

**ARQUITECTURA DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES PARA EL  
SERVICIO DE PRÉSTAMOS DE BICICLETAS PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ**

**BRIAN LEONARDO LÓPEZ PEREA**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
MODALIDAD: VISITA TÉCNICA INTERNACIONAL  
BOGOTÁ D.C., COLOMBIA  
2020**

**ARQUITECTURA DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES PARA LA  
PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE PRÉSTAMOS DE BICICLETAS PARA LA  
CIUDAD DE BOGOTÁ**

**BRIAN LEONARDO LÓPEZ PEREA**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero de Sistemas**

**Director:  
Ing. Cesar Orlando González**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
MODALIDAD: VISITA TÉCNICA INTERNACIONAL  
BOGOTÁ D.C., COLOMBIA  
2020**



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación:

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Facultad de Ingeniería y la Universidad Católica de Colombia para optar al título de Ingeniero de Sistemas.

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá, 15, mayo, 2020

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	11
1. GENERALIDADES .....	12
1.1. ANTECEDENTES .....	13
1.2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2.1. Descripción del problema. ....	16
1.2.2. Formulación del problema. ....	19
1.3. OBJETIVOS .....	19
1.3.1. Objetivo general. ....	19
1.3.2. Objetivos específicos. ....	19
1.4. JUSTIFICACIÓN .....	19
1.5. DELIMITACIÓN .....	19
1.5.1. Espacio. ....	21
1.5.2. Tiempo. ....	22
1.5.3. Contenido. ....	22
1.5.4. Alcance. ....	22
1.6. MARCO REFERENCIAL .....	22
1.6.1. Marco conceptual. ....	22
1.6.2. Marco teórico. ....	25
1.6.3. Estado del arte. ....	31
1.7. METODOLOGÍA .....	33
1.7.1. Tipo de Estudio. ....	33
1.7.2. Tipo de metodología. ....	34
1.7.3. Fuentes de información. ....	34
1.8. DISEÑO METODOLÓGICO .....	35
1.8.1. Etapa 1: Levantamiento de información .....	35
1.8.2. Etapa 2: Identificar modelos de referencia .....	35
1.8.3. Etapa 3: Crear estrategias. ....	35
1.8.4. Etapa 4: Implementar solución .....	36
1.8.5. Etapa 5: Evaluar la solución propuesta .....	36
2. LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS .....	37
2.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS STAKEHOLDERS .....	37
2.1.1. Usuario gerente. ....	37
2.1.2. Usuario administrador. ....	37
2.1.3. Operador. ....	37
2.1.4. Mecánico. ....	38
2.1.5. Usuario final. ....	38

2.2.	EXPECTATIVAS DE LOS STAKEHOLDERS .....	38
2.2.1.	Gerente. ....	38
2.2.2.	Administrador .....	39
2.2.3.	Operador .....	40
2.2.4.	Mecánico. ....	40
2.2.5.	Usuario final. ....	40
2.3.	ASPECTOS CLAVES DE ARQUITECTURA .....	40
2.3.1.	Restricciones tecnológicas .....	40
2.3.2.	Atributos o escenarios de calidad.....	42
2.3.3.	Escenarios operacionales .....	46
3.	ARQUITECTURAS DE TI DE REFERENCIA PARA IMPLEMENTAR UN SBP .....	52
3.1.	CIUDAD DE MEXICO .....	52
3.2.	PARIS .....	57
3.3.	BARCELONA .....	59
3.4.	CUADRO COMPARATIVO DE ARQUITECTURAS TI DE REFERENCIA .....	62
4.	DISEÑO DE LA ARQUITECTURA PROPUESTA .....	64
4.1.	PUNTOS DE VISTA Y MODELOS ARQUITECTURALES .....	64
4.1.1.	Diagramas de arquitectura de la solución. ....	64
4.2.	Matriz de roles y responsabilidades .....	79
5.	VALIDACIÓN DE ARQUITECTURA PROPUESTA .....	81
5.1.	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE ARQUITECTURAS .....	81
5.1.1.	Árboles de utilidad.....	81
5.1.2.	Validación de un experto .....	84
6.	CONCLUSIONES .....	87
7.	RECOMENDACIONES .....	88
8.	BIBLIOGRAFÍA .....	89
9.	ANEXOS .....	95

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Tiempo total de viaje diario en transporte público terrestre en algunas ciudades de Latinoamérica .....	20
Figura 2. Reporte de robos de bicicletas por localidad en Bogotá .....	21
Figura 3. Capas del modelo de arquitectura de comunicación entre computadoras .....	30
Figura 5. Planes y tarifas adicionales ECOBICI.....	53
Figura 6. Cicloestación multimedia ECOBICI.....	54
Figura 7. Cicloestación multimedia 4G .....	55
Figura 8. Cicloestación multimedia 3G .....	55
Figura 9. Mapa de cicloestaciones ECOBICI .....	56
Figura 10. Bicicletas inteligentes.....	57
Figura 11. Medidas de protección contra robatorios Bicing .....	61
Figura 12. Ejemplo de estación de bicicletas eléctricas de la compañía PBSC Urban Solutions .....	62
Figura 13. Vista de la solución .....	65
Figura 14. Vista de ejecución.....	66
Figura 15. Vista de contexto .....	68
Figura 16. Dispositivo GPS para bicicletas .....	69
Figura 17. Tecnología RFID en un SBP.....	70
Figura 18. Diagrama BPMN 001 – Registrarse.....	71
Figura 19. Diagrama BPMN 002 - Reservar bicicleta .....	72
Figura 20. Diagrama BPMN 003 - Retirar bicicleta .....	73
Figura 21. Diagrama BPMN 003 - Entregar bicicleta .....	74
Figura 22. Diagrama BPMN 004 – Reportar incidencia .....	75
Figura 23. Diagrama BPMN 006 – Generar alertas .....	76
Figura 24. Vista de despliegue.....	77
Figura 25. Modelo Entidad – Relación .....	78
Figura 26. Árbol de utilidad .....	82

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Aspectos más relevantes de un SBP .....	27
Tabla 2. Ventajas y desventajas del uso de la bicicleta .....	28
Tabla 3. Resumen de las estadísticas de la bicicleta en CDMX .....	38
Tabla 4. Estadísticas aproximadas de un SBP en Bogotá.....	39
Tabla 5. Restricción tecnológica 01 – Canales de ingreso al sistema .....	40
Tabla 6. Restricción tecnológica 02 - Framework de desarrollo .....	41
Tabla 7. Restricción tecnológica 03 - Entorno de desarrollo.....	41
Tabla 8. Restricción tecnológica 04 – Ambiente de base de datos.....	41
Tabla 9. Restricción tecnológica 05 – Interoperabilidad.....	41
Tabla 10. Atributo de calidad 001 - Disponibilidad .....	42
Tabla 11. Atributo de calidad 002 - Disponibilidad .....	42
Tabla 12. Atributo de calidad 003 - Disponibilidad .....	43
Tabla 13. Atributo de calidad 004 - Desempeño .....	43
Tabla 14. Atributo de calidad 005 - Interoperabilidad.....	44
Tabla 15. Atributo de calidad 006 - Recuperabilidad .....	44
Tabla 16. Atributo de calidad 007 - Seguridad .....	45
Tabla 17. Atributo de calidad 008 - Seguridad .....	45
Tabla 18. Atributo de calidad 009 - Usabilidad.....	46
Tabla 19. Escenario operacional 01 - Registrarse .....	46
Tabla 20. Escenario operacional 02 - Reservar bicicleta .....	47
Tabla 21. Escenario operacional 03 - Retirar bicicleta.....	48
Tabla 22. Escenario operacional 04 - Entregar bicicleta.....	49
Tabla 23. Escenario operacional 05 – Reportar incidencia.....	50
Tabla 24. Escenario operacional 06 – Generar alertas.....	51
Tabla 25. Condiciones generales para utilizar el sistema Vélib' .....	58
Tabla 26. Tarifas SBP Bicing .....	59
Tabla 27. Cuadro comparativo de Arquitecturas TI de referencia.....	62
Tabla 28. Matriz de roles y responsabilidades .....	80
Tabla 29. Escenario de análisis de enfoque arquitectónico 01 .....	83
Tabla 30. Escenario de análisis de enfoque arquitectónico 02 .....	83
Tabla 31. Formato técnico de validación de diseño de arquitectura .....	85

## LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

### Abreviaturas

<b>Abreviatura</b>	<b>Término</b>
<i>SITP</i>	<i>Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá</i>
<i>TI</i>	<i>Tecnología de la Información</i>
<i>SI</i>	<i>Sistema(s) de Información</i>
<i>SBP</i>	<i>Sistema(s) de Bicicletas Públicas</i>
<i>MNM</i>	<i>Movilidad No Motorizada</i>
<i>AI</i>	<i>Arquitectura de Información</i>
<i>AC</i>	<i>Arquitectura de Comunicación(es)</i>
<i>RFID</i>	<i>Identificación por Radiofrecuencia</i>

## RESUMEN

Las ciudades modernas, cómo Bogotá, se enfrentan a serios problemas de movilidad producto de las grandes poblaciones presentes en ellas, hecho que se pudo evidenciar en la visita técnica internacional a Ciudad de México, realizada con la Universidad Católica de Colombia en el 2018. Esto conlleva la necesidad de buscar alternativas de movilidad para contrarrestar estos problemas.

Numerosas ciudades, valiéndose de la Tecnología de la Información (TI), han optado por la implementación de Sistemas de Bicicletas Públicas (SBP), que impulsen el uso de la bicicleta como medio de transporte cotidiano, de fácil acceso y económico. Este trabajo toma como referencia los SBP de Ciudad de México, París y Barcelona, con el fin de identificar los aspectos más relevantes para la implementación de un sistema similar en Bogotá. Para esto, se diseña un modelo de arquitectura donde se definen los componentes tecnológicos, canales y protocolos de comunicación mediante los cuales se comunicará el sistema.

Del análisis de los SBP resaltan por su pertinencia componentes infraestructurales como: cicloestaciones, cicloparqueaderos, terminales inteligentes y la oferta de bicicletas mecánicas y electroasistidas; y protocolos de comunicación comúnmente usados como: https, TCP/IP y señales de radiofrecuencia (RFID). Por otra parte, el diseño del modelo de arquitectura tuvo en cuenta las vistas de ejecución, contexto, despliegue e información, con base a las cuales se diseñó una vista general que plantea un panorama global de toda la arquitectura sobre la cual funcionará el sistema. Adicionalmente, con el fin de preservar la eficiencia y el desempeño del sistema, se incluyeron componentes tecnológicos que puedan soportar gran cantidad de transacciones, a saber, dos nodos principales, de los cuales cada uno cuenta con dos servidores (Application Server y DB Server), de modo que el balanceador de cargas pueda repartir de una forma más equilibrada el trabajo para cada uno.

Finalmente, el modelo de arquitectura es evaluado mediante el método de validación por un experto, el cual determina si el diseño de arquitectura cumple con los requisitos técnicos para poder implementar un sistema de préstamos de bicicletas públicas para la ciudad de Bogotá.

### **PALABRAS CLAVES:**

Tecnología de la información, sistemas de bicicletas públicas, movilidad, biciusuarios, arquitectura de comunicaciones

## **ABSTRACT**

Modern cities such as Bogotá face, as a consequence of their great populations, serious challenges regarding transportation, this fact was made evident in the international technical visit to Mexico City, carried out with the Catholic University of Colombia in 2018. This implies the necessity of seeking mobility alternatives to respond to these challenges.

Numerous cities, making use of Information Technology (IT), have opted for the implementation of Public Bicycle Schemes (PBS), that seek to promote the usage of bicycles as an every-day, easy access and cheap form of transportation. This thesis takes the PBS of Mexico City, Paris and Barcelona as references, with the goal of identifying in them the most relevant aspects towards the implementation of such a system in Bogotá. For this, an architecture model will be designed where the various technological components, communication channels and protocols, by means of which the system will communicate will be defined.

From the analysis of these PBS, these infrastructural components stood out as relevant: Bicycle stations, bicycle parking lots, smart terminals and the availability of both mechanical and electric bicycles; the most commonly used communication protocols in these were: https, TCP/IP and radio frequency signals (RFID). On the other hand, the design of the architecture model took into account the views of execution, context, deployment and information, based on these, a general view was built that posits a global panorama of the architecture, upon which the system will work. Additionally, with the goal of preserving the efficiency and performance of the system, technological components were included that can support a high number of transactions, these are, two main nodes, each of which counts with two servers (Application Server and DB Server), by means of which the charge balancer can equally distribute the work between each of them.

Finally, the architecture model is evaluated by the method of validation by an expert, who will determine if the architecture design meets the technical requirements to be implemented in a Public Bicycle Scheme in Bogotá.

### **KEY WORDS:**

Information technology, Public Bicycle Schemes, Mobility, Bicycle Users, Communication Architecture

## INTRODUCCIÓN

El uso de la bicicleta en Bogotá es muy importante por la gran cantidad de personas que se movilizan en ella diariamente para la realización de diversas actividades dentro de la ciudad, ya que es un medio de transporte alternativo con ventajas como ser económico, de fácil acceso, no requiere de mayor espacio para su parqueo, contribuye a la buena salud y además es amigable con el medio ambiente. Todos estos factores influyen para que los ciudadanos prefieran este tipo de transporte en lugar de la movilización en transporte público y/o particular.

Debido que la solución de la problemática de desplazamiento y movilidad no es consecuente con el crecimiento constante de la población, es necesario crear un sistema alternativo de transporte que complemente de manera eficaz y sinérgica los medios de transporte existentes como el Transmilenio y el Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá (SITP). Además, un sistema que aproveche el uso de la bicicleta y la infraestructura vial existente, ya que es la ciudad latinoamericana con la mayor cantidad de vías construidas para la movilización de los ciclistas<sup>1</sup>.

Por este motivo, el presente proyecto pretende generar una propuesta para el aprovechamiento de los recursos de malla vial con los que cuenta Bogotá, de la mano con un método de préstamo de bicicletas, para lograr optimizar la movilidad de la ciudad. Para esto, se diseñó un modelo de Arquitectura de información y comunicaciones de infraestructura, el cual logre sistematizar y optimizar de la mejor manera el servicio de préstamos de bicicletas públicas en la ciudad.

Para el diseño de las arquitecturas antes mencionadas se estudiaron distintas etapas las cuales están enunciadas en la metodología del presente documento, resumidas en: levantamiento de los requerimientos en cuanto a dichas arquitecturas, identificación de las arquitecturas de la Tecnología de la Información (TI) de referencia de sistemas de préstamo de bicicletas ya implementados en otras ciudades, para posteriormente proponer y validar el mejor modelo posible de arquitectura de TI que soporte la implementación del servicio de préstamos de bicicletas públicas para la ciudad de Bogotá.

---

<sup>1</sup> REVISTA SEMANA, 'Bogotá Es La Ciudad Con Más Kilómetros de Ciclovías En América Latina', 2016 <<http://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/bogota-es-la-ciudad-con-mas-kilometros-de-ciclovias-en-america-latina/34445>>.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. ANTECEDENTES

El uso de la bicicleta en diferentes países alrededor del mundo se ha venido fortaleciendo constantemente debido a que se ha comprobado que, al implementar este tipo de medio de transporte a diario, se beneficia tanto la persona que la usa como el entorno que la rodea. Ciudades como Barcelona y Ciudad de México (entre otras) le han apostado a la implementación de un SBP (Sistema de Bicicletas Públicas) para generar una alternativa y/o complemento para el transporte a sus habitantes. Por lo cual tiene dentro de sus principales objetivos ayudar a descongestionar las avenidas y el tráfico de vehículos en las calles, pero a su vez, una persona cuando decide utilizar una bicicleta en vez de un vehículo, está colaborando con el medio ambiente.

Por otra parte, en ciudades como París, Barcelona y Ciudad de México, entre otras, han implementado soluciones como Vélib', Bicing y Ecobici respectivamente, para aliviar problemáticas similares a las del transporte público en Bogotá. Estas ciudades le han apostado a la bicicleta como recurso principal para mejorar la movilidad de sus ciudadanos, ya que la usan no solo como un medio de recreación sino como un medio de transporte fácil, práctico y saludable para la ciudadanía.

En México, se creó el SBP llamado ECOBICI en febrero de 2010, actualmente el sistema cuenta con más de 170 mil usuarios registrados y el servicio está disponible en 55 colonias de la Ciudad de México, en un área de 38 kilómetros cuadrados. Este SBP cuenta con dos tipos de bicicleta: Eléctrica y Mecánica, donde la eléctrica ofrece sistema de pedaleo asistido mientras la mecánica se enfoca hacia la movilidad práctica y de uso cotidiano. Además, para el uso de una bicicleta y registro de un usuario, están habilitadas distintos tipos de cicloestaciones que es donde el usuario podrá acceder al sistema e identificarse mediante su tarjeta o código de acceso. Para esto, existen 3 tipos de cicloestaciones: Multimedia, 4G y 3G.

Estas cicloestaciones tienen características diferentes y están ubicadas estratégicamente alrededor de la ciudad para colaborar con el préstamo de bicicletas a la ciudadanía. Para el anclaje y el control de cada bicicleta, los usuarios deben estar previamente registrados en el sistema, seguido a esto reciben una tarjeta con chip inteligente, en la cual se tiene el saldo disponible para tomar una bicicleta y así mismo toda la información necesaria para identificar al usuario y los trayectos que realiza. Luego, las bicicletas cuentan con un sistema RFID, el cual

permitirá saber al sistema de anclaje cual bicicleta está anclada y qué usuario fue el que la devolvió<sup>2</sup>.

Por último, todo el SBP de ECOBICI hace uso de las TI y brinda al usuario un completo monitoreo del sistema en tiempo real, para que, a través de su celular o páginas web, pueda estar al tanto de la disponibilidad de bicicletas que hay en cada cicloestación o en su defecto en la cicloestación más cercana a él. En resumen, ECOBICI, así como otros SBP populares que se han implementado en varias ciudades del mundo, resultan ser sistemas guías y de referencia para el diseño de las arquitecturas de comunicaciones e información para una ciudad como Bogotá; se pudo identificar la manera en que el uso adecuado de las TI pueden transformar de manera positiva un medio de transporte como lo es la bicicleta.

Este medio de transporte se ha venido promoviendo en Bogotá desde hace muchos años por medio de diferentes campañas. Desde 1974<sup>3</sup>, entidades del estado de la ciudad se vienen esforzando por mejorar día a día este medio de recreación y transporte. El primer programa se estableció fue la Ciclovía que promueve el uso de la bicicleta los días domingos y festivos. Pese a dificultades iniciales en su implementación, se fue ajustando y mejorando notablemente, tanto así, que ha llegado a obtener reconocimientos de talla mundial por el gran acogimiento que ha tenido ante la ciudadanía.<sup>4</sup> Adicionalmente, se han creado otros programas que utilizan la bicicleta como medio de recreación y deporte, con el fin de incentivar su uso para mejorar la calidad de vida de los usuarios, contribuyendo con la cultura ciudadana y la salud de los que la usan, entre los cuales están: Pedalea por Bogotá, Bicicorredores, Ciclopaseos, Al colegio en bici, entre otros.

Por eso, al ser Bogotá la ciudad latinoamericana donde las personas gastan más tiempo en sus trayectos de viaje diarios<sup>5</sup>, el programa de los Bicicorredores ha sido el que más se ha contribuido a una posible solución al problema de movilidad. Este consistía en la creación de varios ejes principales de préstamos de bicicletas gratuitos a la ciudadanía, en donde luego de tomar prestada una bicicleta, el ciudadano podía recorrer distancias cortas en cualquier corredor ya establecido y luego de un límite de tiempo debía entregarla en alguna estación o biciparqueadero. No obstante, algunos de estos programas recreativos se han venido cerrando debido a que las entidades públicas encargadas han detectado un bajo uso frente

---

<sup>2</sup> ITDP [En línea] Guía de planeación del sistema de bicicleta pública [2013] - [Citado 24 octubre 2019]. Pag. 80. Disponible en internet: <http://mexico.itdp.org/download/19372/>

<sup>3</sup> IDRD [En línea]. Historia de la Ciclovía. Bogotá [2017] - [Citado 24 octubre 2019]. Disponible en internet: <https://www.idrd.gov.co/historia-ciclovía-bogotana>

<sup>4</sup> *Ibid.*

<sup>5</sup> REVISTA DINERO [En línea]. Sistema de transporte público de Bogotá según estudio de Moovit. Bogotá [12 diciembre 2016] - [Citado 24 octubre 2019] Disponible en internet: <https://www.dinero.com/pais/articulo/sistema-de-transporte-publico-de-bogota-segun-estudio-de-moovit/239908>

a la gran inversión necesaria para su implementación, ya que todos se prestan de manera gratuita<sup>6</sup>.

A pesar, de que Bogotá a la vez que presenta grandes problemas de movilidad y cuenta con una considerable población ciclista, en los últimos años no se le ha dado un enfoque distinto que el de recreación y deporte a este medio de transporte, ni se han realizado estudios relevantes para proponer soluciones que se acerquen a la creación de un Sistema de Bicicletas Público (SBP). Sin embargo, se ha identificado que el desarrollo más cercano a un SBP son los emprendimientos de empresarios que buscan prestar este servicio, pero debido a las grandes dimensiones de Bogotá ha sido muy difícil llegar al objetivo de crear un sistema completo que brinde cobertura a toda la ciudad. Un ejemplo de estos emprendimientos sobresalientes es 'Mejor en Bici', programa que fue creado en 2010 por un grupo de jóvenes que le apostaron a la bicicleta como medio de transporte saludable y que se bajaron del carro para enseñarle a los ciudadanos todas las ventajas que tiene este medio de transporte, también son los líderes en la promoción de campañas que promueven la bicicleta tanto en universidades como en empresas<sup>7</sup>.

Por lo anterior, se puede deducir que Bogotá tardará mucho tiempo en implementar algún tipo de servicio de préstamos de bicicletas público para la ciudadanía, esto refleja un leve atraso ante ciudades en Latinoamérica como Ciudad de México, que ya ven la bicicleta no sólo como un medio de recreación y deporte sino como una solución alternativa de transporte, que por su naturaleza brinda muchos más beneficios que desventajas y a bajos costos.

En general, cada ciudad crea su propio SBP adaptándolo a su contexto local, incluyendo factores como la infraestructura, densidad de la ciudadanía, cultura ciudadana, entre otros, por lo cual, puede que una ciudad sirva de guía útil a otra, pero en sí, no existe un modelo estándar para crear un SBP<sup>8</sup>. Por lo tanto, es necesario tener como referentes varios SBP para la creación y diseño del SBP para Bogotá. En este trabajo se tomaron como base las arquitecturas de información y comunicaciones que han empleado distintas ciudades del mundo, pero especialmente el SBP implementado en Ciudad de México, ya que es uno de los pioneros en América Latina y el más cercano a Colombia en temas de movilidad, infraestructura y disponibilidad de TI. Adicionalmente, este trabajo tendrá en consideración los SBP de Barcelona y París, como modelos de operación de 24 horas, lo cual ofrece al usuario un alto nivel de conveniencia, además de incluir

---

<sup>6</sup> IDRD [En línea]. Ciclopaseos IDRD Bogotá [2017] - [Citado 24 Octubre 2019] Disponible en internet: <http://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/node/168>

<sup>7</sup> EL ESPECTADOR [En línea]. Bogotá Mejor en Bici [03 marzo 2010] - [Citado 24 Octubre 2019] Disponible en internet: <https://www.elespectador.com/impreso/articuloimpreso191008-mejor-bici>

<sup>8</sup> ITDP. Op Cit., p.10.

numerosas tecnologías, tales como sistemas de bloqueo RFID antirrobo y bicicletas eléctricas.

Al momento de pensar en diseñar una arquitectura de información y comunicaciones se han identificado componentes y características que se deben tener en cuenta y no se pueden pasar por alto, ya que la mayoría de SBP más exitosos los han empleado en sus ciudades, entre los cuales están:

- Una densa red de estaciones con un promedio de 300 metros de distancia entre cada una.
- Bicicletas cómodas con diseños especiales para que desmotiven el robo de partes y su reventa.
- Un sistema de seguridad automático que permita a los usuarios estacionar y sacar fácilmente las bicicletas en las estaciones.
- Un sistema de rastreo inalámbrico y RFIDs (Dispositivos de Identificación de Radiofrecuencia) que ubican el lugar en el que el usuario tomó y dejó la bicicleta, así como sus trayectos.
- Monitoreo en tiempo real de la tasa de ocupación de las estaciones a través de comunicaciones inalámbricas y por medio de un servicio de paquete de datos (GPRS).
- Información en tiempo real a través de varias plataformas web, teléfonos móviles y/o terminales en el sitio.
- Estructura de precios que incentiva los viajes cortos a fin de maximizar el número de viajes en bicicleta por día<sup>9</sup>.

## **1.2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Descripción del problema.**

Según estudios, la ciudad de Bogotá se encuentra encabezando los listados de las ciudades donde las personas gastan más tiempo desplazándose de un lugar a otro diariamente sobre todo en transporte público<sup>10</sup>. Distintos índices de tráfico, como aquellos realizados por las empresas analistas Tom Tom e Inrix, constantemente identifican a Bogotá como una de las ciudades con mayores problemas de movilidad del mundo: para el año 2019, Inrix califica a Bogotá como la ciudad más

---

<sup>9</sup> Ibid, p. 12.

<sup>10</sup> EL NUEVO SIGLO, [En línea] 'Radiografía a Uso de Bicicleta En Bogotá'. [21 junio 2018] [citado el 24 de septiembre 2019]. Disponible en internet: <https://elnuevosiglo.com.co/articulos/06-2018-radiografia-uso-de-bicicleta-en-bogota>

congestionada del mundo, donde el conductor promedio gasta 191 horas al año en tráfico de hora pico, es decir apenas a una hora de completar los ocho días<sup>11</sup>; en el mismo año, Tom Tom calificó a la capital colombiana como la tercera ciudad más congestionada del mundo, bajando un puesto del año anterior donde ocupó el segundo lugar, aunque presenta una cifra mayor para horas perdidas en tráfico: 230, o nueve días y catorce horas al año<sup>12</sup>. Estos datos dejan en manifiesto las grandes falencias de movilidad urbana de la ciudad.

Por esto, es necesario que en Bogotá se fortalezca la perspectiva según la cual la bicicleta, lejos de ser tan solo un medio de recreación y deporte, cumpla un rol vital como una solución alternativa de transporte que ayude a contrarrestar esta situación, bien sea disminuyendo el tiempo de los trayectos que genera la congestión vehicular, o reduciendo la contaminación ambiental que producen la gran cantidad de vehículos en la vía. Estos factores convierten la movilidad en un caos diario para la ciudadanía, que hasta el día de hoy no ha tenido una solución eficiente.

A modo de contraejemplo, si bien ciudades como Ciudad de México y Barcelona presentan problemas de movilidad similares al de Bogotá, estas han venido implementando modelos de arquitectura que integran la Tecnología de la Información (TI) como principal herramienta para transformar la bicicleta en un medio de transporte práctico y sencillo de utilizar. El cual, se ofrece como un servicio público a bajo costo para sostener su operación, teniendo el control y monitorización sobre todo el sistema del préstamo de bicicletas a la ciudadanía.

