

**Biker-Camp & Cloud Computing, Una Propuesta De Desarrollo De
Parqueo Inteligente De Bicicletas Para La Ciudad De Bogotá**

Modalidad curso coterminal - Especialización en Gestión de Redes de Datos Universidad
Santo Tomas Bogotá

Alvaro Miguel Reyes Blanco

Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Electrónica
Tunja, Colombia
Noviembre 2021

El contenido de este documento es solo responsabilidad de su autor. La Universidad Santo Tomas seccional Tunja y la facultad de Ingeniería Electrónica quedan exoneradas de todas las consecuencias y responsabilidades que pueda generar este proyecto.

NOTA DE ACEPTACIÓN:

Fecha: Día ____ Mes ____ Año ____

Firma Jurado

Firma Jurado

Dedicatoria:

A mi familia quienes con su esfuerzo han apoyado cada una de las etapas de mi vida formándome con valores que son imborrables y siempre van a perdurar y se van a reflejar en cada una de mis acciones.

A mis docentes de la carrera de ingeniería electrónica que han contribuido para que nuestros conocimientos sigan fortaleciéndose y que continuemos perseverando hacia la lucha por conseguir lo que nos proponemos.

Agradecimientos

Quiero expresar mi gratitud, a mi familia por estar siempre presentes y apoyarme en este proceso de formación profesional.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Santo Tomas, a toda la Facultad de Ingeniería Electrónica, y a cada uno de los que hicieron parte de este proceso.

Tabla de contenido

1.	Introducción	1
2.	Justificación	3
3.	Planteamiento del Problema	4
	Definición del Problema	4
	Pregunta de investigación	5
	Delimitación del problema.....	5
4.	Objetivo General.....	6
4.	Marco Teórico.....	7
	Antecedente de los diez mejores biciparqueaderos de Bogotá	7
	Antecedente Histórico.....	12
	Antecedente Bibliográfico	15
	Estado del Arte.....	19
	Terminología.....	26
	Comunicaciones Móviles.	26
	Cloud Computing.....	26
	IoT (Internet of Things).	26
	Redes de Comunicación.....	27
	Redes LAN (Local Área Network).	27
	Redes MAN (Metropolitan Área Network).	27
	Redes WAN (Wide Área Network).	28
	SaaS.....	28
	Sistemas Embebidos.	28
	Tecnologías Inalámbricas.	29
	TOP-DOWN.	29
	WI-FI (Wireless Fidelity).....	29
	Bluetooth.....	30
	Marco Legal.....	31
	Acuerdo de París COP21	33
5.	Metodología	34
	Etapa No. 1 Identificación	35
	Etapa No. 2 Exploración	35
	Etapa No. 3 Diseño	35
6.	Resultados	36
	Etapa N.ª 1: Identificación:	36
	Etapa N.ª 2: Exploración:	37
	Etapa N.ª 3 Diseño	38
	Conclusiones	48

	vii
7. Bibliografía	50
Anexos	58

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1: Imagen evolución de la bicicleta desde 1818-1970	13
Ilustración 2: Cavalcanti.M. (2012) Biceberg: donde el ciclista tiene un registro con una tarjeta electrónica que libera un espacio de parqueo.	19
Ilustración 3: Bigloo (2018). Bigloo: un sistema de almacenamiento, aparcamiento y gestión, automático de bicicletas.....	20
Ilustración 4:Eco Cycle (2020). Eco Cycle: Arquitectura urbana subterránea por la sostenibilidad	21
Ilustración 5: Estacionamiento más grande del mundo en la ciudad Utrecht (2020).	22
Ilustración 6:Modelo de estacionamiento en forma de T de la universidad del Bosque de Colombia (2018).....	23
Ilustración 7: Recuperado de https://www.dart.org . Domo DART en la ciudad de Dallas....	24
Ilustración 8: Recuperado de https://www.falco.co.uk . Punto de ingreso y recuperación de la bicicleta. El sensor de tarjetas de proximidad permite realizar la operación.....	24
Ilustración 9: Ko Ko Lwin, Thuta & Phyu, Khaing & Nyein, Khine & Chan,. (2020). Bike Parking Cabinet Control System. Diagrama de Circuitos de la Cabina de Control de biciparqueaderos.....	25
Ilustración 10:Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema de biciparqueadero.....	40
Ilustración 11. Esquemático topológico de red.....	41
Ilustración 12. Esquema de conexión de Raspberry Pi 3 B+ para el control de servomotores.....	43
Ilustración 13. Set de instrucciones en Python para el control de servomotores.....	44
Ilustración 14. Diagrama de flujo para operación de biciparqueadero.....	45
Ilustración 15. Arquitectura de Solución para el manejo de biciparqueaderos a nivel de software.....	47

Lista de Tablas

Tabla 1: Comparativo 10 Mejores Biciparqueaderos de la ciudad de Bogotá.....	8
Tabla 2: Antecedentes Bibilograficos	15
Tabla 3:Matriz DOFA de la tecnología inalámbrica bluetooth.....	38
Tabla 4:Matriz DOFA de la tecnologia Wi-Fi.....	39

Lista de Anexos

Anexo 1. Cronograma de Actividades	58
--	----

Resumen

El proyecto: BIKER-CAMP & CLOUD COMPUTING, UNA PROPUESTA DE DESARROLLO DE PARQUEO INTELIGENTE DE BICICLETAS PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ, enfatiza en el desarrollo y diseño de un dispositivo de control de los biciparqueaderos, mediante el uso de una red de comunicación inalámbrica bajo el protocolo 802.11, empleando una arquitectura flexible e integrada a una plataforma Cloud, permitiendo optimizar los servicios en accesibilidad de espacios, tiempos, y seguridad para los usuarios y para quienes administran estos lugares de parque.

1. Introducción

El proyecto de investigación **BIKER-CAMP & CLOUD COMPUTING, una propuesta de diseño de parqueo inteligente de bicicletas para la ciudad de Bogotá**, se enmarca en la rama de las telecomunicaciones haciendo énfasis en los estudios del pregrado en Ingeniería Electrónica, bajo la metodología Top Down, cuyo objetivo, es planear y desarrollar proyectos tecnológicos a través de la aplicación de un método científico, orientado a descubrir conocimientos que conllevan a la aplicabilidad en ambientes académicos y empresariales.

En el proyecto, se integran herramientas tecnológicas NTIC, que posibilitan y proyecta la mejora de espacios seguros de biciparqueaderos de la capital de Colombia, optimizando el servicio de parqueo a futuro para los capitalinos que se movilizan a través de este medio de transporte. En la propuesta se ven reflejados los conocimientos adquiridos en el pregrado de Ingeniería Electrónica; considero que los avances tecnológicos deben tener la proyección social y suplir las necesidades que emanan las sociedades actuales.

Teniendo en cuenta, los avances de las NTIC (Nuevas Tecnologías de la Información y de la Comunicación) en las últimas décadas y las dinámicas tecnológicas actuales que imperan en el mundo globalizado en las que se propone la interconexión de máquinas a través del internet para ofrecer nuevos servicios a los usuarios, brindando la automatización para agilizar y facilitar tareas cotidianas; este proyecto propone un sistema de control que proporcione una arquitectura de comunicación inalámbrica flexible a través del protocolo 802.11 a/n, interconectada a servicios cloud computing e IoT, permitiendo garantizar la seguridad y la disponibilidad de espacios de bici parqueaderos en la capital, ubicando a Bogotá entre el top de las ciudades inteligentes.

