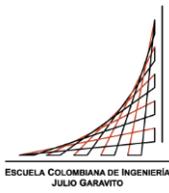


## **Maestría en Ingeniería Civil**

**Identificación de los elementos fundamentales que  
constituyen las características técnicas de un  
sistema de bicicletas públicas para Bogotá.**

**Ing. Hernán Sebastián Ladino Solís**

**Bogotá D.C, 09 de octubre de 2020**



**Identificación de los elementos fundamentales que  
constituyen las características técnicas de un  
sistema de bicicletas públicas para Bogotá**

**Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería  
Civil, con énfasis en Tránsito y Transporte**

**Ing. PhD. Mónica Marcela Suárez Pradilla**  
**Directora**

**Bogotá D.C, 09 de octubre de 2020**

La tesis de maestría titulada: “Identificación de los elementos fundamentales que constituyen las características técnicas de un sistema de bicicletas públicas para Bogotá”, presentada por Hernán Sebastián Ladino Solís, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Tránsito y Transporte



Directora de la tesis

Ing. PhD. Mónica Marcela Suárez Pradilla PhD



Codirector de la tesis

Ing. PhD. Jorge Cerda Troncoso

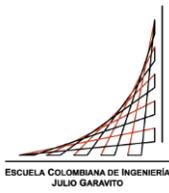
Jurado

Ing. M.Sc. Santiago Henao Pérez

Jurado

Carlos Felipe Urazán

Bogotá D.C. 09 de octubre de 2020



### Dedicatoria

A mi mamá, a mi papá, a mi hermana y a mis abuelitos Juana y Roberto, por ser fundamentales en la decisión de seguir estudiando y preparándome, por su apoyo y por su preocupación constante por mi bienestar.

### Agradecimientos:

Al concluir esta etapa, quiero agradecer a quienes de alguna manera hicieron que fuera posible terminar mi maestría. A mi familia, a mis compañeros, a Transconsult empresa que me permitió prepararme mientras desarrollaba mis funciones laborales, a la universidad, a los maestros y a mis directores de tesis.

## RESUMEN

Este trabajo brinda un marco general y de referencia de los elementos fundamentales que constituyen las características técnicas de los sistemas de bicicletas públicas, es el resultado de una investigación que incluye diseños y estructuración de los aspectos técnicos y componentes básicos que deben configurar el sistema.

Señala la importancia de los sistemas de bicicletas públicas, se realiza una revisión de los elementos fundamentales de dichos sistemas, así como de los beneficios y desventajas de cada uno de ellos, al final sugiere e impulsa un conjunto de características técnicas específicas para la implementación del sistema público de bicicletas en la ciudad Bogotá.

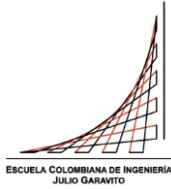
## ABSTRACT

This work provides a general and reference framework of the fundamental elements that constitute the technical characteristics of sharing bike systems, it is the result of an investigation that includes designs and structuring of the technical aspects and basic components with which the systems.

It points out the importance of sharing bike system, a review of the fundamental elements of these systems are carried out, as well as the benefits and disadvantages of each of them, at the end it suggests and promotes a set of specific technical characteristics for the implementation of one sharing bike systems in Bogotá city.

## ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	11
2.	REVISIÓN DE LA LITERATURA Y FUENTES DE INFORMACIÓN .....	14
3.	MARCO TEÓRICO.....	18
3.1.	Que son los sistemas de bicicletas publicas .....	18
3.2.	Beneficios de un sistema de bicicletas públicas .....	19
3.3.	Generaciones de los sistemas de bicicletas públicas.....	21
3.3.1.	Primera generación: .....	22
3.3.2.	Segunda Generación:.....	22
3.3.3.	Tercera Generación: .....	22
3.3.4.	Cuarta generación .....	23
3.4.	Sistema de bicicletas .....	25
3.4.1.	Con anclaje .....	25
3.4.2.	Sin anclaje.....	26
3.4.3.	Híbridos .....	27
3.5.	Tipo de bicicletas.....	27
3.5.1.	Bicicletas con anclaje .....	29
3.5.2.	Bicicletas sin anclaje .....	31
3.6.	Tipo de estaciones.....	32
3.6.1.	Estaciones Modulares.....	35
3.6.2.	Estaciones Permanentes.....	36
3.7.	Red de infraestructura .....	36
3.8.	Modelo de negocio y financiamiento del sistema de bicicletas públicas.....	38
4.	BOGOTA Y EL USO DE LA BICICLETA .....	39
4.1.	Historia de la bicicleta en Bogotá .....	41



<b>4.2.</b>	<b>Base normativa .....</b>	<b>42</b>
4.2.1.	Leyes .....	42
4.2.2.	Normas distritales.....	43
<b>4.3.</b>	<b>Encuesta de percepción sobre el uso de la bicicleta en Bogotá.....</b>	<b>44</b>
4.3.1.	Resultados. ....	46
<b>5.</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>54</b>
<b>6.</b>	<b>ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE UN SBP PARA BOGOTÁ .....</b>	<b>57</b>
<b>6.1.</b>	<b>Sistema de bicicletas .....</b>	<b>57</b>
6.1.1.	Recomendaciones para bicicletas.....	63
<b>6.2.</b>	<b>Tipo de estaciones.....</b>	<b>63</b>
6.2.1.	Recomendaciones para estaciones .....	67
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>71</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. FUENTE DE DATOS.....	14
TABLA 2. COMPARATIVA ENTRE EL VEHÍCULO PRIVADO Y DISTINTOS MEDIOS DE TRANSPORTE HABITUALES PARA DIVERSOS INDICADORES MEDIOAMBIENTALES.....	21
TABLA 3. ELEMENTOS DE BICICLETAS CON ANCLAJE .....	29
TABLA 4. ELEMENTOS DE BICICLETAS SIN ANCLAJE .....	31
TABLA 5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE MUESTREO POR BOLA DE NIEVE. ....	44
TABLA 6. MATRIZ MULTICRITERIO PARA ELEGIR UN SISTEMA DE BICICLETAS PÚBLICAS EN BOGOTÁ. ....	62
TABLA 7. CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS DE LAS BICICLETAS. ....	63
TABLA 8. MATRIZ MULTICRITERIO PARA ELEGIR UN SISTEMA DE BICICLETAS PÚBLICAS EN BOGOTÁ. ....	67
TABLA 9. CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS DE LAS ESTACIONES. ....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. BENEFICIOS DE UN SISTEMA DE BICICLETAS PÚBLICAS .....	19
FIGURA 2. LÍNEA DE TIEMPO DE LA EVOLUCIÓN DE LOS PRINCIPALES SPB, DESDE SUS INICIOS EN 1965 HASTA 2014 .....	24
FIGURA 3. SISTEMAS DE BICICLETAS PÚBLICAS CON ANCLAJE.....	25
FIGURA 4. SISTEMAS DE BICICLETAS PÚBLICAS SIN ANCLAJE.....	26
FIGURA 5. COMPONENTES BÁSICOS DE UNA BICICLETA.....	28
FIGURA 6. BICICLETAS CON ANCLAJE .....	29
FIGURA 7. BICICLETAS SIN ANCLAJE .....	31
FIGURA 8. BICICLETAS SIN ANCLAJE .....	32
FIGURA 9. TIPOLOGÍA DEL SERVICIO DE LAS ESTACIONES .....	33
FIGURA 10. INFRAESTRUCTURA DE ANCLAJE .....	34
FIGURA 11. GAMA DE LAS TERMINALES.....	34
FIGURA 12. ESTACIONES MODULARES.....	35
FIGURA 13. ESTACIONES PERMANENTES .....	36
FIGURA 14. TIPOLOGÍA DE INFRAESTRUCTURA .....	37
FIGURA 15. MODELO DE NEGOCIO .....	38
FIGURA 16. CANTIDAD DE VIAJES EN BICICLETA .....	39
FIGURA 17. INDICADORES AMBIENTALES PARA DIFERENTES MODOS DE TRANSPORTE.....	40
FIGURA 18. LA BICICLETA EN BOGOTÁ .....	41
FIGURA 19. PILARES DEL “PLAN BICI” EN BOGOTÁ .....	42
FIGURA 20. PREGUNTA 1 - ¿CUÁL ES SU GÉNERO?.....	46
FIGURA 21. PREGUNTA 2 - ESTRATO DE SU VIVIENDA.....	46
FIGURA 22. PREGUNTA 3 – RANGO DE EDADES.....	47
FIGURA 23. PREGUNTA 4 - OCUPACIÓN.....	47
FIGURA 24. PREGUNTA 5 – PRINCIPAL MODO DE TRANSPORTE .....	48
FIGURA 25. PREGUNTA 6 – ¿TIENE BICICLETA?.....	48
FIGURA 26. PREGUNTA 7 – ¿CON QUE FRECUENCIA USA LA BICICLETA?.....	49
FIGURA 27. PREGUNTA 8 – ¿QUÉ LO MOTIVA A USAR LA BICICLETA?.....	49
FIGURA 28. PREGUNTA 9 – ¿QUÉ LO DESMOTIVA PARA USAR LA BICICLETA? .....	50
FIGURA 29. PREGUNTA 10 – ¿ESTARÍA DISPUESTO A CAMBIAR SU HABITUAL MODO DE TRANSPORTE? .....	50
FIGURA 30. PREGUNTA 11 – ¿ESTARÍA DISPUESTO A CAMBIAR SU HABITUAL MODO DE TRANSPORTE? .....	51
FIGURA 31. PREGUNTA 12 – ¿ESTARÍA DISPUESTO A CAMBIAR SU HABITUAL MODO DE TRANSPORTE? .....	52

FIGURA 32. PREGUNTA 13 – ¿CREE USTED QUE SERÍA NECESARIO QUE BOGOTÁ TENGA UN SISTEMA DE BICICLETAS PÚBLICAS?.....	52
FIGURA 33. PREGUNTA 14 – ¿PIENSA QUE MÁS PERSONAS SE ANIMARÍAN A DESPLAZARSE EN BICICLETA SI EXISTIERA UN SBP? .....	53
FIGURA 34. DIAGRAMA DE FLUJO MATRIZ MULTICRITERIO .....	56
FIGURA 35. EJECUCIÓN DE MATRIZ MULTICRITERIO .....	56
FIGURA 36. CRITERIOS EVALUATIVOS DE UN SISTEMA PÚBLICO DE BICICLETAS.....	58
FIGURA 37. CRITERIOS EVALUATIVOS PARA EL TUPO DE ESTACIONES .....	64

## 1. INTRODUCCIÓN

La movilidad de las personas es un factor determinante para el desarrollo social, urbano, económico y territorial. Es una necesidad básica que debe ser cubierta, de manera que el esfuerzo necesario para realizar los viajes sin importar el motivo impacte de manera positiva en la calidad de vida (economía, cultura, educación, salud, bienestar etc.) de los ciudadanos. El continuo desarrollo urbano, el incremento de la población y en general los desarrollos propios de la sociedad, han vuelto más complejos los procesos para satisfacer la demanda de viajes, así como de los modos de transporte y la cobertura de estos en función de los traslados que requieren las ciudades.(Vega, 2006)

Los problemas de congestión, la dependencia energética y la contaminación ambiental, muestran la importancia de optar por alternativas que den paso a modos de transporte urbano sostenible. Particularmente, la bicicleta es un modo que no genera contaminación y ayuda a optimizar el uso de recursos como el espacio público. La bicicleta aparece como una alternativa sostenible para el transporte urbano, por esto, *los sistemas de bicicletas públicas* constituyen una herramienta esencial para potenciar el uso de este modo y además promueven la inclusión social (Bonnette, 2007).

Estos sistemas brindan facilidades a los usuarios como menores costos, menores tiempos de transbordo y una responsabilidad mínima de la propiedad de la bicicleta (Shaheen et al., 2010). La ciudad de Ámsterdam en 1968 implementó el primer sistema de públicas denominado Bicicletas Blancas, a partir de allí diferentes ciudades han puesto en marcha sistemas que progresivamente han madurado hasta tener un grado de complejidad eficaz y que facilitan una movilidad urbana sostenible (DeMaio, 2003).

De acuerdo con el informe INRIX de 2018 Bogotá es la ciudad del mundo donde, más horas pierde un usuario de vehículo privado al día por problemas de congestión, al año se calcula que son aproximadamente 272 horas.

Los factores que están directamente relacionados con esto son, la dimensión urbana, la densidad, las distancia y los tiempos de traslado. Por ello, es necesario repensar la movilidad urbana y priorizar modos de transporte sostenibles como la bicicleta que deben tener mayor relevancia en la planificación y en el desarrollo de la ciudad. El aumento del número de viajes realizados en bicicleta en Bogotá consolida este vehículo como una alternativa real para los desplazamientos urbanos, tanto desde la perspectiva de la movilidad como desde la perspectiva del medio ambiente y la salud.

Las políticas públicas a nivel nacional y local deben ir encaminadas a garantizar y proteger el acceso de los ciudadanos a modos de transporte sostenibles. Los *sistemas de bicicletas públicas* constituyen un modo de transporte alternativo sostenible, que dependiendo de su implementación y características puede llegar a ser más rápido, cómodo y seguro frente a los demás medios de transporte.

A partir de lo anteriormente expuesto, la hipótesis de partida de este trabajo considera que para implementar un sistema de bicicletas públicas efectivo en la ciudad de Bogotá es necesario definir las principales características de este, en función de las necesidades particulares de la ciudad.

Este trabajo tiene como *objetivo* identificar las características técnicas fundamentales de un *sistema de bicicletas públicas para la ciudad de Bogotá* con el fin de contribuir a la mejora de la movilidad de la ciudad, en función del bienestar y calidad de vida de sus habitantes.

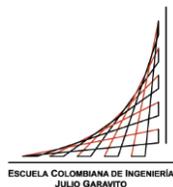
Para establecer los elementos del sistema de bicicletas públicas, considerando sus características particulares se utilizó una metodología que, a partir de la revisión de diferentes casos de estudio previamente documentados, permite a través de la comparación evaluar las opciones y el peso de los siguientes elementos: la tipología del sistema, el tipo de bicicleta, la infraestructura propia del sistema y la infraestructura de la ciudad.

Dado que se requiere conocer la percepción de los usuarios se realizó una encuesta para evaluar la disposición de los Bogotanos frente a la bicicleta como

modo de transporte público y en especial frente a la implementación de un sistema de bicicletas públicas.

Los resultados obtenidos recomiendan implementar un sistema de bicicletas públicas de tercera o cuarta generación totalmente automático, con estaciones modulares de anclaje donde la distribución entre las tipologías de las bicicletas sea de al menos 30% eléctricas con pedaleo asistido y un 70% máximo de bicicletas tradicionales, y otros elementos que se muestra ampliamente en el cuerpo de este trabajo.

Este informe está estructurado de la siguiente manera, en el capítulo dos se presenta la revisión de la literatura, en el capítulo tres contiene el marco teórico donde se define que son los sistemas de bicicletas públicas, generaciones, clases de sistemas, tipos de bicicletas, tipos de estaciones, red de infraestructura y el modelo de negocio y financiación. En el capítulo cuatro se describe la situación particular del uso de la bicicleta en Bogotá. En el capítulo cinco se presenta la metodología, el capítulo seis muestra los elementos y las características de un sistema de bicicletas públicas para Bogotá. El capítulo siete contiene las principales conclusiones y recomendaciones. Finalmente, en el capítulo 8 se encuentran las referencias utilizadas.



## 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

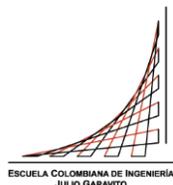
A continuación, se relacionan las fuentes de información que se utilizaron para el desarrollo de la tesis, la información fue recolectada mediante un proceso de investigación y de entrevistas con expertos, además como parte del proceso de investigación, para cada elemento indicado en la Tabla 1 y que es parte de la bibliografía del presente trabajo, se indicó una síntesis con los elementos rescatados que fueron de utilidad para el desarrollo de la tesis.

La revisión detallada de la siguiente información permitió tener una visión global del problema que se intenta abordar desde las diferentes perspectivas de los autores; fortalecer criterios y conceptos que el autor ya tenía y poderlo clasificar de una forma que brinde a los lectores un complemento bibliográfico de mayor utilidad. El marco teórico se desarrolló con base a la información recolectada y con el aporte que cada elemento brinda desde su enfoque particular.

