Vehículo: Skateboard Airwheel M3
Velocidad máxima: 20 km/h
Autonomía de viaje: 20 km
Peso neto: 11.5 kg
Carga máxima del conductor: 100 kg
Longitud: 79 cm
Ancho: 37 cm
Altura: 19.8 cm
Tiempo de carga: 1-2 horas
Requisitos de batería: 100- 240 v
Ángulo inclinable: 15 grados
Radio de giro: Cercano a girar sobre su eje

**Figura 2.20: Características técnicas del skateboard eléctrico – Airwheel M3**

**Fuente:** <https://www.airwheel.net/home/specs/m3>

### **Bicicletas eléctricas**

Tienen una apariencia física muy parecida a las bicicletas tradicionales con la diferencia de contar con una batería y motor integrado que le da el movimiento, un aspecto muy importante a destacar es que una bicicleta eléctrica será considerada VMP siempre y cuando se considere como bicicleta con sistema de pedaleo asistido, El Ministerio de Transporte y Comunicación (2020) lo define como vehículo equipado con motor eléctrico auxiliar que actúa como apoyo al esfuerzo muscular del ciclista, asistido por la tracción humana a través del pedaleo, dicho motor debe dejar de funcionar cuando el conductor no pedalea o el vehículo alcance una velocidad máxima de 25 km/h. Si el vehículo no cumple estas normas será catalogado como tipo de vehículo L1 (bicimoto) y deberá cumplir con los requisitos de este tipo de vehículos, como contar con placa de rodaje, poseer tarjeta de propiedad, contar con SOAT y con licencia de conducir tipo B2 (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2019). La curva de aprendizaje será muy similar al de una bicicleta tradicional y dependerá de la cantidad de tiempo que inviertas en su aprendizaje.



Vehículo: Bicicleta pedaleo asistido Ewheel LEED
Velocidad máxima: 25 km/h
Autonomía de viaje: 60 km
Peso neto: 21 kg
Carga máxima del conductor: 120 kg
Longitud: 128 cm
Ancho: 56 cm
Altura: 90 cm
Tiempo de carga: 5 horas
Requisitos de batería : 240 v
Ángulo inclinable: ---
Radio de giro: No pueden girar sobre su eje

**Figura 2.21: Características técnicas de bicicleta de pedaleo asistido – ewheel LEED**  
**Fuente: Ewheelperu, 2020.**

### Otros modelos

Si bien se mostraron los vehículos eléctricos más conocidos y utilizados a nivel urbano, a continuación, se mostrarán los vehículos con menor uso y que tienen cierto nivel de consumo entre los usuarios. Se menciona porque tienen muchas potencialidades para adaptarse a la movilidad de la ciudad


**Segway con asiento.** -Muy parecido al Segway original, pero se agrega un asiento para el piloto y además unos pedales donde la persona apoya los pies, la aceleración y frenado se realiza inclinando el cuerpo hacia adelante y atrás respectivamente, utiliza además la misma tecnología de estabilización dinámica para mantener el equilibrio. Para los giros o cambios de dirección se usa el manubrio en la parte central (Fundación MAPFRE, 2019).



Vehículo: Segway con asiento Airwheel A3
Velocidad máxima: 15 km/h
Autonomía de viaje: 65 km
Peso neto: 34 kg
Carga máxima del conductor: 120 kg
Longitud: 72 cm
Ancho: 43.8 cm
Altura: 113cm
Tiempo de carga: 3 horas
Requisitos de batería: 100- 240 v
Ángulo inclinable: 15 grados
Radio de giro: Cero , giran sobre su eje

**Figura 2.22: Características técnicas del Segway con asiento– Airwheel A3**  
**Fuente: Airwheel, 2020.**

**Hovershoes** -Es el vehículo eléctrico más pequeño de toda la lista, versión eléctrica de los patines en línea, pero de menor tamaño. Al igual que varios vehículos de la lista esta emplea tecnología de autobalance a través de sensores ubicados en los reposapiés (Fundación MAPFRE, 2019).



Vehículo: Inmotion hovershoes X1
Velocidad máxima: 12 km/h
Autonomía de viaje: 10 km
Peso neto: 3.3 kg en cada rueda
Carga máxima del conductor: 80 kg cada rueda
Longitud: 22.5 cm
Ancho: 14.5 cm
Altura: 11cm
Tiempo de carga: --
Requisitos de batería: 220 v
Ángulo inclinable: 9 grados
Radio de giro: Cero, giran sobre su eje

**Figura 2.23: Características técnicas del hovershoes – Inmotion hovershoes X1**  
**Fuente: Inmotion, 2020.**

Revisado los 10 VMP se pueden observar ciertas similitudes entre ellos. Se puede distinguir un grupo de vehículos que poseen un sistema de auto equilibrio (uso de giroscopio, sensores) para su funcionamiento, su característica más importante es que la aceleración y desaceleración del vehículo lo realiza el conductor mediante la inclinación de su cuerpo hacia adelante o hacia atrás respectivamente. Se resalta además que la mayoría de los VMP poseen magnitudes similares tanto en velocidad máxima, autonomía, tiempo de carga, ángulos de inclinación y la postura del conductor a la hora de manejar ya que se asemeja a la postura de un peatón parado. Por otro lado, con respecto a las diferencias entre los VMP la más resaltante es la gran variabilidad de tamaños y dimensiones que puede llegar a poseer un VMP de otro, ya que algunos pueden tener el potencial de ser llevados a mano o como un equipaje mientras otros son tan grandes y pesados que imposibilita esta acción. Además, el concepto de que los VMP y usuario no pueden encajar en la figura de un peatón se hace más factible con los VMP más grandes y pesados mientras lo más pequeños sí podrían tener cierta semejanza a la figura del peatón. Una característica para resaltar de los VMP en su ficha técnica es que el radio de giro que presentan los VMP son muy bajos o nulos, características importantes ya que poseer un radio de giro bajo del vehículo implica necesitar poco espacio para maniobrar o moverse mientras un radio de giro alto demandara mayor espacio de maniobras. Esta caracteriza para desplazarse con peatones será de mucha consideración.

### **2.4.3 Infraestructura**

Tal como se citó en líneas anteriores sobre infraestructura, este juega un papel esencial ya que contribuye a generar mayor legitimidad al modo de movilidad, en el caso de los vehículos de movilidad personal su ya mencionada rápida aparición y proliferación en los espacios públicos y privados, hace que no cuente con una infraestructura exclusiva, por lo que se ven en la necesidad de utilizar infraestructura de otros modos de movilidad. Tal como lo menciona Fundación MAPFRE (2019) sus desplazamientos tanto en infraestructura peatonal, ciclista y automovilística originan varios puntos de conflictos, el acelerado aumento y creciente uso de los VMP en las ciudades se ha adelantado al desarrollo legislativo, provocando problemas de convivencia en determinadas zonas. Uno de los principales problemas de los VMP es que dada sus características no pueden ser catalogados como vehículos a motor ni catalogados como un peatón se alude a que no pueden asemejarse a su figura (Ministerio de Transporte y Comunicación, 2019) sin embargo como bien se revisó en las fichas técnicas, algunos de los VMP debido a su reducido tamaño podrían estar catalogados como un tipo de peatón sobre ruedas.

Debido a la carencia de determinadas leyes que precisen porqué lugares se puede circular y por cuales no, se ve en la necesidad de revisar normas y leyes internacionales como nacionales para aclarar el panorama y saber cuáles son las obligaciones y deberes de los usuarios de los VMP.

#### **2.4.3.1 Normas y leyes de circulación sobre los vehículos de movilidad personal**

Como se menciona muy constantemente sobre la rápida y abrupta irrupción de este tipo de tecnologías, ocasiona que las normas y leyes sobre su circulación se vea en constante cambio y modificaciones. Se menciona en primer lugar casos internacionales ya que fueron los primeros en ver llegar esta tecnología. Para la mayoría de los casos, dado que se trata de vehículos menores, los encargados de este tipo de regulaciones son los ayuntamientos o municipios, tal como lo menciona Fundación MAFRE (2019) no existe una legislación a nivel estatal siendo los ayuntamientos los encargados de regularlos mediante ordenanzas municipales. A continuación, se muestra una tabla con las decisiones de las regulaciones en diferentes ciudades del mundo.

**Tabla 2.8: Regulación sobre el uso de los VMP en diferentes ciudades y países del mundo**

PAÍS-CIUDAD	EQUIPAMIENTO	DESPLAZAMIENTO Y CIRCULACIÓN EN		
		ACERA Y CAMINOS	CALZADA	INFRAESTRUCTURA CICLOVIAL
España-Madrid	Contar con timbre, sistema de frenado, luces	Prohibido	Permitido SOLO en Zonas 30	Permitido
España-Barcelona	Recomensable disponer de timbre, luces y elementos reflectantes	PROHIBIDO.Excepción.VMP TIPO A: permitido a 10km/h	Permitido SOLO en zonas 30	Permitido a velocidad Max.30km/h
España-Valencia	Obligatorio luces y timbre	PROHIBIDO.Excepción.VMP TIPO A: permitido a 10km/h	Permitido	Permitido
España-Sevilla	-----	Permitido	Permitido	Permitido
Francia	-----	No permitido	No permitido	Permitido
Reino Unido	Observación: Vmp son vehículos a motor y se encuentran sujetos a leyes de tráfico, sin embargo son vehículos no homologados y no cumplen los requisitos fijados para su uso en las carreteras del Reino Unido, por lo que su uso se reduce únicamente a propiedades privadas.			
EEUU-California	Debe llevar timbre, reflectantes y luces en la noche	Permitido	Permitido	-----
EEUU-Nueva York	-----	No permitido	No permitido	
China - Hong Kong	Observación: Vmp son vehículos motorizados, sin embargo no deben circular junto a otros vehículos motorizados. Departamento de transporte no registra ni autoriza estos dispositivos, uso se reduce a lugares no públicos			
Australia-Camberra	Uso de casco, timbre	Permitido a velocidades máximas 10 km/h	No permitido	Permitido a excepción de carriles adosados a la carretera

**Fuente: Adaptado de Fundación MAFRE, 2019.**

Resalta en el cuadro mostrado que las regulaciones son muy variadas, principalmente en el uso de las áreas peatonales y las calzadas, por otro lado, en la infraestructura ciclista se nota una clara permisibilidad en el uso del VMP, a excepción de algunas ciudades donde el uso de los VMP se restringe solo a áreas privadas.

En el caso peruano, en un inicio todas las legislaciones y normas estuvieron a cargo de los municipios (similar a la situación de los casos internacionales) quienes se encargaban de dar ciertas pautas y normas de los VMP en su distrito, sin embargo, a mediados del año 2021 las leyes y normas para los VMP se uniformizó a nivel nacional por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones- MTC. En la siguiente tabla se muestra las principales características.

**Tabla 2.9: Regulaciones sobre el uso de los VMP o micro movilidad en Lima Metropolitana**

País- ciudad	Equipamiento	Desplazamiento y circulación en			Estacionamiento
		Acera	Calzada	Infraestructura ciclovial	
Perú	El VMP debe contar con: sistema de frenos, sistema sonoro y láminas autoreflectantes.	No permitido - en casos excepcionales en que la calzada o ciclovía se encuentra obstaculizada o bloqueada, el conductor del VMP deberá descender del vehículo y desplazarse a pie llevando el VMP	Permitido en estricto por el carril derecho y en vías las cuales los vehículos automotores no excedan los 40 km/h de acuerdo a los límites de velocidad	Permitido	Las municipalidades deben implementar estacionamientos para VMP.
Decreto supremo N° 023-2021-MTC, el cual modifica el reglamento Nacional de Tránsito	El conductor debe contar con: casco y prendas autoreflectantes.				

**Fuente: Adaptado de [www.gob.pe/mtc](http://www.gob.pe/mtc).**

Existe cierta similitud entre la norma nacional y las internacionales sobre el equipamiento de los conductores de VMP, así como por donde debe y no debe circular el VMP, habiendo unanimidad en permitir el desplazamiento por la infraestructura ciclovial.

Cabe destacar que la prohibición en la acera de los VMP, el cual especifica descender del vehículo y llevarlo a mano, dista de la disposición dada a los ciclistas el cual, según el manual del ciclista del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2020) dispone que el ciclista al circular por la acera se debe ir despacio, igualando la velocidad de los peatones y respetando su preferencia. Se observa entonces una diferenciación en el tipo de desplazamiento del VMP y la bicicleta en la acera o áreas peatonales. Si bien estas dos disposiciones son relativamente recientes año 2021-2020, en el 2019 Lima como vamos (2019) se refería que los desplazamientos de los VMP opten para su regulación adecuarse a la normativa vigente para casos de vehículos no motorizados, mediante los mecanismos por analogía o por interpretación normativa, es decir ser de cierta manera compatibles con la bicicleta, abriendo la posibilidad a los VMP de movilizarse por las aceras pero adaptando su velocidad a la de un peatón, dándole la prioridad en todo momento. Esta última afirmación especialmente en los VMP más pequeños podría ser más benéfica que restrictiva.

Cabe destacar que todas las decisiones tomadas son generalizadas a cada uno de los vehículos de movilidad personal existente, aun cuando existen algunos vehículos que son de muchísimo menor peso y dimensiones que otros, incluso algunos VMP son de dimensiones y peso menor que una bicicleta llegando a ser similar a los peatones en su forma de desplazamiento.

Por otro lado, para zonas de interacción con automóviles su uso se prioriza en zonas 30, garantizando protección a los modos más vulnerables; ciclistas y usuarios de VMP mientras que en las demás áreas su uso se restringe a la parte lateral de las calzadas evitando interacción con automóviles, tema peligroso para los usuarios de VMP ya que según Fundación MAPFRE (2109) el hecho de que los usuarios de VMP compartan el espacio con vehículos motorizados les sitúa en una situación muy

peligrosa, principalmente, por la coexistencia entre vehículos de muy diferente masa, velocidad y vulnerabilidad de sus usuarios.

**Tabla 2.10: Relación de energía cinética entre diferentes usuarios del espacio público**

	Velocidad (km/h)	Masa (kg)	Energía cinética (Julios)	En relación al peatón
Peatón	5	70	67.5	1
Peatón (corriendo)	12	70	388.9	6
Bicicleta	15	90	781.3	12
Bicicleta	30	90	3125.0	46
Patinete eléctrico	20	80	1234.6	18
Patinete eléctrico	30	80	277.8	41
Motocicleta	30	200	6944.4	103
Motocicleta	50	200	19290.1	286
Automóvil	30	1500	52083.3	771
Automóvil	50	1500	144675.9	2143
Automóvil	90	1500	468750.0	6943

**Fuente: Adaptado Fundación MAFRE (2019)**

Como se observa en la tabla 2.10 existe una gran diferencia de energía cinética. Principalmente el automóvil sobre los demás usuarios, lo cual supone mucho riesgo para estos modos. Mientras que en interacciones del patinete eléctrico con peatón supone de cierta manera menos riesgo.

## 2.5 Conclusiones del capítulo

La importancia que está tomando la movilidad sostenible como nuevo paradigma en la ciudad busca reivindicar a los modos más vulnerables como los son el peatón y ciclista, y a la vez brindar nuevas herramientas para mitigar el uso del automóvil. Se reconocen y presentan los principales beneficios como también las potenciales deficiencias y problemas que presentan tanto el peatón como el ciclista en la vía pública, las cuales están asociadas a sus características natas y propias de estos modos. Es en este contexto que el aporte de la tecnología a las ciudades puede ser importante en tanto pueda aportar beneficios y de manera positiva. En el interés de encontrar nuevas maneras de movilizarse mucho más rápidas y amigables con el medio ambiente surgen los vehículos de movilidad personal -VMP como potenciales soluciones en la ciudad principalmente para desplazamientos cortos y para fomentar la intermodalidad. Se muestran las múltiples variaciones de estos vehículos también catalogados como vehículos de micromovilidad y que dada su acelerada proliferación se está en la necesidad de restringir y regular sus desplazamientos por el espacio público, ya que muestra ciertos conflictos con los peatones, ciclistas y vehículos a motor, resalta la peligrosidad de interactuar con los vehículos a motor dada sus diferencias en sus características y la necesidad de adaptarse al comportamiento de los peatones y ciclistas.

Si bien existen normas y leyes que se están implementando para que la interacción de los VMP con los demás actores de la movilidad sea de forma natural y sin conflictos, su abrupta aparición y

proliferación causan que no se esté bien definido por qué lugares o espacios se debe desplazar los VMP. A este factor se suma la gran variabilidad de tipos de VMP existentes en el mercado, ya que se encasilla a todos los tipos en un solo concepto, desde un VMP de 4 kilogramos de peso con velocidad máxima de 12km/h hasta un VMP de 50 kilogramos de peso y velocidad máxima de 25 km/h, a los ojos de las leyes y normas son lo mismo. Se resalta este aspecto ya que los VMP que poseen menor dimensión y tamaño podrían pasar desapercibido en interacción con peatones o ciclistas como lo podría ser el Segway con asiento, el monociclo eléctrico, el overshoes o el skateboards.



### **CAPÍTULO 3.-METODOLOGÍA**

Para el desarrollo del proyecto se llevará a cabo una metodología mixta con enfoque cualitativo y cuantitativo. Por un lado, el enfoque cuantitativo del proyecto responde a que parte de los resultados mostrados serán cuantificables, datos y valores numéricos, además que se seguirá una secuencia preestablecida en partes determinadas del proyecto (Hernández- Sampieri, 2014).

Por otro lado, el enfoque cualitativo del proyecto responde a la flexibilidad del diseño de investigación, además de que no se pretende generalizar los resultados obtenidos ya que la composición de la muestra son casos individuales y no representativos desde el punto de vista estadístico (Hernández- Sampieri, 2014).

Además, el nivel de investigación del proyecto será exploratoria ya que tal y como lo menciona Hernández- Sampieri (2014) el estudio nos va a ayudar a obtener información para futuras investigaciones más complejas e investigar nuevos problemas. Los resultados a obtener no tienen un carácter representativo y para que lo tengan deberán ser validados con una mayor cantidad de experiencias por lo que se limitarán a mostrar indicios o tendencias no siendo concluyentes.

El proyecto cuenta con 5 etapas bien diferenciadas: la primera es la revisión bibliográfica; la segunda es la comparación de características similares entre los VMP y el peatón y ciclista, eligiendo a los VMP más compatibles con ambos modos; la tercera es la recolección de datos en campo del VMP elegido al desplazarse junto con el peatón y ciclista; la cuarta es la comparación del nivel de integración que posee el VMP con el transporte público frente a la bicicleta y la identificación del costo económico y energético del VMP; la quinta es la recopilación de todos los datos más importantes para la resolución de los objetivos.

La primera etapa inicia con una revisión bibliográfica y búsqueda de información, necesaria para entender el estado actual de la movilidad en las ciudades y las soluciones que se están implementando. Se inicia revisando conceptos como movilidad, movilidad sostenible y sus principales actores (peatón, la bicicleta y transporte público) así como el aporte de las nuevas tecnologías a la movilidad. Se continúa con una introducción al concepto de micromovilidad y los vehículos de movilidad personal-VMP. Se prosigue con la revisión sobre aspectos generales y técnicos del peatón y ciclista como también su infraestructura y los inconvenientes o problemáticas que afrontan sus desplazamientos en la actualidad. La revisión bibliográfica continúa con una descripción y clasificación de los VMP, la existencia de diferentes tipos, su recopilación de datos técnicos de cada tipo de vehículo y las normas y leyes que en la actualidad se aplican sobre ellos tanto internacionalmente como en el Perú. Esta clasificación de los VMP es importante ya que se obtendrán fichas técnicas de los diferentes tipos de vehículos de movilidad personal. Se continúa con los siguientes ítems de la metodología propuesta.

### **3.1 Comparación y elección del tipo de vehículo de movilidad personal**

En la segunda etapa, debido a la gran variedad de características entre los VMP se busca identificar y mostrar la existencia de similitudes y compatibilidades entre los VMP y las características del peatón y ciclista, con el propósito que los VMP más compatibles puedan tener la posibilidad de desplazarse junto al peatón y ciclista de forma natural. Las características de los VMP serán extraídas del marco teórico donde se muestran a detalle las características técnicas y físicas de cada VMP en forma de ficha técnica. La comparación a realizar será en base a características observables y medibles las cuales son:

- Tamaño y dimensiones
- Maniobrabilidad del VMP
- Autonomía de viaje y radio de influencia
- Velocidad promedio y velocidad máxima
- Uso con otros medios de transporte (intermodalidad)
- Disponibilidad de obtener el VMP

Estas 6 características ayudarán a seleccionar a los VMP más compatibles tanto con el peatón como con el ciclista, ser compatibles con ambos modos será una característica necesaria en el estudio. Se procede a desarrollar las características de comparación.

#### **3.1.1 Tamaño y dimensiones**

La gran variabilidad en dimensiones y tamaños que poseen los VMP hace necesaria una comparación de estas características con el peatón y la bicicleta, debido que se busca que el VMP sea compatible con ambos modos. Para la comparación se toma como referencia las dimensiones de un peatón estándar (ancho, longitud y área) y para la bicicleta se priorizará el ancho que posee ya que el largo y área quedará a un segundo plano al ser de magnitudes mucho mayores a la de un peatón. Se buscará a los VMP que posean dimensiones iguales o menores tanto del peatón como de la bicicleta. Las consideraciones que se toman para la bicicleta son las dimensiones bicicleta más usuario, las mismas que se considerarán para el vehículo de movilidad personal, es decir usuario del VMP más el propio VMP.

#### **3.1.2 Maniobrabilidad del VMP**

Los peatones como los ciclistas requieren de un determinado espacio para realizar sus movimientos, de la misma manera suceden con los VMP que necesitarán espacio para sus maniobras ya sea para realizar giros o cambios de sentido. Uno de esos indicadores que mide la maniobrabilidad de un vehículo es el radio de giro a muy bajas velocidades. Si bien no hay una comparación en sí con los dos modos, seleccionar a los VMP con buena maniobrabilidad o radio de giro reducido será de importancia ya que, si lo que se quiere es que los VMP puedan desplazarse con ambos modos sin

originar inconvenientes o interferencias en sus desplazamientos, un radio de giro cercano a cero sería un buen indicador.

### **3.1.3 Autonomía de viaje y radio de influencia**

Para los vehículos eléctricos, la autonomía de viaje es la capacidad de recorrer la mayor distancia posible sin recurrir a una fuente de carga eléctrica. Con respecto a los peatones y ciclistas este término podría compararse con el radio de influencia, que son las distancias recomendables y más efectivas que recorren un peatón o ciclista. Además, se propone comparar con la distancia que recorren diariamente una persona en la ciudad de Lima independientemente del modo de viaje. El principal motivo es observar si estos VMP son capaces de abarcar estas distancias con su autonomía de viaje, aun cuando se mencionó que la efectividad del monociclo se da para distancias cortas. Entonces se procede a comparar los valores de autonomía de viaje de los VMP con el radio de influencia tanto del peatón y ciclista, como también con la distancia que puede recorrer una persona en lima metropolitana. Para luego seleccionar a los VMP que cumplan estas 3 características.

### **3.1.4 Velocidad promedio y velocidad máxima**

Dentro de cada infraestructura peatonal o ciclovial los usuarios tienden a desarrollar un rango de velocidades típicas o velocidades promedio que ya están cuantificados ya sea por normas establecidas o mediciones anteriores. En el caso de los VMP su abrupta aparición dificulta documentar o conseguir dichas velocidades, sin embargo, lo que si se tiene son las velocidades máximas que se pueden desarrollar con dichos vehículos. Por lo tanto, mientras la velocidad máxima que desarrolla el VMP sea mayor que las velocidades promedio tanto del peatón como del ciclista, el VMP podrá desarrollar dicha velocidad. Además, como información adicional se puede comparar con las velocidades promedio con la cual se desplaza una persona en Lima metropolitana independientemente del modo a usar. Estas 3 comparaciones ayudarán a seleccionar a los VMP que lo cumplan.