En el desarrollo de este proyecto, se tiene presente estudios realizados frente al diseño de biciparqueaderos, haciendo referencia al estado del arte respecto a la tecnología empleada para

los biciparqueaderos; en el marco teórico, se menciona los diez mejores biciparqueadero en la ciudad de Bogotá, la historia e importancia de las bicicletas en la ciudad de Bogotá sin dejar de lado estudios realizados en otras grandes ciudades, antecedente bibliográfico.

En el marco legal se referencian las ultimas leyes y políticas, que motiva y promueve el uso de la bicicleta como medio alternativo de movilidad; de igual manera, se amplían los términos de la integración de servicios tecnológicos en cloud computing e IoT.

Finalmente se realiza una propuesta de unificación de herramientas tecnológicas basada en las telecomunicaciones para los biciparqueaderos de la capital, relacionando aspectos teóricos y prácticos.

2. Justificación

En Bogotá el hurto de bicicletas se ha incrementado en el primer semestre del año 2020 con respecto al año 2019, bajo las siguientes variables: falta de espacios de parqueo que garanticen la seguridad, atraco a los bici usuarios, descuido y exceso de confianza; se evidencia la necesidad inmediata de dar solución a esta problemática que afecta a los capitalinos en lo que refiere a este sistema de movilidad, integrando NTIC, logrando un impacto social y ambiental encaminado hacia el desarrollo de ciudades inteligentes.

Al dar solución a la problemática planteada, mediante la adecuación de bici parqueaderos inteligentes integrando las NTIC, se motiva a la ciudadanía a hacer uso de la bicicleta como medio alternativo de movilidad, lo que con lleva a lograr un impacto ambiental y a mejorar la calidad de vida en la capital.

El impacto y daño ambiental producida por el tráfico vehicular afecta no solo la capa de ozono produciendo gases efecto invernadero, también repercute a nivel de la salud de los habitantes capitalinos “Jiménez Pizarro indica que las partículas, en concentraciones por encima de las normas establecidas, pueden causar enfermedades respiratorias e incluso la muerte”.

Según la (Agencia noticias de la Universidad Nacional, 2012), las grandes ciudades a nivel mundial presentan gran preocupación por la alta contaminación que presenta los vehículos en las vías de transito generando un impacto ambiental; al motivar a los capitalinos en el uso de la bicicleta garantizando entornos seguros de parqueo y de movilidad la contaminación ambiental disminuirá optimizando la calidad de vida en la ciudad.

La ciudad ha crecido y la dinámica de la malla vial presenta congestión, por lo que los ciudadanos han optado por el uso de la bicicleta como un medio de transporte alternativo para el desplazamiento. Debido a la inseguridad que se presenta en la capital, es primordial la adecuación de biciparqueaderos con una propuesta en la que se integren herramientas tecnológicas, para el control y seguridad de espacios de parqueo de bicicletas en la ciudad.

3. Planteamiento del Problema

Definición del Problema

Los biciusuarios en los diferentes sectores de la ciudad de Bogotá, presentan dificultades al momento de parquear sus vehículos debido a que los espacios son insuficientes para estacionar y guardar las bicicletas en determinados tiempos. En Bogotá se observa que no hay adecuación de espacios que garanticen el parqueo y seguridad de las bicicletas, esto desmotiva a los capitalinos a movilizarse en este medio de transporte alternativo.

Según datos estadísticos reportados por el diario *La República* en el primer semestre del año 2020, se han reportado 8000 robos de bicicletas por año en la capital; siendo la ciudad de Bogotá la que encabeza el listado de las ciudades de Latinoamérica en el hurto de bicicletas. El robo de bicicletas creció en Bogotá en un 50%, pasando de 680 casos en julio del año 2019 a 1022 en julio del 2020. En el acumulado entre enero y julio el hurto a bicicletas aumentó un 29 %, pasando de 4.594 casos en el primer semestre del 2019 a 5.927 en 6 meses del 2020 (Caracol Radio ,2020).

La secretaria de Seguridad y de Movilidad, informa que el hurto a bicicletas en el primer semestre del 2020 tuvo un incremento en un 20% con respecto al 2019; de este porcentaje de robos, el 50% equivale a atracos y el otro 50%, se debe a la falta de biciparqueaderos que garanticen la seguridad a estos vehículos.

De acuerdo con lo anterior, para dar solución de seguridad de estos vehículos alternativos, Bogotá cuenta con una red de ciclo parqueaderos públicos, con disponibilidad de 3758 cupos, ubicados 6 portales y 11 estaciones de Transmilenio, cabe destacar que el sector privado a la fecha cuenta 172 bici parqueaderos con un total de 13.880 cupos para la ciudad de Bogotá, calificados con el sello de calidad de oro y plata por parte de la Secretaría de Movilidad.

Con base a lo anterior y aplicando los conocimientos adquiridos en el Pregrado, surge la siguiente pregunta:

Pregunta de investigación

¿Como integrar las NTIC (Nuevas Tecnologías de la información y de la Comunicación) en espacios de biciparqueaderos que garanticen servicios de seguridad, calidad, disponibilidad, a los usuarios de manera óptima y en tiempo real permitiendo proyección a ser ciudad inteligente y ambiental?

Delimitación del problema

De esta forma el problema a resolver en mi opción de grado en modalidad curso coterminal, es el diseño preliminar de un sistema de control automático por tecnología IoT para parqueaderos de bicicletas en la ciudad de Bogotá, el proyecto se realizará en el transcurso del primer semestre de la especialización Gestión de Redes de Datos, de la facultad de Telecomunicaciones de la USTA Bogotá.

4. Objetivo General

Proponer un diseño de biciparqueaderos usando la tecnología wifi en su banda 5G para la transmisión de datos de uso de espacios disponibles y datos de los usuarios haciendo uso de Cloud Computing e IoT, lo que permitirá el control y registro de las bicicletas.

Objetivos Específicos

1. Identificar el controlador, los sensores y demás elementos de hardware compatibles con IoT.
2. Identificar los componentes de software que se adapten mejor a los requerimientos para el manejo de la red de dispositivos de IoT.
3. Diseñar un prototipo de biciparqueaderos empleando una red de comunicación inalámbrica para el envío y consulta de datos de registro y control de los parqueaderos, a través de la integración de las plataformas cloud.

4. Marco Teórico

En este marco teórico de este proyecto de investigación, se menciona antecedentes como: los diez mejores biciparqueadero de Bogotá, estudios realizados de proyectos de biciparqueaderos en las universidades de Colombia, la importancia de la bicicleta en las sociedades, estado del arte y terminología, sustentando la validez teórico-practico y legal de la propuesta planteada.

Antecedente de los diez mejores biciparqueaderos de Bogotá

En Bogotá se destaca, en las dos últimas décadas desde el año 2000 a la fecha 2020 la manera como las administraciones por parte de las alcaldías han acogido e implementado las políticas referentes al uso de la bicicleta como medio alternativo de movilidad, contribuye a la preservación del medio ambiente y disminuye el impacto ambiental producido por los agentes contaminantes que producen los vehículos automotores.