*Tabla 1. Fuente de datos*

<b>Bicicletas publicas</b>						
<b>ID</b>	<b>Nombre</b>	<b>AUTORES</b>	<b>AÑO</b>	<b>APORTE</b>	<b>REGIÓN/PAÍS</b>	<b>CLASIFICADOR</b>
1	Los sistemas de bicicletas publicas urbanas (Bea Alonso, 2009)	MIGUEL BEA ALONSO	feb-09	Panorámica de los modelos existentes en el mundo prestando especial atención al modelo de Bicing de Barcelona	Barcelona, España	Bicicletas publicas
2	Bike Sharing in the United States: State of the Practice and Guide to Implementation (Toole Design Group & Pedestrian and Bicycle Information Center, 2012)	TOOLE DESIGN GROUP AND THE PEDESTRIAN AND BICYCLE INFORMATION CENTER FOR USDOT FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION	sep-12	Presenta una sinopsis amplia sobre los sistemas municipales de bicicletas compartidas donde las jurisdicciones locales (incluidas ciudades, condados, etc.) participan en la financiación, gestión, administración y / o permiten el uso compartido de bicicletas implementando prácticas.	USA	Bicicletas publicas

Bicicletas publicas						
ID	Nombre	AUTORES	AÑO	APORTE	REGIÓN/PAÍS	CLASIFICADOR
3	LOS SISTEMAS DE BICICLETA PÚBLICA Y LA MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE UN ANÁLISIS EN LA CIUDAD DE PALMA (MALLORCA, ISLAS BALEARES)(Pons et al., 2016)	JOANA MARIA SEGUÍ PONS JAUME MATEU LLADÓ MAURICIO RUIZ PÉREZ MARIA ROSA MARTÍNEZ REYNÉS	jul-05	El artículo analiza específicamente el alcance espacial y el impacto en el conjunto de modos de transporte de la implantación de un sistema de bicicleta pública en la ciudad de Palma, BiciPalma, en el marco de un proceso de planificación de movilidad sostenible	Mallorca, España	Bicicletas publicas
4	Structure and dynamics of a public bike-sharing system. Case study of the public transport system in Białystok(Dobrzyńska & Dobrzyński, 2016)	EWA DOBRZYŃSKA MACIEJ DOBRZYŃSKI	oct-16	Identificar a partir de la dinámica del sistema las modificaciones que conducen a la mejora de la eficiencia. Además, determinar los motivos de la elección de una ubicación para nuevas estaciones de bicicletas.	Polonia	Bicicletas publicas
5	Sistemas Públicos de Bicicletas para América Latina Guía práctica para implementación	RICARDO MONTEZUMA	jul-05	El documento está estructurado en cinco partes: La primera parte, "Referentes internacionales de SPB" presenta los casos de Barcelona y Londres, reconocidos por ser innovadores en el fomento de los SPB. La segunda parte, "Planificar un SPB: la prefactibilidad", se esbozan los principales factores o condicionantes de una ciudad que quiere desarrollar un SPB. La tercera parte, "Diseñar y conceptualizar un SPB", presenta las recomendaciones principales para desarrollar los elementos y componentes de un SPB en una ciudad. La cuarta parte, "Implementar y poner en operación un SPB", da las pautas de las principales actividades, tiempos y alcances de los procesos para implementar y poner a funcionar el sistema. La quinta y última parte, "Gestionar y Monitorear un SPB", presenta las principales actividades y acciones para hacer seguimiento e incluso evaluar un SPB, y da opciones para mejorar o solucionar problemas de este.	América Latina	Bicicletas publicas



Bicicletas publicas						
ID	Nombre	AUTORES	AÑO	APORTE	REGIÓN/PAÍS	CLASIFICADOR
6	The evolution of bike sharing: 10 questions on the emergence of new technologies, opportunities, and risks	CHRISTOPHER MOON-MIKLAUCIC ANNA BRAY-SHARPIN IVAN DE LA LANZA AZRA KHAN LUCA LORANNE MAASSEN (Moon-Miklaucic et al., 2019)	ene-19	Este documento proporciona a los tomadores de decisiones a nivel de ciudad, una serie de preguntas frecuentes y respuestas para evaluar la adopción e implementación de un BSS. No es una guía integral para la implementación de bicicletas compartidas, ni está destinado a proporcionar recomendaciones prescriptivas; más bien ofrece preguntas y respuestas objetivas para ayudar a funcionarios de la ciudad a navegar a través de los desarrollos recientes e innovaciones de tecnologías nuevas y mejoradas, datos, y modelos de negocio relacionados con el uso compartido de bicicletas. La emergencia de nuevas tecnologías, incluidas las de acoplamiento y eléctricas (e-) bikes, está creando nuevas oportunidades, tanto para aumentar el interés y las preocupaciones de riesgo de los funcionarios de la ciudad en torno el mundo.		Bicicletas publicas
7	Tulsa bike share strategic business plan	ALTA PLANNING DESIGN (Plan, n.d.).	abr-15	Compara y contrasta otros sistemas de bicicletas compartidas existentes en regiones similares para establecer un punto de referencia	Tulsa, USA	Bicicletas publicas
8	El sistema de bicicletas públicas "Ecobici": del cambio modal al cambio social	RUTH PÉREZ LÓPEZ (López, 2013)	jul-05	Analiza el impacto del sistema de bicicletas públicas "Ecobici" en algunas zonas de la ciudad de México y los efectos de las personas que lo utilizan. ¿Cuáles son las barreras que frenan los cambios de comportamiento? ¿Cuáles son los factores que los impulsan en un contexto en el que las políticas públicas de promoción de la bicicleta se consolidan?	México	Bicicletas publicas
9	Bicicletas compartidas como sistema de transporte público urbano	JULIÁN RODRIGO QUINTERO GONZÁLEZ (Rodrigo et al., 2017)	jul-05	Identifica la legislación y normativa aplicables a los sistemas de bicicletas públicas como sistema de transporte público en Colombia	Colombia	Bicicletas publicas
10	Bike share's impact on car use: Evidence from the United States, Great Britain, and Australia	ELLIOT FISHMAN SIMON WASHINGTON NARELLE HAWORTH (Fishman et al., 2014)	jul-05	Examinar el grado en que los viajes en automóvil son reemplazados por bicicletas compartidas, en Melbourne, Brisbane, Washington, D.C., Londres, y Minneapolis / St. Paul	Holanda	Bicicletas publicas
11	Una nueva revolución en la movilidad urbana: los sistemas de bicicletas públicos	SAMUEL ROLANDO GONZÁLEZ LUNA	jul-05	Muestra la importancia de los SBP, realiza una revisión de las generaciones de dichos sistemas, así como de los beneficios y desventajas de este tipo de sistemas y finalmente, identifica los SBP como impulsores de un nuevo paradigma de movilidad urbana no motorizada que está en auge a nivel mundial	México	Bicicletas publicas
12	Estado del arte. Características y experiencias de los sistemas de bicicletas público en américa latina y consideraciones para	CRISTHIAN GORDILLO	jul-05	Da un marco general y de referencia sobre la implementación y funcionamiento de los Sistemas de Bicicletas Público (SBP) en las diferentes ciudades de América Latina.	Bogotá	Bicicletas publicas

Bicicletas publicas						
ID	Nombre	AUTORES	AÑO	APORTE	REGIÓN/PAÍS	CLASIFICADOR
	la implementación del sbp en Bogotá					
13	Sistemas de bicicleta pública sin estaciones (BPSE): recomendaciones para América Latina	CARLOS FELIPE PARDO DESPACIO.ORG	jul-05	Recomendaciones para sistemas de bicicleta pública sin estaciones	Bogotá	Bicicletas publicas

*Fuente: Elaboración propia*

### 3. MARCO TEÓRICO

La motivación de uso de la bicicleta como medio de transporte está directamente relacionada con la percepción de los ciudadanos. La implementación de un sistema de bicicletas públicas puede ser detonante para fomentar el uso de la bicicleta en la ciudad (Parkes, et al., 2013). En este capítulo se muestra que son los sistemas de bicicletas públicas, beneficios, generaciones, sistemas, tipos, estaciones, red de infraestructura y modelos de negocio y financiación.

#### 3.1. Que son los sistemas de bicicletas publicas

Los SBP, son en sí, sistemas de transporte público, que se realizan utilizando un modo no motorizado, que brinda la particularidad de una oferta más flexible, además se basa fundamentalmente en el alquiler o renta de un vehículo público, en este caso la bicicleta, que se caracteriza por ser un sistema práctico, rápido y pensado en el uso cotidiano.

El propósito de los sistemas de bicicletas públicas siempre ha sido el mismo: permitir a las y los usuarios recoger una bicicleta en un lugar y devolverla en otro, haciendo que la movilidad de propulsión humana sea práctica de un punto a otro.(Institute for Transportation & Development Policy ITDP, 2018).

Un SBP está constituido por un conjunto de componentes como mobiliario urbano, dispositivos electromecánicos, tecnologías de informática y de telecomunicación y por supuesto el corazón de los sistemas la bicicleta, que garantiza una adecuada prestación de servicio de transporte con calidad y eficiencia, que ofrecen los demás servicios de transporte público.

Representan una opción de política pública para integrar y potenciar el modo bicicleta en el sistema de transporte, esencialmente, el transporte público, brindando a los usuarios opciones de intermodalidad, "es un nuevo concepto de movilidad pública, individual y en autoservicio, se basa en el préstamo o alquiler temporal de bicicletas, por lo general por medios automatizados, aunque

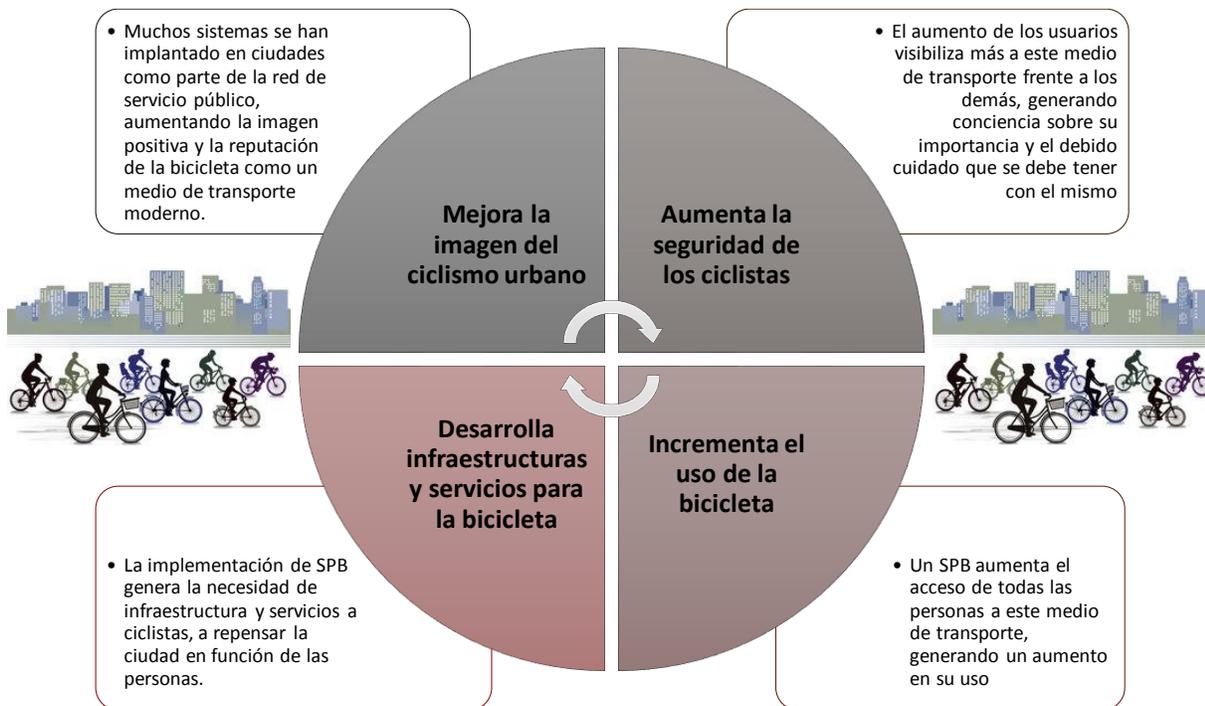
también existen medios manuales, para facilitar el uso urbano de este vehículo”(Montezuma, 2015).

### 3.2. Beneficios de un sistema de bicicletas públicas

La guía de ciclo infraestructura en Colombia resalta “Para avanzar hacia escenarios de mayor equidad y sostenibilidad es necesario invertir la jerarquía de los modos de transporte que ha imperado en los últimos cien años. En ese sentido, los modos prioritarios son precisamente los menos contaminantes, de menor consumo energético y que generan menor riesgo: el peatón y la bicicleta.”(Ministerio de Transporte de Colombia, 2016)

Los sistemas de bicicletas públicas son sistemas que favorecen varios elementos dentro de las ciudades, no son aporte exclusivo para la movilidad, traen por defecto otros beneficios en aspectos sociales, ambientales, en salud pública, de espacio urbano, entre otros.

*Figura 1. Beneficios de un sistema de bicicletas públicas*



*Fuente: Elaboración propia*

El informe sobre Eficiencia Energética y Movilidad en América Latina y El Caribe define: “la movilidad describe el movimiento espacial de materiales, personas e información, y se construye socialmente. La movilidad se realiza a través de diversos medios y elementos constitutivos, y, por lo tanto, puede diferenciarse según su propósito, significado y competencias. Aspectos constitutivos de la movilidad son también la infraestructura física y características de los servicios facilitadores de la movilidad. La movilidad se mide en términos de la distancia cubierta y volumen transportado.”. “En el caso de la movilidad de personas se mide en pasajero/km en el contexto de la eficiencia energética estas medidas quedan cortas, ya que no incluyen la porción de “movilidad improductiva”, que es equivalente a la capacidad no utilizada de un servicio de transporte” (Kreuzer & Wilmsmeier, 2019) y bajo este criterio los SBP son los más eficientes y su instauración en ciudades tiene beneficios como:

- Fomenta la disminución de la congestión del tráfico y del transporte público colectivo.
- Rapidez en los desplazamientos en distancias cortas (menos de 5 kilómetros).
- El uso de la bicicleta es un medio de transporte autónomo, flexible y fiable.
- Se adecua a las necesidades de los usuarios, favoreciendo la intermodalidad con los demás sistemas de transporte público.
- Disminuye la peligrosidad de las calles con relación al tráfico motorizado
- No consume combustibles fósiles, por lo que no emite partículas contaminantes a la atmosfera.
- Produce niveles de ruido muy inferiores a los de sistemas de transporte motorizados.
- Genera poca cantidad de residuos en todo su ciclo de vida, incluyendo su fabricación, mantenimiento y reparaciones, hasta su uso final.

- Son ampliamente recuperables y reutilizables. Así, existen proyectos de reciclaje en los que se construyen bicicletas a partir de piezas y fragmentos de otras bicicletas.
- Consumen poca cantidad de suelo: sólo en algunos casos precisan la construcción de infraestructuras, de las cuales la mayoría se pueden construir siguiendo criterios de sostenibilidad.
- Fomentan la disminución de la congestión del tráfico y del transporte público, gracias al cambio de elección de los usuarios con respecto a sus desplazamientos diarios.

*Tabla 2. Comparativa entre el vehículo privado y distintos medios de transporte habituales para diversos indicadores medioambientales*

	Auto	Bus	Bicicleta	Avión	Tren
<b>Consumo de espacio</b>	100%	10%	8%	1%	6%
<b>Consumo de Energía Primaria</b>	100%	30%	0%	405%	34%
<b>Emisiones CO<sub>2</sub></b>	100%	29%	0%	420%	30%
<b>Emisiones NOX</b>	100%	9%	0%	290%	4%
<b>Emisiones HC's</b>	100%	8%	0%	140%	2%
<b>Emisiones CO</b>	100%	2%	0%	93%	1%
<b>Contaminación Atmosférica total</b>	100%	9%	0%	250%	3%
<b>Riesgo inducido de accidente</b>	100%	9%	2%	12%	3%

*Fuente: (IDAE, 2007)*

“el uso de la bicicleta reduce el riesgo de desarrollar enfermedades crónicas, ayuda al funcionamiento del sistema cardiovascular, tonifica los músculos y mejora la capacidad pulmonar; reduce los niveles de colesterol, ayuda a mejorar la coordinación motriz, reduce la obesidad a la vez que esto puede ayudar a mejorar la confianza y la autoestima entre los niños; reduce los niveles de estrés y mejora el estado de ánimo”. (Rodrigo et al., 2017)

### **3.3. Generaciones de los sistemas de bicicletas públicas**

Los sistemas de bicicletas públicas han tenido varios desarrollos durante el paso del tiempo, la obligación de suplir necesidades que surgieron dentro de los sistemas dio paso a la incorporación de nuevos elementos, de nuevas tecnologías, lo que significó el cambio de los prototipos existentes llevándolos a nuevas

generaciones. Las mejoras fueron no solo a nivel de la bicicleta sino de todos los componentes que un sistema de bicicletas publicas comprende para su buen desarrollo y funcionamiento, es decir infraestructura, tecnología, y por supuesto las bicicletas como el corazón de los sistemas (DeMaio, 2009).

### **3.3.1. Primera generación:**

Empieza en los años 60 en Holanda, son sistemas de libre acceso o sistemas abiertos, no tienen alguna restricción para acceder al sistema, para usar las bicicletas ni condición alguna para su retorno, es decir se puede solamente usar el sistema y dejar la bicicleta donde quiere el usuario, por esta razón tiene grandes dificultades en términos logísticos y en términos de patrimonio, pues las bicicletas son fácilmente vandalizadas, no se dispone de ningún sistema de seguridad o seguimiento de las bicicletas, y por estas razones solo es recomendable de instalar en lugares que dispongan de controles fuertes sobre los puntos de entrada y salida.

### **3.3.2. Segunda Generación:**

La segunda generación de bicicletas compartidas aparece en los años 70 y tiene un fuerte cambio en relación con la primera generación, en estos sistemas las bicicletas deben ser amarradas a infraestructura fija, lo que ordena los puntos de inicio y finalización del viaje, además para que la bicicleta pueda ser alquila, el usuario debe pagar una tarifa, dicha transacción consiste en que el candado se abre cuando se inserta una moneda y deja libre la bicicleta para desarrollar el viaje, aunque su costo es mínimo y por esta razón son sistemas que aun presentan grandes pérdidas por vandalización y mantenimiento, su préstamo y recibo es manual.