### **3.1.5 Uso con otros medios de transporte (intermodalidad).**

A diferencia del peatón el cual se acopla de manera directa con otros medios de transporte (el ingreso y acceso se produce a pie), el ciclista está limitado a dicha interacción por las dimensiones que posee su vehículo, sin embargo, con la bicicleta plegable, que tiene dimensiones mucho menores que la bicicleta estándar, es factible optar por el ingreso a los diferentes medios de transporte como equipaje de mano acoplado al peatón. Entonces tomando como referencia importante el volumen y peso que poseen las bicicletas plegables es que se hará la comparación con los volúmenes que poseen los VMP y se elegirá a los que presenten menores o iguales volúmenes.

### **3.1.6 Disponibilidad y facilidad de adquirir el VMP**

De la misma manera que el peatón quedó exento de la comparación en el ítem anterior, este ítem también lo será, ya que al ser la caminata una actividad inherente al ser humano no tendría razón de compararse aquí. Con respecto al ciclista la adquisición del vehículo en la actualidad está muy generalizada y conocida en todo ámbito, a diferencia de los VMP que por su tecnología relativamente reciente no son de fácil adquisición y muchas veces refiere que se importe el vehículo. En la actualidad la fácil adquisición de productos de toda índole gracias a plataformas digitales facilita la compra rápida de dichos productos. Esto también incluye a los vehículos eléctricos, por lo que será de importancia identificar cuál de los vehículos los podemos encontrar en las tiendas físicas en Perú y cuales los podemos encontrar mediante páginas en el extranjero. Se seleccionará a los VMP que se puedan obtener en territorio nacional considerando también la posibilidad de obtención por medios internacionales.

Ya presentada las 6 características, se compilará cada una de ellas por medio de una tabla resumen seleccionando así a los VMP que cumplan con la mayoría de estos enunciados, pudiendo inferir que a mayor número de características cumplidas mayor podrá ser su compatibilidad con dichos modos. Se mencionará a las características más relevantes y que tienen mayor influencia a la hora de las comparaciones y como pueden estas características variar en cada tipo de VMP.

Cabe resaltar que para proseguir con la investigación del proyecto se selecciona al monociclo eléctrico como el vehículo de movilidad personal a usar.

### **3.2 Etapa exploratoria en el lugar de estudio para el monociclo eléctrico junto con el peatón y ciclista.**

Para esta etapa se va a evaluar diferentes características del monociclo eléctrico al desplazarse junto con el peatón y ciclista, para determinar su grado de integración y convivencia con dichos modos. La manera de abordar será utilizar el monociclo eléctrico a través de rutas urbanas propuestas las cuales deban poseer infraestructura peatonal como ciclista. Para ello se eligen 3 rutas urbanas aleatorias y típicas en Lima Metropolitana. En cada ruta elegida se llevará a cabo dos tipos de desplazamientos, un tipo será el de monociclo-peatón a evaluarse solo en el tramo peatonal, mientras que el segundo tipo de desplazamiento monociclo-bicicleta se abordará en toda la ruta planteada. Para ambos desplazamientos se realizará previamente una descripción del lugar y los elementos que podrían influir en los desplazamientos. Además, los desplazamientos serán realizados una sola vez y llevados a cabo en un mismo día a una hora aleatoria del día, considerando como referente las primeras horas de la tarde. Es de suma importancia acotar que, si bien se procede a realizar toma de datos en diferentes lugares, dichos resultados no serán concluyentes ni tomados como valores generalizables a toda situación ya que serán datos recolectados de solo 3 ubicaciones, los resultados se deberán tomar como valores referenciales, de tendencia y aproximación, más no concluyentes.

### 3.2.1 Desempeño del monociclo eléctrico al desplazarse entre peatones.

Para evaluar al monociclo eléctrico con el peatón solo se va a considerar los espacios donde el peatón puede desplazarse. El motivo principal de esta evaluación es poder identificar cómo se desarrolla la interacción monociclo eléctrico-peatón, cuál es el comportamiento de ambos modos cuando interactúan y si el monociclo eléctrico puede comportarse de forma natural como un peatón en su infraestructura. Se originan interrogantes en dicha interacción: ¿Se desarrolla de forma espontánea? ¿Presenta problemas? ¿De qué tipo? Al tener el peatón relevancia absoluta en su infraestructura es el monociclo eléctrico el que tiene que adaptarse a este contexto y es por eso la importancia de identificar si pudo o no adaptarse de la mejor manera a este espacio, el cual incluye también la interacción con mobiliarios u otros elementos en la vía.

La manera de recolectar los datos de campo será principalmente observando y registrando el desplazamiento del monociclo eléctrico a lo largo de la ruta peatonal delimitada. Por tal motivo es que al usar la observación como actividad principal de recopilación de datos, se considera la importancia que tiene el estudio de vida pública de Jan Gehl, ya que se usarán y adaptarán algunas de sus recomendaciones y herramientas para esta etapa del proyecto. El registro por medio de videograbación y fotografías será de gran importancia en el estudio. El mayor interés en la recolección de datos se dará a cada interacción puntual que el monociclo eléctrico realice con los peatones en dicho tramo.

El espacio requerido en la interacción, los movimientos generados en la interacción, así como los cambios de velocidad, serán los principales factores a identificar. Es en base a estas 3 características que se plantea y propone un cuestionario con una serie de preguntas a responder en cada interacción puntual que se dé entre el monociclo eléctrico y el peatón.

Previo a la recolección de datos se realiza una prueba a pie para observar e identificar la situación actual y las características particulares de la ruta.

Se presenta a continuación el cuestionario a responder para cada situación puntual. Según el tipo de pregunta, las respuestas podrán ser abiertas o cerradas.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.
  - ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción?
  - ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción?
  - ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados?
  - ¿El espacio que ocupa el monociclo en la interacción es parecido a un peatón?
- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-monociclo
  - ¿Peatón o monociclo realiza algún tipo de giro?
  - ¿Peatón se aleja?
  - ¿Peatón se detiene?
  - ¿Peatón ignora al monociclo eléctrico?
  - Precisar reacción del peatón
- ¿Es posible que monociclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón?

- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el monociclo en el momento de la interacción?
  - ¿Monociclo se detiene?
  - ¿Conductor desciende del vehículo?
  - ¿Ocurre disminución de velocidad?
  - ¿Ocurre aumento de velocidad?
  - ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa?

Una vez se hayan respondido a cada una de las interacciones identificadas en las 3 rutas propuestas, el compilado de respuestas nos darán un mejor panorama sobre el comportamiento y desempeño del monociclo eléctrico entre peatones y si pudiese o no mostrar indicios de convivencia o integración con los desplazamientos entre peatones.

Cabe resaltar que debido a una de las características técnicas y físicas que posee el monociclo eléctrico, de ser un vehículo autoequilibrado y de una sola rueda, el usuario no puede desplazarse encima del vehículo a muy bajas velocidades ya que pierde el equilibrio, por lo cual se está en la necesidad primeramente de estimar su velocidad mínima a la cual puede desplazarse sin perder el equilibrio. Entonces se cronometra el tiempo que le toma al monociclo eléctrico desplazarse por una zona peatonal delimitada y libre de interacción con personas, para posteriormente comparar dicha velocidad con velocidades típicas de peatones y observar los resultados. Este cálculo de velocidad será de los primeros datos de campo a mostrarse en el capítulo de resultados.

### **3.2.2 Comparación de características en campo del monociclo eléctrico y la bicicleta**

A diferencia de la evaluación peatón-monociclo en el cual se evalúa comportamientos y nivel de interacción. En este apartado y por las características de la bicicleta, la velocidad toma una importancia preponderante en su comparación con el monociclo eléctrico. Se procede a determinar las velocidades que desarrollan tanto el monociclo eléctrico como la bicicleta por toda la ruta propuesta. Las velocidades a mostrar serán en base al tiempo de recorrido y tiempo de marcha. Además, a diferencia del peatón donde el estudio se centra solo en el tramo peatonal, para el caso monociclo eléctrico-bicicleta será necesario evaluarlo en toda la ruta ya que al existir poca infraestructura ciclovial, el ciclista se ve obligado a desplazarse por tramos no cicloviales, en este caso cruces y vías peatonales. Se excluye de manera importante la interacción con automóviles por el gran peligro y poca seguridad que brinda esta interacción. Importante resaltar que sus desplazamientos van a estar limitados según el tramo de vía en que se encuentren, no es lo mismo desplazarse por una red ciclovial que por una vía peatonal ya que tienen características de desplazamiento diferente.

Se inicia con el monociclo eléctrico y bicicleta realizando la misma ruta desde el mismo punto simultáneamente. La toma de tiempo y el cálculo de velocidades por la ruta será dividido en tramo ciclista, tramo de cruce peatonal y tramo de vía peatonal. Se propone de igual forma un cuestionario para determinar hasta qué grado se puede comparar a estos dos vehículos. Ya tomados los tiempos y

calculado las velocidades de la bicicleta como del monociclo eléctrico por las rutas propuestas, se procede a responder el cuestionario comparando los resultados con los del ciclista urbano.

- ¿Dimensiones de usuario-monociclo son suficientes para circular por infraestructura ciclista?
  - ¿Ocurren problemas o inconvenientes en cruce o adelantamiento con ciclistas?
- ¿Cuál es la velocidad promedio del monociclo en infraestructura ciclovial frente al ciclista?
- ¿Cuál es la velocidad promedio del monociclo en cruces peatonales – intersecciones semaforizadas frente al ciclista?
- ¿Cuál es la velocidad promedio de monociclo en vías peatonales frente al ciclista?
- Con respecto a la autonomía del monociclo eléctrico y su velocidad máxima ¿Puede cubrir el vehículo el radio de influencia de 5km de un ciclista?
  - ¿Cuánto tiempo le tomaría realizar este desplazamiento?
  - ¿Con el tiempo promedio de ciclista, monociclo puede llegar a esta distancia del radio de influencia?
  - Si monociclo eléctrico tuviese mayor velocidad máxima de diseño ¿Puede llegar a abarcar el radio de influencia del ciclista?

Para responder las preguntas, se recogerán datos puntuales en cada de tramo, medición de tiempos de desplazamiento, así como registro fotográfico de la actividad. Terminado la parte exploratoria y el cuestionario se procede a comentar o tener una postura de cómo fue esta comparación, tanto sus aspectos negativos como positivos y que comentarios merece.

### **3.3 Integración del monociclo eléctrico con el transporte público frente a la bicicleta.**

La forma natural y directa que posee el peatón para poder integrarse con el transporte público lo diferencia de gran manera con la integración que posee la bicicleta. Este último necesita de lugares específicos donde guardarlo para que el ciclista pueda ingresar a los buses o estaciones del transporte público ya que por su gran tamaño la bicicleta tiene el ingreso restringido a los buses. Esta facilidad del peatón para poder realizar estas actividades se podría imitar con el monociclo eléctrico ya que las dimensiones reducidas del vehículo podrían abrir la posibilidad de llevarlo dentro del transporte público como algún tipo de equipaje, siendo una opción más ventajosa en comparación con la bicicleta. Entonces será fundamental identificar las dimensiones, volumen y peso máximo de equipaje de mano que el transporte público en Lima Metropolitana permite llevar consigo y además poder verificar y comparar si los diferentes vehículos menores y de micromovilidad incluido el monociclo eléctrico cumple con estos requisitos. Además, y debido al fomento de la multimodalidad se verificará qué tipos de vehículos menores están permitidos usar en las estaciones y buses del transporte público, además de los horarios permitidos para su traslado.

### **3.4 Identificar el consumo económico y de energía eléctrica del monociclo eléctrico.**

Un apartado independiente de los modos peatonal y ciclista será poder identificar cuánto es el consumo de energía eléctrica y monetario del monociclo eléctrico y si es favorable o no su uso en términos económicos en comparación a otros modos de viaje. Debido al propósito de uso del monociclo eléctrico que será para desplazamientos dedicados al trabajo y/ estudio, estos deben ser los más rápidos y directos posibles, lo cual implica que las distancias recorridas por el monociclo eléctrico tendrían que ser cubierto en su totalidad por la autonomía dada del vehículo, evitando así recargas de batería a media ruta que impliquen mayor tiempo de viaje en sus desplazamientos. Vale recalcar que la autonomía del vehículo depende del ciclo de carga del vehículo. Entonces se realizará una primera aproximación del consumo mensual de energía y consumo monetario del monociclo eléctrico siguiendo el siguiente procedimiento: Recurrir a datos técnicos del vehículo como consumo de energía en watts hora y tiempo de carga, así como el consumo energía de aparatos electrónicos del hogar para poder compararlos. Cronometrar el tiempo que se necesita para un ciclo de carga completo del monociclo eléctrico. Con datos de Watts hora consumida y tiempo de carga, se puede obtener la energía que consume el monociclo por un ciclo de carga. Consultar cuanto es el precio por watts hora de energía por el proveedor de energía eléctrica domestica para determinar el consumo monetario por ciclo de carga. Comparar la distancia de los desplazamientos promedios en lima metropolitana con la autonomía de viaje del vehículo para estimar el número de cargas necesarias por día. En base a los ciclos de carga diario que se realiza al monociclo eléctrico, dar un estimado diario, semanal y mensual de su consumo económico como energético, para poder compararlos con algunos medios de transporte y otros vehículos eléctricos. Para los desplazamientos semanales se puede considerar usar el vehículo 3 o 5 veces a la semana.

## CAPÍTULO 4. CASO DE ESTUDIO

### 4.1 Comparación y elección del tipo de VMP frente al peatón y ciclista

En la revisión bibliográfica se presentaron una amplia gama de vehículos de movilidad personal cada uno con diferentes características: tamaño, peso, dimensiones, velocidad máxima, autonomía, etc. En la medida que estos VMP puedan tener características lo más compatibles posibles con ambos modos, podría ser un buen indicio de su adaptabilidad al modo y a su infraestructura. Antes de realizar las comparaciones se muestra una tabla que compila todas las características de los 10 VMP a evaluar y que servirá para las posteriores comparaciones que se realicen en esta parte del capítulo.

**Tabla 4.1: Características generales de los 10 VMP a analizar con el peatón y ciclista**

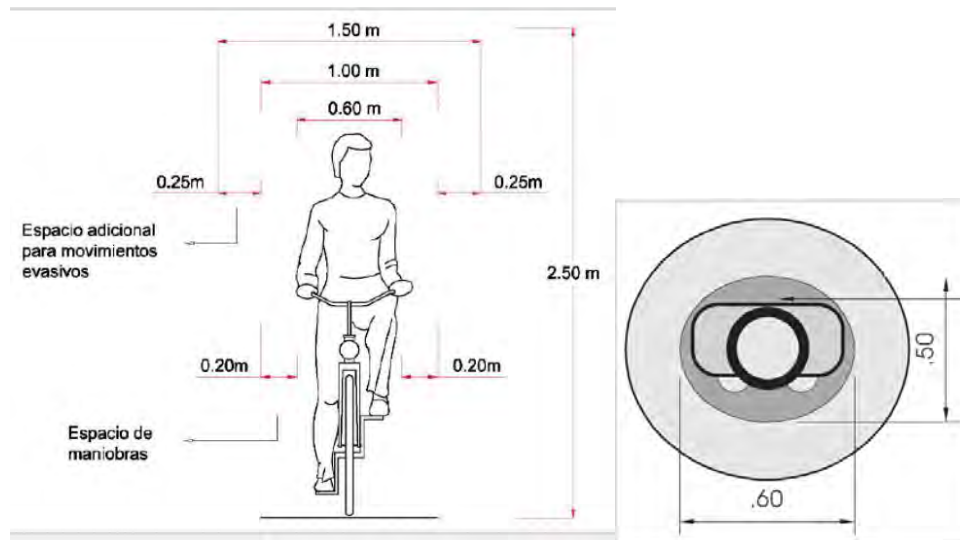
Vehículo y modelo	Ancho (cm)	Longitud (cm)	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (Kg)	Radio de giro	Autonomía (km)	Velocidad Máxima (km/h)
Segway -Segway I2 SE	63	65	0.41	130	0.532	37	Giro sobre su eje	26	20
Minisegway - Ninebot S	54.8	26	0.14	60	0.085	12.8	Giro sobre su eje	22	16
Patinete eléctrico -Xiaomi Mijia M365	43	108	0.46	49	0.228	12.5	No pueden girar sobre sí	30	25
Patinete con sillín -Ecoxtrem Sparrow	43	116	0.50	114	0.569	34	No pueden girar sobre sí	30	25
Monociclo eléctrico - Airwheel x3	41	45	0.18	49.5	0.036	9.8	Giro cercano a cero	18	18
Hoverboard -Hoverboard S10	66	30	0.20	27	0.053	14	Giro sobre su eje	20	20
Skateboards - Airwheel m3	37	79	0.29	16.3	0.048	11.5	Giro cercano a cero	20	20
Bicicleta de pedaleo asistido-Ewheel LEED	56	128	0.72	90	0.635	21	No pueden girar sobre sí	60	25
Segway con asiento - Airwheel A3	43.8	72	0.32	113	0.356	34	Giro sobre su eje	45	15
E-skates - Hovershoes-x-1	14.5	22.5	0.07	11	0.004	6.6	Giro sobre su eje	10	12

**Fuente: Adaptado de Segway, 2019; Segway, 2020; Xiaomi, 2020; Fundación MAFRE, 2019; Airwheel,2015; [www.sabway.es/hoverboards/44-hoverboard-10-sabway](http://www.sabway.es/hoverboards/44-hoverboard-10-sabway); Ewheelperu, 2020; Airwheel, 2020; Inmotion, 2020.**

Mencionado la tabla se muestran y desarrollan las 6 características a evaluar.

## TAMANO Y DIMENSIONES

Se muestran a continuación las dimensiones básicas de un peatón estándar y un ciclista.



**Figura 4.1: Espacio de operación de un ciclista y dimensiones de peatón estándar**  
**Fuente: Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao, Instituto de Desarrollo Urbano, 2006.**

La búsqueda se basa entonces en VMP con dimensiones iguales o menores al ancho de un ciclista y al ancho, longitud y área de un peatón, ambos en modo estático. En la tabla 4.1 se dan a conocer los datos relevantes para esta comparación: ancho, longitud, área. Con los datos mostrados se pueden extraer las siguientes afirmaciones:

Con respecto a las dimensiones de un ciclista existen dos VMP que superan el ancho de 60 centímetros; el Segway (63cm) y el Hoverboard (66cm). Con respecto a las dimensiones y área de un peatón vale aclarar que la comparación con los VMP será idéntica al ciclista, el usuario sobre el VMP, por lo que, si el ancho o longitud del VMP es menor, se considera las dimensiones del usuario de VMP. Entonces considerando esta acotación solo tres VMP cumplen con las 3 características típicas de un peatón: el Minisegway, el monociclo eléctrico y el E-skates. Mientras los demás VMP llegan a cumplir 1 o hasta 2 de las características el Segway no cumple ninguna de ellas. Sin embargo, se busca que el VMP posea características tanto del peatón como del ciclista, entonces se concluye que solo 3 de los 10 VMP cumplen con ambas características de dimensiones tanto con el peatón como con el ciclista.

## **MANIOBRABILIDAD DEL VMP**

La capacidad de tener un radio de giro relativamente cero o cercano a dicho valor indica que a muy bajas velocidades se puede realizar cambio de sentido o giros sin requerir espacio adicional a lo que el vehículo ocupa, este índice de maniobrabilidad se muestra en la tabla 4.1, bajo el nombre de radio de giro. De todos los VMP estudiados 7 de ellos cumple con un radio de giro nulo o cercano a ese valor.

Resalta que este resultado es de mayor relevancia en interacción con peatones ya que los desplazamientos en estas vías son de bajas velocidades y cambios de sentido constante.

### **AUTONOMÍA DE VIAJE**

La autonomía de viaje nos va a permitir realizar desplazamientos desde el punto de origen hasta el punto de destino o realizar viajes hasta el siguiente modo disponible de transporte, si la autonomía es menor a las distancias que el usuario quiere desplazarse el vehículo no podrá realizarlos ya que la batería se agotará antes de llegar al destino, lo cual implica inversión de tiempo cargando la batería del vehículo para que funcione de nuevo.

Como se mencionó en el marco teórico el radio de influencia de un peatón se ubica entre 1.5 a 2.5 kilómetros de distancia, mientras que para un ciclista este valor estará en el rango de distancia entre 3 a 8 kilómetros. Se añade también las distancias recorridas por una persona en la ciudad de Lima Metropolitana independientemente del modo en que se movilice, tal como lo menciona Yachiyo (2005) sobre velocidad media de viaje, tiempo de viaje y la distancia recorrida por una persona son respectivamente: 16.8 km/h, 44.9 minutos y 12.5 Kilómetros. Seguidamente con la autonomía de viaje mostrada en la tabla 4.1 se realizan las comparaciones respectivas. Según los datos obtenidos todos los VMP de la lista pueden superar los radios de influencia que pueden recorrer tanto los peatones y ciclistas, incluso el VMP más pequeño como es el E-skates con su autonomía de 12 kilómetros puede superar el radio de influencia de ambos modos, sin embargo, este VMP no es capaz de superar la distancia media recorrida por una persona en la ciudad de Lima, característica que los demás VMP sí cumplen. Este dato es de mucha importancia ya que en teoría 9 de los 10 VMP podrían realizar desplazamientos por Lima Metropolitana usando exclusivamente su VMP para el desplazamiento. Cabe destacar que aun cuando los VMP son más efectivos para distancias cortas entre 5 a 8 km, estos si pueden abarcar distancias de desplazamiento promedio de una persona en Lima Metropolitana.

### **VELOCIDAD PROMEDIO Y VELOCIDAD MÁXIMA**

El desarrollo de velocidades tanto del peatón como del ciclista son valores mencionados en el marco teórico, con respecto al peatón se considera que la velocidad promedio que desarrolla es de 5 km/h llegando a 10 km/h cuando el peatón realiza jogging, por el lado del ciclista la velocidad promedio que desarrolla es del rango de 15 a 20 km/h , con una velocidad máxima establecida en Lima que por ley puede desarrollar en la infraestructura ciclovial de 25 km/h .Además según la Fundación transitemos (2013), la ciudad de Lima presenta una velocidad promedio entre 13 a 14 km/h. En la tabla 4.1 se muestra las velocidades máximas de cada VMP a comparar. Entonces que puede mencionar que todos los VMP pueden superar la velocidad promedio que un peatón puede desarrollar, similar situación ocurre con los ciclistas a excepción del E-Skates que con 12 km/h no llega a desarrollar la velocidad promedio de un ciclista. A la vez si se compara con la velocidad promedio

que se desarrolla en la ciudad de Lima (independiente del modo a utilizar) 9 de los 10 VMP pueden desarrollar mayores velocidades. Entonces en teoría se podría afirmar que 9 de los 10 VMP pueden desarrollar el rango de velocidades de un peatón, ciclista y una persona que se desplaza en Lima Metropolitana.

### USO CON OTROS MEDIOS DE TRANSPORTE- INTERMODALIDAD

La importancia de las dimensiones y peso de los VMP para poder usarlo con uno o más medios de transporte será importante si lo que se desea es llevarlo dentro de otro medio, entonces estos deben poseer medidas igual o menos que las bicicletas plegables las cuales si posibilita llevarlo en otros medios de transporte y también en el transporte público. Se procede a comparar con las dimensiones que presenta una bicicleta estándar y una plegable En la tabla 4.1 ya mostrada se dan a conocer los datos relevantes para esta comparación: ancho, longitud, altura, volumen, peso. En el caso del monociclo eléctrico y el patinete eléctrico se considera las dimensiones cuando están plegadas. Se realiza las comparaciones con una bicicleta estándar y una plegable.

**Tabla 4.2: Dimensiones, volumen y peso de una bicicleta estándar, plegable, monociclo y patinete eléctrico**

Vehículo y modelo	Ancho	Longitud	Alto	Volumen	Peso
	(cm)	(cm)	(cm)	(m3)	(kg)
Monociclo eléctrico (plegado) - Airwheel x3	16	45	49.5	0.036	9.8
Patinete Eléctrico (plegado) -Xiaomi Mijia M365	43	108	49	0.228	12.5
Bicicleta plegable -Giant Halfway City	36	78	83	0.233	13
Bicicleta estándar	60	190	110	1.254	8

**Fuente:** Adaptado de Airwheel, 2015; IDEA, 2009; [www.giant-bicycles.com](http://www.giant-bicycles.com); IDEA, 2009.

Con respecto al volumen y peso de los VMP guardan cierta relación entre ellos, ya que a mayor volumen del vehículo su peso es mayor y viceversa, entonces comparándolo frente a una bicicleta estándar, el volumen de este último es mucho mayor a cualquier VMP, una razón obvia por la cual una bicicleta estándar es difícilmente acoplable a otros medios de transporte o buses del transporte público. Con respecto a la bicicleta plegable ocurre lo contrario ya que su reducido volumen y poco peso hace más factible su transporte, al compararlo con los VMP, 6 de los 10 vehículos se encuentra en el rango de volumen y peso de una bicicleta plegable, destacando entre ellos el E-Skates y el monociclo eléctrico.

