

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil

Bicicletas eléctricas como medio de transporte sostenible en la cabecera cantonal de la ciudad de Santa Isabel

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil


Autor:

Jeick Josué Crespo Molina

Jonnathan Javier Toledo Prado


Director:

Elina María Ávila Ordoñez

ORCID:  0000-0003-1135-3154

Co-Director:

Nora Patricia Cazorla Vanegas

ORCID:  0000-0002-6730-3773

Cuenca, Ecuador

2024-03-04

Resumen

Santa Isabel es una ciudad pequeña de Ecuador con la necesidad de mejorar la movilidad dentro de su entorno urbano, debido a que cada vez existe un aumento en el tráfico y en el ruido dentro de la ciudad. Es por esto que el GAD Municipal a pesar de sus escasos recursos está dispuesto a mejorar, a través de un plan de movilidad que consiste en varios proyectos de titulación de estudiantes de la Universidad de Cuenca donde juntos tienen como propósito mejorar las condiciones de tráfico y movilidad de la ciudad.

A pesar de no ser una ciudad grande posee una tendencia al uso de vehículos motorizados, esto debido a que no se promueven nuevos modos de transporte sostenible dentro de la ciudad. Es ahí donde el uso de la bicicleta se presenta como una alternativa, ya que en varias ciudades del Ecuador ha ganado cada vez más usuarios y reconocimiento.

En el presente proyecto se realizó un análisis sobre la disposición de la población de Santa Isabel a la intención de implementar un sistema público de bicicletas eléctricas. A través de encuestas se analizó el comportamiento de la población para desarrollar el dimensionamiento de un sistema público de bicicletas eléctricas, además de proponer rutas de conexión entre estaciones.

El estudio determinó que la población esta receptiva a una nueva alternativa de transporte, de manera que el sistema público de bicicletas eléctricas mejoraría la movilidad si se cuenta con el apoyo de las autoridades para implementarlo.

Palabras clave: movilidad sostenible, polígono de acción, dimensionamiento básico



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

Santa Isabel, a small city in Ecuador, faces challenges in urban mobility due to the increase in traffic and noise within the city. This is why GAD Municipal, despite its scarce resources, is willing to improve through a mobility plan that consists of several degree projects of students from the University of Cuenca where together they aim to improve traffic conditions and city mobility.

Despite not being a large city, it has a tendency to use motorized vehicles. This is because new modes of sustainable transportation are not promoted within the city. This is where the use of the bicycle presents itself as an alternative, since in several cities in Ecuador, it has gained more users and recognition.

In this Project, an analysis was carried out on the disposition of the population of Santa Isabel with the intention of implementing a public electric bicycle system. Through surveys to better understand the behavior of the population in order to develop the sizing of a public electric bicycle system, in addition to proposing connection routes between stations as a cycle route that connects them.

The study considered that the population is receptive to a new transportation alternative, so that the public electric bicycle system would improve mobility if it has the support of the authorities to implement it.

Keywords: sustainable mobility, action polygon, basic dimensioning



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

Capítulo 1: Introducción	11
1.1. Problema y Antecedentes	11
1.2. Justificación	11
1.3. Objetivos.....	13
1.3.1. Objetivo General.....	13
1.3.2. Objetivos específicos	13
1.4. Alcance.....	13
1.5. Zona de Estudio.....	14
Capítulo 2: Marco Teórico.....	15
2.1. Sostenibilidad en el transporte.....	15
2.1.1. Movilidad Urbana Sostenible	15
2.2. Ciclovías	16
2.3. Sistema Público de bicicletas (SPB)	20
2.3.1. Guías para el diseño de un SPB.....	20
2.3.2. Componentes de los SPB.....	21
2.3.3. Etapas para el desarrollo de un SPB	22
2.3.4. Prefactibilidad de un SPB	23
2.3.5. Dimensionamiento del SPB	26
2.3.6. Análisis de riesgos y barreras	30
Capítulo 3: Metodología.....	31
3.1. Dimensionamiento de un SPB	31
3.1.1. Localización de las estaciones.....	31
3.1.2. Tamaño de las estaciones	32
3.1.3. Características de las estaciones.....	33
3.1.4. Selección de bicicletas.....	33
3.1.5. Operación del SPB	40
3.2. Selección de la Ruta	41
3.3. Estimación de la Población	44
3.4. Socialización del servicio de bicicletas eléctricas.....	49
Capítulo 4: Análisis de la aceptación al servicio de bicicletas públicas eléctricas.....	50
4.1. Encuesta.....	50
4.2. Muestra.....	51

4.3. Resultados de la encuesta.....	51
4.4. Análisis de los Resultados	63
Capítulo 5: Diseño del SPB.....	70
5.1. Área de cobertura	71
5.2. Localizaciones de las estaciones de bicicletas públicas.....	72
5.3. Número de bicicletas y anclajes.....	73
5.4. Rutas entre las estaciones de bicicletas públicas	76
5.5. Selección de bicicleta eléctrica.	78
5.6. Costos estimados de los componentes de las estaciones.....	86
5.7. Operación del sistema	87
5.8. Socialización.....	88
Capítulo 6: Conclusiones	90
Referencias.....	92
Anexos.....	96

Índice de figuras

Mapa 1. Zona de Estudio	14
Ilustración 1. Carril de bicicleta unidireccional	17
Ilustración 2. Carril de bicicleta bidireccional	17
Ilustración 3. Ciclovía Compartida:	18
Ilustración 4. Ciclovía en espaldón	19
Ilustración 5. Ciclovía segregada unidireccional	19
Ilustración 6. Ciclovía segregada bidireccional	20
Ilustración 7. Componentes de los SPB. Elaboración propia	21
Ilustración 8. Etapas para el desarrollo de un SPB.	22
Ilustración 9. Diagrama para determinar la prefactibilidad de un SPB.	23
Ilustración 10. Diagrama de pasos a seguir para dimensionar el SPB.	26
Ilustración 11. Número de viajes por bicicleta al día vs. Número de bicicletas por cada 1,000 habitantes.	29
Ilustración 12 Partes de una bicicleta mecánica de un SBC	34
Ilustración 13. Área Frontal y coeficiente Cd en función de la postura.	37
Ilustración 14. Coeficiente Crr en función de la postura para Bicicletas Estándar.	38
Ilustración 15. Referencia pendiente en grados	39
Ilustración 16. Esquema a seguir para la selección de la ciclovía.	42
Ilustración 17. Esquema de decisión para segregación de la ciclo-ruta en función de la velocidad y el volumen de tráfico motorizado.	43
Mapa 2. Polígonos de Intervención Territorial. Elaboración propia	45
Ilustración 18. Género de los encuestados.	52
Ilustración 19. Grado de Formación Académica	52
Ilustración 20. Edad de los encuestados	53
Ilustración 21. Medio de transporte favorito de los encuestados	53
Ilustración 22. Grado de contaminación del transporte favorito	54
Ilustración 23. Tiempo promedio de viaje	55
Ilustración 24. Motivo más común del viaje	56
Ilustración 25. Uso de la bicicleta como medio de transporte	56
Ilustración 26. Razones por la que no utilizan bicicleta	57
Ilustración 27. Frecuencia del uso de la bicicleta	57
Ilustración 28. Opinión de la cantidad de vehículos	58
Ilustración 29. Opinión sobre el ruido automotor	59
Ilustración 30. Uso del sistema público de bicicletas	59
Ilustración 31. Disposición a pagar una tarifa por el servicio	60
Ilustración 32. Cuánto está dispuesto a pagar por el servicio	60
Ilustración 33. Ayuda del sistema a los problemas de movilidad	61
Ilustración 34. Disposición a cambiar su medio de transporte	61
Ilustración 35. Descripción de los viajes más comunes	62
Ilustración 36. Análisis del tipo de transporte utilizado y la percepción del encuestado del grado de contaminación provocado	63
Ilustración 37. Análisis del tipo de transporte utilizado y su opinión sobre la cantidad de vehículos	64
Ilustración 38. Análisis del tipo de transporte utilizado y su opinión sobre la cantidad de ruido	65

Ilustración 39. Análisis sobre cuantos usuarios de otros medios de transporte utilizarían un sistema público de bicicletas eléctricas.	66
Ilustración 40. Análisis sobre cuantos usuarios de otros medios de transporte cambiarían a un sistema público de bicicletas eléctricas.....	67
Ilustración 41. Comparación entre los potenciales usuarios y el cambio modal.....	68
Ilustración 42. Procedencia de los potenciales usuarios	68
Ilustración 43. Procedencia del cambio modal	69
Ilustración 44. Origen y Destino de los viajes en Santa Isabel.	71
Ilustración 45. Polígono de acción (zona de color rojo).	72
Ilustración 46. Selección de estaciones.....	73
Ilustración 47. Estado de las vías.....	78
Ilustración 48. Bicicletas eléctricas.....	79
Ilustración 49. Especificaciones técnicas para la bicicleta "COMFYGO"	80
Ilustración 50. Pendiente vs Potencia (COMFYGO).....	80
Ilustración 51. Velocidad vs Pendiente (COMFYGO)..	81
Ilustración 52. Especificaciones técnicas para la bicicleta "Juntos and Soldado"	81
Ilustración 53. Velocidad vs Pendiente (Juntos and Soldado).	82
Ilustración 54. Velocidad vs Pendiente (Juntos and Soldado)	82
Ilustración 55. Especificaciones técnicas para la bicicleta 20K6.....	83
Ilustración 56. Pendiente vs Potencia (20K6).	83
Ilustración 57. Velocidad vs Pendiente (20K6).	84
Ilustración 58. Especificaciones técnicas para la bicicleta "Zhengbu"	84
Ilustración 59. Potencia vs Pendiente (Zhengbu)..	85
Ilustración 60. Velocidad vs Pendiente (Zhengbu).	85
Ilustración 61. Comparativa.....	86
Ilustración 62. Viajes totales por día y franja horaria.	87
Ilustración 63. Socialización a la población de Santa Isabel.....	89
Ilustración 64. Matriz FODA del servicio público de bicicletas con la fase de socialización	89
Mapa 3. SPB01. Polígono de acción para la cabecera cantonal de Santa Isabel.....	102
Mapa 4. SPB02. Distribución de estaciones para el sistema público de bicicletas eléctricas.....	103
Mapa 5. SPB03. Ciclo rutas de conexión.	103

Índice de tablas

Tabla 1. Diferencias entre el enfoque convencional de la ingeniería de transporte y el enfoque de la movilidad sostenible.....	16
Tabla 2. Tipo de pendientes y potencia necesaria para mantener 2.5 m/s	36
Tabla 3. Tasa de Mortalidad de Ecuador para periodos quinquenales	46
Tabla 4. Tasas específicas de fecundidad	47
Tabla 5. Tasa de Fecundidad anual	48
Tabla 6. Población estimada de Santa Isabel para el año 2023	48
Tabla 7. Tabla resumen de orígenes y destinos.....	62
Tabla 8. Población Proyectada en cada PIT.	74
Tabla 9. Número de Bicicletas. Elaboración propia.	75
Tabla 10. Anclajes necesarios para el SPB.....	76
Tabla 11. Resumen de la ciclo-ruta.....	77
Tabla 12 Precios aproximados de los componentes de estaciones de un SPB según gama, en USD.....	86

Acrónimos

SPB: Sistema Público de Bicicletas

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

PDOT: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial

PIT: Polígono de Intervención Territorial

Dedicatoria

“Primeramente, dedicado a Dios, fuente de toda sabiduría y fortaleza, quien ha sido mi guía constante y mi sostén en cada etapa de mi vida, trascendiendo más allá del desafío académico. A mis padres, quienes fueron mi sustento económico, además de brindarme su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio incansable a lo largo de este viaje académico. A Daniela Briones, por su aliento y motivación cuando estuve al borde del desaliento, ayudándome a encontrar el impulso necesario para continuar mis estudios. A mi familia, por su aliento y comprensión en los momentos más difíciles.”

Jeick Josué Crespo Molina

"Dedico con todo mi corazón mi tesis a mis padres y tíos, pues sin ellos no lo habría logrado. Siempre me dieron la fortaleza y convicción de que podía lograr mis metas. A Dios por su bendición a lo largo de mi vida y protección en los momentos más difíciles"

Jonnathan Toledo

Agradecimientos

"Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que de alguna manera contribuyeron a la realización de esta tesis. En particular, deseo reconocer y agradecer a David Castillo, Daniela Briones, Sebastián Valdez y Brayan Juca por su invaluable apoyo y colaboración durante este proceso. Además, agradezco al GAD Municipal de Santa Isabel por brindar parte de la información necesaria para llevar a cabo este trabajo"

Jeick Josué Crespo Molina

"Agradecer al GAD Municipal de Santa Isabel por hacernos partícipes de este plan de movilidad y a la directora de tesis Ing. Elina Ávila. A todos mis compañeros que de alguna manera colaboraron con la realización de la tesis: Juan Valdez, David Castillo, Ariel Vinuesa y Mateo Montaña que contribuyeron con la toma de datos"

Jonnathan Toledo

Introducción

1.1. Problema y Antecedentes

En Ecuador, el estudio del transporte y movilidad se encuentra en desarrollo, motivo por el cual en la actualidad los gobiernos están planificando sistemas de movilidad eficientes, para mejorar el tránsito dentro del sector urbano en las ciudades. Esto debido a que el modelo de movilidad actual provoca problemáticas que afectan al ambiente, la economía, el tejido social y en general la calidad de vida de los ciudadanos [1].

El municipio de Santa Isabel está desarrollando un plan de movilidad, el cual tiene como finalidad establecer un sistema de transporte más ordenado y disminuir la cantidad de vehículos que generan tráfico sobre todo en el sector urbano de la ciudad.

En estos últimos años, el aumento de vehículos dentro de las ciudades ha provocado problemas de movilización, pues las infraestructuras deben soportar cada vez más uso haciendo que su capacidad se complete o incluso se sobrepase.

Según el Plan de Ordenamiento Territorial PDOT Santa Isabel 2020-2030, dentro de la ciudad de Santa Isabel el 44% de las personas utiliza una cooperativa de camioneta o taxi, mientras que el 40% opta por el transporte privado, existe un 14% que utiliza una motocicleta, y solo existe un 2% de personas que utilizan bicicleta. Se observa que el vehículo automotor tiene una gran demanda en la ciudad, esto debido a que se presenta como un modo de transporte más cómodo, también porque no se fomenta el uso de un transporte sostenible y no se cuenta con la infraestructura necesaria.

Los vehículos motorizados en la ciudad traen consigo varias consecuencias negativas y externalidades. Además, de la ocupación del espacio público, congestión y dificultar la circulación de peatones, son responsables de la emisión de contaminantes como gases que se expiden a la atmósfera, ruido, contaminación visual, etc. [2]. Evidentemente, esta situación genera malestar en los moradores y afecta a la calidad de vida.

1.2. Justificación

El concepto de movilidad urbana sostenible surge como una respuesta para solucionar las problemáticas que aquejan sobre los territorios y sus habitantes [1]. Es por ello que los gobiernos en la actualidad se encuentran realizando cambios dentro del estudio de la movilidad en las ciudades, en busca de generar sostenibilidad. Para lo cual se busca el impulso de nuevos medios de transporte sostenible amigables con el ambiente, disminuyendo así la cantidad de vehículos y emisiones.

En varias ciudades del Ecuador se han implementado sistemas públicos de bicicletas, uno de ellos es Bici Quito que cada día se posiciona con más fuerza. Mantener un buen estado de salud y contribuir al cuidado del medio ambiente son los factores que han logrado consolidarlo como un mecanismo de movilidad [3]. En Quito el uso de la bicicleta se enfoca realmente como un transporte cotidiano, el uso del servicio principalmente se debe a motivos de desplazamientos por razones laborales y por estudio. Sin embargo, el 76% de usuarios son aquellos que utilizaban otro sistema público o se desplazaban a pie, de manera que no se consigue necesariamente reducir la movilidad en vehículos privados [4].

El Municipio de Cuenca [5] menciona que el uso de la bicicleta estaba relacionado con el deporte y el placer, y en menor medida como medio de transporte. Esto debido a la falta de respeto de los conductores, el peligro en las intersecciones, el peligro y falta de infraestructura. Sin embargo, las personas responden estar dispuestas a cambiar el auto por otras formas de movilidad, por ejemplo, caminar o ir en bicicleta, si se superan algunas dificultades. La Alcaldía de Cuenca [6] menciona que se planteó como objetivo implementar un Sistema de Transporte Público en Bicicleta con 240 bicicletas y 20 estaciones. Desde la implementación del sistema de bicicleta pública se evidenció un aumento de usuarios de bicicleta como medio de transporte.

En el presente documento se realiza un estudio técnico para proponer un sistema público de bicicletas eléctricas en la cabecera cantonal de Santa Isabel en la provincia del Azuay. Este medio de transporte alternativo es seleccionado para reducir el tráfico y los problemas asociados como el ruido o la contaminación del aire que se genera en el área de estudio. Cabe mencionar que el territorio de estudio cuenta con pendientes pronunciadas, sin embargo, no comprenden un impedimento para la elaboración del proyecto, puesto que, Layedra [7] sugiere que cualquier ciudad independientemente de condiciones como el relieve, población, clima y presupuesto, puede implementar un sistema de bicicletas tomando en cuenta las características especiales del lugar.

En este ámbito para que un sistema de infraestructura vial funcione adecuadamente, es necesaria una planificación formal para pronosticar su desempeño en operación, en función de un conjunto de parámetros de entrada. Al plantear un sistema de movilidad sostenible, a través del uso de bicicletas, es crucial una gestión eficaz y sistemática como una alternativa óptima al transporte público [8]. Por tal motivo, un punto de vista esencial es diseñar una movilidad basada en la teoría de la pirámide invertida, la cual resalta que el peatón tiene mayor prioridad que los vehículos particulares [9].

Finalmente, este trabajo, explora la aceptación del servicio público de bicicletas, indagando a los usuarios sobre su predisposición a emplearlo. Esto debido a que, uno de los mayores problemas al instaurar un servicio sostenible de transporte, es la visión individualista de los potenciales usuarios que priorizan su comodidad a la sostenibilidad. El estudio analiza la percepción de la población y el territorio en busca de espacios que podrían ser empleados para el servicio.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Recolectar y analizar datos para diseñar un sistema público de bicicletas eléctricas como medio de transporte sostenible en la cabecera cantonal de Santa Isabel.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Recolectar y analizar datos que permitan establecer la demanda estimada para el servicio de bicicletas eléctricas.
2. Diseñar las estaciones del servicio y decidir sobre potenciales rutas de conexión.
3. Generar espacios de socialización sobre el tema a la población.
4. Analizar la disminución del tráfico y ruido ambiental mediante la implementación de un servicio de bicicletas eléctricas.
5. Determinar la sostenibilidad del servicio de bicicletas eléctricas.

1.4. Alcance

El presente proyecto realiza un estudio para determinar la aceptación de la población a la intención de implementar un sistema público de bicicletas eléctricas en la cabecera cantonal de Santa Isabel en la provincia del Azuay.

Se realizaron encuestas a la población sobre su medio de transporte favorito para observar y plantear un proyecto ajustado a las preferencias de los potenciales usuarios mediante un análisis estadístico.

Uno de los principales problemas que surgen al analizar nuevas alternativas de transporte es la predicción del comportamiento de los usuarios a los cambios que se pueden producir [10].

Se aplicaron diferentes guías para el diseño del servicio público de bicicletas eléctricas, y así definir su operación en función de los datos obtenidos de la población. Los datos de urbanismo de la zona de estudio tales como: Topografía y barreras urbanas, espacio público

(predios) y usos del suelo; permiten localizar zonas estratégicas para implementar las paradas del servicio como de una posible ciclovía que las conecte [11].

1.5. Zona de Estudio

El estudio se realizó en la ciudad de Santa Isabel, que está ubicada dentro de la provincia del Azuay en el sur de Ecuador. Se encuentra en la región sierra del país, por lo que su topografía cuenta con una combinación de zonas montañosas, valles y llanuras. Su altitud varía desde los 1800 a los 2200 msnm.

Santa Isabel no cuenta con un transporte público regular, por lo cual la población opta por diferentes medios de transporte para realizar sus actividades básicas. Los medios de transporte más recurrentes son el vehículo privado y cooperativas de transporte de camionetas y taxis. En la actualidad también ha existido un aumento de motocicletas [12].

A través de un estudio en campo realizado en el PDOT se menciona la presencia de un servicio de bus colector público, que circula de acuerdo a la demanda de los asentamientos rurales. El bus se mantiene en circulación siempre que exista una demanda mínima, sobre todo los días de mayor movimiento en la ciudad como los sábados y domingos [12].

En el PDOT Santa Isabel 2020-2030 se realizó una encuesta parroquial en el año 2019 donde se determinó el tipo de capa de rodadura y su estado, para tener la percepción de la población. Donde se obtuvo que en la ciudad de Santa Isabel el 20% es asfaltado y en buen estado, 5% se encuentra adoquinado y en buen estado, mientras que 55% se encuentra lastrado y en un estado regular, y por último el 20% son caminos de Tierra y en mal estado.

En el Mapa 1 se presenta el área de estudio.



Mapa 1. Zona de Estudio. Fuente: GAD Municipal

Marco Teórico

2.1. Sostenibilidad en el transporte

La sostenibilidad dentro del transporte es una de las metas a cumplir en la actualidad para todos los gobiernos, debido al aumento urbanístico exponencial de las ciudades pequeñas. Un transporte sostenible se refiere a un sistema de movilidad que busca satisfacer las necesidades de la población de moverse dentro de la ciudad sin comprometer recursos de generaciones futuras, esto enfocándose en los 3 aspectos principales de la sostenibilidad, aspectos económicos, sociales y ambientales.

Quintero [13] comenta que un sistema de transporte sostenible tiene los siguientes objetivos:

- Facilitar el acceso seguro a las necesidades fundamentales de los individuos y la sociedad, de manera segura y de forma equitativa entre generaciones.
- Ser asequible en sus precios, operar con eficiencia disminuyendo tiempos de viaje, ofrecer alternativas nuevas de modos de transporte amigables con el medio ambiente y apoyar a la dinámica de la economía de la ciudad.
- Limitar emisiones de gases y residuos nocivos dentro del planeta.
- Reducir el consumo de recursos no renovables.
- Reducir el consumo de recursos renovables, reutilizar y reciclar sus componentes.
- Evitar el uso del espacio verde disponible y la producción de ruido.

2.1.1. Movilidad Urbana Sostenible

La movilidad urbana sostenible está enfocada en reducir la cantidad de viajes, fomentar el cambio modal, reducir distancias, de tal manera aumentar la eficiencia de los sistemas de transporte [14].

Es decir, el enfoque principal de la movilidad urbana sostenible va hacia mejorar las dimensiones sociales de la población, a través de una mayor accesibilidad a un sistema de transporte, donde el individuo es el enfoque principal de la movilidad.

La movilidad urbana sostenible sigue lineamientos diferentes a los convencionales dentro de la ingeniería de tránsito. En la Tabla 1 se puede observar las principales diferencias entre los conceptos convencionales de la ingeniería de tránsito y los establecidos dentro de la movilidad urbana sostenible.

Tabla 1. Diferencias entre el enfoque convencional de la ingeniería de transporte y el enfoque de la movilidad sostenible. Fuente: [14].

Enfoque Convencional	Enfoque de Movilidad Urbana Sostenible
Se enfoca en los espacios disponibles.	Se enfoca en las dimensiones sociales.
Se enfoca principalmente en los vehículos motorizados.	Enfoque primordial en el usuario, sin importar su modo de transporte.
Basado en la demanda.	Basado en la gestión.
Trafico Acelerado.	Desaceleración del movimiento.
Reducción del tiempo de viaje.	Establecer tiempos de viaje razonables.
Segregación de las personas y el tráfico.	Integración de las personas y el tráfico.
De gran escala.	De escala local.

Por esta razón, el uso de bicicletas se presenta como una alternativa de transporte no motorizado en busca de nuevas formas de movilidad sostenible. En la actualidad la mayoría de las bicicletas dejaron de ser solo por diversión para convertirse en un medio de transporte común dentro de las grandes urbes [15]. Esto debido a las ventajas ambientales que presentan con respecto a los medios de transporte tradicionales.

El ruido es un factor que produce la disminución de la calidad de vida de los habitantes de las ciudades. El tráfico vehicular es una de las fuentes principales de ruido en las zonas urbanas, llegando a representar en torno a un 80% de la contaminación acústica total [2].

El ruido por tráfico está relacionado con el aumento del número de automóviles, camiones, motocicletas, y demás vehículos motorizados que ruedan por las ciudades, causando impactos económicos a los habitantes de la ciudad que reciben el impacto de los niveles de ruido, generando problemas de salud, y la infraestructura física de la ciudad [16].

Los beneficios derivados de la transición del transporte basado en combustibles fósiles al transporte ecológico tienen como principales ventajas la reducción de la contaminación del aire y reducción de los niveles de ruido [17].

2.2. Ciclovías

En la actualidad la ciclovía es una parte esencial dentro del diseño vial en el país, con esto se busca disminuir el uso de vehículos motorizados. Desarrollar una ciclo-infraestructura de calidad, asegura el bienestar de los ciclistas y ayuda a fomentar el uso de las bicicletas [18].

Una ciclovía es el conjunto de vías, intersecciones y espacios urbanísticos que permiten una circulación adecuada y segura de la bicicleta dentro de la red de infraestructura vial [19].

Hay que tomar en cuenta que cada ciudad tiene sus características especiales, es por esto que existen diferentes tipos de ciclo-infraestructuras. En [20] se presenta de manera general las características de cada tipo de ciclo-infraestructura. Pueden ser: carril de bicicleta, ciclovías compartidas, ciclovías en espaldón y ciclovías segregadas.

Carril de Bicicleta

Es un fragmento de la vía para la circulación exclusiva de bicicletas públicas o particulares, siendo parte de la calzada. Se encuentra pintada para que se pueda distinguir con facilidad y se separa de la vía donde transitan los automóviles mediante una línea pintada o por medio de bordillos que pueden ser de cemento o polímeros [21].

Las principales características de diseño son:

- Velocidades máximas de circulación de vehículos motorizados de 50 Km/h.
- Ancho mínimo para el carril de la bicicleta es de 1.20 m.

Existen ciclo carriles de bicicleta unidireccional y bidireccional.

El ciclo carril bidireccional tiene la única diferencia que posee una línea intermedia que divide sus carriles. En este caso se requiere un ancho mínimo recomendable de 2.40m [20].



Ilustración 1. Carril de bicicleta unidireccional



Ilustración 2. Carril de bicicleta bidireccional

Ciclovía compartida

Es una ciclovía donde los usuarios circulan compartiendo la vía con los vehículos motorizados, siempre en el mismo sentido para evitar accidentes. Se necesitan marcas claras dentro de la vía. Por lo general son utilizadas dentro de los barrios de zonas urbanas donde la velocidad de circulación es baja [19].

Las principales características de diseño son:

- Para vías con velocidad máxima de 30 Km/h se necesita un ancho de carril de 3m y las marcas en el pavimento se colocan en el centro del carril.
- Para vías con velocidad máxima de 50Km/h se necesita un ancho de carril mayor a 3mts, y la señalización se coloca al costado derecho del carril.



Ilustración 3. Ciclovía Compartida:

Ciclovía en Espaldón

Consiste en una ciclovía adaptada al espaldón de la carretera, se necesita una banda sonora lateral para proporcionar mayor seguridad al ciclista [20]. Se utiliza para distancias largas y se separa de la vía de tránsito vehicular a través de una línea blanca.

Sus características de diseño son:

- Velocidad máxima de 90Km/h.
- Ancho del espaldón mínimo de 1.20m, idealmente de 1.50m, depende de las características de la vía.



Ilustración 4. Ciclovía en espaldón

Ciclovías segregadas

Es una ciclovía apartada de la circulación del tránsito motorizado. Son de uso exclusivo para la circulación de bicicletas. Están pintadas con un color contrastante para que se pueda diferenciar de la vía de tránsito de vehículos y cuentan con una separación que puede ser de tierra o de pavimento. Por lo general son usadas para distancias largas con velocidades de circulación altas [19].

Sus principales características de diseño son:

- Recomendada para vías donde circula el tráfico motorizado a velocidades superiores a 40 Km/h.
- El ancho puede oscilar entre 1.50m a 2m por carril.

Pueden ser unidireccionales o bidireccionales dependiendo de las condiciones de su entorno.



Ilustración 5. Ciclovía segregada unidireccional.



Ilustración 6. Ciclovía segregada bidireccional.

2.3. Sistema Público de bicicletas (SPB)

El sistema público de bicicletas tiene como concepto una movilidad basada en el préstamo o alquiler temporal de bicicletas. Con el objetivo de fomentar el uso de la bicicleta en viajes de corta distancia y duración, entre personas previamente inscritas e identificadas, que deben tomar la bicicleta de una estación establecida y retornarla después de usarla a la misma u otra estación [22].

2.3.1. Guías para el diseño de un SPB

Se han elaborado muchos documentos en diferentes países con respecto a la implementación de los sistemas de bicicletas públicas. En España en el año de 2007 se desarrolló una de las primeras guías de implementación de un SPB elaborada por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE). Otras publicaciones destacadas se mencionan a continuación:

- Experiencia y Lecciones de Sistemas de Transporte Público en Bicicleta para América Latina [23].
- Ciclo Ciudades. Manual Integral de Movilidad Ciclista para Ciudades Mexicanas [24].
- Optimising Bike Sharing in Europe Cities – A Handbook [25].
- Revisión de los Sistemas de Bicicletas Públicas para América Latina [26].
- The Bike-share Planning Guide [9].
- Sistemas Públicos de Bicicletas para América Latina. Guía Práctica para Implementación [11].
- Guía de sistema de Bicicletas Compartidas [27].