### **3.3.3. Tercera Generación:**

Con la experiencia de la primera y segunda generación se llega a lo que se conoce hoy como Smart bikes y al desarrollo de estaciones automáticas de préstamo y recepción de las bicicletas, la tercera generación surge en los años 2000, su logro más importante es permitir que las estaciones estén conectadas

a un centro de control, la inclusión de tecnología y la planeación logística permite que esta nueva generación este diseñada como cualquier otro modo de transporte público e incluya en su sistema perfiles de demanda y con ellos garantizar que tanto bicicletas como estacionamientos estén siempre disponibles, aquí entran elementos no solo tecnológicos, sino que además las bicicletas empiezan a ser diseñadas de forma exclusiva para dichos sistemas, lo que beneficia en términos de vandalismo pues los componentes de las bicicletas solo le sirven al sistema y además están diseñados para que quitar o poner elementos requieran herramientas especiales.

#### **3.3.4. Cuarta generación**

Los sistemas de cuarta generación se están consolidando, su mayor diferenciación de los sistemas de generaciones anteriores es la inclusión de bicicletas eléctricas con pedaleo asistido, lo cual implica nuevos elementos estructurales para garantizar que las bicicletas se carguen en las estaciones, además tienen la posibilidad de incluir elementos como tabletas en el manubrio y permitir la navegación y el control del sistema.

Esta nueva generación permite acceder a información del viaje casi en tiempo real, además de permitir la logística del sistema para balancear las estaciones, permitiendo que siempre haya bicicletas y espacios disponibles para entrega en las estaciones (Mátrai, T., & Tóth, J., 2016).

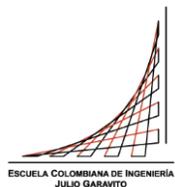
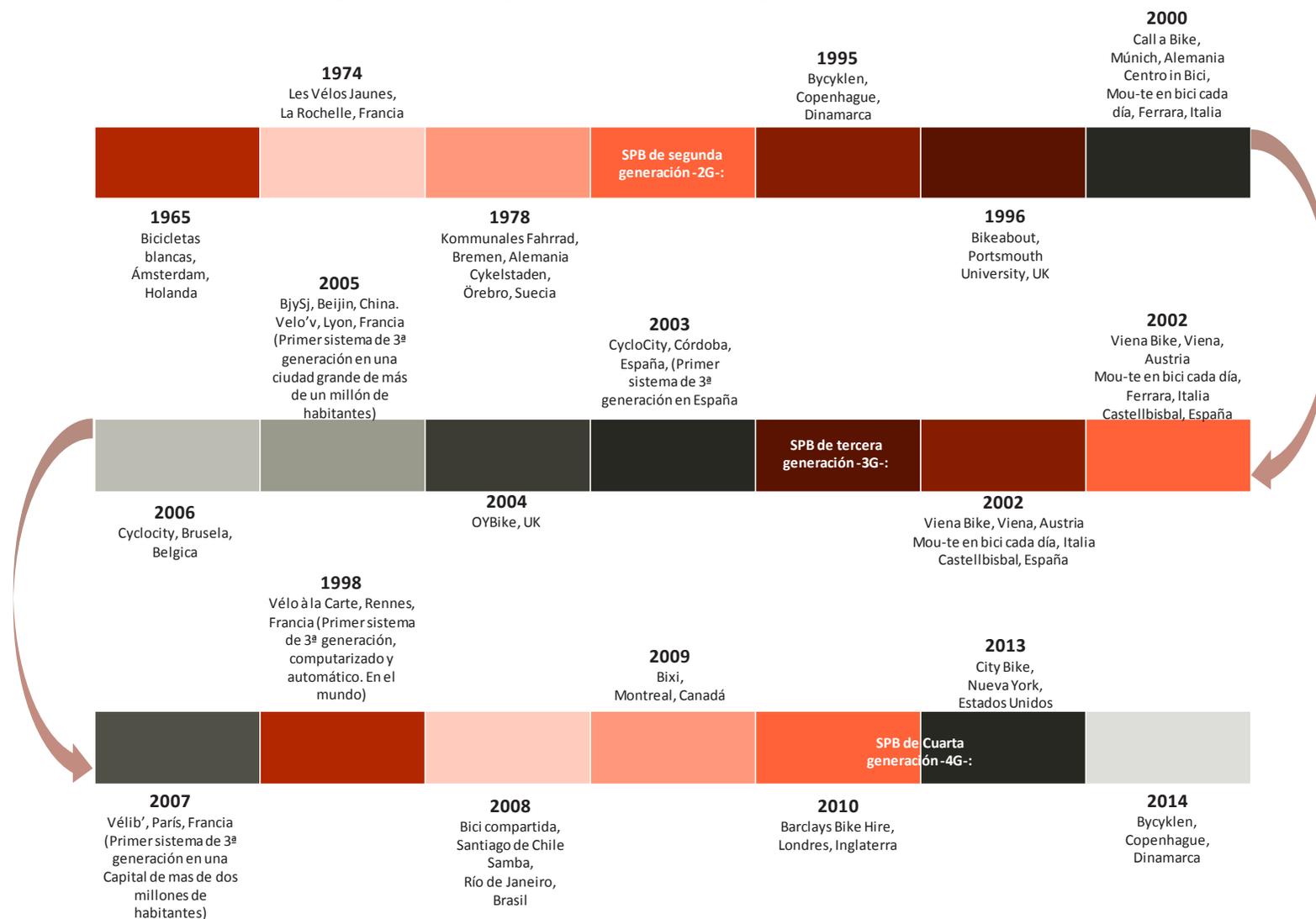


Figura 2. Línea de tiempo de la evolución de los principales SPB, desde sus inicios en 1965 hasta 2014



Fuente: Adaptación de (Montezuma, 2015)

### 3.4. Sistema de bicicletas

Montezuma en su libro “Sistemas Públicos de Bicicletas Para América Latina” muestra los sistemas de bicicletas públicas como un “concepto de movilidad pública, individual y en autoservicio, se basa en el préstamo o alquiler temporal de bicicletas, por lo general por medios automatizados, aunque también existen medios manuales, para facilitar el uso urbano de este vehículo. Se trata ante todo de un sistema público para fomentar el uso urbano de la bicicleta en viajes de corta distancia y duración”(Montezuma, 2015)

Existen principalmente tres tipos de sistemas de bicicletas compartidas, como se explican a continuación:

#### 3.4.1. Con anclaje

Los sistemas con anclaje consisten fundamentalmente en “Sistemas que requieren que las bicicletas sean recogidas y devueltas a los espacios de anclaje designados o a los candados inteligentes”, (Institute for Transportation & Development Policy ITDP, 2018), que son sistemas tradicionales, que permiten que los usuarios tengan claro los puntos de atención tanto en origen como en destino sin necesidad de aplicaciones que les muestren la posición y disponibilidad de bicicletas.

*Figura 3. Sistemas de bicicletas públicas con anclaje*



*Fuente: tomada de <https://binvasionbicicleta.com.ar/2019/02/>, sistema de bicicletas públicas en New York.*

Son sistemas que implican la instalación de infraestructura pesada, lo cual brinda sensaciones de estabilidad y de seguridad, frente a estos sistemas es necesario la redistribución del espacio público, su robustez física permite espacios aptos para la publicidad.

### 3.4.2. Sin anclaje

Los sistemas de bicicletas públicas sin anclaje son sistemas que no necesitan que su operación inicie o termine en una estación o infraestructura fija, son sistemas que no tienen estaciones o centros de despacho y recolección definidos, en estos sistemas los usuarios llegan a las bicicletas a través de una aplicación la cual localiza y permite desbloquear el vehículo para permitir el inicio del viaje y a través de esta se indica que el recorrido ha terminado.

*Figura 4. Sistemas de bicicletas públicas sin anclaje*



*Fuente: [elcanarioamarillo.wordpress.com/bicicletas sin anclaje](http://elcanarioamarillo.wordpress.com/bicicletas-sin-anclaje)*

Existen principalmente dos tipos de bloqueo, uno que es bloqueo a infraestructura, la cual consiste en un candado que llevan las bicicletas a bordo, y se bloquean a alguna infraestructura preexistente, como postes, señalizaciones o soportes, y otro que es el bloqueo de llantas el cual consiste en un dispositivo de autobloqueo en la llanta trasera que permite bloquear la bicicleta una vez el viaje ha sido culminado, este tipo de bloqueo permite que la bicicleta no deba ser bloqueada a un elemento fijo.

### 3.4.3. Híbridos

Los sistemas de bicicletas públicas híbridos son “Sistemas que incluyen puntos de anclaje tanto en estaciones físicas como en centros geo-cercados” (Institute for Transportation & Development Policy ITDP, 2018), donde los usuarios tienen en general 4 opciones para recoger o dejar la bicicleta.

- Recoger y devolver una bicicleta en una estación
- Recoger una bicicleta de una estación y dejarla en cualquier lugar dentro de un área designada como hábil para dicho propósito.
- Recoger una bicicleta dentro de un área designada y devolverla a una estación.
- Recoger y dejar la bicicleta en un lugar dentro de un área designada como hábil para dicho propósito

### 3.5. Tipo de bicicletas

Las bicicletas dentro de un sistema público de transporte deben ser vistas y entendidas como elementos de trabajo pesado por número de viajes diarios que han de realizar, por las condiciones ambientales y sociales a las que van a ser expuestas. Deben ser bicicletas de tipo estándar para todo el sistema y con componentes especialmente diseñados o patentados exclusivos del sistema, que evite que sufran vandalizaciones.

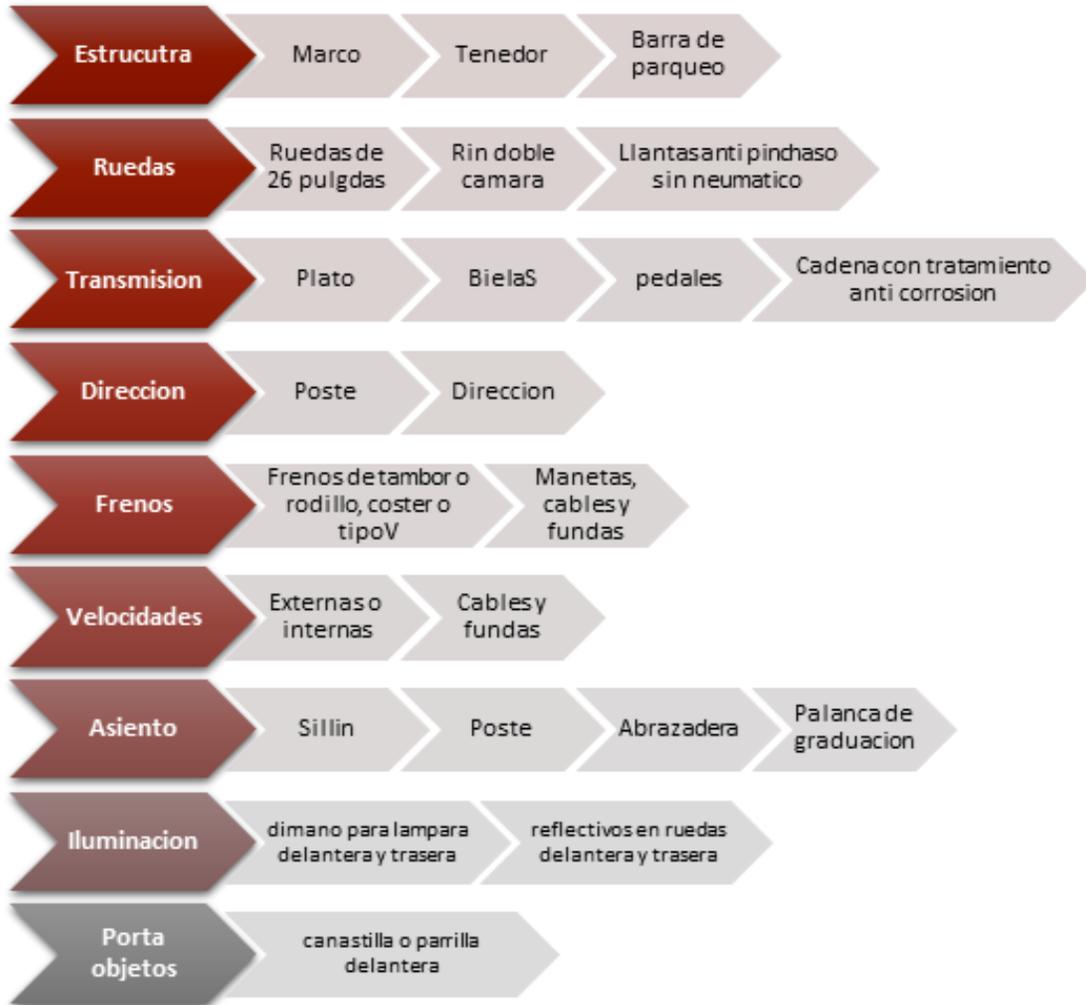
Existen dos tipologías a grandes rasgos de bicicletas; las bicicletas tradicionales que son las que todo el mundo conoce y en la cual toda la energía requerida para el desplazamiento es proporcionada por el usuario y las bicicletas eléctricas o de pedaleo asistido que son las que proporcionan un impulso alimentado por batería a las y los ciclistas mientras pedalean haciendo los trayectos más ligeros y con menos esfuerzo por parte del usuario.

La bicicleta como instrumento de un sistema de transporte público deberá cumplir con requisitos mínimos como: un tamaño estándar que facilite su uso

en general, robustez, bajo mantenimiento, seguro para evitar el robo, confiable, identificable y fácil almacenamiento.

Una bicicleta está compuesta por diversos sistemas o componentes básicos:

*Figura 5. Componentes básicos de una bicicleta*



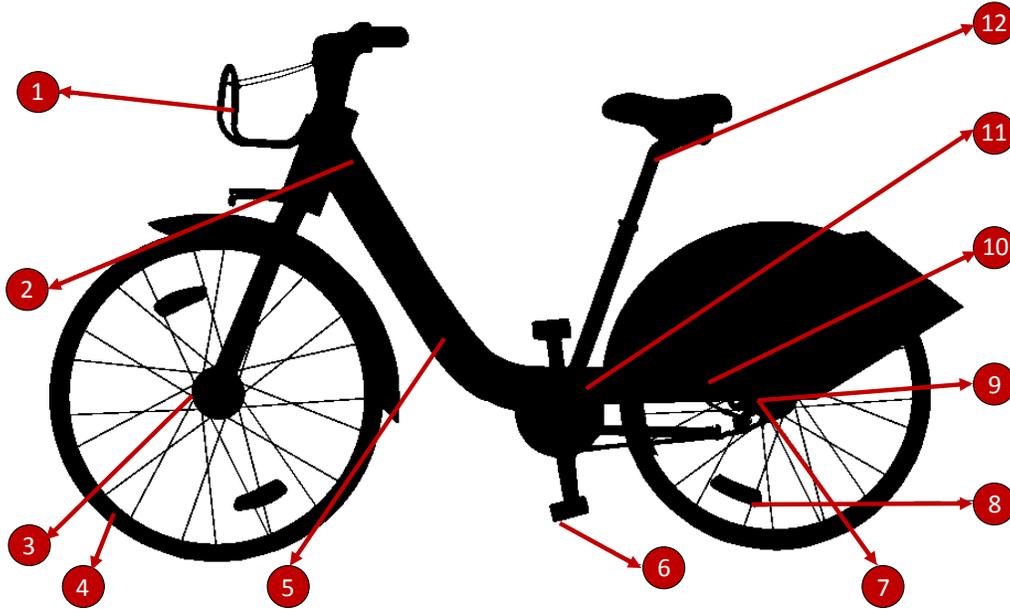
*Fuente: Elaboración Propia*

En condiciones normales, los sistemas públicos de bicicletas, adoptarán tamaños estándar de bicicletas y un único estilo para toda la flota, donde para las diferentes alturas de los usuarios las diferencias sean asumidas por la variación opcional que brinda el sillín; deberán ser diseñadas para que necesiten menos mantenimiento, aunque siempre la selección de los equipos depende en gran

medida del presupuesto, ya que los precios de los mismos se relacionan con las características y especificaciones técnicas.