### DISPONIBILIDAD Y FACILIDAD DE ADQUIRIR EL VMP

Todos los VMP mostrados en la revisión bibliográfica tienen su lugar de fabricación fuera de Perú siendo solo adquiridos mediante pedidos por internet sin embargo existe empresas que poseen tiendas

físicas y páginas Web con dirección en Perú, se identifica priorizando los VMP que se pueden adquirir directamente en Lima, a continuación, se muestran una tabla de disponibilidad de los VMP.

**Tabla 4.3: Disponibilidad de adquirir en Perú o en el extranjero los VMP.**

Vehículo y modelo		Disponible en páginas web y tiendas físicas en Peru	Disponible en páginas del extranjero
Segway	-Segway I2 SE	NO	SÍ
Minisegway	- Ninebot S	SÍ	SÍ
Patinete eléctrico	-Xiaomi Mijia M365	SÍ	SÍ
Patinete con sillín	-Ecoxtrem Sparrow	NO	SÍ
Monociclo eléctrico	- Airwheel x3	SÍ	SÍ
Hoverboard	-Hoverboard S10	SÍ	SÍ
Skateboards	- Airwheel m3	NO	SÍ
Bicicleta de pedaleo asistido-Ewheel LEED		SÍ	SÍ
Segway con asiento	- Airwheel A3	NO	SÍ
E-skates	- Hovershoes-x-1	NO	SÍ

**Fuente: Adaptado de Segway, 2019; Segway, 2020; Xiaomi, 2020; Fundación MAFRE, 2019; Airwheel, 2015; [www.sabway.es/hoverboards/44-hoverboard-10-sabway](http://www.sabway.es/hoverboards/44-hoverboard-10-sabway); Ewheelperu, 2020; Airwheel, 2020.**

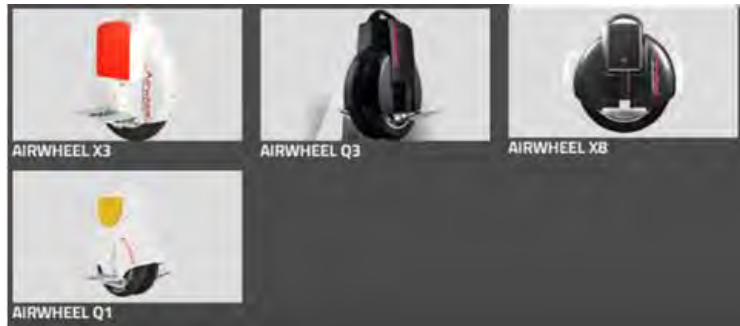
Cabe destacar que todos los VMP mostrados tienen una página electrónica disponible y con disponibilidad de venta al Perú. Se puede apreciar también que 5 de los 11 VMP si poseen tiendas y entornos web en Perú, se puede concluir entonces que todos los VMP tienen disponibilidad de ingreso a Perú, pero con la diferencia de tiempos, unos se pueden obtener con mayor rapidez que otros. Se coloca en el anexo A los enlaces de las páginas web de cada vehículo de movilidad personal.

Como se mencionó anteriormente algunas características pueden variar según sea el modelo, es así que para un mismo VMP existen modelos que se diferencien entre ellos, principalmente características como velocidad máxima y autonomía son las que varían.

En el capítulo de resultados se mostrará a los VMP que cumplan con la mayoría de estas 6 principales características.

#### **4.1.1 Elección de modelo del monociclo eléctrico y proceso de aprendizaje.**

A partir de esta etapa del proyecto se utiliza un determinado VMP para las posteriores pruebas en campo, el elegido es el monociclo eléctrico, el cual se da detalle de algunas características de dicho vehículo. En el mercado peruano existen diversos tipos de monociclos eléctricos que varían principalmente en velocidad máxima y autonomía. La marca Airwheel presenta principalmente estos vehículos.



**Figura 4.2 Monociclos eléctricos disponibles en Perú de la marca Airwheel**  
**Fuente: Airwheel, 2016.**

Todos los monociclos mencionados poseen las mismas características, salvo por la autonomía y velocidad máxima que son dos factores que varían en cada modelo, un último factor que se puede considerar es el precio del monociclo eléctrico, el precio de estos equipos varía entre:

- MODELO AIRWHEEL X3; PRECIO \$ 550
- MODELO AIRWHEEL X8; PRECIO \$ 720
- MODELO AIRWHEEL Q1; PRECIO \$ 720
- MODELO AIRWHEEL Q3; PRECIO \$ 950

Se eligió el monociclo eléctrico con el precio más módico y accesible entre los 4, por lo que se adquirió el Airwheel X3 que es precisamente el modelo que se mencionó en el marco teórico elaborando su ficha técnica.



**Figura 4.3 Monociclo seleccionado para su uso**  
**Fuente: Airwheel, 2016.**

### **Proceso de aprendizaje**

Este tipo de monociclo eléctrico de la marca Airwheel, antes de poder ser usado para el propósito de la investigación, se tuvo que pasar por un proceso de aprendizaje del equipo. Lo cual se da una breve explicación del proceso ya que este medio de transporte es relativamente nuevo y poco conocido.

El proceso de aprendizaje o curva de aprendizaje como bien se mencionó en su ficha técnica requiere tiempo y dedicación considerable para el correcto uso del vehículo, con respecto a la experiencia

propia se invirtió una semana aproximadamente para su total manejo, considerando 1 a 2 horas al día dedicados al aprendizaje del equipo, seguir los videos tutoriales de la empresa Airwheel fue de gran ayuda para acelerar el proceso de aprendizaje (Airwheel, 2014). Además, otros videos en la plataforma digital de Youtube ayudaron en gran medida al proceso de aprendizaje y a perfeccionar la técnica de manejo. Cabe destacar que se puede acoplar ruedas laterales al monociclo para facilitar el proceso de aprendizaje de manejo.

#### 4.2 Infraestructura ciclovial y peatonal de rutas seleccionadas

La elección de las rutas de estudio para el desplazamiento del monociclo eléctrico debe responder a la existencia de infraestructura tanto ciclista como peatonal.

Con respecto a la actividad ciclista, como medio de transporte es reducida en comparación a los demás modos, los viajes en bicicleta representan apenas un 1.5% por ciento de la población que lo usa para ir al trabajo o estudio, mientras la caminata representa un 12.7%



**Figura 4.4: Distribución de viajes para el trabajo o estudio en Lima Metropolitana**  
Fuente: Lima como Vamos, 2019.

La existencia de infraestructura ciclovial, la cual es una de los principales impedimentos para el poco desplazamiento de la bicicleta en la ciudad, si bien no posee una adecuada implementación en la ciudad, esta se ha ido incrementando lenta y paulatinamente a través de los años, desde la implementación de los primeras ciclovías en los años 90, seguido del plan municipal al 2010 sobre implementar 150 km de ciclovías en lima metropolitana, hasta el plan maestro de ciclovías en el Perú desarrollado por el FONAM en convenio con el banco mundial para el 2025, que plantea implementar 276 km de 111 ciclovías nuevas (El comercio, 2015). Y como ultima derogación promover a la bicicleta como medio de transporte sostenible y la implementación de ciclovías emergentes.

Por otro lado, los desplazamientos a pie y su infraestructura en Lima Metropolitana tienen lugar en todo espacio público. Mientras la infraestructura ciclista y áreas verdes pueden o no formar parte de las calles. La tipología de calle típica en Lima muestra a los desplazamientos peatonales limitados y adyacentes a las edificaciones o viviendas, mientras los automóviles se desplazan por la parte central de la calle ocupando grandes áreas.



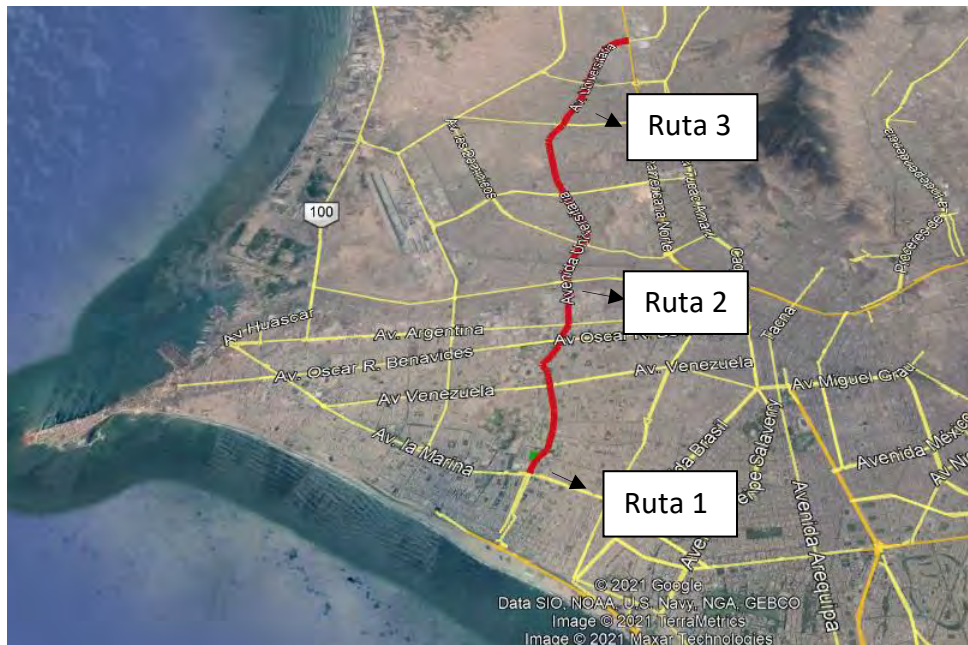
**Figura 4.5: Calles típicas en Lima Metropolitana**  
**Fuente: Propia.**

Respecto a la figura 4.4. Desde el tipo de calle más tradicional (1), pasando por calles con áreas verdes implementadas entre acera y calzada (2), hasta calles con infraestructura ciclovial entre acera y calzada (3), en todas estas variaciones de calles los espacios para desplazamientos peatonales y vehiculares siempre están presentes.

Considerando lo anterior se selecciona la infraestructura ciclovial de la avenida Universitaria y sus calles transversales a ella, las cuales serán las elegidas para el lugar de estudio. A lo largo de toda la avenida universitaria se eligen aleatoriamente 3 rutas de estudio, que comprenderán desplazamientos en bicicleta (en la avenida universitaria) y desplazamientos peatonales (en las calles transversales a esta), las 3 rutas elegidas deben ser delimitadas para un mejor estudio, las cuales son:

- Ruta 1: Ciclovía de la avenida Universitaria entre las avenidas Venezuela y La Mar, y el tramo peatonal abarcando una cuadra de la avenida La Mar.
- Ruta 2: Ciclovía de avenida Universitaria entre las avenidas José Granda y San German, y tramo peatonal abarcando una cuadra de la avenida San Germán.
- Ruta 3: Ciclovía de avenida Universitaria entre las avenidas Izaguirre y Marañón, y tramo peatonal abarcando una cuadra de la avenida Marañón.

A continuación, se referencian en un mapa de la ciudad de Lima Metropolitana las 3 rutas de estudio.



**Figura 4.6: Ciclovía de la avenida Universitaria y las 3 rutas elegidas**  
**Fuente: Google Earth, 2021.**

Centrándonos en el recorrido a realizar por la infraestructura ciclovial de la avenida Universitaria, esta infraestructura recorre varios distritos de la ciudad (desde San Miguel hasta Comas) siendo una de las más extensas de Lima Metropolitana, 13 kilómetros aproximadamente (Google Earth, 2021). Con respecto a su tipología, su infraestructura es de vías totalmente segregadas y separadas de los demás modos mediante elementos físicos como sardineles peraltados, a este tipo de vías se les denomina ciclovía. La ciclovía posee principalmente dos tramos diferenciados, el de mayor longitud es segregado lateralmente y con flujo unidireccional, mientras que el tramo de menor longitud (2.1 km aproximadamente), ubica la ciclovía en la parte central de la avenida y posee flujo bidireccional.



**Figura 4.7: Ciclovía a lo largo de toda la Avenida Universitaria**  
**Fuente: Propia.**

Por otro lado, y como se mostró anteriormente las calles transversales a dicha avenida pueden considerarse mayoritariamente típicas y de un mismo perfil, desplazamientos e infraestructura dedicados a automóviles y peatones.

Se detallan a continuación las características de las 3 rutas a analizar, las cuales se comienzan analizando por las vías ciclistas y seguido de la infraestructura peatonal. Todos los casos de estudio se llevan a cabo el día 10 de marzo del 2021 comenzando a las 12:00 pm del día y culminando a un aproximado de las 4 pm del mismo día.

### Ruta 1



**Figura 4.8: Ubicación de la ruta 1 distinguiendo desplazamiento por ciclovía y vía peatonal**  
**Fuente: Google Earth, 2021.**

Para la ruta 1 el desplazamiento en vía ciclista y peatonal comprende la red ciclovial de la avenida Universitaria entre las avenidas Venezuela y La Mar, la interfaz de cruce semaforzado peatonal entre Universitaria y La Mar y el tramo peatonal de la avenida La Mar. Centrándonos en la ciclovía de la

ruta 1, con cerca de 1.66 kilómetros su infraestructura se ubica en la parte central de la calzada y está rodeado lateralmente por área verde, posee 2 carriles que son de flujo bidireccional. En cada intersección de vías, la calzada se encuentra debidamente señalizada para el correcto desplazamiento del ciclista.



**Figura 4.9: Ruta 1. Ciclovía en la parte central de la calzada con flujo bidireccional de bicicletas**  
**Fuente: Propia.**

Para este tramo delimitado se procede a calcular el tiempo de recorrido y de marcha que le toma tanto al monociclo eléctrico y bicicleta desplazarse. La distancia del tramo a analizar se pudo hallar por medio del software Google Earth.

Continuando con la ruta 1, al terminar el tramo ciclista y hacer el cambio a la infraestructura peatonal de la avenida La Mar, existe un tramo de espacio público que se podría describir como una zona de cruce peatonal, zona semaforizada y rampas de ingreso/egreso a la vía peatonal. Dichas rampas tienen el propósito de ayudar a los peatones con discapacidad y las cuales serán usadas por el monociclo eléctrico para su desplazamiento. Es a partir de este tramo que tanto el monociclo eléctrico como el ciclista cambian su forma de desplazarse ya que se ingresa a zonas con prioridad al peatón, el ciclista deberá descender de su vehículo y empujar la bicicleta caminando, mientras el monociclo se desplaza a velocidad de un peatón.



**Figura 4.10: Ruta 1. Tramo de ruta y desplazamiento para el ingreso a zona peatonal**  
Fuente: Propia.

En este cruce peatonal también se mide el tiempo que toma en cruzar tanto el monociclo como la bicicleta. Luego de superar la interfaz se ingresa en la vía peatonal de la avenida La Mar. El estudio se centra específicamente en una sola cuadra, ubicada entre la avenida Universitaria y la calle Napo. La vía peatonal en estudio cuenta con un ancho constante de 2.04 metros (medida muy común en las calles limeñas), además la calle cuenta con varios establecimientos y tiendas comerciales.



**Figura 4.11: Ruta 1. Obstáculos permanentes en la vía que invaden el espacio de peatones**  
Fuente: Propia.

A lo largo de los 134 metros de longitud de la avenida se puede identificar mobiliarios permanentes y actividades en la vía que evitan el uso total del ancho disponible para los peatones como: alumbrado público a costado de vereda, automóviles estacionados al costado de la vereda llegando a ocupar hasta la mitad del ancho de vía exclusivo para los peatones, actividades como centros de comida y restaurantes que ubican a sus compradores en el exterior de sus locales para que sean atendidos

invadiendo de igual forma la vía. Todos estos elementos suponen inconvenientes para todo usuario que se desplaza por esta vía.

## Ruta 2



**Figura 4.12: Ubicación de la ruta 2 resaltando desplazamiento en ciclovía y en vía peatonal**  
Fuente: Google Earth 2021.

Para la ruta 2 el desplazamiento en vía ciclista y peatonal comprende la red ciclovial de la avenida Universitaria entre las avenidas José Granda y San Germán, mientras el tramo peatonal comprende una cuadra de la avenida San Germán. Por características de la ruta elegida no existe interfaz para el cambio de desplazamiento de ciclovía a red peatonal. La ciclovía de la ruta 2 posee una infraestructura de ciclovías separadas lateralmente de los vehículos por medio de sardineles peraltados con flujo ciclista unidireccional, la ubicación lateral de la ciclovía implica tener una interacción más cercana y directa con los peatones que la ruta 1.



**Figura 4.13: Ruta 2. Ciclovía en los laterales de la calzada con flujo unidireccional de bicicletas**  
Fuente: Propia.

Para este tramo al igual que en los tres tramos a estudiar se procede a cronometrar el tiempo de recorrido y de marcha del monociclo eléctrico como del ciclista. Siguiendo con el procedimiento de la Ruta 2, al terminar el tramo ciclista y antes de ingresar a la vía peatonal, se puede observar que la ciclovia está en interacción muy cercana a la vía peatonal por lo que solo nos bastará superar el desnivel existente.



**Figura 4.14: Ruta 2. Tramo de ruta y desplazamiento entre ciclovia y la vía peatonal en estudio**

**Fuente: Propia.**

Existe una rampa la cual esta interrumpida por vendedores ambulantes que hace imposible pasar por dicho lugar (se puede observar en la imagen de la izquierda), por lo que se decide descender del monociclo y subir a la vereda para continuar el desplazamiento. Luego de superar esta interfaz donde no se tuvo que cronometrar ningún tiempo, se ingresa a la vía peatonal de la avenida San Germán, la cual es una avenida perteneciente al distrito de San Martín de Porres, este tramo de vía peatonal se ubica entre la Avenida Universitaria y el Jirón Eusebio Gálvez Siqueria, posee un ancho de vía peatonal muy parecido al tramo 1 (2.04 metros). Cuenta además con algunos establecimientos comerciales a lo largo de la vía.



**Figura 4.15: Ruta 2. Obstáculos permanentes en la vía invadiendo el espacio de peatones**

**Fuente: Propia.**





**Figura 4.17: Ruta 3. Ciclovía en los laterales de la calzada principal con flujo unidireccional**  
**Fuente: Propia.**

Continuando con la Ruta 3, al término del tramo ciclista y previo al ingreso de vía peatonal, se realiza el desplazamiento por una zona semaforizada, con cruce y rampas peatonales, contexto similar a la ruta 1, pero con algunas diferencias ya que se cruza dos cruces semaforizados: la vía auxiliar de avenida la Universitaria y la vía de la avenida marañón.



**Figura 4.18: Ruta 3. Tramo de ruta entre ciclovía y la vía peatonal en estudio** **Fuente: Propia.**

En este cruce peatonal también se mide el tiempo que toma en cruzar tanto el monociclo como la bicicleta, al igual que en los tramos anteriores el ciclista deberá descender de su vehículo y empujar la bicicleta caminando, mientras el monociclo se desplaza a velocidad de un peatón. Luego de superar esta interfaz, se ingresa a la vía peatonal de la avenida Marañón, la cual es una avenida perteneciente al distrito de Los olivos y que cruza a las avenidas Universitaria y Panamericana norte las cuales son avenidas principales en el distrito. El tramo a analizar es el comprendido entre la avenida Universitaria y el jirón Miguel Ortiz. Dicha sección de ruta cuenta con dos establecimientos comerciales y un puesto ambulatorio de venta de frutas, ambos ubicados lateralmente a la vía peatonal.



**Figura 4.19: Ruta 3. Obstáculos permanentes en la vía que interrumpe el espacio de circulación**  
**Fuente: Propia.**

Se puede observar que los postes de alumbrado público al igual que en los anteriores tramos invaden el área exclusiva para peatones, además que la mercadería del vendedor de frutas invade levemente la vereda, se aprecia también personas estáticas en la vía esperando servicio de transporte público. Además, la vereda posee un ancho de vereda mayor a los dos casos anteriores (3m). De la misma manera que en las rutas anteriores, para este tramo se realizan y recolectan dos tipos de desplazamiento. Se plantean y describen así las 3 rutas a desplazarse, así como los dos tipos de desplazamientos que se realizan para la consecución de los objetivos planteados.

#### **4.2.1 Velocidad mínima del monociclo eléctrico**

En este apartado se determina la velocidad mínima a la cual puede desplazarse el monociclo eléctrico sin perder el equilibrio, valor el cual nos servirá para referenciarlo con velocidades de los peatones ya que si la velocidad mínima del monociclo es muy superior o la de los peatones implica que podría presentar dificultad para desplazarse con ellos o hacerlo deficientemente. La zona a elegir solo necesita de un tramo peatonal libre de personas, puede ser cualquier espacio público y la elección del lugar es de forma aleatoria. Se elige entonces un lugar aleatorio con muy poca afluencia de público eligiendo 10 metros de longitud y realizando el cronometrado para el estimado de la velocidad mínima del monociclo eléctrico. En el Anexo B se adjunta el número de repeticiones realizadas para el cálculo de dicha velocidad las cuales se muestran en resultados.

#### **4.3 Uso del monociclo eléctrico con el transporte público**

Debido a sus características fisiológicas los peatones como ciclistas tienden a combinar sus viajes de mayor distancia con uno o más medios de transporte, uno de los medios más importantes y efectivos para fomentar la intermodalidad en el país es el transporte público, además de erigirse como el modo de transporte más utilizado en Lima Metropolitana (mencionado en la imagen 4.4). Es en este

contexto la importancia que los nuevos VMP deban poseer características que lo integren al transporte público potenciando así la intermodalidad.

Entonces para que el cambio de modo de monociclo eléctrico al transporte público sea factible, se considera y prioriza la posibilidad de llevarlo consigo dentro de los buses facilitando de forma importante continuar la ruta usando el monociclo eléctrico. En el caso de Lima Metropolitana, el tipo de transporte público que se considera son los ya establecidos formalmente: el tren eléctrico, el sistema de transporte BTR (conocido en Lima como el Metropolitano) y sus corredores viales. Por motivos de espacio y de afluencia de público dentro de los buses, no es viable incorporar espacios para resguardarlos, por lo que optar por llevar al monociclo eléctrico dentro del transporte público como un equipaje de mano es una opción para evaluar.

Se identifica si existe algún tipo de restricciones sobre las dimensiones de equipaje que se puede transportar en los diferentes medios de transporte público y si está permitido o no el ingreso de vehículos menores. Se presenta en primer lugar las restricciones existentes para el metro de Lima.

La línea 1 del metro de Lima sí posee un límite de dimensiones en el transporte de paquetes o bultos que un usuario puede llevar consigo en sus vagones, el cual tiene restricciones según horarios, además muestran los tipos de vehículos menores que pueden llevarse consigo.



**Figura 4.20: Dimensiones de equipaje permitido y transporte de vehículos permitidos**  
Fuente: Línea 1 del Metro de Lima, 2021.

Para el transporte de equipaje, en hora de mayor afluencia el volumen permitido es de 0.031 m<sup>3</sup> mientras para el horario de menor afluencia es de 0.097 m<sup>3</sup>, se permite entonces aproximadamente 3 veces más volumen en horario de poca afluencia de público. Por otro lado, para el transporte de vehículos menores se permite el transporte de scooter plegables, como también patinetas y patines con restricciones de horario.

Con respecto al Metropolitano y corredores viales, siendo ATU (Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao) la entidad que controla y regula las acciones de ambos medios de transporte, menciona que los usuarios pueden ingresar con paquetes o equipajes siempre y cuando se encuentren dentro del límite máximo de dimensiones que se especifican, sin detallar restricciones según horario

de menor o mayor afluencia de personas. De la misma manera menciona qué vehículos menores se pueden transportar en sus buses.