Estas fuentes secundarias se emplean en este trabajo de titulación para el diseño de un Sistema Público de Bicicletas en el área de estudio. Donde se aplican los parámetros de las guías de la mejor manera posible considerando las limitaciones y condiciones de la zona.

2.3.2. Componentes de los SPB

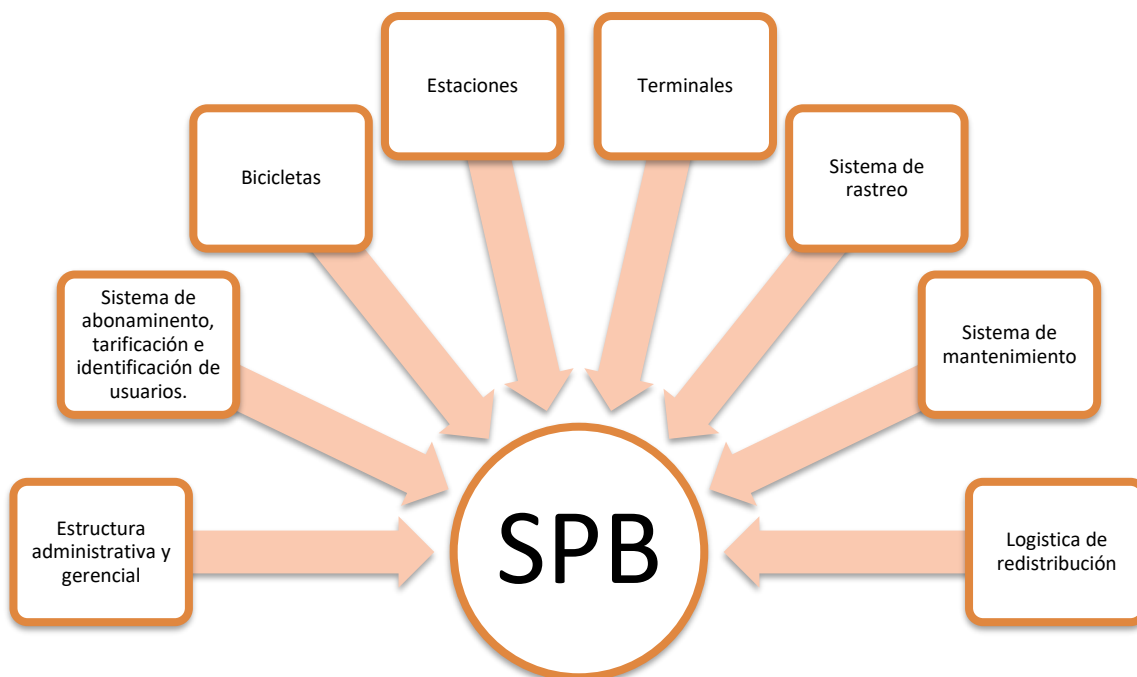


Ilustración 7. Componentes de los SPB. Elaboración propia. Fuente: [11].

La guía [11] menciona los principales componentes de un SPB:

- Estructura administrativa y gerencial: Son todos los actores involucrados en el SPB, tanto como el equipo decisorio local, como operadores de transporte público, gestores del sistema, proveedores, etc.
- Sistema de abonamiento, tarificación e identificación de los usuarios.
- Bicicletas: Las bicicletas deben ser cómodas, livianas y poder adaptarse a un usuario promedio según la talla y el peso. Para un funcionamiento satisfactorio en ciudades con pendientes elevadas se recomienda el uso de bicicletas eléctricas.
- Estaciones: Lugar en donde se recogen y devuelven las bicicletas, con módulos de estacionamiento y anclajes.
- Terminales: Lugar en donde se efectúa el pago por el servicio, generalmente se encuentra en la misma estación.
- Sistemas de rastreo: Necesarios para el control de las unidades y para evitar extravíos.
- Sistemas de mantenimiento: Es necesario un monitoreo de las unidades para garantizar la seguridad y satisfacción de los usuarios.

- Logística de redistribución: Se debe contar con un sistema de reabastecimiento de las estaciones, con la finalidad de evitar la falta de unidades donde la demanda sea excesiva.

2.3.3. Etapas para el desarrollo de un SPB

Al momento de implementar un sistema público de bicicletas se debe tomar en cuenta ciertas consideraciones. Primero, se deben definir los objetivos que se desean cumplir con el funcionamiento del sistema. Luego, se estudian los aspectos que definirán el éxito del programa y con ellos poder llevar a cabo el dimensionamiento del SPB; es decir, el área de influencia y el tamaño del sistema. Se continúa con el análisis financiero, el riesgo y las barreras y se finaliza con la evaluación constante del sistema durante su operación, mediante indicadores de rendimiento.

Existen cuatro etapas a seguir para el desarrollo de un sistema público de bicicletas, las cuales tienen una duración concreta dependiendo de los recursos profesionales, humanos, económicos y técnicos asignados al trabajo. En la Ilustración 8 se detalla cada etapa.

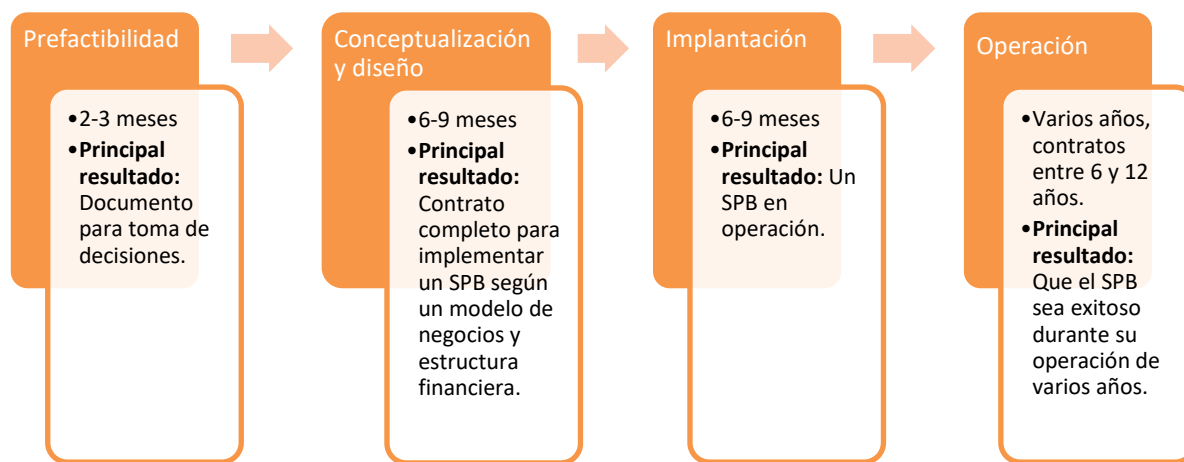


Ilustración 8. Etapas para el desarrollo de un SPB. Fuente: [11].

2.3.4. Prefactibilidad de un SPB



Ilustración 9. Diagrama para determinar la prefactibilidad de un SPB. Fuente: [11].

2.3.4.1. Definición de objetivos generales

Para iniciar un proyecto de un SPB, es necesario conocer el objetivo que se desea cumplir en la ciudad. Muchas ciudades utilizan el sistema como un complemento a sus sistemas de transporte público existentes. Otras ciudades buscan el incremento del uso de la bicicleta como medio de transporte individual, brindando un prestigio a la ciudad al llegar a considerarse a favor del medio ambiente [28]. Una vez definido adecuadamente los objetivos, se debe considerar diferentes los siguientes aspectos:

Aspectos ambientales y contextos urbanos

Dentro de los aspectos a considerar están: la salud de los usuarios, la densidad habitacional y usos del suelo, el tamaño de la ciudad, la topografía, el clima y las condiciones del espacio público. De esta manera se puede ofrecer una solución integral con un resultado satisfactorio, entendiendo que la movilidad es un problema que no debería tratarse de manera aislada.

Salud de los usuarios

La bicicleta como medio de transporte representa una gran herramienta para mejorar la salud física y mental al realizar una actividad física y moderada [29].

Densidad habitacional y usos del suelo

En ciudades poco densas, donde los servicios están muy distanciados, el uso de la bicicleta pública es menos eficiente y sus posibilidades de éxito son escasas. A diferencia de las zonas céntricas donde las posibilidades de éxito aumentan. De varios estudios se ha concluido que la distancia máxima que los usuarios estarían dispuestos a recorrer en bicicleta es de aproximadamente 6.5 km [30].

Tamaño de la ciudad

El tamaño de la ciudad está definido por el número de sus habitantes. Se consideran ciudades de gran tamaño aquellas con 200,000 habitantes o más, en donde se recomienda la implementación de sistemas automáticos [31]. Por otra parte, en ciudades medianas o pequeñas es mejor implementar sistemas manuales.

Según el censo del 2010 Santa Isabel tiene 18,393 habitantes. La Capital Cantonal tiene un total de 11,607 habitantes de los cuales 5,607 están ubicados en la Cabecera Cantonal [32]. Santa Isabel se cataloga como una ciudad pequeña.

Topografía

Un factor importante a tomar en cuenta es la topografía del terreno. Un impedimento para el sistema son los desniveles con pendientes mayores al 5%, ya que esto conlleva un gran esfuerzo físico para los usuarios y les resultaría poco atractivo el uso del sistema [33]. El uso de bicicletas eléctricas brinda la potencia necesaria para vencer las pendientes reduciendo el esfuerzo de los usuarios, y haciendo que estos experimenten el viaje como si lo hicieran en una pendiente leve [34].

Clima

En días lluviosos o muy calurosos el número de ciclistas desciende. En [35] se menciona que hay más frecuencia de ciclistas en verano que en invierno.

Aspectos de tránsito y movilidad

Se debe evaluar las características generales de la movilidad, la seguridad vial y la infraestructura para los ciclistas. De manera que se obtengan resultados satisfactorios del SPB.

Características generales de movilidad

Cuando la infraestructura vial está proyectada solo para el uso de vehículos motorizados, se vuelve dificultoso la compatibilidad de un SBP. Ya que el mayor porcentaje de espacio es ocupado por vehículos motorizados.

Seguridad vial

Es sustancial pensar en la seguridad de los usuarios. Ya que se considera arriesgado el uso de la bicicleta por el irrespeto que se tiene hacia los ciclistas por parte de los conductores que mantienen una actitud agresiva y esto disminuye la percepción de seguridad vial.

Infraestructura para ciclistas

Es necesario implementar algunas medidas para que el SPB sea compatible con su entorno. La infraestructura vial para los ciclistas debe estar en buen estado, debe contar con buena iluminación y se requiere de un plan de mantenimiento constante. Las estaciones deben estar conectadas por ciclovías y en caso de no ser posible, al menos se debe recomendar rutas por las cuales los ciclistas puedan circular compartiendo la calzada con vehículos motorizados. De existir intersecciones peligrosas que no se puedan evitar, será necesario un rediseño.

Aspectos socioeconómicos

El uso de la bicicleta como medio de transporte en ciudades en vías de desarrollo es relacionado con condiciones de pobreza. Además, por temas de percepción de seguridad, pocas mujeres optan por movilizarse en bicicleta. En varias ciudades del mundo los usuarios han cambiado su percepción y son más las personas que se movilizan en bicicleta por el ahorro económico que esto conlleva, incluso se ahorra tiempo en desplazamientos cortos cuando existe congestión vehicular [36].

Aspectos políticos-administrativos y legales

Es de utilidad tomar en cuenta estos aspectos para evaluar las fortalezas y debilidades del programa. Se analiza los contextos jurídicos y legales de los actores involucrados, el liderazgo y compromiso político.

Contexto jurídico y legal

Se debe conocer las normas existentes relacionadas a la movilidad ciclista. Es esencial que estas sean claras y definan los derechos y obligaciones de los ciclistas.

La ley vigente en la actualidad es la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial [37].

- El artículo 204 corresponde a los derechos de los bici-usuarios.
- El artículo 204A hace referencia a los deberes de lo bici-usuarios.

Actores involucrados

Existen muchos actores involucrados en el desarrollo de un proyecto de bicicletas públicas. Entre ellos están:

- Equipo decisorio local: Aquellas personas encargadas de tomar las decisiones como políticos o funcionarios del Estado.
- Operadores del sistema de transporte público.
- Gestores del servicio de bicicletas públicas.
- Proveedores del servicio de bicicletas públicas.
- Asociaciones de usuarios.
- Otras asociaciones.
- Liderazgo y compromiso político.

Aquellos encargados en la toma de decisiones deben mostrar dedicación y compromiso. Orientando sus acciones al bienestar común de los ciudadanos.

2.3.5. Dimensionamiento del SPB

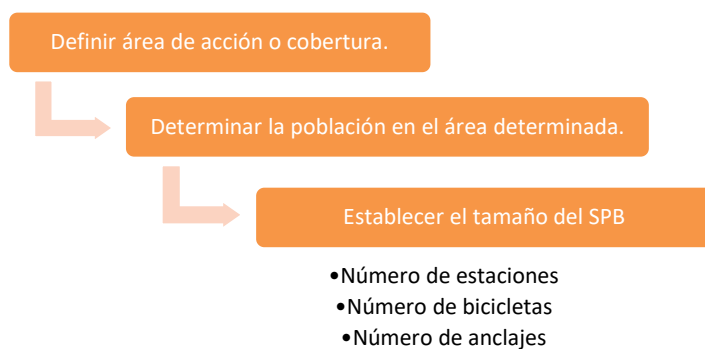


Ilustración 10. Diagrama de pasos a seguir para dimensionar el SPB. Fuente: [11].

Se procede a la etapa de dimensionamiento, una vez se haya analizado que es conveniente la implementación de un sistema de bicicletas públicas en la ciudad. Esto basado en los aspectos anteriormente mencionados y confirmando que el objetivo que se desea cumplir se satisface con la propuesta planteada. En primer lugar, se define el área de acción o de cobertura donde se ejecutará el proyecto. Seguido de la determinación de la población dentro del área delimitada, para finalmente establecer el número de estaciones, bicicletas y anclajes en el sistema.

Área de cobertura

Se define por el área que el SPB cubre. El área debe ocupar un conjunto de rutas apropiadas para los usuarios, así también debe tener una superficie considerable conectando varios lugares.

Los lugares con mayor demanda de bicicletas son lugares atractivos que generan muchos viajes, estos lugares pueden ser puntos tanto de origen como de destino. Es recomendable definir un área partiendo de los lugares con mayor atracción, analizando un balance entre demanda y costo-beneficio. Esta área debe asegurar que el sistema sea extenso y lo suficientemente denso generando un alto uso por ser conveniente y confiable.

Estas son las pautas a tener en cuenta al momento de elegir un polígono de acción:

- El área debe ocupar como mínimo 10 Km² [9].
- Movilidad de cuidado: Se debe considerar los viajes que realizan en su mayoría las mujeres. El área debe abarcar zonas de trabajo, comerciales, servicios, escolares y de servicios médicos y de esta manera facilitar los viajes de las mujeres y sus acompañantes [27].
- Con el análisis de uso de suelo se identifica e incluye áreas que son predominantemente atractivas (áreas de empleo, comerciales, locales y múltiples) en donde se colocarán las estaciones.
- Fronteras legibles.
- Debe considerarse una segmentación urbana, evitando obstáculos que dificulten el desplazamiento, como características topográficas o elementos construidos como intersecciones peligrosas.
- El área de cobertura debe estar en lugares donde se facilite la utilización de vías compartidas con vehículos motorizados.
- Un área compacta donde existe beneficios de operación, control y manteamiento. Reduciendo el costo de inversión en adecuaciones de infraestructura.
- Se debe considerar cambios modales, se debe contribuir a la migración de modos motorizados a modos no motorizados. Es decir, se debe priorizar la conexión entre estaciones de transporte público.
- Evitar establecer un área que abarque distintas jurisdicciones con la finalidad de evitar una gestión ineficiente y tediosa.
- Se debe considerar la seguridad personal y vandalismo. El área debe ubicarse en lugares con vida pública, es decir espacios que se mantienen activos gran parte del día, con ello se minimiza la incidencia de delitos.

- El área de operación se conforma de un radio de 500 metros alrededor de cada estación. El rango de separación entre estaciones recomendados esta entre 250 y 300 metros [27].

Población dentro del área de cobertura

Definido por el número de personas que habitan dentro de un área. Se obtiene al multiplicar el área del polígono de acción con la densidad poblacional. Uno de los errores que se comete dentro del cálculo de la población del área de cobertura es que se utiliza una densidad promedio, la cual no siempre es la correcta debido a que la población tiende a moverse hacia el sector urbano aumentando la densidad.

Análisis de la demanda

Consta de una revisión de la demanda de ciclistas, número de viajes, distribución de modos de viaje, tráfico existente, principales lugares de atracción de viajes, entre otros. Este proceso se lo puede realizar mediante una encuesta a una muestra aleatoria representativa. Con el objetivo de toma de decisiones dentro del proyecto, como el costo del servicio, la ubicación de las estaciones o trazado de rutas.

Densidad de estaciones

Este parámetro corresponde al número promedio de estaciones en un área dada. Idealmente se debería contar con 10 a 16 estaciones por kilómetro cuadrado, lo que permite que los usuarios pueden acceder fácilmente al sistema a pie [9]. El número de estaciones debe satisfacer la demanda existente, de manera que debe tomar en cuenta la densidad poblacional.

Número de bicicletas por habitante dentro del área de cobertura

Este parámetro garantiza que el número de bicicletas sea el suficiente para satisfacer la demanda. La Ilustración 11 evidencia que de acuerdo a la densidad poblacional de la ciudad se obtiene un número de viajes de una bicicleta en función del número de bicicletas implementado. Por ejemplo, para ciudades con densidades poblacionales altas como Barcelona al implementarse 10 bicicletas por cada 1,000 habitantes, genera más de 10 viajes por bicicleta. Mientras que en ciudades con baja densidad poblacional como Minneapolis al implementar 9 bicicletas por cada 1,000 habitantes hace que se generen 2 viajes por bicicleta. La línea negra es la tendencia que muestra que el número de usos diarios por bicicleta disminuye a medida que aumenta el número de bicicletas por residente, sin embargo, la relación estadística (R^2) es demasiado débil para predecir con precisión los valores. Según la Ilustración 11, las ciudades con un gran número de habitantes o turistas requieren de un

mínimo de 10 a 30 bicicletas por cada 1,000 habitantes. Se debe considerar un número adecuado de bicicletas, para que cada una sea usada al menos en 4 viajes [9].

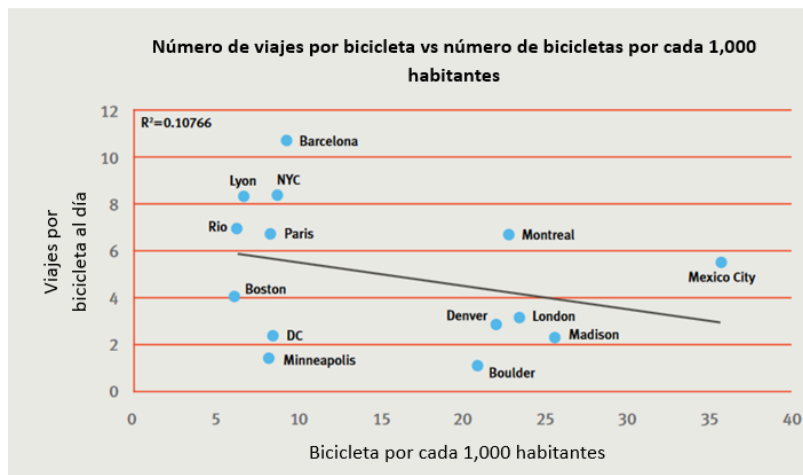


Ilustración 11. Número de viajes por bicicleta al día vs. Número de bicicletas por cada 1,000 habitantes. Fuente: [9].

Número de anclajes por bicicleta

Los anclajes son dispositivos que posibilitan la sujeción de bicicletas en estaciones, facilitando su disponibilidad para los usuarios o su recepción tras su uso. Este componente puede ser tanto individual como colectivo, y desempeña una función crucial en el proceso de identificación de las bicicletas que están siendo devueltas y las que están listas para ser liberadas mediante préstamo automático [11].

Disponer de mayor número de anclajes que bicicletas garantiza que los usuarios cuenten con más espacios para dejar las bicicletas sin importar en que estación se encuentren. El número de anclajes viene definido en función del número de bicicletas en servicio. Los SPB más exitosos son aquellos que cuentan con 1.5 a 2 anclajes por cada bicicleta en servicio. Estas proporciones pueden variar dependiendo de la intensidad de la demanda concreta [38]. No obstante, se necesita contar con un sistema de redistribución de bicicletas en los lugares de mayor atracción.

Modo de operación de las estaciones

- **Sistema de bicicletas públicas manuales**

Sistema de bicicletas caracterizado por el uso de personal que brinda la información al usuario, le ayuda a registrarse, cobra el servicio y es quien entrega y recibe las bicicletas.

Implica una reducción en el costo inicial en comparación con el sistema automático, pero a largo plazo, el costo de operación será mayor [11]. Las personas que apoyan

este tipo de sistema se fundamentan que al tener un personal en cada estación mejora el servicio, reduciendo los robos y el vandalismo.

Son sistemas con mecanismos de seguridad muy simples y en algunos casos las bicicletas no se encuentran aseguradas, y dependen únicamente del empleado.

- **Sistemas de bicicletas públicas automáticas**

En este sistema son los usuarios quienes recogen o dejan las bicicletas sin la ayuda de un empleado y realizan los pagos mediante el uso de tarjetas electrónicas.

Portabilidad de las estaciones

Las estaciones pueden ser portátiles o permanentes. Las portátiles son aquellas que tienen las bases atornilladas al suelo y se reubican con facilidad, requieren el uso de energía solar. Mientras que las estaciones permanentes se realizan mediante excavaciones y apertura de zanjas para la fuente de energía.

Estilo de aparcamientos en las estaciones

- Espacios individuales de aparcamiento: Las bicicletas se acomodan en un determinado espacio individual. El tamaño de la estación se ve definido por el número de espacios.
- Zona de aparcamiento de bicicletas: Las bicicletas son guardadas dentro de áreas seguras.

2.3.6. Análisis de riesgos y barreras

Es necesario identificar los posibles riesgos y barreras para los SPB, esto con la finalidad de mitigarlos en el proceso de planificación y estudio de factibilidad.

- Las barreras a mitigar están relacionadas con la accesibilidad a las tarjetas inteligentes por parte de los usuarios, normas que regulen la colocación de anuncios publicitarios en los espacios públicos, reglamentación para seguridad del ciclista, normas de tránsito, percepción de la seguridad vial, entre otros.
- Se necesita identificar riesgos en la implementación del proyecto, como la poca colaboración de entes gubernamentales o indisposición de la comunidad.

El estudio de factibilidad es la base del proyecto, a partir de este se puede dar paso a la etapa de diseño y planificación, definición del modelo y modos de financiamiento.

Metodología

3.1. Dimensionamiento de un SPB

En esta etapa se determina con exactitud la ubicación y tamaño de las estaciones para las bicicletas públicas. Además, se debe decidir el Hardware y Software que se emplea en la operación del sistema. Así también se decide el diseño de las estaciones, modelos de bicicletas y la tecnología para la información. Finalmente es necesario también una estrategia de marketing. El diseño completo del SPB es extenso por lo que dentro del trabajo de titulación se realiza el dimensionamiento de la infraestructura básica [11].

La distancia entre las estaciones debe ser lo más uniforme posible [39]. El tamaño está definido por la demanda y el atractivo de la zona. Las ubicaciones dependen del entorno del área de estudio. La densidad de las estaciones varía dependiendo de la densidad poblacional de cada sector. Una distribución uniforme de las estaciones dentro del área hace que la gente tenga más confianza en el uso del sistema, ya que pueden desplazarse a diversos lugares dentro de la ciudad.

Hay que tener en cuenta que la mayoría de viajes significativos ocurren en áreas de baja densidad. Esto se debe al comportamiento de la sociedad en función del horario de movilidad.

El tamaño de las estaciones está en función del número de bicicletas que se permite estacionar, este aspecto es el más variable en el diseño del sistema. Un SPB puede tener 10 anclajes en áreas de baja densidad y hasta 100 anclajes en áreas de alta densidad. [22]

Los estudios de origen-destino se realizan en los terminales o estaciones de transporte público, enfocados a los usuarios. Esto ayuda a determinar los lugares donde hay mayor probabilidad de éxito y a estimar la demanda.

3.1.1. Localización de las estaciones

A continuación, Kitsuta [22] menciona recomendaciones para la ubicación de las estaciones:

- Distancia entre estaciones máxima de 250 metros.
- Las estaciones deben localizarse junto a las del transporte público para funcionar como viajes intermodales.
- Las estaciones deben ubicarse cerca de vías seguras y accesibles para los ciclistas.
- Se ubican cerca o en las esquinas para que los usuarios ingresen y salgan en diferentes direcciones.
- Las estaciones deben estar ubicadas en zonas con diversas actividades para garantizar que el sistema sea utilizado en todas las horas del día.

- Las estaciones no deben ubicarse en lugares alejados o de poca accesibilidad.

Se debe determinar las ubicaciones exactas de las estaciones.

- Crear una distribución preliminar de todas las estaciones.
- Decidir las ubicaciones finales en base a visitas a campo.

Se necesita encontrar la distribución de estaciones lo más uniforme posible a pesar de las limitaciones del entorno. Para ello, se realiza un análisis digital mediante el uso de una malla y luego contrastar en campo o el análisis hacerlo en campo y luego ajustarlo.

La localización exacta de las estaciones requiere de una visita en campo. El uso de una bicicleta sería recomendable debido a que permite a los diseñadores tener una perspectiva desde el punto de vista del ciclista. Se necesita una cinta métrica, un equipo GPS o un Smartphone. Si las estaciones se seleccionaron mediante softwares, en campo se necesita examinar que el área disponga del espacio suficiente para la estación. El espacio necesario depende del número de bicicletas. Cada bicicleta necesita un aproximado de 2 metros de largo y entre 0.7 a 1.5 metros de ancho [25].

Recomienda Kitsuta [22] los lugares adecuados para la instalación de las estaciones:

- Los espacios ideales para las estaciones de bicicleta pública son los lugares de estacionamientos en la calle.
- El espacio entre zonas verdes o adyacentes a otras infraestructuras (puentes peatonales) son lugares utilizados para estaciones de bicicletas públicas sin interferir con el flujo peatonal.
- Utilizar espacios públicos muertos, es decir espacios urbanos no utilizados. Estos lugares incluso incrementan su percepción de seguridad contando con una buena iluminación.
- En zonas comerciales los locales están dispuestos a ceder espacio para atraer más consumidores [38].

3.1.2. Tamaño de las estaciones

Una vez definido el lugar exacto de las estaciones se determina el tamaño, es decir el número de bicicletas y de anclajes o aparcamientos. Esto está en función de la demanda del área, la cual se determina mediante diferentes métodos.

- Realizar encuestas para determinar hacia donde se dirige y si realizaría el viaje en bicicleta de ser posible.

- Ver la distribución existente de los modos de transporte y los lugares de mayor atracción que pueden generar mayor demanda.
- Realizar una encuesta sobre la ubicación de las estaciones. Se puede analizar la percepción y gustos del usuario.

Una vez determinada la demanda, el tamaño de la estación es un número de bicicletas multiplicado por un factor para el caso de cada estación.

3.1.3. Características de las estaciones

Cuando se diseña un SPB se debe conocer las características de las estaciones a implementar. El diseño de la estación está en función de la demanda, el espacio disponible, el paisaje urbano y el impacto visual en el entorno urbano. Estas características están divididas en tres categorías: modo de operación, la portabilidad de las estaciones y el estilo de aparcamiento de las bicicletas.

Algunos sistemas fusionan los modos de operación manuales y automáticos. Se decide la implementación de estaciones automáticas o manuales basándose en la población de la ciudad. Se recomienda implementar para poblaciones mayores a 200,000 habitantes, estaciones automáticas [31].

3.1.4. Selección de bicicletas

Las bicicletas son estandarizadas con un diseño especial o con piezas no convencionales para que no existan robos. La apariencia de la bicicleta es muy importante para el marketing, de manera que debe lucir moderna y limpia. A diferencia de las bicicletas convencionales, las de un sistema público tiene un uso frecuente, por esta razón tienen una vida útil de tres a cinco años.

Partes de una bicicleta pública

A continuación, Midgley [31] menciona las partes de una bicicleta pública:

- Canasta frontal: es necesaria para que el usuario pueda llevar sus pertenencias.
- Mecanismo de seguro con etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID): este dispositivo permite que la bicicleta cuente con un número de identificación idéntico que se lee al momento de asegurar una bicicleta en una estación.
- Neumáticos: es recomendable el uso de neumáticos sólidos y resistentes para garantizar un mayor tiempo de vida útil de la bicicleta.
- Frenos de tambor: se usa frenos de tambor con cables internos debido a su facilidad de mantenimiento.

- Componentes de protección contra robos y actos vandálicos: las bicicletas deben ser fabricadas con piezas y tallas únicas para evitar el robo y reventa de las partes. Los tornillos y tuercas solo se retiran con herramientas especiales.
- Marco: El marco asegura que la bicicleta sea compatible con cualquier tipo de vestimenta. Además, permite una posición cómoda y erguida cuando se conduce.
- Poste de sillín con altura ajustable: postes de asiento que se ajusten con rapidez a la altura de cualquier usuario.
- Cubre cadena: protege a la cadena y también a los usuarios de no ensuciarse con la grasa.
- Sacabarros y espacio para publicidad: para proteger a los usuarios de la suciedad es necesario sacabarros traseros y frontales.
- Cambio interno de marchas: para caminos de pendientes pronunciadas se necesita un sistema interno de cambio de marchas. No se debe usar cambios externos debido a su fragilidad y difícil mantenimiento.
- Luces automáticas: la bicicleta cuenta con luces delanteras y traseras alimentadas por un dinamo. También necesita reflectores en los aros, pedales, partes delanteras y traseras.
- Debe tener colores brillantes y reflectantes.