### 3.5.1. Bicicletas con anclaje

Figura 6. Bicicletas con anclaje



Fuente: Adaptación de Guía de planeación del sistema de bicicletas compartidas, ITDP

Tabla 3. Elementos de bicicletas con anclaje

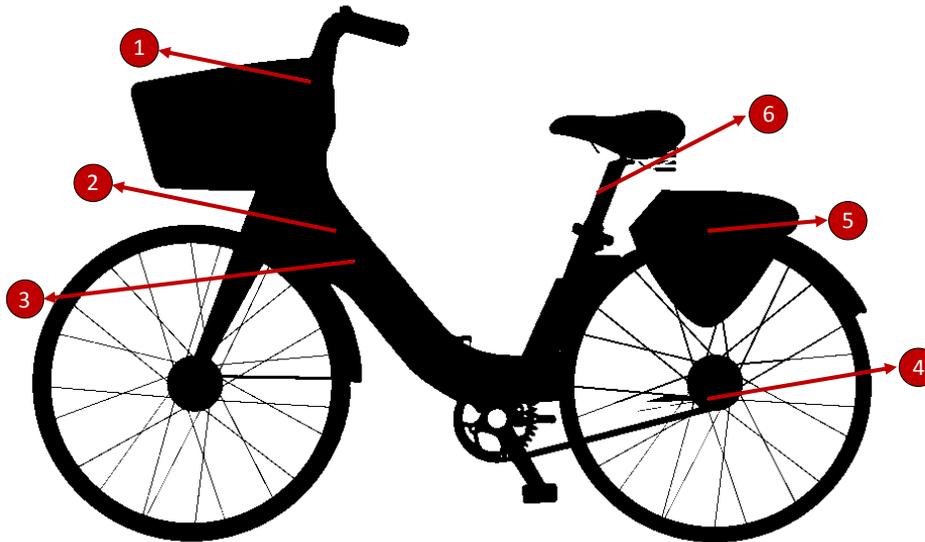
Ítem	Elemento	Descripción
1	Canasta delantera	Debe existir una canasta frontal permeable al agua que permita a los usuarios transportar sus pertenencias. Los soportes traseros son poco recomendables debido a brindar la posibilidad de cargas excesivamente pesadas además para desanimar el traslado de una segunda persona, causando daños a las bicicletas
2	Mecanismo de bloqueo	Deberá contener un dispositivo RFID que contenga un número de identificación único de la bicicleta y sea leído cuando la bicicleta se encuentra bloqueada en la estación. En la bicicleta debe ser colocada en una posición fija cuando sea bloqueada.
3	Llantas	Las llantas deberán ser resistentes a pinchaduras, deberán ser de coraza anchas para incrementar su tiempo de vida, ofrecer estabilidad y seguridad durante la operación. Así mismo el tamaño de llanta estándar de 26 pulgadas debe evitarse. (El diámetro de la llanta no debe ser muy pequeña para así evitar que se atasque en los baches de las calles.)

Ítem	Elemento	Descripción
4	Frenos	Los frenos más recomendados son los de tambor delanteros y traseros con fijación interna son recomendados. Los frenos de disco, de cantilever o V-brakes deben evitarse ya que son más más complejos en su mantenimiento.
4	Protección contra robo y vandalismo	Los componentes de la bicicleta deberán ser contruidos específicamente para el sistema diseñado, siendo únicos para prevenir su robo. Las tuercas y los tornillos deben ser diseñados para que solo puedan desatornillarse con herramientas especiales.
5	Diseño	El diseño del marco con el tubo superior rebajado en curva es importante para asegurar que la bicicleta es adecuada para todo tipo de usuarios. El marco debe permitir una posición (recta) y cómoda de los usuarios.
6	Pedales	Los pedales deben ser largos y planos que ayuden a las y los usuarios menos experimentados a mantener una sensación de seguridad al pedalear. Los materiales y tipos de construcción deberán tener en cuenta los accidentes que conllevan los golpes de los pedales en piernas y pies.
7	Control de velocidad	Si la bicicleta cuenta con múltiples velocidades, estas deben de estar instaladas en un cubo interno. Deben evitarse los descarriladores y tensores externos ya que son frágiles y difícil de mantener. El cableado de los frenos y cambios de velocidades deberán estar escondidos y lejos del alcance de usuarios.
8	Iluminación	Luces de LED frontales y delanteras alimentadas por un dinamo son necesarias para la visibilidad durante la noche. Adicionalmente, deben ser instalados reflectores en las llantas, pedales y al final de ambos lados de la bicicleta. El color del cuadro y los elementos de publicidad en la bicicleta deberán ser brillantes y reflectores. Un color amarillo, naranja, rojo o reflectante es preferible.
9	Cambios de velocidades	Si la ciudad cuenta con diferentes alturas topográficas, la bicicleta puede contar de tres a seis cambios de velocidades interno.
10	Guardabarros	Los guardabarros delanteros y traseros son necesarios para proteger la vestimenta de los usuarios.
11	Espacio para publicidad	El diseño de la bicicleta debe prever espacios, ya sea en las llantas frontales o traseras y en el marco, para la instalación de publicidad.
12	Protector de cadena	El protector de la cadena protege a las y los usuarios de engrasarse y a la cadena de dañarse.
13	Sillín	La liberación rápida del poste del sillín puede ser diseñada para permitir un fácil ajuste de su altura sin permitir el retiro completo del poste. Un sistema de numeración del poste del sillín puede ayudar a que usuarias y usuarios cotidianos lo ajusten rápidamente a su altura.

*Fuente: Adaptación de Guía de planeación del sistema de bicicletas compartidas, ITDP*

### 3.5.2. Bicicletas sin anclaje

Figura 7. Bicicletas sin anclaje



Fuente: Adaptación de Guía de planeación del sistema de bicicletas compartidas, ITDP

Los diseños de bicicletas sin anclaje generalmente incluyen las características presentes en las bicicletas con anclaje, pero pueden tener algunos detalles o infraestructura adicional que no son necesarias para bicicletas con anclaje.

Tabla 4. Elementos de bicicletas sin anclaje

Ítem	Elemento	Descripción
1	Instrucciones de uso	Sobre la infraestructura de la bicicleta deberá ir la información clara bloqueo y desbloqueo de una bicicleta sin anclaje, así como la información los lugares de estacionamiento.
2	Información de contacto	El nombre y la información del contacto de la compañía que opera la bicicleta deberá ser claramente visible
3	Identificación única y código QR	Cada bicicleta debe tener un número de identificación único visible. Normalmente, el ID está vinculado con el código QR, el cual las y los usuarios escanean con sus teléfonos inteligentes para desbloquear la bicicleta
4	Marco	En comparación con los diseños de las bicicletas compartidas tradicionales, las bicicletas sin anclaje tienden a tener marcos más ligeros y menos costosos de fabricar.
5	Baterías de litio (e-bikes)	Las bicicletas eléctricas de pedaleo asistido alimentadas por baterías que generalmente se encuentran ubicadas en el cuadro o entre el sillín y la llanta trasera. El nivel de carga de la batería normalmente se muestra en una aplicación o en una pequeña pantalla de LED en el manubrio.

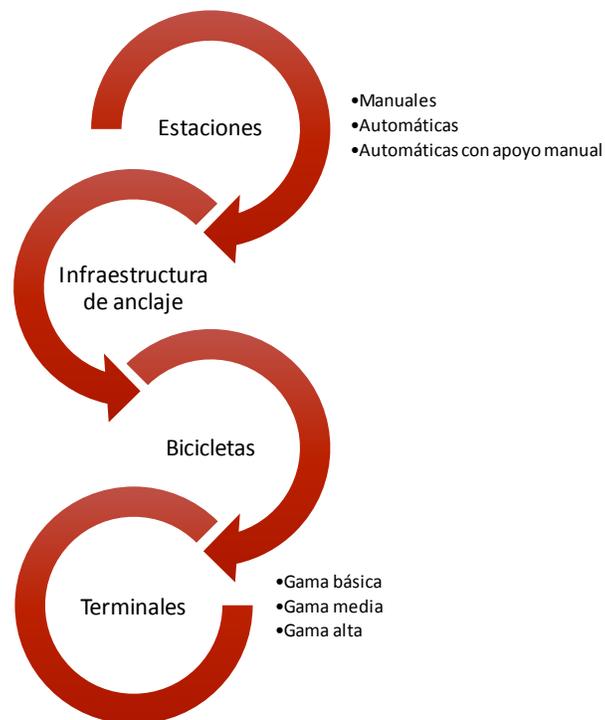
Ítem	Elemento	Descripción
6	Barra de apoyo	Las bicicletas sin anclaje deben tener un pie de apoyo o caballete para que la bicicleta se mantenga de pie cuando se encuentra estacionada. Debido a que las bicicletas eléctricas generalmente son más pesadas que otras bicicletas compartidas o bicicletas privadas, un doble pie de apoyo es preferible.

*Fuente: Adaptación de Guía de planeación del sistema de bicicletas compartidas, ITDP*

### 3.6. Tipo de estaciones

Los diseños de las estaciones dependen de varios factores (impactos urbanísticos, demanda, área disponible, además su operación depende del sistema que se quiera implantar manual (2G) o automático (3G y 4G), además se deberán tener en cuenta los requisitos de tecnología necesarios para la selección de uno u otro sistema dentro de las opciones existentes. Una estación de sistema de bicicletas públicas está diseñada como un conjunto de elementos que se señalan a continuación: (Montezuma, 2015)

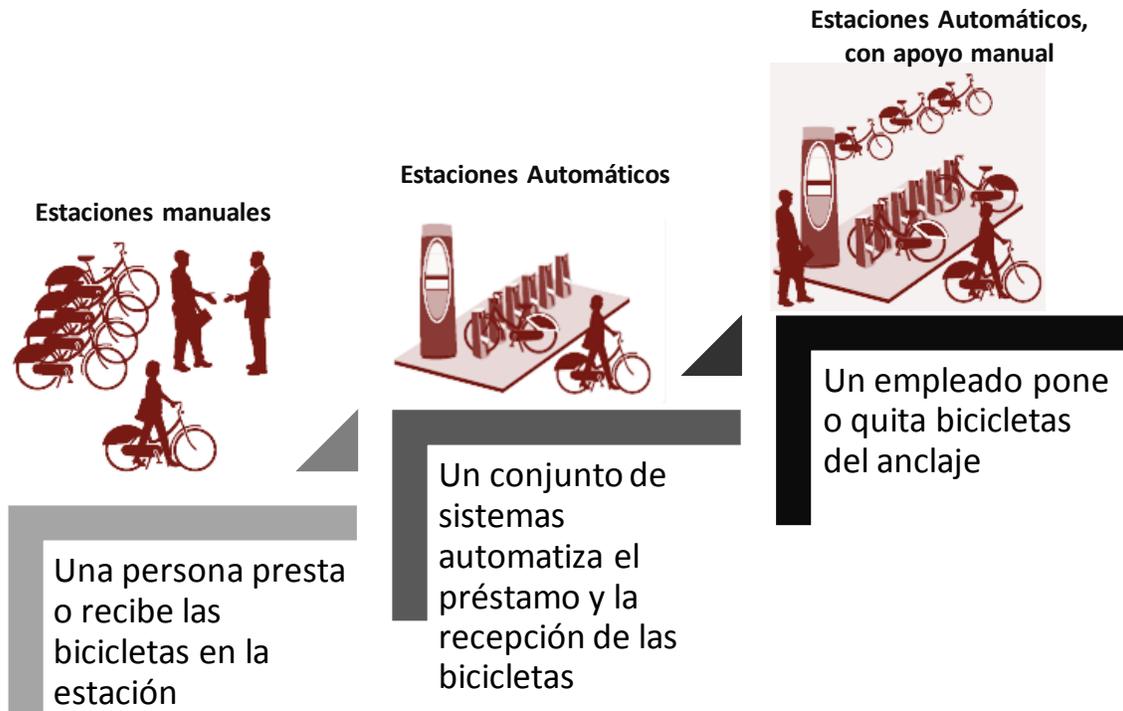
*Figura 8. Bicicletas sin anclaje*



*Fuente: Elaboración Propia*

- Estaciones:

*Figura 9. Tipología del servicio de las estaciones*



*Fuente: Adaptación de Sistemas Públicos de Bicicletas para América Latina, Guía práctica para implementación*

- Infraestructura de anclaje:

Los espacios de anclaje son las infraestructuras disponibles que están instaladas para el aparcamiento de las bicicletas, son el "elemento vertical (dock) u horizontal (bancada) que permite asegurar las bicicletas a la estación para tenerlas a disposición de los usuarios o para recibirlas después de que estos las han utilizado" (Montezuma, 2015).

Figura 10. Infraestructura de anclaje



Fuente: Sistemas de bicicletas públicas de ciudad de México y New York

- Gama de las terminales:

Figura 11. Gama de las terminales

Estación gama básica

Todas las funciones de este elemento se realizan únicamente por medio virtual

Estación gama media

Es la que dispone de terminal con un mínimo de interfaz física directa (manual) con el usuario.

Estación gama alta

Es la que utiliza un terminal con todas la interfaces para el usuario y tarjetas con y sin contacto (tarjetas de crédito).

Fuente: Adaptación de Sistemas Públicos de Bicicletas para América Latina, Guía práctica para implementación

### 3.6.1. Estaciones Modulares

Las estaciones modulares no tienen infraestructura robusta y su ubicación no es definitiva una vez es instalada, su principio de construcción radica en ser portables y anclarse al suelo en el lugar donde han de ser instaladas, su funcionamiento puede ser por medio de energía solar como en Nueva York, Melbourne y Montreal. En caso de que sean solo un área designada para el bloqueo y desbloqueo de bicicletas.

*Figura 12. Estaciones modulares*



*Fuente: <https://www.biketownpdx.com/>*

Las estaciones modulares como su nombre lo indica tiene la facilidad de operar como módulos y tener la posibilidad de ampliar o reducir su área de funcionamiento cuando la demanda lo requiera. “El sistema de Portland, BIKETOWN, utiliza un modelo de estaciones modulares más económico, en donde las bicicletas son bloqueadas manualmente a los soportes marcados y la terminal de potencia solar es una unidad separada de los candados.”(Institute for Transportation & Development Policy ITDP, 2018)

### 3.6.2. Estaciones Permanentes

Como su nombre lo indica, las estaciones permanentes son estaciones donde la planificación de su ubicación tiene que ser minuciosa porque requiere acceso a las redes eléctricas públicas existentes, por lo cual su instalación significa mayor costo representado en tiempo y dinero. Actualmente las estaciones permanentes se prefieren para los sistemas con bicicletas eléctricas de pedaleo asistido para que puedan cargar mientras están en las estaciones.

*Figura 13. Estaciones permanentes*



*Fuente: guía metodológica de bicicletas públicas en España*

las estaciones siempre deberán contar con más lugares de anclaje o áreas de almacenamiento que las bicicletas prestadoras del servicio durante la hora de máxima demanda. Los espacios de anclaje pueden ser más fáciles de usar porque un usuario simplemente introduce la bicicleta y la retira del espacio de anclaje para bloquearla o desbloquearla.

### 3.7. Red de infraestructura

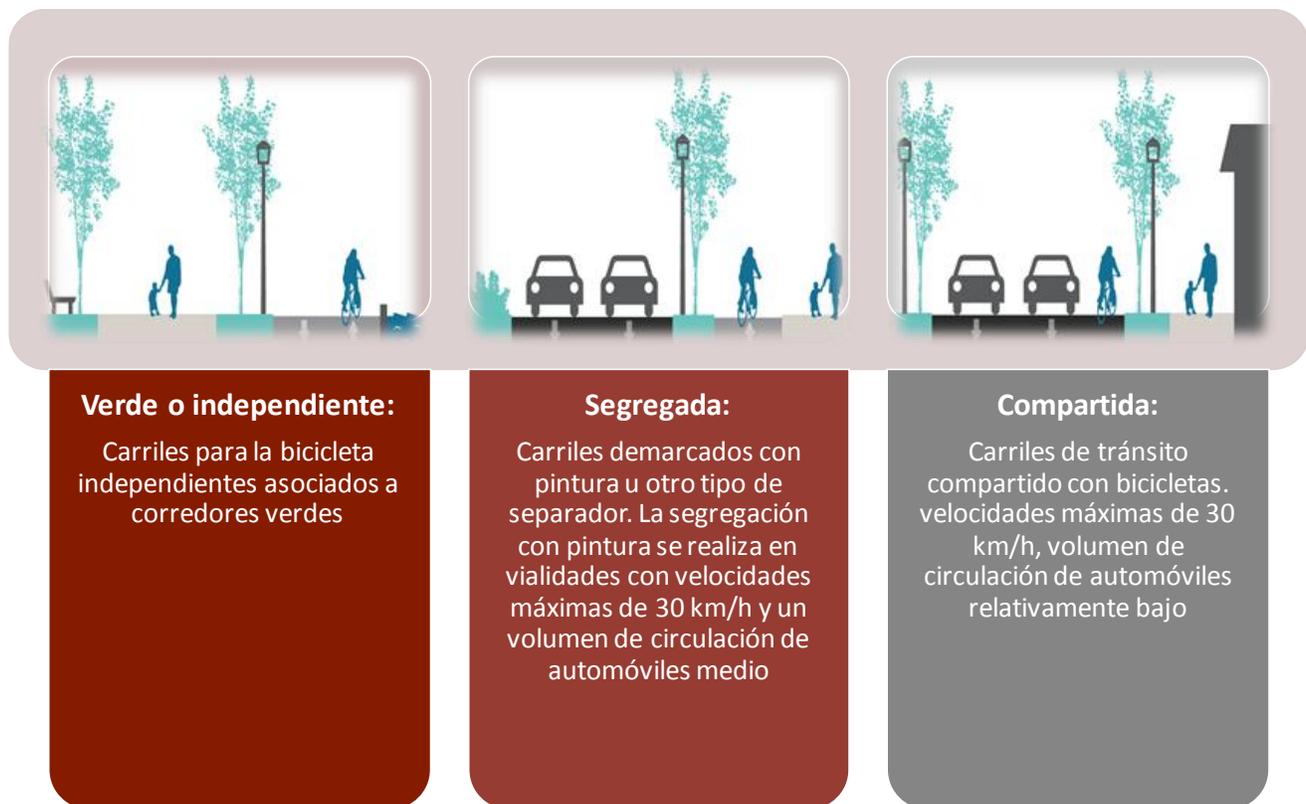
Para incentivar el uso de la bicicleta, la infraestructura debe contar con espacios continuos en función de la bicicleta debe ser una prioridad, poder conectar la ciudad por medio de carriles exclusivos para la bicicleta, bien sea con ciclo rutas o con ciclo carriles, pero que siempre presenten segregación física frente a

vehículos y a peatones, no es justo poner a los peatones y a los usuarios de bicicletas a compartir por espacios de movilización.