La alcaldesa Claudia López da continuidad y fortalece las políticas de sus anteriores administraciones (Luis Garzón, Clara López, Gustavo Petro, Enrique Peñalosa), promoviendo el uso de la bicicleta; esta administración ha alcanzado a cubrir 172 ciclo parqueaderos certificados con el sello de calidad de oro y plata, con el fin de promover la movilidad sostenible para los capitalinos, adecuando espacios idóneos para el estacionamiento de este vehículo.

Este tipo de iniciativas son claves para la disminución de los altos índices de contaminación como la huella de carbono; una persona que deja de utilizar medios de transporte tradicionales y se moviliza en bicicleta está ayudando a la disminución de factores de contaminación como el Co2 y la polución, colaborando en el fortalecimiento de las iniciativas y políticas actuales frente al cambio climático.

En el ejercicio de analizar cuáles fueron los parqueaderos que cumplen las normas emanadas por la Secretaria de Movilidad de manera acertada y que se ubican en el ranking de los 10 mejores ciclo parqueaderos de la ciudad de Bogotá con el sello de oro, se tuvieron en

cuenta criterios como: la calidad del servicio, sistema de seguridad y el número de cupos dispuestos para el parqueo de bicicletas, se encuentran:

Tabla 1: Comparativo 10 Mejores Biciparqueaderos de la ciudad de Bogotá.

<p>Universidad de Los Andes</p>	<p>Esta universidad cuenta con un biciparqueadero privado para la comunidad académica, ubicado en la Carrera 1 No 18ª -12, cuenta con 440 cupos para bicicletas, ofrece variedad de servicios a los biciusuarios como: casilleros, almacén de herramientas de préstamo para la reparación de estos vehículos y el servicio de préstamo de bicicletas. Actualmente este biciparqueadero cuenta con el Sello de Oro, emanado por la Secretaría de Movilidad Distrital.</p>
<p>Universidad del Rosario sede Claustro</p>	<p>La universidad del Rosario sede Claustro, cuenta con biciparqueadero privado para los miembros de la comunidad académica, ubicado en la Calle 12C No 6-25, cuenta con 185 cupos para bicicletas, ofrece variedad de servicios a los biciusuarios como: casilleros, almacén de herramientas de préstamo para la reparación de estos vehículos, servicio de duchas y Vestier, Actualmente este biciparqueadero cuenta con el Sello de Oro, emanado por la Secretaría de Movilidad Distrital.</p>

Torre Colpatría	<p>en las instalaciones del edificio Colpatría, cuenta con biciparqueadero privado para los colaboradores de Colpatría, ubicado en la Carrera 7 No 24-89, cuenta con 125 cupos para bicicletas. Posee una infraestructura magnífica compuesta por: murales con fotografías de ciclistas y cicloramas que ambientan el espacio, ganchos para colgar y sujetar la rueda de la bicicleta, dos niveles con ascensor para bicicletas, zona verde vertical, un sistema de registro fotográfico, código de barras y dactilar para los biciusuarios. Monitoreado por un circuito cerrado de televisión, garantizando la seguridad de este espacio. Actualmente este biciparqueadero cuenta con el Sello de Oro, emanado por la Secretaria de Movilidad Distrital.</p>
Bavaria	<p>una de las sedes del grupo Bavaria en la capital, cuenta con un biciparqueadero privado para los colaboradores de esta compañía, ubicado en la Carrera 53ª #127-35, cuenta con 99 cupos para bicicletas, ofrece variedad de servicios como: servicio de ducha, almacén de herramientas de préstamo para la reparación de estos vehículos y dispensador de bebidas para los biciusuarios. Actualmente este biciparqueadero cuenta con el Sello de Oro, emanado por la Secretaria de Movilidad Distrital.</p>

<p>Parking International - Fundación Santa Fe</p>	<p>Es un biciparqueadero abierto público, donde puede acceder cualquier bici usuario de la capital, ubicado en la localidad de Usaquén en la Calle 116 #9-02, cuenta con 50 cupos para bicicletas con una tarifa \$10 pesos el minuto; dentro de las características de este biciparqueadero cuenta con cupos para parquear bicicletas especiales como manocletas (sillas de ruedas con tracción de cadena impulsadas con las manos), y bicicletas de carga. Actualmente este biciparqueadero cuenta con el Sello de Oro, emanado por la Secretaria de Movilidad Distrital.</p>
<p>Instituto Nacional de Salud (INS):</p>	<p>el Instituto Nacional de Salud (INS), cuenta con biciparqueadero privado para los colaboradores de la entidad, ubicado en la Calle 26 #51-20 en el Centro Administrativo Nacional (CAN), cuenta con 45 cupos para bicicletas. El biciparqueadero está monitoreado por un circuito cerrado de televisión, garantizando la seguridad de este espacio. Actualmente este biciparqueadero cuenta con el Sello de Oro, emanado por la Secretaria de Movilidad Distrital.</p>
<p>City Parkin – Universidad Católica</p>	<p>Es un biciparqueadero abierto público, donde puede acceder cualquier bici usuario de la capital, ubicado en la localidad de Teusaquillo, en la Calle 13 No 47-30, cuenta con 44 cupos para bicicletas con una tarifa de \$10 pesos el minuto, ofrece servicio de casillero que tiene un costo adicional de \$500.</p>

	<p>Actualmente este biciparqueadero cuenta con el Sello de Oro, emanado por la Secretaria de Movilidad Distrital.</p>
<p>Parking International - La Enseñanza</p>	<p>Es un biciparqueadero abierto público, donde puede acceder cualquier bici usuario de la capital, ubicado en la localidad de Chapinero en la Calle 72 con Carrera 8, cuenta con 40 cupos para bicicletas con una tarifa de \$10 por minuto, una de las características de parqueadero cuenta con cupos para bicicletas especiales como manocletas (sillas de ruedas con tracción de cadena impulsadas con las manos), y bicicletas de carga. Actualmente este biciparqueadero cuenta con el Sello de Oro, emanado por la Secretaria de Movilidad Distrital.</p>
<p>City Parking - Edificio Calle 125</p>	<p>Es un biciparqueadero abierto público, donde puede acceder cualquier bici usuario de la capital, ubicado en la localidad en la Avenida 19 #125-17, cuenta con 25 cupos para bicicletas con una tarifa de \$10 el minuto. Actualmente este biciparqueadero cuenta con el Sello de Oro, emanado por la Secretaria de Movilidad Distrital.</p>

<p style="text-align: center;">Centro Comercial Santa Fe</p>	<p>En el centro comercial Santa Fe, cuenta con biciparqueadero gratuito al público, donde puede acceder cualquier bici usuario de la capital, ubicado en la Autopista Norte con Calle 185, cuenta con 600 cupos para bicicletas, ofrece servicio como: valet parking, señalización vial y condiciones óptimas de seguridad. Actualmente este biciparqueadero</p> <p>Cuenta con el Sello de Oro, emanado por la Secretaria de Movilidad Distrital.</p>
---	---

Estos programas de motivación hacia el uso de la bicicleta la Secretaría de Movilidad invita a la ciudadanía a postular sus biciparqueaderos preferidos y a las organizaciones que prestan el servicio de parqueo de bicicletas en la ciudad.