En la Ilustración 12, se resume las partes de una bicicleta para un SPB.

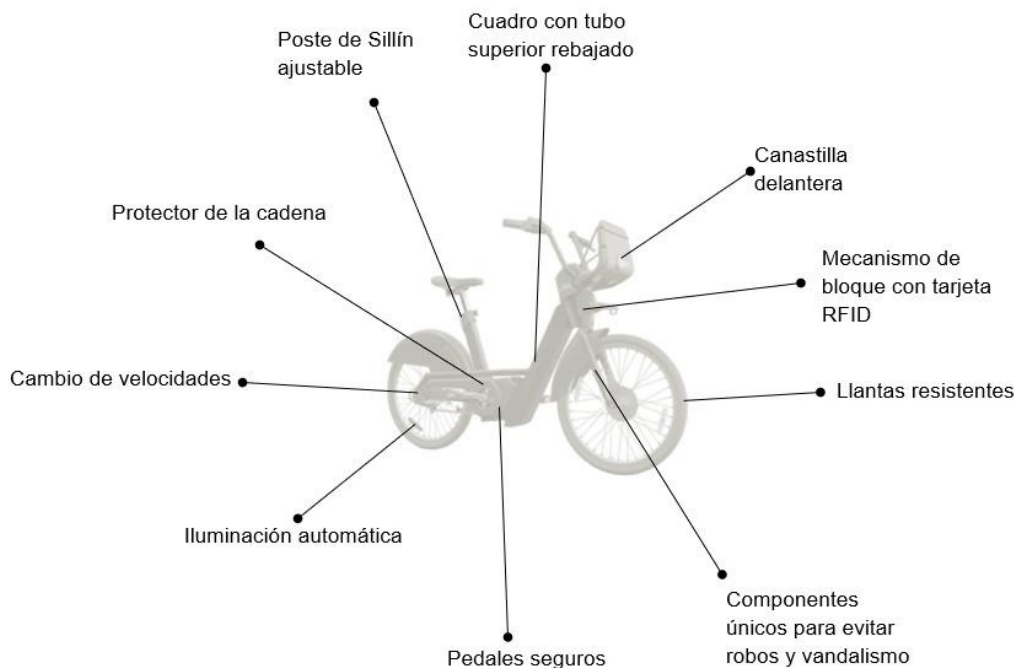


Ilustración 12 Partes de una bicicleta mecánica de un SBC. Fuente: [9].

A continuación, Fishman [40] menciona algunas características de las bicicletas de un SPB:

- Aunque en varios SPB las bicicletas son de un solo tamaño, es recomendable encontrar una talla de bicicleta adecuada en base a la talla promedio de los habitantes. Una bicicleta en la cual se puede ajustar la altura del asiento es ideal para los usuarios de distintas tallas.
- Se necesitan bicicletas robustas, capaces de soportar por lo menos 10 a 16 usos diarios en cualquier clima.
- Requieren de poco mantenimiento, incluyendo el inflado de neumáticos, aceitado, ajuste de cadena y de frenos. El costo de mantenimiento debe ser mínimo.
- Las bicicletas contienen partes no convencionales, que se desacoplan con herramientas especiales evitando que existan robos de piezas.
- El color de la bicicleta debe cumplir con los reglamentos de seguridad para los ciclistas.
- Contiene un portaobjetos. Es preferible utilizar una canasta frontal y no una parrilla trasera para evitar que se suba una segunda persona y desgaste la bicicleta.
- Cuenta con sacabarros para evitar que las personas se ensucien.

Otro punto a tener en cuenta para la selección de la bicicleta son los esfuerzos necesarios de una persona para movilizarse en bicicleta. Jaramillo [34] indica, que una persona se siente cómoda en una bicicleta cuando se encuentra por debajo de los 50 Watts de esfuerzo. La Tabla 2 está compuesta por 4 columnas, de izquierda a derecha la primera hace referencia a la pendiente de la vía en porcentaje, la segunda columna es la pendiente de la vía en grados, la tercera columna representa la potencia necesaria para mantener una velocidad de 2.5 m/s y la última columna categoriza el tipo de pendiente. Mantenerse por debajo de los 50 Watts equivale a pedalear en una pendiente baja, con ángulos menores a 1.7°.

Tabla 2. Tipo de pendientes y potencia necesaria para mantener 2.5 m/s

Percentage (%)	Angle (°)	Watts at 2.5 (m/s)	Slope Type
0	0.0	0.0	Light
1	0.6	18.4	
2	1.1	36.8	
3	1.7	55.2	
4	2.3	73.5	Moderate
5	2.9	91.9	
6	3.4	110.2	
7	4.0	128.4	
8	4.6	146.7	Steep
9	5.1	164.9	
10	5.7	183.0	
11	6.3	201.1	
12	6.8	219.2	Very Steep
13	7.4	237.1	
14	8.0	255.0	
15	8.5	272.9	
16	9.1	290.6	
17	9.6	308.3	
18	10.2	325.9	
19	10.8	343.3	
20	11.3	360.7	

También Jaramillo [34] menciona que una velocidad mínima para movilizarse es de 2.5m/s.

Por esta razón, para la selección de una bicicleta eléctrica en este trabajo se ha priorizado el análisis de la potencia y energía. Mediante los modelos descritos a continuación.

3.4.1.1. Modelos de potencia y energía en una bicicleta

Los modelos considerados para el cálculo de potencia y energía están descritos en [41] y [42]. Los cuales determinan el consumo energético en función de las fuerzas que debe superar el ciclista para generar un movimiento en la bicicleta, por ejemplo, las fuerzas de fricción con el suelo o la fuerza del viento.

Las ecuaciones presentadas son de ámbito general y contienen vectores de velocidad, aceleración y tiempo, además de valores escalares dependientes del comportamiento del ciclista y condiciones del lugar.

Resistencia aerodinámica

Está en función del área frontal del ciclista en contacto con el aire, además se incluye el comportamiento y postura del ciclista. La ecuación queda planteada de la siguiente manera:

$$P_{at} = P_{ad} + P_{wr} \quad (1)$$

La potencia P_{ad} (aerodynamic drag) está relacionada con el área frontal (Área [m²]) y la potencia P_{wr} (Wheel rotation) considera el movimiento rotatorio de la rueda, incluida la velocidad del aire con respecto al suelo V_a [m/s] y la velocidad del ciclista V_g [m/s].

$$P_{ad} = 0.5 * \rho * C_d * Area * V_g * V_x^2 \quad (2)$$

$$P_{wr} = 0.5 * \rho * F_w * V_g * V_x^2 \quad (3)$$

donde: $V_x = (V_g + V_a)$

Cuando se alcanzan velocidades estables de recorrido, el viento tiene mayor influencia en la potencia. La energía gastada por parte del ciclista para vencer la resistencia del viento se relaciona con la pendiente que el ciclista recorre, basándose en la velocidad y la dirección del viento [43].

El parámetro C_d , corresponde al coeficiente de arrastre [adimensional] y está definido en un rango dependiendo de la posición e inclinación del ciclista. Para el tipo de conducción habitual en la ciudad el rango es de $0.88 < C_d < 1.1$, lo que establece un área frontal de $0.36 < \text{Área} < 0.51 \text{ m}^2$ [44]. Esto implica que un valor mayor del coeficiente C_d está relacionado con un valor mayor de área frontal y por lo tanto la resistencia aerodinámica es mayor.





Bikes	Frontal Area	Drag Coefficient
 Upright commuter	A = 5.5 ft ²	1.1
 Racing	A = 3.9 ft ²	0.88
 Drafting	A = 3.9 ft ²	0.50
 Streamlined	A = 5.0 ft ²	0.12

Ilustración 13. Área Frontal y coeficiente C_d en función de la postura. Fuente: [43]

Se considera la constante F_w [m²] como el coeficiente asociado al incremento del área de arrastre debido a los rayos en las ruedas.

$$\rho = \frac{(0.34848 * \text{Presión}) - (0.009 * \text{Humedad}) * e^{0.061 * \text{Temperatura}}}{273.15 + \text{Temperatura}} \quad (4)$$

La densidad del aire ρ [kg/m³] según las condiciones de la zona donde se realiza el recorrido, está en función de la temperatura [°C], humedad [%] y presión [hPa] [45].

Resistencia de rodamiento

La resistencia debida a la llanta, considera su estado físico y el rozamiento con la superficie. Queda definida en la ecuación (5).

$$P_{rr} = Vg * \cos(Gr) * Crr * mt * g \quad (5)$$

Donde Gr [grados] es el ángulo de inclinación del suelo, Crr [adimensional] es el coeficiente relacionado a la presión y el estado de la ruta, mt [kg] es el peso del ciclista más la bicicleta y g [m/s²] es la gravedad.

Los valores del parámetro Crr modelan el tipo de bicicleta y rueda desde una bicicleta de montaña a una bicicleta de ruta, lo que permite cambios en la aerodinámica según la posición con el manubrio como manos en la parte superior del freno o manos en la parte de la barra cerca al cuadro. Estos valores según la Ilustración 14 están en un rango de 0.004 < Crr < 0.014 [46]. Un valor mayor de Crr implica un aumento en la resistencia de rodamiento.

56 HUMAN POWERED VEHICLE PERFORMANCE											
DESCRIPTION	FORCES AT 20 MPH (POUNDS)	AERODYNAMIC DATA				LEVEL GROUND, NO WINDS			EFFECT OF HILLS		
		DRAG COEFFICIENT C _D	FRONTAL AREA (FT ²) A	EFFECTIVE FRONTAL AREA (FT ²) C _D A	ROLLING RESISTANCE COEFFICIENT C _R	HANDPOWERED SPEED AT 10 MPH (ALL 40% OF THE NORMAL ANGLE STRAIGHT) (MPH)	ALL DATA TOURING SPEED AT 10 HORSE POWER OUTPUT (MPH)	MAXIMUM SPEED WITH 1.0 HORSE POWER AT 10 HORSE POWER OUTPUT (MPH)	UPHILL SPEED AT A 5% GRADE (DOWN A 5% GRADE) (MPH)	STEADY SPEED COASTING (DOWN A 5% GRADE) (MPH)	
STANDARD BICYCLES	BMX (YOUTH OFF ROAD RACER)	5.52	1.1	4.9	5.4	.014	146%	10.1	27.8	12.2	19.8
	EUROPEAN UPRIGHT COMMUTER	6.14	1.1	5.5	6.0	.006	140%	11.3	27.6	10.9	24.0
	TOURING (ARMS STRAIGHT)	4.40	1.0	4.3	4.3	.0045	100%	13.1	31.1	12.2	27.7
	RACING (FULLY CROUCHED)	3.48	.88	3.9	3.4	.003	77%	14.7	33.9	13.0	31.2

Ilustración 14. Coeficiente Crr en función de la postura para Bicicletas Estándar. Fuente: Skyler Wallace

Fricción de la rueda

La ecuación (6) corresponde a las pérdidas por fricción en la rueda relacionada con la velocidad angular:

$$P_{bea} = \beta_0 * Vg + \beta_1 * Vg^2 \quad (6)$$

De los estudios realizados en [42] los valores de los coeficientes $\beta_0 = 0.091$ [N] y $\beta_1 = 0.0087$ [Ns/m].

Altura

Hace referencia a los cambios de energía potencial. La ecuación (7) describe el trabajo debido a los cambios de altura y su comportamiento con la gravedad según la dirección de la pendiente:

$$P_{pe} = Vg * mt * g * \sin(Gr) \quad (7)$$

Donde los parámetros que intervienen han sido descritos anteriormente, sin embargo, se debe recalcar que θ es el ángulo de la pendiente que puede ser negativo o positivo.

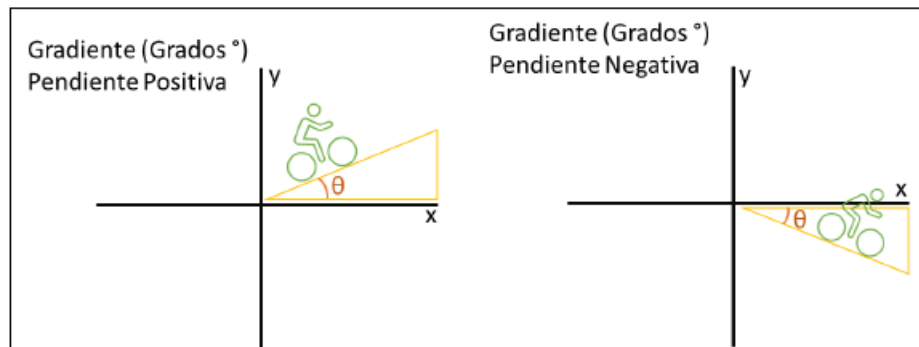


Ilustración 15. Referencia pendiente en grados

Velocidad

Hace referencia a los cambios de la energía cinética. Aumentar la magnitud de velocidad de una masa implica que se aumenta la energía cinética. La ecuación (8) expresa la potencia transferida por el ciclista responsable de la ganancia de velocidad:

$$P_{ke} = 0.5 * \left(mt + \frac{I}{Radio^2} \right) * a^2 * \Delta t \quad (8)$$

Como se observa la ecuación no depende solo de la masa total del sujeto, sino también de la energía sobre las ruedas y su movimiento rotatorio; por lo tanto, se debe considerar la inercia (I [kg.m²]) y el radio de estas (Radio [m]).

El término $a^2 * \Delta t$, se puede expresar como la diferencia de velocidad en un intervalo de tiempo, es decir:

$$a^2 * \Delta t = \frac{vf^2 - vi^2}{t_f - t_i} \quad (9)$$

Para el análisis se consideró la velocidad constante a lo largo de la trayectoria, por lo tanto, no existen cambios de energía cinética.

Potencia neta

El ciclista debe generar la sumatoria de todas las potencias para poder moverse. Por lo tanto, la potencia neta queda definida como:

$$P_{neta} = Pat + Prr + Pbea + Ppe + Pke \quad (10)$$

Sin embargo, las pérdidas mecánicas sobre la cadena hacen que la potencia aplicada en la rueda no sea la misma generada por el ciclista. De manera que la potencia que el ciclista debe generar en su totalidad P_c se presenta en la ecuación (11), en función de la eficiencia η :

$$P_c = P_{neta}/\eta \quad (11)$$

3.1.5. Operación del SPB

Los parámetros que influyen el costo de operación del sistema son: los días de servicio y horarios; las condiciones de servicio y restricciones del uso del SPB; el control, mantenimiento y reparación del SPB; la redistribución de bicicletas [11].

Días de servicio y horario

Independientemente del tipo de sistema que se utilice, el costo de operación de un SPB que atiende las 24 horas del día durante todos los días del año es elevado. Por ello es mejor brindar servicio en tiempos rentables, limitando el uso del servicio en horarios de baja demanda. En ciertos casos es recomendable incluso restringir el horario de atención en días de climas extremos donde la demanda es más baja que la habitual.

Condiciones y restricciones del uso del SPB

Los usuarios deben ser mayores de edad, salvo algunas excepciones donde menores de edad cuenten con un permiso de alguno de sus representantes. Por otra parte, al plantearse el objetivo principal de satisfacer la necesidad de movilidad de los residentes de la ciudad, se limita el uso de aquellas personas que no habiten en la ciudad.

Se requiere una mínima información del usuario, por ejemplo, la ubicación de su residencia, número de documento de identidad, ocupación, entre otros.

Control, mantenimiento y reparación del SPB

El centro de control y mantenimiento debe contar con un espacio amplio para el monitoreo, talleres de mantenimiento, un centro de logística y balanceo, centro de gestión y administración del SPB.

Se realizan dos tipos de mantenimientos. Uno preventivo centrado en la inspección y limpieza diaria de las estaciones, bicicletas y reporte de fallas. Y otro correctivo que atiende las quejas y reclamos de los usuarios.

Balanceo y redistribución de bicicletas

El balanceo y la redistribución de bicicletas consiste en un sistema logístico que permite la disponibilidad de bicicletas y anclajes en todas las estaciones de forma permanente. Es importante reposicionar cierta cantidad de bicicletas durante el día para que algunas estaciones no se queden sin bicicletas ni anclajes.

Generalmente se utilizan vehículos que transportan las bicicletas, lo cual representa un costo en la operación del SPB. El sistema general y de comunicación es primordial, pues de esta manera se conoce a tiempo real la cantidad de bicicletas y anclajes disponibles para prevenir la saturación o escasez en alguna estación.

3.2. Selección de la Ruta

La metodología aplicada para el trazado de la ciclo-ruta más óptima para la ciudad de Santa Isabel fue referenciada de [18]. El manual cuenta con las pautas necesarias para implementar una ciclo-infraestructura de alta calidad en las ciudades del Ecuador.

Antes de establecer una ciclo-infraestructura, es necesario tener en cuenta los siguientes pasos recomendados por [19], para definir una red de ciclovías:

1. Desarrollar un mapa base de viajes origen destino donde se incluyan usos del suelo y la identificación de las zonas de atracción.
2. Mapear la infraestructura existente, con todas las ciclovías, ciclo parqueaderos, y estaciones de ciclovía dentro de la ciudad de estudio.
3. Identificar perfiles de usuarios, esto puede ser mediante encuestas.
4. Mapear las barreras o necesidades de mejora de la infraestructura existente para establecer los principales puntos de conexión.
5. Evaluar el potencial de demanda de nuevos usuarios, esto también mediante encuestas a potenciales usuarios.
6. Definir y establecer las rutas de la red de ciclovías.

Para seleccionar una ciclo-infraestructura se debe tener en cuenta los siguientes requisitos obtenidos de [18]:

- **Seguridad:** las rutas deben ser seguras para evitar conflictos entre los ocupantes de las vías, sobre todo entre los vehículos motorizados y los que deben tener mayor prioridad, peatones y ciclistas. Esta condición presenta más énfasis en las intersecciones.

- **Coherencia:** la ruta debe ser coherente para conectar los principales puntos de origen con los destinos, de manera que el ciclista sea guiado durante todo su recorrido especialmente en las intersecciones sin peligro alguno.
- **Directa:** la ruta debe ser directa para reducir los tiempos y distancias entre paradas, para esto se evitan desvíos o detenciones innecesarias que demandan un mayor esfuerzo físico de los ciclistas.
- **Cómoda:** con una ruta cómoda se busca que el ciclista sienta que el recorrido es agradable, incentivándole a un uso más frecuente de la bicicleta, para esto se evitan paradas o reducciones de velocidad por cambios de pavimento y huecos en la vía, de manera que se circule a un ritmo constante dentro de la ruta.
- **Atractiva:** una ruta atractiva es la que cumple con todos los puntos anteriores, fortaleciéndose con ambientes seguros para el usuario.

Tipología de la ciclovía

El tipo de ciclo-infraestructura a implementar depende del contexto en el que se va a realizar [18]. Es decir, el entorno influye dentro de la toma de decisiones, ya sea las condiciones de las vías, el volumen vehicular o el espacio disponible.

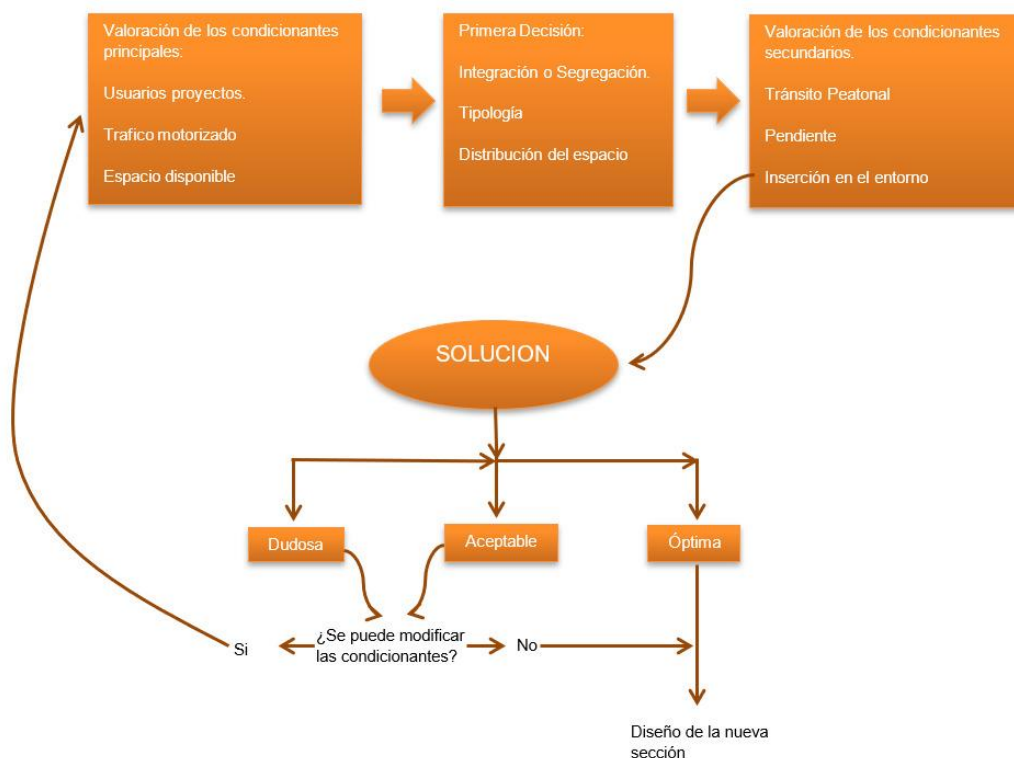


Ilustración 16. Esquema a seguir para la selección de la ciclovía. Fuente: [18].

En la Ilustración 16 se observa un diagrama de las condiciones a tomar en cuenta para escoger la ciclo-infraestructura.

Dentro de las vías con un contexto residencial, por lo general pequeñas y con menor tráfico vehicular, se debe integrar y compartir la red vial entre los distintos usuarios. En cambio, en vías urbanas principales, que son más grandes y de una mayor circulación de tráfico es preferible segregar la ciclo-infraestructura para brindar más seguridad a los usuarios.

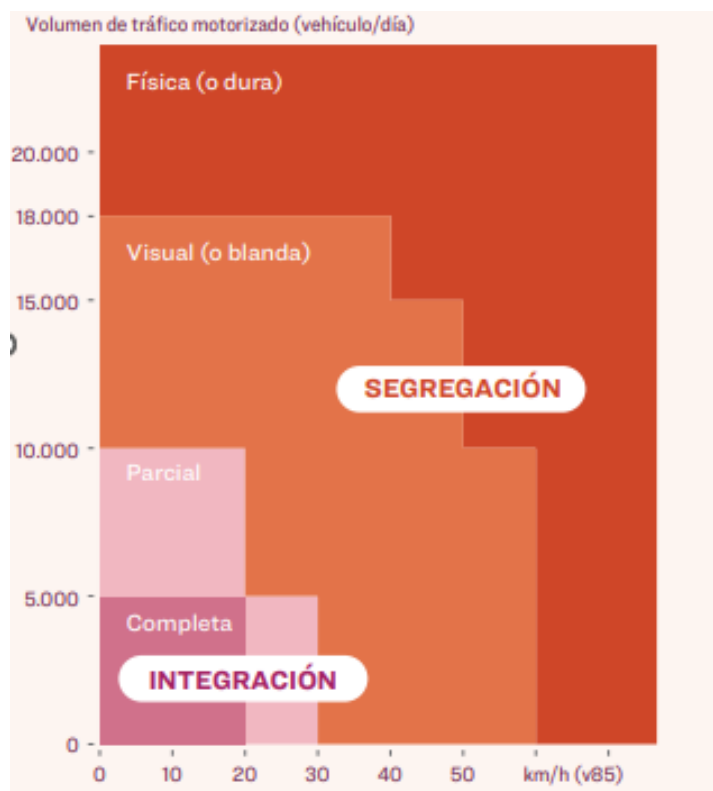


Ilustración 17. Esquema de decisión para segregación de la ciclo-ruta en función de la velocidad y el volumen de tráfico motorizado. Fuente: [19]

En la Ilustración 17, se presenta un esquema para la decisión de segregar la ciclo-ruta en función de la velocidad y el tráfico motorizado. Donde se define que con velocidades bajas y un volumen de tráfico pequeño no es necesario una segregación de la ciclo-ruta, siendo más viable una movilidad integrada, donde se comparte el espacio entre vehículos motorizados y no motorizados.

De igual manera a mayor velocidad y volumen del flujo vehicular motorizado, la separación entre ciclista y transporte motorizado debe ser mayor. Si existen vehículos pesados como buses o camiones es necesario segregar la ciclo-ruta.

Otro punto a tomar en cuenta es la implementación de una ciclo-ruta unidireccional o bidireccional. Por lo general, las ciclo-rutas bidireccionales no son recomendables en entornos

urbanos, puesto que presentan una mayor dificultad de alerta en los cruces para los conductores de vehículos aumentando la posibilidad de incidentes. En cambio, las ciclovías unidireccionales presentan mayor facilidad para el cruce de peatones puesto que circulan en el mismo sentido del tráfico.

3.3. Estimación de la Población

La estimación de la población es necesaria para definir la muestra representativa de encuestas, además dentro del diseño se utiliza para el dimensionamiento básico del SPB.

En la ciudad de Santa Isabel al igual que en todo el Ecuador los datos sobre población más actuales corresponden al 8vo. Censo de Población iniciado en el año 2022. A la fecha, los resultados globales de este pueden ser accedidos, pero datos específicos para ciudades, aún no están disponibles en la herramienta Redatam. Por esta razón se aplica una estimación utilizando los datos censales del año 2010 y aplicando la metodología sugerida por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

La estimación de la población para el año 2023 en Santa Isabel se realizó con el método de los componentes demográficos, recomendado por el INEC. El método consiste en desagregar el crecimiento de la población en sus componentes demográficos fundamentales; la mortalidad, fecundidad y la migración [32]. Esto a través de su ecuación compensadora desglosada por sexo y edad:

$$N^{t+5} = N^t + B^{t,t+5} - D^{t,t+5} + I^{t+5} - E^{t+5} \quad (12)$$

N^t población estimada en el punto inicial del periodo de proyección

N^{t+5} población estimada al final del periodo quinquenal ($t, t + 5$)

$B^{t,t+5}$ nacimientos por mujeres en edad fértil ocurridos a lo largo del período $t, t + 5$

$D^{t,t+5}$ defunciones entre los miembros de la población inicial N^t , más las defunciones adicionales registradas de los nacimientos en el periodo $t, t + 5$

I^{t+5} y E^{t+5} total de inmigrantes y emigrantes respectivamente estimados en el periodo $t, t + 5$

5

Para un mejor análisis se obtuvo la distribución zonal de la población del casco urbano de la ciudad, esto a partir de los datos del censo realizado en el año 2010 por el INEC, con los cuales se obtiene la densidad poblacional. La división zonal se observa en el Mapa 2, que se encuentra en función de los Polígonos de intervención territorial, PITs urbanos, en este caso

se cuenta con 17 zonas en la parte urbana de Santa Isabel. Obteniendo el área de cada zona y con la densidad poblacional se puede determinar la población y el porcentaje de cada zona con respecto a la población total.



Mapa 2. Polígonos de Intervención Territorial. Elaboración propia. Fuente: GAD Municipal.

Una vez establecida la población por zona de movilidad se realiza la estimación mediante el método de los componentes demográficos con la misma proporción que la obtenida en el año 2010 ya que el área no varía.

La tasa de mortalidad se obtuvo de [47], donde se muestran las tablas de mortalidad de Ecuador para cada periodo quinquenal.