“Las ciudades pueden frenar estos sentimientos desarrollando paisajes urbanos que maximicen el espacio y la facilidad de uso para modos sustentables (calles completas) y usando las bicicletas compartidas como catalizador para mejorar la accesibilidad.”(Institute for Transportation & Development Policy ITDP, 2018)

Existen tres tipos de infraestructura:

*Figura 14. Tipología de infraestructura*



*Fuente: adaptación de ciclo inclusión en América latina BID, (Pardo Carlos, Ríos Alberto, Taddia Alejandro, 2005)*

### 3.8. Modelo de negocio y financiamiento del sistema de bicicletas públicas

Modelos económicos y de financiamiento para temas de transporte pueden ser tan tradicionales o innovadores como las autoridades locales consideren, los modelos de negocio varían desde totalmente público hasta totalmente privado. La estructura financiera y modelo, o plan de negocios, define las formas de articulación y las responsabilidades de los actores involucrados en las distintas etapas de un SPB.

*Figura 15. Modelo de negocio*



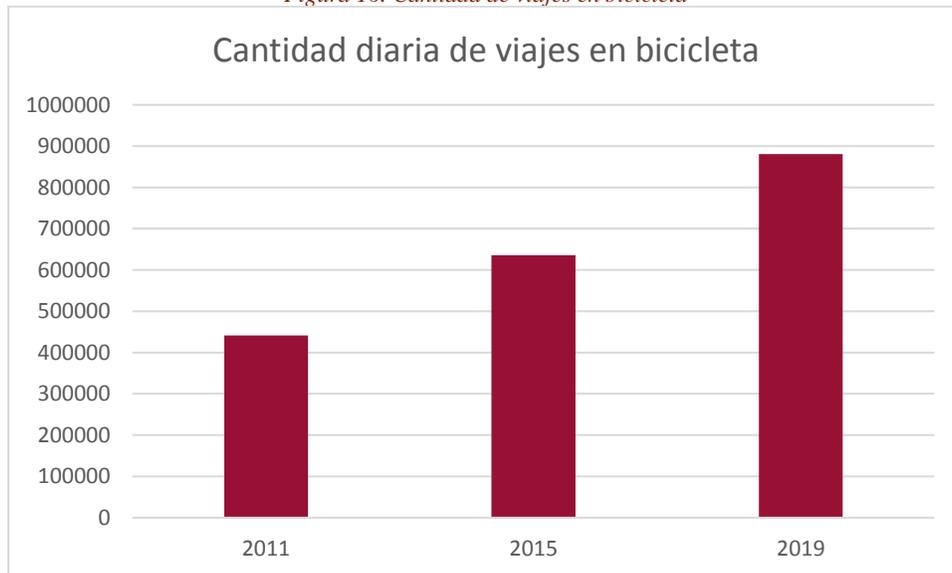
*Fuente: Adaptación de Sistemas Públicos de Bicicletas para América Latina, Guía práctica para implementación*

#### 4. BOGOTÁ Y EL USO DE LA BICICLETA

Los sistemas de bicicletas publicas urbanas son una modalidad de transporte que ha tomado fuerza de manera considerable y que se ha extendido en los últimos años a través del mundo, buscando la migración de usuarios del vehículo automotor ya sea privado o público a modos alternativos, para ayudar con los problemas de congestión, movilidad, ahorro de tiempos de viaje, contaminación y otros (Zhang et al., 2014)

En Bogotá, se realizan aproximadamente 13 millones de viajes diarios, de los cuales el 6,6% es realizado en bicicleta, es decir, más de 850.000 viajes. La tendencia muestra que los viajes en bicicleta van a crecer, como lo refleja el incremento de hasta el 100% en el periodo comprendido entre el 2011 y el 2019.

*Figura 16. Cantidad de viajes en bicicleta*

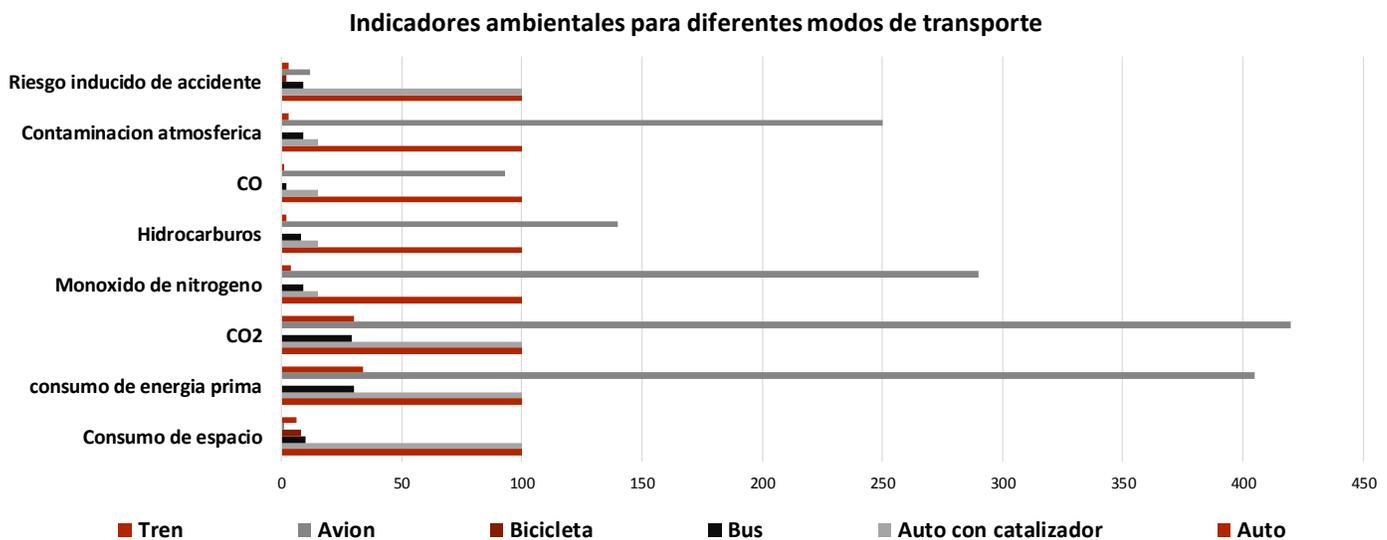


*Fuente: Adaptación de encuesta de movilidad 2019, alcaldía de Bogotá*

Los tiempos promedio de viajes en bicicleta en la ciudad de Bogotá son de 35 minutos, mientras que en el sistema masivo de la ciudad es de 44 minutos y el vehículo particular presenta tiempo medio de recorrido de 52 minutos.

Ambientalmente la bicicleta es el modo más sostenible, debido a sus condiciones de vehículo simple y de tracción mecánica, no consume combustibles fósiles, la emisión de niveles de ruido es nula comparada con las emitidas por otros modos, y sus efectos residuales son considerablemente menores desde los procesos de fabricación hasta su chatarrización o uso final. A continuación, se presentan unos datos que muestran las bondades del uso de la bicicleta para la Unión Europea Figura 17.

*Figura 17. Indicadores ambientales para diferentes modos de transporte*



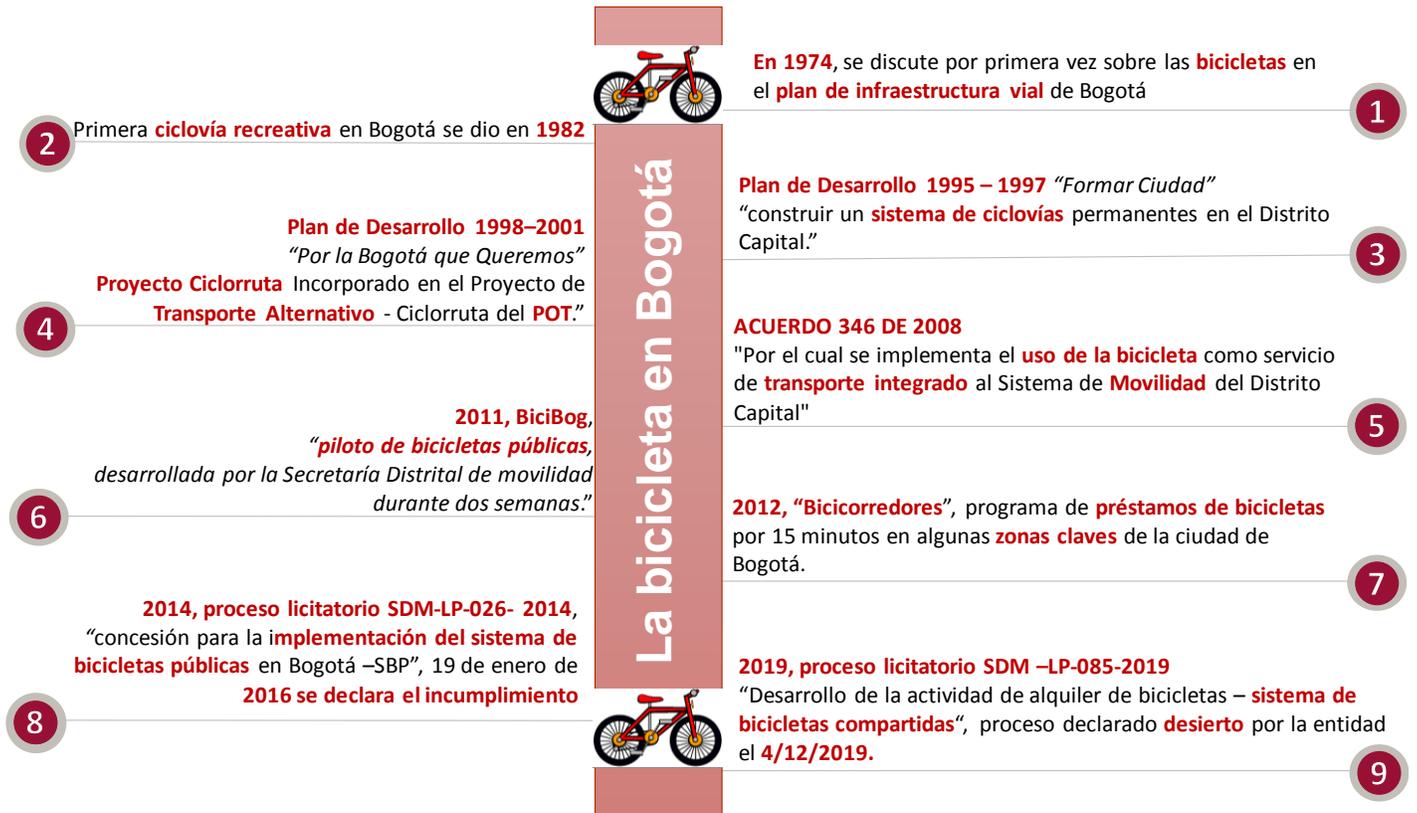
*Fuente: Adaptación de Dekoster y Schollaert "en bici hacia ciudades sin malos humos", Unión Europea*

Finalmente, a nivel local y de acuerdo con el informe de la personería de Bogotá de junio 11 de 2019 (disponible en: <https://bit.ly/2QnUpoB>) los elementos disuasorios determinantes para no usar la bicicleta son el hurto, el estado de la infraestructura y la seguridad. Particularmente, el hurto de bicicletas aumento 429% en tres años y el 17% de la infraestructura destinada a las bicicletas se encuentra en mal estado y presenta poca conectividad en algunos sectores. De otro lado la encuesta Bogotá como Vamos revela que la percepción de satisfacción entre los usuarios de bicicletas disminuyo en cerca de un 23%, en tres años, paso del 85% al 62%.

#### 4.1. Historia de la bicicleta en Bogotá

La bicicleta en Bogotá ha sido importante y ha tenido un desarrollo marcado desde los años 70 cuando se discutió sobre ella en el plan de infraestructura vial y se presentó la primera propuesta para reducir el tráfico de autos particulares en la ciudad. La Figura 18, indica en orden cronológico de la historia de la bicicleta en Bogotá en sus hitos más relevantes.

Figura 18. La bicicleta en Bogotá



Fuente: Elaboración propia

El plan distrital de desarrollo “Bogotá mejor para todos” 2016-2020, incluyó el programa “mejor movilidad para todos”, donde el objetivo es “mejorar la calidad de la movilidad y accesibilidad para los usuarios (peatones, CICLISTAS, usuarios de transporte público colectivo e individual, así como el transporte masivo). Por lo anterior la secretaria de movilidad estructuró el “Plan Bici”, cuyo principal objetivo es que la bicicleta como medio de transporte gane protagonismo frente a los otros medios este está compuesto de 5 ítems:

Figura 19. Pilares del “Plan Bici” en Bogotá



Fuente: Adaptación del “Plan Bici”

## 4.2. Base normativa

El desarrollo de movilidad sostenible se fundamenta en la siguiente normatividad

### 4.2.1. Leyes

- El Gobierno Nacional incluyó la bicicleta de manera explícita en el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 (Ley 1753 de 2015 Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 Todos por un nuevo País, 2015).
  - Artículo 31. Financiación de sistemas de transporte público: se pueden realizar inversiones soportadas en “estrategias de articulación y fomento de la movilidad en medios no motorizados”.
  - Artículo 32. Apoyo a los sistemas de transporte: se pueden apoyar las soluciones de transporte público de pasajeros con “acciones orientadas a incrementar y regular el uso de modos no motorizados y de energías

limpias (entendidos como el viaje a pie, bicicleta o tricimóvil, entre otros), integración con otros modos y modalidades”.

- Artículo 204. Estímulos para el uso de la bicicleta y los tricimóviles no motorizados para lo cual el Ministerio de Transporte “realizará acciones tendientes a promover el uso de modos no motorizados y tecnologías limpias, tales como bicicleta, tricimóviles y transporte peatonal en todo el territorio nacional”.
- Ley 1811 de 2016 “Por el cual se otorgan incentivos para promover el uso de la bicicleta en el Territorio Nacional y se modifica el Código Nacional de Tránsito”.

#### **4.2.2. Normas distritales**

- Acuerdo 87 de 2003: Por el cual se dictan disposiciones para el adecuado uso, disfrute y aprovechamiento de los espacios alternativos y complementarios de transporte en el distrito capital.
- Acuerdo 346 de 2008: “Por el cual se implementa el uso de la bicicleta como servicio de transporte integrado al Sistema de Movilidad del Distrito Capital”.
- Acuerdo 386 de 2009: “Por medio del cual se declara de interés social, recreativo y deportivo la ciclo vía de Bogotá y se dictan otras”.
- Acuerdo 558 de 2014: “Por medio del cual se establece en el Distrito Capital la estrategia Onda Bici Segura’ para el tránsito de ciclistas en grupo o caravanas”.
- Acuerdo 645 de 2016: “Por medio del cual se adopta el Plan de Desarrollo, Económico, Social, Ambiental y de obras públicas para Bogotá D.C. 2016 – 2020 “Bogotá Mejor para Todos”.
- Decreto 319 de 2006: “Por el cual se adopta el Plan Maestro de Movilidad para Bogotá”.

### 4.3. Encuesta de percepción sobre el uso de la bicicleta en Bogotá

Para conocer la percepción de personas residentes en la ciudad de Bogotá sobre el uso de la bicicleta y la opinión acerca de la posibilidad de usar un sistema de bicicletas públicas en particular, se diseñó una encuesta de percepción de diligenciamiento online, donde la estrategia de la propuesta permitió contar con la menor interacción física y fomentó el uso de medios virtuales para la captura de datos y el monitoreo de los comportamientos, garantizando la calidad y las condiciones de seguridad.

El muestreo aplicado a la encuesta de percepción fue el método de bola de nieve, el cual es un tipo de muestreo no probabilístico que se desarrolla cuando las condiciones para realizar la encuestas no son del todo optimas en términos de cumplir con una distribución muestral proporcional a al marco poblacional deseado, es decir, si la muestra está limitada a un subgrupo muy pequeño de la población o por condiciones ajenas no se puede llevar a cabo directamente entrevistador-entrevistado.

El método de muestreo de bola de nieve se basa en referencias de sujetos iniciales para generar sujetos adicionales, de ahí deriva su nombre "bola de nieve", en este caso particular se realizó por medio de la masificación de la encuesta a través de redes sociales, siendo la muestra reclutada a través de una remisión en cadena.

Las ventajas y desventajas de dicho proceso se muestran a continuación

*Tabla 5. ventajas y desventajas de muestreo por bola de nieve.*

Ventajas	Desventajas
El proceso de implementación es corto, barato, simple y rentable	Generalmente es imposible determinar el error de muestreo o hacer inferencias sobre las poblaciones de la muestra obtenida.
Tiene la capacidad de reclutar poblaciones ocultas y recopilar datos primarios de forma rentable	Poco control sobre el método de muestreo. Los sujetos que el investigador puede obtener se basan principalmente en sujetos observados anteriormente.
Ayuda a descubrir características sobre una población que no sabías que existía.	El sobre muestreo de una red particular de pares puede llevar a un posible sesgo
Se necesita poca planificación y menos mano de obra que otras tipos de muestreo.	Los encuestados pueden dudar en proporcionar los nombres de sus pares y pedirles que lo hagan puede plantear problemas éticos

*Fuente: Elaboración propia*

A continuación, se muestran las preguntas realizadas y los resultados. La encuesta tiene 14 preguntas que permiten conocer la percepción de personas residentes en Bogotá sobre la bicicleta, identificando el género, rango de edad, estrato socioeconómico al cual pertenece y preferencias para la movilidad de los encuestados para tener un panorama más amplio.