En Bogotá se vienen implementando programas que incentivan el uso de la bicicleta principalmente como un medio de recreación y deporte, estos programas se han venido cerrando y abriendo en cada una de las distintas alcaldías que ha tenido la ciudad. Hoy en día, el programa que más ha trascendido desde que se empezaron a crear estrategias para incentivar el uso de la bicicleta es la Ciclovía, que si bien ha presentado una gran acogida entre la ciudadanía, su enfoque netamente recreativo y deportivo lo ha limitado en cuanto a presentar una solución sustancial a los grandes retos de movilidad urbana de Bogotá.

Por otra parte, Bogotá posee grandes ventajas en cuanto infraestructura y tramos viales que la han destacado como la ciudad con más kilómetros de Ciclovía

---

<sup>11</sup> INRIX, [En línea] 'Traffic Scorecard: Bogotá'. [2019] [citado el 5 de mayo 2020]. Disponible en internet: <https://inrix.com/scorecard-city/?city=Bogota&index=1>

<sup>12</sup> TOM TOM, [En línea] ' Bogotá Traffic Report'. [2019] [citado el 5 de mayo 2020]. Disponible en internet: [https://www.tomtom.com/en\\_gb/traffic-index/bogota-traffic](https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/bogota-traffic)

construidos en América Latina<sup>13</sup>, factor que resulta ser muy importante para la ciudadanía y en especial para los amantes de la bicicleta cada día tienen más auge. Pero, que por problemas cotidianos como: cultura ciudadana, inseguridad, accidentalidad, falta de parqueaderos y la falta de mantenimiento en las ciclorutas, no se sienten conformes a la hora de andar en bicicleta por la ciudad<sup>14</sup>, han obligado a los biciusuarios a usar la bicicleta de manera inadecuada para así poder hacerle frente a las carencias antes mencionadas y transitar con más facilidad por la ciudad.

En consecuencia, se ha identificado que en Bogotá se necesita crear un SBP para la ciudadanía, el cual aproveche al máximo las ventajas infraestructurales con las que cuenta la ciudad. Para ello, el primer paso es conocer cómo funciona un SBP, lo cual este trabajo pretende hacer mediante el acercamiento a los sistemas ya presentes en Barcelona, París y Ciudad de México. Un segundo paso implica ya el diseño de un sistema apoyado por dos tipos de arquitecturas: de información y de comunicaciones. Habiendo en la primera la identificación de los componentes que intervendrán en el sistema, junto a la gestión de la información dentro del mismo; y en la segunda, la definición de la forma en que estos componentes se comunicarán entre ellos.

Cabe resaltar que la información que proporciona el sistema se convierte en uno de los activos más importantes que tendría un SBP, y que la correcta gestión de dicha información asegura el éxito o el fracaso de un sistema de esta magnitud, ya que no solo es suficiente brindar el servicio de prestar una bicicleta a un ciudadano, sino que cada vez que una persona hace uso de este servicio, va a proporcionar constantemente información que se traduce en números que reflejan factores como: hábitos de uso, tiempos de uso por usuario, cantidad de usuarios, impacto en la contaminación ambiental, entre muchos otros.

Siendo el diseño de estas arquitecturas necesarias para la creación de un SBP bogotano el objetivo principal de este trabajo, se realizó un acercamiento a los modelos de otras ciudades, mencionadas ya y que han demostrado ser eficaces, de modo que sirvan como referencia para el diseño de una arquitectura propia. La cual, de la mano de la nueva TI (Tecnología de la Información), pretende ofrecer un

---

<sup>13</sup> REVISTA SEMANA. [En línea]. Bogotá es la ciudad con más kilómetros de ciclovías en América Latina. Bogotá [18 enero 2018] – [Citado 24 octubre 2019]. Disponible en internet: <http://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/bogota-es-la-ciudad-con-mas-kilometros-de-ciclovias-en-america-latina/34445>

<sup>14</sup> EL ESPECTADOR [En línea]. Top 10 de las problemáticas que más agobian a biciusuarios en Bogotá. [30 marzo 2016] [Citado 24 octubre 2019]. Disponible en internet: <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/top-10-de-problematicas-mas-agobian-biciusuarios-bogota-articulo-624525>

completo control de la operación diaria y la adecuada gestión de la información que este sistema requiere.

### **1.2.2. Formulación del problema.**

¿Cuáles son las características técnicas que debe cumplir la arquitectura de información y comunicación de infraestructura para soportar el servicio público de préstamo de bicicletas en la ciudad de Bogotá?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo general.**

Diseñar una arquitectura de información y comunicaciones de infraestructura para la prestación del servicio de Bicicletas Públicas para la ciudad de Bogotá.

### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- Realizar el levantamiento de los requerimientos en cuanto a infraestructura de información y comunicaciones para la implementación de un sistema de préstamo de bicicletas en la ciudad de Bogotá.
- Comparar arquitecturas de TI de referencia de sistemas de préstamo de bicicletas ya implementado en otras ciudades.
- Proponer una arquitectura de TI para la prestación del servicio de préstamo de bicicletas en la ciudad de Bogotá.
- Validar la arquitectura de TI propuesta para la prestación del servicio de préstamo de bicicletas con base en la opinión de un experto.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN**

Muchas ciudades a nivel mundial con graves problemas de movilidad han visto en los sistemas completos de préstamos de bicicletas públicas una solución, así mismo estos se han convertido en una gran colaboración y alivio al caos vehicular cotidiano. Si bien no son objeto de este trabajo, vale resaltar que los SPB contribuyen a la mejoría de otros problemas como la calidad del aire, disminuir la contaminación auditiva, generar rutinas saludables y deportivas, entre otros. Este es el caso de Ciudad de México, donde se han implementado soluciones como ECOBICI, que integran las TI con un medio de transporte muy antiguo como lo es la bicicleta.

Según la Figura 1 Bogotá está encabezando el listado donde sus habitantes gastan más tiempo en desplazamientos diarios deteriorando la calidad de vida de estos. Además, la mayoría de los usuarios de la bicicleta no están del todo conformes con muchos factores que los afectan a diario de una forma negativa como el estado de las ciclorutas, la inseguridad (Figura 2), accesibilidad, la falta de una adecuada cultura ciudadana, entre otros, que han generado que se vea el uso de la bicicleta como un medio de transporte no atractivo<sup>15</sup>, tanto así, que un ciudadano prefiere seguir utilizando los medios de transporte convencionales antes que subirse a una bicicleta y enfrentarse a otros tipos de problemáticas que no están acostumbrados a vivir.

Figura 1. Tiempo total de viaje diario en transporte público terrestre en algunas ciudades de Latinoamérica



FUENTE. REVISTA DINERO, 'Sistema de Transporte Público de Bogotá Según Estudio de Moovit', [12 diciembre 2016] [Citado 24 octubre 2019]. Disponible en internet: <https://www.dinero.com/pais/articulo/sistema-de-transporte-publico-de-bogota-segun-estudio-de-moovit/239908>

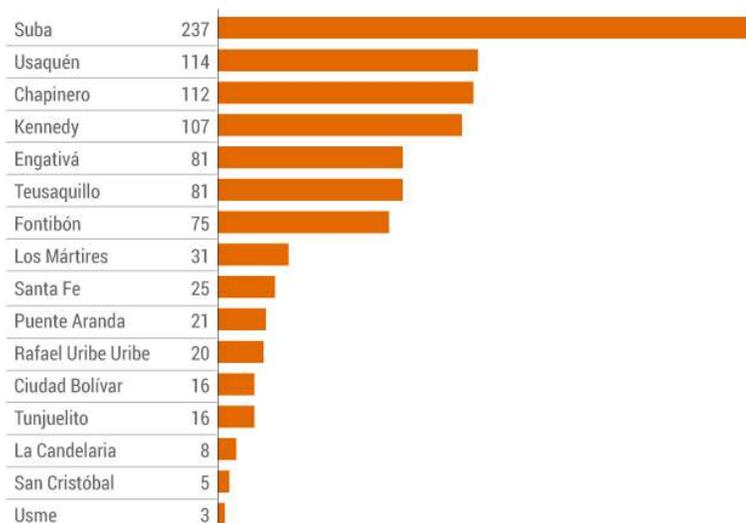
En la Figura 2 se muestran los robos de bicicletas que han sido reportados en el año 2017 en la ciudad de Bogotá.

---

<sup>15</sup> EL ESPECTADOR [En línea] ¿Por Qué Los Biciusuarios No Usan Las Ciclorutas?. [19 septiembre 2017] [Citado 24 octubre 2019]. Disponible en internet: [elespectador.com/noticias/bogota/por-que-los-biciusuarios-no-usan-las-ciclorutas-articulo-713990](http://elespectador.com/noticias/bogota/por-que-los-biciusuarios-no-usan-las-ciclorutas-articulo-713990)

Figura 2. Reporte de robos de bicicletas por localidad en Bogotá

### Reportes por localidad



EL ESPECTADOR [En línea] ¿Por Qué Los Biciusuarios No Usan Las Ciclorrutas?. [19 septiembre 2017] [Citado 24 octubre 2019]. Disponible en internet: [elespectador.com/noticias/bogota/por-que-los-biciusuarios-no-usan-las-ciclorrutas-articulo-713990](http://elespectador.com/noticias/bogota/por-que-los-biciusuarios-no-usan-las-ciclorrutas-articulo-713990)

En ese sentido, el presente trabajo busca diseñar una solución eficiente basada en el uso de la bicicleta pública, tomando como referencia las arquitecturas de sistemas que ya han sido implementados de manera exitosa en otros países con problemáticas de movilidad similares al de Bogotá. Los beneficios más importantes de un diseñar e implementar un SBP en la ciudad, es que este sistema promete ser una solución incluyente y moderna la cual abarca todas o la mayoría de las funcionalidades y garantías que en teoría debería encontrar un usuario al acceder al servicio público de préstamo de bicicletas en una ciudad como Bogotá.

## 1.5. DELIMITACIÓN

### 1.5.1. Espacio.

Este trabajo se realizó en la ciudad de Bogotá en las instalaciones de la Universidad Católica de Colombia con base a la visita técnica que se realizó en México.

### **1.5.2. Tiempo.**

La duración para el desarrollo del presente este trabajo se contempló entre el periodo de 2018-3 y el año 2019.

### **1.5.3. Contenido.**

El contenido se centra en el estudio de las diferentes arquitecturas de información y comunicaciones de infraestructura más adecuadas que han sido implementadas en diferentes ciudades del mundo, para así diseñar una arquitectura de TI que pueda servir como base para crear el servicio de préstamo de bicicletas en la ciudad de Bogotá.

### **1.5.4. Alcance.**

El presente proyecto tiene como entrega el diseño de una arquitectura de información y comunicaciones de infraestructura que soporte el funcionamiento de un sistema de préstamos de bicicletas públicas para la ciudad de Bogotá, allí se especificaron todas las interacciones que tienen los diferentes componentes de infraestructura del sistema, y el tipo de información que se genera en el proceso desde el momento en que un usuario toma una bicicleta hasta el momento en que la devuelve.

## **1.6. MARCO REFERENCIAL**

### **1.6.1. Marco conceptual.**

El crecimiento poblacional y expansión urbana de las ciudades implica el alargamiento de trayectos, ya que cada vez más personas necesitarán ir a destinos más lejanos como parte de su desplazamiento diario, lo cual desemboca en distintas problemáticas de movilidad. Desde hace unos años se viene presentando una tendencia mundial para aliviar un poco dichas problemáticas de movilidad, por lo cual, varias ciudades le están apostando a implementar **Sistemas de Bicicletas Públicas (SBP)** para la ciudadanía. Estos sistemas no son más que la construcción de infraestructura sostenible por parte del Estado y que tienen como finalidad principal promover el uso de la bicicleta para descongestionar las vías por donde transitan automóviles y transporte público. Este sistema, en conjunto con la ayuda de la Tecnología de la Información, promete proporcionar grandes ventajas para los usuarios.

La bicicleta al ser parte de una **Movilidad No Motorizada (MNM)**, que se refiere a los medios de transporte que no utilizan motores ni combustible para su funcionamiento. Estos presentan distintos beneficios: para el usuario ofrece transporte rápido y barato, además de promover la conservación de la salud por medio de la actividad física; por otra parte, el medio ambiente se ve beneficiado, en cuanto la MNM no emite humo, ni gases tóxicos que deterioran la capa de ozono y perjudican la calidad de vida de la ciudadanía.

Para la construcción de un SBP de manera adecuada se requiere acudir al desarrollo organizado de una serie de etapas. La primera de estas es la etapa de diseño; en esta se analizan los estudios previos realizados con el fin de tener un claro conocimiento de las condiciones, en cuanto a infraestructura física y de comunicaciones con que cuenta el Estado para desplegar dicho sistema.

La siguiente fase, se identifican los componentes y los sistemas que hacen parte del gran sistema (SBP) y así mismo la forma en que estos se comunican. La manera más adecuada para abarcar esta fase es diseñando una arquitectura de Información y una arquitectura de comunicaciones. Se entiende como **Arquitectura de Información (AI)** a la disciplina encargada de estructurar, organizar y etiquetar los elementos que conforman los entornos informacionales para facilitar la búsqueda y recuperación de la información que contienen<sup>16</sup>. Para esta arquitectura se debe tener claro el concepto de Usabilidad que según norma ISO 9241, parte 11 dice: "la usabilidad es el rango en el cual un producto puede ser usado por unos usuarios específicos para alcanzar ciertas metas especificadas con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso especificado."<sup>17</sup> Este concepto tiene como fin lograr la máxima satisfacción del usuario durante el proceso de interacción con los productos de información establecidos en el análisis para la implementación de un SBP.

Por otra parte, la **Arquitectura de Comunicaciones (AC)** es una estructura organizada jerárquicamente con el fin de permitir el intercambio de datos entre niveles lógicos semejantes en distintas máquinas o terminales de la misma o distinta

---

<sup>16</sup> BAEZA YATES, Ricardo, RIVERA LOAIZA, Cuauhtémoc, VELASCO MARTIN, Javier. Arquitectura de La Información y Usabilidad En La Web. El Profesional de La Información. [En línea]. mayo- junio 2004 - [Citado 24 octubre 2019] ISSN 1386-6710, Vol. 13, No. 3, pags 168-178 Disponible en internet:

[https://www.researchgate.net/publication/28157667\\_Arquitectura\\_de\\_la\\_informacion\\_y\\_usabilidad\\_en\\_la\\_web](https://www.researchgate.net/publication/28157667_Arquitectura_de_la_informacion_y_usabilidad_en_la_web)

<sup>17</sup> *Ibid.*

red<sup>18</sup>. Para permitir dicho intercambio de información entre componentes es necesario establecer **protocolos estándar de comunicación**, los cuales tienen como finalidad proporcionar un canal de comunicación entre un punto A y un punto B definiendo ciertas reglas para la transmisión de la información.

Por lo general, los SBP más comunes implementan tecnologías como *IoT* y *Cloud Computing* basados en **Sistemas distribuidos**, que a través de la conexión de varias computadoras ubicadas físicamente en lugares distintos, buscan soportar la operación diaria del sistema asegurando la disponibilidad y optimización de la información<sup>19</sup>. A continuación una breve descripción de estas tecnologías integradas:

- a. **IoT (*Internet of Things*)**: El internet de las cosas describe la red que permite conectar o intercambiar información entre dispositivos físicos o sistemas que llevan sensores integrados, software y otras tecnologías a través de Internet.<sup>20</sup>
- b. **Cloud Computing**: La computación en la nube es un modelo que permite el acceso a un conjunto de recursos computacionales compartidos a través de la conectividad y gran escala de internet. También se refiere a las aplicaciones entregadas como servicios que a su vez están desplegadas en *Datacenters* que proveen estos servicios.

Dentro de los protocolos más usados en SBP que utilizan *Cloud Computing* se encuentran el protocolo *HTTP*, el cual implementa estilos de arquitectura de mensajería como *REST* y *SOAP* para poder establecer comunicación con sistemas externos generalmente a través de microservicios. Para elaborar sobre estos protocolos de comunicación:

- a. **HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*)**: El Protocolo de Transferencia de Hipertexto es un protocolo cliente-servidor que sigue un esquema petición-respuesta, en donde un navegador web (cliente) envía un mensaje de petición a un servidor y este responde con un mensaje similar, que contiene el estado de la operación y su posible resultado<sup>21</sup>.

---

<sup>18</sup> CARBAJO JOSA, Fernando. 'Tema 3: ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES' [Consultado 29 abril 2020] Disponible en internet: <http://jroliva.com/fernando/Redes/Teoria/UD03d.pdf>.

<sup>19</sup> 'UDIMA [En línea]. Sistemas Distribuidos. Madrid España [Citado 20 marzo 2020]. Disponible internet: <https://www.udima.es/es/sistemas-distribuidos.html>

<sup>20</sup> ORACLE [En línea]. ¿Qué Es Internet of Things (IoT)? Bogotá [2018] - [Citado 30 marzo 2020] Disponible en internet: <https://www.oracle.com/co/internet-of-things/what-is-iot.html>

<sup>21</sup> Anónimo, 'El protocolo HTTP' [En línea]. Bogotá en 1991, 2012, 1–54 <<http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/aplicacion/http.html> [accessed 31 March 2020].

- b. **REST (*Representation State Transfer*)**: La Transferencia de Estado Representacional es un tipo de arquitectura de desarrollo web basada en el estándar HTTP, donde cada petición se hace a través de una URI acompañada de algún método POST, PUT, GET o DELETE. Se caracteriza porque cada solicitud contiene toda la información necesaria para ejecutarla, lo que permite que ni el cliente ni el servidor necesiten recordar ningún estado previo para su comunicación. Los formatos más utilizados para la gestión de la información son JSON y XML<sup>22</sup>.
- c. **SOAP (*Simple Object Access Protocol*)**: El Protocolo Simple de Acceso a Objetos es un formato de mensaje XML que por lo general se envía sobre HTTP o JMS utilizado en las interacciones de servicios web y que se describe mediante la definición del WSDL<sup>23</sup>.

### 1.6.2. Marco teórico.

En la actualidad, las grandes ciudades tienden a sufrir problemas de movilidad debido a factores inevitables que están directamente relacionados con el crecimiento poblacional, cada vez se hace más difícil y demorado desplazarse de un lugar a otro, afectando de manera negativa la calidad de vida de los ciudadanos.

La movilidad es un factor determinante para el desarrollo urbano<sup>24</sup>, pero la mayoría de las soluciones que se buscan para mejorarla se enfocan en el desarrollo del transporte de tipo motorizado como lo es el metro, los buses o el tren ligero, dejando atrás soluciones alternativas como lo es el uso de la bicicleta.

En las ciudades donde se han implementado SBP se ha podido evidenciar que el uso de dichos sistemas como estrategias de Movilidad No Motorizada (MNM) no solo ayuda a mitigar los efectos de la congestión vehicular, sino que también aportan positivamente con otros factores relacionados con la salud del usuario y la conservación del medio ambiente; por esto, en ciudades como Ciudad de México entre otras, se vienen mejorando día a día los SBP por etapas de crecimiento tecnológico como de infraestructura, convirtiendo así a la bicicleta en uno de los

---

<sup>22</sup> CIVANTOS María. ¿Qué Son Las APIs REST? - Tribalyte Technologies [En línea]. Bogotá [16 febrero 2018] - [Citado 31 marzo 2020] Disponible en internet: <https://tech.tribalyte.eu/blog-que-es-una-api-rest>.

<sup>23</sup> IBM CORPORATION [En línea]. ¿Qué Es SOAP? Bogotá [2018] - [Citado 05 abril 2020]. Disponible en internet:

[https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSKM8N\\_8.0.0/com.ibm.etools.mft.doc/ac55770](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSKM8N_8.0.0/com.ibm.etools.mft.doc/ac55770)

<sup>24</sup> ROLANDO, Samuel y GONZÁLEZ, Luna. [En línea] Una Nueva Revolución En La Movilidad Urbana : Los Sistemas De Bicicletas Bogotá [2016] - [Citado 01 abril 2020] Vol. 1 (2016). pag 28–42.

mejores transportes alternativos que pueden cubrir distancias cortas en las zonas centrales de la ciudades.

#### **1.6.2.1. Sistemas de Bicicletas Públicas (SBP).**

Los SBP funcionan como un medio de transporte alternativo que permite a los ciudadanos utilizar y compartir la bicicleta para realizar sus desplazamientos diarios. Las bicicletas están diseñadas para que los usuarios puedan recogerlas y dejarlas en la misma estación o en otra estación para que posteriormente otros ciudadanos puedan volverlas a utilizar<sup>25</sup>.

#### **1.6.2.2. Beneficios de los SBP.**

Las principales razones para que una ciudad implemente un SBP tienen que ver con la reducción de la congestión vehicular, incrementar del uso de la bicicleta, mejorar la calidad del aire y ofertar a los residentes una opción de movilidad activa.

Un SBP presenta dos ventajas principales cuando se compara con otros proyectos de medios de transporte público, estas ventajas son: cortos tiempos de implementación y bajos costos.

Los SBP pueden beneficiar de varias formas a la ciudad, entre los beneficios más importantes se encuentran<sup>26</sup>:

- Reducir la congestión vial y mejoran la calidad del aire.
- Incrementar la accesibilidad.
- Mejorar la imagen del ciclismo.
- Incrementar el alcance del transporte público.
- Ofrecer un servicio complementario al transporte público.
- Mejorar la salud de los residentes.
- Atraer nuevos ciclistas.
- Generar inversiones en la industria local.
- Mejorar la imagen de la ciudad y su marca.

---

<sup>25</sup> TERMINALES MEDELLÍN [En línea] 'Sistema de Bicicletas Públicas – SBP – EnCicla | Terminales Medellín' Medellín [Citado 01 abril 2020]. Disponible en internet: <https://www.terminalesmedellin.com/convenio/sistema-de-bicicletas-publicas-sbp-encicla/>

<sup>26</sup> ITDP. Ob. Cit., pag. 14.

### 1.6.2.3. Nuevos desarrollos y tendencias.

Muchos de los SBP nuevos han optado por implementar nuevas características innovadoras como lo son<sup>27</sup>:

- **Tarjetas universales:** El SBP se puede integrar con otros sistemas de transporte a través de tarjetas recargables que pueden cubrir diferentes rangos de pagos y viajes.
- **Celdas solares:** Las celdas solares hacen rentables a las estaciones modulares ya que proporcionan energía y eliminan la necesidad de excavar para conectar la estación con los cables centrales de la luz.
- **Estaciones modulares y móviles:** Las estaciones son fácilmente movibles, esto permite que el sistema pueda ser optimizado de acuerdo a los patrones de demanda que se van revelando durante el uso. Por ejemplo en algunos países las estaciones pueden ser removidas durante el invierno.

### 1.6.2.4. Características de un SBP.

Para llevar a cabo una adecuada implementación de un SBP se requiere tener en cuenta algunos factores relevantes que van a asegurar el correcto funcionamiento del sistema, dichos factores están relacionados en la Tabla 1:

Tabla 1. Aspectos más relevantes de un SBP

<b>Elemento</b>	<b>Características</b>
<b>Bicicletas</b>	Livianas, cómodas y adaptables.
<b>Estaciones</b>	El modelo depende del esquema de servicio que proporcione.
<b>Ubicación de las bicicletas</b>	Ubicadas en lugares estratégicos de la ciudad.
<b>Sistemas de rastreo</b>	Monitoreo constante mediante dispositivos confiables, principalmente GPS y RFID.
<b>Sistemas de registro</b>	Por medio de una cuenta de celular o una tarjeta de crédito.
<b>Diseño</b>	Específico y exclusivo.
<b>Mantenimiento</b>	Siempre debe incluir mantenimiento.
<b>Redistribución de las bicicletas</b>	Estrategia para buscar un balance de flota.

---

<sup>27</sup> *Ibid.* p.25

FUENTE. Samuel Rolando and González Luna, 'Una Nueva Revolución En La Movilidad Urbana : Los Sistemas De Bicicletas', 1 (2016), 28–42.

Si bien, no basta solo con implementar un SBP para encontrar la solución definitiva al problema de movilidad que pueda tener una ciudad. En varias partes del mundo se han construido SBP sin éxito o con varias reformas que han implicado sobrecostos de implementación, este fenómeno se debe a que no se tienen en cuenta factores importantes como los son: el uso de la tecnología, conexión con otros sistemas de transporte, incentivar la cultura ciudadana, entre muchos otros, por esto, el usuario final necesita encontrar una solución integral en el uso de la bicicleta, se debe ver incentivado por todas las ventajas que esta alternativa ofrece (ver Tabla 2), principalmente como un sistema intermodal que pueda mejorar significativamente la calidad de vida del usuario.

Tabla 2. Ventajas y desventajas del uso de la bicicleta

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Bajo costo en su valor, impuestos y uso	Dificultad para llevar carga y pasajeros.
Menor espacio ocupado en las vías	Riesgo de accidentes.
No crea dependencias tecnológicas	Dependencia de las condiciones ambientales.
Mecánica, fácil y accesible	Vulnerabilidad a la violencia.
No se ve afectada por los embotellamientos en las vías	Robos.
No contamina	Conflicto al manejar en vías de mal estado.
Genera cultura ciudadana	Complicaciones para usarla en presentación formal.
Benéfica para la salud	No existe prelación en el tráfico vehicular.
No genera ruido	Deja de ser útil en recorridos de largas distancias.

FUENTE. D.F Suero, 'Factibilidad Del Uso de La Bicicleta Como Medio de Transporte En La Ciudad de Bogotá', Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia, 12.February (2010), 14 <<https://doi.org/Depósito Legal: GR-1441/04>>.

El proceso de implementación de un SBP en cualquier parte del mundo requiere de una serie pasos previos de los cuales depende el éxito o fracaso del sistema. Según un estudio del ITDP (*Institute for Transportation and Development Policy*), sugiere que para la correcta implementación de un SBP se debe pasar por las siguientes etapas:<sup>28</sup>

- Planeación y estudio de la viabilidad
- Planeación detallada y diseño

---

<sup>28</sup> *Ibid.*

- Modelo de negocio
- Modelo financiero
- Implementación
- Conclusión

Para el desarrollo del objetivo principal del presente trabajo, el estudio se enfocó en la segunda etapa que involucra la planeación detallada y diseño del sistema.

En general, la descripción de esta etapa consta del análisis de los distintos tipos de arquitecturas e infraestructuras físicas con las que cuenta la ciudad o el ambiente en donde se desea implementar el sistema (SBP). Este análisis es uno de los pasos más importantes, ya que de acuerdo con los resultados obtenidos se podrán determinar cuáles son los alcances y limitaciones para poder desplegar un SBP de manera adecuada en un contexto determinado.

Para este caso, una vez identificados los componentes de infraestructura y la forma en que estos se van a comunicar, se procede la creación del diseño que estará enfocado en dos tipos de arquitectura principalmente como lo son la arquitectura de información y la arquitectura de comunicaciones.

En general, dichas arquitecturas tienen como fin principal establecer un diseño organizado en donde se definen los componentes de infraestructura necesarios, luego, se delimitan las interacciones internas y externas que tiene el sistema, y por último, se definen los protocolos y la forma en que la información viaja entre un componente y otro.