Tabla 3. Tasa de Mortalidad de Ecuador para periodos quinquenales. Fuente: CEPAL

Cuadro 19 (continuación 11) / Table 19 (continued 11)
 ECUADOR: TABLAS ABREVIADAS DE MORTALIDAD
 ECUADOR: ABRIDGED LIFE TABLES
 2005-2010

Edad / Age (x)	n	m(x,n)	q(x,n)	l(x)	d(x,n)	L(x,n)	P(x,x+5)	T(x)	e(x)
HOMBRES / MALES									
0	1	0.02451	0.02400	100 000	2 400	97 905	0.97402 ¹	7 211 952	72.12
1	4	0.00138	0.00551	97 600	538	389 106	0.99486 ²	7 114 047	72.89
5	5	0.00066	0.00331	97 062	321	484 509	0.99667	6 724 941	69.28
10	5	0.00067	0.00335	96 741	324	482 896	0.99437	6 240 433	64.51
15	5	0.00159	0.00792	96 417	763	480 179	0.98951	5 757 537	59.71
20	5	0.00264	0.01309	95 654	1 253	475 139	0.98579	5 277 358	55.17
25	5	0.00309	0.01533	94 402	1 448	468 389	0.98435	4 802 219	50.87
30	5	0.00322	0.01597	92 954	1 485	461 058	0.98287	4 333 830	46.62
35	5	0.00369	0.01831	91 469	1 674	453 161	0.98041	3 872 772	42.34
40	5	0.00422	0.02090	89 795	1 877	444 283	0.97564	3 419 611	38.08
45	5	0.00566	0.02789	87 918	2 452	433 462	0.96992	2 975 328	33.84
50	5	0.00657	0.03234	85 467	2 764	420 423	0.96156	2 541 866	29.74
55	5	0.00915	0.04474	82 702	3 700	404 262	0.94628	2 121 444	25.65
60	5	0.01304	0.06313	79 003	4 987	382 545	0.92447	1 717 181	21.74
65	5	0.01858	0.08878	74 015	6 571	353 649	0.89305	1 334 637	18.03
70	5	0.02710	0.12690	67 444	8 559	315 825	0.84990	980 987	14.55
75	5	0.03876	0.17667	58 886	10 404	268 419	0.59646 ³	665 162	11.30
80	∞	0.12220	1.00000	48 482	48 482	396 743		396 743	8.18

Cuadro 19 (continuación 12) / Table 19 (continued 12)
 ECUADOR: TABLAS ABREVIADAS DE MORTALIDAD
 ECUADOR: ABRIDGED LIFE TABLES
 2010-2015

Edad / Age (x)	n	m(x,n)	q(x,n)	l(x)	d(x,n)	L(x,n)	P(x,x+5)	T(x)	e(x)
HOMBRES / MALES									
0	1	0.02036	0.02000	100 000	2 000	98 249	0.97810 ¹	7 290 948	72.91
1	4	0.00129	0.00514	98 000	503	390 800	0.99525 ²	7 192 698	73.39
5	5	0.00062	0.00310	97 497	302	486 728	0.99689	6 801 899	69.77
10	5	0.00063	0.00313	97 195	304	485 212	0.99475	6 315 170	64.97
15	5	0.00148	0.00738	96 890	715	482 664	0.99022	5 829 958	60.17
20	5	0.00246	0.01221	96 175	1 174	477 941	0.98674	5 347 294	55.60
25	5	0.00289	0.01433	95 001	1 361	471 603	0.98534	4 869 353	51.26
30	5	0.00302	0.01500	93 640	1 405	464 689	0.98387	4 397 749	46.96
35	5	0.00349	0.01728	92 235	1 594	457 192	0.98143	3 933 061	42.64
40	5	0.00402	0.01988	90 641	1 802	448 702	0.97677	3 475 869	38.35
45	5	0.00540	0.02665	88 839	2 368	438 277	0.97107	3 027 167	34.07
50	5	0.00635	0.03126	86 471	2 703	425 599	0.96272	2 588 889	29.94
55	5	0.00889	0.04349	83 768	3 643	409 733	0.94761	2 163 290	25.82
60	5	0.01273	0.06169	80 125	4 943	388 269	0.92593	1 753 557	21.89
65	5	0.01825	0.08726	75 183	6 560	359 512	0.89455	1 365 288	18.16
70	5	0.02675	0.12538	68 622	8 604	321 601	0.85108	1 005 776	14.66
75	5	0.03856	0.17584	60 018	10 553	273 708	0.59995 ³	684 175	11.40
80	∞	0.12051	1.00000	49 465	49 465	410 468		410 468	8.30

Cuadro 19 (continuación 13) / Table 19 (continued 13)
 ECUADOR: TABLAS ABREVIADAS DE MORTALIDAD
 ECUADOR: ABRIDGED LIFE TABLES
 2015-2020

Edad / Age (x)	n	m(x,n)	q(x,n)	l(x)	d(x,n)	L(x,n)	P(x,x+5)	T(x)	e(x)
HOMBRES / MALES									
0	1	0.01623	0.01600	100 000	1 600	98 596	0.98215 ¹	7 363 975	73.64
1	4	0.00121	0.00482	98 400	474	392 479	0.99560 ²	7 265 379	73.84
5	5	0.00058	0.00292	97 926	286	488 916	0.99707	6 872 900	70.18
10	5	0.00059	0.00295	97 640	288	487 482	0.99507	6 383 984	65.38
15	5	0.00139	0.00692	97 353	674	485 078	0.99082	5 896 502	60.57
20	5	0.00230	0.01145	96 679	1 107	480 626	0.98755	5 411 425	55.97
25	5	0.00271	0.01347	95 572	1 287	474 641	0.98618	4 930 799	51.59
30	5	0.00285	0.01417	94 284	1 336	468 083	0.98472	4 456 158	47.26
35	5	0.00331	0.01641	92 949	1 525	460 930	0.98230	3 988 075	42.91
40	5	0.00384	0.01901	91 423	1 738	452 772	0.97773	3 527 145	38.58
45	5	0.00519	0.02560	89 685	2 296	442 687	0.97206	3 074 374	34.28
50	5	0.00616	0.03034	87 389	2 651	430 318	0.96371	2 631 687	30.11
55	5	0.00867	0.04242	84 738	3 595	414 703	0.94876	2 201 370	25.98
60	5	0.01247	0.06046	81 143	4 906	393 451	0.92719	1 786 667	22.02
65	5	0.01796	0.08596	76 237	6 553	364 803	0.89583	1 393 216	18.27
70	5	0.02646	0.12408	69 684	8 647	326 803	0.85209	1 028 412	14.76
75	5	0.03838	0.17512	61 037	10 689	278 465	0.60311 ³	701 609	11.49
80	∞	0.11899	1.00000	50 348	50 348	423 145		423 145	8.40

Para determinar el componente demográfico de fecundidad se obtuvo de [48], Tabla 4 y Tabla 5, la tasa específica de fecundidad relativa (TEF) y la tasa global de fecundidad (TGF), respectivamente.

Tabla 4. Tasas específicas de fecundidad.

Fuente	Periodo	TGF	Tasas específicas de fecundidad						
			15 a 19 años	20 a 24 años	25 a 29 años	30 a 34 años	35 a 39 años	40 a 44 años	45 a 49 años
ENF	1965 - 1969	6.865	0.138	0.305	0.309	0.263	0.217	0.093	0.028
EV	1967	6.248	0.094	0.274	0.299	0.251	0.211	0.091	0.030
ENF	1975 - 1979	5.340	0.103	0.240	0.261	0.203	0.163	0.081	0.017
EV	1977	4.636	0.078	0.212	0.218	0.184	0.143	0.071	0.021
ESMIVD	1981 - 1982	4.980	0.088	0.222	0.254	0.203	0.140	0.075	0.014
Censo	1982	4.733	0.076	0.215	0.223	0.189	0.144	0.078	0.021
EV	1982	3.880	0.070	0.176	0.182	0.156	0.115	0.061	0.015
ENDESA	1981 - 1983	4.735	0.101	0.239	0.224	0.163	0.118	0.072	0.030
ENDESA	1982 - 1987	4.335	0.091	0.216	0.213	0.153	0.109	0.062	0.023
ENDESA	1984 - 1987	4.225	0.088	0.213	0.208	0.156	0.099	0.059	0.022
ENDEMAIN	1984 - 1989	3.835	0.084	0.197	0.183	0.142	0.100	0.048	0.013
EV	1985	3.525	0.066	0.166	0.166	0.139	0.101	0.052	0.015
Censo	1990	3.503	0.067	0.171	0.170	0.135	0.094	0.048	0.016
EV	1990	3.984	0.091	0.199	0.191	0.149	0.100	0.051	0.015
ENDEMAIN	1989 - 1994	3.615	0.091	0.184	0.174	0.132	0.089	0.046	0.007
ENDEMAIN	1994 - 1999	3.375	0.091	0.176	0.159	0.123	0.079	0.037	0.010
EV	1996	3.706	0.103	0.189	0.179	0.138	0.084	0.038	0.009
ENDEMAIN	1999 - 2004	3.270	0.100	0.177	0.153	0.119	0.073	0.029	0.003
Censo	2001	2.861	0.077	0.151	0.135	0.106	0.067	0.029	0.006
EV	2001	3.374	0.100	0.180	0.161	0.123	0.074	0.031	0.006
ECV	2006	2.856	0.059	0.152	0.149	0.106	0.064	0.036	0.005
Censo	2010	2.401	0.072	0.125	0.114	0.089	0.055	0.021	0.004
EV	2010	2.659	0.098	0.143	0.123	0.094	0.053	0.018	0.002
ENSANUT	2011 - 2013	2.988	0.111	0.157	0.132	0.107	0.064	0.022	0.004
ENSANUT	2018 - 2019	2.143	0.066	0.112	0.102	0.081	0.050	0.016	0.001
EV	2017	2.154	0.075	0.110	0.103	0.081	0.047	0.014	0.001

Tabla 5. Tasa de Mortalidad anual.

año	Estructura relativa promedio							TGF
	15 a 19 años	20 a 24 años	25 a 29 años	30 a 34 años	35 a 39 años	40 a 44 años	45 a 49 años	promedio
1967	0.088	0.221	0.232	0.203	0.163	0.070	0.022	6.557
1977	0.091	0.227	0.240	0.194	0.153	0.076	0.019	4.988
1982	0.085	0.227	0.235	0.200	0.150	0.081	0.021	4.306
1985	0.106	0.253	0.243	0.182	0.124	0.068	0.023	4.132
1990	0.112	0.250	0.241	0.188	0.127	0.065	0.017	3.700
1996	0.137	0.258	0.238	0.184	0.115	0.053	0.014	3.540
2001	0.145	0.267	0.236	0.183	0.113	0.047	0.008	3.168
2010	0.185	0.266	0.226	0.178	0.104	0.036	0.006	2.824
2017	0.164	0.258	0.239	0.190	0.113	0.034	0.003	2.149

La población de Santa Isabel según el censo del año 2010 es de 18,393 habitantes. Se estima para el año 2023 una población de 22,629 habitantes. Una vez obtenida la población total se realiza la estimación para la zona de estudio, el casco urbano de la ciudad, donde se obtuvo una población de 7,282 habitantes.

De igual manera se obtuvo la distribución de la población por zonas de interés, establecidas mediante los PITs urbanos de la parroquia de Santa Isabel, como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6. Población estimada de Santa Isabel para el año 2023

Zona	Población 2010 (hab)	Población Proyectada 2023 (hab)
1	630	775
2	528	650
3	97	119
4	47	58
5	954	1,174
6	417	513
7	155	191
8	738	908
9	327	402
10	407	501
11	224	276
12	113	139
13	167	205
14	67	82
15	466	573
16	474	583
17	108	133

3.4. Socialización del servicio de bicicletas eléctricas

Si bien, al inicio de este trabajo se generó un acercamiento a la población para indagar sobre su opinión en relación a un servicio de bicicletas eléctricas, también es necesario un acercamiento final para mostrar el proyecto diseñado para el área de estudio. El proyecto incluye la opinión de la población y en el proceso de socialización se pretende divulgar los resultados y obtener aceptación.

Se diseñó un tríptico sobre las principales ventajas y desventajas del servicio público de bicicletas y un resumen de los resultados. El tríptico se puede observar en el Anexo D. Luego se procedió a su entrega a la población en el sector urbano de Santa Isabel.

Así mismo, se dialoga con algunas de las personas para obtener sus dudas, opiniones y sugerencias con el fin de, posteriormente, realizar una matriz para determinar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del proyecto específico, que luego podrá contribuir al fortalecimiento del proyecto.

Análisis de la aceptación al servicio de bicicletas públicas eléctricas

En el presente capítulo se realiza un análisis de la aceptación de los habitantes de la cabecera cantonal de Santa Isabel al servicio público de bicicletas eléctricas propuesto, para lo cual se aplica un método cuantitativo que permite analizar los datos de manera estadística.

4.1. Encuesta

El instrumento empleado es un cuestionario diseñado con preguntas de opción múltiple que se aplica a la muestra objetivo. El cuestionario contiene preguntas elaboradas de forma sencilla para facilitar una recolección de datos más precisa.

La encuesta consta de 2 secciones, la primera tiene 17 preguntas sobre datos generales de la población, sus modos de transporte y su perspectiva sobre el sistema público de bicicletas, esta sección finaliza con la declaración de los problemas de movilidad, que el encuestado piensa que existe dentro de la ciudad. En la segunda sección, se realiza 1 pregunta sobre los orígenes y destinos más comunes de los encuestados, esto para obtener los lugares de interés y establecer un comportamiento general de la población dentro del sector urbano de la ciudad. Aunque esta sección se compone de una única pregunta, el encuestador deberá usar un mapa con las zonas para que el usuario pueda identificar donde inician y finalizan sus viajes cotidianos.

En el Anexo A, se encuentra el modelo de encuesta realizado.

La encuesta se aplicó en el centro de la ciudad. Se optó por diseñar el cuestionario con la herramienta gratuita Google Forms¹. Esta decisión evita errores en el proceso de tabulación, aunque requiere que el encuestador tenga un dispositivo móvil y acceso al formulario. El equipo del levantamiento de datos estuvo conformado por 8 encuestadores quienes aplicaron la encuesta durante 5 días para cubrir la muestra necesaria. Se realizó 2 días sábados, 1 día domingo y 2 días miércoles entre semana. Se escogió los días de mayor movilidad, siendo estos los fines de semana, ya que son los preferidos por la población para realizar compras, actividades recreacionales, entre otras. Las encuestas obtenidas entre semana son para incluir a la población que no desarrolla sus actividades los fines de semana.

¹ Se puede acceder a la encuesta mediante: <https://forms.gle/fazJ68624UDU8Tqz7>

4.2. Muestra

La muestra para la aplicación de la encuesta se calcula usando la proyección de la población del año 2023 que se obtuvo a través del método de los componentes demográficos, descrito en el capítulo 3.3.

La población estimada se obtuvo mediante la fórmula (12) y es de 7,282 habitantes.

Ya que la muestra es un subconjunto o parte de la población donde se llevará a cabo la investigación, se requiere que sea representativa de la población [49], de manera que podamos hacer una inferencia estadística que permita definir la opinión de toda la población.

Para el cálculo de la muestra se utilizó la siguiente fórmula obtenida de [21].

$$n = \frac{(Z^2 * P * Q * N)}{(N-1) * E^2 + Z^2 * P * Q} \quad (13)$$

n es el tamaño de la muestra

Z es el número de desviaciones estándares para asegurar el nivel de confianza

P es la probabilidad de que el individuo se encuentre dentro de la proporción buscada

Q es la probabilidad de que el individuo no esté dentro de la proporción buscada

N es la población

E es el margen de error

Se consideró un nivel de confianza de 95% y un margen de error del 5%, con una probabilidad de aceptación del 50% y de igual manera una probabilidad de no aceptación del 50%, esto para estar dentro de los rangos de mayor seguridad.

Para el nivel de confianza del 95% se tiene un valor de Z de 1.96.

Se obtuvo una muestra representativa de 364 habitantes.

4.3. Resultados de la encuesta

La muestra representativa es de 364, pero se desarrollaron 365 encuestas en el levantamiento de los datos.

Sección 1: Percepción de la población del sistema público de bicicletas

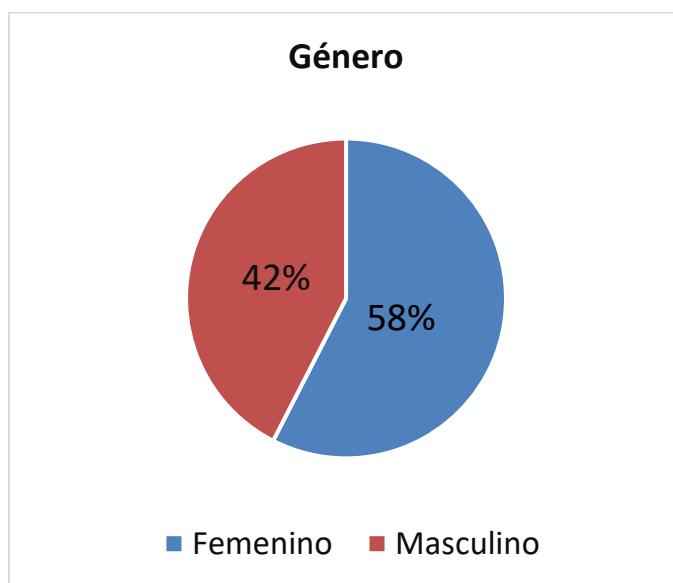


Ilustración 18. Género de los encuestados. Elaboración propia.

La primera pregunta, hace referencia al género del encuestado, donde se observa una mayoría del género femenino con un 58%, mientras que el 42% corresponden al género masculino. Este equilibrio entre los géneros indica una distribución similar a la proporción observada en la población donde el porcentaje de mujeres es mayor [12], evitando un sesgo de género.

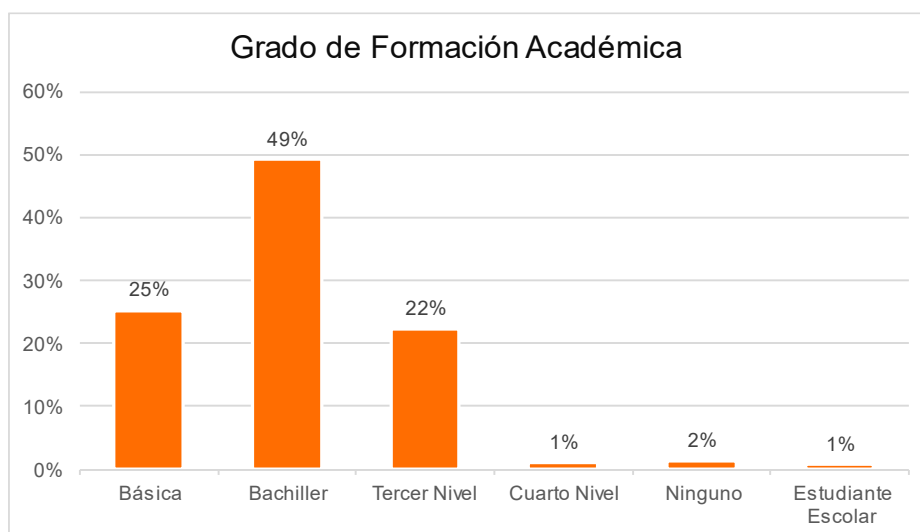


Ilustración 19. Grado de Formación Académica. Elaboración propia.

La pregunta 2 es sobre el grado de formación académica del encuestado, donde se obtiene que la mayoría de la población cuenta con un título de bachiller, mientras que el porcentaje de encuestados con título de cuarto nivel es bajo.

Las encuestas a menores de edad fueron bajo supervisión de los padres. Cabe mencionar que al momento de realizar las encuestas algunos padres de familia se mostraban reacios a que sus hijos la completaran, por lo cual no se realizó la encuesta a muchos menores de edad, que pueden ser potenciales usuarios dado que su movilidad está principalmente relacionada con los estudios.

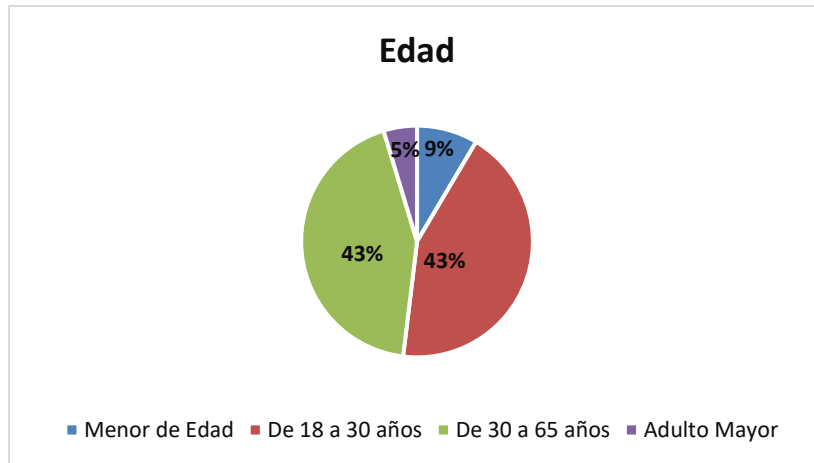


Ilustración 20. Edad de los encuestados. Elaboración propia.

La pregunta 3, hace referencia a la edad de los encuestados, donde se muestra que la mayoría de encuestados está en el rango de edad de 18 a 65 años, siendo el grupo prioritario al cual va enfocado el sistema público de bicicletas eléctricas.

El porcentaje de menores de edad es bajo, debido a las complicaciones mencionadas en la pregunta anterior. El porcentaje de adultos mayores es menor debido a que este modo de transporte podría resultar más difícil de utilizar para ellos. Por lo tanto, no se los considera como potenciales usuarios.

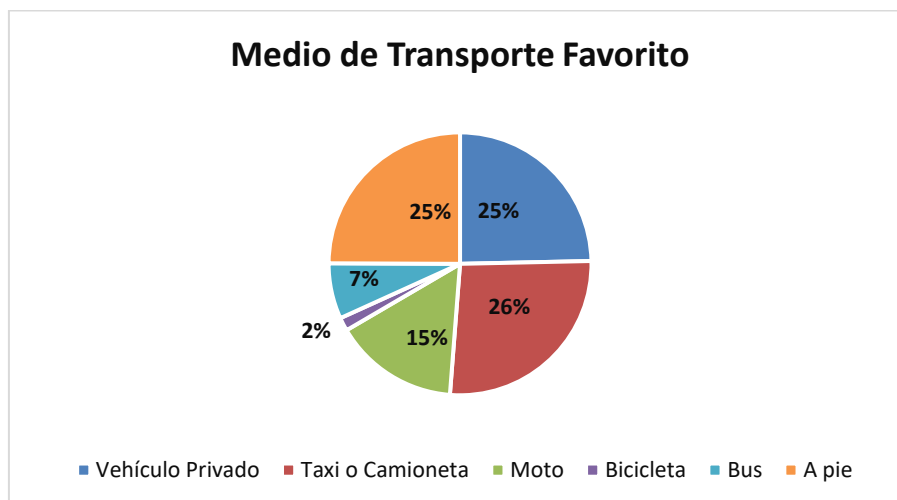


Ilustración 21. Medio de transporte favorito de los encuestados. Elaboración propia.

La pregunta 4, muestra el tipo de transporte favorito de los encuestados para movilizarse dentro de la cabecera cantonal de la ciudad de Santa Isabel, dando como resultado que existe un alto porcentaje de personas que se transportan mediante vehículos motorizados, ya sea con vehículos propios o públicos. Al ser una ciudad pequeña se observa un porcentaje similar de personas que se movilizan a pie. La bicicleta no se ha consolidado como un medio de transporte común en la ciudad, representando solo el 2% de la muestra.

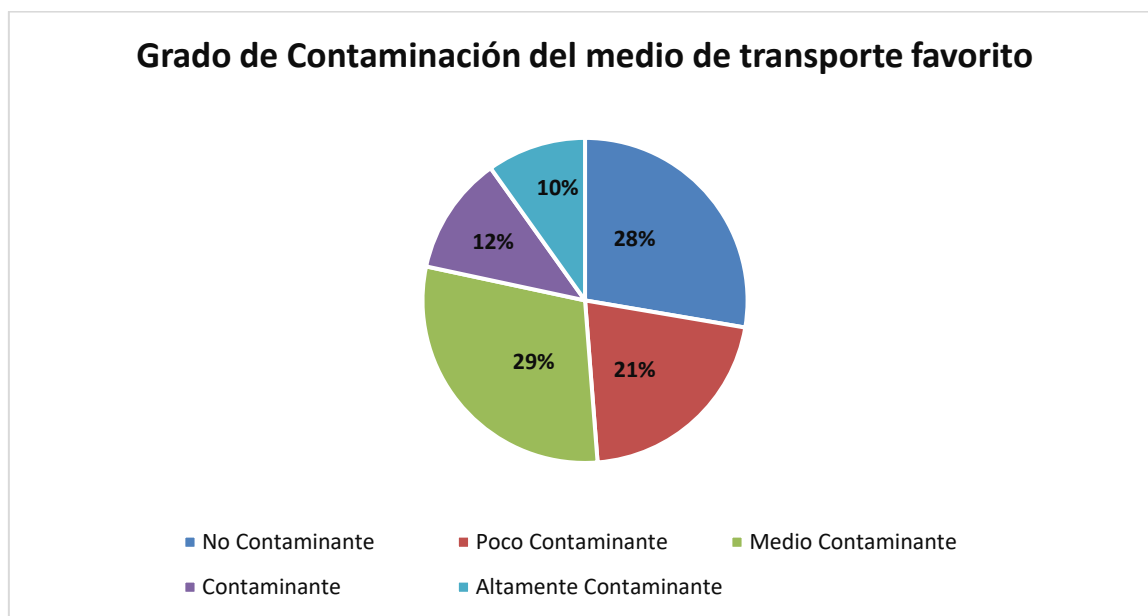


Ilustración 22. Grado de contaminación del transporte favorito. Elaboración propia.

En la pregunta 5, se observa la percepción que los encuestados tienen de su medio de transporte favorito y lo contaminante que es para el medio ambiente; donde un menor porcentaje de los ciudadanos percibe que sus medios de transporte favoritos son contaminantes, mientras que un 28% opina que su medio de transporte no es contaminante.

Esta pregunta debe correlacionarse con el modo de transporte favorito para determinar de mejor manera la percepción de la población sobre la contaminación.

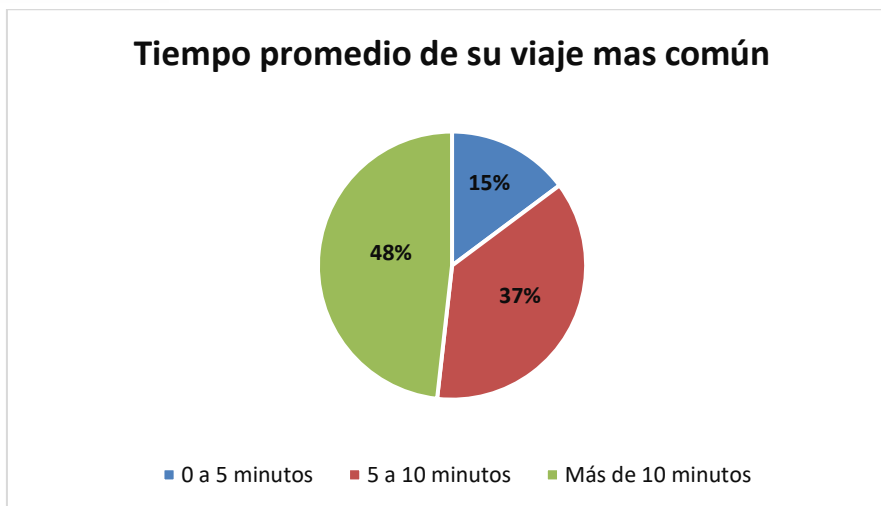


Ilustración 23. Tiempo promedio de viaje. Elaboración propia.

La pregunta 6, muestra el tiempo promedio del viaje más común del encuestado dentro de la cabecera cantonal de Santa Isabel, donde el 48 % se demora más de 10 minutos, el 37% realiza su viaje en un rango de 5 a 10 minutos y por último el 15% se demora menos de 5 minutos.

Se observa que la mayoría de los encuestados se demora más de 10 minutos en realizar un viaje, esto puede ser debido a que al momento de responder la pregunta el encuestado no tomo en cuenta solo el tiempo del viaje más común sino el tiempo que se demora en movilizarse para realizar varias actividades. O simplemente este tiempo de viaje alto plantea que existe una dificultad en la movilidad que podría ser por problemas de congestión. En base a los resultados obtenidos, se evidencia la necesidad de establecer más intervalos de tiempo para tener una mejor percepción de la población, ya que la mayoría se tarda más de 10 minutos.

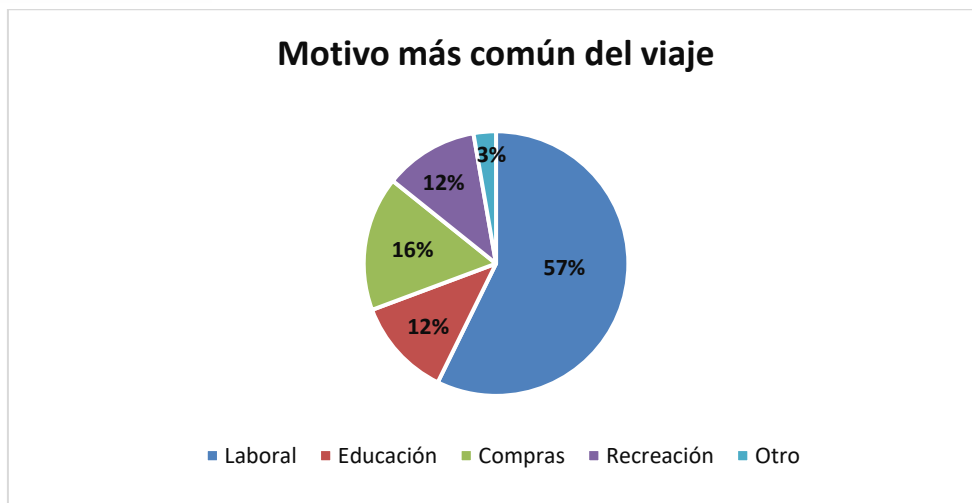


Ilustración 24. Motivo más común del viaje. Elaboración propia.

En la pregunta 7, se observa el motivo más común del viaje del encuestado dentro de la cabecera cantonal de Santa Isabel, estableciéndose que el 57% viaja por motivos laborales, siendo la mayoría de la población.

Hay que tomar en cuenta que el 12% de la población que viaja por motivos de educación puede ser mayor, debido a la complejidad al realizar la entrevista a menores de edad que regularmente sería su motivo más común de viaje.