**Figura 4.21: Dimensiones de equipaje y vehículos menores permitidos dentro de las estaciones y buses**  
Fuente: ATU, 2021; Metropolitano, 2021.

Si se tradujera en volumen, el máximo volumen permitido en cualquier horario sería 0.0882 m<sup>3</sup>. Mientras que en los vehículos menores se permite el ingreso de bicicletas plegables y scooters plegables dando énfasis que facilita la integración de viajes con el Metropolitano.

En ambos medios de transporte público sí existe una disposición sobre el límite máximo del volumen a llevar, línea 1 menciona a maletines, bultos con dimensiones específicas que varían dependiendo del horario, mientras que el ATU también establece dimensiones precisas sin poner restricciones en los horarios. Con respecto a los vehículos de micromovilidad, como la bicicleta plegable o el scooter eléctrico, el ATU permite estos vehículos mientras la Línea 1 del Metro de Lima solo permite el transporte dentro de los buses al scooter eléctrico y patinetas, solo que La Línea 1 establece horarios en las que se puede desplazar. Como se pudo observar ambos medios de transporte si brindan facilidades para transportar equipajes o bultos como también vehículos ligeros, dando mucha mayor prioridad al volumen que estos ocupan dentro del bus que al peso de los mismos.

Se mencionan a continuación los volúmenes que ocupan los principales medios de micromovilidad en la ciudad incluido el monociclo eléctrico. Cabe mencionar que estos datos ya se obtuvieron cuando se estuvo analizando a los vehículos de movilidad personal.

**Tabla 4.4 Volumen y peso de los 4 vehículos de micromovilidad a comparar**

Vehículo y modelo	Ancho	Longitud	Alto	Volumen	Peso
	(cm)	(cm)	(cm)	(m3)	(kg)
Monociclo eléctrico (plegado) - Airwheel x3	16	45	49.5	0.036	9.8
Patinete Eléctrico (plegado) -Xiaomi Mijia M365	43	108	49	0.228	12.5
Bicicleta plegable -Giant Halfway City	36	78	83	0.233	13
Bicicleta estándar	60	190	110	1.254	8

**Fuente: Adaptado de Airwheel, 2015; Xiaomi, 2020; www.giant-bicycles.com; IDEA, 2009.**

Como se puede observar el volumen que ocupa un monociclo eléctrico es el de menor dimensión que los demás vehículos, se extrae además que comparando en porcentaje con los vehículos que están permitidos llevar en el transporte público, posee aproximadamente un 85 % menos volumen que un patinete eléctrico plegable y la bicicleta plegable, además que los volúmenes de una bicicleta plegable y un scooter plegable con similares. Con respecto al peso de los vehículos todos poseen pesos muy cercanos entre ellos, sin embargo, esta es una característica de menor importancia y relevancia. El gran volumen que posee la bicicleta estándar claramente está muy por encima de todos los demás vehículos.

En el siguiente capítulo se continúa con los análisis ya explicados en metodología.

#### **4.4 Consumo económico y de energía eléctrica de monociclo eléctrico**

El monociclo eléctrico es un vehículo que depende totalmente de energía eléctrica para su funcionamiento, la forma de carga es como cualquier aparato eléctrico, posee una fuente de alimentación que se conecta a cualquier tomacorriente doméstico. Se puede asociar entonces su consumo de energía como un aparato eléctrico más del hogar. Según indicaciones de fabricación del monociclo eléctrico, modelo Airwheel X3, este consume un aproximado de 130 watts por hora y un tiempo de carga de 60 minutos (Airwheel, 2014).

**Tabla 4.5: Potencia consumida por hora de diferentes aparatos eléctricos**

Aparato	Potencia (W)	Aparato	Potencia (W)	Aparato	Potencia (W)
Terma	1500	Cafetera	800	Aspiradora	600
Computadora	300	Refrigeradora	350	TV 20 "	120
Olla arrocera	1000	Ventilador	50	DVD	20
Licuadaora	300	Plancha	1000	Celular	10
Monociclo eléctrico	130				

**Fuente: Adaptado de Osinergmin, 2016.**

En la tabla mostrada resalta que el consumo de energía por hora del monociclo eléctrico se puede comparar con la energía que consume 1 televisor de 20". Se añade también que, según parámetros de

cobro de Enel, empresa encargada de proveer energía eléctrica en la ciudad de Lima, por cada Kilo watts (KW) consumido se realiza un cobro de 0.5522 soles. (Enel, 2020). Como el monociclo eléctrico ya se adquirió se procede a determinar el tiempo de carga real del vehículo y la energía que consume por un ciclo de carga completo del mismo.

**Tabla 4.6: Tiempo de carga y consumo de energía para el monociclo eléctrico**

Vehículo	Tiempo de carga completa (min.)	Potencia consumida por hora (W/h)	Consumo de energía por un ciclo de carga (W)	Costo por 1 KW consumido (S/.)
Monociclo eléctrico	67	130	145.2	0.5522

**Fuente: Propia.**

En el Anexo C se adjunta la lista completa del número de veces que se realizó la carga del monociclo eléctrico para estimar el tiempo de carga completa. La necesidad de que un ciclo de carga pueda ser suficiente para completar el desplazamiento diario de una persona, responderá a la autonomía de viaje del vehículo y si este tiene la capacidad de abarcar la distancia de desplazamientos que realiza una persona en Lima Metropolitana. Se considera en este punto el caso más desfavorable en el uso del monociclo eléctrico, el cual será usarlo como único medio de desplazamiento (no se considera la multimodalidad para su transporte, el cual es la mejor opción de viaje). Con datos ya mencionados para Lima Metropolitana el desplazamiento promedio de una persona independientemente del modo a usar es de 14km, mientras la autonomía del monociclo eléctrico es 18km, lo que implica que el monociclo eléctrico podría cubrir por completo el viaje de una persona usando exclusivamente el VMP. Considerando que los viajes diarios son de ida y vuelta al trabajo o estudio en Lima Metropolitana, el usuario del monociclo eléctrico necesitaría realizar 2 ciclos de carga diario del vehículo. Entonces tomando como referencia dos ciclos de carga diario para el monociclo se pueden realizar comparaciones diarias, semanales y hasta mensuales de su consumo de energía y su equivalente en consumo monetario. Compararlo con otros medios de transporte sería también de importancia para darnos una idea del gasto que puede originar este vehículo. Es necesario resaltar de manera importante que el vehículo es principalmente eficiente para recorrer cortas distancias 5 a 8 km, ya que luego de ese umbral se recomienda usarlo con otros medios más efectivos como el transporte público.

## CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Elección del tipo de vehículo de movilidad personal

Ya realizada la selección de los VMP por cada característica requerida, se realiza un cuadro resumen con todos los VMP y su cumplimiento o no con las características comparadas del peatón y ciclista, las cuales se ubican en el siguiente orden 1.-Tamaño y dimensiones 2.-Mariobrabilidad del VMP 3.-Autonomía de viaje 4.-Velocidad promedio 5.-Uso con otros medios de transporte 6.-Disponibilidad en Perú.

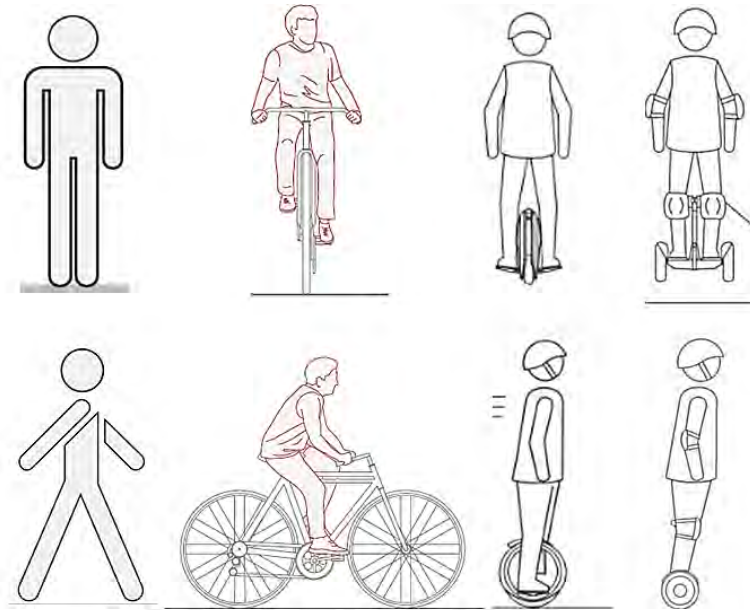
**Tabla 5.1: Resultado general sobre el cumplimiento de cada característica comparada**

Vehículo	Dimensiones	Radio de giro	Radio de influencia	Velocidades	Multimodalidad	Disponibilidad VMP	Características cumplidas por el VMP
	1	2	3	4	5	6	
Segway	X	✓	✓	✓	X	≈	3
Minisegway	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6
Patinete eléctrico (plegable )	≈	X	✓	✓	✓	✓	4
Patinete con sillín	≈	X	✓	✓	X	≈	2
Monociclo Eléctrico	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6
Hoverboard	≈	✓	✓	✓	✓	✓	5
Skateboards	≈	✓	✓	✓	✓	≈	4
Bicicleta de pedaleo asistido	≈	X	✓	✓	X	✓	3
Segway con asiento	≈	✓	✓	✓	X	≈	3
E-skates	✓	✓	X	X	✓	≈	3

**Fuente. Propia**

Como se puede observar, todos los VMP cumplen por lo menos 2 características de las 6 que se mencionan. El patinete eléctrico, por ejemplo, el cual es uno de los medios de micromovilidad más usado en la actualidad, cumple 4 de las 6 características comparadas, su longitud es uno de los factores que lo excluyen del cumplimiento de la primera característica, mientras no poseer radio de giro cercano a cero lo excluye del cumplimiento de la segunda característica.

Se destaca entonces que de los 10 vehículos de movilidad personal evaluados los que más características técnicas y físicas cumplen con el peatón y ciclista son solo 2: el monociclo eléctrico - modelo Airwheel x3 y el Minisegway-modelo Ninebot S. La importancia de cumplir con todas las características es que le permiten tener gran similitud desplazándose con el ciclista o con el peatón, tener gran parecido físico, así como parecidos en el desarrollo de velocidades y distancias recorridas.



**Figura 5.1: Vista frontal y de perfil de peatón, ciclista y los VMP elegidos**  
**Fuente: Guía práctica de la movilidad peatonal, 2006; Municipalidad de Lima, 2017;**  
<https://iwheelsurvive.com/monociclos-que-son-y-como-dominarlos/>; Segway ,2020.

Visualmente la característica que más resalta son las dimensiones del VMP ya que los dos vehículos seleccionados con conductor a bordo llegan a tener una gran similitud a la figura del peatón, el espacio que ocupa el usuario del VMP más el VMP, es muy similar al de un peatón tal como se observa en la vista frontal y de perfil. Esta característica mencionada tiene mucha relevancia ya que en la revisión de literatura una de las características que posee un VMP es que no se puede asimilar a la figura del peatón, sin embargo, con los datos mostrados estos dos VMP podrían ser exceptuados de dicha afirmación, vehículos de grandes dimensiones como lo es el Segway o los más pequeños como lo son los E-Skates están considerados como VMP. Los denominados aparatos eléctricos de entretenimiento, por ejemplo, que son una categoría menor a los VMP, si se pueden usar como extensión del concepto de peatón por sus reducidas dimensiones.

Se puede considerar entonces que estas 6 características propuestas podrían servir a futuro para tener consideraciones sobre qué características podrían tener un VMP para poder desplazarse de manera idónea tanto con peatones como con ciclistas, ya que, al ser una tecnología relativamente nueva, la aparición de nuevos y variados modelos seguirán surgiendo e incursionando en la movilidad actual.

## **5.2 Comportamiento del monociclo eléctrico al desplazarse entre peatones**

Desde este punto se inicia la comparación con los modos de más corto alcance hasta llegar a los modos de mayor alcance, es decir, se inicia con la comparación con el peatón continuando con la bicicleta y luego con la intermodalidad que es la integración con el transporte público, además se muestra los datos de consumo de energía del monociclo eléctrico.

Antes de realizar el desplazamiento por las vías peatonales de las rutas planteadas se tuvo que determinar la velocidad mínima a la cual el monociclo eléctrico es capaz de desplazarse sin perder el equilibrio.

**Tabla 5.2: Velocidad mínima promedio del monociclo eléctrico**

Vehículo	Velocidad promedio (m/s)	Velocidad promedio (km/h)
Monociclo eléctrico Airwheel x3	0.83	3.00

**Fuente: Propia.**

Se puede observar que esta velocidad mínima es de muy pequeña magnitud, si se compara con las velocidades que desarrollan los diferentes tipos de peatones: niños, ancianos, personas con discapacidad, etc., se puede observar entre que rango de velocidades se encuentra.

**Tabla 5.3: Velocidad de los peatones frente a la velocidad mínima del monociclo eléctrico**

Peatón	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)
Peatón invidente	0.50	1.8
<b>Monociclo eléctrico</b>	<b>0.83</b>	<b>3</b>
Dificultad para caminar	1.04	3.75
Mayor de 60 años	1.17	4.2
En silla de ruedas	1.22	4.4
Empujando carrito	1.22	4.4
Mujer embarazada	1.28	4.6
Con niño	1.31	4.7
Cargando algún peso	1.33	4.8
Acompañado	1.39	5
Con perro	1.42	5.11
Peatón solo	1.45	5.22
Haciendo footing	1.72	6.2

**Fuente: Adaptado Revista de Tráfico, 2016**

Como se puede observar esta velocidad mínima se ubica junto entre las menores velocidades desarrolladas por los peatones, es menor que los peatones con dificultad para caminar y los peatones mayores de 60 años, con esta primera obtención de datos se puede confiar que el desarrollo de velocidades del monociclo con los peatones serán del mismo orden de magnitud, ya que en el supuesto caso que dicha velocidad mínima del monociclo fuera superior a los de un peatón es de esperar constantes paradas o detenciones del monociclo eléctrico cuando interactúe con peatones. Además, con los datos antes obtenidos de los VMP y la comparación con el peatón, existe varias similitudes de características físicas y técnicas que refuerzan una posible correcta interacción entre el monociclo eléctrico-peatón.

Entonces con todos los datos anteriores obtenidos, se procedió a realizar el desplazamiento del monociclo eléctrico entre peatones para las 3 rutas planteadas. Dada la existencia de numerosos casos de interacción identificados luego del desplazamiento (15 casos), en este capítulo se va a reducir a mostrar la respuesta de análisis solo al caso más resaltante de cada una de las 3 rutas planteadas. Cabe resaltar que la respuesta a los todos los casos se especifica y detalla en el Anexo D.

### **RUTA 1 – Avenida Universitaria y avenida la Mar**

Como se mencionó con anterioridad, el monociclo eléctrico tiene que desplazarse a velocidades parecidas o similares a los peatones. A lo largo del tramo peatonal que cuenta con dos metros de ancho se pudo identificar y documentar en total 7 situaciones en los cuales el monociclo tuvo interacción directa con peatones o con algún mobiliario en la vía, se enumeran y muestran a en el orden que sucedió al momento del desplazamiento.

- 1) Cruce del monociclo eléctrico a mobiliario estático (poste de alumbrado público).
- 2) Adelantamiento del monociclo eléctrico a peatón en movimiento
- 3) Cruce del monociclo eléctrico a mobiliario estático (automóvil estacionado).
- 4) Cruce del monociclo eléctrico a mobiliario y un peatón estático.
- 5) Cruce del monociclo eléctrico a peatón caminando en sentido opuesto y un peatón estático.
- 6) Cruce del monociclo eléctrico a dos peatones caminando en sentido opuesto y un peatón estático.
- 7) Cruce del monociclo eléctrico con tres peatones caminando en sentido opuesto y dos peatones estáticos.



**Figura 5.2: Interacción del monociclo eléctrico con peatones o inmobiliario en ruta 1**  
**Fuente: Propia.**

Se muestra entonces el caso de mayor interacción de la ruta 1, el cual fue el caso 7.

7.-Cruce del monociclo eléctrico con tres peatones caminando en sentido opuesto y dos peatones estáticos.



**Figura 5.3: Mayor interacción del monociclo eléctrico con peatones en la acera**  
**Fuente: Propia.**

En las imágenes mostradas antes y durante la interacción se puede observar que los 5 peatones en la vía son adultos. Dos de los peatones que están estáticos se ubican al costado de un establecimiento comercial esperando ser atendidos, mientras los otros 3 peatones caminan en sentido opuesto al desplazamiento del monociclo eléctrico. Además, los 5 peatones están observando el desplazamiento del monociclo eléctrico razón por la cual los peatones más cercanos al vehículo tienen algún tipo de reacción al momento de la interacción. Con 6 personas interactuando en una vía de 2 metros de ancho es muy probable que puedan ocurrir algunas interferencias en sus desplazamientos.

Se procede a responder el cuestionario planteado en metodología para este caso.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.
  - ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción? 5 peatones adultos, 3 caminando y 2 estáticos.
  - ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción? Sí, antes de la interacción monociclo-peatones el espacio no parece ser el adecuado.
  - ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados? Sí, se logra dar el espacio para poder desplazarse tanto el monociclo eléctrico como peatones.
  - ¿El espacio que ocupa el monociclo eléctrico en la interacción es parecido a un peatón? Sí, se observa similitud y gran parecido a los del peatón.
- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-monociclo
  - ¿Peatón o monociclo realizan algún tipo de maniobra? Si, un peatón en movimiento y un peatón estático realizan un leve movimiento hacia su costado.
  - ¿Peatón se aleja? Sí, un peatón en movimiento se mueve hacia su derecha, mientras el peatón estático se inclina levemente hacia su izquierda.
  - ¿Peatón se detiene? No.
  - ¿Peatón ignora al monociclo eléctrico? No, todos los peatones son conscientes de la presencia del vehículo.
  - Precisar reacción del peatón. - De los 5 peatones en la interacción 2 de ellos realizan movimientos de evasión hacia el vehículo.
- ¿Es posible que monociclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón? Sí, en todo momento en la vía el monociclo mantiene su velocidad en rango de peatones.
- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el monociclo a la hora de la interacción? Si
  - ¿Monociclo eléctrico se detiene? No.
  - ¿Conductor desciende del monociclo eléctrico? No
  - ¿Ocurre disminución de velocidad? Sí
  - ¿Ocurre aumento de velocidad? No
  - ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa? No

Por la elevada cantidad de personas interactuando en ese instante se puede resaltar que segundos antes del cruce no existía espacio posible para que peatones y monociclo pueda desplazarse por la vía, por lo que un peatón decide ceder espacio y realiza un movimiento a su lado derecho para que el monociclo pueda desplazarse, a la vez que el peatón estático frente a él se inclina levemente, permitiendo que el monociclo continúe con la misma dirección de su desplazamiento. Cabe resaltar que la vía de estudio posee solos 2 metros de ancho y según la figura 2.6 del marco teórico, solo 3

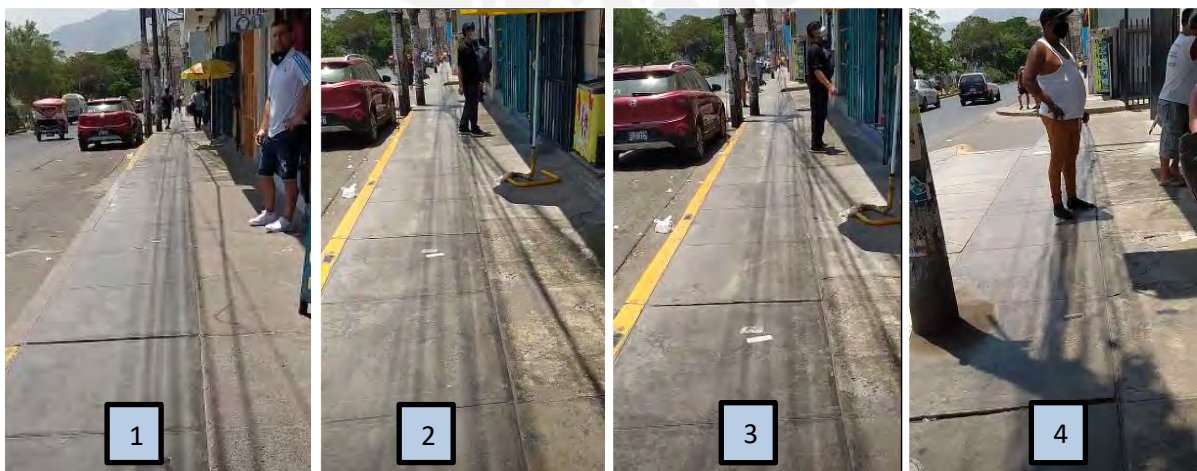
peatones podrían desplazarse de manera correcta por este ancho sin embargo se observa que son 5 peatones y el monociclo eléctrico que interactúa en este ancho de vía. Aun con varios peatones en la vía la interacción se realiza sin ningún exabrupto o dificultad importante que ameriten detenciones de los peatones o en el caso del monociclo eléctrico que el usuario se detenga y descienda del vehículo. Desplazamiento y velocidad de ambos actores fue normal, también resaltar que luego de la sección 5.1 de la elección del tipo de VMP queda claro la potencial similitud del monociclo eléctrico con los peatones en lo que respecta a espacio que ocupan.

Los otros 6 casos también analizados indican que la interacción monociclo-peatón se dan sin ningún problema o incidencia, aun considerando que las diferentes interacciones se realizaron con varios tipos de peatones, peatón jalando un carrito de compras, un peatón niño, adulto mayor, peatón con niño en brazos. Entonces recopilado estos 7 casos ya explicados en los anexos se puede mencionar en este tramo que mientras exista espacio suficiente en la vía peatonal, específicamente correcto ancho de vía, la interacción se dará de forma normal y natural caso contrario, algún involucrado de la interacción deberá ceder el paso o realizar alguna acción específica.

## **RUTA 2 – Avenida Universitaria y avenida San Germán**

De la misma manera que en la ruta 1 se procede a realizar el análisis. A lo largo del tramo peatonal el cual cuenta con dos metros de ancho se pudo identificar, documentar y plasmar 4 situaciones en las cuales el monociclo tuvo interacción directa con peatones o con algún mobiliario en la vía que podría interferir con su desplazamiento, los cuales se enumeran según se realizó el desplazamiento.

- 1) Cruce del monociclo con peatón estático
- 2) Cruce del monociclo con mobiliario estático (sombrija en costado de vía)
- 3) Cruce del monociclo con peatón estático
- 4) Cruce del monociclo con peatón y mobiliario estáticos (poste de alumbrado público).



**Figura 5.4: Interacción del monociclo eléctrico con peatones o mobiliario en ruta 2**

**Fuente: Propia.**

De la misma manera que se da en la respuesta del cuestionario de la ruta anterior se procede a escoger al caso de mayor interacción de los 4 para poder analizarlo con el cuestionario. Los demás casos se especifican en el anexo C.

Se muestra a continuación el caso más resaltante en la ruta 2, el cual fue el caso 4.

4.-Cruce del monociclo eléctrico con peatón y mobiliario estáticos (poste de alumbrado).



**Figura 5.5: Mayor interacción del monociclo eléctrico con peatones o inmobiliario en ruta 2**

**Fuente: Propia.**

En esta situación se observa un solo peatón a mitad de vía que está esperando atención en el establecimiento comercial, mientras un poste de alumbrado público invade área destinada para los peatones.

Se procede a responder el cuestionario para este caso.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.
  - ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción? 1 solo peatón adulto que se encuentra estático.
  - ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción? No, ambos se desplazan sin inconvenientes.
  - ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados? Sí, desplazamiento normal.
  - ¿El espacio que ocupa el monociclo eléctrico en la interacción es parecido a un peatón? Sí, se observa similitud y parecido a un peatón.
  
- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-monociclo
  - ¿Peatón o monociclo realiza algún tipo de giro? Sí, peatón se desplaza ligeramente hacia el lado derecho de la vía y monociclo cambia de carril.
  - ¿Peatón se aleja? Sí, peatón avanza sutilmente hacia el establecimiento comercial.
  - ¿Peatón se detiene? No, peatón esta estático.
  - ¿Peatón ignora al monociclo eléctrico? No, peatón es consciente de la presencia del monociclo eléctrico.