Los **sistemas de información** se caracterizan porque administran y procesan datos, pero para esto es importante que se sepa cómo va a ser gestionada la información que manejan. La organización de la información es el proceso donde se dispone y ordena la secuencia de los elementos que integran el contenido de un sistema<sup>29</sup> que para este caso específico es el SBP.

Es necesario que la información este organizada y clasificada según sea el propósito del sistema, de allí viene la importancia de diseñar una exhaustiva arquitectura de la información, ya que esta es la que va a colaborar principalmente en la búsqueda de mejores diseños para la presentación de la información y su

---

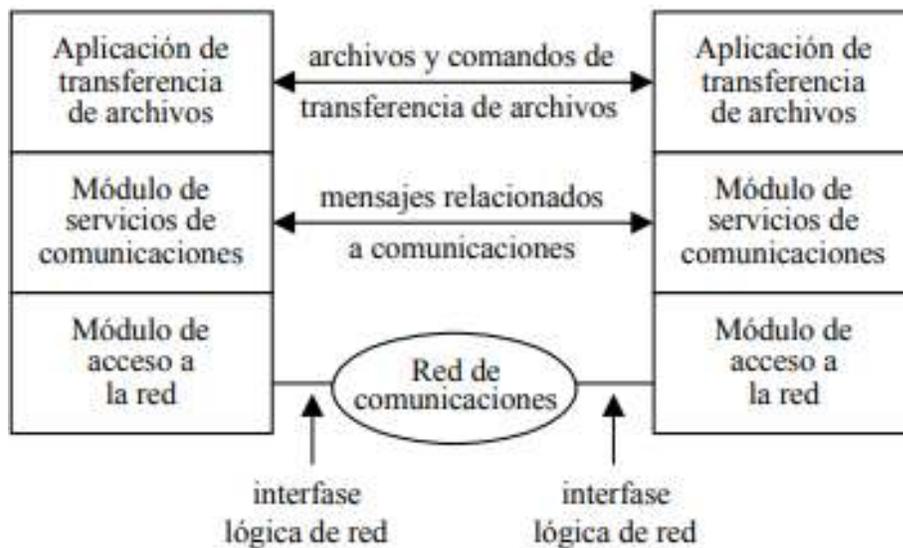
<sup>29</sup> MONTES DE OCA SÁNCHEZ DE BUSTAMANTE, Antonio 'Arquitectura de Información y Usabilidad: Nociones Básicas Para Los Profesionales de La Información', *Acimed*, 12 [2004], [Consultado 29 abril 2020]. Disponible en internet: [scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1024-94352004000600004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352004000600004)

comprensión.<sup>30</sup> Además, la finalidad de este tipo de arquitectura estará relacionada directamente con la usabilidad de la información tanto para el sistema que la interpreta y la gestiona como para el usuario final que la proporciona, de esta manera, el correcto desarrollo de estas disciplinas está enfocado en lograr la máxima satisfacción del usuario durante el proceso de interacción con los productos de información.

Por otra parte, cuando se desarrolla cualquier sistema, no solo es necesario definir cómo se va a estructurar la información y el uso que se le va a dar, aparte de esto, también es necesario saber de qué manera se va a transmitir esta información a través de los diferentes componentes de un sistema, es decir, los protocolos y reglas que se van a establecer para que un sistema pueda llevar la información de un lugar a otro sin que hayan problemas de comunicación, sabiendo que no siempre la información va a estar estandarizada a un mismo nivel o lenguaje.

Por lo anterior, la arquitectura de comunicaciones se enfoca en la organización jerárquica de la información permitiendo dividir la tarea de ejercer una comunicación en varias tareas menores, cada una de las cuales puede ser implementada por separado y retornar una comunicación con otro sistema de manera eficiente<sup>31</sup> (ver Figura 3. *Capas del modelo de arquitectura de comunicación entre computadoras* .

Figura 3. Capas del modelo de arquitectura de comunicación entre computadoras



FUENTE: 'CARBAJO JOSA, Fernando. Op. Cit.

<sup>30</sup> *Ibid.*

<sup>31</sup> CARBAJO JOSA, Fernando. Op. Cit.

Para el caso del diseño de la arquitectura de comunicaciones de un SBP para la ciudad de Bogotá, se deben tener en cuenta varios factores como lo son:

Infraestructura de comunicaciones actual y disponible, dispositivos que se van a utilizar, hardware y software de gestión de la información más relevante, tipos de conexión y transmisión de datos, entre otros.

### **1.6.3. Estado del arte.**

Los desarrollos iniciales de los SBP se dan en Europa, la primera iniciativa hacia su implementación se da en la capital de Países Bajos, Ámsterdam, impulsada por el consejero de la ciudad Luud Schimmelpennink. La propuesta inicial era bastante ambiciosa, constaba de 20,000 bicicletas pintadas de blanco que podrían ser usadas y dejadas en cualquier punto del centro de la ciudad. Si bien este proyecto fue rechazado por la ciudad, se implementó en menor escala con 50 bicicletas blancas donadas por simpatizantes. Esta versión de la iniciativa llegaría a su fin con la incautación de las bicicletas por parte de la policía, que argumentaba que la falta de seguridad incentivaba el robo.

Esta experiencia inicial fue la única de su tipo y marcaría la tendencia de las futuras generaciones de los SBP a implementar mayores controles y regulaciones sobre el uso de las bicicletas, incluso en futuros sistemas gratuitos. Estos tomaron la forma de “librerías de bicicletas”, es decir, sistemas gratuitos con necesidad de mostrar alguna identificación para el préstamo, restringidos a trayectos circulares, pues se debía devolver la bicicleta en el mismo punto de préstamo. Este tipo de modelo se implementó en La Rochelle, Francia y Cambridge, Inglaterra.

Si bien la siguiente generación, implementada en la capital danesa, Copenhague, logró mejorar sobre la anterior, implementando candados operados a moneda que permitían trayectos entre distintos puntos, sufriría de muchas de las mismas faltas de seguridad. Principalmente no había registro de quienes utilizaban las bicicletas, por lo que no había como saber bajo el uso de quien se producían daños o actos vandálicos.

La tercera generación, por el contrario, se diferencia en mayor grado de sus dos antecesores, con la implementación masiva de TI a los SPB, buscando ampliar la seguridad, contabilidad, capacidad de monitoreo y pago, además de la llegada de estos sistemas a países por fuera de Europa y Norteamérica, notablemente China, México y Brasil. Una de las tecnologías distintivas de esta generación es la tarjeta inteligente, la cual permite implementar registros mediante tarjetas de crédito o identificaciones nacionales, fue implementada por primera vez en Rennes y no tardaría en expandirse a otras ciudades francesas como Lyon y París.

La inclusión de tarjetas de crédito en el sistema de préstamos implica por lo general un pago de depósito que se reembolsa al usuario cuando es devuelta la bicicleta. Sin embargo, otros sistemas, como varios prevalentes en China, omiten la tarjeta de crédito e implementan el pago del depósito a las mismas tarjetas inteligentes, incluso posibilitan la localización del usuario en caso de que la bicicleta no sea devuelta.

En cuanto a la situación en Colombia, los estudios demuestran que en Bogotá a través de los años se ha venido intentando implementar un SBP acorde a las características sociales e infraestructurales, que pueda soportar la operación diaria de la gran cantidad de ciudadanos que utilizan la bicicleta como medio de transporte.

Entre los principales motivos para que no se haya podido implementar un SBP en Bogotá se da la falta de coordinación entre los intereses del gobierno y los de los inversionistas, debido a las malas planeaciones de los proyectos, tiempos cortos en los plazos de entrega y falta de garantías para los privados. Por esto, se estima que solo hasta finales del año 2019 o inicios del 2020 la Secretaría de Movilidad de Bogotá podría adjudicar el contrato con el que se empiece a implementar un SBP para la ciudad.

No obstante, la ciudadanía también ha evidenciado la carencia de un SBP como alternativa de movilidad. Por lo cual, aprovechando esta situación, se han creado algunas soluciones similares a un SBP como lo es MUVO. Este es un sistema de préstamo de bicicletas eléctricas compartidas al cual se puede acceder mediante el uso de una App y la inscripción de un método de pago electrónico. El funcionamiento de este sistema comparte características similares a las de los SBP de las ciudades que sirvieron como referencia para el diseño de una arquitectura de información y comunicaciones. Algunas de estas características son: monitoreo en tiempo real a través de dispositivos GPS; ubicación de estaciones en zonas estratégicas; bloquear y desbloquear una bicicleta; uso de bicicletas eléctricas; reservas de bicicletas, calcular rutas de viaje, entre otras. El sistema funciona en los horarios de lunes a viernes: 6:00 am – 10:00 pm, sábados: 6:00 am – 6:00 pm y domingos o festivos: 10:00 am – 5:00 pm; el cobro se realiza por viaje o fracción de uso y tiene un costo de \$3.000 cada 30 minutos.

Por otra parte, MUVO se caracteriza porque delega la mayor parte de su funcionamiento a la App con la que debe interactuar el usuario en todo momento e incluye algunas TI que complementan la operación diaria entre las cuales están: bloqueo y desbloqueo de bicicletas mediante el uso de código QR, monitoreo satelital, dispositivo de interacción con el usuario ubicado en el manubrio de cada

bicicleta y recarga de la batería disponible en cada una de las estaciones de parqueo.

Después de la visita realizada a las ciudades de Ciudad de México y Guadalajara donde actualmente funcionan los SBPs ECOBICI y MIBICI, respectivamente, se pudo evidenciar que, al igual que MUVO, cuentan con características similares, como lo son la disponibilidad de bicicletas eléctricas y el desbloqueo mediante código QR que hacen que el sistema sea más seguro, económico, de fácil acceso al usuario, amigable con el medio ambiente y sobre todo una alternativa de medio de transporte atractiva.

## 1.7. METODOLOGÍA

### 1.7.1. Tipo de Estudio.

Los tipos de estudio que se utilizan en el desarrollo de este proyecto son descriptivos y proyectivos.

Es **descriptivo** porque es necesario conocer toda la información acerca del propósito y del objetivo principal de este trabajo, conociendo así información detallada de las características más importantes que intervendrán en el diseño de la solución.

En este caso se necesitan conocer todos los detalles acerca de los protocolos, componentes de infraestructura y características más importantes que conforman un SBP, luego de este análisis se podrá llegar al diseño de una arquitectura de información y comunicaciones de infraestructura que colabore con la solución al problema de movilidad en la ciudad de Bogotá.

Es **proyectivo** porque según Hurtado<sup>32</sup>, este tipo de investigación implica explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio más no necesariamente ejecutar la propuesta, teoría que soporta el objetivo principal de este proyecto ya que se busca crear el diseño de la arquitectura que tiene el sistema de préstamos de bicicletas para la ciudad de Bogotá, este es solo un diseño que posiblemente en un futuro otro proyecto lo pueda implementar y ejecutar.

---

<sup>32</sup> ESCALONA ROJAS, Thais. [En línea] 'Tipos de Metodología de La Investigación – Cómo Hacer Una Metodología', 2015 [Citado 29 noviembre 2019] p. 1. Disponible en internet: <http://aprenderlyx.com/tipos-de-metodologia-de-investigacion/>.

### **1.7.2. Tipo de metodología.**

El tipo de metodología es cualitativa debido a que el enfoque de este trabajo es diseñar un modelo de arquitectura que tiene como base el estudio de los detalles y características de cada uno de los componentes de infraestructura que hacen parte de las arquitecturas ya implementadas en otros países que se toman como referencia. Luego de este estudio, se podrán implementar estrategias con las que se pueda definir el por qué se deben adoptar ciertas tecnologías, protocolos y componentes de infraestructura a la hora de diseñar el modelo de arquitectura para la ciudad de Bogotá.

### **1.7.3. Fuentes de información.**

#### **1.7.3.1. Fuentes primarias**

En las ciudades de Guadalajara y Ciudad de México se realizaron recorridos culturales en donde se evidenció la implementación de SBPs modernos que contribuyen con la movilidad diaria y el medio ambiente.

En Guadalajara, se realizó una reunión con los encargados del proyecto “Ciudad creativa digital” en donde se hizo énfasis en el aprovechamiento de las TI como principal factor de desarrollo. El ideal de dicho proyecto era poder controlar toda la ciudad de forma 100% digital, de manera que se pudieran monitorear todas las actividades que se pudieran llevar a cabo en tiempo real. En ese momento también se relaciona el SBP creado allí llamado MIBICI, el cual funciona de manera similar al SBP de Ciudad de México (ECOBICI).

#### **1.7.3.2. Fuentes secundarias**

Información publicada en Bases de datos, artículos científicos, trabajos de grado y, sobre todo, publicaciones de fuentes oficiales de otros países que sirvan de referencia para diseñar una arquitectura adecuada para implementar un SBP en la ciudad de Bogotá.

## **1.8. DISEÑO METODOLÓGICO**

El diseño de la metodología se enfocó en 5 ítems, los cuales van a dar un desarrollo coherente y organizado en cada una de las etapas, donde la etapa anterior será necesaria para explicar la etapa siguiente.

### **1.8.1. Etapa 1: Levantamiento de información**

Se recopila toda la información pertinente a los antecedentes de sistemas similares al préstamo de bicicletas que ha tenido la ciudad de Bogotá a través de la historia, así mismo, se identifican factores como infraestructura y el manejo de las comunicaciones, en vísperas de una futura implementación de un sistema que colabore con el problema de movilidad que presenta la ciudad.

### **1.8.2. Etapa 2: Identificar modelos de referencia**

No solo basta con conocer los estudios o avances que ha tenido la ciudad de Bogotá en cuanto al manejo que se le ha dado a la bicicleta durante la historia, al saber que Bogotá no posee un sistema público de préstamo de bicicletas para la ciudadanía, es necesario conocer y tener como referencia los modelos y arquitecturas que se han utilizado en otros países que hoy son ejemplo para el mundo, esto evidencia estrategias que se puedan implementar en Bogotá de acuerdo a la infraestructura de información y comunicaciones con que cuenta la ciudad.

En esta etapa se tendrá como una de las principales referencias el modelo de préstamo de bicicletas que se ha implementado en Ciudad de México, ya que hace parte de uno de los objetivos principales de la visita técnica internacional a ese país. Además, también se tomaron como referencia ciudades como París y Barcelona, de las cuales se analizaron los aspectos más relevantes evidenciando ventajas y desventajas que aportaron a la construcción del diseño de la arquitectura para la ciudad de Bogotá.

### **1.8.3. Etapa 3: Crear estrategias**

Se crean estrategias para alcanzar la mejor solución. Luego de haber identificado y conocido la situación actual en cuanto a infraestructura y comunicaciones de la ciudad de Bogotá, se crean diversas estrategias que tratan de dar como resultado llegar al mejor diseño posible de la arquitectura de información y comunicaciones que soporte el servicio de préstamos de bicicletas para la ciudad de Bogotá.

#### **1.8.4. Etapa 4: Implementar solución**

En esta etapa se procede al diseño de la arquitectura que hace parte de la solución planteada.

#### **1.8.5. Etapa 5: Evaluar la solución propuesta**

En esta última etapa se proceden a realizar las pruebas necesarias para comprobar que la solución elegida haya cumplido con todos los objetivos planteados y que pueda funcionar en tal caso que se quisiera implementar.

En este caso, la forma de evaluar la solución propuesta se hizo a través del método de validación mediante el juicio de un experto, el cual consiste en solicitar la opinión de un experto con trayectoria en el tema que pueda verificar la fiabilidad respecto al trabajo realizado, en donde se evalúan aspectos en concreto<sup>33</sup>.

---

<sup>33</sup> ROBLES, Pilar y DEL CARMEN, Manuela, 'La Validación Por Juicio de Expertos: Dos Investigaciones Cualitativas En Lingüística Aplicada.', *Revista Nebrija de Lingüística Aplicada a La Enseñanza de Lenguas*, 18, 2015, 103.

## **2. LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS**

Para implementar un Sistema de Bicicletas Público en la ciudad de Bogotá, se debe realizar el levantamiento de los requerimientos en cuanto a infraestructura de información y comunicaciones, para esto, se analizará el funcionamiento de un SBP y se identificarán las características principales que deben ser tenidas en cuenta a la hora de realizar un diseño de arquitectura.

### **2.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS STAKEHOLDERS**

El uso de un SBP tiene varios perfiles y roles, estos son necesarios para que funcione correctamente el sistema desde su administración hasta llegar al usuario final, a continuación, se realiza una descripción con las principales tareas y funciones que debe cumplir cada uno de ellos para asegurar la operación diaria del sistema.

#### **2.1.1. Usuario gerente.**

Este usuario es el encargado de la toma de decisiones, quién decide en qué momento habrá que crear una nueva cicloestación, la cantidad de bicicletas que habrá en cada cicloestación y la implementación de nuevas estrategias que ayuden a promover el uso de la bicicleta pública en la ciudad de Bogotá.

#### **2.1.2. Usuario administrador.**

Es el encargado de asegurar el correcto funcionamiento del sistema, para esto, cumple funciones de supervisión y administración de todos los procesos del sistema. Entre sus funciones principales están: habilitar o inhabilitar puestos de bicicletas en cada cicloestación, ingresar o eliminar una nueva cicloestación, entre otras.

#### **2.1.3. Operador.**

Este usuario es el encargado de brindar apoyo a los usuarios y así mismo es el que realiza las tareas operativas principales que requiere el sistema.

Entre sus tareas principales están: brindar apoyo e información a través de la línea de atención al cliente, acompañar a los usuarios cuando requieran ayuda en algún momento (esto solo se hará en la etapa de pedagogía y socialización con los usuarios), recuperar bicicletas en mal estado, entre otras.

#### **2.1.4. Mecánico.**

Es aquel usuario encargado de asegurar la integridad mecánica de cada bicicleta, cicloestación o terminal que en algún momento llegue a fallar, debe contar con los conocimientos técnicos y mecánicos necesarios para poder llevar a cabo esta labor en el momento en que se le necesite.

#### **2.1.5. Usuario final.**

El usuario final es aquel que se beneficia principalmente del uso del sistema, es el usuario para quien está hecho el sistema y quien hará uso del mismo. Entre los beneficios principales a los que tendrá derecho este usuario están: reservar una bicicleta, calcular una ruta (integrada con el transporte público como Transmilenio, SITP, etc.), consultar estadísticas de uso y desempeño, consultar estaciones más cercanas.

## **2.2. EXPECTATIVAS DE LOS STAKEHOLDERS**

### **2.2.1. Gerente.**

El sistema debe estar en la capacidad de atender muchos usuarios concurrentes conectados al mismo tiempo en momentos de alta y baja concurrencia sin perder sus características de eficiencia y desempeño. Además, debe permitir la conexión con sistemas externos que complementan las funcionalidades (realizar un pago electrónico) del sistema.

Según las tablas Tabla 3 y Tabla 4 se muestran las estadísticas de la bicicleta en Ciudad de México y Bogotá respectivamente. Los números que están en verde serían las cantidades equivalentes si se utilizaran los mismos porcentajes que arroja el SBP ECOBICI en CDMX aplicándolos a la ciudad de Bogotá.

- **Alta concurrencia:** De acuerdo con la tabla No. X, se esperan más de 500 mil (70% +) usuarios conectados al tiempo.
- **Baja concurrencia:** Se esperan hasta 200 mil (30% -) usuarios conectados al tiempo.

Tabla 3. Resumen de las estadísticas de la bicicleta en CDMX

Estadísticas de la bicicleta en CDMX			
Item	CDMX	ECOBICI	% de la población
	Cantidad	Cantidad	
<b>Población</b>	21.581.000 <sup>34</sup>	262.000	1.21%
<b>Biciusuarios</b>	340.000 <sup>35</sup>	262.000	77.05%
<b>Viajes diarios</b>	298.000	35.000	11.74%
<b>Bicicletas</b>		6.500 <sup>36</sup>	40.3 usuarios x bici

Fuente: El Autor

Tabla 4. Estadísticas aproximadas de un SBP en Bogotá

Estadísticas de la bicicleta en Bogotá			
Item	Bogotá	Nuevo SBP	% de la población
	Cantidad	Cantidad	
<b>Población</b>	7.181.469 <sup>37</sup>	<b>643.367</b>	8.95%
<b>Biciusuarios</b>	835.000 <sup>38</sup>	<b>643.367</b>	77.05%
<b>Viajes diarios</b>	800.000 <sup>39</sup>	<b>93.920</b>	11.74%
<b>Bicicletas</b>		<b>19.964</b>	40.3 usuarios x bici

Fuente: El Autor

## 2.2.2. Administrador

El sistema debe permitir realizar todas las operaciones CRUD sobre los principales componentes del sistema como bicicletas, cicloestaciones, terminales, usuarios, entre otros. Por otra parte, debe permitir parametrizar los roles y usuarios para garantizar la seguridad de la información en las transacciones que se realicen.

<sup>34</sup> FORBES STAFF, [En línea] 'CDMX, La Quinta Ciudad Más Habitada En El Mundo: ONU', en *Forbes México*, mayo 16 2018, [citada 24 octubre 2019] pp. 1–4. Disponible en internet: <<https://www.forbes.com.mx/cdmx-la-quinta-ciudad-mas-habitada-en-el-mundo-onu/>>.

<sup>35</sup> GONZÁLEZ Jorge [en línea] 'La Bicicleta y La CDMX: La Guía Que Todo Ciclista Debe Conocer' en *AS México*, 19 abril 2018 [citado el 24 octubre 2019]. Disponible en internet: [https://mexico.as.com/mexico/2018/04/19/masdeporte/1524113274\\_196232.html](https://mexico.as.com/mexico/2018/04/19/masdeporte/1524113274_196232.html).

<sup>36</sup> DE LA LANZA, Iván [En línea] 'Ecobici – Ciudad de México Caso de Estudio Modelos de Negocio Sistemas de Bicicletas Compartidas' 2017 [citado 24 de octubre 2019]. Disponible en internet: <https://www.retocdmx.com/documents/wri4.pdf>

<sup>37</sup> EL TIEMPO [en línea] 'Número de Habitantes de Bogotá Según El Censo Del DANE' 5 de julio 2019 [citado 24 de octubre 2019]. Disponible en internet: <https://www.eltiempo.com/bogota/numero-de-habitantes-de-bogota-segun-el-censo-del-dane-384540>.

<sup>38</sup> REVISTA SEMANA [en línea] 'Cuántas Personas Montan Bicicleta En Bogotá', 22 julio 2018. [citado 24 de octubre 2019] Disponible en internet: <https://www.semana.com/nacion/articulo/cuantas-personas-montan-bicicleta-en-bogota/572660>

<sup>39</sup> EL TIEMPO [en línea] 'Los Retos Que Deja La Semana de La Bici En Bogotá' 29 de septiembre 2019 [citado 24 de octubre 2019]. Disponible en internet: <https://www.eltiempo.com/bogota/los-retos-que-deja-la-semana-de-la-bici-en-bogota-417786>

### 2.2.3. Operador

El sistema debe proporcionar diferentes opciones tecnológicas al operario como SMS, llamada telefónica o chat, las cuales ayuden a mantener la comunicación con el usuario final cuando él lo solicite.

### 2.2.4. Mecánico.

El sistema debe contar con un módulo que permita al mecánico ingresar toda la información del estado en que recibe la bicicleta y todo el proceso que debe realizar para dejarla en un estado funcional. Además, el sistema debe proporcionar una sección de ayuda la cual esté disponible para el Mecánico cuando él tenga alguna duda de cómo proceder u otra en particular.

### 2.2.5. Usuario final.

Este usuario espera que el sistema le permita principalmente: reservar una bicicleta, devolver una bicicleta, aceptación de medios electrónicos de pago (Pasarelas de pago), recibir ayuda en los momentos solicitados dentro de los tiempos establecidos, entre otras. Por otra parte, el usuario espera que se le dé un buen uso a su información y que además le brinde la seguridad necesaria a la hora de cualquier transacción.

## 2.3. ASPECTOS CLAVES DE ARQUITECTURA

### 2.3.1. Restricciones tecnológicas

Tabla 5. Restricción tecnológica 01 – Canales de ingreso al sistema

ID Restricción	Tipo	Nombre
RT – 01	Tecnología	Canales de ingreso al sistema
Descripción	Se debe permitir al usuario acceder al sistema mediante dispositivos móviles como smartphones, tablets, laptops a través de un navegador web.	
Establecida por	Gerente	
Alternativas	Ingresar al sistema a través de las pantallas ubicadas en la torre de control de cada cicloestación.	
Observaciones	Ninguna	

Fuente: El Autor

Tabla 6. Restricción tecnológica 02 - Framework de desarrollo

ID Restricción	Tipo	Nombre
RT – 02	Tecnología	Framework de desarrollo
<b>Descripción</b>	El framework de desarrollo que se debe utilizar es .NET de Microsoft.	
<b>Establecida por</b>	Arquitecto de software	
<b>Alternativas</b>	Ninguna	
<b>Observaciones</b>	Ninguna	

Fuente: El Autor

Tabla 7. Restricción tecnológica 03 - Entorno de desarrollo

ID Restricción	Tipo	Nombre
RT-03	Tecnología	Entorno de desarrollo
<b>Descripción</b>	El lenguaje de programación bajo el cual estará desarrollada la solución será C#, además, el despliegue del proyecto se hará sobre un servidor Windows Server 2016 con IIS 7.0.	
<b>Establecida por</b>	Arquitecto de software	
<b>Alternativas</b>	Ninguna	
<b>Observaciones</b>	Ninguna	

Fuente: El Autor

Tabla 8. Restricción tecnológica 04 – Ambiente de base de datos

ID Restricción	Tipo	Nombre
RT – 04	Tecnología	Ambiente de base de datos
<b>Descripción</b>	El Servidor de base de datos debe ser Windows Server 2016 y el motor de base de datos debe ser SQL Server 2017.	
<b>Establecida por</b>	Arquitecto de software	
<b>Alternativas</b>	Ninguna	
<b>Observaciones</b>	Ninguna	

Fuente: El Autor

Tabla 9. Restricción tecnológica 05 – Interoperabilidad

ID Restricción	Tipo	Nombre
RT – 05	Tecnología	Interoperabilidad
<b>Descripción</b>	El sistema se debe integrar con las APIs que proporcionen los sistemas externos a través del protocolo https.	
<b>Establecida por</b>	Arquitecto de software	
<b>Alternativas</b>	Ninguna	
<b>Observaciones</b>	Ninguna	

Fuente: El Autor

### 2.3.2. Atributos o escenarios de calidad

Tabla 10. Atributo de calidad 001 - Disponibilidad

<b>Escenario de calidad #</b>	001	<b>Stakeholder</b>	Operador del sistema
Atributo de calidad	Disponibilidad		
<b>Justificación</b>	El sistema debe estar disponible para ser consultado por cualquiera de los usuarios 7 días x 24 horas a la semana para hacer transacciones como reservar una bicicleta, consultar historial, consultar estadísticas, entre otras. Esta disponibilidad es distinta a la disponibilidad del servicio del préstamo de bicicletas el cual se prestará en un horario establecido.		
<b>Fuente</b>	Usuario final		
<b>Estímulo</b>	Consultar historial de viajes		
<b>Artefacto</b>	Módulo de estadísticas		
<b>Entorno</b>	Operación normal		
<b>Respuesta</b>	La consulta es ejecutada correctamente y muestra al usuario la información solicitada.		
<b>Medida de la respuesta</b>	99.982% del tiempo del año el sistema está disponible para prestar las funcionalidades de este módulo.		