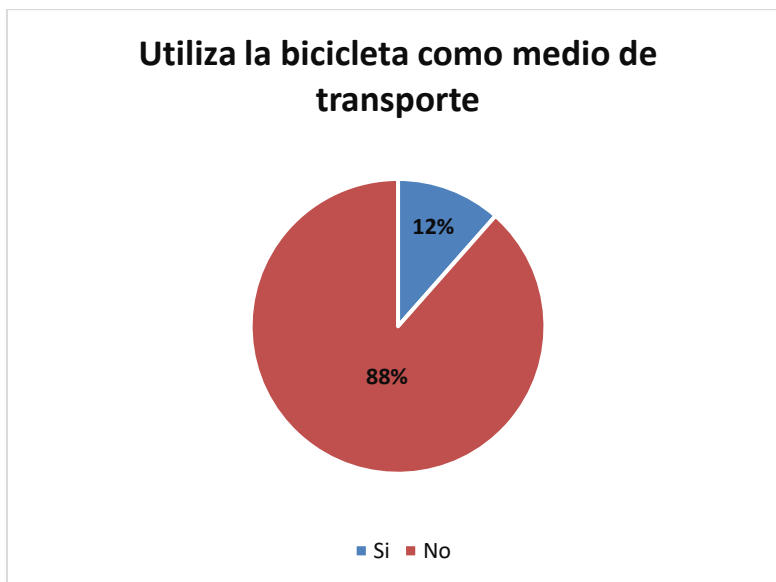


Ilustración 25. Uso de la bicicleta como medio de transporte. Elaboración propia.

En la pregunta 8, se indica si el encuestado utiliza bicicleta como medio de transporte, es decir no solo como recreación, donde se obtuvo como resultado que el 88% no usan, mientras el 12% si la utilizan.

En este punto se observa que la población no tiene establecida la bicicleta como medio de transporte común dentro de la ciudad, lo que se evidenció en la pregunta 4. Las razones de esta situación pueden ser diversas y se analizan en el siguiente enunciado.



Ilustración 26. Razones por la que no utilizan bicicleta. Elaboración propia.

La pregunta 9 hace referencia a los motivos por los cuales los encuestados deciden no utilizar la bicicleta como su medio de transporte dentro de la ciudad de Santa Isabel, dando como resultados que el mayor porcentaje de personas no la utiliza por la falta de ciclovías y de infraestructuras.

A diferencia de lo esperado, la principal razón por la que la población no utiliza la bicicleta es por la falta de infraestructura, y pocos encuestados piensan que la dificultad es la topografía de la zona, es decir sus pendientes elevadas.

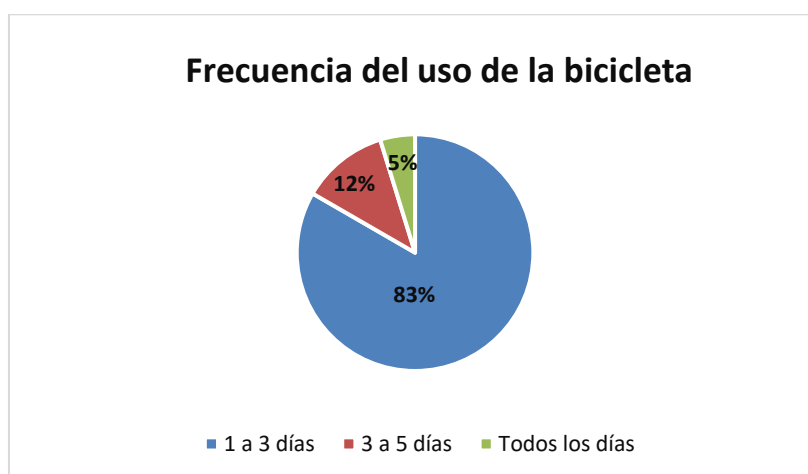


Ilustración 27. Frecuencia del uso de la bicicleta. Elaboración propia.

La pregunta 10 es opcional, pues se aplica únicamente a las personas que contestaron de manera afirmativa la pregunta 8. Se obtiene como resultado que el 83% la usa de 1 a 3 días a la semana, el 12% lo hace de 3 a 5 días, mientras que el 5% utiliza la bicicleta todos los días de la semana.

Aunque en la pregunta 8 se mencionaba sobre el uso la bicicleta como medio de transporte y no solo con fines recreativos, en esta pregunta se observa que el mayor porcentaje la utiliza únicamente de 1 a 3 días, lo que sugiere que no es su principal modo de transporte.

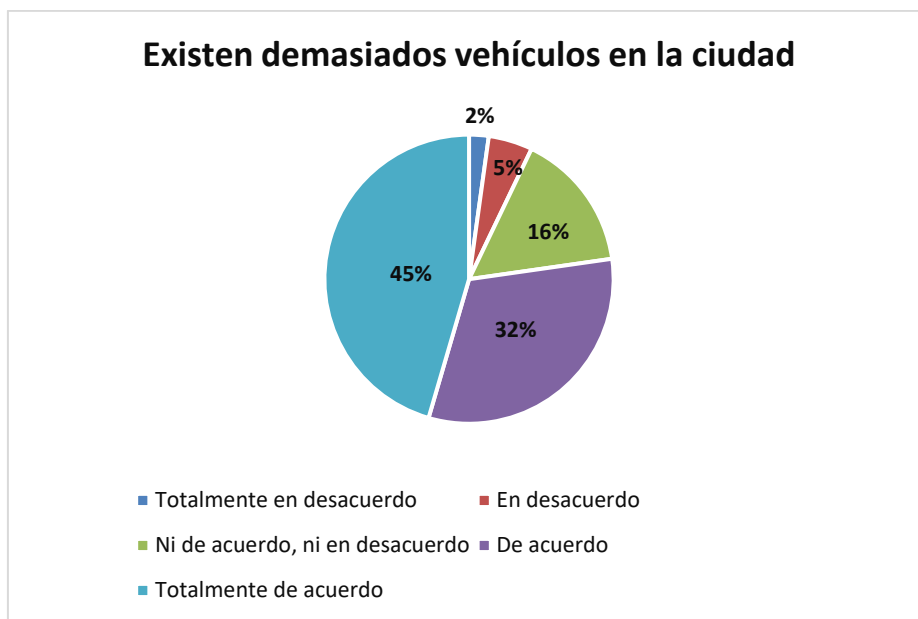


Ilustración 28. Opinión de la cantidad de vehículos. Elaboración propia.

La pregunta 11 es de opinión, sobre si los encuestados creen que existe demasiados vehículos en la cabecera cantonal de Santa Isabel, donde se obtuvo como resultado que el 45% está totalmente de acuerdo, el 32% está de acuerdo, el 16% ni de acuerdo ni en desacuerdo, el porcentaje de encuestados que está en desacuerdo es del 5%, mientras que el 2% están en total desacuerdo.

Se puede evidenciar que la mayoría de la población percibe que existe una cantidad excesiva de vehículos dentro de la ciudad, fundamentando la necesidad de desarrollar una movilidad más eficiente.

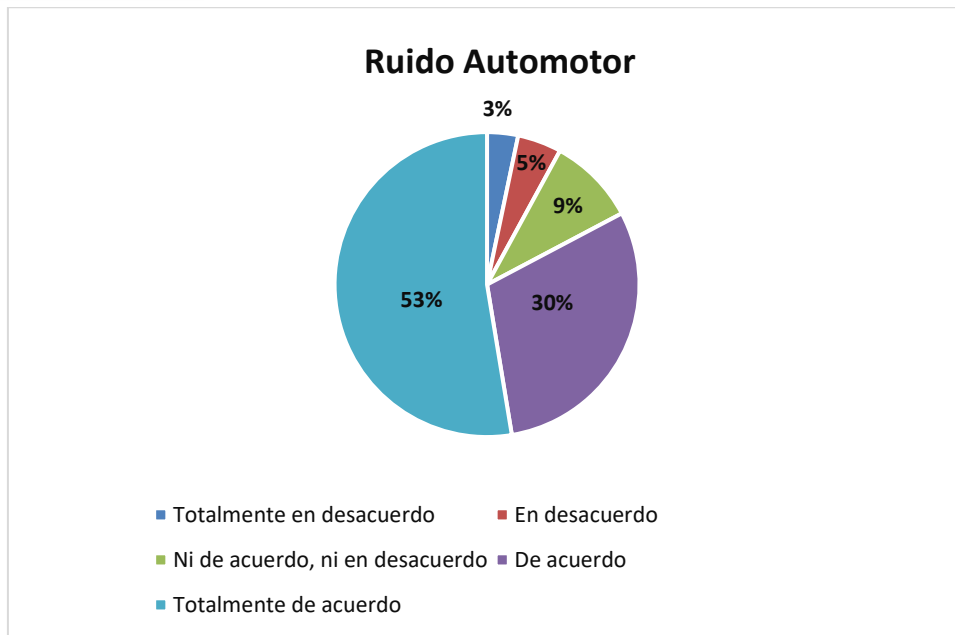


Ilustración 29. Opinión sobre el ruido automotor. Elaboración propia.

La pregunta 12, es de opinión hacia los encuestados sobre si creen que existe demasiado ruido automotor en la cabecera cantonal de Santa Isabel, observando que el 53% se encuentra totalmente de acuerdo, el 30% se encuentra de acuerdo, las personas ni de acuerdo ni en desacuerdo representan el 9%, mientras que el 5% se encuentra en desacuerdo, y por último solo el 3% se encuentra totalmente en desacuerdo.

Se puede evidenciar que la mayoría de la población percibe que existe demasiado ruido en la ciudad.

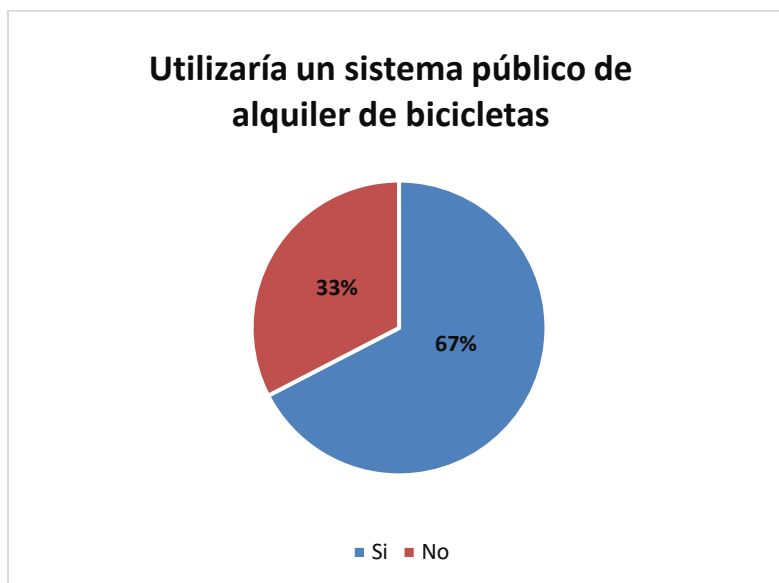


Ilustración 30. Uso del sistema público de bicicletas. Elaboración propia.

En la pregunta 13, se plantea al encuestado si se encuentra dispuesto a utilizar un servicio público de alquiler de bicicletas eléctricas, donde se observa que el 67% si estaría dispuesto, mientras que el 33% no lo utilizaría.

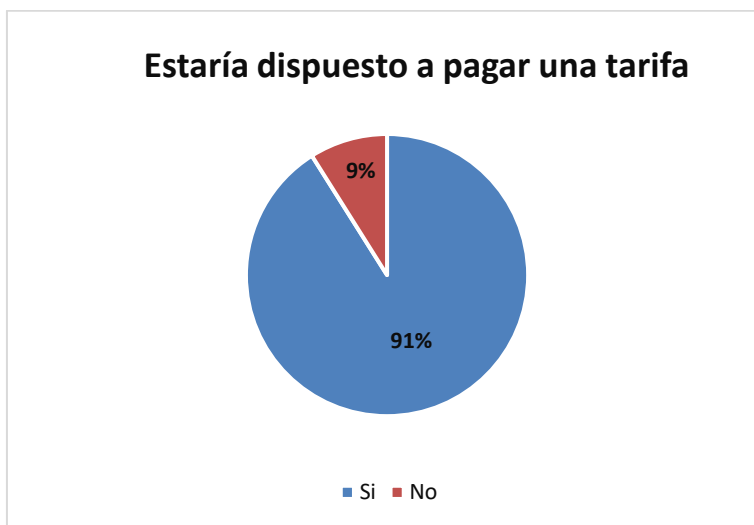


Ilustración 31. Disposición a pagar una tarifa por el servicio. Elaboración propia.

La pregunta 14, es opcional y depende de haber contestado de forma afirmativa la pregunta 13, en este caso se plantea al encuestado que si una vez aceptado el sistema de bicicletas eléctricas, estaría dispuesto a pagar una tarifa por su uso, dando como resultado que el 91% si estaría dispuesto a pagar, mientras que el 9% no pagaría.

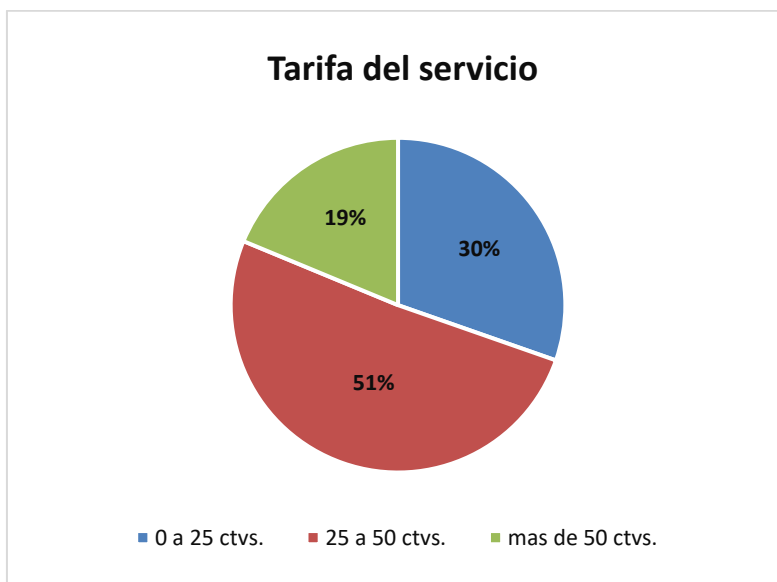


Ilustración 32. Cuánto está dispuesto a pagar por el servicio. Elaboración propia.

La pregunta 15 es opcional al contestar las anteriores preguntas, 13 y 14 afirmativamente. Se plantea al encuestado sobre cuál es el costo que estaría dispuesto a pagar, donde el 51 %

pagaría de 25 a 50ctvs por el servicio, mientras que el 30% pagaría de 0 a 25ctvos, por último, el 19% de encuestados estarían dispuestos a pagar más de 50ctvos por el servicio de bicicletas eléctricas.

Se observa que la mayoría de la población estaría dispuesta a pagar hasta 50ctvos por el servicio, lo cual a futuro podría funcionar como un indicador para las fuentes de financiamiento del sistema. Tomar en cuenta que el costo debe competir con los diferentes servicios públicos ofertados para la ciudad.

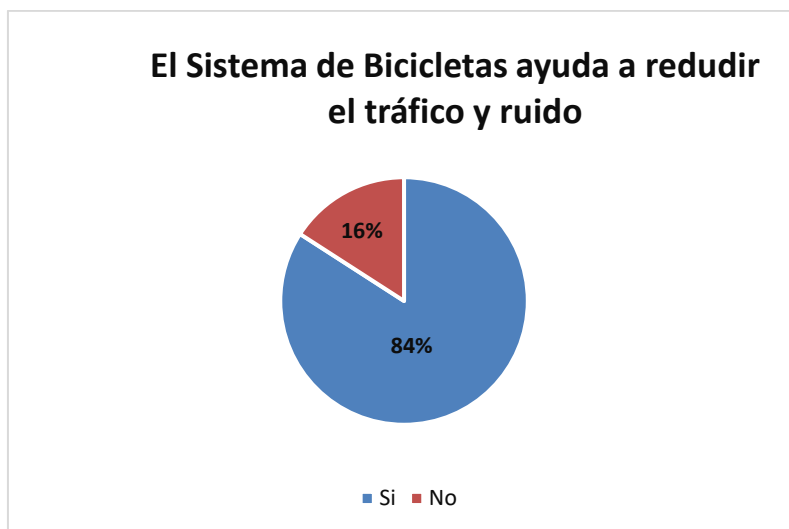


Ilustración 33. Ayuda del sistema a los problemas de movilidad. Elaboración propia.

La pregunta 16, es de opinión para los encuestados sobre si cree que un sistema público de bicicletas eléctricas ayudaría a reducir el problema del ruido y de la congestión dentro de la ciudad, donde el 84% cree que, si mejoraría, mientras el 16% de encuestados no creen que el servicio de bicicletas sería una solución.

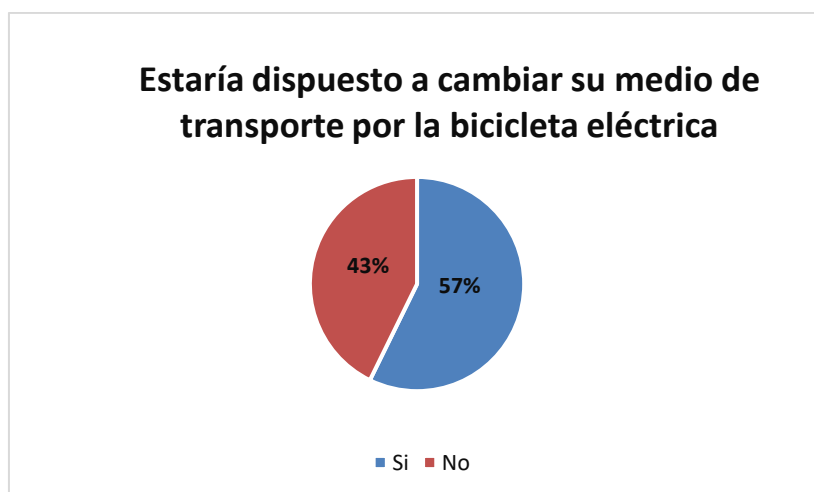


Ilustración 34. Disposición a cambiar su medio de transporte. Elaboración propia.

La pregunta 17, establece la disposición del encuestado a cambiar su medio de transporte por el de una bicicleta eléctrica, obteniendo como resultado que el 57% si estaría dispuesto, mientras que el 43% no estaría dispuesto.

Esta pregunta se correlaciona con el medio de transporte favorito de la población para determinar el cambio modal.

Sección 2: Descripción del viaje más común

En esta sección se establecieron las zonas de origen y destino para el estudio, a través de los PITs urbanos de la ciudad, Mapa 2.

Donde se obtuvo las siguientes respuestas:

Tabla 7. Tabla resumen de orígenes y destinos. Elaboración propia

Zona	Origen	Destinos
01	27%	27%
02	11%	35%
03	3%	8%
04	6%	4%
05	9%	7%
06	3%	1%
07	5%	1%
08	7%	5%
09	2%	1%
10	1%	2%
11	2%	1%
12	3%	1%
13	1%	1%
14	4%	2%
15	1%	1%
16	4%	2%
17	11%	1%

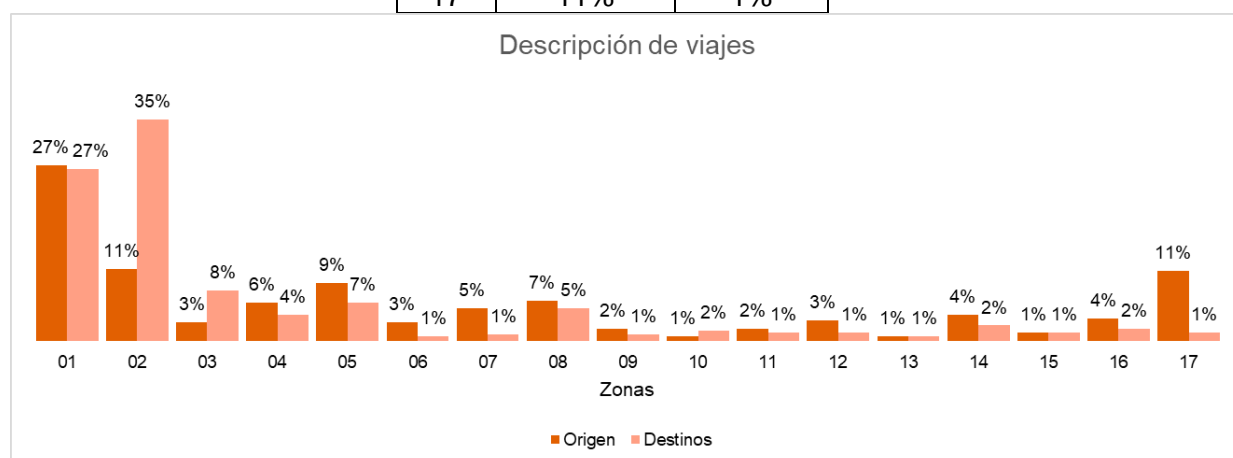


Ilustración 35. Descripción de los viajes más comunes. Elaboración propia.

En la Ilustración 35 se puede observar las zonas más comunes de origen y destino de los viajes, dando como resultados que dentro de la zona 1 y 2 que se encuentran en el centro de la ciudad existe un mayor movimiento, siendo uno de los mayores atractivos tanto de origen como destino.

4.4. Análisis de los Resultados

Para observar de mejor manera el comportamiento de la población se realizaron correlaciones entre diferentes preguntas.

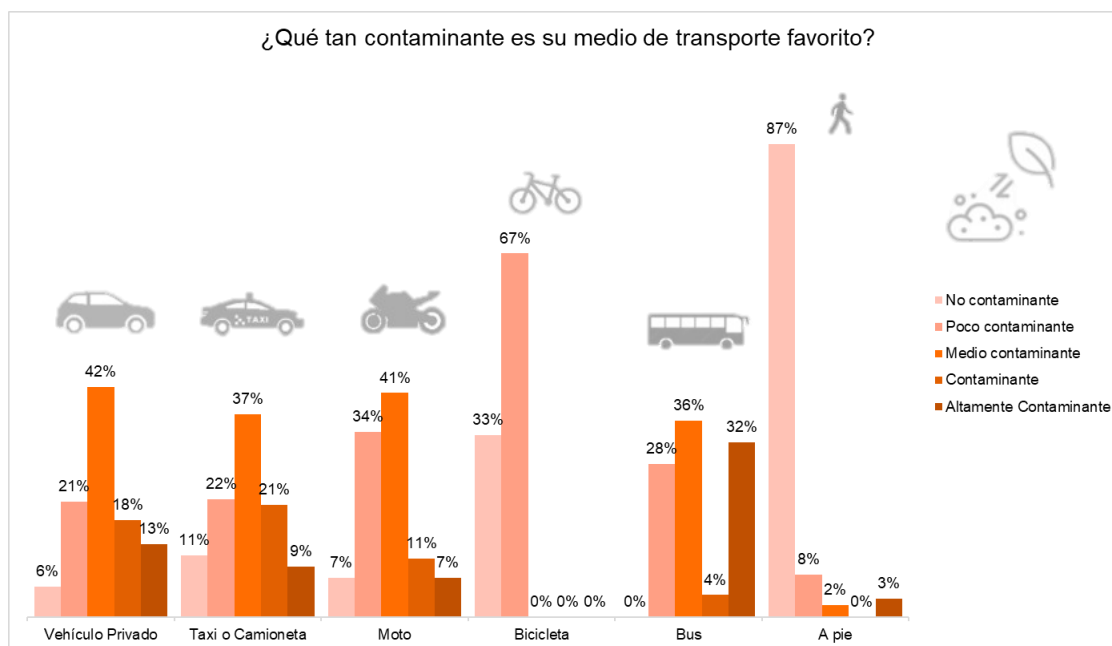


Ilustración 36. Análisis del tipo de transporte utilizado y la percepción del encuestado del grado de contaminación provocado. Elaboración propia.

En la Ilustración 36, se observa la percepción de cada encuestado sobre la contaminación que genera su medio de transporte favorito. Donde se puede observar que la mayoría de encuestados que utilizan un vehículo privado piensan que es un transporte medio contaminante con un 42%, mientras que solo el 13% opina que es altamente contaminante.

En cuanto a las personas que utilizan taxi o camioneta publica de igual manera la mayoría de encuestados opina que su transporte es medio contaminante con el 37%, solo el 9% piensa que es altamente contaminante, mientras que el 11% lo toman como no contaminante.

De los usuarios de motocicletas el 7% opina que es altamente contaminante, mientras que el 41% lo da como un transporte medio contaminante y un 7% piensa que no es contaminante.

Dentro de los usuarios de bus el 32% opina que es altamente contaminante, mientras que 36% opina que es medio contaminante y el 28% piensa que es un transporte poco contaminante.

La percepción de los encuestados que utilizan vehículos motorizados, es que su transporte es medio contaminante. Al realizar las encuestas se socializó con la gente, donde varias personas asociaban la contaminación solo a los vehículos antiguos por los gases que emanan, y no perciben el ruido como contaminación.

Se recomienda generar espacios de socialización para temas de movilidad sostenible, donde se impartan conceptos sobre la contaminación vehicular.

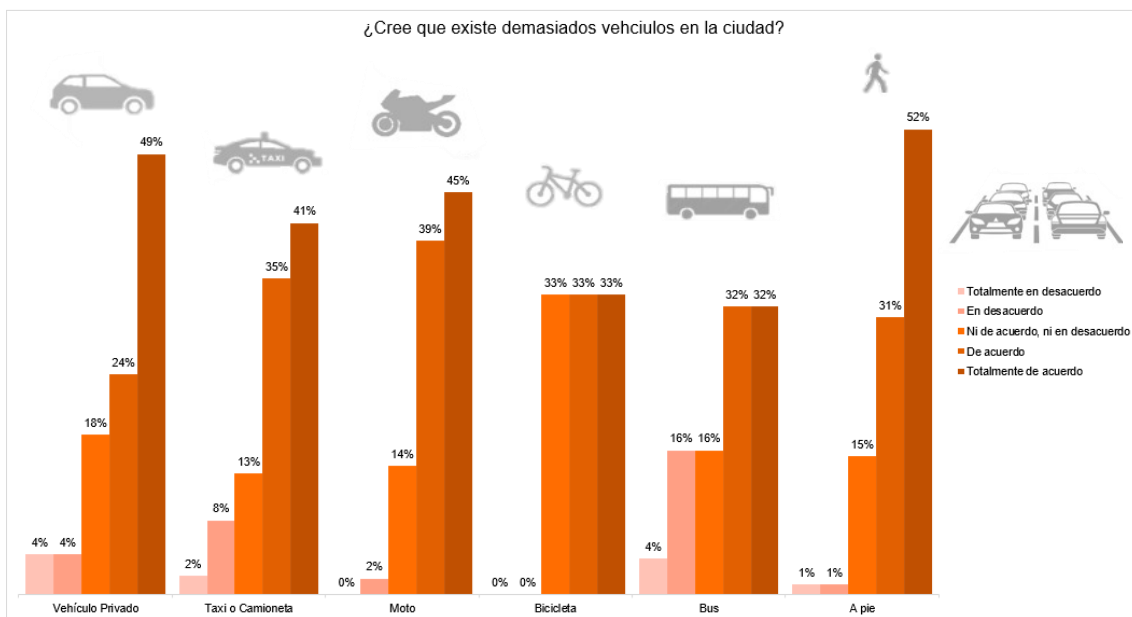


Ilustración 37. Análisis del tipo de transporte utilizado y su opinión sobre la cantidad de vehículos. Elaboración propia.

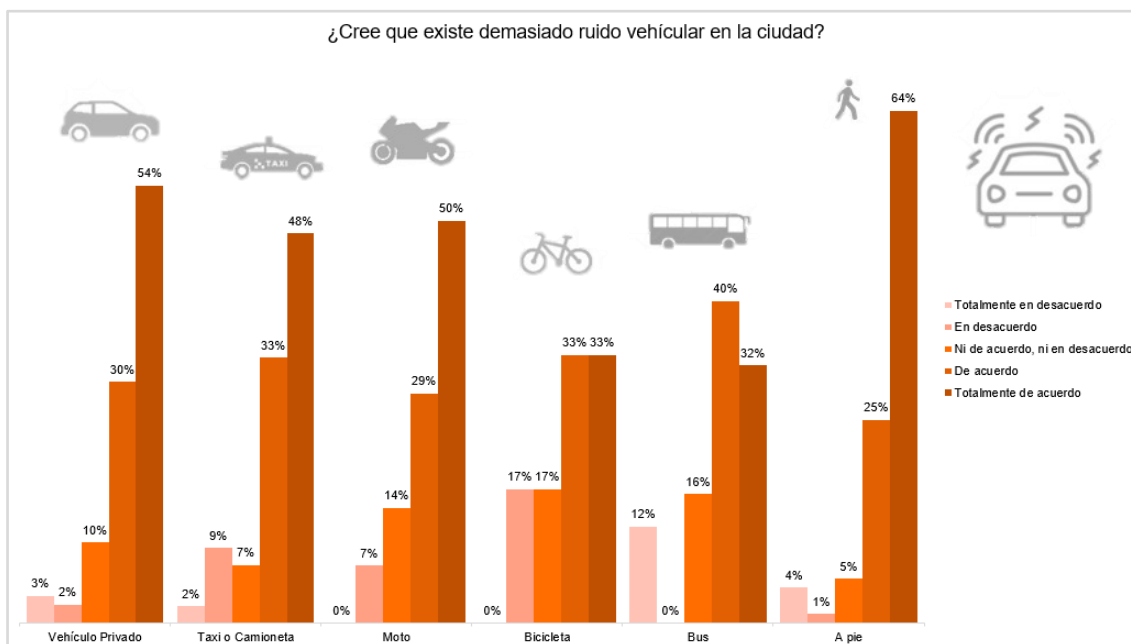


Ilustración 38. Análisis del tipo de transporte utilizado y su opinión sobre la cantidad de ruido. Elaboración propia.

Dentro de la Ilustración 37 y la Ilustración 38, se observa la percepción de los encuestados sobre lo que piensan acerca de la cantidad de vehículos y el ruido en la ciudad, en función del tipo de transporte más común que utilizan.