Estas postulaciones se realizan con el propósito de ser reconocidas con el Sello de calidad “Cualquier ciudadano u organización puede hacer las postulaciones en línea a través del sitio de Internet: www.movilidadbogota.gov.co/web/sellos-de-calidad.

Los interesados deben diligenciar la información requerida para que la Secretaría de Movilidad evalúe las características del ciclo parqueadero y la posibilidad de que reciba el Sello de calidad” (Movilidad Bogotá 2016).

Antecedente Histórico

La bicicleta es un vehículo de movilidad que, aunque no se determina con precisión su creación, se presentaron varios prototipos de esta, a partir del siglo XV, por diferentes inventores, entre ellos: Leonardo Davinci en 1490, en el que se refleja dentro de su obra, un boceto de una bicicleta con transmisión de cadena impulsada por unos pedales.

El conde francés Mede de Sivrac quien en 1791 invento el celerífero que consiste en un cuerpo de caballo en madera cuyas patas delantera y traseras eran dos ruedas que giraban por

impulso; el Barón alemán Karl Drais en 1817, inventa la máquina andante considerada precursora de la motocicleta y bicicleta, esta máquina andante consistía en un carrito de dos ruedas colocadas una detrás de otra y un manillar.

En 1862 el inventor francés Pierre Lallement, tuvo la idea de construir su propio vehículo con la edición de una transmisión que incorporaba una manivela y unos pedales conectados al buje en la rueda delantera; en 1885, el inglés John Kemp Starley, reformo la idea y creo una máquina segura con transmisión de cadena, modelo que ha sido la base en el diseño de bicicletas en la actualidad. Ver anexo imagen 'Evolución de la bicicleta'.

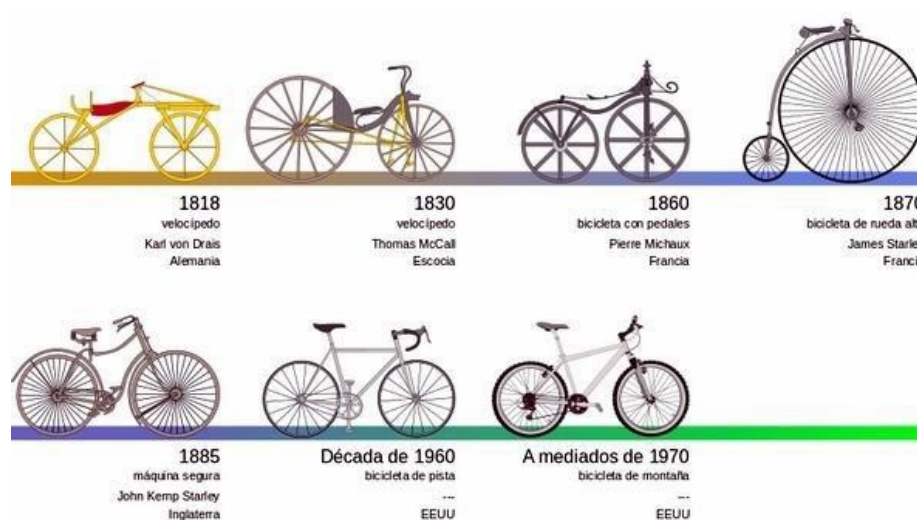


Ilustración 1: Imagen evolución de la bicicleta desde 1818-1970

Históricamente el apogeo de la bicicleta duro hasta el final de la segunda guerra mundial, reemplazada por el uso de vehículos de motor a Diésel , lo que género que la bicicleta fuera relegada a ser un artefacto deportivo y recreativo sin ningún estatus de vehículo de transporte; sin embargo a finales de los años 70 en algunos países de Europa, se empezaron a cuestionar sobre el uso del carro particular, debido a embotellamientos, contaminación y alta accidentalidad en ciudades principales, por lo que en ciudades como Ámsterdam y Estocolmo surgieron movimientos sociales en contra del uso de vehículos particulares y a favor del uso de la bicicleta debido a la crisis mundial del petróleo que se presentó en 1973.

“A comienzos de los setenta, se presenta la crisis mundial del petróleo, específicamente en 1973; debido al bloqueo que la Organización de Países Árabes Exportadores de Petróleo (OPAEP) les impuso a Estados Unidos y a los países de Europa Occidental que habían apoyado a Israel en la Guerra de Yom Kippur.

Este hecho, hizo reflexionar a los dirigentes sobre la utilización de medios alternativos de energía y de movilidad. En este sentido, el uso de la bicicleta como medio de transporte se volvió fundamental en países como Dinamarca, Suecia, Holanda, Bélgica, Alemania, entre otros” (Nova et Vetera 2016).

Es así como las poblaciones de diferentes países han comenzado a reflexionar frente a la importancia del uso de la bicicleta como medio alternativo de movilidad amigable con el medio ambiente y que contribuye a su vez a mejorar estados de salud.

De igual manera en la cumbre de Rio de 1992 se centró en la problemática del calentamiento global, debido a los altos porcentajes de la contaminación producida por los combustibles empleados por los vehículos y maquinas (industrialización), por lo que se propuso propender por una movilidad sostenible que reanudara los principios económicos, ambientales y sociales propios de la sostenibilidad, es de esta manera en don la bicicleta toma un papel fundamental como medio de transporte pasando por encima de otros medios.

Por lo anterior, desde los años 90 empiezan a gestionarse políticas públicas que propenden por el uso de la bicicleta como medio sostenible de transporte en las ciudades a nivel mundial. Reflejo de esto es que ya en el siglo XXI, se puede afirmar que muchas ciudades del mundo cuentan con mecanismos que promueven el uso de la bicicleta; las políticas están encaminadas a incentivar el uso de la bicicleta mediante argumentos ambientales, económicos y de salud. (Ahorro dinero, tiempo, espacio, infraestructura, mejoras en la salud entre otros).

De esta manera se puede concluir que históricamente el uso de la bicicleta arraiga una gran importancia para las sociedades a nivel mundial y que contribuye a mejorar los cambios

climáticos y ambientales. Las políticas que implementa Colombia han sido favorables y viables ya que las poblaciones han hecho caso y se han visto motivadas por hacer uso de este medio de transporte.

Antecedente Bibliográfico

A continuación, se realiza la clasificación de proyectos de biciparqueadero y movilidad de biciusuarios de seis universidades de Colombia como modelos de negocio e innovación tecnológica.