Las preguntas que se realizaron en la encuesta son:

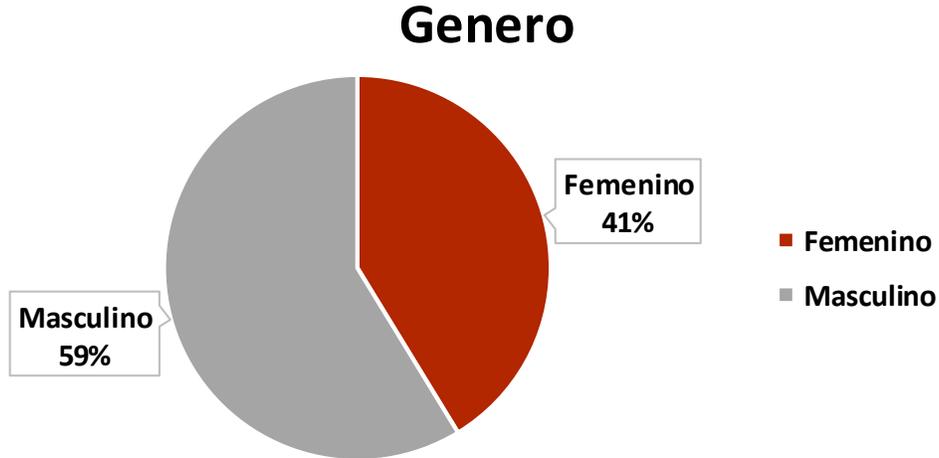
1. ¿Cuál es su género?
2. Estrato de su vivienda.
3. Edad.
4. Ocupación actual.
5. Principal modo de transporte
6. ¿Tiene bicicleta?
7. ¿Con qué frecuencia usa la bicicleta?
8. ¿Cuál es su motivación para usar la bicicleta?
9. ¿Qué lo desmotiva principalmente a usar la bicicleta?
10. ¿Estaría dispuesto a cambiar su habitual modo de transporte?
11. ¿Sabe que es un sistema de bicicletas públicas (SBP)?
12. ¿Estaría dispuesto a utilizar un sistema público de bicicletas como medio de transporte?
13. ¿Cree usted que sería necesario que Bogotá tenga un sistema de bicicletas públicas?
14. ¿Piensa que más personas se animarían a desplazarse en bicicleta si existiera un SBP?

Los resultados se indican a continuación, en total el número de encuestas realizadas fue 627.

### 4.3.1. Resultados.

A la pregunta sobre el género de quien respondió la encuesta, se tiene que el 59% de la población encuestada es de género masculino y el 41% femenino.

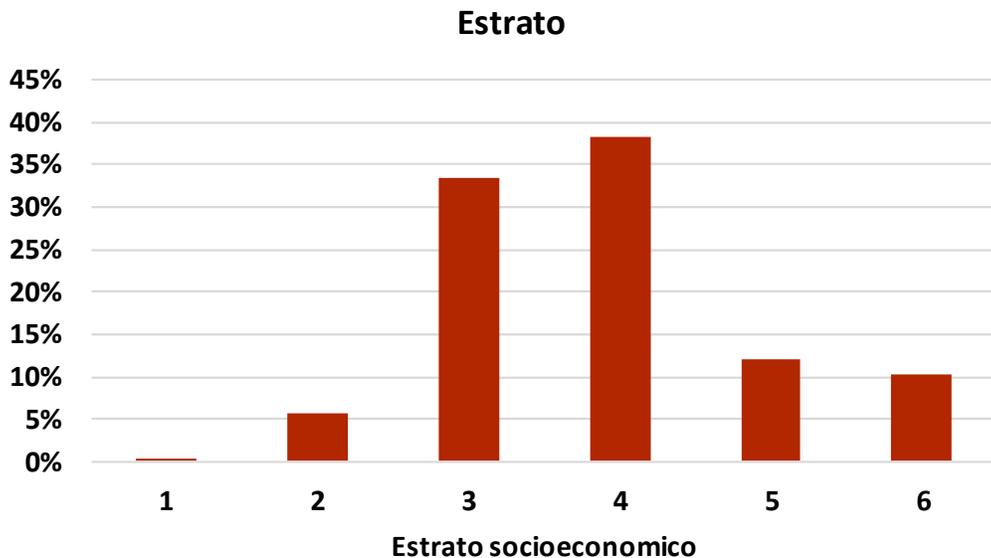
Figura 20. Pregunta 1 - ¿Cuál es su género?



Fuente: Elaboración propia

A la pregunta sobre el estrato socioeconómico al cual pertenecen, la distribución porcentual destaca a los estratos 3 y 4 como la población con mayor representación en la encuesta con el 71.8% y a los estratos 1 y 2 con el menor porcentaje de participación siendo 5.9% de los participantes.

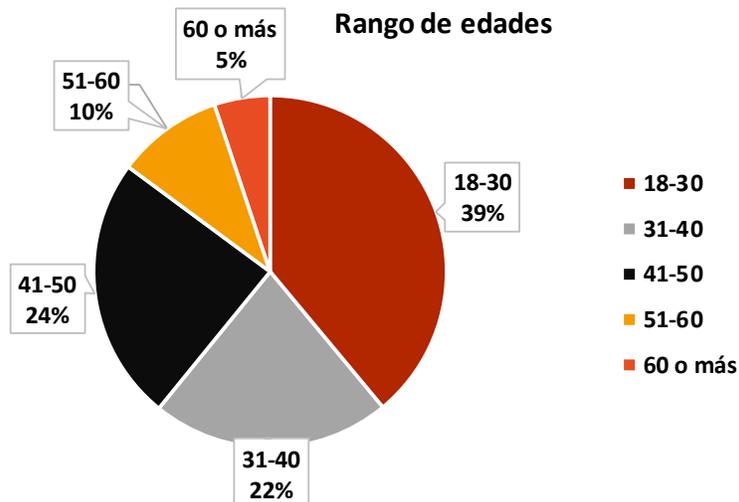
Figura 21. Pregunta 2 - Estrato de su vivienda.



Fuente: Elaboración propia

Cuestionados sobre el rango de edad en el cual se encontraban los participantes, los resultados reflejan que la mayoría de estos están entre los 18 y los 30 años, además la participación indica que el 85% de los encuestados son menores de 50 años.

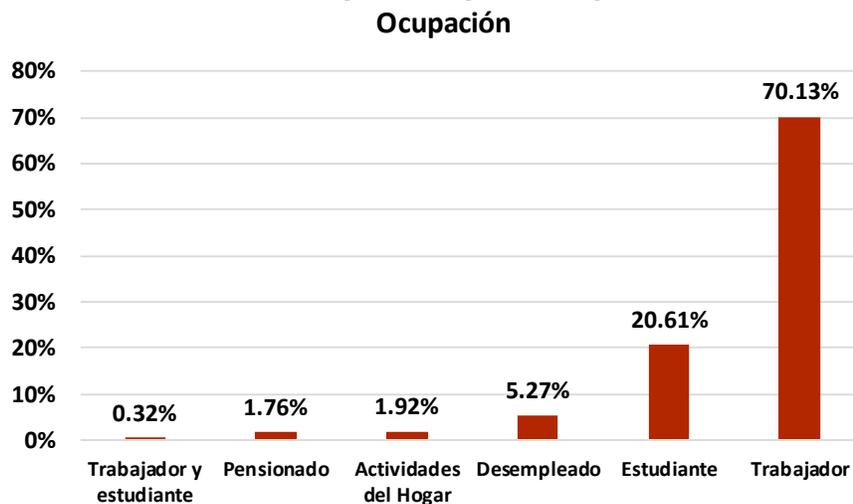
Figura 22. Pregunta 3 – Rango de edades.



Fuente: Elaboración propia

Se pregunto acerca de la ocupación actual de las personas y los resultados indican que el rango "trabajador" está por encima del 70% siendo este el grupo más representativo sobre el universo de los encuestados.

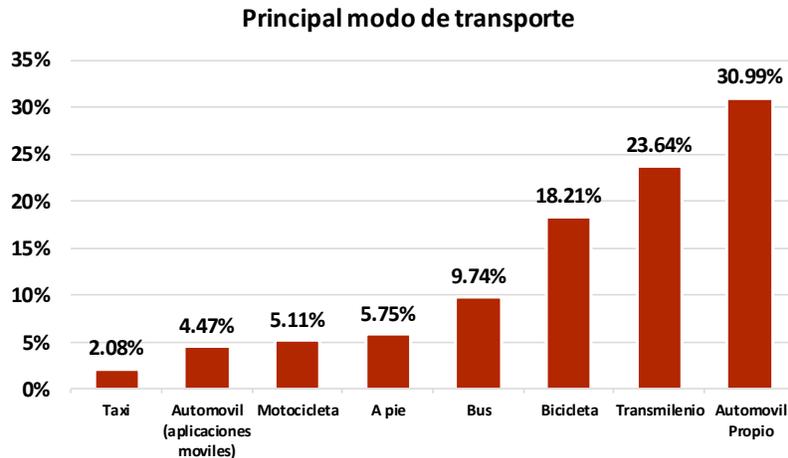
Figura 23. Pregunta 4 - Ocupación



Fuente: Elaboración propia

Se indago sobre el principal modo de transporte a las personas que contestaron la encuesta, y el principal modo de transporte es el auto privado con 30.9%, la bicicleta es el tercer modo de transporte con el 18.21% de participación dentro de los encuestados, estando por encima de modos de transporte como taxis motos o aplicaciones móviles de transporte.

*Figura 24. Pregunta 5 – Principal modo de transporte*



*Fuente: Elaboración propia*

En una segunda parte de la encuesta específicamente enfocada en términos del uso de la bicicleta, se dio inicio preguntando si el usuario tiene o no bicicleta.

De las 627 respuestas recolectadas, el 66% de las personas afirmó tener bicicleta mientras que el 34 dice no tener este modo de transporte.

*Figura 25. Pregunta 6 – ¿tiene bicicleta?*

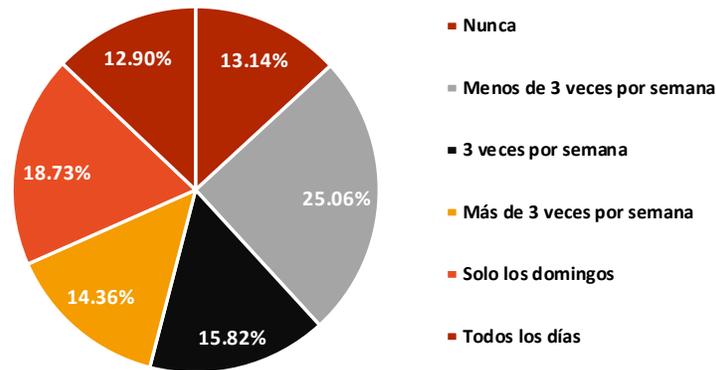


*Fuente: Elaboración propia*

Se preguntó sobre la frecuencia de uso de la bicicleta; esta pregunta estaba habilitada únicamente para las personas que contestaron afirmativamente acerca de si tenía bicicleta o no. 411 personas respondieron de forma afirmativa, y de los cuales el 12.9% usa la bicicleta a diario, el 14.3% usa la bicicleta más de tres veces por semana y el 25% afirmó usarla menos de 3 veces por semana.

Figura 26. Pregunta 7 – ¿Con que frecuencia usa la bicicleta?

### Frecuencia del uso de la bicicleta

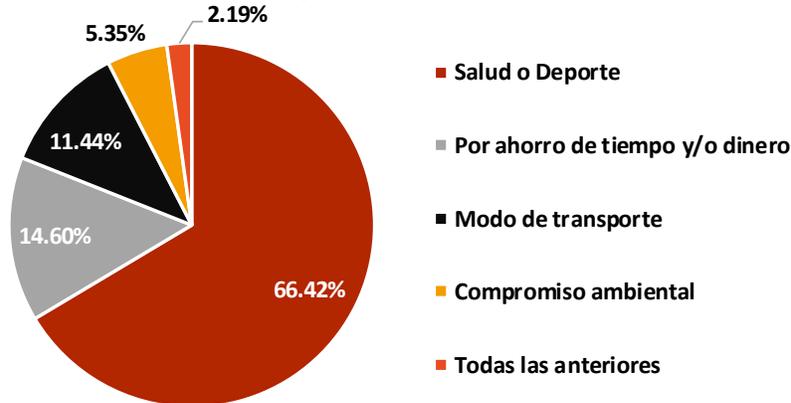


Fuente: Elaboración propia

Una vez se tenían los resultados de la frecuencia con la cual se usa este modo de transporte, la intención fue conocer la motivación de los usuarios para su uso, conocer que hace que usen o quieran usar la bicicleta, donde el 66.4% respondió que la salud o el deporte es su principal motivación, el 11.4% lo considera como su modo de transporte y el 14,6% lo usan como modo de ahorro.

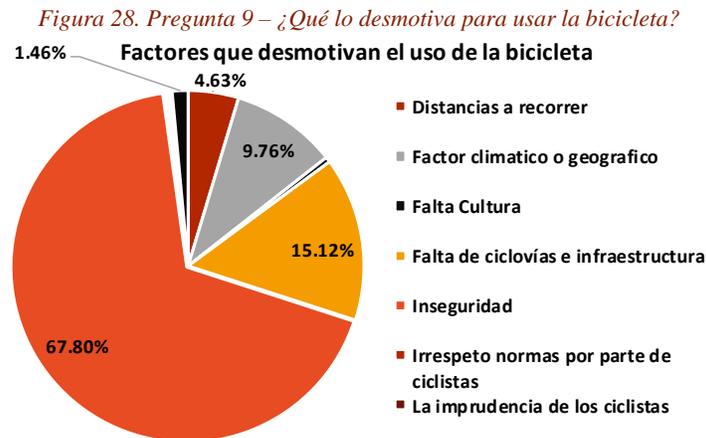
Figura 27. Pregunta 8 – ¿Qué lo motiva a usar la bicicleta?

### Motivación para el uso de la bicicleta



Fuente: Elaboración propia

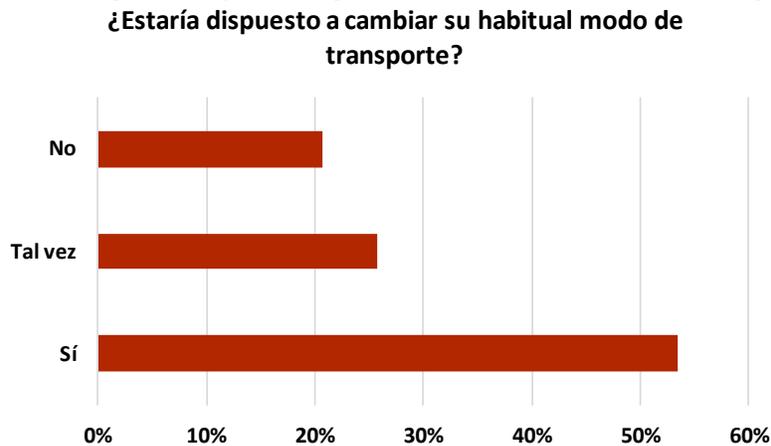
Al igual que se buscó encontrar los motivos por los cuales las personas usan la bicicleta, se quiso indagar sobre las causas que afectan el uso de la bicicleta, en primer lugar, se ubicó la inseguridad como el factor de mayor relevancia con casi el 68%, la falta de infraestructura se encuentra en el segundo lugar con 15.1%.



*Fuente: Elaboración propia*

Se pregunto si estarían dispuestos a cambiar el modo de transporte habitual, para establecer los vínculos que tienen las personas con los modos que escogen actualmente para desarrollar sus viajes. Frente a esto se obtuvo que más del 50% de los 627 encuestados dijo estar dispuesto a cambiar su modo habitual mientras que el 20% indicó que no está dispuesto a realizar un cambio en su modo habitual de viaje.

*Figura 29. Pregunta 10 – ¿Estaría dispuesto a cambiar su habitual modo de transporte?*

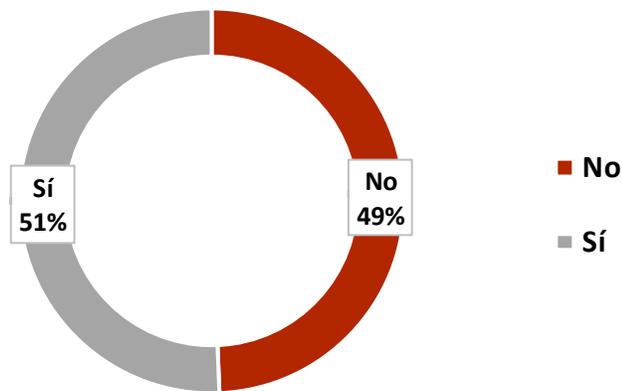


*Fuente: Elaboración propia*

Con toda la información recolecta se realizaron 4 preguntas adicionales, todas encaminadas a conocer sobre el conocimiento y la perspectiva de las personas en general acerca de un sistema de bicicletas públicas. La primera pregunta fue si las personas que contestaron la encuesta saben que es un SBP, los resultados indicaron que un actualmente aproximadamente el 50% de las personas conocen que es un sistema de bicicletas públicas.