- Precisar reacción del peatón. - Peatón cede parte de su espacio al observar que la dirección de desplazamiento del monociclo iba hacia él.
- ¿Es posible que monociclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón? Sí, en todo momento en la vía el monociclo mantiene su velocidad en rango de peatones.
- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el monociclo eléctrico en el momento de la interacción? No
  - ¿Monociclo eléctrico se detiene? No
  - ¿Conductor desciende del vehículo? No
  - ¿Ocurre disminución de velocidad? No
  - ¿Ocurre aumento de velocidad? No
  - ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa? No

Se observa que el peatón al percatarse de la presencia del vehículo realiza un sutil movimiento hacia adelante, mientras que monociclo una vez superado el poste de alumbrado cambia de carril para continuar con su movimiento y evitar conflictos con el peatón. Se observa además que en todo momento existe espacio suficiente para que todos los involucrados de la interacción puedan desplazarse. Aun estando solo 1 peatón en la vía, ambos actores tuvieron que realizar maniobras o movimientos de evasión para que se dé una correcta interacción entre ambos modos. El espacio disponible fue suficiente para que se realice una correcta interacción entre ambos.

Para esta ruta hubo 4 casos donde se puede comentar que aun existiendo espacio suficiente en la vía los peatones se alejan del vehículo brindándole aún más espacio del requerido además que sí existe respuesta puntual de los peatones en su comportamiento al percatarse del monociclo, cabe destacar que esto no interrumpe ni modifica las acciones principales que ellos estaban realizando y que la dirección de desplazamiento del monociclo eléctrico se mantiene constante.

### **RUTA 3 – Avenida Universitaria y avenida Marañón**

De la misma manera que en las rutas anteriores se procede el análisis. A lo largo del tramo peatonal el cual cuenta con 3 metros de ancho se pudo identificar, documentar y plasmar en total 4 situaciones de interacción entre el monociclo eléctrico y peatones como también con algún mobiliario en la vía, se enumeran los desplazamientos tal y como sucedieron:

- 1) Cruce del monociclo con peatón estático a un costado de vía
- 2) Cruce del monociclo con peatón estático a un costado de vía
- 3) Cruce del monociclo con mobiliario estático-estante de comercio ambulatorio- y peatón caminando en sentido contrario
- 4) Cruce del monociclo con peatones caminando en sentido contrario



**Figura 5.6: Interacción del monociclo eléctrico con peatones o inmobiliario en ruta 3**  
**Fuente: Propia.**

De la misma manera que en las anteriores rutas, se procede a elegir el caso con mayor interacción en la ruta 3 para poder mostrarlo y analizarlo mediante el cuestionario. Los demás casos se especifican en el anexo.

4.-Cruce del monociclo con peatones caminando en sentido contrario y mobiliario estático



**Figura 5.7: Mayor interacción del monociclo eléctrico con peatones o inmobiliario en ruta 3**  
**Fuente: Propia.**

La mayor diferencia que se puede resaltar con las demás rutas es que el ancho de la vereda supera ampliamente a las demás, posee 3 metros de ancho. Se puede observar en las imágenes mostradas antes y durante la interacción a 3 peatones que se desplazan en sentido opuesto, un primero grupo de 2 peatones y un tercer peatón detrás de los mismos, además de la presencia de un poste de alumbrado público invadiendo la vía peatonal.

Se procede a responder el cuestionario planteado en metodología para este caso.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.
  - ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción? 3 peatones adultos, un primer grupo de 2 peatones seguido de un peatón.
  - ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción? No, interacción se da con total normalidad.
  - ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados? Sí, peatones y monociclo logran desplazarse sin inconvenientes.
  - ¿El espacio que ocupa el monociclo en la interacción es parecido a un peatón? Sí, se observa similitud y parecido a un peatón.
  
- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-monociclo
  - ¿Peatón o monociclo realiza algún tipo de giro? Sí, peatón mujer se mueve sutilmente hacia su derecha.
  - ¿Peatón se aleja? No
  - ¿Peatón se detiene? No
  - ¿Peatón ignora al monociclo eléctrico? No, los 3 peatones son conscientes de la presencia del vehículo.
  - Precisar reacción del peatón. - Peatón cede parte de su espacio al observar que la dirección de desplazamiento del monociclo iba cercana a él.
  
- ¿Es posible que monociclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón? Sí, en todo momento en la vía el monociclo mantiene su velocidad en rango de peatones.
  
- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el monociclo en el momento de la interacción? -. No
  - ¿Monociclo se detiene? No
  - ¿Conductor desciende del vehículo? No
  - ¿Ocurre disminución de velocidad? No
  - ¿Ocurre aumento de velocidad? No
  - ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa? No

En el momento de la interacción el peatón retrasado del grupo realiza un sutil movimiento para evitar contacto con el monociclo, esto influido posiblemente por la presencia del poste de alumbrado ya que se pasó muy cerca de él, pero al final se pudo realizar la interacción sin ningún problema o exabrupto. El monociclo eléctrico mantuvo la misma dirección y velocidad de desplazamiento al igual que los 3 peatones en la interacción.

En estos 4 casos al ser la vía peatonal más ancha y de menor afluencia de peatones la interacción se realiza de mejor manera. Aun con la presencia de elementos que no son parte de una vía peatonal, los 4 casos se dan de forma natural y sin presentar inconvenientes ya que tanto los peatones involucrados como el monociclo eléctrico poseen bastante espacio para desplazarse y además mantienen su misma dirección de desplazamiento como su velocidad.

Luego de mostrado los 15 casos y tener una visión más amplia de la interacción se puede comentar lo siguiente: el cuestionario propuesto para este análisis se trata principalmente de la observación del comportamiento puntual que se da entre el peatón con el monociclo eléctrico incluido usuario considerando 3 grandes aspectos: espacio, movimiento, velocidad y mostrando el nivel de interacción

que se da entre estos actores. Además, se limita de manera importante que el monociclo eléctrico tiene que desarrollar velocidades similares a los peatones.

Con respecto al peatón, en los 15 casos analizados ninguno de ellos reporta inconvenientes que ameriten alguna maniobra de peligrosidad o detención del peatón en la vía, resalta que en situaciones con alta interacción de peatones con el monociclo eléctrico, son los peatones que realizan algún tipo de acción evasiva con el vehículo, sin que esto interfiera con sus desplazamientos ya que se identifica que estas acciones de evasión se realizan de forma sutil y no brusca. Los cambios de velocidad en los peatones son imperceptibles cuando se interactúa con el monociclo eléctrico, mantienen el rango de velocidades tal cual comenzó el desplazamiento. Se infiere que la presencia del monociclo no pasa desapercibida en las vías de peatones y causa alguna reacción del peatón que será efectiva solo cuando el peatón sienta que no existe espacio suficiente para la interacción.

Con respecto al monociclo eléctrico, de la misma manera que el peatón no se observó ningún inconveniente que amerite la detención total del vehículo. El monociclo a pesar de estar en zonas con numerosos peatones no cambia la dirección y sentido de su desplazamiento, las únicas veces que cambia de sentido es por elementos o peatones estáticos en la vía. Se identifica la reducción de velocidad del monociclo eléctrico en situaciones donde existía bastante interacción con personas, en cambio en situaciones donde el espacio de desplazamiento era amplio la velocidad se mantenía de la misma manera.

Como se pudo observar entonces en todos los casos presentados, mientras el monociclo y peatones mantengan el espacio y dirección correspondiente en sus desplazamientos no se presentan interrupciones o problemas, además en el caso que el espacio sea muy reducido el peatón es el que cede su espacio para que el monociclo se desplace, todo dentro de la interacción normal y sin inconvenientes. Además, no se presentaron casos que ameriten en el caso del monociclo eléctrico una detención total del vehículo y que el conductor opte por llevarlo como un equipaje por la vía, el cual sería el caso más perjudicial y desventajoso para el monociclo eléctrico. Por lo tanto, el nivel de interacción del monociclo eléctrico con el peatón en los 15 casos revisados es normal, se da sin inconvenientes y no interrumpe los desplazamientos.

Por otro lado es importante resaltar que a mayor volumen de peatones en la vía, los desplazamientos se vuelven más complejos y lentos para el peatón, de manera similar podría ocurrir con el monociclo eléctrico ya que como se mencionó el vehículo posee un límite mínimo de velocidad al cual puede desplazarse antes de perder el equilibrio del vehículo, si la vía presentase velocidades promedio menores a la velocidad mínima que puede desarrollar el monociclo eléctrico, el vehículo no podría desplazarse por dichas vías. Entonces el volumen de personas en una vía se puede relacionar con el nivel de servicio de esta y con sus velocidades referenciales para cada nivel de servicio. Relacionando la velocidad mínima a la cual pierde el equilibrio el monociclo eléctrico con las velocidades de los niveles de servicio sería.

**Tabla 5.4: Comparación de velocidad de los niveles de servicio con el monociclo eléctrico**

NIVEL DE SERVICIO	Espacio (m <sup>2</sup> /peatón)	Volumen (peatón/min./m)	Velocidad (m/s)	v/c
A	>5.6	<16	>1.30	<0.21
B	>3.7 - 5.6	>16 - 23	>1.27 - 1.30	>0.21 - 0.31
C	>2.2 - 3.7	>23 - 33	>1.22 - 1.27	>0.31 - 0.44
D	>1.4 - 2.2	>33 - 49	>1.14 - 1.22	>0.44 - 0.65
E	>0.75 - 1.4	>49 - 75	>0.75 - 1.14	>0.65 - 1.00
<b>E</b>	<b>Monociclo eléctrico</b>		<b>0.83</b>	
F	<0.75	Variable	<0.75	Variable

**Fuente: Adaptado de National Research Council, 2016.**

La velocidad del monociclo eléctrico se ubicaría dentro del nivel de servicio E implicando que para niveles inferiores como el F el vehículo no se podría desplazar ya que no podría desarrollar velocidades menores a ese valor, implicando que conductor descienda del vehículo y lo lleve como una maleta de mano caminando. Mientras que para valores de niveles de servicio del E al A el desplazamiento del monociclo es factible, tal como se vio en los diferentes casos reportados con anterioridad. Se aclara estas deducciones solo en el caso de considere a monociclo eléctrico como un tipo de peatón.

### **5.3 Velocidad de marcha y recorrido del monociclo eléctrico contra la bicicleta**

Con respecto a la bicicleta, para poder responder la lista de preguntas se realiza primeramente la interacción bicicleta-monociclo eléctrico, donde los tiempos y velocidades serán calculados y mostrados para cada ruta. Los datos conseguidos en campo y sus resultados se muestran conforme se dio el recorrido, ciclovía-cruce peatonal semaforizado- vía peatonal, donde se va a reportar 3 tipos de velocidades. A continuación, se presenta un primer cuadro con las velocidades que se calcularon para las 3 rutas propuestas solo en las ciclovías.

**Tabla 5.5: Velocidad de recorrido y marcha para el monociclo y bicicleta en ciclovia**

Ciclovia	Vehículo	Distancia (metros)	Tiempo de recorrido(s)	Tiempo de marcha (s)	Velocidad de recorrido		Velocidad de marcha	
					m/s	Km/h	m/s	Km/h
Universitaria-Ruta 1	Monociclo eléctrico	1665	466	438	3.57	12.86	3.80	13.68
Universitaria-Ruta 1	Bicicleta	1665	396	357	4.20	15.12	4.67	16.81
Universitaria-Ruta 2	Monociclo eléctrico	1196	325	325	3.68	13.25	3.68	13.25
Universitaria-Ruta 2	Bicicleta	1196	275	249	4.35	15.66	4.80	17.28
Universitaria-Ruta 3	Monociclo eléctrico	1260	362	334	3.48	12.53	3.77	13.58
Universitaria-Ruta 3	Bicicleta	1260	314	265	4.01	14.44	4.75	17.10
<b>Promedio monociclo eléctrico</b>					3.58	12.88	3.75	13.50
<b>Promedio bicicleta</b>					4.19	15.07	4.74	17.06

**Fuente: Propia.**

Según la tabla 5.5 las distancias recorridas se encuentran entre 1 km y 2 km aproximadamente. Como se podría haber anticipado las velocidades tanto de recorrido como de marcha de la bicicleta son mayores al monociclo eléctrico en las 3 rutas analizadas y por ende en la velocidad promedio. Resalta además que la velocidad promedio registrada por el monociclo eléctrico se encuentra por debajo de la velocidad promedio que un ciclista puede desarrollar, la cual se ubica entre los 15 km/h a 20 km/h.

Se continúa con la muestra de resultados ahora en la zona de intersección semaforizada,

Mientras el monociclo eléctrico continúa su desplazamiento tal como lo haciendo en las vías ciclistas, el ciclista por su parte lo hace descendiendo de la bicicleta y empujándolo. Este corto tramo está presente en la ruta 1 como en la ruta 3, a continuación, se muestra el cuadro de velocidades del ciclista y del monociclo.

**Tabla 5.6: Velocidad en cruceo peatonal para el monociclo eléctrico y bicicleta**

Cruceo Peatonal	Vehículo	Distancia (metros)	Tiempo de recorrido(s)	Velocidad	
				m/s	Km/h
Universitaria-Ruta 1	Monociclo eléctrico	41	22	1.86	6.71
Universitaria-Ruta 1	Bicicleta	41	28	1.46	5.27
Universitaria-Ruta 3	Monociclo eléctrico	35	19	1.84	6.63
Universitaria-Ruta 3	Bicicleta	35	25	1.40	5.04
<b>Promedio monociclo eléctrico</b>				1.85	6.67
<b>Promedio bicicleta</b>				1.43	5.16

**Fuente: Propia.**

Como se puede observar la reducción de velocidades de ambos modos es significativo dado el cambio de infraestructura por la cual se desplazan, resalta además que dichas velocidades son muy similares con una ligera superioridad del monociclo eléctrico.

Seguidamente la muestra de resultados de centra en la medición de los tiempos del monociclo eléctrico y bicicleta en la vía peatonal. Las 3 rutas muestran tramos peatonales por lo que se muestran los datos.

**Tabla 5.7: Velocidad para el monociclo y bicicleta en zona peatonal**

Zona Peatonal	Vehículo	Distancia (metros)	Tiempo de recorrido(s)	Velocidad	
				m/s	Km/h
Universitaria-Ruta 1	Monociclo eléctrico	134	71.0	1.89	6.79
Universitaria-Ruta 1	Bicicleta	134	101.0	1.33	4.78
Universitaria-Ruta 2	Monociclo eléctrico	44	28.0	1.57	5.66
Universitaria-Ruta 2	Bicicleta	44	33.1	1.33	4.79
Universitaria-Ruta 3	Monociclo eléctrico	40	24.0	1.67	6.00
Universitaria-Ruta 3	Bicicleta	40	28.7	1.39	5.02
<b>Promedio monociclo eléctrico</b>				1.71	6.15
<b>Promedio bicicleta</b>				1.35	4.86

**Fuente: Propia.**

Se puede observar que la velocidad del ciclista y monociclo eléctrico son sutilmente inferiores a las reportadas en el cruce peatonal, se puede inferir esta menor velocidad ya que al estar en un ambiente de interacción con vehículos la percepción de peligro e inseguridad aumenta por lo que su permanencia en dicho espacio debe ser la más corta posible. Además, se observa que la velocidad del monociclo sigue siendo mayor que los reportados por la bicicleta.

Luego de mostrar los resultados obtenidos en estos 3 tramos un dato importante a tomar en cuenta con respecto a la comparación en vías ciclistas, es que, si bien la velocidad que desarrolla el ciclista es mucho mayor que el monociclo eléctrico, esta comparación podría verse modificada por la velocidad máxima de diseño del monociclo. Por un lado, el modelo de monociclo eléctrico usado en la investigación posee una velocidad máxima de diseño de 18km/h, sin embargo, según normas un VMP puede poseer como velocidad máxima de diseño 25km/h, lo cual podría otorgar una mayor velocidad promedio al monociclo eléctrico.

Entonces si se considerase a la velocidad máxima del monociclo eléctrico como 25 km/h, por una aproximación de proporcionalidad el monociclo eléctrico podría registrar una velocidad promedio en ciclovías mayor y que podrían también estar dentro del rango de velocidades de un ciclista promedio.

**Tabla 5.8: Velocidades del monociclo eléctrico a diferentes velocidades máximas de diseño**

Vehículo	Velocidad máxima por especificaciones técnicas	Velocidad de recorrido	Velocidad de marcha
	km/h	km/h	km/h
Monociclo eléctrico	18	12.88	13.50
	25	17.89	18.76

**Fuente. Adaptado de Airwheel, 2015.**

Además, en los dos tramos de flujo peatonal la velocidad estaría pasando a un segundo plano por verse influida por los peatones, las cuales se encuentran ligeramente por encima del rango de velocidades que registran los peatones.

Ya mostrado todos los datos necesarios se procede a responder las preguntas que se plantearon para realizar la comparación sobre los desplazamientos entre el monociclo y ciclista utilizando las velocidades promedio calculadas en cada tramo.

- ¿Dimensiones de monociclo eléctrico incluido el usuario es suficientes para circular por infraestructura ciclista? Si, monociclo eléctrico incluido conductor presenta un ancho de 0.60 m, ancho similar al ciclista junto a la bicicleta
  - ¿Ocurren problemas o inconvenientes en cruce o adelantamiento con ciclistas? No
- ¿Cuál es la velocidad promedio del monociclo en infraestructura ciclovial frente a la bicicleta? Monociclo presenta una velocidad promedio de 13.50 Km/h contra el ciclista de 17.06 Km/h, un 20% menos.
- ¿Cuál es la velocidad promedio del monociclo en cruces peatonales – intersecciones semaforizadas frente a la bicicleta? Monociclo presenta una velocidad promedio de 6.67 km/h frente al ciclista de 5.16 km/h.
- ¿Cuál es la velocidad promedio de monociclo en vías peatonales frente a la bicicleta? Monociclo presenta una velocidad promedio de 6.38 km/h frente al ciclista de 4.86 km/h.

- Con respecto a la autonomía del monociclo eléctrico y su velocidad máxima ¿Puede cubrir el vehículo el radio de influencia de 5km de la bicicleta? Autonomía de viaje del monociclo de 16 kilómetros lo permite, sin embargo:
  - ¿Cuánto tiempo le tomaría realizar este desplazamiento? Con la velocidad promedio del monociclo en vías ciclistas de 13.50 km/h, le tomaría 22.22 minutos, valor fuera del tiempo promedio que le toma al ciclista (15 a 20 minutos).
  - Si monociclo eléctrico tuviese mayor velocidad máxima de diseño de 25km/h ¿Puede llegar a abarcar el radio de influencia del ciclista? El monociclo alcanzaría velocidades de 18.76 km/h el cual se encuentra dentro de las velocidades promedio de un ciclista que fluctúa entre 15 a 20 km/h, llegando a abarcar los 5 kilómetros de radio de influencia de bicicleta.

De acuerdo con los resultados mostrados se infiere entonces que dentro de vías ciclistas la bicicleta desarrolla velocidades superiores y menores tiempos de desplazamientos con respecto al modelo de monociclo eléctrico usado, sin embargo, al usar otro modelo de monociclo eléctrico con mayor velocidad máxima de diseño su velocidad promedio podría ser similar a un ciclista promedio. Por otro lado, en vías peatonales estas velocidades son muy similares, la ligera superioridad del monociclo eléctrico frente al ciclista en estas vías se podría considerar muy mínima. La gran ventaja que se logra con respecto a la bicicleta es la compatibilidad de dimensiones del monociclo eléctrico con el peatón que le permite poder insertarse con facilidad en su interacción, cosa que la bicicleta por sus grandes dimensiones no lo logra y que ocasiona además bajas velocidades en vías peatonales.

#### **5.4 Monociclo eléctrico y su integración con el transporte público**

En el capítulo pasado se mostró los volúmenes permitidos de equipajes y los vehículos menores de micromovilidad que se pueden transportar tanto por el ATU como La Línea 1 del Metro de Lima. Se muestra un cuadro compilando la información más relevante junto con los respectivos volúmenes de los vehículos analizados.

**Tabla 5.9: Dimensiones permitidas dentro del transporte público, y dimensiones de vehículos de micromovilidad**

		Dimensiones y volumen permitido de equipaje y/o bulto				Vehículos permitidos	
		Ancho (m)	Longitud (m)	Alto (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )		
Transporte público	Menor afluencia	0.52	0.3	0.62	0.097	Scooter plegable Bicicleta plegable	
	Línea 1 del Metro de Lima	Mayor afluencia	0.45	0.35	0	0.032	Ninguno
	Metropolitano y corredores viales		0.38	0	0.58	0.088	Scooter plegable Bicicleta plegable
		Dimensiones y volumen					
Vehículos de Micromovilidad	Bicicleta estándar	0.6	1.7	1	1.020		
	Bicicleta plegable	0.36	0.78	0.83	0.233		
	Monociclo eléctrico	0.16	0.45	0.49	0.035		
	Scooter plegable	0.43	1.08	0.49	0.228		

**Fuente:** Adaptado de *Línea 1 del Metro de Lima, 2021; Metropolitano, 2021; Airwheel, 2015; IDEA, 2009; [www.giant-bicycles.com](http://www.giant-bicycles.com); IDAE, 2009.*

Si se realiza una comparación de los volúmenes permitidos dentro del transporte público entre equipajes/bultos y los vehículos de micromovilidad permitidos, se observa que estos últimos poseen mayor volumen de permisibilidad (50 % más aproximadamente), dando a entender que el transporte público prioriza el traslado de estos vehículos de micromovilidad por sobre los equipajes/bultos, ya que fomenta la intermodalidad. Resalta también que el ingreso de vehículos menores está prohibido en horas de mayor afluencia en la Línea 1 del metro de Lima. Se observa además que el volumen de la bicicleta estándar está muy por encima de cualquier volumen permitido en el transporte público y por sobre otro tipo de vehículo, es por estas dimensiones que la bicicleta está impedida de ingresar a estaciones o buses de transporte público. Por lo antes mencionado y considerando entonces que el monociclo eléctrico posee mucho menor volumen que los vehículos permitidos en el transporte público, se puede afirmar que no tendría ningún inconveniente en ingresar a los buses para su traslado, sirviendo como una herramienta más de la intermodalidad.

Por otro lado, aún si el monociclo eléctrico no se encuentre dentro de los vehículos que el transporte público puede permitir, su reducido volumen encajaría útilmente dentro de la categoría de equipaje y/o bulto permitido para trasladarse dentro del bus. Solo existiría una restricción de volumen, en la Línea 1 del Metro de Lima en horario de mayor afluencia. En este caso el monociclo supera el volumen permitido en un 12% aproximadamente, restricción que podría impedir el ingreso del monociclo al bus, o podría ser obviado y permitido. Se muestra una tabla que compara al vehículo con los volúmenes de los rubros analizados.

**Tabla 5.10: Comparación entre el volumen del monociclo eléctrico y el volumen permitido en el transporte público**

		Transporte Público				
		Equipaje y/o bulto permitido en Línea 1 del Metro de Lima		Equipaje y/o bulto permitido en Metropolitano y corredores viales (m3)	Vehículos permitidos	
		Baja demanda (m3)	Alta demanda (m3)		Scooter eléctrico (m3)	Bicicleta plegable (m3)
		Volumen (m3)	0.097	0.032	0.088	0.233
<b>Monociclo eléctrico</b>	<b>0.036</b>	Cumple	No cumple	Cumple	Cumple	Cumple
		62 % de holgura	12 % de exceso	60 % de holgura	84% de holgura	84% de holgura

**Fuente:** Adaptado de Línea 1 del Metro de Lima, 2021; Metropolitano, 2021; Airwheel, 2015; IDEA, 2009; [www.giant-bicycles.com](http://www.giant-bicycles.com); IDAE, 2009.

Para ambos casos, ya sea transporte de bultos y/o equipaje o transporte de vehículos dentro del bus, el monociclo eléctrico no supera dichos volúmenes a excepción de un caso. Entonces en base a los resultados, se puede afirmar que el monociclo eléctrico debido a sus pequeñas dimensiones y volumen tiene un buen potencial de integrarse al sistema de transporte público fomentando de esta forma la multimodalidad. Esta capacidad del monociclo eléctrico de poder ser admitido dentro de los buses y vagones permite de manera importante continuar con su ruta y que la cadena de viaje monociclo eléctrico- transporte público – monociclo eléctrico, sea mucho más eficiente que la cadena de viaje bicicleta- transporte público-bicicleta. Esa facilidad de continuar el viaje utilizando el monociclo es una ventaja que la bicicleta estándar no posee.