Fuente: El Autor

Tabla 11. Atributo de calidad 002 - Disponibilidad

<b>Escenario de calidad #</b>	002	<b>Stakeholder</b>	Gerente
Atributo de calidad	Disponibilidad		
<b>Justificación</b>	El sistema debe mantenerse disponible aun cuando se falle alguno de los servidores, el nodo de recuperación debe ser capaz de respaldar la operación mientras el otro se recupera.		
<b>Fuente</b>	Desastre natural.		
<b>Estímulo</b>	Se daña uno de los servidores.		
<b>Artefacto</b>	Sistema		
<b>Entorno</b>	Operación normal		
<b>Respuesta</b>	La consulta es ejecutada correctamente y muestra al usuario la información solicitada.		
<b>Medida de la respuesta</b>	El 99.982% de las veces el sistema continua funcionando correctamente.		

Fuente: El Autor

Tabla 12. Atributo de calidad 003 - Disponibilidad

<b>Escenario de calidad #</b>	003	<b>Stakeholder</b>	Gerente
Atributo de calidad	Escalabilidad		
<b>Justificación</b>	El sistema debe mantener su funcionamiento normal, sin perder características de calidad y desempeño en los momentos de alta concurrencia.		
<b>Fuente</b>	Usuario final.		
<b>Estímulo</b>	Hora pico en las mañanas.		
<b>Artefacto</b>	Sistema		
<b>Entorno</b>	Estrés. Las horas pico son horas de alta concurrencia, se generan muchas solicitudes al sistema al mismo tiempo.		
<b>Respuesta</b>	Mostrar resultados de las consultas al sistema sin exceder el tiempo normal.		
<b>Medida de la respuesta</b>	Las consultas deben tener un promedio de respuesta de 4 a 6 segundos cuando el sistema tenga una concurrencia de más 50.000 peticiones al mismo tiempo.		

Fuente: El Autor

Tabla 13. Atributo de calidad 004 - Desempeño

<b>Escenario de calidad #</b>	004	<b>Stakeholder</b>	Operador del sistema
Atributo de calidad	Desempeño		
<b>Justificación</b>	La eficiencia del tiempo de respuesta del sistema es relevante en horarios en donde la capacidad del sistema está por encima del 70%.		
<b>Fuente</b>	Usuario final, administrador, operador.		
<b>Estímulo</b>	Reserva masiva de bicicletas en un mismo momento.		
<b>Artefacto</b>	Sistema		
<b>Entorno</b>	Estrés. Durante los horarios de mayor demanda de solicitudes al sistema.		
<b>Respuesta</b>	El sistema permite reservar una bicicleta al usuario satisfactoriamente dentro de un tiempo normal de respuesta.		
<b>Medida de la respuesta</b>	Tiempo normal de respuesta $t = 1 - 5$ segundos.		

Fuente: El Autor

Tabla 14. Atributo de calidad 005 - Interoperabilidad

<b>Escenario de calidad #</b>	005	<b>Stakeholder</b>	Operador del sistema
Atributo de calidad	Interoperabilidad		
<b>Justificación</b>	El sistema debe poder interactuar con otros sistemas los cuales ayudan a complementar el 100% de las funcionalidades del mismo.		
<b>Fuente</b>	Sistema externo.		
<b>Estímulo</b>	Pagar un plan de afiliación a través de una entidad bancaria.		
<b>Artefacto</b>	Módulo de medios de pago.		
<b>Entorno</b>	Operación normal o estrés.		
<b>Respuesta</b>	El sistema conduce al usuario a la entidad de pago correspondiente.		
<b>Medida de la respuesta</b>	Todos los sistemas externos son capaces de entender y responder peticiones request / reply.		

Fuente: El Autor

Tabla 15. Atributo de calidad 006 - Recuperabilidad

<b>Escenario de calidad #</b>	006	<b>Stakeholder</b>	Operador del sistema
Atributo de calidad	Recuperabilidad		
<b>Justificación</b>	El sistema debe poder recuperarse rápidamente después de que se presente una falla para que pueda cumplir con los estándares de disponibilidad del mismo.		
<b>Fuente</b>	Cualquier usuario.		
<b>Estímulo</b>	Falla en el sistema.		
<b>Artefacto</b>	Sistema.		
<b>Entorno</b>	Operación normal.		
<b>Respuesta</b>	El sistema recupera su estado y funcionamiento normal.		
<b>Medida de la respuesta</b>	Un intervalo de tiempo entre 10 minutos a 3 horas, dependiendo de la magnitud de la falla.		

Fuente: El Autor

Tabla 16. Atributo de calidad 007 - Seguridad

<b>Escenario de calidad #</b>	007	<b>Stakeholder</b>	Gerente
Atributo de calidad	Seguridad		
<b>Justificación</b>	El sistema debe brindar seguridad cada vez que manipula la información de los usuarios, para esto se utilizarán algoritmos de encriptación a la hora de recibir y enviar información sensible.		
<b>Fuente</b>	Usuario malintencionado.		
<b>Estímulo</b>	Interceptación de información en alguno de los componentes tecnológicos mediante cualquier método malicioso.		
<b>Artefacto</b>	Sistema.		
<b>Entorno</b>	Operación normal.		
<b>Respuesta</b>	Si los datos son interceptados, se mostrarán encriptados ya que siempre viajan de esta manera dentro del sistema, de esta manera serán inservibles para el captador.		
<b>Medida de la respuesta</b>	Todos los datos que sean clasificados como información sensible permanecen encriptados en cualquier parte del sistema.		

Fuente: El Autor

Tabla 17. Atributo de calidad 008 - Seguridad

<b>Escenario de calidad #</b>	008	<b>Stakeholder</b>	Gerente
Atributo de calidad	Seguridad		
<b>Justificación</b>	La información debe navegar a través de canales seguros para evitar la manipulación no deseada o la corrupción de los datos.		
<b>Fuente</b>	Usuario malintencionado.		
<b>Estímulo</b>	El sistema recibe peticiones desde servidores no confiables.		
<b>Artefacto</b>	Sistema.		
<b>Entorno</b>	Operación normal.		
<b>Respuesta</b>	El sistema trabaja con protocolos seguros y no permite responder peticiones fuera del rango de servidores confiables.		
<b>Medida de la respuesta</b>	Brindar el 99.982% de confiabilidad en todas sus transacciones.		

Fuente: El Autor

Tabla 18. Atributo de calidad 009 - Usabilidad

<b>Escenario de calidad #</b>	009	<b>Stakeholder</b>	Usuario final
Atributo de calidad	Usabilidad		
<b>Justificación</b>	La interfaz gráfica debe estar diseñada bajo patrones de diseño reconocidos y probados a nivel mundial como Material Design (Google).		
<b>Fuente</b>	Usuario final.		
<b>Estímulo</b>	El usuario.		
<b>Artefacto</b>	Sistema.		
<b>Entorno</b>	Operación normal.		
<b>Respuesta</b>	Se le muestran al usuario iconos utilizados en la Swift de google.		
<b>Medida de la respuesta</b>	Al 80% de los usuarios les resulta familiar la interacción con el sistema.		

Fuente: El Autor

### 2.3.3. Escenarios operacionales

Tabla 19. Escenario operacional 01 - Registrarse

<b>Título del escenario operacional</b>			
Registrarse			
<b>Stakeholder Asociado</b>	Usuario final	<b>ID</b>	EO-01
<b>Consideración operacional</b>	<b>Respuesta del Stakeholder</b>		
<b>Descripción general de la funcionalidad</b>	El usuario debe registrarse en el sistema para poder acceder a sus funcionalidades.		
<b>Descripción del estado actual e intención del Stakeholder</b>	Se desea que el usuario pueda registrarse a través de Internet poder utilizar el sistema.		
<b>Descripción de algunas entradas provistas o disponibles al momento del inicio</b>	Se esperan datos que el usuario diligencia en un formulario de registro como nombre, edad, género, tipo de suscripción, etc.		
<b>Descripción del contexto de la operación</b>	El usuario desea tomar una bicicleta del sistema. Para ello, debe llenar el formulario de Registro con los datos solicitados.		
<b>Descripción de la respuesta del sistema</b>	El sistema informa al usuario si fue ingresado exitosamente al sistema o no y los detalles del registro.		
<b>Descripción del resultado de la acción del sistema en términos de salidas</b>	El log de la transacción y el usuario registrado son almacenados en la base de datos.		
<b>Descripción del uso de las salidas del sistema</b>	La información del registro del usuario almacenada en la base de datos es utilizada para alimentar las estadísticas que lleva el sistema y para generar reportes.		

Fuente: NIXON DUARTE A, Documento de arquitectura de software: Guía para la elaboración del documento. [2015] Documento utilizado en clase

Tabla 20. Escenario operacional 02 - Reservar bicicleta

<b>Título del escenario operacional</b>			
Reservar bicicleta			
<b>Stakeholder Asociado</b>	Usuario final	<b>ID</b>	EO-02
<b>Consideración operacional</b>	<b>Respuesta del Stakeholder</b>		
<b>Descripción general de la funcionalidad</b>	Después de que el usuario se ha registrado en el sistema según el <i>Escenario operacional EO-01</i> , entra a la sección Reservar bici, allí ingresa toda la información de su reserva (tipo de bicicleta que desea usar (manual, eléctrica), horario de la reserva, etc.), si la reserva se hace a través de la app web o app móvil entonces el sistema le calcula en el mapa la cicloestación más cercana, las rutas para llegar a ella y otros datos. Luego, si la reserva la hace directamente en la terminal de una cicloestación, el sistema habilita una bicicleta para que pueda ser usada de una vez.		
<b>Descripción del estado actual e intención del Stakeholder</b>	El usuario actualmente debe tener su propia bicicleta, llevarla y buscar un parqueadero para después recogerla debido a que no existe un SBP. Lo que el usuario desea es poder generar una reserva de una bicicleta que se encuentre cerca de su camino, luego de esto alquilarla por un determinado tiempo y por último devolverla en la cicloestación más cercana a su destino.		
<b>Descripción de algunas entradas provistas o disponibles al momento del inicio</b>	Se esperan datos relacionados a la reserva de la bicicleta como: tipo de bicicleta, ubicación actual, elegir cicloestación, dirección de destino, tiempo de uso.		
<b>Descripción del contexto de la operación</b>	El usuario desea movilizarse de un lugar a otro y desea hacerlo en bicicleta, para esto, hará la reserva de una bicicleta que se encuentre disponible en un lugar deseado.		
<b>Descripción de la respuesta del sistema</b>	El sistema debe mostrar todos los datos de la reserva como: cicloestación más cercana, ruta completa hasta el destino final, dónde puede devolver la bicicleta, hora en que se vence la reserva e inhabilitar la bicicleta reservada para que otro usuario no la pueda tomar mientras exista una reserva.		
<b>Descripción del resultado de la acción del sistema en términos de salidas</b>	El estado de la bicicleta cambia a Reservada y la información de la transacción persiste en el sistema.		
<b>Descripción del uso de las salidas del sistema</b>	La información de la reserva almacenada en la base de datos es utilizada para alimentar las estadísticas que lleva el sistema, con estos datos se pueden		

	ayudar a identificar comportamientos de uso, mejoramiento de rutas, puntos frecuentes de reserva, entre otros datos que sirven para el mejoramiento continuo del sistema.
--	---

Fuente: *Ibid*

Tabla 21. Escenario operacional 03 - Retirar bicicleta

<b>Título del escenario operacional</b>			
Retirar bicicleta			
<b>Stakeholder Asociado</b>	Usuario final	<b>ID</b>	EO-03
<b>Consideración operacional</b>	<b>Respuesta del Stakeholder</b>		
<b>Descripción general de la funcionalidad</b>	El usuario puede tomar una bicicleta de la cicloestación después de haber realizado una reserva de la misma o simplemente acercándose a una terminal y solicitar una bicicleta que esté disponible.		
<b>Descripción del estado actual e intención del Stakeholder</b>	Actualmente el usuario aún no puede realizar esta acción debido a que no existe un SBP en la ciudad de Bogotá. El usuario espera un sistema rápido y de fácil acceso a la hora de retirar una bicicleta.		
<b>Descripción de algunas entradas provistas o disponibles al momento del inicio</b>	El usuario debe insertar la tarjeta inteligente o acercarla al lector, cuando el sistema la reconoce entonces obtiene todos los datos de la reserva o en su defecto le permite al usuario seleccionar una bicicleta disponible y realizar el pago en tal caso que no tenga una membresía vigente.		
<b>Descripción del contexto de la operación</b>	El usuario desea utilizar una bicicleta, para esto, debió haber realizado una reserva previamente o en su defecto seleccionar una bicicleta disponible en la terminal de una cicloestación.		
<b>Descripción de la respuesta del sistema</b>	La información ingresada es corroborada en el sistema y si todo sale bien, el sistema de anclaje desbloquea la bicicleta y activa un conteo regresivo para que el usuario tome la bicicleta.		
<b>Descripción del resultado de la acción del sistema en términos de salidas</b>	La información del préstamo de la bicicleta persiste en el sistema.		
<b>Descripción del uso de las salidas del sistema</b>	La información del préstamo de bicicletas es utilizada para alimentar el módulo de estadísticas del sistema y a su vez alimenta el historial de uso de cada usuario.		

Fuente: *Ibid*

Tabla 22. Escenario operacional 04 - Entregar bicicleta

<b>Título del escenario operacional</b>			
Entregar bicicleta			
<b>Stakeholder Asociado</b>	Usuario final	<b>ID</b>	EO-04
<b>Consideración operacional</b>	<b>Respuesta del Stakeholder</b>		
<b>Descripción general de la funcionalidad</b>	Después de que el usuario ha retirado una bicicleta para su uso, al terminar su recorrido debe devolverla y dejarla anclada nuevamente en una cicloestación.		
<b>Descripción del estado actual e intención del Stakeholder</b>	Actualmente el usuario aún no puede realizar esta acción debido a que no existe un SBP en la ciudad de Bogotá. Lo que se desea es que el usuario pueda entregar y anclar la bicicleta fácilmente, así mismo, que los datos de la entrega de la bicicleta se actualicen en el sistema.		
<b>Descripción de algunas entradas provistas o disponibles al momento del inicio</b>	La entrada que proporciona el usuario es cuando entrega la bicicleta y la ancla en la cicloestación.		
<b>Descripción del contexto de la operación</b>	El usuario ha tomado una bicicleta, ha terminado su recorrido y la va a entregar.		
<b>Descripción de la respuesta del sistema</b>	El sistema identifica cuando el usuario ancla la bicicleta en la cicloestación, si el usuario ancla la bicicleta correctamente entonces el sistema la asegura y la bloquea, luego le avisa al usuario mediante una luz de color verde indicando que todo salió bien; pero si el usuario no la ancla correctamente entonces el sistema muestra una luz de color rojo hasta que el proceso se haga correctamente.		
<b>Descripción del resultado de la acción del sistema en términos de salidas</b>	Cuando la bicicleta es anclada correctamente, el sistema entenderá que ha terminado todo el ciclo del préstamo de una bicicleta y esta información persiste en el sistema, en caso contrario, si la bicicleta no quede anclada correctamente.		
<b>Descripción del uso de las salidas del sistema</b>	La información recopilada cuando se entrega la bicicleta se utiliza principalmente para evaluar el estado de la bicicleta y así saber si es necesario mandarla a reparar o no, también, se usa para alimentar el módulo de estadísticas y el historial del usuario.		

Fuente: *Ibid*

Tabla 23. Escenario operacional 05 – Reportar incidencia

<b>Título del escenario operacional</b>			
Reportar incidencia			
<b>Stakeholder Asociado</b>	Usuario final	<b>ID</b>	EO-05
<b>Consideración operacional</b>	<b>Respuesta del Stakeholder</b>		
<b>Descripción general de la funcionalidad</b>	Si al usuario le ocurre alguna incidencia como: problemas con la bicicleta, problemas con cicloestación, problemas durante la transacción, problemas al anclar la bicicleta, etc. Puede hacer uso del sistema para reportar la incidencia e incluir todos los detalles asociados a esta.		
<b>Descripción del estado actual e intención del Stakeholder</b>	Actualmente el usuario aún no puede realizar esta acción debido a que no existe un SBP en la ciudad de Bogotá. Lo que se desea es que el usuario pueda reportar una incidencia a través de la app web o la app móvil en la sección reportar incidencia, allí ingresará todos los detalles de la incidencia y de acuerdo al tipo de incidencia tendrá un tipo de respuesta.		
<b>Descripción de algunas entradas provistas o disponibles al momento del inicio</b>	Se espera que el usuario elija el tipo de incidencia, luego debe llenar un formulario en el cual incluye los detalles de la incidencia y si es necesario podrá adjuntar evidencias de la situación (fotos, videos, etc.).		
<b>Descripción del contexto de la operación</b>	Al usuario le ha ocurrido alguna incidencia dentro del sistema y necesita ayuda o dejar un reporte de la misma.		
<b>Descripción de la respuesta del sistema</b>	El sistema debe clasificar la incidencia, crear un caso con todos los detalles, generar 1 o 2 posibles soluciones inmediatas, comunicar la incidencia si es necesario a otras entidades (Policía, bomberos, etc.) y por último debe dar una respuesta al usuario.		
<b>Descripción del resultado de la acción del sistema en términos de salidas</b>	La información de la incidencia queda registrada y persiste en el sistema.		
<b>Descripción del uso de las salidas del sistema</b>	La información de la incidencia además de ser recibida por la entidad encargada, permite generar mejoras continuas en los planes de acción que se tienen para contrarrestar cualquier incidencia que se pueda presentar en el sistema.		

Fuente: *Ibid*

Tabla 24. Escenario operacional 06 – Generar alertas

<b>Título del escenario operacional</b>			
Generar alertas			
<b>Stakeholder Asociado</b>	Sistema	<b>ID</b>	EO-06
<b>Consideración operacional</b>	<b>Respuesta del Stakeholder</b>		
<b>Descripción general de la funcionalidad</b>	El sistema está monitoreando constantemente todas las transacciones que se realizan, cuando se violan las reglas y controles establecidos dentro de un proceso, se debe generar una alerta que informe estos comportamientos.		
<b>Descripción del estado actual e intención del Stakeholder</b>	Lo que se desea es que el sistema pueda detectar comportamientos catalogados como sospechosos y generar alertas según el caso.		
<b>Descripción de algunas entradas provistas o disponibles al momento del inicio</b>	El sistema recorre cada transacción de inicio a fin, extrae las variables necesarias para analizarlas y decidir si está cumpliendo todas las reglas establecidas.		
<b>Descripción del contexto de la operación</b>	El sistema detecta una actividad sospechosa y genera una alerta.		
<b>Descripción de la respuesta del sistema</b>	El sistema ejecuta las validaciones necesarias y después de un análisis clasifica la alerta y ejecuta un plan de acción según el caso.		
<b>Descripción del resultado de la acción del sistema en términos de salidas</b>	Los organismos encargados de estas alertas son informados y la información del caso persiste en la base de datos.		
<b>Descripción del uso de las salidas del sistema</b>	Los organismos de control toman acciones pertinentes contra estas actividades y toda esta información es utilizada para generar reportes.		

Fuente: *Ibid*

### 3. ARQUITECTURAS DE TI DE REFERENCIA PARA IMPLEMENTAR UN SBP

#### 3.1. CIUDAD DE MEXICO

ECOBICI es el SBP de Ciudad de México dirigido a los habitantes de la capital, sus alrededores y los turistas, quienes podrán acceder al sistema con una suscripción de un año, una semana, tres días o un día; para tomar una bicicleta prestada en una cicloestación y retornarla en otra en trayectos ilimitados de 45 minutos. Este sistema “inició operaciones en febrero de 2010 con 84 cicloestaciones y mil 200 bicicletas. En 8 años la demanda ha impulsado el crecimiento del sistema, el cual tiene 480 cicloestaciones y más de 6 mil 800 bicicletas, de las cuales 28 estaciones y 340 bicicletas forman parte del nuevo sistema de bicicletas eléctricas de pedaleo asistido. Cuenta con más de 170 mil usuarios registrados y el servicio está disponible en 55 colonias de la Ciudad de México, en un área de 38 kilómetros cuadrados.”<sup>40</sup>

La ECOBICI Eléctrica pesa 24 kilos, con llantas de 24” y estructura de aleación de aluminio. Alcanza una velocidad máxima de 15 km/h y autonomía de 40 km, con una batería de alta densidad que logra carga completa en 2 horas. La ECOBICI mecánica tiene un peso 22.5 kg, con neumático delantero de 20” y trasero de 24”. En una estructura de acero, manubrio en acero inoxidable de máxima calidad con acabado electropulido, guardafangos delantero y trasero fabricado en polipropileno.<sup>41</sup>

El proceso de registro se puede realizar llenando el formulario de inscripción y el diagnóstico de conocimiento ciclista por medio de la página web o en los Centros de Atención Ciudadana (CAC) con un documento de identidad y una tarjeta bancaria débito o crédito, eligiendo el tipo de membresía (ver Figura 4) que podrá ser enviada a domicilio o recogida en los CAC; también puede ser usado con una tarjeta Ciudad (CDMX o Multimodal) realizando el cambio o la inscripción correspondientes.<sup>42</sup>

---

<sup>40</sup>ECOBICI. ¿Qué es ECOBICI? [en línea] Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México [citado 08 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL:https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/que-es-ecobici>

<sup>41</sup> ECOBICI. Características de las bicicletas [en línea] Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México [citado 08 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL:https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/bicicletas>

<sup>42</sup> ECOBICI. Información del servicio [en línea] Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México [citado 08 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL:https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/faqs#7-con-mi-tarjeta-de-la-ciudad-puedo-usar-ecobici>

Adicionalmente los usuarios podrán acceder a la biciescuela gratuitamente para adquirir los conocimientos y habilidades básicas sobre la normatividad para el uso de la bicicleta en la ciudad.<sup>43</sup>

Figura 4. Planes y tarifas adicionales ECOBICI

Planes

✓ Anual	\$462.00
✓ Temporal 7 días	\$346.00
✓ Temporal 3 días	\$208.00
✓ Temporal 1 día	\$104.00

Todos los planes incluyen trayectos ilimitados de 45 minutos, en caso de viajes que excedan este tiempo aplican las siguientes tarifas:

✓ Minuto 0 al 45	Sin costo
✓ De 45 al 60.	\$13.00.
✓ Por hora o fracción adicional.	\$41.00.
✓ Reposición de tarjeta.	\$14.00.
✓ Uso mayor a 24 hrs.	\$5771.00.

Fuente: ECOBICI. Requisitos, planes y tarifas [en línea] Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México [citado 08 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL:<https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/requisitos-planes-y-tarifas>>

Para tomar una bicicleta el usuario pasa la tarjeta por el lector ingresa el código de acceso y el pin y toma la bicicleta indicada por la pantalla. Tiene dos minutos para verificar el estado de la bicicleta y en caso de tener falla regresarla y tomar otra. En el momento de devolverla se ancla la bicicleta en un espacio con la luz verde encendida, el foco se tornará rojo y se podrá verificar que no se puede volver a retirar, se pasa la tarjeta por el lector e ingresa el código y pin. En caso de que no se registre la devolución correctamente se debe comunicar a la línea de atención.<sup>44</sup>

El SBP cuenta con tres tipos de ciclo estaciones en un horario de servicio de 5am a 00:30am. La cicloestación multimedia (ver Figura 5) permite por un costado tomar y dejar las bicicletas eléctricas, mientras por el otro “da acceso al mapa de disponibilidad de cicloestaciones en tiempo real (ver Figura 8) y facilita la inscripción

---

<sup>43</sup> ECOBICI. Requisitos, planes y tarifas [en línea] Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México [citado 08 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL:<https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/requisitos-planes-y-tarifas>>

<sup>44</sup> ECOBICI. Tomar y dejar la bici [en línea] Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México [citado 08 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL:<https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/tomar-y-dejar-bici>>

de nuevos usuarios”<sup>45</sup>. La cicloestación 4G (ver Figura 6) por el costado derecho permite tomar y devolver bicicletas pasando la tarjeta por el lector e ingresado el código y pin, y por el costado izquierdo se puede realizar el registro temporal de 1,3 o 7 días, así como reportar incidentes. Por último, la cicloestación 3G (ver Figura 7) cuenta con lector de tarjetas, pantalla y sistema de información bilingüe, así como CPU, antena de comunicación GPRS y batería de reserva.

Figura 5. Cicloestación multimedia ECOBICI



Fuente: ECOBICI. Cicloestaciones [en línea] Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México [citado 08 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL:<https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/cicloestaciones>>

---

<sup>45</sup> ECOBICI. Cicloestaciones [en línea] Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México [citado 08 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL:<https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/cicloestaciones>>

Figura 6. Cicloestación multimedia 4G



Fuente: ECOBICI. Cicloestaciones [en línea] Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México [citado 08 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL:https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/cicloestaciones>

Figura 7. Cicloestación multimedia 3G



Este dispositivo está compuesto por una serie de elementos externos, orientados a facilitar la interacción del usuario con el servicio.

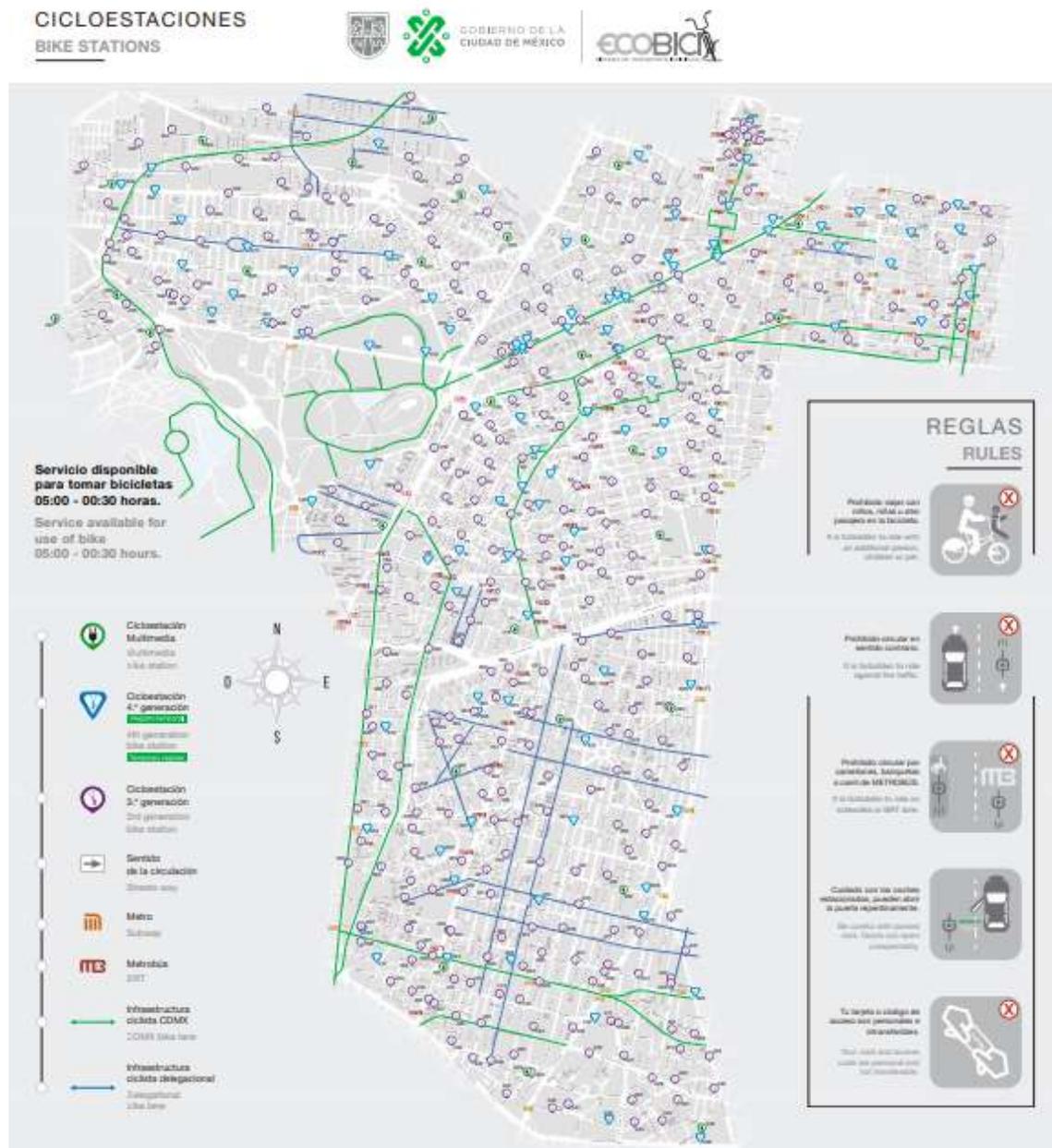
- Lector de tarjetas.
- Pantalla.
- Sistema de información bilingüe (español e inglés).
- Sistema retroiluminado de señalización para la estación y diversos elementos de señalización como el nombre y número de estación.