Tabla 2: Antecedentes Bibliográficos

<p>PROYECTO DE MECANISMO DE MONITOREO PARA BICICLETAS EN MOVIMIENTO USANDO EL ENFOQUE DE IOT. Universidad Uniagustiniana Autores: Camilo González, Dany Fuentes, Juan Romero</p>
<p>Realizaron un sistema de monitoreo para bicicletas en movimiento por medio de GPS, con capacidad de notificar su ubicación en tiempo real (latitud y longitud), con el fin de manifestar rutas inseguras de la ciudad de Bogotá, esta información se almacena en un servidor en la nube de Google Cloud, sincronizando la información con una base de datos de MySQL, emitiendo la información a una API de (Google Maps JavaScript API).</p>
<p>DISEÑO DE UN MODELO DE CICLO PARQUEADERO INTELIGENTE SOPORTADO EN TECNOLOGÍA RFID/NFC Y APLICACIÓN MÓVIL SOBRE ANDROID PARA LA SEDE DE INGENIERÍA. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Autores: Andrea Castro, Carlos Jiménez, Roberto Escobar</p>

Realizaron un diseño de modelo de ciclo parqueadero, ya que es un aspecto importante para el uso de la bicicleta, comparando los diferentes parqueaderos de bicicletas cercanos a la sede de ingeniería de la UDFJC, comparando sus ventajas entre costo, seguridad y ubicación. Se diseñó un modelo de ciclo parqueadero de Raps verticales, ubicados en el sótano 1, 2 y 3 de la facultad de Ingeniería, dando cumplimiento a la demanda proyectada de 128 usuarios por cuatro horas, a través de registro perimétrico con la tecnología RFID/NFC sobre una aplicación móvil desarrollada para sistemas Android para la comunidad académica de la sede de ingeniería.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PILOTO PARA SISTEMA IoT DE CICLOPARQUEADERO INTELIGENTE, BASADO EN LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE Y SU IMPLICACIÓN NORMATIVA DENTRO DE UNA CIUDAD INTELIGENTE EN COLOMBIA Universidad Santo Tomas de Colombia
Autores: David Esguerra

Realizaron el diseño de un sistema IoT de ciclo parqueadero inteligente, que facilite la movilidad en bicicleta dentro de la ciudad, cumpliendo con toda la normativa referente al tema de movilidad y uso de espacios para bicicletas. El sistema IoT consta de 3 subsistemas; Sistema de disponibilidad, Sistema de monitoreo ambiental, sistema de control.

El Alcance del proyecto radica en la implementación del sistema de disponibilidad, realizando un piloto para nueve espacios de parqueo en el ciclo parqueadero de la sede principal de la universidad Santo Tomas, donde se contará con una página web que permitirá la visualización de los espacios de parqueo que se encuentre disponibles.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN FUNCIONAL PARA UN
CICLO PARQUEADERO INTELIGENTE Universidad Piloto de Colombia

Autores: Iván Garzón, Nicolás Mosquera

Se desarrollo una solución de software y hardware sobre la problemática que se presenta en la bici usuarios frente al parqueo seguro de sus vehículos, actualmente en la capital son pocos los parqueaderos que ofrezcan seguridad de estos vehículos alternos de movilidad.

El alcance de este proyecto fue desarrollar un sistema inteligente de ciclo parqueaderos, empleando una red telefónica GSM para la comunicación del envío de los datos de estado de espacios y bicicletas hacia Internet a través de sistema de sensores, permitiendo garantizar la seguridad de estos vehículos, alertara a los bicisusuarios a través de mensajería SMS frente a cualquier anomalía.

DISEÑO DE APLICACIÓN PARA MEJORAR EL SISTEMA DE CONTROL DE
ACCESO A LOS USUARIOS DEL PARQUEADERO DE VEHÍCULOS DE
TRANSPORTE PERSONAL DE PROPULSIÓN HUMANA EN LA UNIVERSIDAD
COOPERATIVA DE COLOMBIA SEDE 1, BOGOTÁ Universidad Cooperativa de

Colombia Autores: Sandra Pinto, Raúl Chicaiza, Pedro Diaz

Realizaron el diseño de una aplicación que mejora el proceso de registro y control de ingreso al parqueadero de los usuarios que utilizan la bicicleta como medio de transporte diario o frecuente en la sede principal de la Universidad Cooperativa de Colombia Bogotá, implementando un nuevo modelo tecnológico asociado a las nuevas tecnologías de la información, promoviendo a la mejora de tiempos, seguridad y adaptabilidad en la comunidad universitaria.

El aplicativo de control y registro de bici usuarios en la Universidad Cooperativa de Colombia recolecta información básica tanto del usuario como de la bicicleta, así como datos del tiempo como son hora de ingreso y salida, con el fin de obtener datos estadísticos que permitan medir el flujo de vehículos de transporte personal que ingresan y salen de la institución en un tiempo establecido, lo que permitirá un mejor control y fluidez al momento del ingreso.

PLAN DE NEGOCIOS PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE CICLO
PARQUEADEROS PARA LOS USUARIO DE TRANSMILENIO Universidad Pontificia
Javeriana Colombia

Realizaron un plan de negocios para implementar un sistema de ciclo parqueaderos para los usuarios de Transmilenio donde se pueda resaltar la importancia del uso de la bicicleta como medio alternativo de transporte, verificando la aceptación de los posibles consumidores y su viabilidad en el mercado.

Estado del Arte

En los últimos cinco años se han realizado varios análisis y desarrollado diferentes sistemas y proyectos de bici-parqueaderos para la ciudad de Bogotá, brindando una mejora al modelo de seguridad existente y manual que se obtienen en algunas Universidades, empresas, Centros comerciales y destinos donde se encuentra Bici-parqueaderos.

Al momento de realizar una innovación y mejoramiento al sistema de biciparqueaderos de la ciudad de Bogotá, se da un incentivo al uso de la bicicleta como recurso de medio de transporte, abordando las necesidades de los bici-usuarios en torno a la seguridad, en esto se han enfocado los programas y planes distritales de Bogotá como lo son (Al colegio en Bici, semana de la bici, plan bici).

En diferentes países y ciudades como España, Holanda, Rotterdam, Utrecht, Ámsterdam y Japón han destinado diferentes zonas específicas para parqueaderos de bicicletas, incentivando a la comunidad al uso de este medio de transporte por su accesibilidad, economía, mejoramiento de salud física y emocional. Uno de estos sistemas es **Biceberg** de la ciudad de Huesca (España), la empresa española MA-SISTEMAS, s.l. ha desarrollado un sistema de parking automático subterráneo de bicicletas.



Ilustración 2: Cavalcanti.M. (2012) Biceberg: donde el ciclista tiene un registro con una tarjeta electrónica que libera un espacio de parqueo.

El sistema de **Biceberg** permite a los usuarios acceder a su bicicleta utilizando una tarjeta con chip con código personal que identifica la celda subterránea en la cual se encuentra la cicla,

el espacio destinado con que se cuenta para el parqueo de bicicletas es de 23 a 92 bicicletas ofreciendo a los usuarios garantía y seguridad en su bicicleta y equipaje mientras se encuentre en este sistema subterráneo.

También se encuentran otros sistemas de parqueaderos automatizados para bicicletas como lo es el sistema de **Bigloo** que se encuentra implementado en España que consta de un sistema de aparcamiento y gestión automático e inteligente que permite el guardar y retirar la cicla en un tiempo de diez segundos en el espacio de aparcamiento.



Ilustración 3: Bigloo (2018). Bigloo: un sistema de almacenamiento, aparcamiento y gestión, automático de bicicletas.

El sistema de Bigloo funciona a través de un sistema de identificación de control de carga y retirada mediante un sistema de radar y visión artificial, compuesto por un software con lenguajes de programación de alto nivel permitiendo controlar los históricos de operaciones dentro del aparcamiento y el estado de su funcionalidad total, el usuario puede interactuar con el sistema por medio de una interface donde accede a ella a través de una tarjeta RFID facilitando la operación requerida por el usuario.