### 5.5 Costo del consumo de energía mensual.

En el capítulo anterior se pudo determinar el consumo de energía eléctrica para un ciclo de carga del monociclo eléctrico (145.2 watts), el cual otorga al vehículo una autonomía de 18 kilómetros. Además, se añade que el desplazamiento promedio de una persona en Lima Metropolitana (14km) puede ser cubierto por el monociclo eléctrico y al considerar viajes de ida y vuelta estos pueden ser cubiertos con dos ciclos de carga. Se infiere entonces que el consumo diario de energía eléctrica del monociclo eléctrico sería de 290.4 watts para dos ciclos de carga al día. Entonces a partir de este uso diario del vehículo, se podría realizar cálculos sobre el consumo de energía mensual y el costo que implicaría. El cálculo se realiza para 3 escenarios distintos, para un uso diario durante un mes, para el uso de 3 veces a la semana y el uso de 5 veces a la semana.

**Tabla 5.11: Consumo de energía y costo mensual por el número de usos a la semana**

Vehículo	Consumo de energía por ciclo de carga (W)	Consumo de energía por día (W)	Uso del vehículo por semana (días)	Consumo de energía mensual (W)	Costo por 1 kW consumido (S/.)	Costo mensual (S/.)
Monociclo eléctrico	145.2	290.4	7	8131.2	0.5522	4.49
	145.2	290.4	5	5808.0	0.5522	3.21
	145.2	290.4	3	3484.8	0.5522	1.92

Fuente: Propia.

Se puede observar que el costo mensual en los 3 escenarios es muy bajo. Comparando el caso de uso diario durante un mes con el precio de viaje en el metropolitano, sería cercano a dos pasajes adultos (S/.2.5 soles cada pasaje), mientras que en el tren eléctrico sería cercano a 3 pasajes adultos (S/. 1.5 soles cada pasaje) el resultado en ambos casos sería muy ampliamente favorable para el monociclo eléctrico. Aun comparando con cualquier medio de transporte el costo que implica usar el monociclo eléctrico es muy bajo.

En términos energéticos, el consumo mensual de energía podría ser equiparable al uso diario de un televisor de 20" por 2.42 horas, esto habla de la baja tasa de consumo que este vehículo requerirá para su carga.

Por otro un dato a tener en cuenta es que según especificaciones técnicas el modelo del monociclo eléctrico está diseñado para 1000 ciclos de carga y descarga, pasados este valor el vehículo decae en algunas características importantes como menos autonomía de viaje, reducción de velocidad máxima, etc. Para los 3 casos mencionados de uso mensual se tienen las consideraciones siguientes.

**Tabla 5.12: Estimación de la duración del vehículo por el número de usos a la semana**

Vehículo	Ciclos de carga y descarga según especificaciones	Uso del vehículo por semana (días)	Numero de ciclos de carga y descarga mensual	Cantidad de meses antes de llegar a los 1000 ciclos
Monociclo eléctrico	1000	7	56	18
		5	40	25
		3	24	42

Fuente: Adaptado de Airwheel, 2015.

Según el cuadro mostrado para un uso diario durante un mes el vehículo a partir del mes 18 mostraría cambios en sus características, mientras que en el caso del uso de 3 veces por semana a partir del 3er año y medio se mostrarían estas características.

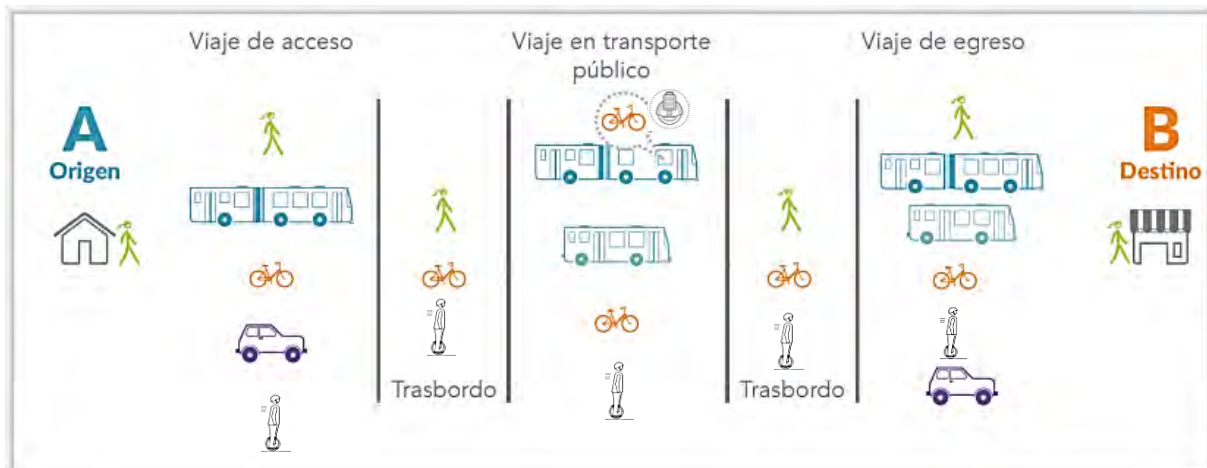
Se tiene que resaltar de manera muy importante que todos los cálculos realizados en este apartado se basan en el supuesto que el monociclo eléctrico se desplace 28 kilómetros diarios usando exclusivamente el vehículo eléctrico, el cual es el caso más desfavorable y menos recomendado.

Como ya se ha mencionado con anterioridad dichos vehículos son más efectivos al desplazarse distancias no mayores a los 8km y para mayores distancias tendrían que optar por la intermodalidad con el transporte público, el cual se comprobó que es efectivo. Entonces considerando la intermodalidad para largas distancias el consumo energético y número de carga por día del vehículo disminuiría muy notablemente.

Obtenido los principales resultados del monociclo eléctrico y la potencial similitud con los modos peatonal y ciclista, queda resaltar que este vehículo podría realizar potencialmente viajes de corta como larga distancia mediante el uso y combinación correcta de la infraestructura de los medios señalados: peatonal, ciclista y transporte público mediante la intermodalidad. Es en este sentido y considerando que la prioridad del monociclo eléctrico será el realizar viajes hacia el trabajo o estudio (considerados también como viajes de puerta a puerta), y con las características que exigen estos desplazamientos (poca inversión de tiempo y ser lo más rápido posible), se acota lo siguiente:

Para distancias cortas de hasta 8 km, el uso de la infraestructura ciclista se podría priorizar por encima de la infraestructura peatonal (ya que presenta mayor desarrollo de velocidades), uso de ciclovías, ciclosendas, ciclocarril, vías compartidas (zonas 30) serán priorizadas antes que la interacción con los peatones. En caso de que, parte del tramo a desplazarse carezca de infraestructura ciclista, el usuario del monociclo eléctrico podría usar la infraestructura peatonal, pero con consideraciones importantes de velocidad como reducir necesariamente la velocidad hasta la magnitud de un peatón cumpliendo con las obligaciones y deberes de un peatón. Para distancias largas, el uso de la multimodalidad a través del transporte público se priorizará por encima de la infraestructura ciclista y peatonal, ya que es más efectiva. La interfaz o cambio de modo del monociclo eléctrico al transporte público se daría de forma natural y sin inversión extra de tiempo, parecido al caso de un peatón, ya que en caso de una bicicleta estándar se necesita recurrir a estacionamientos en la periferia o dentro de la estación de transporte público que implican inversión de tiempo en esta interfaz. Además, queda descartado el uso de la calzada como una alternativa de desplazamiento por la gran desventaja e inseguridad que implica interactuar con automóviles, se excluye las rutas 30 porque su reducida velocidad de desplazamiento brinda a los peatones, ciclistas y usuarios de VMP desplazamiento por dichas vías.

Por último, y como se mencionó con anterioridad, los viajes realizados que tienen un origen y destino fijado (viajes de puerta a puerta) puede estar compuesto por diferentes modos o formas de desplazarse, unos más rápidos y de mayores distancias abarcadas que otros, incluir al monociclo eléctrico como parte de esta cadena, tal como lo hace la caminata, la bicicleta y transporte público podría beneficiar a la movilidad en las ciudades.



**Figura 5.8: Posible cadena de rutas de viaje incluyendo al moniciclo eléctrico en sus múltiples opciones que presenta**

**Fuente: Adaptado Ministerio de Transporte de Colombia, 2016.**

A partir de la tradicional cadena de rutas de viaje y sus múltiples opciones que se pueden tomar para desplazarse de un punto A (origen) hacia un punto B (destino) es que se propone como muestra la figura 5.8 la posible y potencial implementación del moniciclo eléctrico como un modo más que podría usarse en esta cadena de viajes.

## CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con respecto al cumplimiento de los objetivos del proyecto se concluye que:

Para el primer objetivo específico, se llegó a seleccionar a los 10 vehículos de movilidad personal más conocidos y usados hasta el momento. Seguidamente se realizó la comparación de características y similitudes de los 10 VMP con el peatón y ciclista. Llegando a seleccionar a dos VMP con mayor compatibilidad, los cuales fueron el monociclo eléctrico marca Airwheel X3 y el Mini Segway marca Ninebot. Los criterios que sirvieron de base para la elección de los dos VMP fueron: tamaño y dimensiones, maniobrabilidad del VMP en base al radio de giro, autonomía de viaje, velocidad promedio y máxima, uso con otros medios de transporte y disponibilidad de obtención del VMP en Perú. Dentro de los 6 criterios, la característica que más resalta es el de tamaño y dimensiones, ya que en los dos VMP seleccionados, el espacio físico que ocupa la persona sobre el VMP es muy similar y parecido al de un peatón estándar. Esta característica podría otorgar a los VMP elegidos ser considerados como un tipo de peatón sobre ruedas, ya que una concepción inicial de los VMP era que no pueden ser asimilados a la figura de un peatón. También el ancho de la persona sobre el VMP es similar al ciclista lo que le podría permitir desplazarse por ciclovías. Por otro lado, tanto el monociclo eléctrico como el Mini Segway poseen un desarrollo de velocidades similares al ciclista, poseen velocidades máximas entre 18 a 25 km/h. Además, se llega a resaltar que las 6 características que se proponen para la comparación podrían servir para futuras propuestas sobre qué tipo de VMP podría ser más compatible con peatones y ciclistas.

Con respecto al segundo objetivo específico, a través de la implementación de un cuestionario que permite brindar un mejor panorama sobre la interacción en los desplazamientos monociclo-peatón y aplicando la observación directa como herramienta de recolección de datos. Se observó que la interacción entre los peatones y el monociclo eléctrico se realizó con normalidad, el comportamiento y la reacción tanto del monociclo eléctrico como del peatón fue de manera espontánea y de forma natural. Además, el monociclo eléctrico podía comportarse como un peatón más en la vía sin presentar dificultades ni problemas de interacción. La forma de evaluación para determinar y calificar dicho grado de interacción fue a través de un cuestionario planteado. A través de las 3 rutas aleatorias propuestas, se identificaron 15 casos puntuales de interacción entre el monociclo eléctrico y peatones, cada uno de los 15 casos fue evaluado de manera individual, tomando en cuenta algunas herramientas utilizadas en el estudio de vida pública planteado por Jan Gehl, específicamente el método de observación directa. Ya en campo se observó, identificó y reportó la forma en como estos dos modos interactuaban y la reacción que ocasionaba dicha interacción. Por medio del cuestionario propuesto se reportó movimientos, cambios de velocidad y desplazamientos tanto del monociclo eléctrico como del peatón al momento de la interacción. La mayoría de los casos solo demandaban continuar la misma dirección de desplazamiento, tanto en el peatón como del monociclo. Existió un solo caso puntual donde se vio alterado o modificado el desplazamiento y velocidad de un peatón de forma

considerable, esto debido al poco espacio que se tuvo para desplazarse. Cabe destacar que la presencia de un mayor número de peatones en la vía ocasiona un desplazamiento más lento y pausado, tanto del peatón como del monociclo eléctrico. Además, el mínimo valor calculado al que puede desplazarse el monociclo eléctrico se sitúa entre los 3 km/h-0.83 m/s. Menor a ese valor el conductor se ve obligado a descender del vehículo ya que pierde el equilibrio. Se puede resaltar que esta mínima velocidad del monociclo eléctrico al ser de poca magnitud se puede comparar con los tipos de peatones más lentos en desplazarse, como los peatones con dificultad para caminar (3.75km/h). Además, si se pudiera relacionar con el nivel de servicio de una vía peatonal, la convivencia con personas asociado a este rango de velocidad del monociclo eléctrico (3km/h), corresponde a un nivel de servicio E. Para mayor densidad y volumen de personas (nivel de servicio F) el monociclo eléctrico podría presentar problemas de desplazamiento ya que perdería el equilibrio no pudiendo mantener este rango de velocidades (velocidades menores a 3km/h). Mientras que para niveles de servicio A, B, C y D que implican volúmenes de personas menores y mayor velocidad, el desplazamiento del monociclo podría ser llevado con normalidad, tal como se pudo observar en los 15 casos evaluados.

Con respecto al tercer objetivo específico, el cálculo de la velocidad promedio del monociclo eléctrico y ciclista fue disgregado en 3 tipos de velocidades según la zona de desplazamiento: en vías ciclistas, en cruces peatonales semaforizados y en vías peatonales. Las cuales fueron registradas en la avenida Universitaria y sus calles transversales. A través de un cuestionario planteado se reportó y comparó las velocidades de los dos modos a evaluar. Las velocidades promedio registradas en vías ciclistas muestran al monociclo eléctrico con 13.5 km/h frente a 17 km/h del ciclista, se observa que la velocidad del monociclo eléctrico no se encuentra en el rango de velocidad promedio de un ciclista (15 a 20 km/h). Cabe señalar que el modelo de monociclo eléctrico usado en el proyecto tiene como velocidad máxima de diseño 18 km/h. Esta velocidad está relacionado directamente con su velocidad promedio calculada en ciclovías, ya que en varios momentos del desplazamiento se llegó a este tope de velocidad, limitando así que la velocidad promedio no sea de mayor valor. El uso de otros modelos con velocidad máxima de diseño de 25 km/h, podría modificar la velocidad promedio calculada en el proyecto y elevarla de un 13.5 km/h a 18.7 km/h, esta última velocidad si se ubicaría dentro de un rango aceptable de velocidades de ciclistas. Por otro lado, en cruces semaforizado, se observa una considerable reducción de velocidades tanto del monociclo eléctrico como del ciclista, 6.67 m/h del monociclo contra 5.16 km/h del ciclista. Similar situación es la que ocurre en las vías peatonales, 6.38 km/h del monociclo eléctrico frente a 4.86 km/h del ciclista. Esta abrupta reducción de velocidades en vías peatonales responde a las restricciones impuestas para el desplazamiento en estas vías donde se prioriza al peatón obligando a los demás modos a adaptarse a estas características. Al ciclista lo obliga a descender del vehículo y desplazarse empujando la bicicleta mientras que el usuario del monociclo se mantiene sobre el vehículo manteniendo velocidades bajas. Se resalta que en vías peatonales tanto

el monociclo eléctrico como ciclista desarrolla velocidades propias de un peatón. Se reconoce que, al ser evaluaciones individuales con un bajo número de muestras, las velocidades mostradas deben ser tomadas como valores referenciales y no como valores concluyentes ni generalizables.

Con respecto al cuarto objetivo específico, se identificó que el monociclo eléctrico posee un nivel de integración con el transporte público más beneficioso que el de la bicicleta. El factor más importante que determina esta ventaja es el menor tamaño que posee el monociclo eléctrico frente a la bicicleta. El transporte público en Lima Metropolitana establece un límite de volumen máximo que puede transportar el usuario en sus instalaciones (buses y paraderos). En el Metro de Lima se considera 0.097 m<sup>3</sup> como volumen máximo permitido en baja demanda de pasajeros y 0.032 m<sup>3</sup> en alta demanda, en el Metropolitano y corredores viales se establece un límite de volumen de 0.088m<sup>3</sup>. Debido a esto se restringe claramente el transporte de la bicicleta ya que posee un volumen muy por encima del límite permitido. Mientras que el monociclo eléctrico logra ser de mucho menor volumen incluso que una bicicleta plegable (1.020 m<sup>3</sup> de una bicicleta estándar, 0.233 m<sup>3</sup> una bicicleta plegable contra 0.036 m<sup>3</sup> del monociclo eléctrico). Esta ventaja otorga al monociclo eléctrico poder acoplarse al peatón como un equipaje más de mano e ingresar de manera natural al transporte público. Por otro lado, como parte de la adopción de la movilidad sostenible, se permite también el uso de bicicletas plegables y scooter eléctrico plegable como uso de vehículos eléctricos permitidos dentro del transporte público. Aún con esta acotación los volúmenes siguen siendo superiores y muy por encima al que posee el monociclo eléctrico (0.228 m<sup>3</sup> del scooter eléctrico plegado). La ventaja que brinda el monociclo eléctrico sobre la bicicleta estándar es que luego del uso del transporte público se puede continuar el desplazamiento de la ruta planeada usando el monociclo eléctrico. La cadena monociclo-transporte público-monociclo se podría desarrollar con mayor eficiencia y menor inversión de tiempo que la cadena bicicleta-transporte público-bicicleta. Ya que se prescinde del uso de parqueaderos donde se dejan obligatoriamente las bicicletas para ingresar al transporte público y que asimismo esta última depende de la existencia de bicicleta publicas interconectadas con el transporte público que alimenten los viajes luego del uso de los buses. Asunto que se puede obviar con el monociclo eléctrico. Esta última característica es de suma importancia ya que al poder integrarse con los buses brinda al transporte público poder ampliar su alcance y llegar a más usuarios mejorando así la intermodalidad. La cual es una herramienta muy importante en ciudades donde el transporte público se erige como el medio más usado e importante, caso en el que se encuentra la ciudad de Lima Metropolitana. Además, estas características brindan al usuario el uso personal, exclusivo y no compartido del vehículo eléctrico con otros usuarios, tema de importancia en el contexto actual. Además, se destaca al monociclo eléctrico por encima del scooter eléctrico ya que posee menor volumen y permite acoplarse al transporte público de manera más efectiva.

Con respecto al quinto objetivo específico, sobre el costo económico y consumo energético del monociclo eléctrico. Se identificó para el modelo Airwheel X3 un costo mensual de 4.17 soles

invertidos en la carga eléctrica del equipo y un consumo energético mensual de 8.712 Kilowatts considerando un uso diario del VMP. Se estimó que el tiempo total de carga de la batería (conocido como ciclo de carga) dio una lectura promedio de 67 minutos, que resulta en un consumo de energía de 145.2 watts, el cual otorga una autonomía de viaje de 18 kilómetros. Por otro lado, considerando un desplazamiento diario de una persona en la ciudad de Lima de 28 kilómetros (viaje ida y vuelta), se estima que es necesario realizar dos ciclos de carga diario al vehículo si es que se requiere cubrir estas distancias usando el monociclo eléctrico. Es así que, considerando dos cargas diarias del equipo, y un desplazamiento diario durante un mes, se muestra un consumo mensual de energía de 8.712 Kilowatts el cual se traduce en un gasto mensual de 4.17 soles (considerando un costo de 0.478 soles por kW consumido). Este costo refleja una inversión muy por debajo de los actuales medios de transporte ya que la sola comparación con un viaje de ida y vuelta en el metropolitano (5 soles), es superior a lo que se gastaría en un mes usando exclusivamente el monociclo eléctrico. Por otro lado, el considerar viajes los 7 días de la semana en el monociclo eléctrico como medio de transporte sería el caso más desfavorable y poco usual. Considerar 5 viajes semanales o 3 viajes semanales podría ser más factible. Importante mencionar que la vida útil del vehículo está considerada en 1000 ciclos de carga y descarga de la batería. Pasado este número el vehículo perdería gradualmente sus características iniciales como la autonomía del vehículo y tiempo de carga de la batería, por lo cual, los 1000 ciclos de carga durarían para un aproximado de 17 meses considerando un uso diario del vehículo. Mientras que para un uso de 5 veces a la semana se tendría una duración de 23 meses y para un uso de 3 veces a la semana una duración de 36 meses. Se debe aclarar de manera importante que estas estimaciones fueron calculadas suponiendo un desplazamiento exclusivo en el monociclo eléctrico. Sin embargo, como bien se comentó a lo largo del proyecto, para desplazamiento de más de 8km de distancia el transporte público es el medio más eficiente, por lo que si se opta por combinar estos modos para su desplazamiento el costo mensual y energético del monociclo eléctrico disminuirá considerablemente. Entonces, en cuanto a las hipótesis planteadas se concluye que: con respecto a la convivencia del monociclo eléctrico y peatón, la hipótesis es correcta ya que según la información recogida y analizada existe indicios fuertes de una correcta convivencia entre los peatones y el monociclo eléctrico. En volúmenes bajos de peatones se observó que el vehículo pasa desapercibido entre los peatones, los cuales logran interactuar de forma normal e imperceptible con el monociclo, el cual mantiene un desplazamiento normal. A medida que el número de personas se incrementa en la interacción, surgen cambios de dirección en los desplazamientos, sin embargo, estos cambios no ocasionan problemas ni comportamiento brusco en el desplazamiento del peatón ni del monociclo. La existencia de varios tipos de peatones, con diferentes dimensiones y espacio, entre ellos los peatones con ruedas, abre la posibilidad que el monociclo eléctrico por sus características similares de dimensiones y bajas velocidades pueda formar parte de este grupo.

Con respecto a la segunda hipótesis planteada, el monociclo eléctrico modelo Airwheel X3 logra mostrar indicios de semejanza a la bicicleta y mejorar algunas características de ella. Si bien su velocidad promedio se encuentra debajo del rango de velocidades que un ciclista realiza en ciclovías (la magnitud de velocidad del monociclo es menor en un 20 %). El uso de otros modelos de monociclos que puedan tener mayor velocidad máxima de diseño de 18km/h a 25km/h mejoraría la velocidad promedio del monociclo eléctrico llegando a ubicarse dentro del rango de velocidades del ciclista. Con respecto a sus desplazamientos en infraestructura peatonal, donde el peatón es el modo prioritario, se evidencia la abrupta reducción de velocidades tanto del ciclista como del monociclo hasta llegar a magnitudes similares a los peatones. Resalta la similitud de sus velocidades en este espacio. Sin embargo, la mejora sustancial del monociclo eléctrico frente a la bicicleta ocurre y se evidencia en la intermodalidad con el transporte público. Mientras la bicicleta necesita de cicloparqueaderos instalados en las estaciones del Metropolitano, donde necesita resguardar el vehículo para continuar su ruta sin él. El monociclo eléctrico puede ingresar de manera natural y sin inconvenientes a las estaciones y buses del transporte público como una maleta de mano del usuario o como vehículo de micromovilidad. Esta diferencia de modos de usar es muy importante ya que posibilita al usuario del monociclo eléctrico que una vez terminado el tramo recorrido en bus pueda continuar su ruta definida usando el monociclo eléctrico, favoreciendo de manera importante la intermodalidad con el transporte público.

Además, por el consumo de energía y dinero identificado lo podrían hacer un vehículo eléctrico de bajo consumo energético y de bajo coste económico.

### **Recomendaciones**

Dado el nivel exploratorio del proyecto que se basa en resultados y experiencias puntuales, para que puedan tener un carácter más representativo deben ser validados con una mayor cantidad de muestras y experiencias, razón por la cual las hipótesis del proyecto son concebidas como indicios para demostrar la tendencia de los resultados hacia un valor y no son concluyentes. Se recomienda así usar los resultados del proyecto como indicadores de valores para futuros análisis.

Se debe considerar de manera importante que la participación de los VMP como actores de la movilidad en las ciudades es un fenómeno relativamente nuevo que está en proceso de adaptarse a las dinámicas de movilidad en las ciudades. Su constante crecimiento y proliferación en la actualidad se mantendrá hacia futuro, por lo que las ciudades y sus funcionarios deben adoptar medidas y decisiones que engloben y beneficien a todos los actores de la movilidad actual. Por lo antes mencionado y lo nuevo de esta tecnología, se seguirán experimentando constantes cambios y modificaciones en las normas y patrones de movilidad de estos vehículos por lo que se debe tomar dicha investigación con las consideraciones actuales.