También esta compuesto por elementos internos:

- CPU.
- Antena de comunicación GPRS.
- Batería de reserva.

Fuente: ECOBICI. Cicloestaciones [en línea] Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México [citado 08 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL:https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/cicloestaciones>

Figura 8. Mapa de cicloestaciones ECOBICI



Fuente: ECOBICI. Mapa Ciclovías [en línea] Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México [citado 08 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL: [https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/sites/default/files/pdf/mapa\\_ciclovias\\_2019.pdf](https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/sites/default/files/pdf/mapa_ciclovias_2019.pdf)>

### 3.2. PARIS

El SBP Vélib' está disponible 24 horas los 7 días de la semana cuenta con más de 23.000 bicicletas repartidas por toda la ciudad en 1800 puntos de parking o estaciones de donde puedes tomar o dejar tu bicicleta, con un 30% de bicicletas eléctricas que simplifican los trayectos. Todas las bicicletas incorporan una V-Box con información para el usuario y un refuerzo de seguridad en la horquilla del candado (ver Figura 9).

“La V-Box es un dispositivo electrónico en el manubrio, que permite acceder a la bicicleta de forma directa y rápida, con un lector de tarjetas sin contacto (RFID/NFC) y de un teclado piezoeléctrico que permite activar la apertura y el cierre del candado que protege la bicicleta, y garantizar su bloqueo en la estación. Se trata de una unidad con batería autónoma que se recarga con la dinamo y que se comunica con la estación a través de un emisor/receptor de radio, lo que permite enviar datos a los sistemas informáticos del servicio Vélib'. Además, se puede conectar al teléfono inteligente del usuario con Bluetooth para ver en la pantalla el tiempo de alquiler, la distancia recorrida (final) e indicaciones de navegación.”<sup>46</sup>

Figura 9. Bicicletas inteligentes



La V-Box



La horquilla del candado

Fuente: VÉLIB', 'París - Vélib' - Autoservicio de Bicicletas En París - Sitio Oficial', 2018 <<https://www.velib-metropole.fr/es/discover/service>> [accessed 09 October 2019].

La horquilla del candado trabaja directamente con el sistema **V-Box** y se activa cuando se engancha la bicicleta en la estación de acoplamiento o si se quiere parar

---

<sup>46</sup> VÉLIB', 'París - Vélib' - Autoservicio de Bicicletas En París - Sitio Oficial', 2018 <<https://www.velib-metropole.fr/es/discover/service>> [accessed 09 October 2019].

unos minutos por fuera de la estación pasando la tarjeta y digitando el código, así se bloqueará el manillar y podrá usar el cable antirrobo para sujetarla.

Por otra parte, las estaciones funcionan con un sistema **Park+** que busca duplicar la oferta de bicicletas a la vez que disminuye la posibilidad de no poder regresar la bicicleta y ahorra espacio. De esa manera se engancha la bicicleta «en posición invertida» entre dos bicicletas ya estacionadas cuando la estación está llena, donde las bicicletas quedan unidas mediante un cable y protegidas por un dispositivo neiman que bloquea el manillar.<sup>47</sup>

Para acceder al servicio se debe crear una cuenta por medio de la app o la página web en la que se selecciona el abono, el usuario se identifica, recibe información sobre las estaciones, el servicio, sus pagos y certificados de devolución. Puede hacer uso del servicio con las tarjetas Vélib' Métropole o Navigo, también con teléfonos que tengan la tecnología NFC. Los pases para usuarios ocasionales permiten sacar hasta 5 bicicletas por uno o siete días, el primero por 5 euros y el segundo por 15. Los abonos son de carácter personal y duran 12 meses y son de tres tipos. El V-libre no tiene cobro mensual pero si por minuto, el V-plus cuesta 3,10 euros al mes y el V-Max 8,30<sup>48</sup> (ver Tabla 25).

Tabla 25. Condiciones generales para utilizar el sistema Vélib'

Abono	Bicicleta mecánica	Bicicleta eléctrica
• V-Libre	• Desde el primer minuto, facturación por tramos de 30 minutos	
• V-Plus	• Los primeros 30 minutos son gratuitos	• Los primeros 30 minutos se facturan desde el primer minuto
	• A partir de ese momento, facturación por tramos de 30 minutos	
• V-Max	• Los primeros 60 minutos son gratuitos	• Los primeros 30 minutos son gratuitos
	• A partir de ese momento, facturación por tramos de 30 minutos	

Fuente: VÉLIB'. Condiciones generales para el acceso y uso del sistema Vélib' por parte de los usuarios de larga duración [en línea]. Paris: Smovengo. [Citado 09

<sup>47</sup> Óp. Cit.

<sup>48</sup> VÉLIB'. 'Suscripción o un pase' [en línea]. Paris: Smovengo. [citado 09 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL: <https://www.velib-metropole.fr/es/offers>>

octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL: [https://www.velib-metropole.fr/assets/static\\_files/files/CGAU\\_LD\\_es.pdf](https://www.velib-metropole.fr/assets/static_files/files/CGAU_LD_es.pdf) p.5>

### 3.3. BARCELONA

Bicing es el SBP integrado al sistema de transporte multimodal de la ciudad de Barcelona fue creado en el 2007 que cuenta con seis mil bicicletas mecánicas y trescientas eléctricas que garantiza la entrega y recogida de bicicletas en puntos estratégicos de generación o atracción de viajes articulado con los otros medios de transporte. “El sistema funciona a través de una tarjeta de abono, nominal, unipersonal e intransferible. Esta tarjeta es el elemento que reconoce al usuario en el sistema y que hay que usar obligatoriamente para disponer de una bicicleta en los puntos de recogida y entrega de bicis.”<sup>49</sup> Su funcionamiento es de 24 horas los 365 días del año desde las 465 estaciones mixtas, con bicicletas eléctricas y mecánicas, con dos tarifas la plana y la de uso ocasional (ver Tabla 26).

Tabla 26. Tarifas SBP Bicing

	Tarifa Plana		Tarifa d'ús	
	50€/año		35€/año	
	BICICLETA MECÁNICA	BICICLETA ELÉCTRICA	BICICLETA MECÁNICA	BICICLETA ELÉCTRICA
Primeros 30 minutos	Gratis	0.35€	0.35€	0.55€
30 min - 2 horas* <small>(Fracción de 30')</small>	0.7€	0.9€	0.7€	0.9€
A partir de 2 horas	5€/hora	5€/hora	5€/hora	5€/hora

Fuente: BICING. Tarifas [en línea] Barcelona: Ajuntament de Barcelona. [09 octubre 2019] Disponible en Internet: <URL: <https://www.bicing.barcelona/es/tarifas>>

<sup>49</sup> AJUNTAMENT DE BARCELONA. La bicicleta pública [en línea] Barcelona. Área de ecología, urbanismo y movilidad [citado 09 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL: <http://ajuntament.barcelona.cat/bicicleta/es/servicios/la-bicicleta-p%C3%BAblica>>

Para su uso se requiere de un documento de identidad, tener más de 16 años y en caso de tener 16 o 17 años la autorización de un tutor. Actualmente el sistema está en un proceso de ampliación y modernización por lo cual el acceso al servicio “está formado por 3 tipos de acceso diferenciados: tarjeta inteligente sin contacto, aplicación móvil y teléfono inteligente con tecnología NFC (una vez finalizado el proceso de transición)”.<sup>50</sup>

Desde la aplicación o la página web se puede verificar la disponibilidad de bicicletas y la ubicación de cada estación, allí se podrá retirar o regresar la bicicleta con la tarjeta o la aplicación escaneando el código QR de la bicicleta.

Igualmente, desde la app se puede comprobar que el anclaje del último trayecto sea correcto, solicitar 10 minutos extra para buscar otra estación y reservar una bicicleta durante 5 minutos. Esto incluye el servicio **Vía Bicing** para calcular las mejores rutas para transitar por la ciudad, así como la ubicación actualizada del usuario y las estaciones más cercanas con información detallada de cupos. Este servicio planea tres tipos de rutas: “**La ruta óptima**, la más rápida entre origen y destino, **La ruta plana**, la que tiene menos pendiente entre origen y destino, y **La ruta amigable**, que incluye el máximo número de carriles bici, vías ciclables o vías 30 posibles.”<sup>51</sup> También incluye un juego interactivo que premia las actividades responsables con el medio ambiente y la realización de actividad física.

Las bicicletas mecánicas cuentan con “cuadro de aluminio, freno de tambor delantero y freno de disco trasero, cables protegidos, **dispositivo de bloqueo patentado RFID** (ver Figura 10): un sistema antirrobo de eficacia probada en todo el mundo, ruedas de 26 y sistema de iluminación LEDs delante y detrás accionados por una dinamo con una vida útil de 10.000 horas. Cuando la bicicleta se detiene, las luces permanecen encendidas durante más de 3 minutos.” Por otra parte las bicicletas eléctricas cuentan con “diseño integrado de batería de alta capacidad, que permite recorrer hasta 60km con una sola carga, 4 horas para recargar completamente la batería y 40 minutos para asumir el mínimo exigido de 8 km de autonomía, a través del dispositivo de bloqueo patentado de la estación, Tecnología de asistencia al pedaleo, motor de 250W totalmente integrado en la rueda trasera, propulsión sin sonidos ni vibraciones e indicador del nivel de batería y de encendido / apagado.”<sup>52</sup>

---

<sup>50</sup> BICING. El nuevo servicio Bicing [en línea] Barcelona: Ajuntament de Barcelona. [citado 09 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL:https://www.bicing.barcelona/es/nou-servei-bicing>

<sup>51</sup> BICING. ¿Qué es el Vía Bicing? [en línea] Barcelona: Ajuntament de Barcelona. [citado 09 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL:https://www.bicing.barcelona/es/app-bicing#scrol-reference-1

<sup>52</sup>BICING. Op. Cit. <URL: https://www.bicing.barcelona/es/nou-servei-bicing#>



Figura 11. Ejemplo de estación de bicicletas eléctricas de la compañía PBSC Urban Solutions



Fuente: ESMARTCITY. Movilidad Urbana [en línea] Grupo Tecma Red S.L. Barcelona. [Citado 09 octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL: <https://www.esmartcity.es/2018/10/01/2019-se-incorporaran-1000-bicicletas-electricas-sistema-bicing-barcelona>>

### 3.4. CUADRO COMPARATIVO DE ARQUITECTURAS TI DE REFERENCIA

Tabla 27. Cuadro comparativo de Arquitecturas TI de referencia

Arquitecturas TI de referencia			
País	México	España	Francia
Ciudad	Ciudad	Barcelona	Paris
Nombre del sistema	ECOBICI	Bicing	Vélib'
Año de inauguración	2010	2007	2007
Tarifas anuales	Única: 480 MXN (Aprox. 15.58 EUR)	Plana: 50 EUR Uso: 35 EUR	V-Plus: 37,20 EUR V-Max: 99,60 EUR
Tarjeta de acceso	Tarjeta sin contacto.  Tecnología RFID (mecanismo del anclaje con tarjetas de identificación por radiofrecuencia).	3 tipos de acceso diferenciados:  tarjeta inteligente sin contacto, aplicación móvil y teléfono inteligente con	Tarjeta sin contacto  Tecnología RFID/NFC  Uso de dispositivos móviles con tecnología

		tecnología NFC y código QR en la bicicleta	NFC para acceder al servicio.
<b>Características de la bicicleta</b>	Mecánica y Eléctrica de pedaleo asistido.  Carga de la batería por bluetooth Sistema vía GPRS	Sistema vía GPRS  Bici Iconic que es mecánica y la bici eléctrica  Boost	V-Box es un dispositivo electrónico en el manubrio con horquilla de seguridad, lector de tarjetas sin contacto/Bluetooth. Se comunica con la estación a través de un emisor/receptor de radio.
<b>App</b>	Facilita acceder a la información del sistema sobre disponibilidad de bicicletas en las estaciones y la actividad del usuario en sus entregas, así como solicitar 10 minutos extras para entregar la bicicleta en otra estación en caso de estar en una llena	Servicio <b>Vía Bicing</b> para calcular las mejores rutas para transitar por la ciudad, así como la ubicación actualizada del usuario y las estaciones más cercanas con información detallada de cupos.	Permite conexión con la bicicleta por Bluetooth para información del recorrido, además del uso de la información actualizada del sistema, realización del registro y pagos. Con dispositivos que tengan NFC permite su uso temporal sin tarjeta.
<b>Web</b>	Para el registro en el sistema, pagos y acceso al mapa de disponibilidad de bicicletas en las estaciones	Para el registro en el sistema, pagos y acceso al mapa de disponibilidad de bicicletas en las estaciones	Para el registro en el sistema, pagos y acceso al mapa de disponibilidad de bicicletas en las estaciones
<b>Dispositivo de anclaje</b>	3 tipos de ciclo estaciones: 3G, 4G y Multimedia Lector de tarjetas, pantalla y sistema de información bilingüe, así como CPU, antena de comunicación GPRS y batería de reserva.	Estaciones de anclaje patentadas por PBSC con paneles solares, donde se cargan las bicicletas eléctricas, también. Se podrá retirar o regresar la bicicleta con la tarjeta o la aplicación escaneando el código QR de la bicicleta.	Sistema <b>Park+</b> , las bicicletas quedan unidas mediante un cable y protegidas por un dispositivo neiman que bloquea el manillar.  Batería autónoma que se recarga con la dinamo

Fuente: El autor

## **4. DISEÑO DE LA ARQUITECTURA PROPUESTA**

### **4.1. PUNTOS DE VISTA Y MODELOS ARQUITECTURALES**

Al momento de realizar un diseño de arquitectura es necesario definir los puntos de vista y modelos arquitecturales, ya que se deben conocer los componentes tecnológicos y las relaciones de comunicación que hay entre ellos. Por otra parte, los puntos de vista también tienen dentro de sus objetivos principales describir la visión arquitectural de acuerdo con cada Stakeholder<sup>54</sup>. Por lo anterior, a continuación, se muestran las vistas necesarias que fueron utilizadas como parte del diseño de la arquitectura para implementar un SBP en la ciudad de Bogotá.

#### **4.1.1. Diagramas de arquitectura de la solución.**

##### **4.1.1.1. Vista de la solución.**

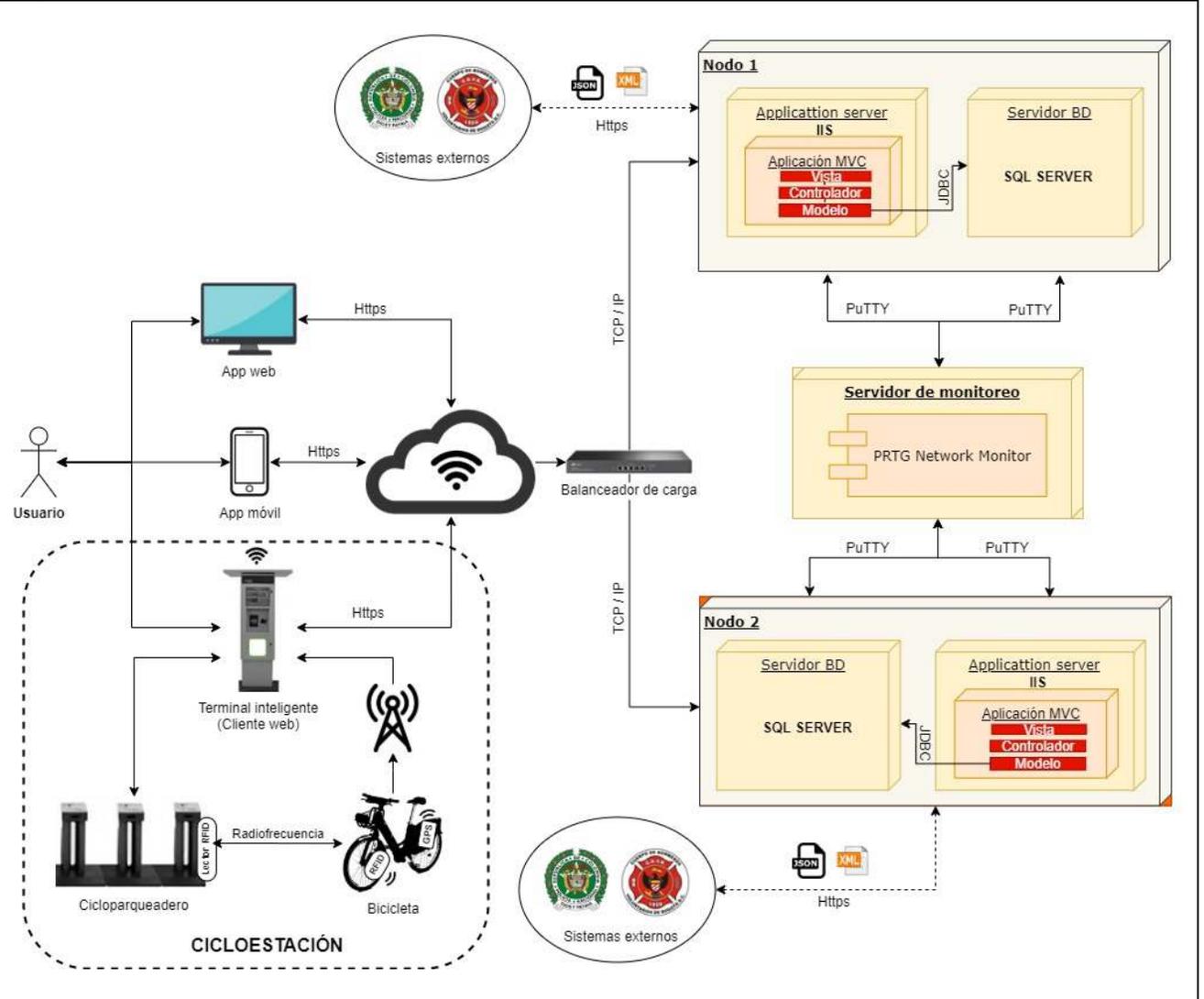
El propósito de esta vista es mostrar el diseño final denominado como solución del modelo de arquitectura que se creó. Para llegar al diseño de esta vista primero se debieron crear las vistas de ejecución, contexto y despliegue que se evidencian en la Figura 13, Figura 14, y Figura 23 respectivamente.

La vista de solución es el diseño general de toda la arquitectura a nivel de información y componentes informáticos que son necesarios para poder implementar un SBP en la ciudad de Bogotá. Allí se describen los protocolos, tecnologías y canales de comunicación que utiliza cada componente para interactuar dentro del sistema (ver Figura 12).

---

<sup>54</sup> ARQUITECTURA TI COLOMBIA [en línea] 'FAQs ¿Qué Es Un Punto de Vista de Arquitectura?' [citado el 25 octubre 2019]. Disponible en internet: <https://mintic.gov.co/arquitecturati/630/w3-article-9466.html>.

Figura 12. Vista de la solución



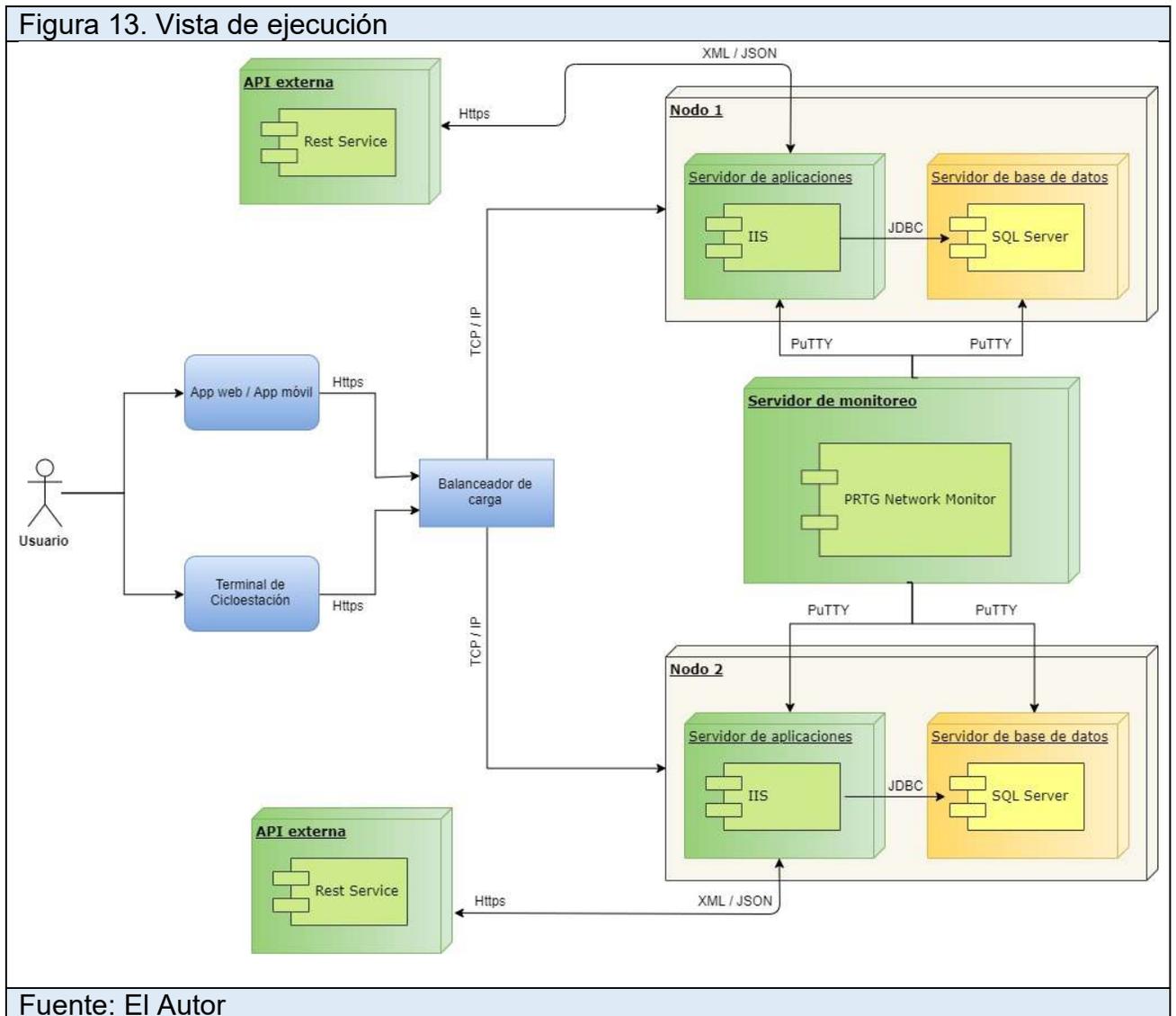
Fuente: El Autor

#### 4.1.1.2. Vista de ejecución.

El sistema debe garantizar el cumplimiento de todas las restricciones tecnológicas y atributos de calidad antes descritos, para esto, se diseñó un modelo de arquitectura el cual se basa en TI modernas y eficientes combinadas con una infraestructura que se enfoca en garantizar la disponibilidad y desempeño del sistema ante cualquier adversidad que se pueda presentar.

De forma general, el sistema cuenta con dos nodos de los cuales uno sirve como espejo del otro y utilizan exactamente las mismas tecnologías, además, existe un balanceador de cargas el cual distribuye equitativamente las cargas de trabajo a

cada nodo según la demanda de transacciones. Por otra parte, existe un servidor de monitoreo el cual está encargado de monitorear a los dos nodos en tiempo real para que en caso de que alguna característica de calidad se esté perdiendo o se esté presentando alguna falla, entonces este servidor será el encargado de generar las alertas respectivas para que se puedan tomar los procesos correctivos y preventivos que estos requieran (ver Figura 13).



Fuente: El Autor

#### **4.1.1.3. Vista de contexto.**

Desde el punto de vista de contexto se identifican los sistemas externos y la relación que tienen con el sistema principal, esta comunicación se da en el momento en que el sistema necesite consultar algún dato necesario para algún proceso o para escalar un tema que no puede ser solucionado por los Stakeholders del sistema y necesite ser escalado a un tercero.