Obteniendo como resultado que en su mayoría las personas que se transportan por vehículo privado están totalmente de acuerdo sobre el problema del ruido con un 54% y creen que existen demasiados vehículos un 49% de los encuestados. Solo el 3% está en desacuerdo sobre la existencia del ruido y el 4% está en desacuerdo con la idea de que existen demasiados vehículos.

Dentro de las personas que se transportan en taxis y camionetas el 41% opina que existen demasiados vehículos y el 48% piensa que existe demasiado ruido. Solo el 2% está en desacuerdo con los 2 planteamientos.

Dentro de las motos el 50% está totalmente de acuerdo con la existencia del ruido automotor y el 45% opina que existen demasiados vehículos.

Se denota un problema para la población, ya que desde su percepción hay una gran cantidad de vehículos que generan ruido. A pesar de su percepción la población utiliza estos medios de transporte por falta de otras alternativas.

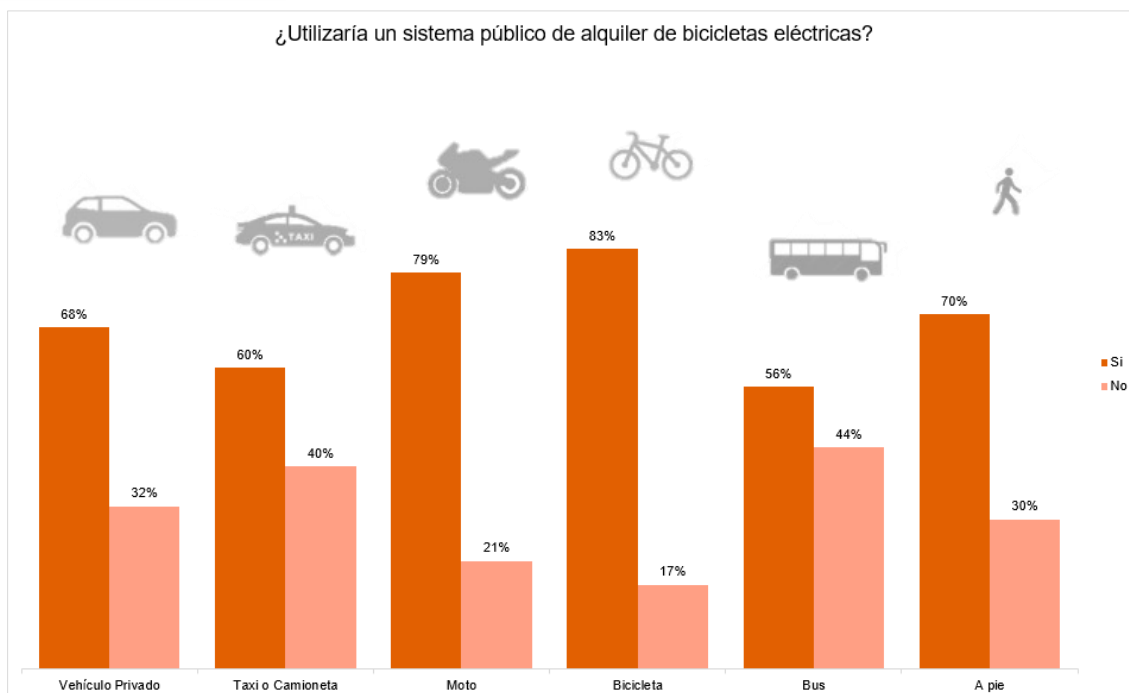


Ilustración 39. Análisis sobre cuantos usuarios de otros medios de transporte utilizarían un sistema público de bicicletas eléctricas. Elaboración propia.

En la Ilustración 39 se observa la relación entre el tipo de transporte favorito de los encuestados y cuantos estarían dispuestos a utilizar un sistema público de bicicletas eléctricas, esto para definir la potencial demanda del servicio.

Se observa que sin importar el modo de transporte la población está dispuesta a utilizar un sistema público de bicicletas eléctricas.

La mayor cantidad de usuarios de bicicleta preferiría utilizar el sistema público, ya que al contar con asistencia eléctrica el esfuerzo realizado sería menor que con la bicicleta convencional.

Los usuarios de autobús tienen menor predisposición al uso del sistema, esto puede ser debido a que el bus generalmente es utilizado para distancias más largas.

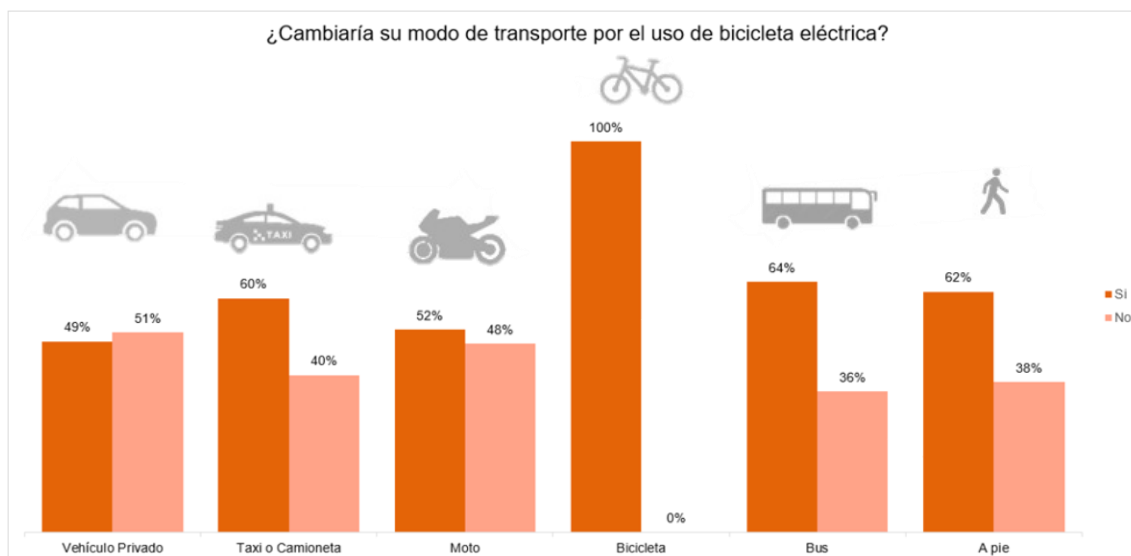


Ilustración 40. Análisis sobre cuantos usuarios de otros medios de transporte cambiarían a un sistema público de bicicletas eléctricas. Elaboración propia.

En la Ilustración 40, se observa la disposición de los habitantes sobre cambiar su modo de transporte por el uso de la bicicleta eléctrica. En todos los modos de transporte analizados existe una mayoría que están dispuestos a cambiar su modo de transporte más común por el uso de la bicicleta eléctrica excepto en los vehículos privados.

Una de las medidas para disminuir el ruido es reducir el tráfico [2]. En la Ilustración 40, se observa un análisis de las personas que utilizan diferentes medios de transporte que estarían dispuestas a cambiar al uso de bicicletas, generando un cambio modal. A través de este cambio modal disminuye el tráfico, ya que varias personas que transitan en servicio públicos de taxis y camionetas dejarían de usarlas. A través de esta disminución del uso de automóviles se disminuye el ruido.

En los sistemas públicos presentados en [11] se establece que los usuarios que utilizan el sistema público provienen mayoritariamente de desplazamientos a pie y de medios de transporte público. Los resultados obtenidos en este trabajo son similares.

En la Ilustración 41 se observa que los habitantes que se desplazan en moto y vehículo privado mostraban disposición a utilizar un sistema público de bicicletas eléctricas, pero al preguntarle si estarían dispuestos a dejar su modo de transporte por el uso de la bicicleta eléctrica, la cantidad de habitantes disminuyó. Los usuarios de taxis y camionetas se mantienen a la idea de usar la bicicleta eléctrica como medio de transporte preferente. Mientras que los usuarios de bus y de bicicleta aumenta, esto podría deberse a que se tiene

consciencia de los beneficios del cambio modal, pero al ser el sistema público de una cobertura limitada, no usarían el servicio.

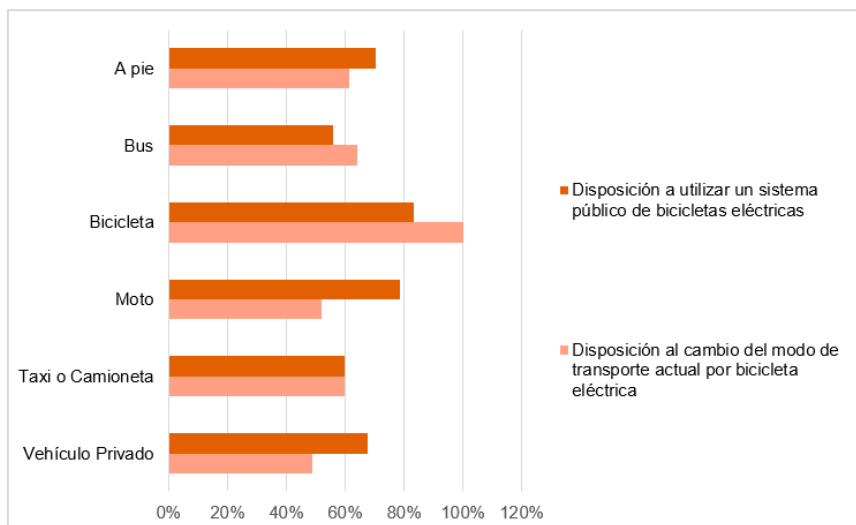


Ilustración 41. Comparación entre los potenciales usuarios y el cambio modal. Elaboración propia.

De la comparación entre los potenciales usuarios y el cambio modal se puede estimar el número de potenciales usuarios para el sistema público. En la Ilustración 42 donde se obtuvo que un 25% de usuarios potenciales proceden de vehículos privado y un 18% de motos. Pero del grupo de estudio que cambiaría su medio de transporte favorito al uso de la bicicleta eléctrica (Ilustración 43), los vehículos privados son un 21% y motos un 14%. Demostrando que la principal reducción de tráfico en la ciudad será por los usuarios de taxis y camionetas, de alrededor de un 28%. Sin embargo, hay que notar que esta es una estimación y que los usuarios podrían decidirse en usar la bicicleta eléctrica en todos sus viajes o en una proporción de ellos. Así, el 28% podría reducirse.

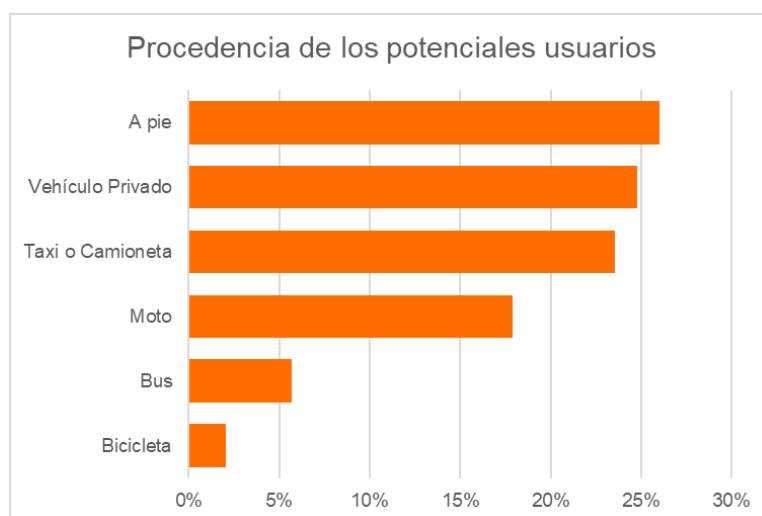


Ilustración 42. Procedencia de los potenciales usuarios. Elaboración propia.

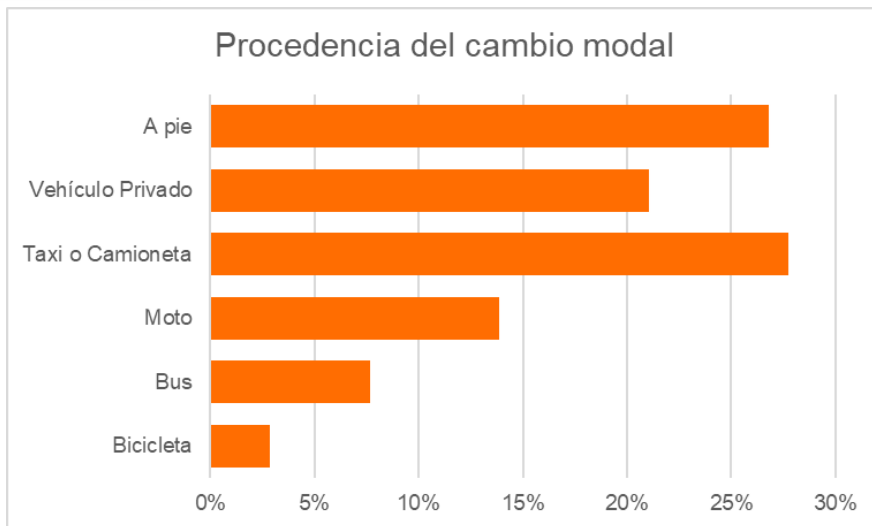


Ilustración 43. Procedencia del cambio modal. Elaboración propia.

Diseño del Sistema Público de Bicicletas Eléctricas

En los capítulos anteriores se ha definido varias pautas a seguir para el diseño de un SPB. Además, se mencionó que es posible implementar este tipo de sistema en cualquier ciudad y aunque las características locales sean un gran obstáculo, solo se debe tomar las medidas adecuadas dependiendo del contexto.

En el presente capítulo se elabora el dimensionamiento básico de un SPB para la cabecera cantonal de Santa Isabel. Se ha determinado el polígono de acción, la localización de las estaciones, el número de bicicletas y espacios de aparcamiento, así como las ciclo-rutas.

Para definir las áreas o cuencas principales de generación y atracción de viajes se requiere información básica de: datos censales, datos urbanísticos y, datos de movilidad y transporte.

Los datos censales fueron obtenidos del INEC 2010, mientras que para los datos urbanísticos se utilizó la información otorgada por el GAD municipal.

Los datos de movilidad y transporte son escasos, pero se ha utilizado los resultados obtenidos de las encuestas mencionadas en el capítulo 4, resultados de [50] sobre los viajes totales y la información del GAD municipal para generar información derivada que ayude a establecer la condición en que se encuentra la cabecera cantonal con respecto a movilidad y transporte. En la Ilustración 44 se puede ver esquemáticamente la cantidad de orígenes y destinos en cada zona obtenidos mediante la encuesta, las barras dentro del mapa representan el número de viajes dentro de la zona como origen (naranja oscuro) y destino (naranja claro). Se conoce además que no existe infraestructura para bicicletas y que el servicio público es irregular [12].

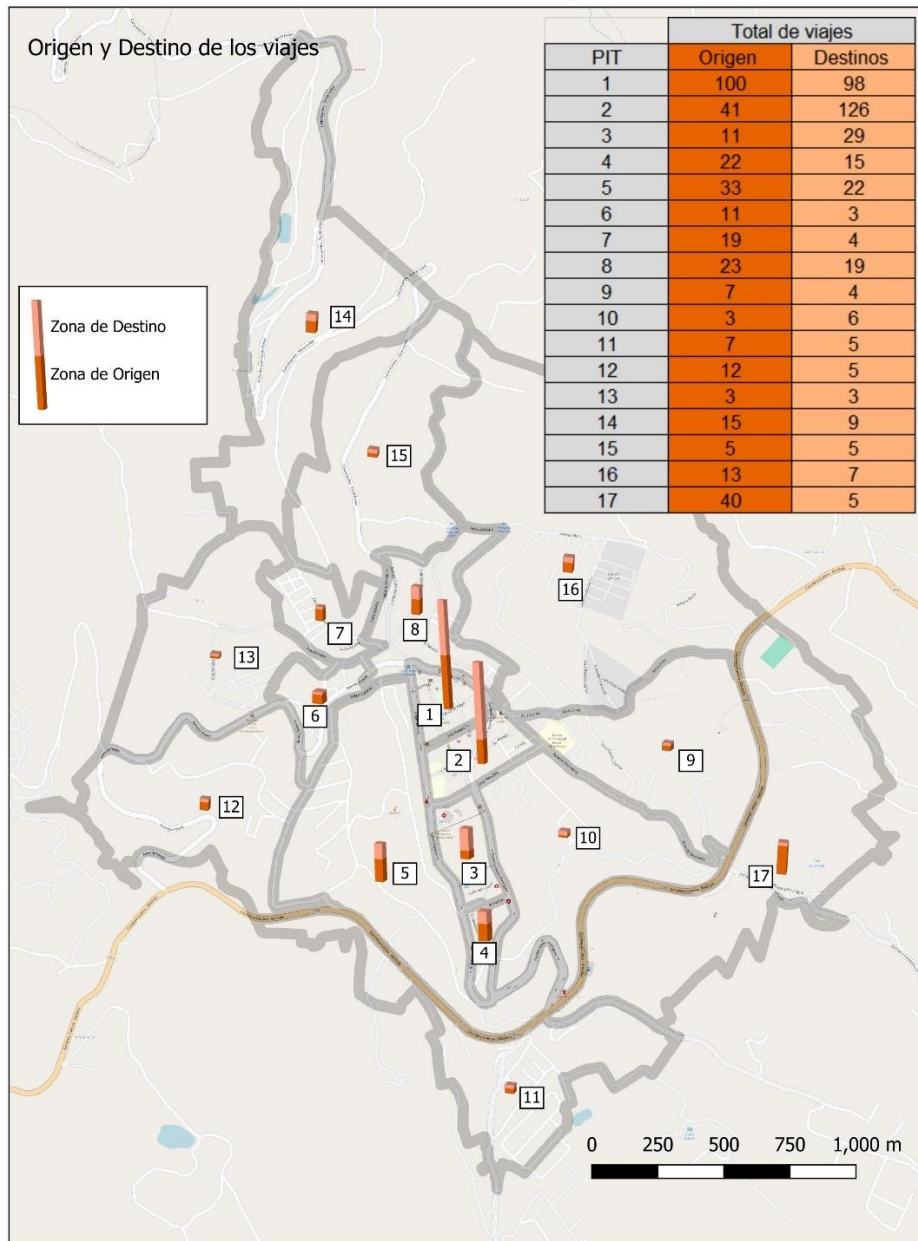


Ilustración 44. Origen y Destino de los viajes en Santa Isabel. Elaboración propia.

5.1. Área de cobertura

El área de influencia se encuentra ubicada en la cabecera cantonal de Santa Isabel.

El área total de la cabecera cantonal es aproximadamente de 6.55 Km². Sin embargo, como se observa en la Ilustración 45 gran parte de la cabecera cantonal corresponde a espacios con poco porcentaje de ocupación de suelo y a pesar de que las guías mencionan que el polígono de acción debe tener un área mínima de 10 Km², las condiciones locales no favorecen al cumplimiento de este punto. En el diseño propuesto el área de cobertura es solo

de 0.72 Km² tomando en cuenta las zonas urbanas con mayor ocupación de suelo, los lugares de mayor atracción y los orígenes y destinos de la Ilustración 44, en donde es óptimo implementar el sistema.

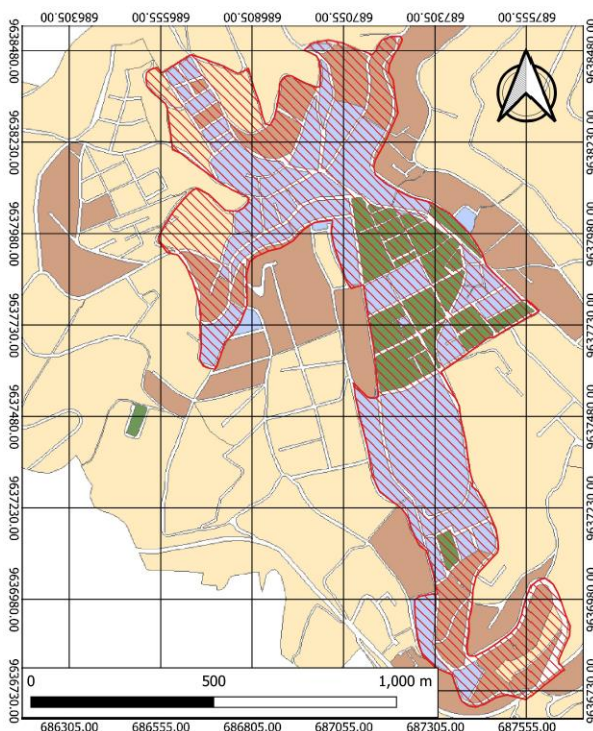


Ilustración 45. Polígono de acción (zona de color rojo). Las zonas verdes y azules son zonas con mayor porcentaje de ocupación de suelo. Elaboración propia.

5.2. Localizaciones de las estaciones de bicicletas públicas

Para la localización de estaciones de bicicletas públicas se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

- Las estaciones deben estar separadas en promedio 250 m.
- Es recomendable ubicar las estaciones cerca de lugares de mayor atracción, tales como centros educativos, centros comerciales o zonas de recreación pública.
- Ubicar estaciones cerca de zonas residenciales, pues de allí muchos usuarios parten hacia diversos destinos.
- La densidad de estaciones debe encontrarse en un rango de 10 a 16 estaciones por km².

En la Ilustración 46 se observa el cumplimiento de los parámetros establecidos para el diseño.

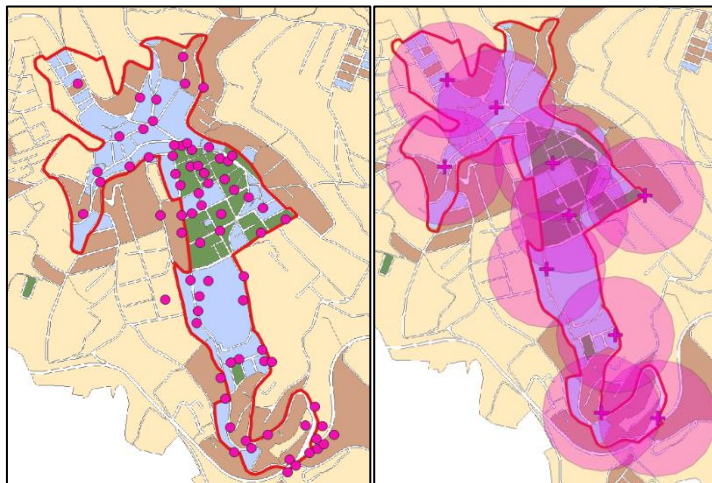


Ilustración 46. Selección de estaciones. - La imagen de la izquierda corresponde a los lugares de mayor atracción; La imagen de la derecha muestra las estaciones, donde los círculos violetas son de radio 250m. Elaboración propia.

En el Anexo B se encuentra el Plano SBP-02 donde se muestra la ubicación de las estaciones. A continuación, se enlistan los nombres tentativos de cada estación:

1. Estación “Entrada”
2. Estación “El Ramal”
3. Estación “Coliseo de Deportes”
4. Estación “Unidad Educativa Santa Isabel”
5. Estación “Banco del Pacífico”
6. Estación “Parque Central Santa Isabel”
7. Estación “3 Esquinas”
8. Estación “Cañaribamba”
9. Estación “La Ciudadela”
10. Estación “UPC”

Considerando un rango de 10 a 16 estaciones por km² y con el área del polígono de acción, se debe implementar de 8 a 12 estaciones en la zona. Se ha optado por implementar 10 estaciones para los 0.72 km².

5.3. Número de bicicletas y anclajes

El número de bicicletas para el SPB se determina a partir de la proyección de la población dentro del polígono de acción de Santa Isabel, para un periodo de diseño de 20 años. Dado que se cuenta con la información de la población y áreas de cobertura de cada PIT, se ha utilizado esta información para la proyección y posterior cálculo del número de bicicletas.

En la Tabla 8 se muestra la población proyectada para el año 2043, la cual se utiliza para calcular el tamaño del sistema.

Tabla 8. Población Proyectada en cada PIT. Elaboración propia.

Zona	Población 2010 (hab)	Población Proyectada 2023 (hab)	Población Proyectada 2043 (hab)
1	630	775	937
2	528	650	785
3	97	119	144
4	47	58	70
5	954	1,174	1,419
6	417	513	620
7	155	191	231
8	738	908	1,098
9	327	402	486
10	407	501	605
11	224	276	333
12	113	139	168
13	167	205	248
14	67	82	100
15	466	573	693
16	474	583	705
17	108	133	161
Total	5,919	7,282	8,805

Una vez conocido el número de habitantes por cada polígono de intervención territorial, se procede a determinar la cantidad de bicicletas para el SPB. Se requiere por lo menos 10 bicicletas por cada 1,000 habitantes para asegurar un número de viajes óptimo por bicicleta. Por lo tanto, la fórmula es la siguiente:

$$\text{número de bicicletas} = \frac{10 \text{ bicicletas}}{1000 \text{ habitantes}} * (\text{población}) \quad (15)$$

En la Tabla 9 se aprecia el número de bicicletas necesarias para el SPB. Se ha realizado dos análisis, uno para toda la población y otro donde solo se toma en cuenta al porcentaje de población que estaría dispuesto a utilizar un SPB.

Tabla 9. Número de Bicicletas. Elaboración propia.

100% de la población		67% de la población	
Zona	Número de Bicicletas	Zona	Número de Bicicletas
1	10	1	7
2	8	2	6
3	2	3	1
4	1	4	1
5	15	5	10
6	7	6	5
7	3	7	2
8	11	8	8
TOTAL	57	TOTAL	40

En base a los potenciales usuarios del sistema, para Santa Isabel se obtuvo un total de 40 bicicletas, a comparación del sistema público de la ciudad de Cuenca donde tienen 240 bicicletas. Esta diferencia se atribuye al mayor número de habitantes, densidades poblacionales más altas y áreas más extensas en la ciudad de Cuenca.

Para evitar la saturación de las estaciones se incluye una cantidad de espacios de aparcamiento o anclajes mayor a la de bicicletas. Se utiliza la siguiente formula:

$$\text{número de anclajes} = K \frac{\text{anclajes}}{\text{bicicleta}} * (\text{número de bicicletas}) \quad (16)$$

Donde: K varia de 1.5 a 2 [38]. Dependiendo de la demanda de orígenes o destinos puede aumentar.

De los resultados de la encuesta se conoce los orígenes y destinos frecuentes por donde se moviliza la población. De manera que se puede estimar el número K, siendo necesario más anclajes en las estaciones donde las zonas mayoritariamente son destinos.

Tabla 10. Anclajes necesarios para el SPB. Elaboración propia.

100% de la población				67% de la población			
Zona	Número de Bicicletas	k	Anclajes	Zona	Número de Bicicletas	k	Anclajes
1	10	1.5	16.0	1	7	1.5	11.0
2	8	3.0	25.0	2	6	3.0	19.0
3	2	3.0	7.0	3	1	3.0	4.0
4	1	1.5	2.0	4	1	1.5	2.0
5	15	1.5	23.0	5	10	1.5	16.0
6	7	1.5	11.0	6	5	1.5	8.0
7	3	1.5	5.0	7	2	1.5	4.0
8	11	1.5	17.0	8	8	1.5	13.0
TOTAL	57		106	TOTAL	40		77

Como se muestra en la Tabla 10 algunas estaciones necesitan un mayor número de anclajes libres con respecto al número de bicicletas necesarias en la zona. Por la limitación de espacio y debido a que el sistema en uso hace que los anclajes alternen de ocupados a libres y viceversa se puede reducir el número de anclajes manteniendo una buena gestión de reposición de bicicletas a lo largo del día.

5.4. Rutas entre las estaciones de bicicletas públicas

La ciclo-infraestructura propuesta contempla los problemas de movilidad que se genera en el sector urbano de la ciudad de Santa Isabel y plantea una solución sostenible que ayude a mejorar la movilidad y se ejecute con un presupuesto corto y a mediano plazo.

Para la selección de las ciclo-rutas se necesita evitar el conflicto entre conductores motorizados y los usuarios del sistema, de esta manera salvaguardar la integridad física del usuario. Las ciclo-rutas van por vías de bajo volumen vehicular dentro de lo posible, y en este caso en particular se han elegido rutas donde las pendientes sean menores para maximizar la eficiencia de la bicicleta eléctrica.

La ciclo-infraestructura cuenta con 10 paradas planteadas de forma estratégica en los lugares de mayor atracción para incentivar este nuevo medio de transporte. Todas las paradas se encuentran conectadas de manera directa, evitando vueltas innecesarias que aumentan el tiempo de viaje y la incomodidad del usuario.

La ruta se elaboró de manera directa, para que el usuario se demore menos tiempo en su recorrido normal, cuenta con tramos de ciclo-infraestructura compartida y tramos de ciclovía separada. Esto debido a que no todas las calles cuentan con las condiciones necesarias para

ciclovías segregadas, que de igual manera representa un aumento en el costo de construcción y mayor tiempo de ejecución.

Dentro de la ciudad en las calles centrales se recomienda una ciclovía compartida, debido a que los vehículos no circulan a grandes velocidades, por lo cual no habría mayor problema. En las vías principales de subida y bajada de la ciudad hacia la entrada se puede implementar una ciclovía separada, debido a que existe un mayor tránsito de vehículos a mayor velocidad y así de esta manera se pueden evitar accidentes, brindando una mayor seguridad al usuario.

A continuación, la Tabla 11 resume los recorridos y el tipo de ciclo infraestructura.