En Japón en la ciudad de Tokio, el sistema Eco Cycle, diseñada por la compañía Giken cuenta con una plataforma de aparcamiento automatizado subterráneo para para bicicletas, con más de 50 estaciones, este sistema cuenta con un ordenador computarizado integrado con sensores de vigilancia, ubicación de los vehículos en capsulas y un método de registro único, eliminando la posibilidad robo mediante el uso de una tarjeta personal, convirtiéndose en un sistema fácil uso para cualquier persona; consiguiendo una ciudad limpia y segura, libre de

obstáculos y llena de posibilidades a la población que opta por el transporte más ecológico y sano, un sistema tan seguro que es incluso sismo resistente.



Ilustración 4: Eco Cycle (2020). Eco Cycle: Arquitectura urbana subterránea por la sostenibilidad

Holanda, la ciudad de Utrecht, cuenta con el estacionamiento de bicicletas más grande con capacidad de parqueo para 12.500 bicicletas, la construcción cuenta con un impresionante garaje de tres pisos, conectados a las ciclo vías, acceso a las plataformas de tren a través de ascensores y escaleras y sistema de movilidad público, este parqueadero es gratuito las primeras 24 horas y cobra 1.25 euros por cada día posterior. El gobierno holandés invirtió 40 millones de euros para este estacionamiento debido a su alta demanda de movilidad en bicicleta, es por lo que este país es conocido como el paraíso de las bicicletas puesto que han construido una compleja infraestructura urbana de movilización segura y placentera para sus ciudadanos.

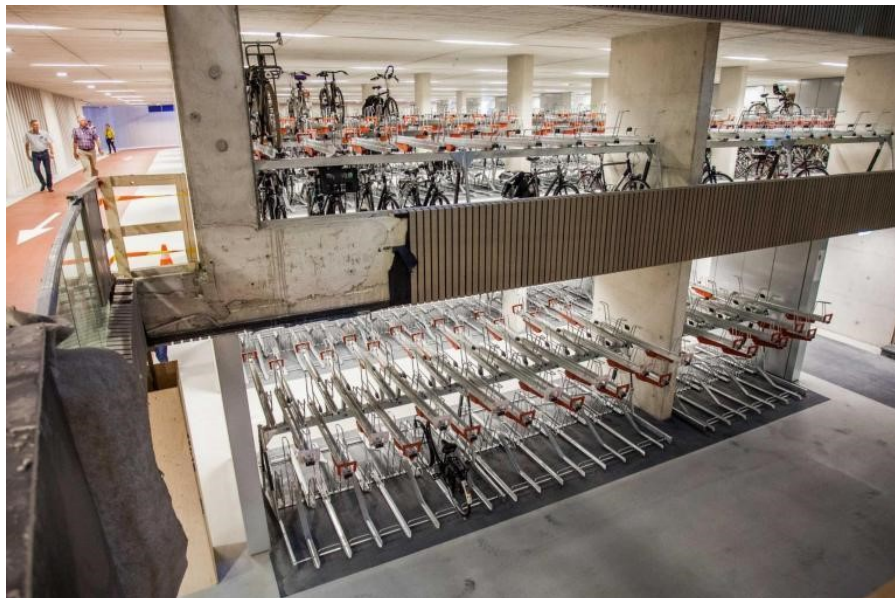


Ilustración 5: Estacionamiento más grande del mundo en la ciudad Utrecht (2020).

A medida que una ciudad fomente el uso de la bicicleta, se van generando nuevas alternativas para mejorar el sistema de uso de este medio de transporte; en Bogotá se ha venido trabajando para combatir la inflación generada por los medios de transporte públicos, combatiendo la demanda requerida por los biciusuarios.

En conclusión, se evidencia un aumento en el uso de la bicicleta como medio de transporte en todas las ciudades y en la medida que se vayan generando y fomentando ambientes seguros, sanos y amigables con el medio ambiente, como también el uso y aplicabilidad de sistemas de automatización, sistemas de seguridad, sistemas de ciclo parqueaderos, ciclo rutas en buen estado, planes de incentivo de bicicleta y mucho más; el beneficio para la ciudad va a ser indudable en lo que refiere a la disminución de agentes contaminantes, en la reducción de congestión en la malla vial como también en la mejora de la salud pública de los capitalinos.

Es necesario hacer el uso de herramientas tecnológicas NTIC, aplicar los conocimientos ingenieriles ajustables a los cambios y necesidades que requieren las sociedades.

La Universidad el Bosque logro patentar un nuevo biciparqueadero desarrollando por su centro de diseño, esta iniciativa ha permitido aumentar de 200 a 528 bicicletas por día, en el

proyecto se han invertido cerca de \$160 millones desde su etapa de prototipos, desarrollos y pruebas hasta su implementación y posterior proceso de parentación.

El biciparqueadero en forma de T como es denominado por sus creadores permite mayor optimización de espacio al ubicar la mayor cantidad de bicicletas en la misma área que ocupa un carro, de esta manera se disminuye los tiempos y se facilita el proceso de parqueo y retiro de las bicicletas de los usuarios, con este sistema se influye en la apariencia de los lugares al poder ubicarlo como quiera.



Ilustración 6: Modelo de estacionamiento en forma de T de la universidad del Bosque de Colombia (2018).

Este sistema reduce el esfuerzo que debe realizar el usuario para acomodar el vehículo en la estructura. Las dimensiones del módulo no superan la altura de la bicicleta en posición vertical, lo que permite el posicionamiento sobre la estructura sin realizar esfuerzos adicionales.

En Estados Unidos, la ciudad de Dallas (Estado de Texas), la empresa DART (Dallas Area Rapid Transit) ofrece domos para biciparqueaderos en arrendamiento por poco tiempo (máximo 72 horas) cerca a las principales estaciones de tren y bus de la ciudad. El parqueadero es gratuito y ofrece domos individuales resistentes a vandalismo, cumpliendo con los estándares de la agencia gubernamental *U.S. Homeland Security*. Ofrece dos niveles de seguridad utilizando candados reforzados e ingreso a los domos con tarjeta de identificación.



Ilustración 7: Recuperado de <https://www.dart.org>. Domo DART en la ciudad de Dallas.

En la ciudad de Ámsterdam se desplegó el sistema de parqueo automatizado VelowSpace y VeloMinck creado por la empresa holandesa Falco. Estos sistemas son en torre (VelowSpace) y subterráneos (VeloMinck). El sistema utiliza su propio método de autenticación con tarjetas de proximidad (mifare) tarjetas con banda de lectura (Swipe cards) y códigos de barras, funciona las 24 horas del día sin límite de tiempo de estacionamiento. El parqueadero es totalmente autónomo y únicamente se monitorea de manera remota con soporte técnico ilimitado. Es uno de los sistemas de parque de bicicletas más avanzado de Europa y sus casos de éxito se extienden por la mayoría del norte del continente.