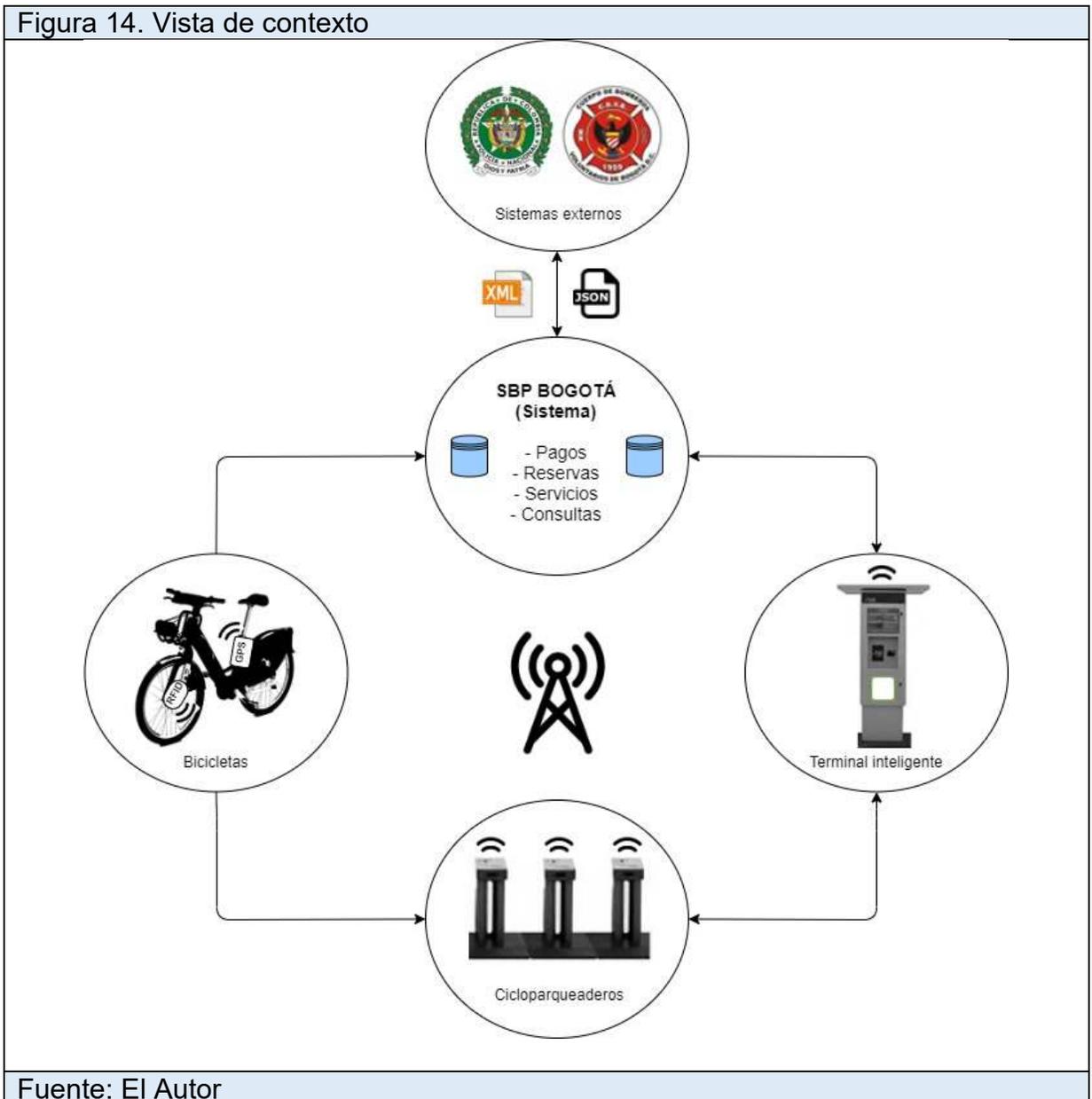
En este caso el sistema se comunica mediante peticiones http como PUT, POST, GET y recibe respuesta a través de archivos con formato XML o JSON.

Por otra parte, las cicloestaciones están conectadas con el Sistema de Información (SI) a través de Internet, desde allí es donde se maneja toda la operación diaria del sistema ya que se mantiene intercambiando información en tiempo real para permitir al usuario hacer uso de todas las funcionalidades que brinda el sistema.

Cada cicloestación está compuesta por: bicicletas, una terminal inteligente y varios cicloparqueaderos, donde cada uno cumple un rol específico dentro del sistema y está diseñado con determinadas características técnicas para mantener el funcionamiento de todo el sistema en general.

El siguiente punto de vista nos muestra la interacción de los componentes del sistema con otros sistemas externos que ayudan a complementar la funcionalidad del mismo:

Figura 14. Vista de contexto



Fuente: El Autor

A continuación, se describen los componentes que hacen parte del sistema y la forma como se comunican entre ellos:

- **Bicicletas:** Las bicicletas están diseñadas para aguantar el máximo uso posible antes de ser reparadas nuevamente, así como también para desincentivar el robo y la comercialización de sus partes. Por lo anterior, con base en los SBP que se tienen como referencia en este documento, se llegó a la conclusión que las bicicletas que hacen parte del SBP en la ciudad de Bogotá deben contar con dos componentes clave los cuales son:

- **Dispositivo GPS:** Este dispositivo es el encargado de reportar cada cierta cantidad de tiempo la ubicación en tiempo real de la bicicleta (ver Figura 15).

Figura 15. Dispositivo GPS para bicicletas



Fuente: 'No-Retail-Box-Bike-Font-b-Gps-b-Font-Mini-Font-b-Gps-b-Font-Bicycle.Jpg (572×608)'  
<https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1.508KFXXXaWXXXq6xXFXXXq/No-retail-box-bike-font-b-gps-b-font-mini-font-b-gps-b-font-bicycle.jpg> [accessed 09 October 2019]

- **Tecnología RFID (Identificación por Radio Frecuencia):** Este sistema es utilizado en el momento en que un usuario ancla o desancla una bicicleta del cicloparqueadero. Su principal función es detectar la proximidad de la bicicleta y generar una alerta cuando se parquea o se retira. La bicicleta tiene un RFID emisor y la cicloestación tiene uno receptor de modo que cuando el RFID receptor detecta la proximidad de una bicicleta genera alertas de que la bicicleta se dispone a ser devuelta hasta que quede anclada correctamente o cuando se aleja, informa que el usuario la ha desanclado correctamente y se dispone a usarla (ver Figura 16).

Figura 16. Tecnología RFID en un SBP



Fuente: 'Inalámbrico En La Etiqueta De La Bicicleta Utilizada Para Los Propósitos Scrum Ilustraciones Vectoriales, Clip Art Vectorizado Libre De Derechos. Image 90079022.' <[https://es.123rf.com/photo\\_90079022\\_inalámbrico-en-la-etiqueta-de-la-bicicleta-utilizada-para-los-propósitos-scrum.html](https://es.123rf.com/photo_90079022_inalámbrico-en-la-etiqueta-de-la-bicicleta-utilizada-para-los-propósitos-scrum.html)> [accessed 09 October 2019].

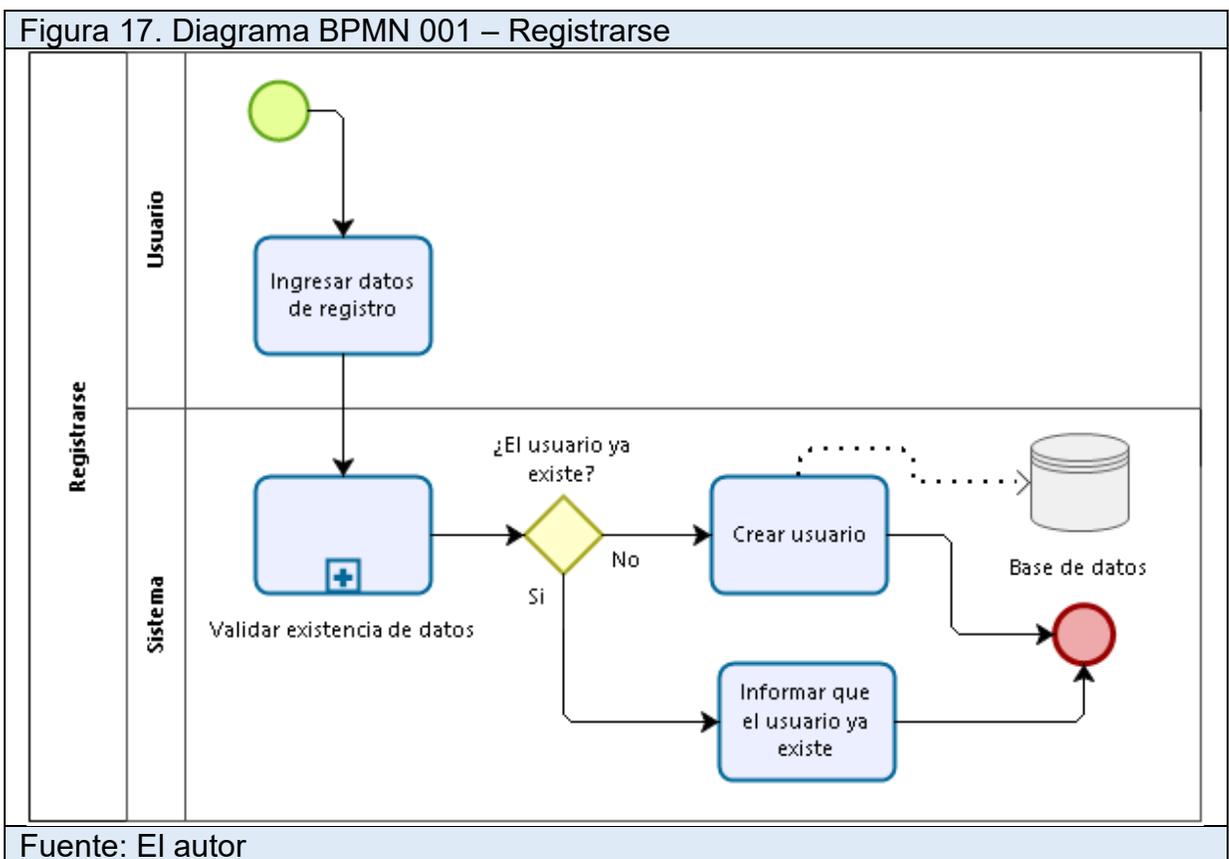
- **Cicloparqueaderos:** Es aquí donde se parquean las bicicletas, estos cicloparqueaderos cuentan con un sistema de anclaje el cual permite al usuario dejar o retirar una bicicleta para su posterior uso.
- **Terminal inteligente:** La terminal inteligente es el componente con el cual interactúa el usuario para poder utilizar una bicicleta, allí se pueden hacer transacciones como: consultar saldo, cambiar de idioma, realizar pago, seleccionar bicicleta o imprimir factura. Este componente está equipado con un dispositivo tipo wifi mediante el cual se comunican todos los componentes de la cicloestación para posteriormente reportar la información de las transacciones al servidor de aplicaciones mediante el protocolo https.

#### 4.1.1.4. Vista funcional.

El principal propósito de esta vista es describir los elementos funcionales del sistema, sus interacciones y responsabilidades principales de los Stakeholders involucrados<sup>55</sup>.

- **Registrarse.**

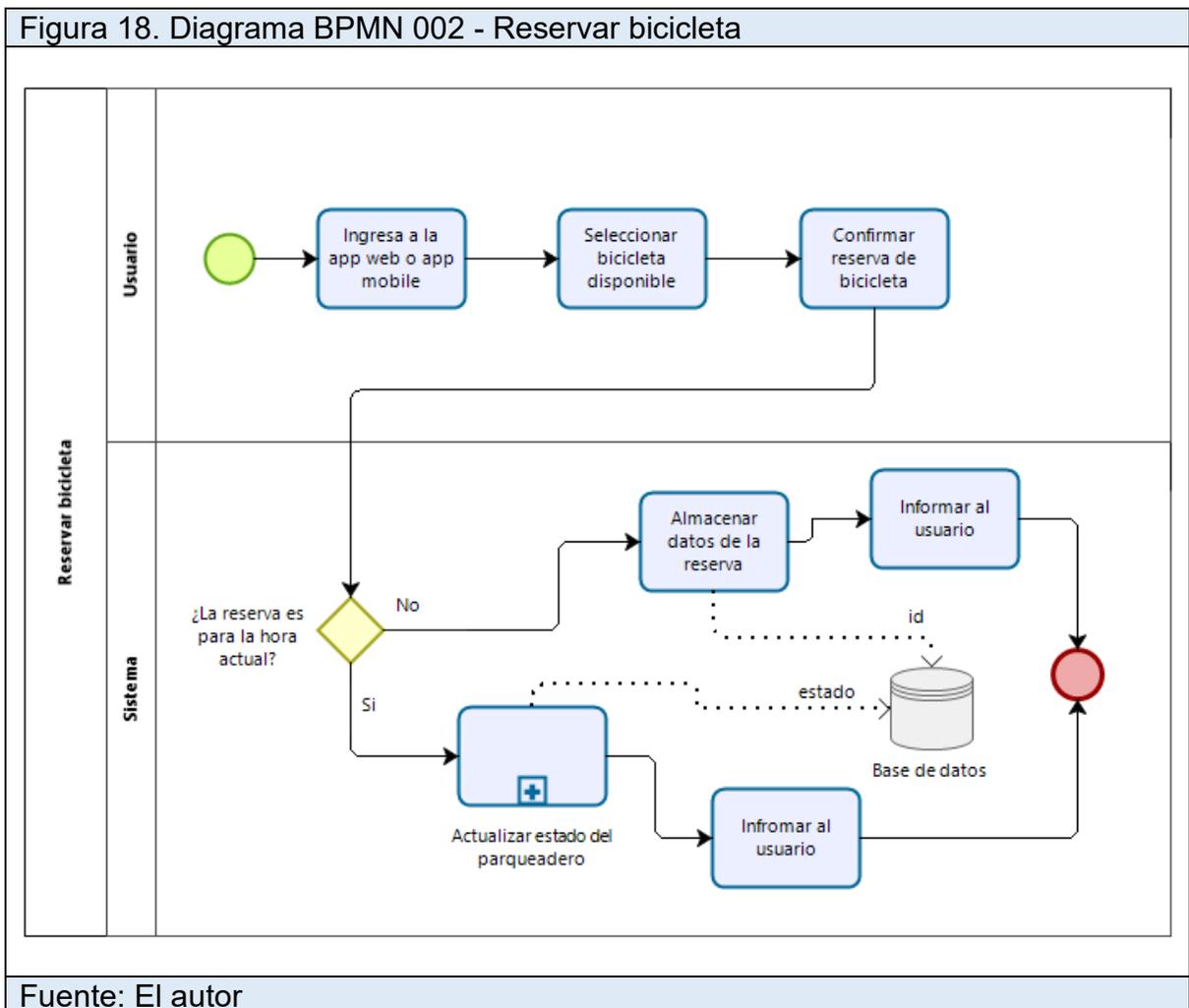
Para que el usuario pueda acceder a las funcionalidades del sistema debe registrarse mediante el diligenciamiento de un formulario web que se le proporciona una vez ingrese al módulo de registro, una vez validados sus datos, el sistema activa al usuario y le brinda las instrucciones necesarias para que pueda hacer uso de este (ver Figura 17).



<sup>55</sup> *Ibid*

- **Reservar bicicleta**

El usuario desea reservar una bicicleta para determinada hora en una cicloestación específica, para esto, debe ingresar a la app web o app mobile y allí debe ingresar a la sección de reservas, luego, podrá seleccionar una bicicleta que se encuentre disponible en una cicloestación y horario deseado. El sistema validará que el usuario cuente con una membresía vigente para culminar la reserva. Por último, el sistema muestra todos los datos de la reserva hecha con su ID de reserva correspondiente (ver Figura 18).

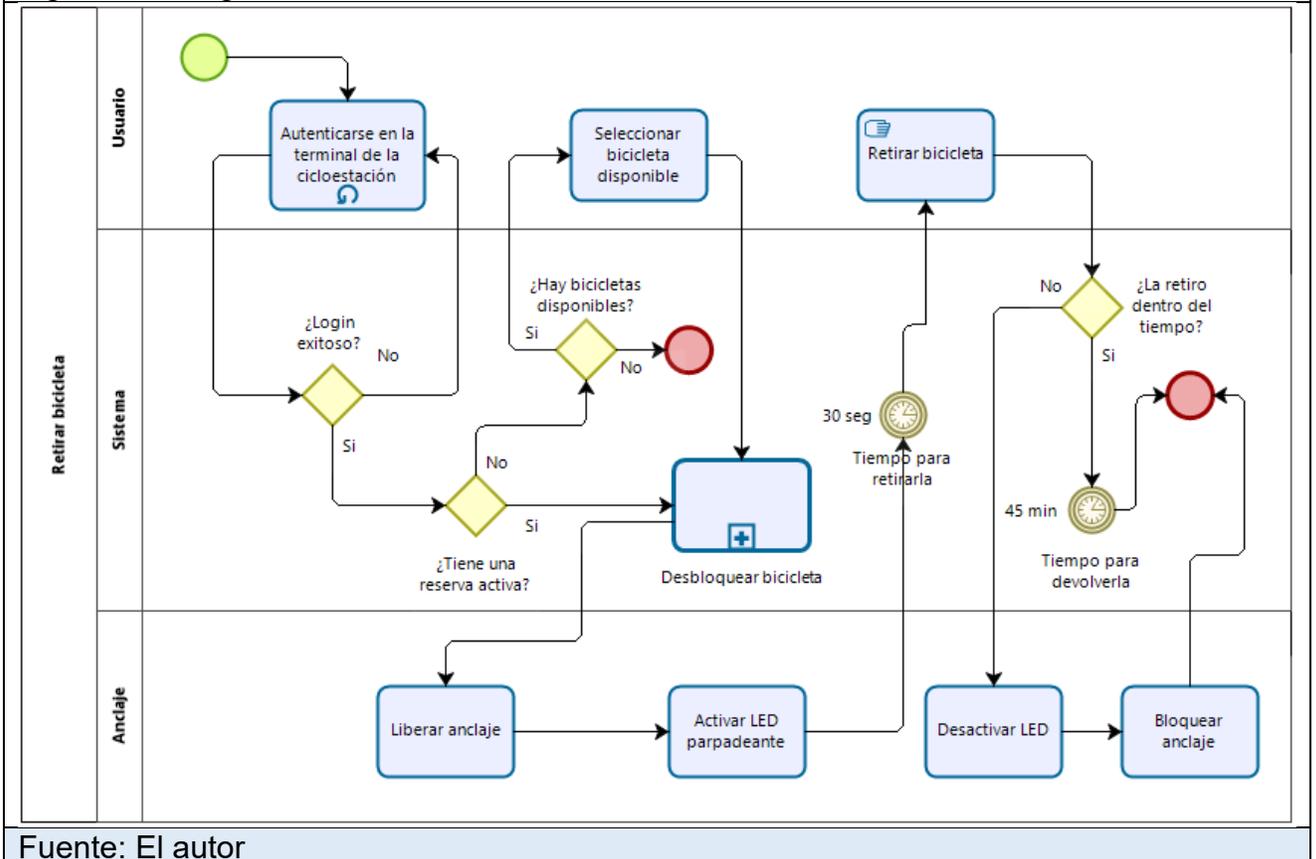


- **Retirar bicicleta.**

Cuando el usuario desea utilizar una bicicleta, debe acercarse a la cicloestación más próxima y solicitar la bicicleta a través de la terminal ubicada en cada cicloestación, allí se autentica mediante una Smart Card y selecciona una

bicicleta que esté disponible. Si el usuario ya cuenta con una reserva, solo debe acercarse la tarjeta o ingresar el ID de la reserva para que el sistema identifique la bicicleta que el usuario va a utilizar. En ambos casos, el sistema libera la bicicleta seleccionada y le da un tiempo de 30 segundos al usuario para que este la pueda desanclar y retirar para su posterior uso (ver Figura 19).

Figura 19. Diagrama BPMN 003 - Retirar bicicleta

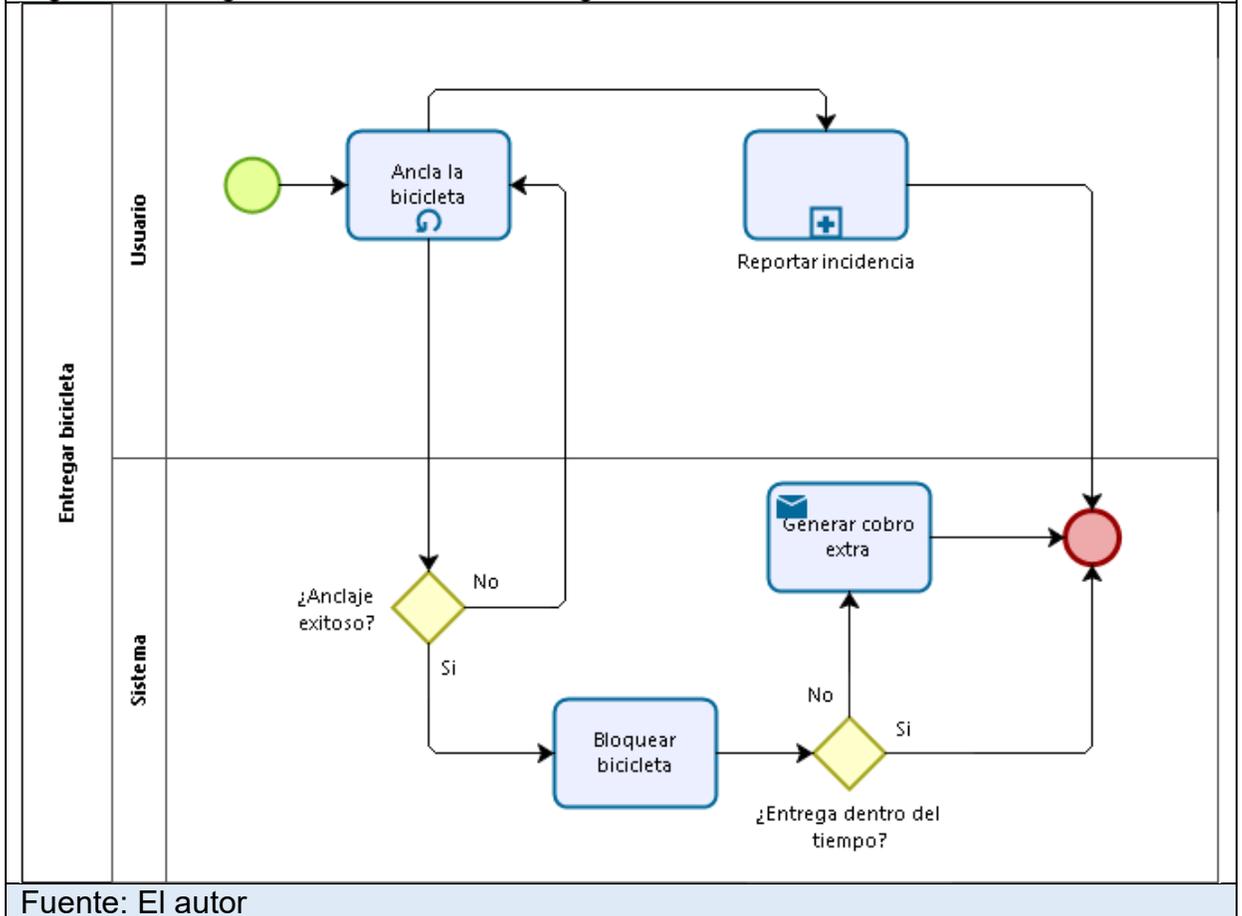


Fuente: El autor

- **Entregar bicicleta**

En el momento que el usuario desea entregar la bicicleta porque su recorrido ha terminado, debe acercarse a la cicloestación más cercana y anclar la bicicleta en un parqueadero libre dentro de la cicloestación. El proceso de anclaje debe hacerse correctamente para que el sistema pueda bloquear de nuevo la bicicleta y dar como terminado el recorrido de ese usuario (ver Figura 20).

Figura 20. Diagrama BPMN 003 - Entregar bicicleta

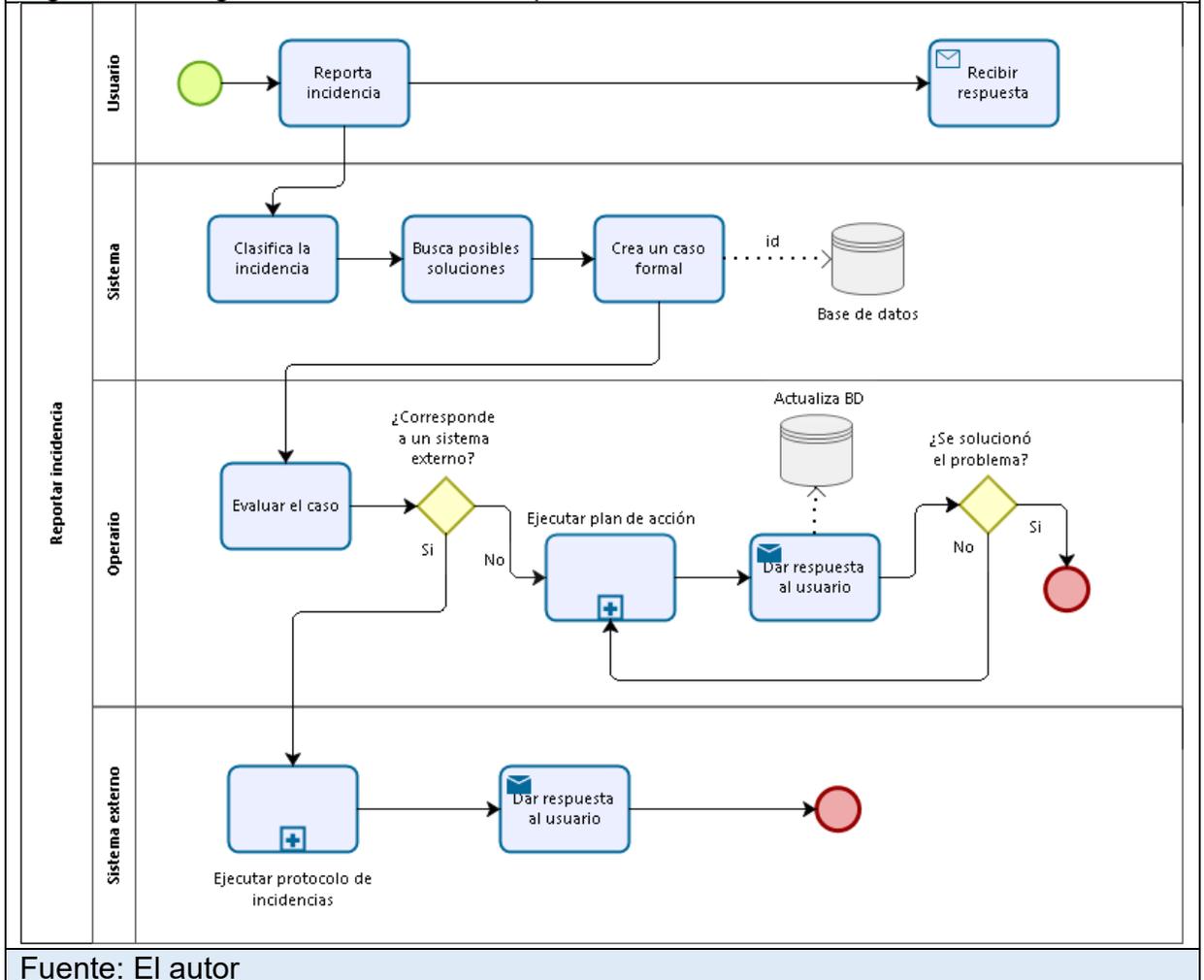


Fuente: El autor

- **Reportar incidencia**

En el momento en que un usuario llegue a necesitar ayuda de cualquier índole o sufra algún inconveniente dentro del sistema, puede recurrir a la sección de ayuda para reportar la incidencia actual. Estas incidencias por lo general tienen que ver con fallas mecánicas de una bicicleta, problemas con una transacción en una terminal, problemas con el anclaje/desanclaje o reportar un problema de inseguridad, entre otros. El sistema por su parte recibe la incidencia reportada, la clasifica y la crea en el sistema, luego, la transfiere a un operador para que este pueda ejecutar un plan de acción o transferirla hacia un sistema externo (Policía, bomberos, etc.) si es el caso (ver Figura 21).