Tabla 11. Resumen de la ciclo-ruta

Nombre	Longitud	Tipo	Dirección	Detalle
"Cicloruta Isauro Rodriguez"	573.76	Cicloruta	Subida	1.20m de Ancho
Isauro Rodriguez y Fidel Rosales	1314.13	Vía Compartida	Subida	Velocidad máxima de 30 km/h
Jose Peralta	276.15	Vía Compartida	Bajada	Velocidad máxima de 30 km/h
Rafael Galarza	1683.29	Cicloruta	Bajada	1.20m de Ancho
Isauro Rodriguez	185.04	Vía Compartida	Subida	Velocidad Máxima de 30 km/h
Av. Cañaribamba	150.59	Vía Compartida	Bidireccional	Velocidad Máxima 30 km/h
Av. Pasaje	416.73	Vía Compartida	Bidireccional	Velocidad máxima 30 km/h

De igual manera hay que tomar en cuenta que en el trazado no se incluyen las estaciones 9 y 10, debido a que la infraestructura presente en la actualidad no cuenta con lo necesario para la implementación de una ciclo-infraestructura, esto debido a que son vías en su mayoría de lastre y con demasiados baches, esto se comprobó mediante inspección visual propia. Esta consideración asumida, no tiene una afectación significativa sobre el sistema, puesto que son estaciones de baja demanda incluidas para la comodidad de los usuarios. La demanda de las estaciones eliminadas del trazado de la ciclorruta puede ser cubierta por la estación más cercana.

El tipo de bicicleta eléctrica escogida es para las zonas urbanizadas, por lo que no pueden satisfacer la demanda de las poblaciones más lejanas, pero en cuanto sea posible se puede implementar una estación uniéndose al sistema público.



Ilustración 47. Estado de las vías. Elaboración propia.

En el Anexo B el plano SPB-03 muestra la ciclo-ruta determinada.

5.5. Selección de bicicleta eléctrica.

En los capítulos anteriores se han mencionado recomendaciones para la selección de bicicleta pública. Pero se debe tener en cuenta que para Santa Isabel es necesario la implementación de una bicicleta con asistencia eléctrica para superar las pendientes. Es por ello que se ha hecho el análisis de la potencia y el trabajo requerido por una bicicleta para circular por las rutas locales.

Para el análisis se han utilizado 4 tipos de bicicletas, cabe mencionar que no se está recomendando su compra, sino la necesidad de ciertas características para superar los obstáculos que se presentan. La comparativa se ha realizado con respecto a la potencia que la bicicleta necesita para superar las pendientes y con ello se ha estimado la velocidad que la bicicleta tendría en cada situación.

Como se observa más adelante para mantener una velocidad constante a diferentes pendientes se requiere de mayor potencia, esta potencia está en función de las condiciones ambientales del lugar, del peso del ciclista, del peso de la bicicleta y de otras características. Se toman los valores más desfavorables para el desarrollo de las fórmulas, a excepción de los valores conocidos como son, el peso promedio de una persona ecuatoriana y el peso de la bicicleta. Aunque los diferentes tipos de bicicletas tienen un peso máximo de carga, el análisis se realizó considerando que solo viaja la persona sin carga adicional.

La velocidad límite impuesta es de 25km/h (7 m/s) por las normativas que rigen en el Ecuador sobre vehículos eléctricos [51]. La mínima velocidad es 9 km/h (2.5 m/s), a velocidades

menores los usuarios tienen una percepción de lentitud y ya no ven atractivo el uso de la bicicleta.

A continuación, se observa las bicicletas a estudiar.

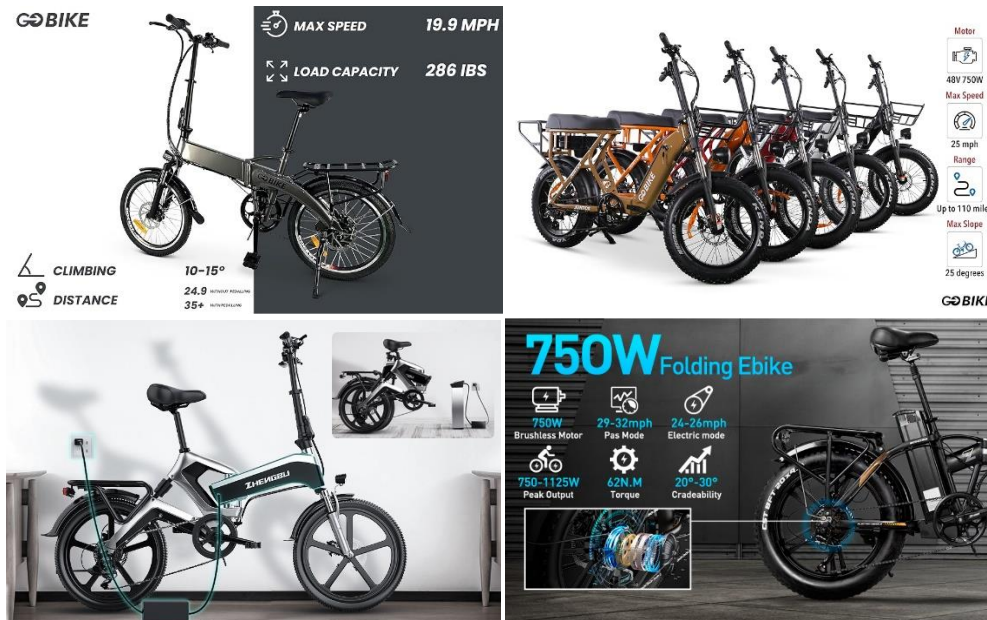


Ilustración 48. Bicicletas eléctricas. Fuente: Amazon

Las condiciones iniciales y constantes para cada análisis son las siguientes:

- Peso ponderado por persona es de 64.5 kg.
- Presión es de 1011 mb.
- Humedad de 80%.
- Temperatura de 26 °C.
- De la Ilustración 13 se toma el coeficiente de arrastre $C_d = 1.1$.
- Velocidad del aire con respecto al suelo de 4.5 m/s.
- Coeficiente asociado al incremento de área de arrastre debido a los rayos en las ruedas. $F_w = 0.002$ [52].
- De la Ilustración 14 se toma el coeficiente relacionado a la presión y estado de la ruta $C_{rr} = 0.014$.

El análisis se realiza con las ecuaciones descritas en el punto 3.4.1.1.

La bicicleta COMFYGO es una de las más baratas y puede alcanzar pendientes de hasta 15° (26.8%), con velocidades más bajas. La Ilustración 49 detalla las especificaciones técnicas de la bicicleta.

Peso	48 libras	Engranajes	39 EU
Peso máximo de carga	286 libras	Dimensiones generales del producto	51 x 10 x 25 pulgadas
Rango	Hasta 40 millas	Pantalla LCD retroiluminada	✓
Tiempo de carga de la batería	4-6 horas	Frenos de disco mecánicos dobles	✓
Batería	8AH li-ion	Estante trasero	✓
Motor	350 W	10 árboles plantados por pedido	✓
Velocidad máxima	20 mph		

Ilustración 49. Especificaciones técnicas para la bicicleta “COMFYGO”. Fuente: Amazon

En la Ilustración 50 se observa cómo se requiere de mayor potencia para mantener una velocidad constante a diferentes alturas o pendientes.

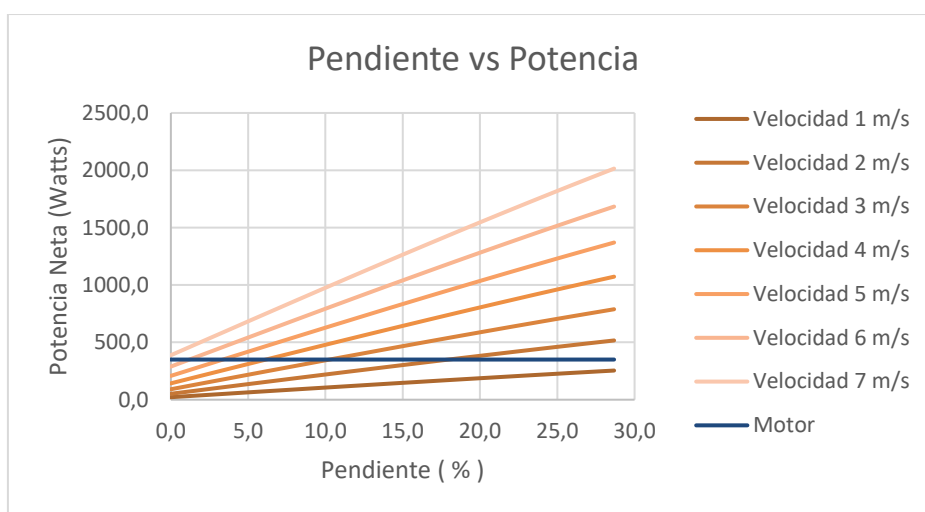


Ilustración 50. Pendiente vs Potencia (COMFYGO). La línea azul representa la máxima potencia que puede alcanzar el motor, es decir, 350 W. Mientras que las líneas naranjas son la potencia requerida para mantener una velocidad a diferentes pendientes. Elaboración propia.

Las especificaciones de la bicicleta indican que se puede alcanzar hasta un máximo de 20mph (cerca de 9 m/s) y pendientes entre 10° a 15°, es decir entre 17% a 26% aproximadamente. En la Ilustración 51, los valores de las especificaciones no se cumplen, pero esto se debe a las condiciones locales y a que en el análisis se utilizó los valores más desfavorables de coeficientes.

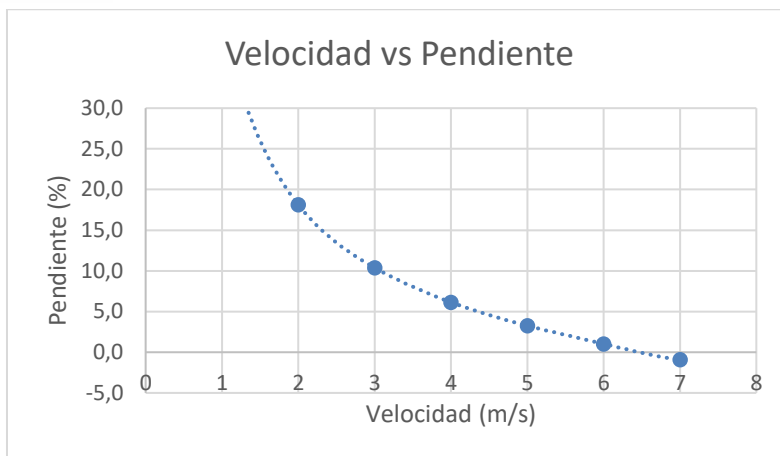


Ilustración 51. Velocidad vs Pendiente (COMFYGO). En la gráfica se puede evidenciar que para pendientes mayores a 15% la velocidad está por debajo de lo aceptable, mientras que para terrenos planos la máxima velocidad esta cercana a 6.5 m/s. Y para mantener velocidad velocidades mayores a 6.5 m/s se requeriría de una pendiente negativa que genere la potencia faltante. Elaboración propia.

La bicicleta “Juntos and Soldado” puede alcanzar pendientes de hasta 25° (46.6%). En la Ilustración 52 se muestra las especificaciones técnicas.

Motor	Motor de cubo trasero de 48 V 750 W (pico de 900 W)	Plegable	✓
Velocidad máxima/asistencia de pedal	25 mph / 5 velocidades	Dimensiones del producto:	76" x 28" x 50"
Rango *	Hasta 45 millas con asistencia de pedal, y hasta 25 millas sin asistencia de pedal.	Peso del producto: peso máximo de carga	61 / 330
Batería	Batería integrada de marco de 11.6 AH 557WH	Características:	Marco y horquilla de aleación de aluminio, suspensión delantera, cesta delantera, estante de carga, soldadura sin costuras, faro LED y luz trasera, acelerador de pulgar, pantalla LCD con carga USB, desviador Shimano Altus y palanca de cambios Shimano de 7 velocidades
Freno de disco hidráulico	✓		
Neumático delantero y trasero	Kenda - Neumático de grasa de 20 x 4 pulgadas		

Ilustración 52. Especificaciones técnicas para la bicicleta "Juntos and Soldado"

En la Ilustración 53 se observa cómo se requiere de mayor potencia para mantener una velocidad constante a diferentes alturas o pendientes.

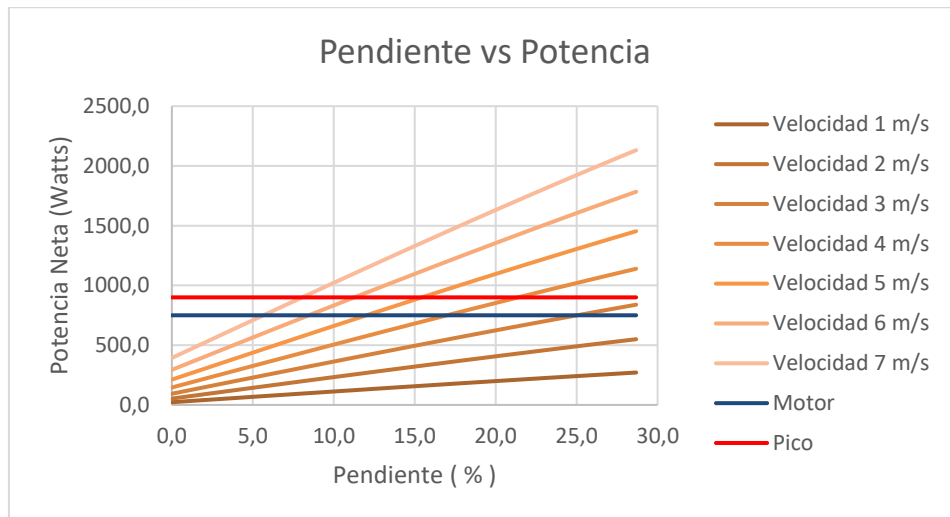


Ilustración 53. Velocidad vs Pendiente (Juntos and Soldado). La línea azul representa la potencia del motor es decir 750W, la línea roja corresponde a 900 W que es la potencia pico de la bicicleta, mientras que las líneas naranjas son la potencia requerida para mantener una velocidad a diferentes pendientes. Elaboración propia.

Las especificaciones de la bicicleta indican que se puede alcanzar hasta un máximo de 25 mph (cerca de 11 m/s) y pendientes hasta 25°, es decir entre 46.6% aproximadamente. En la Ilustración 54 se observa el comportamiento de la velocidad en diferentes pendientes.

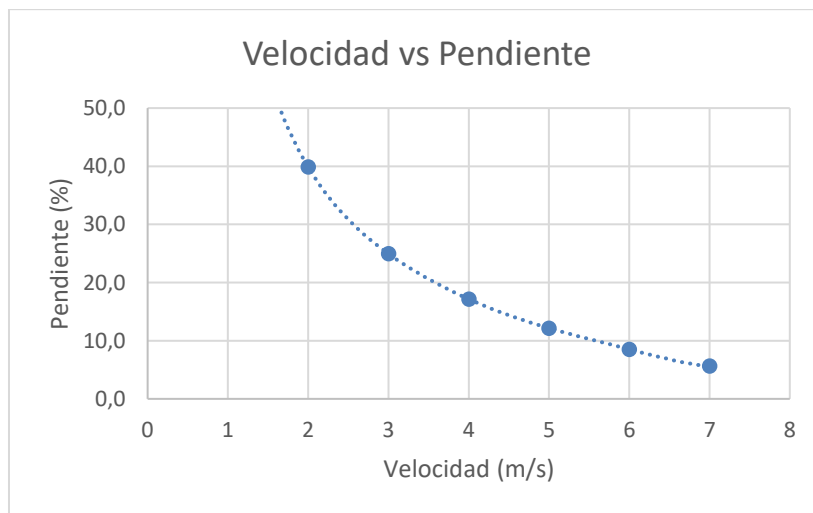


Ilustración 54. Velocidad vs Pendiente (Juntos and Soldado). El la gráfica se puede evidenciar que para pendientes mayores a 30% la velocidad está por debajo de lo aceptable, mientras que para terrenos con pendiente menores al 5% la velocidad puede llegar a superar los 7m/s (25 km/h). Elaboración propia.

La bicicleta “20K6” puede alcanzar pendientes de hasta 25° (46.6%). Las especificaciones técnicas se observan en la Ilustración 55.

Especificaciones técnicas de la bicicleta eléctrica plegable 20K6

Motor	Motor sin escobillas de 500 W	Tipos de marco	Marco mediano plegable
Batería	48 V 10 Ah	Altura Recomendada	5'1"-6'5"
Velocidad máxima	21 Mph	Aplicaciones	Barrio, sendero, viajes, arena y nieve
Rango máximo estimado	28 millas (eléctrico puro)/43 millas (asistencia de pedal)	Freno	Frenos de disco delanteros y traseros
Engranajes	Shimano 7	Acelerador	Control de velocidad del acelerador del pulgar
Neumáticos	20.1 in x 1.6 in	Peso del vehículo	56 lbs
Suspensión	Amortiguadores delanteros y traseros	Capacidad de carga	300 libras

Ilustración 55. Especificaciones técnicas para la bicicleta 20K6

En la Ilustración 56 se observa cómo se requiere de mayor potencia para mantener una velocidad constante a diferentes alturas o pendientes.

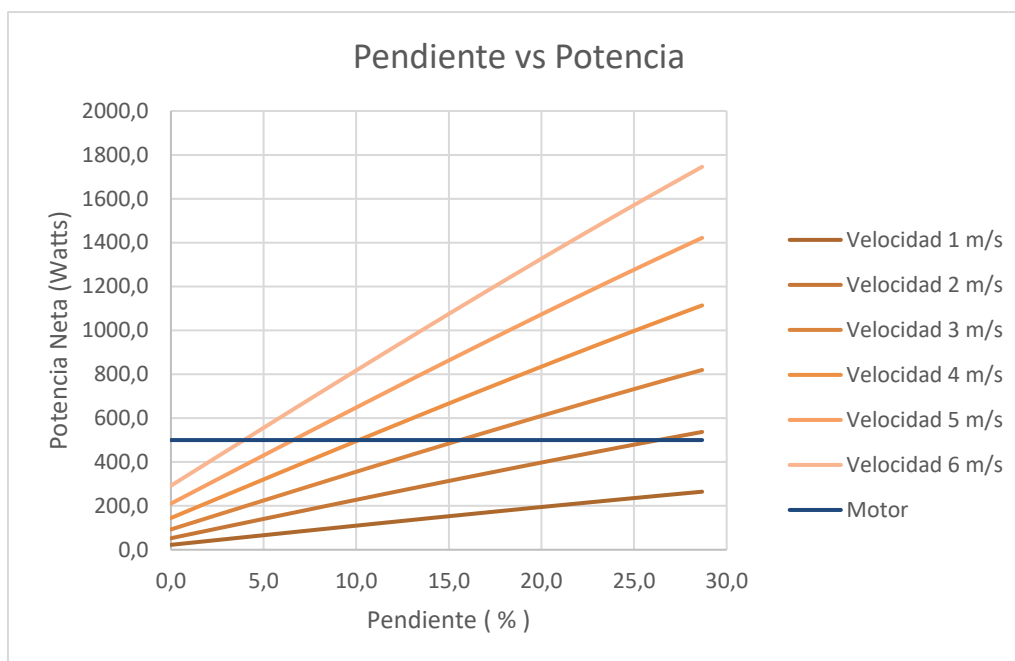


Ilustración 56. Pendiente vs Potencia (20K6). La línea azul representa la potencia del motor es decir 500 W, mientras que las líneas naranjas son la potencia requerida para mantener una velocidad a diferentes pendientes. Elaboración propia.

Las especificaciones de la bicicleta indican que se puede alcanzar hasta un máximo de 21mph (cerca de 9 m/s) y pendientes hasta 25°, es decir entre 46.6% aproximadamente. En la Ilustración 57 los valores de las especificaciones no se cumplen y esto se debe por las mismas razones anteriormente mencionadas.

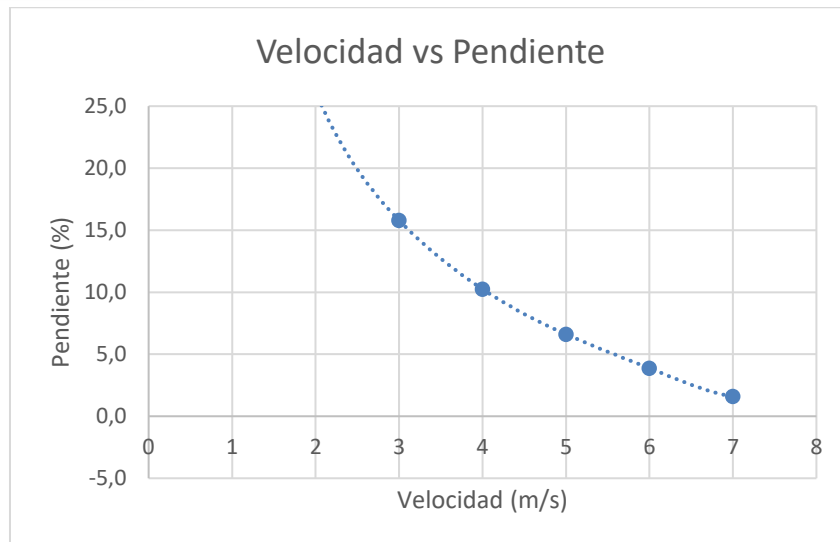


Ilustración 57. Velocidad vs Pendiente (20K6). En la gráfica se puede evidenciar que para pendientes mayores a 20% la velocidad está por debajo de lo aceptable, mientras que para terrenos con pendientes planas la velocidad supera los 7m/s (25 km/h). Elaboración propia.

La bicicleta “Zhengbu” puede alcanzar pendientes de hasta 30° (57.7%). En la Ilustración 58 se observa las especificaciones técnicas.

Motor	750 W	Tipos de Marco	Marco mediano plegable
Batería	48 V 18 Ah	Altura recomendada	5'1"-6'5"
Velocidad máxima	30 mph	Aplicaciones	Barrio, Sendero, Viajar, Arena y Nieve
Rango máximo estimado	40 millas (eléctrico puro)/62 millas (asistencia de pedal)	Freno	Frenos de disco delanteros y traseros
Engranajes	7 velocidades	Acelerador	Control de velocidad del acelerador del pulgar
Neumáticos	20"X4.0"	Peso del vehículo	66 libras
Suspensión	Amortiguador delantero	Capacidad de carga	300 libras

Ilustración 58. Especificaciones técnicas para la bicicleta "Zhengbu"

En la Ilustración 59 se observa cómo se requiere de mayor potencia para mantener una velocidad constante a diferente alturas o pendientes.

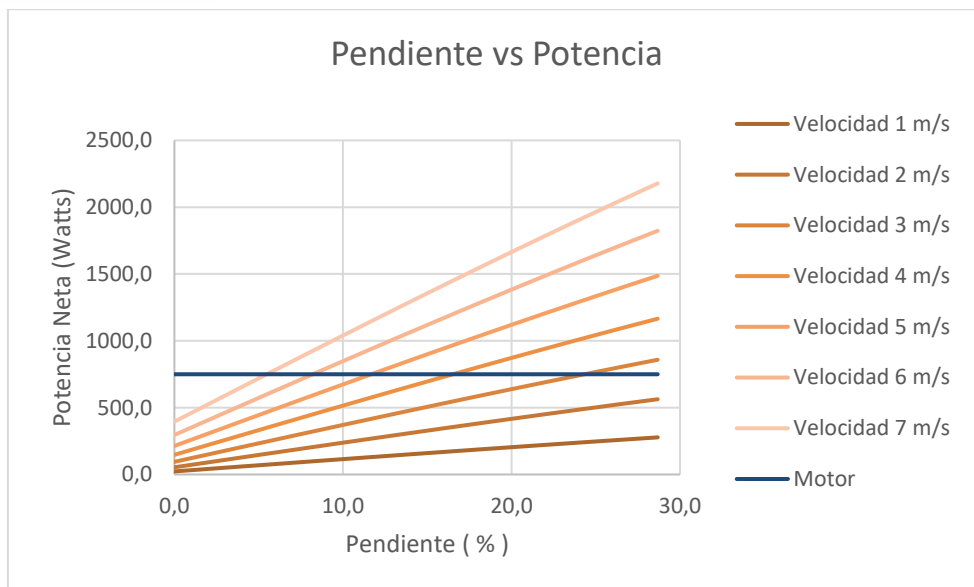


Ilustración 59. Potencia vs Pendiente (Zhengbu). La línea azul representa la potencia del motor es decir 750 W, mientras que las líneas naranjas son la potencia requerida para mantener una velocidad a diferentes pendientes. Elaboración propia.

Las especificaciones de la bicicleta indican que se puede alcanzar un máximo de 30mph (cerca de 13 m/s) y pendientes hasta 30°, es decir 57.7% aproximadamente. En la Ilustración 60 se observa el comportamiento de la velocidad en diferentes pendientes.

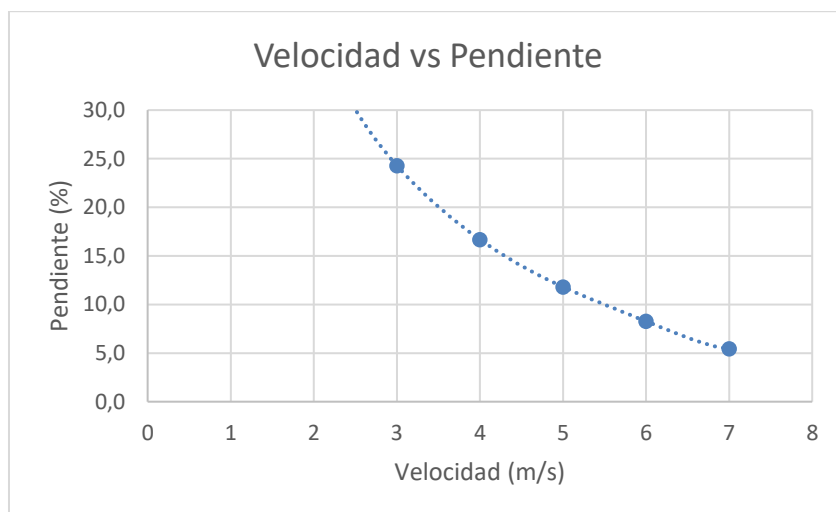


Ilustración 60. Velocidad vs Pendiente (Zhengbu). En la gráfica se evidencia que para pendientes mayores a 30% la velocidad está por debajo de lo aceptable, mientras que para terrenos con pendientes menores a 5% la velocidad supera los 7m/s (25 km/h). Elaboración propia.

Finalmente se elabora una comparación en conjunto para los distintos tipos de bicicletas.

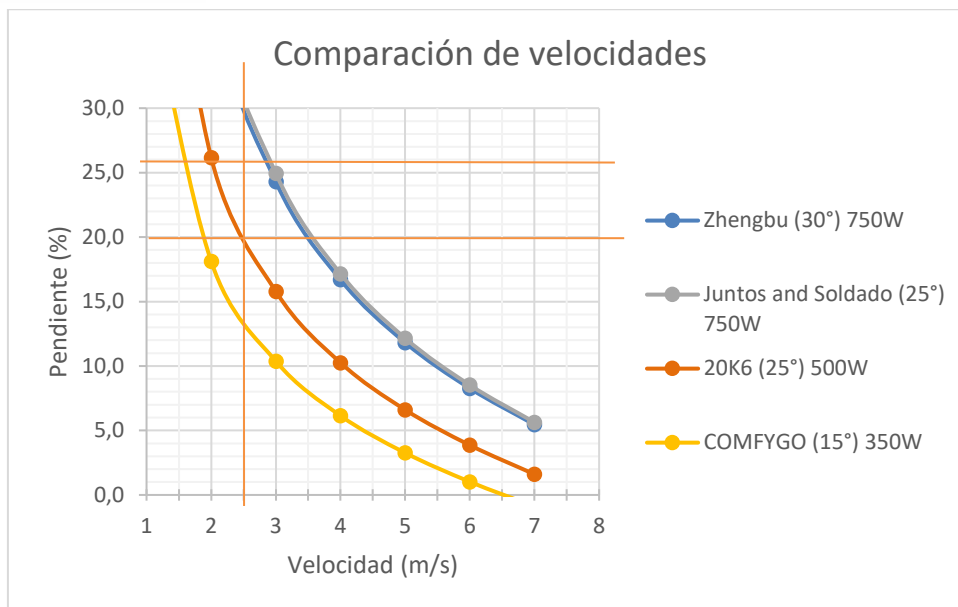


Ilustración 61. Comparativa. Las líneas horizontales engloban el rango de las altas pendientes predominantes en Santa Isabel, la línea vertical muestra la mínima velocidad aceptada por los usuarios. Elaboración propia.

Se comprueba que, para superar las pendientes con una velocidad aceptable para el usuario, la potencia del motor debe estar en un rango de 500 a 600 W. Con esto se asegura que solo en cortas distancias de ciertos tramos se tenga una velocidad menor a la admisible. La independencia de la bicicleta se debe a la capacidad de almacenamiento que tiene la batería, es algo que también se toma en cuenta cuando se seleccione el equipo.

5.6. Costos estimados de los componentes de las estaciones

Dentro de la fase del dimensionamiento, no se contempla el análisis de costos del sistema, pero se presenta una estimación breve sobre los componentes básicos.

Tabla 12 Precios aproximados de los componentes de estaciones de un SPB según gama, en USD. Fuente: [11]

Componente/ Gama	Gama básica	Gama media	Gama alta
Anclaje	700	950	1500
Bicicleta	400	650	1000
Terminal	3500	7500	13000

La Tabla 12 muestra el costo de los componentes básicos de un SPB en función de su gama, donde no están considerados los costes de importación, transporte, impuestos y aranceles. Hay que tomar en cuenta que no es el costo de bicicletas eléctricas, por lo que se investigó

el costo aproximado con las especificaciones dadas de 500 watts. Donde se tiene un costo para una bicicleta de gama media de 500watts alrededor de \$1,100.00.