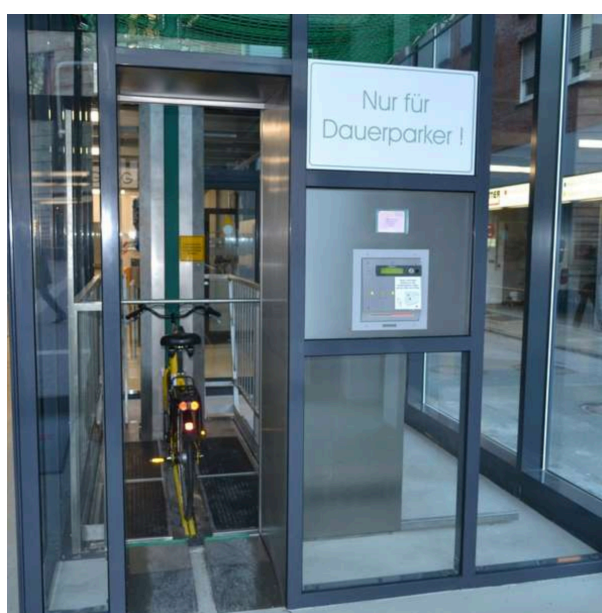


Ilustración 8: Recuperado de <https://www.falco.co.uk>. Punto de ingreso y recuperación de la bicicleta. El sensor de tarjetas de proximidad permite realizar la operación.

Existe un diseño realizado por Ko Ko Lwin de la Universidad Tecnológica de Hmawbi de la República de la Unión de Myanmar en el cuál describe las generalidades del control de la cabina de un sistema de parqueo de bicicletas. La propuesta es similar a la que acá el autor se dispone a resolver. El uso de tarjetas RFID es el método elegido para la autenticación de usuarios y como controlador principal se usa Arduino Uno junto con el microcontrolador Arduino Mega 2560. Concluyen que, al utilizar la tecnología elegida por ellos, el sistema es poco eficiente y demasiado caro en su instalación y mantenimiento y, además, ocupa demasiado espacio para su instalación. Al elegir Arduino se tiene la ventaja de uso de plataformas libres, pero no es lo suficientemente capaz en términos de rapidez aún cuando es efectivo en la ejecución de los algoritmos de liberación/bloqueo de la bicicleta.

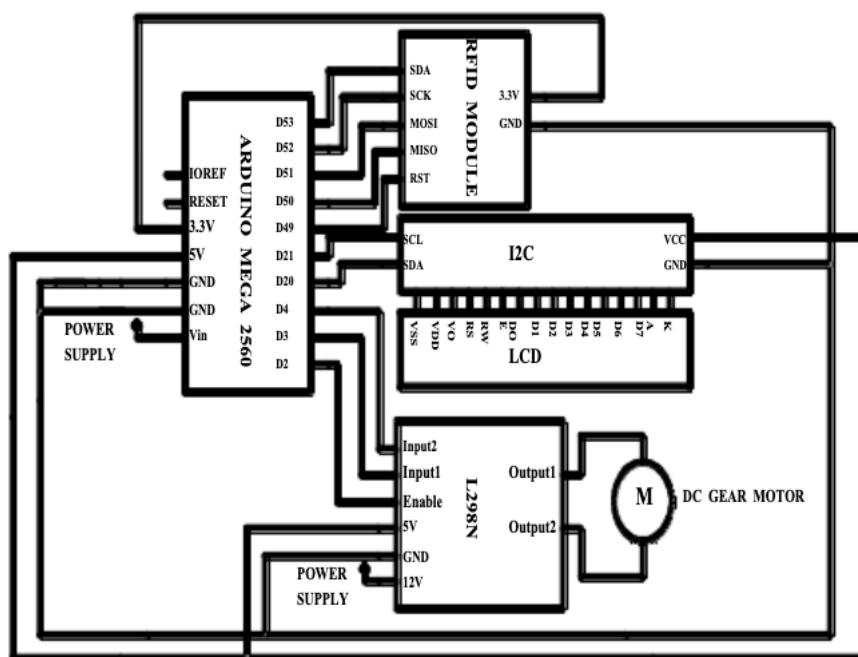


Ilustración 9: Ko Ko Lwin, Thuta & Phyu, Khaing & Nyein, Khine & Chan., (2020). Bike Parking Cabinet Control System. Diagrama de Circuitos de la Cabina de Control de biciparqueaderos.

Terminología

A continuación, se aclaran de manera general términos técnicos relacionados con este proyecto de investigación.

Comunicaciones Móviles.

Las comunicaciones móviles, se describen como un enlace de radiocomunicación entre terminales cuya ubicación tiene un desplazamiento, lo que requieren portabilidad y garantía de comunicación del servicio; son conocidos por arquitecturas de telefonía digital dado su portabilidad como: voz, texto, acceso a plataformas digitales y multimedia. Actualmente cuentan con cuatro generaciones las cuales mencionaremos a continuación: 1G (Sistema telefónico móvil avanzado –AMPS), 2G (GSM- Sistema Global de Telecomunicaciones), 3G (UMTS –Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles), 4G (incluye técnicas de rendimiento de radio como MIMO- múltiple entrada, múltiple salida y OFDM- multiplexación por división de frecuencias ortogonales.

Esta tecnología es ideal por su portabilidad y acceso a servicios de comunicación para el control de dispositivos en entornos IoT.

Cloud Computing.

Es un servicio que ofrece recursos de tecnológicos como: almacenamiento, recursos de computación, redes, tratamiento y análisis de datos, desarrollo de aplicaciones, aprendizajes automáticos entre otros, prestado por un proveedor de servicios en la nube a través de internet. Ofrece oportunidad a las empresas mejorar la flexibilidad en la gestión y control de la infraestructura de operación tecnológica, reduciendo costos en operación e implementación, mitigando desastres que se presentan en infraestructuras On-Premise;

IoT (Internet of Things).

Internet de las cosas (Internet of Things) se describe como una red de comunicación de objetos cotidianos integrados con sensores, Api y otras tecnologías, cuyo objetivo es el intercambio de

datos a otros dispositivos y sistemas a través de internet. Permitiendo el control y monitoreo de forma remota, con la intervención del factor humano.

Redes de Comunicación.

Las redes de comunicación son un conjunto de nodos y enlaces, realizando la comunicación entre dos o más puntos definidos por los servicios de telecomunicaciones empleando medios guiados y no guiados, garantizando la conectividad y el envío de datos. Entre las redes de comunicación encontramos: redes de área local (LAN), redes de área metropolitana (MAN) y redes de área amplia (WAN), a continuación, se contextualiza estas redes.

Redes LAN (Local Area Network).

Son redes de comunicación, permitiendo la interconexión a un conjunto de máquinas en espacios relativamente pequeños, puesto que cuentan con una cobertura mínima de extensión; podemos encontrarlas en lugares como: hogares, instituciones académicas, empresas y entidades gubernamentales. Actualmente estas redes ofrecen servicios de comunicación e interacción entre dispositivos de la misma red de datos con acceso a internet.

Redes MAN (Metropolitan Area Network).

Son redes de comunicación de mayor extensión que las redes LAN, menor a las redes WAN. Su función de servicios es similar a las redes de área local cumpliendo diferentes protocolos de comunicación, dando solución a problemas como: latencia (retardo en la entrega de datos), pérdida de la señal.

La distribución de estas redes es de un ámbito urbano, permitiendo la comunicación a las redes LAN localizadas dentro de estas áreas. Actualmente estas redes se emplean para enlazar servicios públicos como: internet, servicios municipales, telefonía, televisión por pago, comunicaciones móviles entre otros.

Redes WAN (Wide Área Network).