Figura 21. Diagrama BPMN 004 – Reportar incidencia

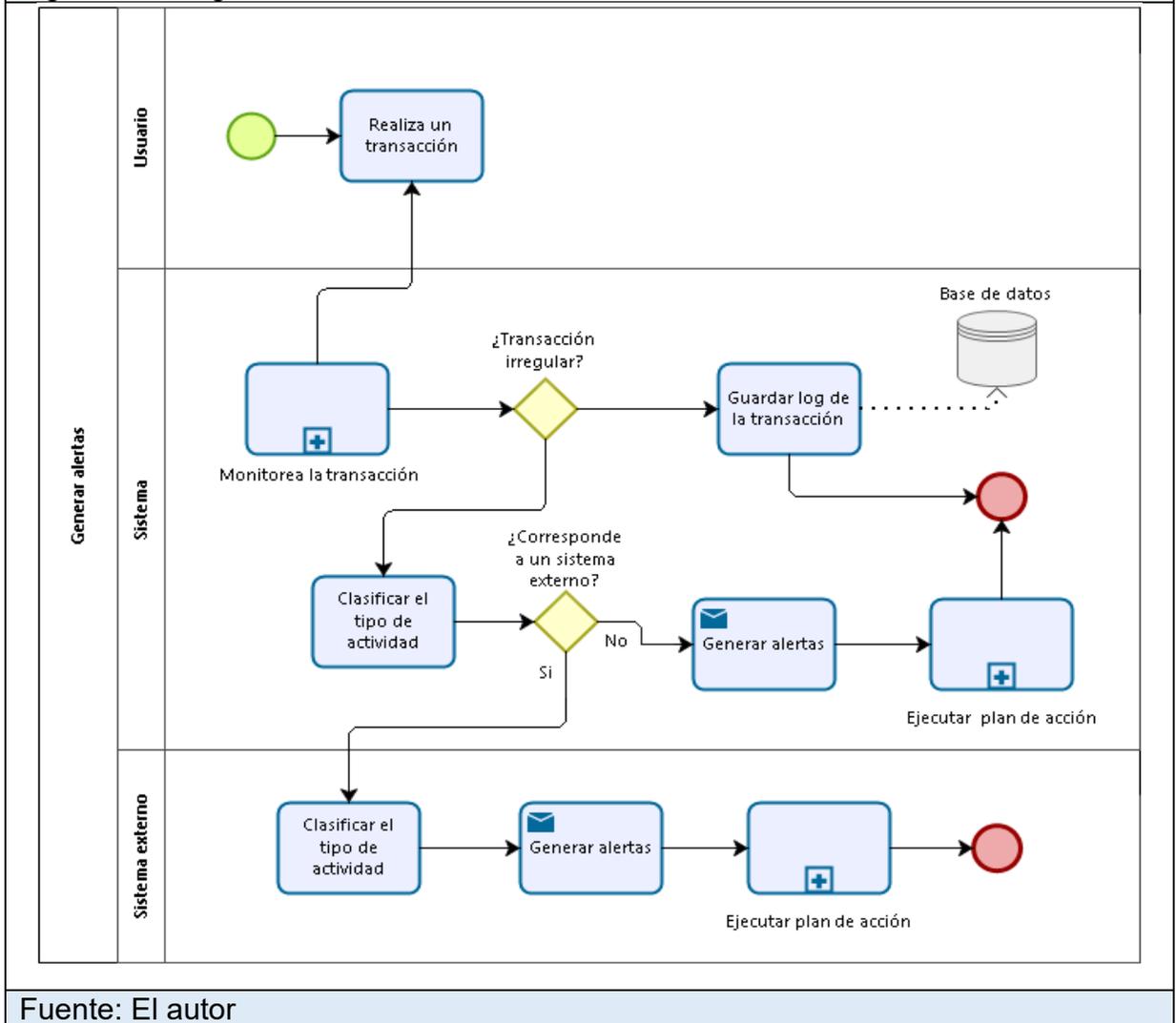


Fuente: El autor

- **Generar alertas**

El sistema está monitoreando todas las transacciones que se realizan dentro del mismo en tiempo real, para esto, se han parametrizado diferentes tipos de controles y alertas que se encargan de detectar comportamientos sospechosos que puedan ir en contra de cualquier norma establecida o que estén enfocados en corromper alguna característica del sistema. Si el sistema detecta algún comportamiento de estos automáticamente genera un tipo de alerta según el caso (ver Figura 22).

Figura 22. Diagrama BPMN 006 – Generar alertas



Fuente: El autor

#### 4.1.1.5. Vista de despliegue.

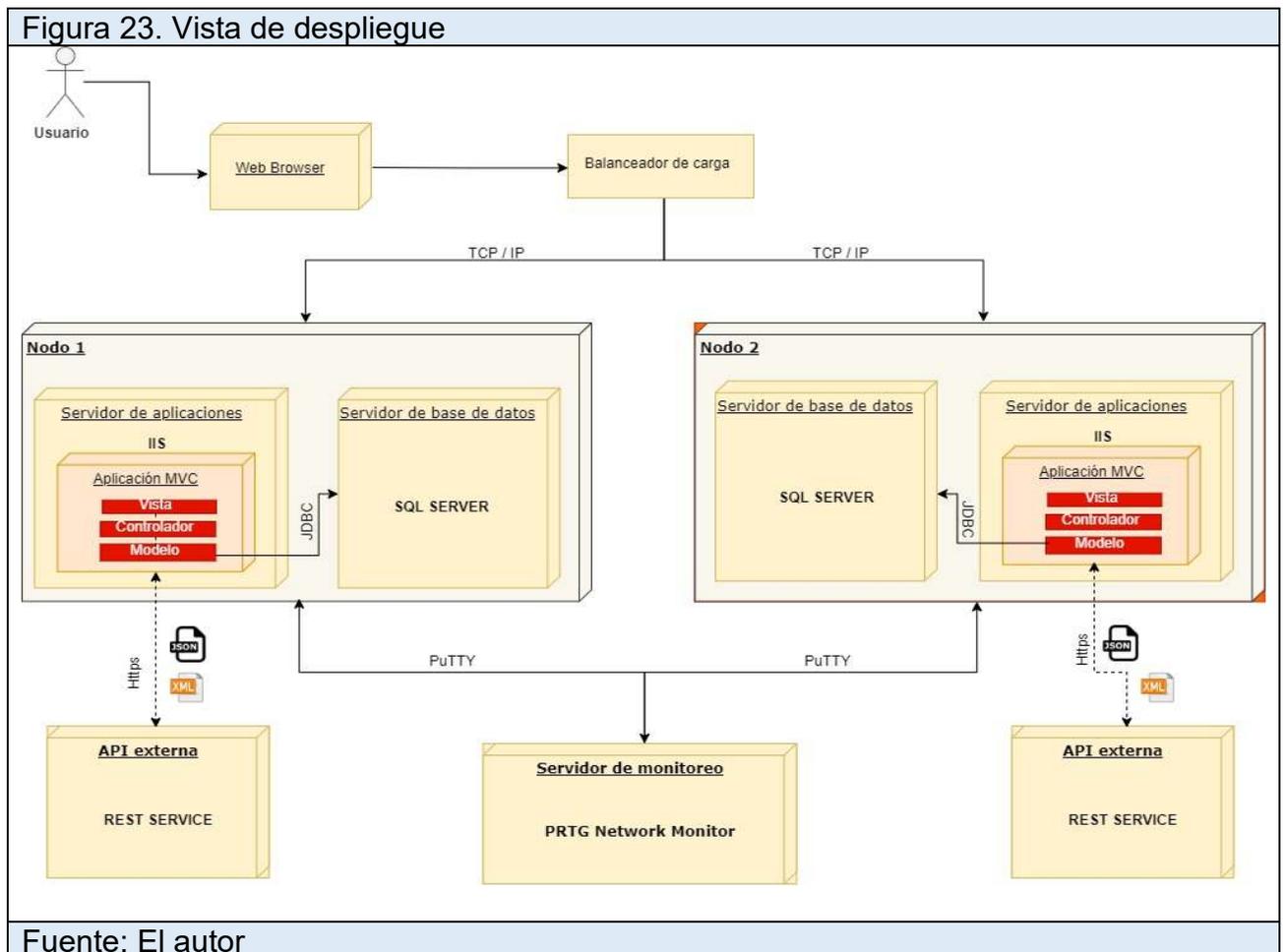
El despliegue del sistema está soportado principalmente en 4 componentes fundamentales: Balanceador de cargas, Nodo 1, Nodo 2 y un Servidor de monitoreo. El Balanceador de cargas se encarga de distribuir equitativamente la cantidad de peticiones que puedan hacer ciertos usuarios en una fracción de tiempo determinada, este proceso lo hace mediante el protocolo TCP/IP.

El Nodo 2 es una réplica exacta del Nodo 1 el cual utiliza un Servidor de aplicaciones de Microsoft (IIS) en el cual se despliega una aplicación construida bajo el Framework .NET que a su vez fue desarrollada bajo el lenguaje de programación C# y con un estilo de arquitectura basado en MVC (Modelo, Vista, Controlador).

El motor de Base de Datos que se utilizó es SQL Server, este se conecta con la aplicación mediante un driver JDBC, esta conexión permite realizar todas las operaciones CRUD que el usuario desee hacer mediante una interfaz gráfica según su rol.

El servidor de monitoreo es un PRTG Network Monitor, desde donde se monitorea segundo a segundo las transacciones de los Nodos 1 y 2 con el fin de evaluar el estado de cada uno y prevenir posibles fallas en cualquiera de sus transacciones, este monitoreo se realiza mediante el un cliente SSH que en este caso es PuTTY.

La comunicación con sistemas externos se realiza mediante el consumo de APIs y Web Services que utilizan protocolos REST o SOAP, los cuales se comunican mediante archivos de tipo JSON o XML respectivamente (ver Figura 23).

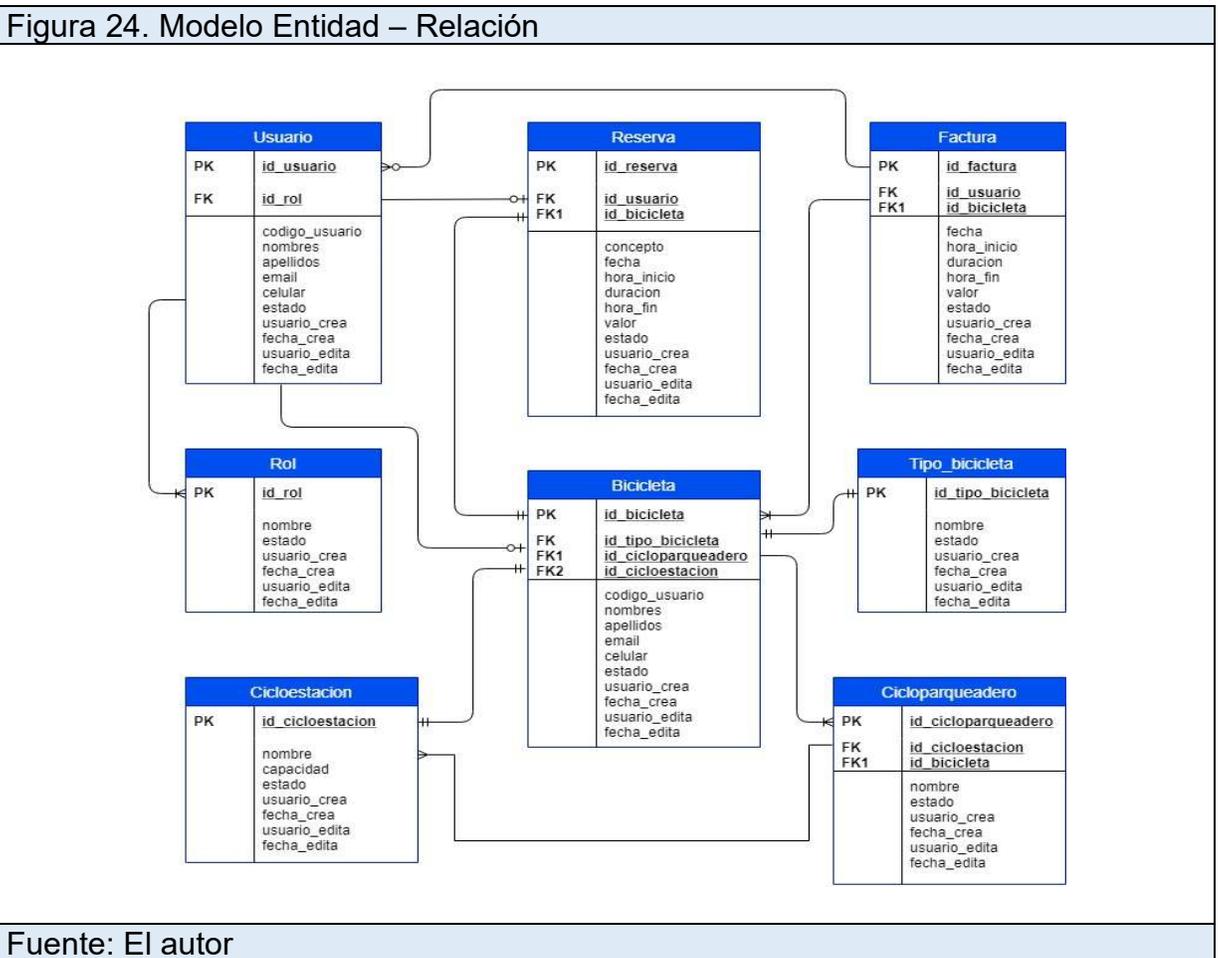


#### 4.1.1.6. Vista de información

El propósito principal de este punto de vista es describir la forma en que la arquitectura va a gestionar la información del sistema<sup>56</sup>.

- **Modelo Entidad - Relación (ER)**

Para gestionar la información correctamente se debe definir el modelo de datos que soporta la operación de un SBP en la ciudad de Bogotá, para esto, es necesario definir un modelo entidad – relación que permita interrelacionar los datos de manera lógica y ordenada (ver Figura 24).



<sup>56</sup> GARCÉS, Kelly [En línea] 'ARQUITECTURA Y DISEÑO DE SOFTWARE', En *Seguridad Con Apache Shiro*, 2015. [citado 25 octubre 2019]. Disponible en internet: <https://sistemasacademico.uniandes.edu.co/~isis2503/dokuwiki/doku.php?id=laboratorios:shiro>

- **Bicicleta:** Allí se almacenan todos los datos de cada bicicleta, el tipo de bicicleta (mecánica, electroasistida, etc.), la cicloestación y el cicloparqueadero al cual pertenece.
- **Tipo\_bicicleta:** Se almacena la información detallada de cada tipo de bicicleta.
- **Cicloestación:** Se almacena la información de cada cicloestación que a su vez contiene determinada cantidad de cicloparqueaderos y bicicletas.
- **Cicloparqueadero:** Se almacena la información de cada cicloparqueadero en donde estarán ubicadas las bicicletas.
- **Usuario:** Se almacena la información básica del usuario en donde a su vez se le asigna un rol dentro del sistema.
- **Rol:** Se almacenan los diferentes roles que tiene cada usuario, estos permiten parametrizar los accesos y permisos que cada Stakeholder tiene sobre el sistema.
- **Factura:** Se almacenan los datos relacionados con el cobro que se le genera al usuario por el uso de una bicicleta pública en la ciudad de Bogotá.
- **Reserva:** Se almacenan los datos de las reservas de bicicletas que el usuario realiza cuando va a solicitar una bicicleta pública.

#### 4.2. MATRIZ DE ROLES Y RESPONSABILIDADES

El propósito de una matriz de roles y responsabilidades es relacionar las actividades o tareas que tiene un Stakeholder dentro de un proceso en el sistema. Para lograrlo, se listan las tareas principales que se desarrollan dentro del sistema y luego se le asigna un Stakeholder responsable o encargado de cumplirla (ver Tabla 28).

Las tareas que se deben cumplir se basan en 4 conceptos (en inglés, RACI) principales:

- **“R” (Responsible):** Es quién ejecuta una tarea.
- **“A” (Accountable):** Es quién vela porque la tarea se cumpla, aún sin tener que ejecutarla en persona.

- “C” (**Consulted**): Indica que una persona o área debe ser consultada respecto de la realización de una tarea.
- “I” (**Informed**): Indica que una persona o área debe ser informada respecto de la realización de una tarea<sup>57</sup>.

Tabla 28. Matriz de roles y responsabilidades

Matriz de roles y responsabilidades						
Tareas		Roles				
		Gerente	Administrador	Operador	Mecánico	Usuario
1	Toma de decisiones	A / R	C			
2	Estrategia	A / R	C			
3	Entorno legal y normativo	R	C			
4	Gestión del proyecto	R / A	R / C			
5	Asegurar funcionamiento	A	R	C	C	
6	Supervisión de funciones	I	A / R			
7	Administración de procesos	I	A / R	C	C	
8	Gestión de usuarios	I	R			
9	Gestión de componentes	I	A / R	C	C	
10	Operaciones CRUD	I / C	R	I	I	I
11	Brindar ayuda inmediata		A	R	R	I / C
12	Pedagogía con el usuario		A	R		I / C
13	Socializar campañas		A	R	I	I / C
14	Brindar acompañamiento		A	R	I / C	I / C
15	Solución de tickets	I	A	R	I / C	I / C
16	Reparación de infraestructura	I	A		R	I
17	Asesoramiento mecánico		A	R	I / C	
18	Reservas		A / R			R
19	Consultas		A / R			R
20	Pagos		I			R
21	Solicitar ayuda	I	A	R	R	R
22	Reportar incidencias	I	A / C	A		R
23	Consultar estadísticas		I			R
24	Calcular rutas		I			R
25	Calcular costos		I			R
26	Adquirir una membresía	I	A / C			R

Fuente: El autor

<sup>57</sup> Anónimo [En línea] '¿Qué Es Una Matriz RASCI y Para Qué Nos Sirve?' en Ibermatica365. [Citado 9 octubre 2019]. Disponible en internet: <https://www.ibermatica365.com/que-es-una-matriz-rasci-y-para-que-nos-sirve/>.

## 5. VALIDACIÓN DE ARQUITECTURA PROPUESTA

### 5.1. TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE ARQUITECTURAS

Existen dos tipos de técnicas de evaluación, cualitativas y cuantitativas. Las cualitativas se utilizan cuando la arquitectura aún se encuentra en la etapa de diseño o construcción, mientras que las cuantitativas son utilizadas cuando la arquitectura ya ha sido implementada.

#### 5.1.1. Árboles de utilidad.

Para esta ocasión se utilizará una técnica de evaluación de tipo cualitativa basada en escenarios conocida como Árboles de utilidad. Los árboles de utilidad (en inglés Utility Tree UT) son esquemas en forma de árbol que tienen como finalidad principal identificar y priorizar los atributos de calidad más importantes en un modelo de arquitectura buscando traducir los objetivos de negocio en escenarios de calidad.<sup>58</sup>

A la hora de realizar un árbol de calidad se deben tener en cuenta las siguientes definiciones que darán forma y coherencia a los resultados:

- Las hojas del árbol se priorizan en dos dimensiones.
- Para dar el nivel de prioridad a cada dimensión se utilizan 3 denominaciones: High, Medium y Low (H, M, L).
- En la primera dimensión se define la importancia para el éxito del sistema.
- En la segunda dimensión se define el grado de dificultad para completar el escenario.
- Los escenarios con denominación (H, H) son considerados los de más alta prioridad<sup>59</sup>.

La Figura 25. Árbol de utilidad muestra el árbol de utilidades correspondiente al modelo de arquitectura planteado en secciones anteriores:

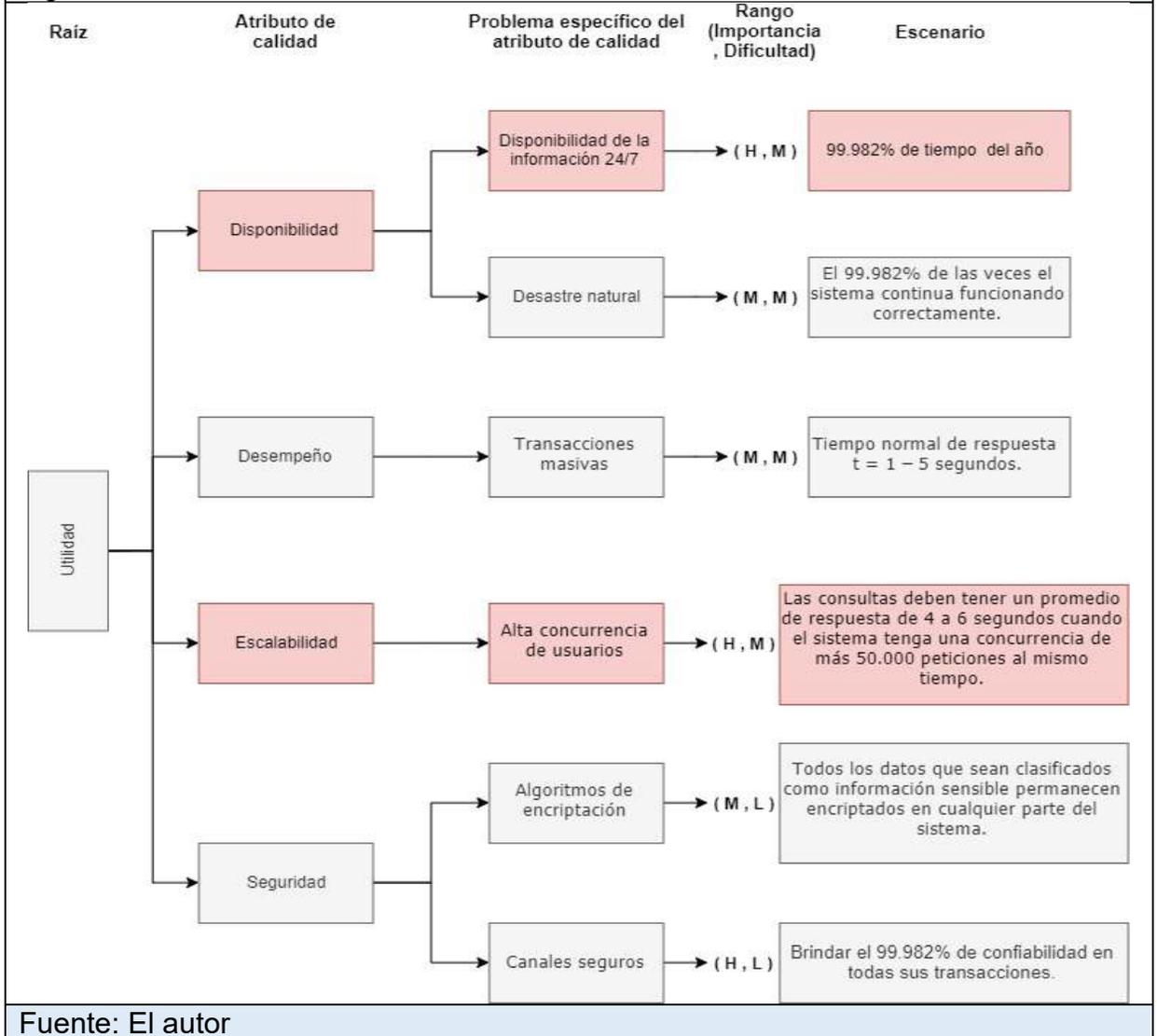
---

<sup>58</sup> ECU RED [En línea] 'Técnicas de Evaluación de Arquitectura de Software' [citado 30 noviembre 2019] Disponible en internet:

<[https://www.ecured.cu/Técnicas\\_de\\_Evaluación\\_de\\_Arquitectura\\_de\\_Software](https://www.ecured.cu/Técnicas_de_Evaluación_de_Arquitectura_de_Software)>.

<sup>59</sup> DEPARTAMENTO DE SISTEMAS [en línea] 'Evaluación de Arquitecturas de Software (ATAM)' Universidad de los Andes. [citado 30 noviembre 2019] Disponible en internet: <<https://profesores.virtual.uniandes.edu.co/~isis3702/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?media=principal:isis3702-atam.pdf>>.

Figura 25. Árbol de utilidad



Fuente: El autor

### 5.1.1.1. Analizar las aproximaciones arquitecturales.

Luego de haber realizado el árbol de utilidad se procede a analizar las aproximaciones arquitecturales. En este paso se utilizan como entradas los escenarios de mayor prioridad evidenciados en el árbol de utilidad y con esto se busca identificar los Riesgos, los NO Riesgos, los Puntos de Sensibilidad y los Tradeoffs. Los conceptos anteriormente mencionados se describen a continuación:

- **Puntos de Sensibilidad:** Es la propiedad más crítica de uno o más componentes para el logro de un atributo de calidad. El hallazgo de los puntos de sensibilidad sirve para determinar los Riesgos y los No Riesgos.

- **Tradeoff:** Propiedad que afecta más de un punto de sensibilidad.<sup>60</sup>

Tabla 29. Escenario de análisis de enfoque arquitectónico 01

<b>Análisis de enfoque arquitectónico</b>				
<b>Escenario #:</b> 01		Acceso al sistema en períodos de mantenimiento		
<b>Atributo(s):</b> Disponibilidad				
<b>Entorno:</b> Operación normal				
<b>Estimulo:</b> Consultar historial de viajes en horas de la madrugada				
<b>Respuesta:</b> El sistema está disponible 99.982% de tiempo del año				
<b>Decisiones arquitectónicas</b>	<b>Sensibilidad</b>	<b>Tradeoff</b>	<b>Riesgo</b>	<b>No riesgo</b>
Definir periodos de mantenimiento	S1	T1	R1	N1
<b>Razonamiento:</b> Los tiempos de caída del sistema no exceden la disponibilidad garantizada en la medida de respuesta.				
<b>Puntos de sensibilidad</b>	<b>Descripción</b>			
S1	El sistema debe entrar en mantenimiento.			
<b>Tradeoffs</b>	<b>Descripción</b>			
T1	Usuarios conectados en una caída del sistema			
<b>Riesgos</b>	<b>Descripción</b>			
R1	Posible pérdida de datos en una caída del sistema			
<b>No riesgos</b>	<b>Descripción</b>			
N1	La información no pierde integridad			

Fuente: El autor

Tabla 30. Escenario de análisis de enfoque arquitectónico 02

<b>Análisis de enfoque arquitectónico</b>				
<b>Escenario #:</b> 02		Reservar una bicicleta en horas de alta concurrencia		
<b>Atributo(s):</b> Escalabilidad				
<b>Entorno:</b> Estrés, alta concurrencia				
<b>Estimulo:</b> Muchos usuarios conectados al mismo tiempo reservando bicicletas				
<b>Respuesta:</b> De 4 a 6 segundos cuando el sistema tenga una concurrencia de más 50.000 peticiones al mismo tiempo.				
<b>Decisiones arquitectónicas</b>	<b>Sensibilidad</b>	<b>Tradeoff</b>	<b>Riesgo</b>	<b>No riesgo</b>
Distribuir cargas de procesamiento equitativamente en los Nodos distribuidos	S2	T2	R2	N2

<sup>60</sup> KAZMAN, Rick; KLEIN, Mark y CLEMENTS, Paul 'ATAM: Method for Architecture Evaluation'. Agosto, 2000, publicado por Carnegie Mellon Software Engineering Institute. Technical Report CMU/SEI-2000-TR-004.