*Figura 30. Pregunta 11 – ¿Estaría dispuesto a cambiar su habitual modo de transporte?*

**¿Sabe que es un sistema de bicicletas publicas (SBP)?**



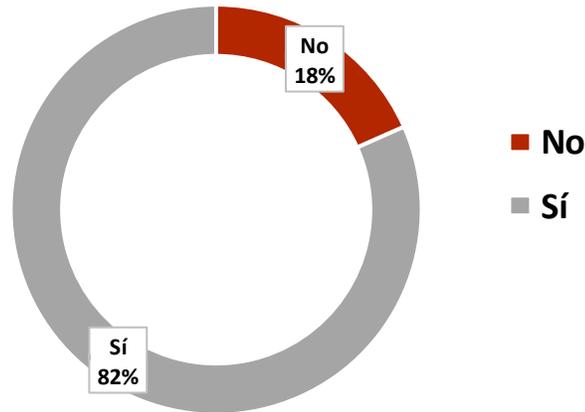
*Fuente: Elaboración propia*

Para el caso de las personas que no conocían lo que es un SBP, se le daba al entrevistado un pequeño resumen de que es y cómo funcionan generando un contexto para responder las siguientes preguntas. "Los SBP, son en sí, sistemas de transporte público, con la diferencia que es a través de un modo no motorizado, que brinda la particularidad de una oferta más flexible, además se basa fundamentalmente en el alquiler o renta de un vehículo público, en este caso la bicicleta". Y con esta definición ya podían pasar a las siguientes preguntas.

Se pregunto al usuario de si estaría dispuesto a usar un SBP como modo de transporte, y los resultados obtenidos, si bien no son representativos, para el presente estudio son alentadores, puesto que el 82% de los encuestados respondió que si utilizaría un sistema de bicicleta públicas como modo de transporte.

Figura 31. Pregunta 12 – ¿Estaría dispuesto a cambiar su habitual modo de transporte?

**¿Estaría dispuesto a utilizar un sistema publico de bicicletas como medio de transporte?**

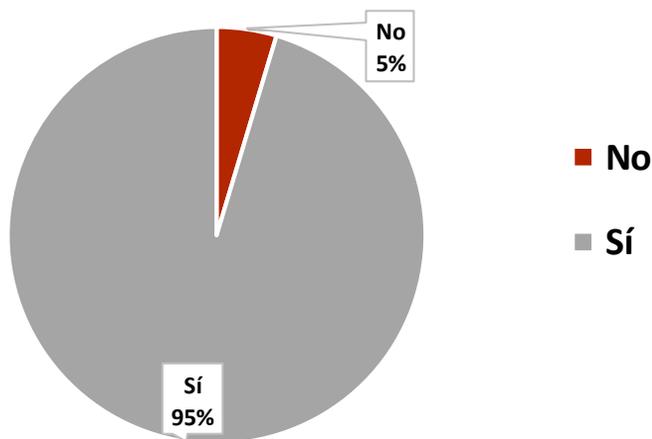


Fuente: Elaboración propia

Para finalizar la encuesta, se buscó conocer la opinión de los encuestados en torno a si creían necesaria la implementación de un SPB en Bogotá y además de esto si creían que al existir este tipo de sistemas en Bogotá más personas tomarían la decisión de desplazarse por este modo.

Figura 32. Pregunta 13 – ¿Cree usted que sería necesario que Bogotá tenga un sistema de bicicletas públicas?

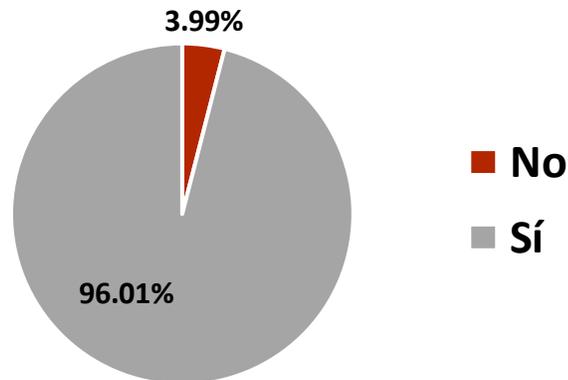
**¿Cree usted que sería necesario que Bogotá tenga un sistema de bicicletas públicas?**



Fuente: Elaboración propia

Figura 33. Pregunta 14 – ¿Piensa que más personas se animarían a desplazarse en bicicleta si existiera un SBP?

**¿Piensa que más personas se animarían a desplazarse en bicicleta si existiera un SBP?**



*Fuente: Elaboración propia*

Los resultados son muy positivos pues el 95% de las personas considera necesario que Bogotá cuente con un sistema de bicicletas públicas y el 96% cree que más personas tomarían la decisión de desplazarse por este medio si existiera este modelo de transporte público.

## 5. METODOLOGÍA

Para identificar cuáles son los elementos que constituyen y determinan las características técnicas de un sistema de bicicletas públicas para Bogotá, se estructuró un proceso metodológico que se desarrolla en dos etapas. La primera etapa comprende los procesos de recolección de información, exploración documental y descriptiva de los componentes bajo los cuales los sistemas públicos de bicicletas están desarrollados, buscando dar validez y rigor a los resultados obtenidos en el proceso de estudio y análisis.

La segunda etapa de investigación es de tipo cuantitativo y está enfocada en la información recolectada en la primera etapa, en la cual se evalúan los elementos estudiados y se formulan las recomendaciones sobre los elementos constitutivos que debería tener un sistema de bicicletas públicas en Bogotá. El desarrollo del trabajo está dado bajo dos etapas principalmente:

La primera etapa del trabajo es la investigación documental y a través de este proceso se identifica la información más relevante sobre los sistemas públicos de bicicletas. En este punto se utilizaron diferentes fuentes bibliográficas actuales como libros, documentos de archivo, artículos científicos, y demás registros que brindan validez a los resultados presentados.

El análisis se lleva a cabo para diferentes tipos de elementos, que permiten identificar la mejor alternativa para condiciones singulares, a través de estos análisis se puede establecer criterios de selección para Bogotá.

La segunda etapa, es el desarrollo de una matriz multicriterio como herramienta de apoyo en el proceso de evaluación, con base en esta, se toman decisiones y se realizan las recomendaciones. La matriz multicriterio es la evaluación de un conjunto de elementos sobre los cuales se quiere priorizar para determinar cuál es la mejor opción de cada tipo. En el caso de este estudio la matriz es la herramienta para evaluar los elementos que configuran un sistema de bicicletas públicas y específicamente para este caso, brindar las recomendaciones para

elegir los elementos que deberían constituir sistema de bicicletas públicas en Bogotá.

La matriz diseñada permite integrar diferentes criterios cualitativos no homogéneos de acuerdo con la importancia en términos de participación dentro de cada sistema, 10 diferentes elementos que se consideraron relevantes durante el desarrollo del “marco teórico” fueron evaluados. Cada elemento es evaluado y analizado de manera individual, lo cual permite asignar un valor ponderador dentro de la matriz, que le otorga un factor diferenciador en su peso cualitativo, permitiendo al final realizar la evaluación de diferentes opciones consideradas y establecer cuál es la mejor.

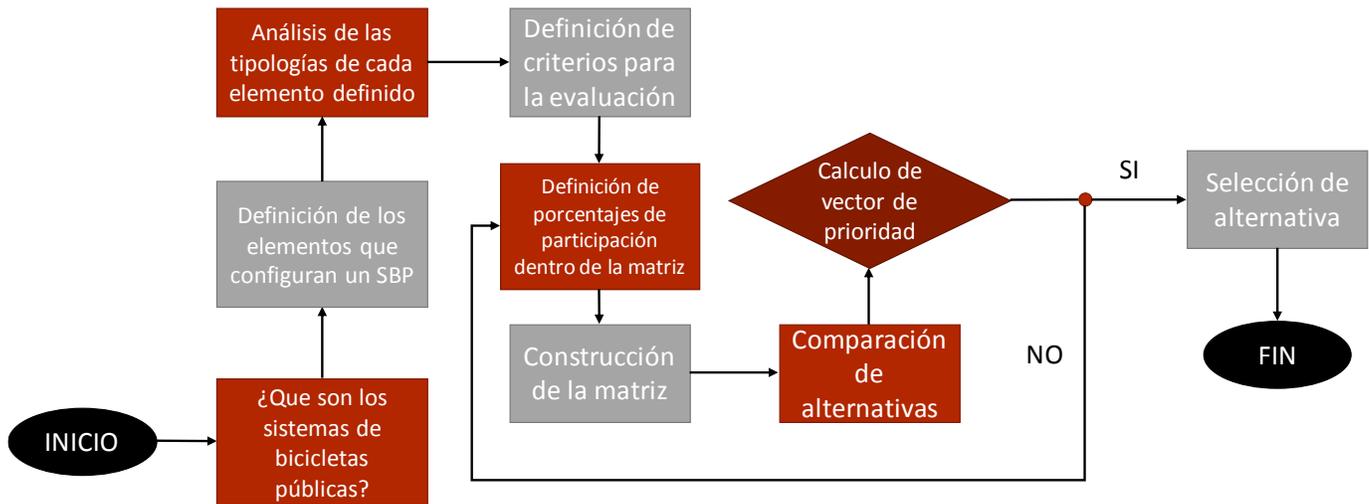
El valor de ponderación es el valor de participación de cada elemento dentro del conjunto llamado sistema de bicicletas públicas, es su participación, nivel de importancia y indispensabilidad dentro de un sistema.

Cada ítem dentro de los diferentes sistemas seleccionados fue calificado con un valor en escala de 1 a 10; donde dicha escala de calificación permite evaluar entre la o las mejores posibilidades (mayor valor) y las peores (menor valor). La matriz multicriterio fue aplicada para los componentes estudiados en el capítulo 3 “Marco Teórico”

A continuación, se describe el desarrollo del proceso metodológico.

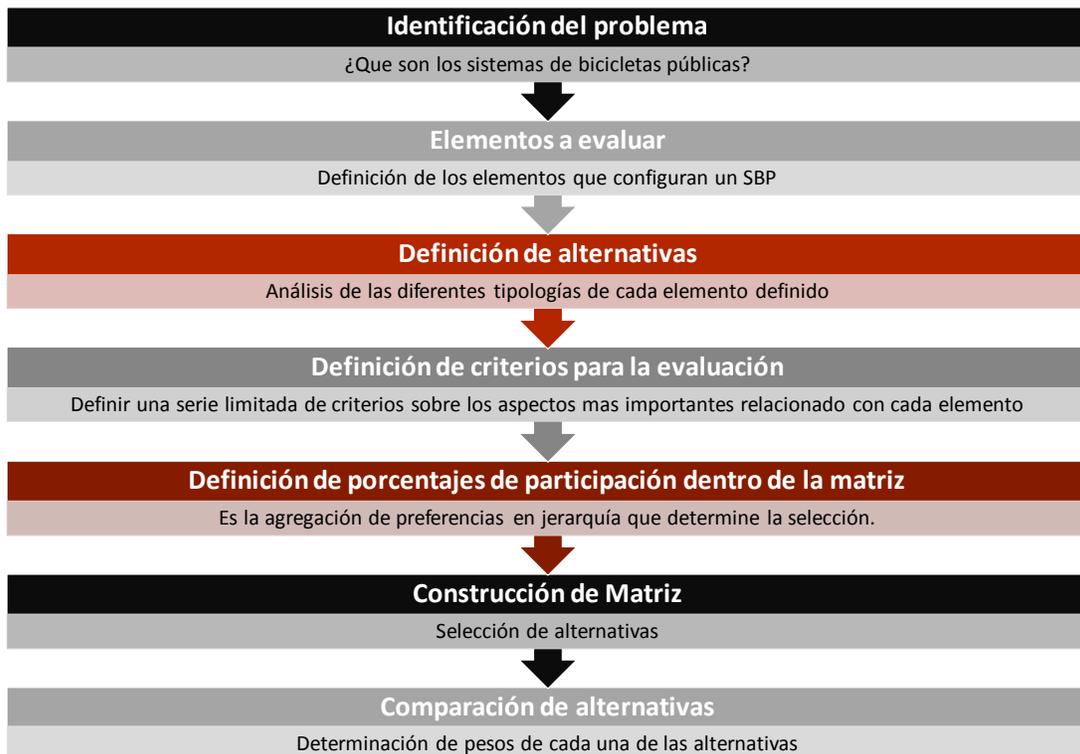
Primero se analiza y se interpreta la información recogida. Luego se evalúan diversas soluciones y se identifican las variables más importantes, para priorizar la solución.

Figura 34. Diagrama de flujo matriz multicriterio



Fuente: Elaboración propia

Figura 35. Ejecución de matriz multicriterio



Fuente: Elaboración propia

## **6. ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE UN SBP PARA BOGOTÁ**

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación, se determinan las recomendaciones de los elementos mínimos con los cuales debería contar el sistema de bicicletas públicas en Bogotá.

Cada grupo de criterios está conformado por factores que durante la investigación documental y desarrollo del estudio se consideraron relevantes.

### **6.1. Sistema de bicicletas**

Los sistemas de bicicletas públicas como sistema transporte debe ser analizado no solo como el medio para mover personas de un lugar a otro sino que debe ser evaluado desde la integralidad de su función, su interacción con el usuario, los impactos tanto positivos como negativos en los cuales podría incurrir al momento de su implementación, la agresividad al interactuar con otros modos, sus costos tanto de implementación como de operación, su rigidez, visto desde la posibilidad de crecer o adaptarse a los cambios de demanda que surjan en el tiempo, la seguridad tanto operacional como civil, la vida útil del sistema y en general las ventajas o desventajas a corto mediano y largo plazo.

Tomando el conjunto de conceptos enmarcados anteriormente, se realiza la evaluación de las diferentes tipologías de sistemas de bicicletas públicas, cada criterio es evaluado y calificado de manera individual como se indica a continuación, su valor ponderado se basa en la revisión de una serie de antecedentes expresados en el "marco teórico", más la postura crítica del autor.

Figura 36. Criterios evaluativos de un sistema público de bicicletas



Fuente: Elaboración propia

- Accesibilidad:** El criterio de accesibilidad se evalúa desde la posibilidad que tiene cualquier persona para disponer y utilizar los elementos del sistema en igualdad de condiciones que los demás. Además, la relación entre movilidad, comunicación y formas de pago son fundamentales en la función que tienen los SBP. Esto visto desde la posibilidad que tendrían las personas de ubicar los vehículos, el nivel de dificultad existente para acceder al vehículo y para su liberación y puesta en oferta nuevamente y la tipología de recaudo que tenga el sistema. Valor ponderado (15%)

- **Fiabilidad:** La fiabilidad es relevante en la selección de una u otra opción por la posibilidad de permitir a los usuarios encontrar una bicicleta sin necesitar acceso a Internet, además que las condiciones de servicio no van a cambiar durante los recorridos, es decir que las bicicletas se encuentren en condiciones óptimas y permitan el desarrollo de los viajes sin percances mecánicos, en caso de que las bicicletas sean eléctricas que la carga dure todo el recorrido. Valor ponderado (10%)
- **Duración:** Es el criterio de vida útil de los elementos evaluados, la infraestructura necesaria, su permanencia, su estabilidad y su mantenimiento, la capacidad que tengan de no ser vandalizadas. Valor ponderado (10%)
- **Manejo del espacio público:** Es el nivel de impacto que tendrán los diferentes sistemas en el espacio público, por tamaño, por robustez de la infraestructura y en general por el espacio que tendrá que cederse al instalar su mobiliario. Valor ponderado (5%)
- **Publicidad:** Es la evaluación del espacio disponible para publicidad que podría generar ganancias para el sistema, esto tanto para mobiliario estático como para el dinámico (estaciones y bicicletas). Valor ponderado (5%)
- **Flexibilidad:** Es la comparación entre tener que iniciar y terminar los viajes en estaciones predefinidas o poder disponer de áreas previamente establecidas que permitan iniciar y terminar los viajes de una manera menos rígida. Valor ponderado (10%)

- **Información de operación:** Se evaluó el criterio frente a la capacidad que tendría el sistema de extraer información para optimizar las operaciones y reconocimiento del comportamiento de los usuarios.

Valor ponderado (5%)

- **Costos de capital:** El criterio de costo de capital se evaluó desde las diferencias que puede haber entre la instalación de un sistema y otro, cabe aclarar que no se hizo un estimado en términos monetarios para la evaluación, es un criterio netamente conceptual dado a partir de la bibliografía investigada.

Valor ponderado (15%)

- **Costos de operación:** El criterio de costo de operación se evaluó desde las diferencias que puede haber entre la operación de un sistema y otro, cabe aclarar que no se hizo un estimado en términos monetarios para la evaluación, es un criterio netamente conceptual dado a partir de la bibliografía investigada.

Valor ponderado (15%)

- **Seguridad:** Es la evaluación de la seguridad civil tanto de los usuarios como del sistema en general (robo a personas, mobiliario y bicicletas).

Valor ponderado (10%)

La matriz multicriterio diseñada para evaluar cada tipología de SBP. Se encuentra organizada de tal forma que se pueda ver la ponderación con la cual fue designado cada criterio, el puntaje de evaluación otorgado en escala de 1 a 10 a cada elemento dentro de un mismo sistema y su resultado después de después de ser ponderado.

Los elementos dentro de la matriz se describen a continuación:

- Factor ponderador: es el valor de participación del elemento evaluado en el sistema, la suma de todos los factores es el 100%.
- Criterio evaluado: es el conjunto de características evaluadas de cada tipología de sistema, su calificación va de 1 a 10 y su calificación se da se basada en la revisión de los antecedentes descritos en el "marco teórico", más la postura crítica del autor.
- Diferentes SBP: es la comparación de cada tipología de sistema evaluado. Su comparación parte de enfrentar los mismos criterios para cada uno, pero bajo los escenarios que ofrece cada uno de ellos en implementación y operación, además para cada uno de los sistemas se incluye en la evaluación la tipología de la bicicleta que está a disposición para cada uno, si es tradicional o eléctrica, pues el proceso de implementación y operación no puede hacerse tomando esta decisión por separado.