Con respecto a desplazamientos con peatones, para que el monociclo eléctrico pueda cumplir y respetar los requerimientos de velocidad, se podría calibrar las velocidades máximas admisibles a las cuales puede movilizarse según el tipo de vía. En el caso de vías peatonales, calibrarlas para que la velocidad máxima no exceda 10 km/h. Dicha acción se podría configurar en el teléfono celular del conductor para que el monociclo eléctrico y Smartphone puedan sincronizarse. Además, con dicha acción se refuerza la idea de poder incluir al monociclo dentro de la categoría de dispositivos o aparatos eléctricos de desplazamiento ya que por ley su propulsión máxima llega a ser 12km/h, y que este dispositivo tiene la ventaja de circular por la vereda como extensión del peatón o ser un tipo de peatón sobre ruedas.

Se recomienda también que, dado el buen grado de interacción entre peatón y monociclo eléctrico, este último podría ser catalogado como una extensión del concepto de peatón, encajando en el tipo de peatón sobre ruedas.

Los VMP no poseen características que se puedan asociar a los vehículos que circulan en la calzada, menos el monociclo eléctrico que al poseer características físicas y dimensiones parecidas a un peatón lo hace muy vulnerable a los automóviles. Por lo que se recomienda no usarlo en calzadas junto a vehículos, priorizar el desplazamiento en infraestructura ciclista y en un segundo orden la infraestructura peatonal. Sin embargo, vale aclarar que dicha exclusión no se consideraría para las denominadas vías 30 o calles 30, ya que dichas vías son autorizadas y priorizadas para el desplazamiento tanto para peatones, ciclistas y por ende también para los usuarios de VMP.

El transporte público, como principal actor para viajes de largas distancias, necesita de la intermodalidad para expandir y fortalecer su funcionamiento, es en esta línea que el monociclo eléctrico se convierte en una herramienta que puede promover la intermodalidad, realizando la conexión desde y hacia el transporte público a otros modos de viaje.

Como última recomendación invitar a seguir investigando sobre la movilidad eléctrica en el Perú ya que esta tecnología está recién comenzando e ineludiblemente tendrá un gran impacto e influencia a futuro.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Alegre, M. (2016). *Transporte urbano: ¿Cómo resolver la movilidad en Lima y Callao?* Lima: Consorcio de Investigación Económica y Social.
- Asociación Española de la carretera y Área de prevención y Seguridad Vial de fundación MAPFRE. (2019). *Nuevos sistemas de movilidad personal en ciudad y sus problemas asociados a la seguridad vial*. Madrid: Fundación MAPFRE.
- Avellaneda, P. (2007). *CIUDAD POPULAR, ORGANIZACIÓN FUNCIONAL Y MOVILIDAD. Reflexiones sobre Lima Metropolitana*. Lima: Departamento de Arquitectura- PUCP
- Ayuso, M., Domínguez, I., & Guillen, E. (2019). *Nuevos retos del sector automóvil*. Madrid: Fundación de Estudios Financieros. Obtenido de: [https://www.ieaf.es/images/Publicaciones-FEF/Documentos/Libro\\_PANEL\\_DEL\\_SEGURO\\_2019.pdf](https://www.ieaf.es/images/Publicaciones-FEF/Documentos/Libro_PANEL_DEL_SEGURO_2019.pdf)
- Banister, D. (2008). *The sustainable mobility paradigm*. *Transport policy*, 73-80
- BID. (2015). *Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe. Guía para impulsar el uso de la bicicleta*. Washington D.C: BID
- Brundtland, G. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Washington D.C: PNUMA
- Consorcio Projekta-Interdiseños. (1998). *Plan Maestro de Ciclo-rutas para Santa Fe de Bogotá*. Santa Fe de Bogotá D.C: Instituto de Desarrollo Urbano.
- Dalkmann, H., & Brannigan, C. (2007). *Transporte y Cambio climático*. Eschborn. Obtenido de: <http://www.sutp.org/documents/Modules/5e/5e-TCC-ES.pdf>
- Dextre, J., & Avellaneda, P. (2014). *Movilidad en zonas urbanas*. Lima: Fondo editorial PUCP.
- Doig, J. (2013). *Análisis del nivel de servicio peatonal en la ciudad de Lima*. Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Elpatinete.net. (2020). *Como funciona un patinete eléctrico*. Obtenido de: <https://elpatinete.net/como-funciona-patinete-electrico/>
- European Cyclists Federation. (1999). *La bicicleta en las áreas urbanas*. Bruselas. Obtenido de [www.fonamperu.org/general//transp/documentos/bicicletasareasurbanas](http://www.fonamperu.org/general//transp/documentos/bicicletasareasurbanas).
- Fernández, J., García, J., Juncá, J., De Rojas, C. & Santos, J. (2005). *Manual para un entorno accesible*. Madrid: Industrias Graficas Caro S.L.
- Fundación Transitemos. (2017). *Hacia una ciudad para las personas*. Obtenido de: <https://transitemos.org/wp-content/uploads/2017/09/Hacia-Una-Ciudad-para-las-Personas-Hoja-de-Ruta-al-2025-V-Final1.pdf>
- Fundación RACC. (2004). *Criterios de movilidad en zonas urbanas*. Barcelona: Autor.

- Gehl, J. (2014). *Ciudades para la gente*. Buenos Aires: Infinito.
- Gomez-Gelvéz, J., Hernán, C., Kaul, V., & Isla L. (2016). *La incorporación de los vehículos eléctricos en América Latina*. Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-incorporaci%C3%B3n-de-l-os-veh%C3%ADculos-el%C3%A9ctricos-en-Am%C3%A9rica-Latina.pdf>
- Guillamón, D., & Hoyos, D. (2005) Movilidad sostenible, de la teoría a la práctica. Obtenido de [https://www.bantaba.ehu.es/obs/files/view/ELA\\_-\\_Movilidad\\_sostenible,\\_de\\_la\\_teor%C3%ADa\\_a\\_la\\_pr%C3%A1ctica.pdf?revision\\_id=69628&package\\_id=6913](https://www.bantaba.ehu.es/obs/files/view/ELA_-_Movilidad_sostenible,_de_la_teor%C3%ADa_a_la_pr%C3%A1ctica.pdf?revision_id=69628&package_id=6913)
- Hernández-Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México DF: Mc Graw Hill Education.
- INDRA. (2018). *Maas: una revolución para la gestión de infraestructuras de transporte*. Revista de obras públicas N<sup>o</sup>3604, 44-49. Obtenido de: [http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2018/2018\\_diciembre\\_3604.pdf](http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2018/2018_diciembre_3604.pdf)
- ITPD-México. (2011). *Manual ciclociudades. La movilidad en bicicleta como política pública*. México D.F: Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo.
- Instituto de Desarrollo Urbano. (2006). *Guía Práctica de la movilidad peatonal*. Bogotá. Obtenido de: [https://www.academia.edu/15367771/GUIA\\_PR%C3%81CTICA\\_DE\\_LA\\_MOVILIDAD\\_PEATONAL\\_URBANA\\_GUIA\\_PR%C3%81CTICA\\_DE\\_LA\\_MOVILIDAD\\_PEATONAL\\_URBANA](https://www.academia.edu/15367771/GUIA_PR%C3%81CTICA_DE_LA_MOVILIDAD_PEATONAL_URBANA_GUIA_PR%C3%81CTICA_DE_LA_MOVILIDAD_PEATONAL_URBANA)
- ITDP-México. (2012). *Guía de estrategias para la reducción del uso del auto en ciudades mexicanas*. México: ITDP-México
- Lima como vamos. (4 de Mayo de 2019). *Criterios para la convivencia en espacios públicos*. Obtenido de: <https://www.limacomovamos.org/opinion/enfoques-para-la-convivencia-en-los-espacios-publicos/#>
- López, J. (2018). *Impacto tecnológico de los vehículos eléctricos e híbridos*. Revista de obras públicas N<sup>o</sup> 3604, 72-75. Obtenido de: [http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2018/2018\\_diciembre\\_3604.pdf](http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2018/2018_diciembre_3604.pdf)
- Maeso, E. (2011). *Tecnología para una movilidad sostenible*. Uciencia: revista de divulgación científica de la Universidad de Málaga, 44-47. Obtenido de: [https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/4665/44\\_pdfsam\\_revistaciencia06.pdf?sequence=1](https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/4665/44_pdfsam_revistaciencia06.pdf?sequence=1)
- Mckinsey. (29 de Enero de 2019). *Micromobility's 15,000-mile checkup*. Obtenido de: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/micromobilitys-15000-mile-checkup>
- Mckinsey. (23 de Febrero de 2019). *El segundo gran punto de inflexión en la movilidad*. Obtenido de <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/mobilitys-second-great-inflection-point/es-es>

- Mesa Española de la Bicicleta. (2018). *Por una movilidad sostenible, segura y saludable*. Obtenido de: <http://asociacionambe.es/wp-content/uploads/2018/09/VMP-y-DGT.pdf>
- Ministerio de la presidencia. (2020). *Real Decreto 970/2020*, de 10 de noviembre. Obtenido de: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2020-13969>
- Ministerio de Transporte de Colombia. (2016). *Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas*. Bogotá D.C: Ministerio de Transporte de Colombia.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2019). *Resolución ministerial N° 308-2019 MTC/01.02*, Lima 26 de abril. Obtenido de: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_5377.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_5377.pdf)
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2019). Decreto supremo N° 019-2018-MTC. Lima, 10 de Diciembre. Obtenido de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/376966/DS\\_019-2018-MTC.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/376966/DS_019-2018-MTC.pdf)
- Ministerio de Transporte y Comunicación. (2020). *Decreto Supremo N°012-2020-MTC*. Lima, 04 de Junio. Obtenido de: [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/788078/DS\\_N\\_\\_012-2020\\_MTC.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/788078/DS_N__012-2020_MTC.pdf)
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2021). Decreto supremo N°023-2021-MTC. Lima, 03 de Julio. Obtenido de: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1993564/DS%20023-2021-MTC.pdf.pdf>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2020). *Manual para ciclistas del Perú*. Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Obtenido de: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1309978/Manual%20para%20ciclistas%20del%20Per%C3%BA.pdf>
- Municipalidad de Lima. (2017). *Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista, 2017*. Lima: Municipalidad de Lima.
- National Research Council. (2000). *Highway Capital Manual*. Washington: Transportation Research Board publications.
- NZ Transport Agency. (2009). *Pedestrian planning and design guide*. Wellington: National Office.
- OECD. (2011) *Peatones: seguridad vial, espacio urbano y salud*. Obtenido de: [Microsoft Word - 2011 pedestrians spanish.doc \(itf-oecd.org\)](#)
- ONU-HABITAD. (2013). *Planificación y diseño de una movilidad sostenible: orientaciones políticas. Informe mundial sobre asentamientos humanos 2013*. New York: Routledge.
- Populus.Ai. (2018). *The micro-mobility revolution: the introduction and adoption of electric scooters in The United States*. Obtenido de: [https://research.populus.ai/reports/Populus\\_MicroMobility\\_2018\\_Jul.pdf](https://research.populus.ai/reports/Populus_MicroMobility_2018_Jul.pdf)
- Pozueta, J. (2009). *La ciudad paseable: recomendaciones para la consideración de los peatones en el planeamiento, el diseño urbano y la arquitectura*. Madrid: Cedex.

- Rasheq, Z., Derek, P., & Kelman, B. (2019). *Lo pequeño es hermoso. Haciendo que la micromovilidad funcione para ciudadanos, ciudades y prestadores de servicios*. Obtenido de: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/co/Documents/consumer-business/Peque%C3%B1o%20es%20hermoso%20Abril%202019.pdf>
- ROP. (2018). *Nuevas tecnologías en la gestión de la movilidad*. Revista de obras públicas N° 3604. Obtenido de [http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2018/2018\\_diciembre\\_3604.pdf](http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2018/2018_diciembre_3604.pdf)
- Sanz, A. (1998). *Calmar el tráfico*. Madrid: Ministerio de Fomento.
- Sanz, A. (2005). *El viaje de las palabras. Informe de Valladolid. El derecho a la movilidad*. Valladolid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid.
- SEGWAY. (2014). Manual del usuario. Transportador personal Segway (PT). Obtenido de: [https://static4.segway.com/wp-content/uploads/2019/11/PT-SE-User-Manual\\_\\_Spanish.pdf](https://static4.segway.com/wp-content/uploads/2019/11/PT-SE-User-Manual__Spanish.pdf)
- SEGWAY. (2018). *Ninebot S User Manual*. Obtenido de: [https://assets.segway-cdn.com/User-Manuals/Multi-Language-UM/UM\\_Ninebot-S\\_EN-FR-DE-IT-SP-RU-POL.pdf?mtime=20200415140236&focal=none](https://assets.segway-cdn.com/User-Manuals/Multi-Language-UM/UM_Ninebot-S_EN-FR-DE-IT-SP-RU-POL.pdf?mtime=20200415140236&focal=none)
- SEGWAY-NINEBOT. (2020). *La historia de SEGWAY-NINEBOT. Acerca de nuestra marca*. Obtenido de: <https://es-es.segway.com/about-the-brand>
- Tumovilidadurbana. (2020). *Vehículos Movilidad Personal (VMP) 2020. Guía definitiva*. Obtenido de: <https://tumovilidadurbana.com/vehiculos-movilidad-urbana/>
- Yachiyo. (2005). *Plan maestro de transporte urbano para el área metropolitana de Lima y Callao en la República del Perú*. Lima: Yachiyo Engineerin

## ANEXOS

### Anexo A

Tabla que muestra los enlaces oficiales de las páginas web ubicadas de los 10 VMP que se analizaron en la investigación.

**Tabla A.1: Enlaces web de los 10 VMP estudiados**

Vehículo y modelo	Disponibilidad en tiendas físicas en Perú	Enlace de las páginas web en Perú o en el extranjero
Segway -Segway I2 SE	NO	<a href="https://es-es.segway.com/products/segway-i2-se">es-es.segway.com/products/segway-i2-Se</a>
Minisegway Ninebot S	SI	<a href="https://scooterland.pe/producto/patinete-electrico-s-n3m240-negro/">scooterland.pe/producto/patinete-electrico-s-n3m240-negro/</a>
Patinete eléctrico Xiaomi Mijia M365	SI	<a href="https://xiaomiperu.pe/producto/xiaomi-scooter-electrico-modelo-m365/">xiaomiperu.pe/producto/xiaomi-scooter-electrico-modelo-m365/</a>
Patinete con sillín Ecoxtrem Sparrow	NO	<a href="https://ecoxtrem.com/es/sparrow-scooter-electrico-potencia-pantalla-lcd-color-blanco/#/32-motor-2000_w">https://ecoxtrem.com/es/sparrow-scooter-electrico-potencia-pantalla-lcd-color-blanco/#/32-motor-2000_w</a>
Monociclo eléctrico Airwheel x3	SI	<a href="https://www.transplo.com/PE/Lima/1573536732863911/Airwheel-Lima-Peru">www.transplo.com/PE/Lima/1573536732863911/Airwheel-Lima-Peru</a>
Hoverboard Hoverboard S10	SI	<a href="https://patinesperu.com/producto/hoverboard-10/">patinesperu.com/producto/hoverboard-10/</a>
Skateboards Airwheel m3	NO	<a href="https://www.airwheel.net/home/product/m3">www.airwheel.net/home/product/m3</a>
Bicicleta de pedaleo asistido Inmotion S2	SI	<a href="https://www.inmotionperu.com/pagina-del-producto/bicicleta-s2">www.inmotionperu.com/pagina-del-producto/bicicleta-s2</a>
Segway con asiento Airwheel A3	NO	<a href="https://www.airwheel.net/sp/product/a3">www.airwheel.net/sp/product/a3</a>
E-skates hovershoes-x-1	NO	<a href="https://inmotioniberia.com/producto/patines-electricos-inmotion-hovershoes-x1/">https://inmotioniberia.com/producto/patines-electricos-inmotion-hovershoes-x1/</a>

**Fuente:** Adaptado de Segway, 2019; Segway, 2020; Xiaomi, 2020; Fundación MAFRE, 2019; Airwheel, 2015; [www.sabway.es/hoverboards/44-hoverboard-10-sabway](https://www.sabway.es/hoverboards/44-hoverboard-10-sabway); Ewheelperu, 2020; Airwheel, 2020.

## Anexo B

Tiempo y velocidad mínima del monociclo eléctrico

Tabla B.1: Velocidad mínima promedio del monociclo eléctrico

Vehículo	Longitud del tramo (m)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)
<i>Monociclo eléctrico Airwheel x3</i>	10	12.22	0.82	2.95
		12.00	0.83	3.00
		11.88	0.84	3.03
		12.20	0.82	2.95
		12.28	0.81	2.93
		11.85	0.84	3.04
		12.20	0.82	2.95
		12.08	0.83	2.98
		12.15	0.82	2.96
		11.85	0.84	3.04
		11.97	0.84	3.01
		12.35	0.81	2.91
		11.95	0.84	3.01
		11.84	0.84	3.04
11.90	0.84	3.03		
<b>Promedio</b>		0.83	2.99	

Fuente: Propia

Este valor nos indica que el usuario no podrá mantener el equilibrio y tendrá que descender del vehículo para velocidades menor a este valor.

## Anexo C:

### Tiempo promedio de carga

**Tabla C.1: Tiempo promedio de carga del monociclo eléctrico en minutos**

Vehículo	Tiempo de carga completa (min)	Tiempo promedio (min)
	67.2	
	66.9	
	67.1	
	66.8	
	67.4	
	66.5	
	67.7	
Monociclo eléctrico	66.9	67
	67.1	
	66.8	
	67.2	
	67.1	
	66.8	
	66.8	
	66.9	

**Fuente: Propia**

## Anexo D

### Presentación de los casos identificados en las 3 rutas

Se presenta un total de 15 casos que se encontraron en las 3 rutas propuestas. Los 7 primeros casos se ubican en la avenida La Mar - Ruta 1, los siguientes 4 casos se ubican en la avenida San German - Ruta 2 y los 4 últimos casos en la avenida Marañón – Ruta 3. Se describen y se responde el cuestionario propuesto para cada uno de los 15 casos identificados.

#### Caso 1. Avenida La Mar

Cruce del monociclo eléctrico a mobiliario estático – poste de alumbrado público ubicado a un costado de la vía peatonal.



**Figura D.2: Dirección del desplazamiento e interacción de monociclo eléctrico para el caso 2**  
**Fuente: Propia**

Para el caso 2, que es uno de los de menor interacción se puede observar que el poste de alumbrado público está ubicado dentro de un área peatonal, el cual podría dificultar el libre desplazamiento de los peatones en la vía. Además, al término del poste se ubica un desnivel en vereda que podría ocasionar dificultad al desplazarse por dicha zona por lo que se tendría que evitar dicho desnivel. Se procede a responder el cuestionario planteado en metodología para este caso.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.
  - ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción? Ninguno solo se ubica un poste de alumbrado eléctrico.
  - ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción? No
  - ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados? Sí
  - ¿El espacio que ocupa el monociclo en la interacción es parecido a un peatón? Sí
- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-monociclo
  - ¿Peatón o monociclo realiza algún tipo de giro? Sí, en el instante se superar el poste el monociclo debe doblar a la derecha para evitar el desnivel en vereda
  - ¿Peatón se aleja? No
  - ¿Peatón se detiene? No
  - ¿Peatón ignora al monociclo eléctrico? No
  - Precisar reacción del peatón. - En la interacción no hay ningún peatón presente
- ¿Es posible que monociclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón? Sí
- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el monociclo en el momento de la interacción? Sí
  - ¿Monociclo se detiene? No
  - ¿Conductor desciende del vehículo? No
  - ¿Ocurre disminución de velocidad? Sí
  - ¿Ocurre aumento de velocidad? No
  - ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa? No

Como se pudo observar el mal estado de la acera y la ubicación del alumbrado público a un costado de la vereda origino el giro o cambio de carril del monociclo y una leve disminución de velocidad del vehículo, el desnivel en vereda que no debería existir como alumbrado público mal ubicado ocasionan

inconvenientes en vía, sin embargo, en el momento de la interacción solo hubo estos elementos razón por lo cual la interacción se desarrolló relativamente con normalidad.

## Caso 2. Avenida La Mar

Adelantamiento del monociclo eléctrico a peatón en movimiento.



**Figura D.3: Dirección del desplazamiento e interacción del monociclo eléctrico para el caso 3**  
Fuente: Propia

Para el caso 3, en el cual se interactúa con un peatón, se observa el desplazamiento en la misma dirección tanto del monociclo como del peatón, ambos en un carril diferente, la vía al poseer 2 metros de ancho otorgaría espacio suficiente para no originar inconvenientes.

Se procede a responder el cuestionario planteado en metodología para este caso.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.
  - ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción? 1 peatón adulto.
  - ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción? No
  - ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados? Si
  - ¿El espacio que ocupa el monociclo en la interacción es parecido a un peatón? Sí
- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-monociclo.
  - ¿Peatón o monociclo realiza algún tipo de giro? No, ambos mantienen la misma dirección de desplazamiento por el mismo carril.
  - ¿Peatón se aleja? No
  - ¿Peatón se detiene? No
  - ¿Peatón ignora al monociclo eléctrico? Sí
  - Precisar reacción del peatón. - Camina normalmente sin percatarse la presencia del monociclo eléctrico.
- ¿Es posible que monociclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón? - Sí
- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el monociclo en el momento de la interacción? Si, para realizar el adelantamiento al peatón, monociclo eléctrico aumenta sutilmente su velocidad.
  - ¿Monociclo se detiene? No
  - ¿Conductor desciende del vehículo? No

- ¿Ocurre disminución de velocidad? No
- ¿Ocurre aumento de velocidad? Sí
- ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa? Sí, monociclo eléctrico rebasa al peatón al poseer mayor velocidad.

Como se pudo observar ambos modos mantienen un desplazamiento lineal, que al tener espacio suficiente por el ancho de vía no presenta ningún problema o inconveniente en su interacción. Este tipo de desplazamiento con peatones debería ser el ideal y común en todos los casos.

### Caso 3. Avenida La Mar

Cruce del monociclo eléctrico a mobiliario estático-automóvil estacionado hasta mitad de vía peatonal.



**Figura D.1 Desplazamiento de monociclo eléctrico a través de mobiliario estático**  
Fuente: Propia

Para el caso 1, el cual es el de menor interacción se observa que el monociclo eléctrico cruza por un vehículo estacionado, siendo este el único mobiliario en este tramo de vía. Cabe resaltar que el vehículo se encuentra invadiendo espacio de vía exclusivo para los peatones, lo cual podría significar inconvenientes de desplazamiento con un mayor número de personas desplazándose.

Se procede a responder el cuestionario planteado en metodología para este caso.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.
  - ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción? Ninguno, solo está un vehículo estacionado.
  - ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción? No
  - ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados? Sí
  - ¿El espacio que ocupa el monociclo en la interacción es parecido a un peatón? Sí
- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-monociclo
  - ¿Peatón o monociclo realiza algún tipo de giro? No, el monociclo eléctrico mantiene un desplazamiento recto y sin cambio de dirección.
  - ¿Peatón se aleja? No
  - ¿Peatón se detiene? No
  - ¿Peatón ignora al monociclo eléctrico? No

- Precisar reacción del peatón. - En esta interacción no hay ningún peatón presente
- ¿Es posible que monociclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón? Sí
- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el monociclo en el momento de la interacción? No
  - ¿Monociclo se detiene? No
  - ¿Conductor desciende del vehículo? No
  - ¿Ocurre disminución de velocidad? No
  - ¿Ocurre aumento de velocidad? No
  - ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa? No

En este caso al no tener ninguna interferencia con el mobiliario estático el monociclo eléctrico mantuvo la misma dirección de desplazamiento y no presento ningún cambio de velocidad ni dirección. El espacio para el desplazamiento estuvo totalmente accesible

#### Caso 4. Avenida La Mar

Cruce del monociclo eléctrico a mobiliario estático y peatón estático.