El precio del anclaje se toma el de gama alta, debido a que es similar al utilizado por las bicicletas eléctricas. Debido a que se propone un sistema manual, no es necesario contar con terminales de cobro.

Dando un costo aproximado para el sistema público de bicicletas eléctricas de \$159,500.00.

5.7. Operación del sistema

Días del servicio y horarios

De la Ilustración 62 se observa que la mayor de demanda de viajes está dentro del horario de 05:00 hasta las 15:00 a excepción de los días domingos donde existen viajes representativos hasta las 17:00. Por esta razón es que el SPB debería estar operativo de lunes a domingo desde las 5:00 hasta aproximadamente las 17:00.

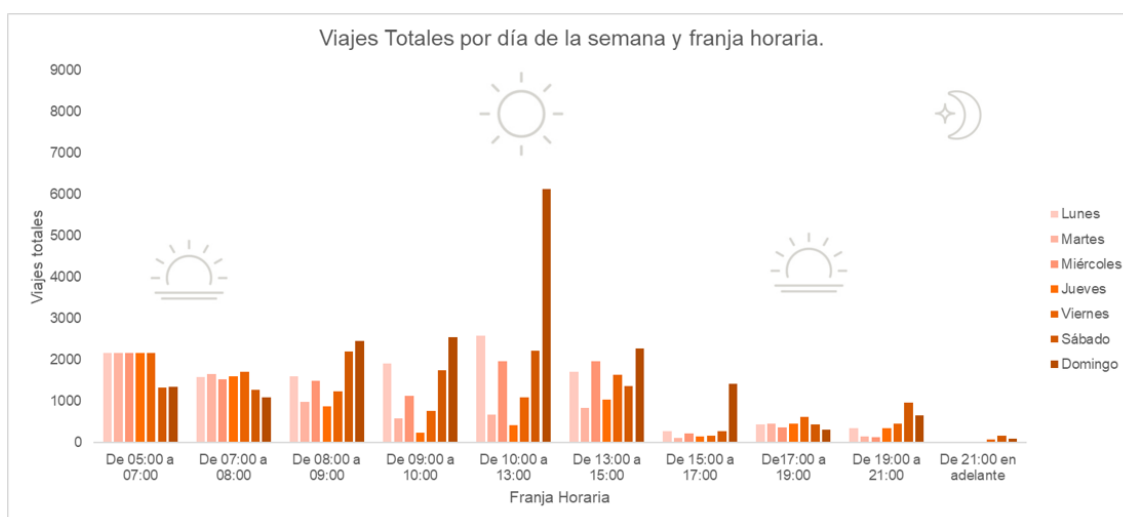


Ilustración 62. Viajes totales por día y franja horaria. Elaboración: Propia. Fuente de Datos: [50].

Balanceo, redistribución o reposición de bicicletas

Generalmente se usan unos parámetros de disponibilidad de 25%, ya sea para oferta de bicicletas o de anclajes. Al no encontrarse el sistema en operación, y conocer realmente el comportamiento de la población frente al uso del sistema. Solo se puede dar ciertas recomendaciones.

Como menciona [50] los fines de semana ocurren principalmente los viajes, entre las zonas 1, 2 y 3. Siendo necesario implementar estaciones portátiles adicionales los días sábados y domingos en un horario de entre las 8:00 hasta las 15:00 para cubrir la demanda.

Los días domingos existe un número elevado de viajes en las zonas céntricas de la ciudad, siendo el pico más alto de 10:00 a 13:00. Razón por la cual en ese horario se debe priorizar la redistribución y reposición de bicicletas, para que el sistema funcione satisfactoriamente.

En la implementación de un SPB se sugiere incluir una fase de estabilización durante la cual se puede recopilar información que facilite una gestión eficiente y predictiva de la logística de balanceo [27]. El sistema se dimensionó en base al 67% de la población que representa los potenciales usuarios, dando como resultado la necesidad de 40 bicicletas y esperando que el sistema no sea subutilizado. Además, es necesario comenzar con una operación piloto que permita confirmar la aceptación de la ciudadanía, verificar la demanda prevista y realizar ajustes en el sistema en tiempo real. Si se presenta una sobrecarga del sistema, esta situación no se manifestará de manera repentina. Durante la fase de estabilización, se observarán tendencias que permitirán realizar ajustes graduales al sistema, acercándolo a su capacidad de instalación. De esta manera, si se detecta una sobrecarga, será posible ampliar el sistema [11].

5.8. Socialización

Se realizó la socialización a la población en el parque central de Santa Isabel, mediante la entrega de trípticos y tomando sus puntos de vista sobre el servicio. La municipalidad de Santa Isabel brindó un espacio dentro de un programa de fomentación del deporte en el parque para realizar la socialización, se comentó los beneficios del sistema y al entregar los trípticos se recibió comentarios.



Ilustración 63. Socialización a la población de Santa Isabel.

Una vez realizada la socialización se obtiene una matriz para determinar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas con los comentarios de la población.



Ilustración 64. Matriz FODA del servicio público de bicicletas con la fase de socialización. Elaboración propia.

Conclusiones

El presente trabajo permitió el análisis de un servicio de bicicleta pública para Santa Isabel donde la recolección y análisis de datos mediante las encuestas, dio a conocer la demanda estimada para el sistema. Siendo un 67% de la población la que estaría dispuesta a utilizarla. Además, se conoció la percepción y el comportamiento de la población en cuanto a temas de movilidad, lo que ha puesto de manifiesto la existencia de un problema de tráfico y ruido vehicular excesivo que está afectando negativamente la calidad de vida de la población.

El servicio público de bicicletas eléctricas queda establecido en base al porcentaje de población dispuesta a utilizarla. Debido al tamaño de la ciudad es recomendable iniciar con un sistema público manual que cuente con 10 estaciones, 40 bicicletas eléctricas y 77 anclajes. Sin embargo, al considerar únicamente el porcentaje estimado de usuarios potenciales y las restricciones relacionadas con los estudiantes de colegios que también podrían utilizar el sistema, se anticipa que el sistema estará subdimensionado. Esta situación será evaluada durante las operaciones piloto, lo que permitirá realizar correcciones y mejoras en el sistema según sea necesario. La ciclo-ruta se realizó de manera directa para evitar pérdidas de tiempo. A pesar de tener 10 estaciones, la ciclo ruta solo conecta a 8 de ellas, esto debido al mal estado de las vías, sin embargo, no afecta a la demanda pues las dos estaciones que no se conectan podrían ser asumidas por las estaciones más cercanas y en un futuro cuando las vías mejoren, estas pueden ser adecuadas en los puntos recomendados.

Se establecieron diferentes espacios de socialización con la población, donde se compartió folletos sobre los resultados del trabajo y se tomó apuntes de sus observaciones para establecer las debilidades del sistema y como mejorar para satisfacerlas. Una de las debilidades es la poca familiaridad con el modo de transporte. Las mayores amenazas que destacan son el mal estado de las vías y la reducción de espacios de parqueo, lo cual les genera una incomodidad. Estas debilidades y amenazas deberían ser mitigadas con la cooperación de los entes públicos.

Se observa que la comunidad está dispuesta a adoptar un cambio en el modo de transporte mediante el uso de un sistema público de bicicletas eléctricas. Esto significa que la cantidad de vehículos en circulación disminuirá, lo que resultará en una reducción del ruido ambiental.

La investigación demuestra que el servicio público de bicicletas eléctricas es un medio de transporte sostenible e innovador, que ofrece comodidad, economía y silencio al no depender de combustibles fósiles. Además, impulsa la generación de empleo necesario para su funcionamiento y fomenta la actividad comercial en las áreas circundantes a las estaciones.

Promueve un estilo de vida saludable y activo entre los usuarios, al tiempo que contribuye a reducir la congestión del tráfico y el ruido urbano al favorecer un modo de transporte silencioso y eficiente que disminuye la dependencia de los vehículos motorizados.

Referencias

- [1] Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Política nacional de movilidad urbana sostenible, Quito, 2023.
- [2] IDAE, Directrices para la Reducción del Ruido causado por el tráfico Rodado.
- [3] Quito Informa, "4159 usuarios registrados en Biciquito," 30 Noviembre 2018. [Online]. Available: <https://www.quitoinforma.gob.ec/2018/11/30/4159-usuarios-inscritos-en-biciquito/>. [Accessed 1 Agosto 2023].
- [4] M. Gator, "El sistema de bicicletas públicas BiciQuito como alternativa de movilidad sustentable: aportes y limitaciones.," *Letras Verdes*, no. 18, pp. 249-263, 2015.
- [5] Municipio de Cuenca, Plan Movilidad y Espacios Públicos, Cuenca, 2015.
- [6] Alcaldía de Cuenca, "Rendición de Cuentas 2019," Cuenca, 2019.
- [7] A. Layedra, Estudio de Factibilidad para la implementación de un Sistema de Bicicleta Pública desde el cantón de Riobamba hasta el cantón de Guano., Riobamba, 2020.
- [8] M. Bordagaray, A. Ibeas and L. dell'Ollio, Modeling User perception of public bicycles services, 2012.
- [9] I. f. T. & D. P. (ITDP), The Bike-share Planning Guide, 2013.
- [10] Ministerio de Transporte y Obras Públicas, *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP*, Quito, 2013.
- [11] R. Montezuma, *Sistemas Públicos de Bicicletas para América Latina. Guía Práctica*, Bogota, 2015.
- [12] GAD Municipal, Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del canton Santa Isabel 2020-2030, Santa Isabel, 2020.
- [13] J. Quintero, Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible., Bogota, 2017.
- [14] D. Branister, "The sustainable mobility paradigm," *Transport Policy*, no. 15, pp. 73-80, 2008.
- [15] M. Barreto and A. González, Propuesta del trazado de rutas para ciclovías en la zona urbana de la ciudad de Cuenca, Cuenca, 2017.

- [16] A. Martínez, Ruido por tráfico urbano: conceptos, medidas descriptivas y valoración económica, Madrid, 2005.
- [17] C. Solange, Análisis de la percepción y tendencias de uso de la bicicleta eléctrica en Guayaquil, Guayaquil, 2022.
- [18] Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Manual de ciclo-infraestructura y micromovilidad para Ecuador, Quito, 2022.
- [19] Municipalidad de Lima, Manual de criterios de diseño de infraestructura ciclo-inclusiva y guía de circulación del ciclista, Lima, 2017.
- [20] Ministerio de Transporte y Obras Públicas, *Plan Estratégico Nacional de Ciclovías*, Quito, 2015.
- [21] D. Z. D. Sinche, Análisis de aceptación del sistema de transporte de bicicleta pública en la ciudad de Cuenca, Cuenca, 2020.
- [22] A. Kitsuta, *GUÍA DE PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE BICICLETAS PÚBLICAS: EJEMPLO PARA EL DISTRITO DE SAN MIGUEL*, 2017.
- [23] C. F. Pardo, P. Calderón, B. Baranda, M. Cecile, J. Hagen and X. Treviño, *Experiencias y lecciones de sistemas de transporte público en América Latina*, 2010.
- [24] I. F. T. & D. POLICY, *Manual integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas*, México, 2011.
- [25] OBIS, *Optimising Bike Sharing in European Cities - A Handbook*, 2011.
- [26] P. C. Felipe, "REVISIÓN DE LOS SISTEMAS DE BICICLETAS PÚBLICAS PARA AMÉRICA LATINA: Beneficios y Obstáculos," Clean Air Institute, EEUU, Washington DC, 2012.
- [27] C40 Cities Finance Facility (CFF), Intitute for Transportation and Development Policy (ITDP), Fundacion Despacio, & MInisterio de Transporte de Colombia., *Guía de Sistema de Bicicletas Compartidas (Vol. 1)*, 2022.
- [28] Clean Air Institute, *Estrategias para la promoción de Transporte Sostenible y Bajo en Carbono para America Latina*, 2012.
- [29] IDAE, *Guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España*, Madrid, 2007.
- [30] E. ADJEI, *Multi-modal Urban Transport: Integrating Non-Motorized and Bus Transport*, 2010.
- [31] P. Midgley, *The Role of Smart Bike-sharing Systems in Urban Mobility*, 2009.

- [32] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, *Proyecciones de la población de la Republica del Ecuador*, 2012.
- [33] AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, *Guide of the Development of Bicycle Facilities*, Whashington, 1999.
- [34] D. Jaramillo, *Bicicletas eléctricas para pendientes urbanas*, Universidad Nacional de Colombia, 2021.
- [35] Third Wave Cycling Group , *Cycling Support Services Study - Strategic Plan*, 2010.
- [36] B. Mundial, *CIUDADES EN MOVIMIENTO*, 2002.
- [37] Agencia Nacional de Transito, *Ley Organica de Transporte Terrestre, Transito y Seguridad Vial*, 2021.
- [38] E. Anaya and A. Castro, *Balance General de la Bicicleta Pública en España*, 2012.
- [39] Niches Consortium, *New Seamless Mobility Services – Public Bicycles*, 2007.
- [40] E. Fishman, *Bike Share: A Synthesis of the Literature*, 2014.
- [41] O. H. Morchin Willam, *Electric bicycles: a guide to design and use*, 2006.
- [42] M. D. C. J. M. K. C. A. Martin JC, *Validation of a Mathematical Model for Road Cycling Power*, 1998.
- [43] EnBici, *Rodar contra el viento: Física y consejos*, 2011.
- [44] Munson, Young and Okiishi, *Fundamentals of Fluid Mechanics*, 1998.
- [45] EURAMET, *Guidelines on the Calibration of Non-Automatic Weighing Instruments*, 2015.
- [46] S. WALLACE, "Air, What a Drag! Aerodynamic Drag per Cycling Position | Saatchi Sweats.," 2021. [Online]. Available: <https://saatchisweats.wordpress.com/>.
- [47] CEPAL, *Boletin Demografico. America Latina: Tablas de Mortalidad.*, Santiago, 2004.
- [48] Instituto Nacional de Censos y Estadísticas, *Estimacion y conciliacion demografica del Ecuador.*, 2022.
- [49] P. López, *Poblacion muestra y muestreo*.

- [50] J. Luzuriaga and M. Uguña, *Determinación de la Matriz Origen-Destino para el cantón Santa Isabel dentro del Plan de Movilidad Santa Isabel 2020-2030 utilizando un Modelo Matemático Estocástico*, Cuenca, 2023.
- [51] Mlinisterio de Industrias y productividad, RESOLUCIÓN No. 15 010, 2014.
- [52] S. Uribe, *MEDICIÓN DE LOS COEFICIENTES DE ARRASTRE AERODINÁMICO Y DE RODADURA DE UNA BICICLETA*, Bogota, 2015.

Anexos

Anexo A: Modelo de Encuesta

ENCUESTA DE ACEPTACION DE UN SISTEMA PUBLICO DE BICICLETAS EN LA CABECERA CANTONAL DE LA CIUDAD DE SANTA ISABEL

Número de encuesta: ____

Leer detenidamente las siguientes preguntas que servirán para un estudio sobre nuevas modalidades de transporte sostenible.

1. Género

Masculino ____

Femenino ____

Otro ____

2. Grado de Formación Académica

Básica ____

Bachiller ____

Tercer Nivel ____

Cuarto Nivel ____

Otro ____ ¿Cuál? _____

3. Edad

Menor de edad ____

De 18 a 30 años ____

De 30 a 65 años ____

Adulto Mayor ____

4. ¿Cuál es su medio de transporte favorito para movilizarse dentro de la cabecera cantonal de Santa Isabel?

Vehículo Privado _____

Taxi o Camioneta _____

Bicicleta _____

Moto _____

A pie _____

Otro _____ ¿Cuál? _____

5. ¿Qué tan contaminante es su medio de transporte favorito en un aspecto ambiental?

No contaminante _____

Poco contaminante _____

Medio contaminante _____

Contaminante _____

Altamente contaminante _____

6. ¿Qué tiempo promedio realiza en su viaje más común dentro de la ciudad?

0 a 5 minutos _____

5 a 10 minutos _____

Mas de 10 minutos _____

7. Motivo más común del viaje dentro de la cabecera cantonal de Santa Isabel

Laboral _____

Educación _____

Compras _____

Recreación _____

Otros _____ Especifique _____

8. ¿Utiliza bicicleta como modo de transporte, no solo como recreación?

Si _____

No _____

Si la respuesta es positiva saltarse a la pregunta 10

9. ¿Cuáles son las razones?

Falta de recursos para adquirir la bicicleta _____

Irrespeto hacia los ciclistas _____

Demasiados vehículos en la ciudad _____

No existen ciclovías _____

Robos _____

Transporto personas o bienes _____

No existen ciclovías ni otras infraestructuras _____

Otros _____ Especifique _____

10. ¿Con qué frecuencia utiliza la bicicleta?

1 a 3 días _____

3 a 5 días _____

Todos los días _____

11. ¿En su opinión cree que existen demasiados vehículos en la cabecera cantonal de Santa Isabel?

Totalmente en desacuerdo _____

En desacuerdo _____

Ni de acuerdo, ni en desacuerdo _____

De acuerdo _____

Totalmente en acuerdo _____

12. ¿En su opinión cree que existe demasiado ruido automotor en la ciudad de Santa Isabel?

Totalmente en desacuerdo _____

En desacuerdo _____

Ni de acuerdo, ni en desacuerdo _____

De acuerdo _____

Totalmente en acuerdo _____

13. ¿Estaría dispuesto a utilizar un sistema público de bicicletas eléctricas?

Si _____

No _____

Si la respuesta es negativa saltarse a la pregunta 16

14. ¿Estaría dispuesto a pagar una tarifa para el uso y mantenimiento del servicio?

Si _____

No _____

15. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el alquiler de la bicicleta por media hora?

0 a 25 ctvs. _____

25 a 50 ctvs. _____

Mas de 50 ctvs. _____

16. ¿Cree que este sistema de bicicletas eléctricas ayudaría con el problema del ruido y de la congestión?

Si _____

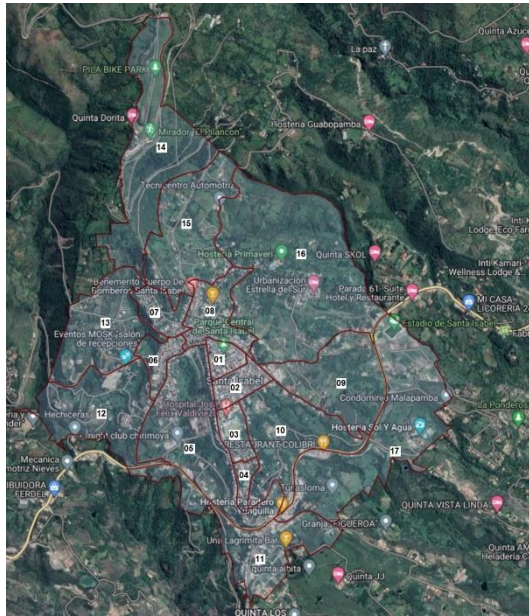
No _____

17. ¿Estaría dispuesto a cambiar su modo de transporte por el uso de la bicicleta eléctrica?

Si _____

No _____

DESCRIPCION DEL VIAJE



Origen del Viaje

Zona 1 _____

Zona 2 _____

Zona 3 _____

Zona 4 _____

Zona 5 _____

Zona 6 _____

Zona 7 _____

Zona 8 _____

Zona 9 _____

Zona 10 _____

Zona 11 _____

Zona 12 _____

Zona 13 _____

Zona 14 _____

Zona 15 _____

Zona 16 _____

Zona 17 _____

Destino del Viaje

Zona 1 _____

Zona 2 _____

Zona 3 _____

Zona 4 _____

Zona 5 _____

Zona 6 _____

Zona 7 _____

Zona 8 _____

Zona 9 _____

Zona 10 _____

Zona 11 _____

Zona 12 _____

Zona 13 _____

Zona 14 _____

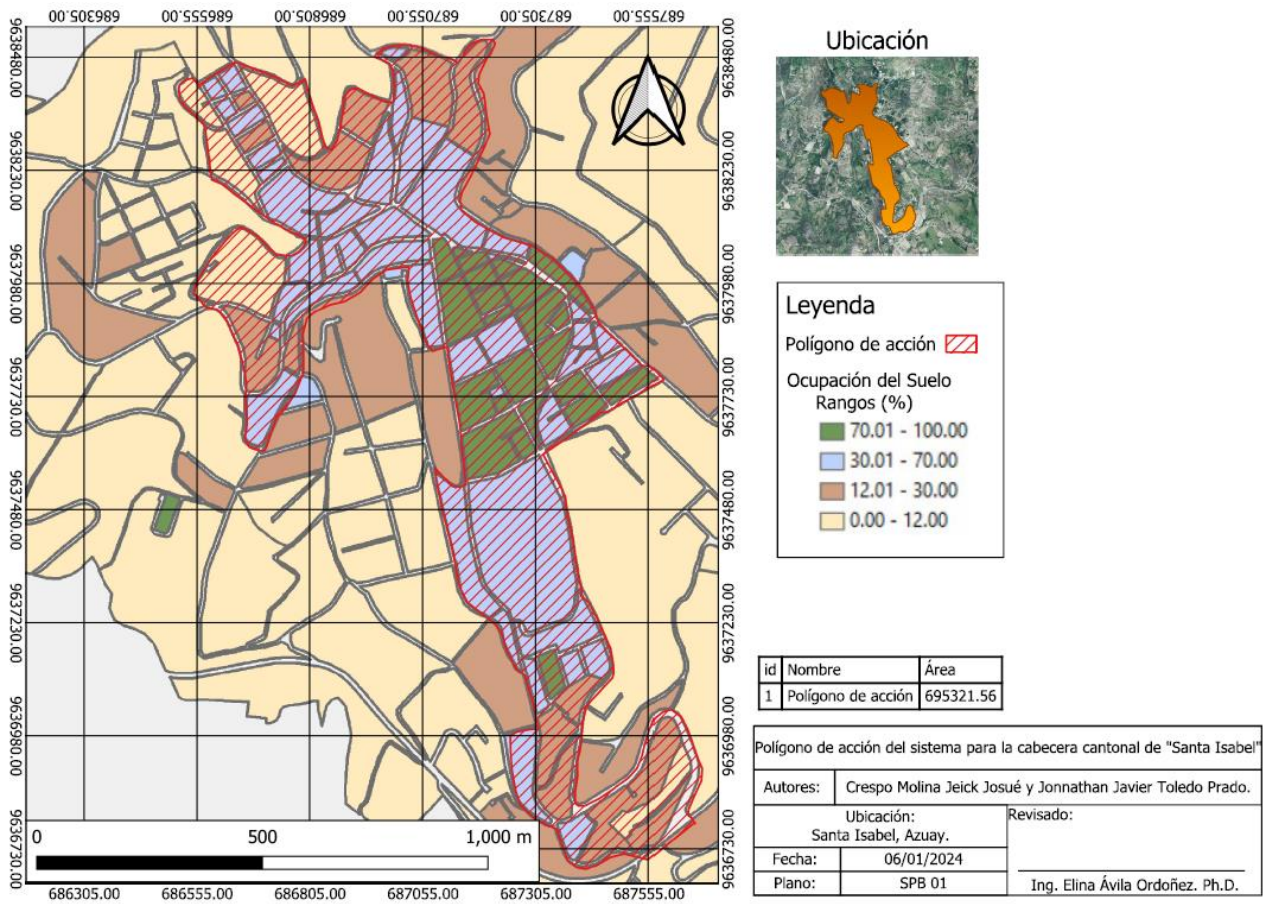
Zona 15 _____

Zona 16 _____

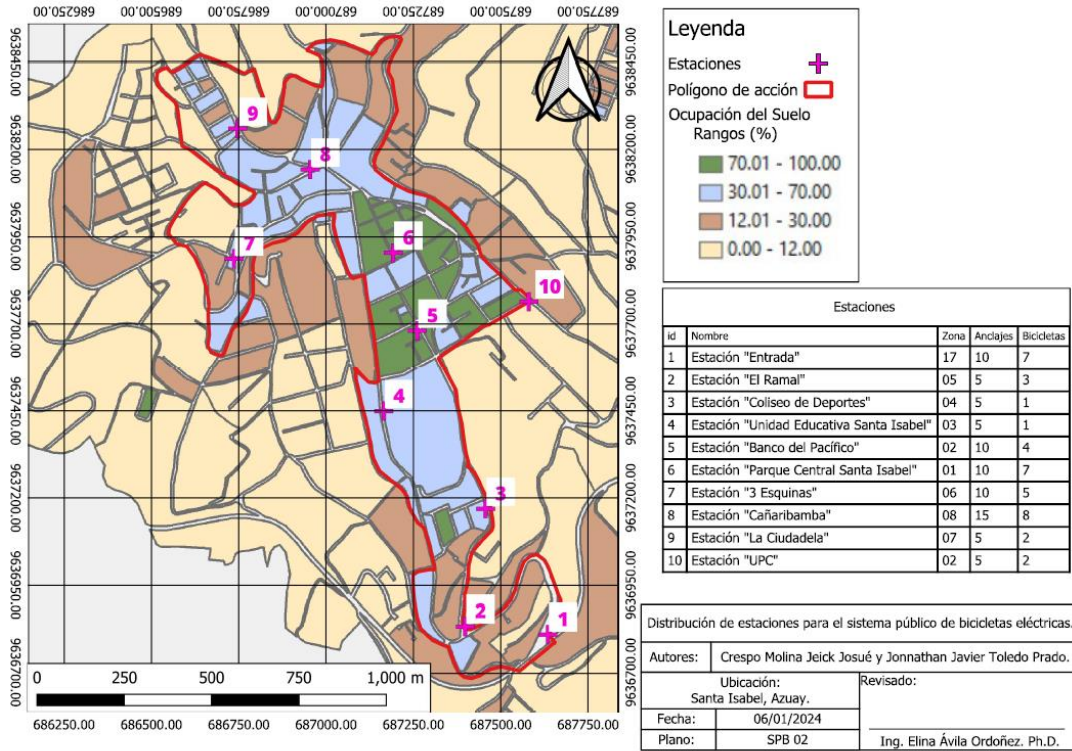
Zona 17 _____

Anexo B: Mapas

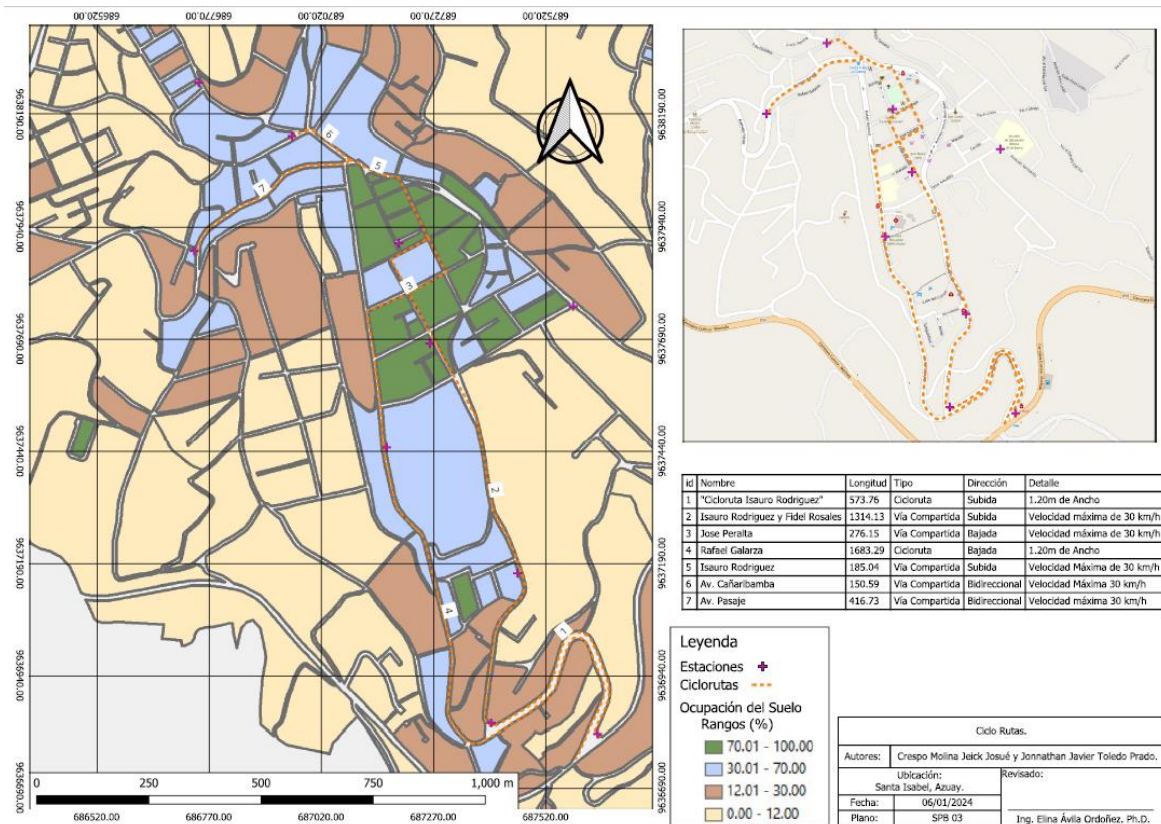
Para mejor visualización los planos también se encuentran en PDF.



Mapa 3. SPB01. Polígono de acción para la cabecera cantonal de Santa Isabel. Elaboración propia.



Mapa 4. SPB02. Distribución de estaciones para el sistema público de bicicletas eléctricas. Elaboración propia.



Mapa 5. SPB03. Ciclo rutas de conexión. Elaboración propia.

Anexo C: Fotos de la toma de datos mediante las encuestas.



Anexo D: Tríptico