Cada sistema con su respectiva tipología de bicicletas dentro de la matriz puede alcanzar como máximo 10 puntos en la columna de ponderación, para el caso el presente estudio el conjunto de sistema y bicicleta que más se acerque a este número es el sistema recomendado para ser implementado en Bogotá.

El desarrollo de la matriz se indica a continuación:

Tabla 6. Matriz multicriterio para elegir un sistema de bicicletas públicas en Bogotá.

Factor ponderador	Criterio evaluado	Sistemas con anclaje				Sistemas sin anclaje				Sistemas híbridos			
		Bicicletas tradicionales	Bicicletas tradicionales Ponderado	Bicicletas eléctricas	Bicicletas eléctricas Ponderado	Bicicletas tradicionales Ponderado	Bicicletas tradicionales Ponderado	Bicicletas eléctricas	Bicicletas eléctricas Ponderado	Bicicletas tradicionales	Bicicletas tradicionales Ponderado	Bicicletas eléctricas	Bicicletas eléctricas Ponderado
15%	Accesibilidad	8	1.2	10	1.5	6	0.9	6	0.9	6	0.9	8	1.2
10%	Fiabilidad	10	1	10	1	8	0.8	6	0.6	6	0.6	6	0.6
10%	Duración	8	0.8	6	0.6	6	0.6	6	0.6	7	0.7	7	0.7
5%	Manejo del espacio público	10	0.5	10	0.5	6	0.3	6	0.3	7	0.35	7	0.35
5%	Publicidad	10	0.5	10	0.5	6	0.3	6	0.3	10	0.5	7	0.35
10%	Flexibilidad	6	0.6	6	0.6	10	1	10	1	8	0.8	8	0.8
5%	Información de operación	10	0.5	10	0.5	10	0.5	10	0.5	7	0.35	7	0.35
15%	Costos de capital	6	0.9	4	0.6	8	1.2	6	0.9	7	1.05	6	0.9
15%	Costos de operación	6	0.9	4	0.6	6	0.9	6	0.9	6	0.9	6	0.9
10%	Seguridad	8	0.8	8	0.8	6	0.6	6	0.6	7	0.7	7	0.7
<b>100%</b>	<b>Total</b>		<b>7,7</b>		<b>7,2</b>		<b>7,1</b>		<b>6,6</b>		<b>6,85</b>		<b>6,85</b>

Fuente: Elaboración propia

Con el desarrollo de la matriz enmarcada anteriormente se puede deducir que, bajo el conjunto de criterios establecidos, la literatura consultada y la evaluación desarrollada por el autor, la mejor opción para la implementación de un sistema de bicicletas públicas debería ser un "SISTEMA CON ANCLAJE DE BICICLETAS TRADICIONALES".

### 6.1.1. Recomendaciones para bicicletas

Un sistema de bicicletas públicas en Bogotá deberá contar con una flota de bicicletas cuya característica principal sea que los materiales, diseño y piezas sean de difícil comercialización, por esta razón deberán procurar que sean prácticamente exclusivos del sistema para prevenir el hurto y el vandalismo de las bicicletas.

Tabla 7. Características mínimas de las bicicletas.

Elemento	Característica
<b>Marco</b>	barra baja en aluminio estructural talla S
<b>Tenedor</b>	rígido de acero
<b>Manubrio</b>	Manubrio tipo ciudad
<b>Almacenamiento</b>	Dispositivo de frontal tipo rack o canasta, no debe llevar dispositivo trasero
<b>Sistema de velocidad</b>	mínimo tres velocidades, una de ellas ajustada a pendientes altas
<b>Cadena</b>	Cubierta en su totalidad
<b>Luces</b>	Luces LED delanteras blancas y traseras rojas
<b>Guardabarros</b>	delantero y trasero no metálicos, y de fácil acceso a publicidad
<b>Sillín</b>	Ajustable en altura
<b>Frenos</b>	tipo banda (HubBrake – freno en mazana)
<b>Dispositivos de interacción</b>	Timbre, reflectivos en los pedales y luces delantera (blanca) y trasera (roja)
<b>Ruedas</b>	26 pulgadas
<b>Llantas</b>	Labrado para calle y sistema de reducción de pinchazos
<b>Tecnología</b>	Receptor de Sistema de Posicionamiento Global
<b>Seguridad</b>	Dispositivo de anclaje en la estación
<b>Los demás requerimientos contenidos en la norma técnica colombiana NTC 2054.</b>	

Fuente: Elaboración propia

### 6.2. Tipo de estaciones

Además de la matriz evaluada para determinar el tipo de sistema que debería tener Bogotá, se evaluó una matriz para su complemento, con la cual se definiera la tipología de las estaciones según las opciones analizadas.

La matriz de selección de estaciones se da después de haber seleccionado la tipología del sistema de bicicletas públicas, esto porque en caso de haber sido un sistema sin anclaje las estaciones no hubieran sido necesarias de evaluar, pues el sistema no contaría con ellas.

Para este proceso los criterios evaluados fueron:

*Figura 37. Criterios evaluativos para el tipo de estaciones*



*Fuente: Elaboración propia*

- **Diseño:** El criterio de diseño está enfocado, en las posibilidades que tendría la estructura de aprovechar el espacio público existente, y los niveles de servicio que alcanzaría y su velocidad de adaptación frente a los cambios. Valor ponderado (10%)

- **Obras civiles:** Es la relación entre la necesidad de realizar intervenciones de mayor o menor magnitud, los costos que conllevan en tiempo y dinero, además las adaptaciones y los condicionantes de operación, es decir, la rigidez del sistema frente a cambios demandados por la operación.

Valor ponderado (10%)

- **Operación:** el criterio que mide la capacidad de adaptación de las estaciones y de las posibilidades de enfrentar operación con mayor o menor demanda, según los niveles de servicio esperados.

Valor ponderado (15%)

- **Urbanismo:** Es el nivel de impacto que tendrán los diferentes sistemas en el espacio público, por tamaño, por robustez de la infraestructura y en general por el espacio que tendrá que cederse al instalar su mobiliario.

Valor ponderado (10%)

- **Escalabilidad:** Es la evaluación de las estaciones para crecer o decrecer según la operación del sistema, es decir tener el potencial de incrementar o disminuir su infraestructura existente dependiendo de su demanda.

Valor ponderado (15%)

- **Costos de capital:** El criterio de costo de capital se evaluó desde las diferencias que puede haber entre la instalación de un sistema y otro, cabe aclarar que no se hizo un estimado en términos monetarios para la evaluación, es un criterio netamente conceptual dado a partir de la bibliografía investigada.

Valor ponderado (10%)

- **Costos de operación:** El criterio de costo de operación se evaluó desde las diferencias que puede haber entre la operación de un sistema y otro, cabe aclarar que no se hizo un estimado en términos monetarios para la evaluación, es un criterio netamente conceptual dado a partir de la bibliografía investigada.  
Valor ponderado (10%)
- **Accesibilidad:** El criterio de accesibilidad se evalúa desde la posibilidad que tiene cualquier persona para disponer y utilizar los elementos del sistema en igualdad de condiciones que los demás. Además, evaluando la relación entre movilidad, comunicación y formas de pago.  
Valor ponderado (10%)
- **Publicidad:** Es la evaluación de las estaciones físicas que proveen de espacio para publicidad que podría generar ganancias para el sistema.  
Valor ponderado (10%)

La matriz multicriterio diseñada para evaluar cada tipología de estaciones se encuentra organizada de tal forma que se pueda ver la ponderación con la cual fue designado cada criterio, el puntaje de evaluación otorgado en escala de 1 a 10 a cada elemento y su resultado después de ser ponderado.

Cada tipo de estación dentro de la matriz puede alcanzar como máximo 10 puntos en la columna de ponderación, para el caso del presente estudio el conjunto de sistema y bicicleta que más se acerque a este número es el sistema recomendado para ser implementado en Bogotá.

Tabla 8. Matriz multicriterio para elegir un sistema de bicicletas públicas en Bogotá.

Factor ponderador	Criterio evaluado	Estaciones modulares	Ponderado	Estaciones permanentes	Ponderado
10%	Diseño	6	0.6	8	0.8
10%	Obras civiles	9	0.9	7	0.7
15%	Operación	8	1.2	8	1.2
10%	Urbanismo	9	0.9	7	0.7
15%	Escalabilidad	9	1.35	6	0.9
10%	Costos de capital	8	0.8	6	0.6
10%	Costos de operación	8	0.8	8	0.8
10%	Accesibilidad	9	0.9	7	0.7
10%	Publicidad	7	0.7	9	0.9
100%	Total		8.15		7.3

Fuente: Elaboración propia

La conclusión es que las estaciones modulares son una mejor opción para la implementación de un sistema sostenible como medio de transporte público, brindarían mejores opciones frente a la implementación y desarrollo parcial del mismo, permitiría ajustar los diseños operativos sin mayores traumatismos y tendría menores impactos a razón de los criterios evaluados.

### 6.2.1. Recomendaciones para estaciones

Las estaciones como elementos de retiro y entrega de bicicletas por parte de los usuarios. Deberá contar con operación automática, ser resistentes al clima, tener suministro de energía por medio de paneles solares, y un respaldo por medio de alimentación tradicional y conectividad inalámbrica con el centro de control operacional, lo cual permite evitar obra civil para la instalación y conexión con redes.

Tabla 9. Características mínimas de las estaciones.

Elemento	Característica
Comunicación con el usuario	Pantalla de al menos 7 pulgadas. Lector de medio de pago especializado (por ejemplo, Tarjeta Inteligente Sin Contacto). Lector de tarjetas bancarias con banda magnética y con chip

<b>Elemento</b>	<b>Característica</b>
<b>Control de operación</b>	Elementos de comunicación Terminal-puntos de anclaje y Terminal-centro de operaciones
<b>Publicidad</b>	Área para la colocación de publicidad
<b>Información al usuario</b>	Instrucciones de uso de la estación, instrucciones de registro de usuarios, manual de del usuario y cuadro de costos de uso. mapas de entorno inmediato de la estación y de ubicación de la zona de operación.
<b>Punto de anclaje</b>	Anclaje automático de las bicicletas y que garanticen que una bicicleta anclada sólo pueda ser retirada por un usuario habilitado Sistema que le indique al usuario el estado del punto de anclaje (bicicleta liberada/bicicleta asegurada).
<b>Sistema de identificación</b>	Sistemas de Identificación por Radio Frecuencia (RFID por sus siglas en inglés) para reconocimiento de la bicicleta anclada en cada punto

*Fuente: Elaboración propia*

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Bogotá cuenta con óptimas condiciones para la implementación de un sistema público de bicicletas, en la ciudad diariamente se realizan más de 850.000 viajes según resultados de la encuesta de movilidad 2019, cuenta con una infraestructura de 550km de ciclo rutas y a causa de la pandemia generada por el COVID\_19, se han instaurado 80km más, por lo cual a la fecha del presente estudio Bogotá cuenta con cerca de 630 km de infraestructura destinada exclusivamente a la movilidad activa. La topografía de la ciudad es una condición favorable para el uso de la bicicleta como medio de transporte.

La investigación identificó once temas generales como motivos para la implementación de un sistema público de bicicletas compartidas. Las características que debe tener el sistema de bicicletas públicas de Bogotá, teniendo como base la revisión bibliográfica, y de acuerdo con el análisis presentado anteriormente son:

- Sistema de tercera o cuarta generación totalmente automático.
- Un sistema de estaciones modulares con anclaje donde la distribución entre las tipologías de las bicicletas sea de al menos 30% eléctricas con pedaleo asistido y un 70% máximo de bicicletas tradicionales.
- Bicicletas deberán ser de diseño exclusivo para la ciudad, sus dimensiones y componentes deberían estar atendidos a lo expresado en este capítulo.
- La red de infraestructura disponible para el uso de un sistema público de bicicletas se esperaría fuera 100% verde o independiente, pero dadas las características y la infraestructura actual de la ciudad, se debe aprovechar lo que está actualmente y la logística de ubicación de estaciones y centros de control deberían ser en función de dichos corredores. Pensando siempre que su expansión deberá ser en términos de como mínimo contar con corredores segregados.

- El modelo de negocio es una decisión de implementación sobre la cual deberá primar el bien común y no los intereses particulares.
- Toda persona que quieran hacer uso del sistema deberá contar con un registro previo en el sistema el cual permita identificar a los usuarios previniendo robos o alteraciones del sistema.
- Las estaciones deberían contar con alimentación por energía solar.
- Las intervenciones de infraestructura, desarrollo civil, urbano, y a nivel de invasión del espacio público debería ser de bajo impacto, permitiendo el desarrollo y el ajuste a medida que la demanda lo requiera.
- Las estaciones deberán mostrar siempre un mapa de ubicación del sector y el dispositivo para liberar la bicicleta
- Los tiempos de uso de una bicicleta deberán ser de máximo 60 minutos
- Los proyectos de culturizar y concientizar a los usuarios en la responsabilidad del uso de un modo de transporte público deberán ir de la mano con la implementación de este.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- bea Alonso, M. (2009). *Los sistemas de bicicletas públicas urbanas*. Universidad Autónoma de Barcelona, 60.
- Bonnette, B. (2007). The Implementation of a Public-Use Bicycle Program in Philadelphia. *Urban Studies*, December.
- DeMaio, P. J. (2003). Smart bikes: Public Transportation for the 21st Century. *Journal of the Transportation Research Forum*, 57(1), 9–11.
- Dobrzyńska, E., & Dobrzyński, M. (2016). Structure and dynamics of a public bike-sharing system. Case study of the public transport system in Białystok. *Engineering Management in Production and Services*, 8(4), 59–66. <https://doi.org/10.1515/emj-2016-0033>
- Fishman, E., Washington, S., & Haworth, N. (2014). Bike share's impact on car use: Evidence from the United States, Great Britain, and Australia. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 31, 13–20. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.05.013>
- IDAE. (2007). Guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España. In *IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía*. [http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos\\_Guia\\_Bicicletas\\_8367007d.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Guia_Bicicletas_8367007d.pdf)
- Institute for Transportation & Development Policy ITDP. (2018). *Guía de planeación del sistema de bicicletas compartidas*. 1–124.
- Kreuzer, F. M., & Wilmsmeier, G. (2019). Eficiencia energética y movilidad en América latina y el Caribe. *Documentos de Proyectos CEPAL*, 305. [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36798/1/S1420695\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36798/1/S1420695_es.pdf)
- López, P. (2013). El sistema de bicicletas públicas “Ecobici”: del cambio modal al cambio social. *Espacialidades. Revista de Temas Contemporáneos Sobre Lugares, Política y Cultura*, 3(2), 106–124.
- Ministerio de Transporte de Colombia. (2016). *Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas*. <http://www.despacio.org/portfolio/guia-de-ciclo-infraestructura-de-colombia/>
- Montezuma, R. (2015). *Sistemas Públicos de Bicicletas para América Latina Guía práctica para implementación*. [www.ciudadhumana.org%0Awww.ciudadesycambioclimatico.org](http://www.ciudadhumana.org%0Awww.ciudadesycambioclimatico.org)
- Moon-Miklaucic, C., Bray-Sharpin, A., De La Lanza, I., Khan, A., Lo Re, L., & Maassen, A. (2019). *the Evolution of Bike Sharing: 10 Questions on the Emergence of New Technologies, Opportunities, and Risks*. January, 44. <https://www.wri.org/publication/evolution-bike-sharing>
- Pardo Carlos, Rios Alberto, Taddia Alejandro, L. natalia. (2005). Ciclo inclusion en América Latina. In *NASPA Journal* (Vol. 42, Issue 4).

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Plan, S. B. (n.d.). *TULSA BIKE SHARE*.

Pons, J. M. S., Lladó, J. M., Pérez, M. R., & Reynés, M. R. M. (2016). Public bikesharing systems and sustainable urban mobility. An analysis in the city of Palma (Mallorca, Balearic Islands). *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 2016(71), 227–245. <https://doi.org/10.21138/bage.2281>

Rodrigo, J., González, Q., & Infraestructura, L. (2017). Bicicletas compartidas como sistema de transporte público urbano: análisis de políticas públicas en Colombia (1989-2017). (*Prueba*) *Revista Ciudades, Estados y Política (Prueba)*, 4(3), 17–35.

Shaheen, S., Guzman, S., & Zhang, H. (2010). Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia. *Transportation Research Record*, 2143, 159–167. <https://doi.org/10.3141/2143-20>

Toole Design Group, & Pedestrian and Bicycle Information Center. (2012). *Bike Sharing in the United States: State of the Practice and Guide to Implementation Active Lifestyles Coordinator Partners for Active Living*. September.

Vega, L. (2006). Beneficios socio-ambientales de estrategias de movilidad sostenible en el centro de la ciudades : aplicación al caso de Madrid. *Dialnet*, N/A(N/A), 1–386. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=3057&orden=0&info=link&info=link>

Zhang, L., Zhang, J., Duan, Z. Y., & Bryde, D. (2015). Sustainable bike-sharing systems: characteristics and commonalities across cases in urban China. *Journal of Cleaner Production*, 97, 124-133.