**Figura D.4: Dirección de desplazamiento e interacción del monociclo eléctrico para el caso 4**  
Fuente: Propia

Para el caso 4, se observa que en la dirección de desplazamiento del monociclo eléctrico hay un peatón parado en la vía que está cargando a un niño en brazos y además al lado izquierdo un automóvil estacionado invadiendo hasta mitad de la vía peatonal, monociclo eléctrico se vería en la necesidad de cambiar de dirección de desplazamiento para evitar inconvenientes con el peatón.

Se procede a responder el cuestionario planteado en metodología para este caso.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.
  - ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción? 1 peatón con un niño en brazos.
  - ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción? No
  - ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados? Sí
  - ¿El espacio que ocupa el monociclo en la interacción es parecido a un peatón? Sí

- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-monociclo
  - ¿Peatón o monociclo realiza algún tipo de giro? Sí, monociclo eléctrico cambia de carril para continuar con su desplazamiento
  - ¿Peatón se aleja? No
  - ¿Peatón se detiene? No, peatón está detenido antes de la interacción.
  - ¿Peatón ignora al monociclo eléctrico? Sí, monociclo eléctrico pasa desapercibido.
  - Precisar reacción del peatón. - Peatón al estar de espaldas no se percata del monociclo eléctrico.
- ¿Es posible que monociclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón? Sí
- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el monociclo en el momento de la interacción? Sí, para realizar giro a la derecha disminuye la velocidad.
  - ¿Monociclo se detiene? No
  - ¿Conductor desciende del vehículo? No
  - ¿Ocurre disminución de velocidad? Sí
  - ¿Ocurre aumento de velocidad? No
  - ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa? Sí, adelanta al peatón estático.

La deficiente ubicación del automóvil estacionado a mitad de vía peatonal no permite una normal interacción en el desplazamiento ya que origina cambio de dirección necesario en el mismo momento que se cruza con el peatón estático, sin embargo, la interacción se mantiene de manera normal entre el peatón estático y el monociclo eléctrico. No surgen inconvenientes que ameriten detenciones forzosas por parte del monociclo eléctrico.

### Caso 5. Avenida La Mar

Cruce del monociclo eléctrico a peatón caminando en sentido opuesto y peatón estático.



**Figura D.5: Dirección de desplazamiento e interacción del monociclo eléctrico para el caso 5**  
Fuente: Propia

Se observa que monociclo se cruza con un peatón mujer llevando un carrito de compras al lado izquierdo de la vía y al lado derecho un peatón estático parado. El monociclo eléctrico por el espacio disponible que se observa se desplaza entre los dos peatones manteniendo la misma dirección.

Se procede a responder el cuestionario planteado en metodología para este caso.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.
  - ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción? 2, un peatón mujer jalando un carrito de compras y un peatón adulto estático.
  - ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción? No
  - ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados? Sí
  - ¿El espacio que ocupa el monociclo en la interacción es parecido a un peatón? Sí
- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-monociclo
  - ¿Peatón o monociclo realiza algún tipo de giro? No, tanto el peatón como el monociclo eléctrico mantienen su dirección de desplazamiento.
  - ¿Peatón se aleja? No
  - ¿Peatón se detiene? No
  - ¿Peatón ignora al monociclo eléctrico? No
  - Precisar reacción del peatón. - Ambos peatones se percatan de la presencia del monociclo eléctrico y mantienen un comportamiento normal.
- ¿Es posible que monociclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón? Sí
- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el monociclo en el momento de la interacción? No
  - ¿Monociclo se detiene? No
  - ¿Conductor desciende del vehículo? No
  - ¿Ocurre disminución de velocidad? No
  - ¿Ocurre aumento de velocidad? No
  - ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa? No

La interacción sucedida en el caso 5 presenta un correcto y normal desplazamiento de todos los involucrados, el ancho de vía para los 3 actores es suficiente para que no exista ningún inconveniente en la vía además que no ocurren cambios drásticos de velocidad.

### Caso 6. Avenida La Mar

Cruce del monociclo eléctrico a dos peatones caminando en sentido opuesto y peatón estático.



**Figura D.6: Dirección de desplazamiento e interacción del monociclo eléctrico para el caso 6**  
Fuente: Propia

Se puede observar a 3 peatones en la vía peatonal al momento de la interacción, dos peatones están caminando en sentido contrario; una mujer y un niño, mientras que el otro peatón es un joven que se encuentra parado a un costado de la vía. Manteniendo la misma dirección de desplazamiento de los peatones como del monociclo eléctrico se podría dar una interacción sin inconvenientes.

Se procede a responder el cuestionario planteado en metodología para este caso.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.
  - ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción? 3, dos peatones caminando en sentido contrario; una mujer y un niño, 1 peatón estático al costado de la vía.
  - ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción? No
  - ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados? Sí
  - ¿El espacio que ocupa el monociclo en la interacción es parecido a un peatón? Sí
- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-monociclo.
  - ¿Peatón o monociclo realiza algún tipo de giro? Sí, el peatón niño realiza un sutil giro a su lado derecho.
  - ¿Peatón se aleja? Sí
  - ¿Peatón se detiene? No
  - ¿Peatón ignora al monociclo eléctrico? No, los 3 peatones se percatan de la presencia del monociclo eléctrico.
  - Precisar reacción del peatón. -El peatón niño es el único que realiza algún movimiento de evasión con el monociclo eléctrico.
- ¿Es posible que monociclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón? - Sí
- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el monociclo en el momento de la interacción? Sí
  - ¿Monociclo se detiene? No
  - ¿Conductor desciende del vehículo? No
  - ¿Ocurre disminución de velocidad? Sí
  - ¿Ocurre aumento de velocidad? No
  - ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa? No

Con 3 peatones en vía, si existe espacio suficiente para el desplazamiento normal de los involucrados aun si el niño realiza un cambio de dirección a su movimiento, por lo que se podría decir que su desplazamiento y velocidad de ambos fue normal.

### **Caso 7. Avenida La Mar**

Cruce del monociclo eléctrico a tres peatones caminando en sentido opuesto y dos peatones estáticos.



**Figura D.7: Dirección de desplazamiento e interacción del monociclo eléctrico para el caso 7**  
**Fuente: Propia.**

En las imágenes mostradas antes y durante la interacción se puede observar que los 5 peatones en la vía son adultos. Dos de los peatones que están estáticos se ubican al costado de un establecimiento comercial esperando ser atendidos, mientras los otros 3 peatones caminan en sentido opuesto al desplazamiento del monociclo eléctrico. Además, los 5 peatones están observando el desplazamiento del monociclo eléctrico razón por la cual los peatones más cercanos al vehículo tienen algún tipo de reacción al momento de la interacción.

Se procede a responder el cuestionario planteado en metodología para este caso.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.
  - ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción? 5 peatones adultos, 3 caminando y 2 estáticos.
  - ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción? Sí, antes de interacción monociclo peatones el espacio no parece ser el adecuado.
  - ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados? Sí, se logra dar el espacio para poder desplazarse tanto moniciclo como peatones.
  - ¿El espacio que ocupa el moniciclo en la interacción es parecido a un peatón? Sí, se observa similitud y gran parecido a los del peatón.
- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-moniciclo.
  - ¿Peatón o moniciclo realiza algún tipo de maniobra? Sí, un peatón caminando realiza un leve movimiento hacia su costado.
  - ¿Peatón se aleja? Sí, un peatón se mueve hacia su derecha, mientras el peatón estático se inclina levemente hacia su izquierda.
  - ¿Peatón se detiene? No
  - ¿Peatón ignora al moniciclo eléctrico? No, todos los peatones son conscientes de la presencia del vehículo.
  - Precisar reacción del peatón. -De los 5 peatones en la interacción 2 de ellos realizan movimientos de evasión hacia el vehículo.
- ¿Es posible que moniciclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón? En todo momento en la vía el moniciclo mantiene su velocidad en rango de peatones.

- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el monociclo en el momento de la interacción? Sí
  - ¿Monociclo se detiene? No
  - ¿Conductor desciende del vehículo? No
  - ¿Ocurre disminución de velocidad? Sí
  - ¿Ocurre aumento de velocidad? No
  - ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa? No

Se puede resaltar que segundos antes del cruce no existía espacio posible para que peatón y monociclo pueda desplazarse por la vía, por lo que un peatón decide ceder espacio y realiza un movimiento al lado derecho suyo para que el monociclo pueda desplazarse, a la vez que el peatón estático frente a él se inclina levemente, además que el monociclo no cambia su dirección y continua la misma dirección de su desplazamiento. Cabe resaltar que la vía de estudio posee solos 2 metros de ancho y según la figura 2.3 del marco teórico, solo 3 peatones podrían desplazarse de manera correcta por este ancho sin embargo se observa que son 6 peatones que interaccionan en este ancho de vía, aun con varios peatones en la vía la interacción se realiza sin ningún exabrupto o dificultad importante, su desplazamiento y velocidad de ambos actores fue normal. También resaltar que luego de la sección 5.1 queda claro la potencial similitud del monociclo eléctrico con los peatones en lo que respecta a espacio que ocupan. Aun ocupando el mismo espacio están envueltos en dificultades o problemas en sus desplazamientos propios de la misma interacción.

### Caso 8. Avenida San Germán

Cruce del monociclo eléctrico con peatón estático.



**Figura D.10: Dirección de desplazamiento e interacción del monociclo eléctrico para el caso 10**

**Fuente: propia**

Para este caso se puede observar un solo peatón estático en la vía, a diferencia del caso anterior este peatón se encuentra parado a un costado de la vía, esperando algún bus de transporte público.

Se procede a responder el cuestionario planteado en metodología para este caso.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.
  - ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción? 1 peatón estático
  - ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción? No
  - ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados? Sí
  - ¿El espacio que ocupa el monociclo en la interacción es parecido a un peatón? Sí
- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-monociclo.
  - ¿Peatón o monociclo realiza algún tipo de giro? No
  - ¿Peatón se aleja? Sí
  - ¿Peatón se detiene? No
  - ¿Peatón ignora al monociclo eléctrico? No
  - Precisar reacción del peatón- Avanza hacia un costado de la vía para ceder más espacio al monociclo eléctrico.
- ¿Es posible que monociclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón? Sí
- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el monociclo en el momento de la interacción? No
  - ¿Monociclo se detiene? No
  - ¿Conductor desciende del vehículo? No
  - ¿Ocurre disminución de velocidad? No
  - ¿Ocurre aumento de velocidad? No
  - ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa? No

En esta situación si existe una respuesta clara por parte del peatón que al ver al monociclo retrocede y se ubica a un lado de la vía, aun cuando el espacio de vía es suficiente para el desplazamiento del monociclo. Solo basto que el usuario del monociclo eléctrico mantenga la misma dirección recta en su desplazamiento. El espacio disponible fue suficiente para la interacción.

### Caso 9. Avenida San Germán

Cruce del monociclo eléctrico a mobiliario estático-sombrilla en costado de vía.



Figura D.8: Dirección de desplazamiento e interacción del monociclo eléctrico para el caso 8  
Fuente: Propia

Ya ubicados en la ruta 2 se menciona el caso menos complejo de todos en el cual se observa, un inmobiliario (sombrija) del establecimiento comercial a un costado de la vereda, invadiendo casi mitad de esta, este presentaría inconvenientes para mayor cantidad de peatones que se desplacen.

Se procede a responder el cuestionario planteado en metodología para este caso.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.
  - ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción? Ninguno, solo esta una sombrilla en la vía.
  - ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción? No
  - ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados? Sí
  - ¿El espacio que ocupa el monociclo en la interacción es parecido a un peatón? Sí
- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-monociclo.
  - ¿Peatón o monociclo realiza algún tipo de giro? No, el monociclo eléctrico mantiene una dirección recta.
  - ¿Peatón se aleja? No
  - ¿Peatón se detiene? No
  - ¿Peatón ignora al monociclo eléctrico? No
  - Precisar reacción del peatón- No se presencia ningún peatón en la interacción
- ¿Es posible que monociclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón? Sí
- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el monociclo en el momento de la interacción? No
  - ¿Monociclo se detiene? No
  - ¿Conductor desciende del vehículo? No
  - ¿Ocurre disminución de velocidad? No
  - ¿Ocurre aumento de velocidad? No
  - ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa? No

Al no tener ninguna interferencia con el mobiliario estático el monociclo mantuvo su dirección lineal de desplazamiento y no presento ningún cambio de velocidad ni dirección. El espacio que existe es suficiente y holgado para una correcta interacción.

### **Caso 10. Avenida San Germán**

Cruce del monociclo eléctrico con peatón estático.



**Figura D.9: Dirección de desplazamiento e interacción del monociclo eléctrico para el caso 9**  
Fuente: Propia

En este caso el monociclo eléctrico interactúa con un peatón que se encuentra parado frente a un establecimiento comercial, además el espacio que se observa es muy similar al caso anterior, no presenta problemas para que un peatón pueda desplazarse.

Se procede a responder el cuestionario planteado en metodología para este caso.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.
  - ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción? 1 solo que se encuentra parado.
  - ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción? No
  - ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados? Sí
  - ¿El espacio que ocupa el moniciclo en la interacción es parecido a un peatón? Sí
- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-moniciclo.
  - ¿Peatón o moniciclo realiza algún tipo de giro? No
  - ¿Peatón se aleja? Sí, Peatón se aleja sutilmente al percatarme del moniciclo eléctrico
  - ¿Peatón se detiene? No
  - ¿Peatón ignora al moniciclo eléctrico? Sí
  - Precisar reacción del peatón. - Avanza hacia el establecimiento comercial.
- ¿Es posible que moniciclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón? Sí
- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el moniciclo en el momento de la interacción? No
  - ¿Moniciclo se detiene? No
  - ¿Conductor desciende del vehículo? No
  - ¿Ocurre disminución de velocidad? No
  - ¿Ocurre aumento de velocidad? No
  - ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa? No

El comportamiento del usuario del moniciclo eléctrico es muy similar al caso anterior, mantiene su misma dirección y velocidad de desplazamiento, esto es suficiente para que la interacción se realice con normalidad ya que el espacio de la vía para los dos actores involucrados es suficiente. Cabe

resaltar que el peatón si modifica su comportamiento ante la presencia del vehículo, este otorga más espacio para la interacción aun cuando no era necesario.

### Caso 11. Avenida San Germán

Cruce del monociclo eléctrico con peatón estático y mobiliario estático (poste de alumbrado público)



**D.11: Dirección de desplazamiento e interacción del monociclo eléctrico para el caso 11**  
Fuente: Propia

En esta situación se observa un solo peatón que está esperando atención en el establecimiento comercial a mitad de la vía, mientras un poste de alumbrado público está invadiendo área destinado para los peatones.

Se procede a responder el cuestionario planteado en metodología para este caso.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.
  - ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción? 1 solo peatón adulto que se encuentra estático.
  - ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción? No, ambos se desplazan sin inconvenientes.
  - ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados? Sí, desplazamiento normal.
  - ¿El espacio que ocupa el monociclo en la interacción es parecido a un peatón? Sí, se observa similitud y parecido a un peatón.
- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-monociclo.
  - ¿Peatón o monociclo realiza algún tipo de giro? Sí, peatón se desplaza ligeramente hacia el lado derecho de la vía y monociclo cambia de carril.
  - ¿Peatón se aleja? Sí, avanza sutilmente hacia el establecimiento comercial
  - ¿Peatón se detiene? No, peatón esta estático.
  - ¿Peatón ignora al monociclo eléctrico? No, peatón es consciente de la presencia del monociclo eléctrico.
  - Precisar reacción del peatón. - Peatón cede parte de su espacio al observar que la dirección de desplazamiento del monociclo iba hacia él.

- ¿Es posible que monociclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón? Sí, en todo momento en la vía el monociclo mantiene su velocidad en rango de peatones.
- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el monociclo en el momento de la interacción? No
  - ¿Monociclo se detiene? No
  - ¿Conductor desciende del vehículo? No
  - ¿Ocurre disminución de velocidad? No
  - ¿Ocurre aumento de velocidad? No
  - ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa? No

Se observa que el peatón al percatarse de la presencia del vehículo realiza algún tipo de movimiento. Mientras que monociclo una vez superado el poste de alumbrado cambia de carril para continuar con su movimiento y evitar conflictos con el peatón. Se observa además que en todo momento existe espacio suficiente para que todos los involucrados de la interacción puedan desplazarse. Aun estando solo 1 peatón en la vía, ambos actores tuvieron que realizar maniobras o movimientos de evasión para que se dé una correcta interacción entre ambos modos. El espacio disponible fue suficiente para que se realice una correcta interacción entre ambos.

### Caso 12. Avenida Marañón

Cruce del monociclo con peatón estático.



**Figura D.12: Dirección de desplazamiento e interacción del monociclo eléctrico para el caso 12**  
**Fuente: Propia.**

En la ruta 3 se puede observar uno de los casos de menor interacción, el cual solo se observa a un peatón estático a un costado de la vía que está apoyado sobre un muro, posiblemente esperando la llegada de bus de transporte público, en amplio ancho de la vía otorga a ambas personas un margen de movimiento elevado.

Se procede a responder el cuestionario planteado en metodología para este caso.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.
  - ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción? 1 peatón estático

- ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción? No
- ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados? Sí
- ¿El espacio que ocupa el monociclo en la interacción es parecido a un peatón? Sí
- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-monociclo.
  - ¿Peatón o monociclo realiza algún tipo de giro? No
  - ¿Peatón se aleja? No
  - ¿Peatón se detiene? No
  - ¿Peatón ignora al monociclo eléctrico? Sí
  - Precisar reacción del peatón. - Se encuentra apoyado sobre edificación sin moverse
- ¿Es posible que monociclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón? Sí
- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el monociclo en el momento de la interacción? No
  - ¿Monociclo se detiene? No
  - ¿Conductor desciende del vehículo? No
  - ¿Ocurre disminución de velocidad? No
  - ¿Ocurre aumento de velocidad? No
  - ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa? No

Al no tener ninguna interferencia con el peatón estático, esto influenciado por el gran ancho de la vía, el monociclo eléctrico mantiene su dirección recta de desplazamiento sin presentar cambios de velocidad ni dirección.

### Caso 13. Avenida Marañón

Cruce del monociclo con peatón estático.



**Figura C.13: Dirección de desplazamiento e interacción del monociclo eléctrico para el caso 13**  
Fuente: Propia.

Este caso además de realizarse inmediatamente luego del caso anterior es similar en todas las características, la única diferencia sería que la persona con la cual se interactúa es un peatón varón.

Se procede a responder el cuestionario planteado en metodología para este caso.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.

- ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción? 1 peatón estático.
- ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción? No
- ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados? Sí
- ¿El espacio que ocupa el monociclo en la interacción es parecido a un peatón? Sí
- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-monociclo.
  - ¿Peatón o monociclo realiza algún tipo de giro? No
  - ¿Peatón se aleja? No
  - ¿Peatón se detiene? No
  - ¿Peatón ignora al monociclo eléctrico? Sí
  - Precisar reacción del peatón. - Se encuentra apoyado sobre edificación sin moverse
- ¿Es posible que monociclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón? Sí
- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el monociclo en el momento de la interacción? No
  - ¿Monociclo se detiene? No
  - ¿Conductor desciende del vehículo? No
  - ¿Ocurre disminución de velocidad? No
  - ¿Ocurre aumento de velocidad? No
  - ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa? No

El monociclo eléctrico no presenta ninguna interferencia con el peatón, el amplio ancho de vereda permite que el espacio y la velocidad se mantengan iguales mientras la interacción se realice.

#### Caso 14. Avenida Marañón

Cruce del monociclo con mobiliario estático-estante de comercio ambulatorio y peatón caminando en sentido contrario.



**Figura D.14: Dirección de desplazamiento e interacción del monociclo eléctrico para el caso 14**  
Fuente: Propia.

Se puede observar que el monociclo eléctrico se cruza con un peatón llevando un paquete en las manos mientras al lado derecho se ubica un estante de comercio ambulatorio que está invadiendo parte de la vereda destinada a los peatones, el monociclo eléctrico por su parte manteniendo un desplazamiento lineal podría cruzar esta parte de la vía con normalidad.

Se procede a responder el cuestionario planteado en metodología para este caso.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.
  - ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción? 1, peatón y un mobiliario.
  - ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción? No
  - ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados? Sí
  - ¿El espacio que ocupa el monociclo en la interacción es parecido a un peatón? Sí
- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-monociclo.
  - ¿Peatón o monociclo realiza algún tipo de giro? No
  - ¿Peatón se aleja? No
  - ¿Peatón se detiene? No
  - ¿Peatón ignora al monociclo eléctrico? No
  - Precisar reacción del peatón. - Peatón continúa con su desplazamiento manteniendo la misma dirección de su desplazamiento.
- ¿Es posible que monociclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón? - Sí
- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el monociclo en el momento de la interacción? No
  - ¿Monociclo se detiene? No
  - ¿Conductor desciende del vehículo? No
  - ¿Ocurre disminución de velocidad? No
  - ¿Ocurre aumento de velocidad? No
  - ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa? No

Si bien el espacio disponible para el desplazamiento se redujo por el mobiliario a mitad de la vía, esto no interrumpió el correcto desplazamiento tanto del peatón como del monociclo eléctrico, el espacio y la velocidad de ambos actores no se vio influida ni interrumpida.

### **Caso 15. Avenida Marañón**

Cruce del monociclo eléctrico con peatones caminando en sentido contrario y poste de alumbrado público.

Se puede observar 3 peatones que se desplazan en sentido opuesto, un primero grupo de 2 peatones y un tercer peatón detrás de los mismos.



**Figura D.15: Dirección de desplazamiento e interacción del monociclo eléctrico para el caso 15**  
**Fuente: Propia**

Se puede observar en las imágenes mostradas antes y durante la interacción a 3 peatones que se desplazan en sentido opuesto, un primero grupo de 2 peatones y un tercer peatón detrás de los mismos, además de la presencia de un poste de alumbrado público interrumpiendo la vía peatonal. Con 4 personas interactuando en una vía de 3 metros de ancho, los desplazamientos deberían realizarse con normalidad.

Se procede a responder el cuestionario planteado en metodología para este caso.

- Espacio que ocupa el monociclo eléctrico y peatones en esta sección.
  - ¿Cuántos peatones se encuentran en el momento de la interacción? 3 peatones adultos, un primer grupo de 2 peatones seguido de un peatón.
  - ¿Presenta problemas de espacio antes o durante la interacción? No, interacción se da con total normalidad.
  - ¿El espacio es suficiente durante la interacción de los involucrados? Sí, peatones y monociclo logran desplazarse sin inconvenientes.
  - ¿El espacio que ocupa el monociclo en la interacción es parecido a un peatón? Sí, se observa similitud y parecido a un peatón.
- Cambios de dirección o movimiento cuando ocurre la interacción peatón-monociclo.
  - ¿Peatón o monociclo realiza algún tipo de giro? Sí, peatón se mueve sutilmente hacia su derecha.
  - ¿Peatón se aleja? No
  - ¿Peatón se detiene? No
  - ¿Peatón ignora al monociclo eléctrico? No, los 3 peatones son conscientes de la presencia del vehículo.
  - Precisar reacción del peatón. - Peatón cede parte de su espacio al observar que la dirección de desplazamiento del monociclo iba cercano a él.
- ¿Es posible que monociclo eléctrico pueda ir a velocidad de un peatón? Sí, en todo momento en la vía el monociclo mantiene su velocidad en rango de peatones.

- ¿Se perciben cambios repentinos de velocidad en el monociclo en el momento de la interacción? No
  - ¿Monociclo se detiene? No
  - ¿Conductor desciende del vehículo? No
  - ¿Ocurre disminución de velocidad? No
  - ¿Ocurre aumento de velocidad? No
  - ¿Ocurre adelantamiento a peatones o viceversa? No

En el momento de la interacción el peatón retrasado del grupo realiza un sutil movimiento para evitar contacto con el monociclo, esto influido posiblemente por la presencia del poste de alumbrado ya que se pasó muy cerca de él, pero al final se pudo realizar la interacción sin ningún problema o exabrupto. El monociclo eléctrico mantuvo la misma dirección y velocidad de desplazamiento.