<b>Razonamiento:</b> El servidor de monitoreo no permitirá el fallo de alguno de los servidores cuando haya una ocupación de transacciones por encima del 70%, en tal caso, dará aviso en el momento que el hardware no de abasto.	
<b>Puntos de sensibilidad</b>	<b>Descripción</b>
S2	El sistema pasa de un 20% a un 70% de ocupación en menos de 5 segundos
<b>Tradeoffs</b>	<b>Descripción</b>
T2	Varios usuarios intentan reservar una bicicleta en una misma fracción de tiempo
<b>Riesgos</b>	<b>Descripción</b>
R2	Transacciones entran en bug
<b>No riesgos</b>	<b>Descripción</b>
N2	Solo hay una transacción con éxito

Fuente: El autor

#### 5.1.1.2. Presentación de resultados.

De acuerdo a la información recopilada en los ítems anteriores se puede concluir que en este caso el atributo de calidad que tiene mayor prioridad es la Disponibilidad, seguido de la Escalabilidad.

Además, se identificaron principalmente: 2 puntos de sensibilidad, 2 tradeoffs, 2 o más riesgos y 2 o más No riesgos.

#### 5.1.2. Validación de un experto

El diseño de arquitectura realizado en este documento es evaluado mediante un formato técnico de validación de modelos de arquitectura. Este formato fue construido con el fin de que el experto que hace la validación pueda evaluar todos los aspectos técnicos que debe tener un documento de arquitectura de software para que pueda ser declarado como un diseño válido (ver Tabla 31).

En este caso, la validación del documento de arquitectura fue evaluada por el docente de la Universidad Católica de Colombia Nixon Duarte A., el cual se desempeña como Ing. de Sistemas y Computación experto en el área de Arquitectura de Software. Por lo anterior, el ingeniero Nixon Duarte está calificado para poder validar el diseño de arquitectura, el cual fue evaluado por medio de correo electrónico (véase Anexo 2. Comprobante de validación a través de correo electrónico.) y, el resultado se muestra en el Anexo 1. Formato técnico de validación de un diseño de arquitectura.

Tabla 31. Formato técnico de validación de diseño de arquitectura

 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b> de Colombia	<b>FORMATO TÉCNICO PARA LA VALIDACIÓN DEL DISEÑO DE UN MODELO DE ARQUITECTURA</b>		
	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA</b>		
	<b>PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS</b>		
<b>NOMBRE DEL EXPERTO:</b>		<b>PROFESIÓN:</b>	
<b>CARGO:</b>		<b>FIRMA:</b>	
<b>FECHA DE EVALUACIÓN:</b>			
<b>NOMBRE DEL ESTUDIANTE:</b>		<b>CÓDIGO:</b>	
<b>ASPECTO EVALUADO</b>	<b>CRITERIOS</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Definición de las restricciones tecnológicas	¿Define el manejo de la base de datos?		
	¿Define cuál lenguaje de programación utiliza?		
	¿Define cual(es) Frameworks de desarrollo utiliza?		
	¿Define sobre cuál(es) servidor(es) de aplicaciones hará el despliegue?		
	¿Explica cómo se lleva a cabo el manejo de versionamiento del desarrollo del proyecto?		
Definición de los atributos de calidad	¿Son suficientes y coherentes?		
	¿Tienen el detalle necesario?		
Definición de los escenarios operacionales	¿Corresponden con la problemática que se está planteando?		
	¿Tiene el nivel de detalle necesario?		
Vistas de arquitectura	Vista de Solución		
	Vista de Ejecución		
	Vista de Contexto		
	Vista Funcional		
	Vista de Información		
Roles y permisos del sistema	¿Son claros?		
	¿Son coherentes?		
	¿Son suficientes?		
<b>RESULTADO DE LA EVALUACIÓN</b>			
La evaluación de este formato está compuesta por <b>5</b> ítems principales y <b>17</b> ítems secundarios, de los cuales, sólo si cumple el 95% o más de la aprobación de estos, se declara que la arquitectura es Válida, de lo contrario no.			

<b>Descripción</b>	<b>Total</b>	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>
Items principales	5		
Items secundarios	17		
<b>Total de ítems a evaluar</b>	<b>21</b>		
<b>Comentarios adicionales:</b>			

Fuente: El autor

## 6. CONCLUSIONES

Mediante el uso de las TI se pueden encontrar soluciones alternativas a problemáticas tan importantes como la movilidad en una ciudad capital que alberga grandes cantidades de población. El análisis de sistemas alternativos de transporte como SBPs utilizados en otras ciudades capitales alrededor del mundo, han servido como referencia para diseñar un modelo de arquitectura que contemple todas las características tecnológicas y de infraestructura en Bogotá.

En el levantamiento de información se identificó que en las ciudades que se tomaron como referencia, los SBPs comparten componentes de infraestructura similares como cicloestaciones, cicloparqueaderos, terminales inteligentes y por lo general dos tipos de bicicletas: mecánicas y electroasistidas. Además, los principales protocolos de comunicación utilizados son: https, TCP/IP, señales de radiofrecuencia (RFID).

Para realizar el diseño del modelo de arquitectura se tuvieron en cuenta las vistas de ejecución, contexto, despliegue, información y con base a estas se diseñó una vista general en donde se plantea un panorama global de toda la arquitectura sobre la cual funcionará el sistema. Por otra parte, dentro del diseño del modelo de arquitectura se incluyeron componentes tecnológicos que puedan soportar gran cantidad de transacciones sin que el sistema pierda eficiencia ni desempeño, para esto se utilizaron dos nodos principales, habiendo en cada uno de ellos dos servidores (Application Server y DB Server), esto con el fin de que el balanceador de cargas pueda repartir de una forma más equilibrada el trabajo para cada uno.

Por último, este diseño de arquitectura fue validado mediante el juicio de un experto dando como resultado la aprobación de todos los ítems técnicos que fueron evaluados a través de un formato técnico de validación de arquitecturas.

El diseño de una arquitectura para implementar un SBP en la ciudad de Bogotá es solo el primer paso para que la ciudad pueda avanzar y mejorar en temas de movilidad y control de tráfico para así poder estar a la altura de otras ciudades que ya hace algunos años vienen implementando estas alternativas de movilidad.

## **7. RECOMENDACIONES**

Este trabajo solo tiene como fin el diseño de un modelo de arquitectura para la implementación de un SBP en la ciudad de Bogotá, debido a esto, es necesario hacer el desarrollo del software para que el usuario pueda acceder a todas las funcionalidades que promete el sistema.

Por otra parte, se recomienda basarse en nuevas investigaciones que puedan surgir para darle un mejor uso a la infraestructura de la ciudad y poder mejorar temas como la seguridad dentro y fuera del sistema, integración con otros sistemas de transporte público, uso de inteligencia artificial (IA), Big Data y otras tecnologías que estén a la vanguardia. De esta manera, con la ayuda de este modelo de arquitectura, los entes encargados de implementar todo el sistema en la ciudad no solo tendrán un diseño como base, sino que podrán aplicar nuevas estrategias de mejoramiento que contemplen muchos más detalles que ayudarán perfeccionar el sistema.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

ARQUITECTURA TI COLOMBIA [en línea] 'FAQs ¿Qué Es Un Punto de Vista de Arquitectura? ' [citado el 25 octubre 2019]. Disponible en internet: <https://mintic.gov.co/arquitecturati/630/w3-article-9466.html>.

BAEZA YATES, Ricardo, RIVERA LOAIZA, Cuauhtémoc, VELASCO MARTIN, Javier. Arquitectura de La Información y Usabilidad En La Web. El Profesional de La Información. [En línea]. mayo- junio 2004 - [Citado 24 octubre 2019] ISSN 1386-6710, Vol. 13, No. 3, pags 168-178 Disponible en internet: [https://www.researchgate.net/publication/28157667\\_Arquitectura\\_de\\_la\\_informacion\\_y\\_usabilidad\\_en\\_la\\_web](https://www.researchgate.net/publication/28157667_Arquitectura_de_la_informacion_y_usabilidad_en_la_web)

D.F Suero, 'Factibilidad Del Uso de La Bicicleta Como Medio de Transporte En La Ciudad de Bogotá', Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia, 12.February (2010), 14 <<https://doi.org/Depósito Legal: GR-1441/04>>.

DE LA LANZA, Iván [En línea] 'Ecobici – Ciudad de México Caso de Estudio Modelos de Negocio Sistemas de Bicicletas Compartidas' 2017 [citado 24 de octubre 2019]. Disponible en internet: <https://www.retocdmx.com/documents/wri4.pdf>

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS [en línea] 'Evaluación de Arquitecturas de Software (ATAM)' Universidad de los Andes. [citado 30 noviembre 2019] Disponible en internet: <https://profesores.virtual.uniandes.edu.co/~isis3702/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?media=principal:isis3702-atam.pdf>

GARCÉS, Kelly [En línea] 'ARQUITECTURA Y DISEÑO DE SOFTWARE', En *Seguridad Con Apache Shiro*, 2015. [citado 25 octubre 2019]. Disponible en internet: <https://sistemasacademico.uniandes.edu.co/~isis2503/dokuwiki/doku.php?id=laboratorios:shiro>

ITDP [En línea] Guía de planeación del sistema de bicicleta pública [2013] - [Citado 24 octubre 2019]. Pag. 80. Disponible en internet: <http://mexico.itdp.org/download/19372/>

KAZMAN, Rick; KLEIN, Mark y CLEMENTS, Paul 'ATAM: Method for Architecture Evaluation'. Agosto, 2000, publicado por Carnegie Mellon Software Engineering Institute. Technical Report CMU/SEI-2000-TR-004.

MONTES DE OCA SÁNCHEZ DE BUSTAMANTE, Antonio ‘Arquitectura de Información y Usabilidad: Nociones Básicas Para Los Profesionales de La Información’, *Acimed*, 12 [2004], [Consultado 29 abril 2020] .Disponible en internet: [scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1024-94352004000600004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352004000600004)

NIXON DUARTE A, Documento de arquitectura de software: Guía para la elaboración del documento. [2015] Documento utilizado en clase

ROBLES, Pilar y DEL CARMEN, Manuela, ‘La Validación Por Juicio de Expertos: Dos Investigaciones Cualitativas En Lingüística Aplicada.’, *Revista Nebrija de Lingüística Aplicada a La Enseñanza de Lenguas*, 18, 2015, 103.

ROLANDO, Samuel y GONZÁLEZ, Luna. [En línea] Una Nueva Revolución En La Movilidad Urbana: Los Sistemas De Bicicletas Bogotá [2016] - [Citado 01 abril 2020] Vol. 1 (2016). pag 28–42.

‘UDIMA [En línea]. Sistemas Distribuidos. Madrid España [Citado 20 marzo 2020]. Disponible internet: <https://www.udima.es/es/sistemas-distribuidos.html>

AJUNTAMENT DE BARCELONA. La bicicleta pública [en línea] Barcelona. Área de ecología, urbanismo y movilidad [citado 09 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL: <http://ajuntament.barcelona.cat/bicicleta/es/servicios/la-bicicleta-p%C3%BAblica>>

BICING. Tarifas [en línea] Barcelona: Ajuntament de Barcelona. [09 octubre 2019] Disponible en Internet: <URL: <https://www.bicing.barcelona/es/tarifas>>

BICING. El nuevo servicio Bicing [en línea] Barcelona: Ajuntament de Barcelona. [citado 09 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL:<https://www.bicing.barcelona/es/nou-servei-bicing>>

BICING. ¿Qué es el Via Bicing? [en línea] Barcelona: Ajuntament de Barcelona. [citado 09 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL:<https://www.bicing.barcelona/es/app-bicing#scrol-reference-1>>

CARBAJO JOSA, Fernando. ‘Tema 3: ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES’ [Consultado 29 abril 2020] Disponible en internet: <URL: <http://jroliva.com/fernando/Redes/Teoria/UD03d.pdf>.>

CIVANTOS María. ¿Qué Son Las APIs REST? - Tribalyte Technologies [En línea]. Bogotá [16 febrero 2018] - [Citado 31 marzo 2020] Disponible en internet: <URL: <https://tech.tribalyte.eu/blog-que-es-una-api-rest>.>

ECOBICI. ¿Qué es ECOBICI? [en línea] Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México [citado 08 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL: <https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/que-es-ecobici>>

ECOBICI. Características de las bicicletas [en línea] Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México [citado 08 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL: <https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/bicicletas>>

ECOBICI. Información del servicio [en línea] Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México [citado 08 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL: <https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/faqs#7-con-mi-tarjeta-de-la-ciudad-puedo-usar-ecobici>>

ECOBICI. Requisitos, planes y tarifas [en línea] Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México [citado 08 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL: <https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/requisitos-planes-y-tarifas>>

ECOBICI. Tomar y dejar la bici [en línea] Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México [citado 08 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL: <https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/tomar-y-dejar-bici>>

ECOBICI. Cicloestaciones [en línea] Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México [citado 08 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL: <https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/cicloestaciones>>

ECOBICI. Mapa Ciclovías [en línea] Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México [citado 08 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL: [https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/sites/default/files/pdf/mapa\\_ciclovias\\_2019.pdf](https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/sites/default/files/pdf/mapa_ciclovias_2019.pdf)>

ECU RED [En línea] 'Técnicas de Evaluación de Arquitectura de Software' [citado 30 noviembre 2019] Disponible en internet: <URL: [https://www.ecured.cu/Técnicas\\_de\\_Evaluación\\_de\\_Arquitectura\\_de\\_Software](https://www.ecured.cu/Técnicas_de_Evaluación_de_Arquitectura_de_Software)>.

ESCALONA ROJAS, Thais. [En línea] 'Tipos de Metodología de La Investigación – Cómo Hacer Una Metodología', 2015 [Citado 29 noviembre 2019] p. 1. Disponible en internet: <URL: <http://aprenderlyx.com/tipos-de-metodologia-de-investigacion/>.>

GONZÁLEZ Jorge [en línea] 'La Bicicleta y La CDMX: La Guía Que Todo Ciclista Debe Conocer' en AS México, 19 abril 2018 [citado el 24 octubre 2019]. Disponible en internet: <URL: [https://mexico.as.com/mexico/2018/04/19/masdeporte/1524113274\\_196232.html](https://mexico.as.com/mexico/2018/04/19/masdeporte/1524113274_196232.html).>

IBM CORPORATION [En línea]. ¿Qué Es SOAP? Bogotá [2018] - [Citado 05 abril 2020]. Disponible en internet: <URL: [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSKM8N\\_8.0.0/com.ibm.etools.mft.doc/ac55770](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSKM8N_8.0.0/com.ibm.etools.mft.doc/ac55770)>

IDRD [En línea]. Historia de la Ciclovía. Bogotá [2017] - [Citado 24 octubre 2019]. Disponible en internet: <URL: <https://www.idrd.gov.co/historia-ciclovía-bogotana>>

IDRD [En línea]. Ciclopaseos IDRD Bogotá [2017] - [Citado 24 Octubre 2019] Disponible en internet: <URL: <http://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/node/168>>

MUVO [En línea] 'MUVO | Bicicletas Eléctricas Compartidas En Bogotá | Alquiler de Bicis FAQ' [10 octubre 2017] [consultado 28 noviembre 2019]. Disponible en internet: <URL: <https://muvo.bike/index.php/2017/10/30/faq/> >

ORACLE [En línea]. ¿Qué Es Internet of Things (IoT)? Bogotá [2018] - [Citado 30 marzo 2020] Disponible en internet: <https://www.oracle.com/co/internet-of-things/what-is-iot.html>

Anónimo, 'El protocolo HTTP' [En línea]. Bogotá en 1991, 2012, 1–54 <<http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/aplicacion/http.html> [accessed 31 March 2020].>

Anónimo [En línea] '¿Qué Es Una Matriz RASCI y Para Qué Nos Sirve?' en Ibermatica365. [Citado 9 octubre 2019]. Disponible en internet: <https://www.ibermatica365.com/que-es-una-matriz-ras-ci-y-para-que-nos-sirve/>.

TERMINALES MEDELLÍN [En línea] 'Sistema de Bicicletas Públicas – SBP – EnCicla | Terminales Medellín' Medellín [Citado 01 abril 2020]. Disponible en internet: <https://www.terminalesmedellin.com/convenio/sistema-de-bicicletas-publicas-sbp-encicla/>

VÉLIB', 'París - Vélib' - Autoservicio de Bicicletas En París - Sitio Oficial', 2018 <<https://www.velib-metropole.fr/es/discover/service>> [accessed 09 October 2019].

VÉLIB'. 'Suscripción o un pase' [en línea]. Paris: Smovengo. [citado 09 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL: <https://www.velib-metropole.fr/es/offers>>

CONEXIÓN CAPITAL [En línea] 'Avanza Iniciativa Para Que Bogotá Tenga Un Sistema Público de Bicicletas' [28 agosto 2019] [consultado 29 noviembre 2019] Disponible en internet: <https://conexioncapital.co/avanza-iniciativa-bogota-tenga-un-sistema-publico-de-bicicletas/> .

REVISTA DINERO [En línea]. Sistema de transporte público de Bogotá según estudio de Moovit. Bogotá [12 diciembre 2016] - [Citado 24 octubre 2019] Disponible en internet: <https://www.dinero.com/pais/articulo/sistema-de-transporte-publico-de-bogota-segun-estudio-de-moovit/239908>

REVISTA DINERO, 'Sistema de Transporte Público de Bogotá Según Estudio de Moovit', [12 diciembre 2016] ] [Citado 24 octubre 2019]. Disponible en internet: <https://www.dinero.com/pais/articulo/sistema-de-transporte-publico-de-bogota-segun-estudio-de-moovit/239908>

ESMARTCITY. Movilidad Urbana [en línea] Grupo Tecma Red S.L. Barcelona. 01 OCTUBRE 2018 [citado 09 Octubre, 2019] Disponible en Internet: <URL: <https://www.esmartcity.es/2018/10/01/2019-se-incorporaran-1000-bicicletas-electricas-sistema-bicing-barcelona>>

EL ESPECTADOR [En línea]. Bogotá Mejor en Bici [03 marzo 2010] - [Citado 24 Octubre 2019] Disponible en internet: <https://www.elespectador.com/impreso/articuloimpreso191008-mejor-bici>

EL ESPECTADOR [En línea]. Top 10 de las problemáticas que más agobian a bicisuarios en Bogotá. [30 marzo 2016] [Citado 24 octubre 2019]. Disponible en internet: <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/top-10-de-problematicas-mas-agobian-bicisuarios-bogota-articulo-624525>

EL ESPECTADOR [En línea] ¿Por Qué Los Biciusuarios No Usan Las Ciclorrutas?. [19 septiembre 2017] [Citado 24 octubre 2019]. Disponible en internet: [elespectador.com/noticias/bogota/por-que-los-bicisuarios-no-usan-las-ciclorrutas-articulo-713990](https://www.elespectador.com/noticias/bogota/por-que-los-bicisuarios-no-usan-las-ciclorrutas-articulo-713990)

FORBES STAFF, [En línea] 'CDMX, La Quinta Ciudad Más Habitada En El Mundo: ONU', en *Forbes México*, mayo 16 2018, [citada 24 octubre 2019] pp. 1–4. Disponible en internet: <<https://www.forbes.com.mx/cdmx-la-quinta-ciudad-mas-habitada-en-el-mundo-onu/>>.

EL NUEVO SIGLO, [En línea] 'Radiografía a Uso de Bicicleta En Bogotá'. [21 junio 2018] [citado el 24 de septiembre 2019]. Disponible en internet: <https://elnuevosiglo.com.co/articulos/06-2018-radiografia-uso-de-bicicleta-en-bogota>

REVISTA SEMANA. [En línea]. Bogotá es la ciudad con más kilómetros de ciclovías en América Latina. Bogotá 18 enero 2016 – [Citado 24 octubre 2019]. Disponible en internet: <http://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/bogota-es-la-ciudad-con-mas-kilometros-de-ciclovias-en-america-latina/34445>

REVISTA SEMANA [en línea] 'Cuántas Personas Montan Bicicleta En Bogotá', 22 julio 2018. [citado 24 de octubre 2019] Disponible en internet: <https://www.semana.com/nacion/articulo/cuantas-personas-montan-bicicleta-en-bogota/572660>

EL TIEMPO [En línea] 'Qué Pasará Con El Sistema de Bicicletas Públicas Para Bogotá -[30 enero 2019] [citado 29 noviembre 2019] Disponible en internet: <https://www.eltiempo.com/bogota/que-pasara-con-el-sistema-de-bicicletas-publicas-para-bogota-321182>.

EL TIEMPO [en línea] 'Número de Habitantes de Bogotá Según El Censo Del DANE' 5 de julio 2019 [citado 24 de octubre 2019]. Disponible en internet: <https://www.eltiempo.com/bogota/numero-de-habitantes-de-bogota-segun-el-censo-del-dane-384540>.

EL TIEMPO [en línea] 'Los Retos Que Deja La Semana de La Bici En Bogotá' 29 de septiembre 2019 [citado 24 de octubre 2019]. Disponible en internet: <https://www.eltiempo.com/bogota/los-retos-que-deja-la-semana-de-la-bici-en-bogota-417786>

## 9. ANEXOS

Anexo 1. Formato técnico de validación de un diseño de arquitectura.

 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b> de Colombia	<b>FORMATO TÉCNICO PARA LA VALIDACIÓN DEL DISEÑO DE UN MODELO DE ARQUITECTURA</b>		
	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA</b>		
	<b>PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS</b>		
<b>NOMBRE DEL EXPERTO:</b> Nixon Duarte A.		<b>PROFESIÓN:</b> Docente	
<b>CARGO:</b> Ing. De Sistemas y Comp.		<b>FIRMA:</b>	
<b>FECHA DE EVALUACIÓN:</b> 31/10/2019			
<b>NOMBRE DEL ESTUDIANTE:</b> Brian Leonardo López		<b>CÓDIGO:</b> 624871	
ASPECTO EVALUADO	CRITERIOS	CUMPLE	OBSERVACIONES
Definición de las restricciones tecnológicas	¿Define el manejo de la base de datos?	Si	
	¿Define cuál lenguaje de programación utiliza?	Si	
	¿Define cual(es) Frameworks de desarrollo utiliza?	Si	
	¿Define sobre cuál(es) servidor(es) de aplicaciones hará el despliegue?	Si	
	¿Explica cómo se lleva a cabo el manejo de versionamiento del desarrollo del proyecto?	Si	
Definición de los atributos de calidad	¿Son suficientes y coherentes?	Si	
	¿Tienen el detalle necesario?	Si	Para el nivel de formación sí.
Definición de los escenarios operacionales	¿Corresponden con la problemática que se está planteando?	Si	
	¿Tiene el nivel de detalle necesario?	Si	
Vistas de arquitectura	Vista de Solución	Si	
	Vista de Ejecución	Si	
	Vista de Contexto	Si	
	Vista Funcional	Si	
	Vista de Información	Si	
Roles y permisos del sistema	¿Son claros?	Si	
	¿Son coherentes?	Si	
	¿Son suficientes?	Si	
<b>RESULTADO DE LA EVALUACIÓN</b>			

La evaluación de este formato está compuesta por **5** ítems principales y **17** ítems secundarios, de los cuales, sólo si cumple el 95% o más de la aprobación de estos, se declara que la arquitectura es Válida, de lo contrario no.

Descripción	Total	Cumple	No cumple
Ítems principales	5	5	0
Ítems secundarios	17	17	0
<b>Total de ítems a evaluar</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>0</b>

**Comentarios adicionales:** Como claridad a esta revisión, se debe tener en cuenta que estoy revisando, que a nivel de Arquitectura cumpla con elementos básicos como Escenarios operacionales, restricciones tecnológicas, atributos de calidad, vistas arquitecturales básicas como la de la solución, la de ejecución, las de contexto, la funcional, la de despliegue y la de información, además de la matriz de roles. Puedo dar mi visto bueno que este documento cumple con elementos básicos de un diseño de arquitectura. De otra mano, la aceptación final, revisión y evaluación está en manos de los jurados, son ellos quienes tienen la responsabilidad final.

Se recomienda revisar y ajustar el formato de presentación del documento, No está bien presentado, revisar los títulos, títulos de las imágenes, entre otros. Revisar detalladamente cada sección.

## Anexo 2. Comprobante de validación a través de correo electrónico.

**NIXON ALONSO DUARTE ACOSTA**  
para mí

fyi

de: **NIXON ALONSO DUARTE ACOSTA** <[redacted]>  
para: Brian Leonardo López <[redacted]>  
fecha: 31 oct. 2019 20:42  
asunto: Re: Validación de arquitectura trabajo de grado

enviado por: ucatolica.edu.co  
firmado por: ucatolica.edu.co  
seguridad: Cifrado estándar (TLS) [Más información](#)

Mensaje importante porque se te ha enviado directamente

Universidad Católica de Colombia o de su directiva.  
Universidad Católica de Colombia no aceptará responsabilidad alguna por daños causados por cualquier  
me a lo previsto en la Constitución y en la Ley 1273 del 5 de Enero de 2009, y está dirigida exclusivamente  
comunicación por cualquier otra persona diferente al destinatario no está autorizado por la Universidad

- El que ilícitamente sustraiga, oculte, extravíe, destruya, intercepte, controle o impida esta comunicación, antes de que llegue a su destinatario, estará sujeto a las sanciones penales correspondientes. Igualmente, incurrirá en sanciones penales el que, en provecho propio o ajeno o con perjuicio de otro, divulgue o emplee la información contenida en esta comunicación. En particular, los servidores de Internet públicos que reciban este mensaje están obligados a asegurar y mantener la confidencialidad de la información en él contenida y, en general, a cumplir con los deberes de custodia, cuidado, manejo y demás previstos en el régimen disciplinario.

- Si por error recibe este mensaje, le solicitamos enviarlo de vuelta a la Universidad Católica de Colombia, a la dirección de correo electrónico que se lo envió, y borrarlo de sus archivos electrónicos o destruirlo.

**LEGAL NOTICE:**

- Any opinions contained in this message are exclusive of its author and not necessarily represent the official position of "Universidad Católica de Colombia" or of its authorities.

- The recipient must verify the presence of possible informatic viruses in the mail or in any annex thereto, and for this reason "Universidad Católica de Colombia" shall not be made liable for any damages caused by viruses transmitted hereby.

- The information contained in this message and in any electronic files annexed thereto is confidential and privileged, as per the Colombian Constitution and the Law that governs "Universidad Católica de Colombia" and is directed exclusively to its addressee, with no intention of it being disclosed or revealed to third parties. The access to the content of this communication by any person different from its addressee is not authorized by "Universidad Católica de Colombia" and shall be penalized in accordance with the applicable legal dispositions.

- Any person who illicitly removes, hides, distracts, destroys, intercepts, controls, or otherwise prevents this communication from arriving to its addressee, shall be subject to the appropriate criminal penalties. Likewise, criminal penalties shall be incurred by any who, either for his/her own benefit or on behalf of third parties, or with prejudice of a third party, discloses or employs the information contained in this communication. In particular, public servants that may receive this message shall be obliged to ensure and keep the confidentiality of the information contained therein and, in general, to comply with the duties of custody, care, handling and other provided under the disciplinary regime.

- If you should happen to receive this message by mistake, please send it back to "Universidad Católica de Colombia" to the same e-mail address and either delete it from your electronic files or destroy it.