Son redes de comunicaciones con cobertura a áreas geográficas mayores, abarcando continentes enteros, permitiendo la interconexión de las redes LAN y MAN, distribuida por nodos separados dado que la extensión de su arquitectura de red de comunicación. Estas redes emplean medios de comunicación guiados y no guiados, utilizando protocolos de comunicación para enlazar los servicios a las redes que la conforman.

Redes WSN (Wireless Sensor Networks).

Las redes inalámbricas de sensores (WSN), se basan en dispositivos de bajo coste y consumo, capaces de obtener información de su entorno, procesarla localmente y comunicarla a través de enlaces inalámbricos hasta un nodo central de coordinación. Los nodos actúan como elementos de la infraestructura de comunicaciones al reenviar los mensajes transmitidos por nodos más lejanos hacia al centro de coordinación.

La red de sensores inalámbricos está formada por numerosos dispositivos distribuidos espacialmente, que utilizan sensores para controlar diversas condiciones en distintos puntos, entre ellas la temperatura, el sonido, la vibración, la presión y movimiento o los contaminantes. Los sensores pueden ser fijos o móviles.

SaaS.

Son aplicaciones basadas en la nube o software como servicio, el cual se ejecuta en computadoras distantes en la nube que son propiedad de otros y operadas por otros, y se conectan a las computadoras de los usuarios por medio de internet y un navegador web, estas nos permiten realizar un registro y empezar a utilizar rápidamente las innovadoras aplicaciones de negocio.

Sistemas Embebidos.

Es un sistema de computación diseñado para realizar algunas funciones dedicadas, frecuentemente en sistemas de computación en tiempo real, estos sistemas se pueden programar

directamente en el lenguaje ensamblador del microcontrolador incorporado o usando lenguajes como C, C++, java entre otros.

Tecnologías Inalámbricas.

De acuerdo con las características mencionadas de las redes LAN, MAN y WAN en líneas anteriores y a consultas realizadas en este estudio, se puede afirmar que estas hacen uso de herramientas tecnológicas como wifi, Bluetooth, y comunicaciones móviles, se amplía a continuación los conceptos y características de estas.

TOP-DOWN.

Son estrategias y procedimiento de información para la toma de decisiones y determinación de actividades a realizar en un proyecto, permitiendo una visión del proceso en cada una de sus etapas para la obtención de resultados finales.

Virtualización.

La virtualización es una tecnología que simula la funcionalidad de hardware para crear servicios de TI. Basados en software como servidores de aplicaciones, almacenamiento y redes. Esta crea varias máquinas virtuales a partir de una máquina física utilizando un software que se llama hipervisor, la virtualización permite que las organizaciones de TI ejecuten múltiples sistemas operativos en un único servidor.

WI-FI (Wireless Fidelity).

Es una tecnología de comunicación inalámbrica que permite conectar a internet equipos electrónicos, mediante el uso de radiofrecuencias o infrarrojos para la transmisión de la información. Esta tecnología está basada en los estándares para redes inalámbricas de la IEEE 802.11, lo cual garantiza la compatibilidad e interoperabilidad en los equipos certificados bajo esta denominación.

Actualmente se emplea para desarrollos de IoT, dada la presencia de wifi dentro de entornos domésticos y empresariales dentro de las redes de datos LAN, realizando un fácil

despliegue de servicios en la infraestructura de la red de comunicación con transferencia en tiempo real de los datos a las maquinas que la conforman.

Bluetooth

Es una tecnología inalámbrica de comunicación de corto alcance. Utiliza las radiofrecuencias UHF de las bandas ISM. Al momento de la redacción de este documento existen las especificaciones que van desde 1.0 hasta 5.3 que van desde el simple intercambio de datos hasta el manejo de Audio/Video (Streaming). Bluetooth también es una opción tecnológica para la creación de redes personales (PAN).

Marco Legal

Entre las políticas que promueven el uso de la bicicleta se pueden referir: la creación y ampliación de vías exclusivas para ciclistas, la estructuración de biciparqueaderos, campañas pedagógicas y de sensibilización sobre la vulnerabilidad que presentan los ciclistas en la malla vial y la importancia del ciclismo urbano.

Estas políticas se ven reflejadas en el incremento del uso de la bicicleta en ciudades como: Berlín, Copenhague, Ámsterdam, Utrecht, Amberes, Barcelona, París, Londres, Tokio, Bogotá, Buenos Aires, Mar de Plata, Lima, Asunción, Montevideo, Cuenca, Londres, Tokio, New York, México D.F, entre otras.

Colombia es responsable de un alto índice de agentes contaminantes por lo que el compromiso con el ambiente amigable es indiscutible y debe propender en la búsqueda de soluciones para bajar el alto índice de contaminación que no supere los 2 grados Celsius; el país participa activamente en las negociaciones internacionales de cambio climático con el fin de adoptar un nuevo acuerdo internacional que entro a regir desde el presente año 2020.

En este proceso, los países acordaron que presentarían de manera autónoma su "Contribución Nacional" para cumplir con la meta mundial de evitar el aumento de la contaminación de gases de invernadero que no supere el promedio global de los 2 °C. (Ministerio de ambiente 2015).

Las políticas y acciones tomadas por estos países han sido acogidas por Colombia, según el acuerdo de París en el año 2015, que hace énfasis en el cambio climático, en el que 195 naciones llegan a un acuerdo para reducir la emisión de gases efecto invernadero, este acuerdo promueve la reconfiguración de los modelos de desarrollo hacia economías bajas en carbono y petróleo.

En Colombia, se implementó la ley 1811 del 2016, cuyo objetivo es incentivar el uso de la bicicleta como principal medio de transporte en todo el territorio nacional, lo que mitiga el impacto ambiental producido por el tránsito automotor, mejorando la movilidad en las ciudades.

Ley 1811 de 2016

El objetivo de la ley 1811 del 2016 es incentivar el uso de la bicicleta como principal medio de transporte en todo el territorio nacional, en esta ley promueve la instalación y utilización de porta bicicletas en todo el territorio nacional, se incentiva a los ciudadanos, funcionarios públicos que por cada 30 veces que se certifiquen el haber llegado a sus trabajos en bicicleta recibirán medio día laboral libre; para garantizar esta propuesta las entidades deben habilitar estacionamientos adecuados para estos vehículos.

Igualmente, esta ley, especifica los deberes y derechos de los biciusuarios con respecto a transitar por el carril asignado por la derecha a un lado de la vía, sin embargo, en el art 9 de esta ley les exige a los ciclistas que transiten ocupando un carril y que cuando vayan en grupo también lo ocupen sin emplear las vías exclusivas para el servicio público – colectivo.

De igual manera, esta ley hace referencia a la adecuación de parqueaderos en edificios públicos y privados, en los que se debe destinar un espacio de parqueo con al menos el 10% de los cupos de otro tipo de vehículo. En caso de ser inferior a los 120 estacionamientos se debe garantizar un mínimo de 12 cupos.

Por otro lado, el uso de la bicicleta, incentiva a los usuarios que ingresan a los sistemas integrados de transporte público, validando a través del sistema de recaudo el uso de la bici parqueaderos que al cumplir 30 validaciones recibe en la tarjeta de sistema de transporte un pasaje gratuito.

Bajo el marco de esta ley, las alcaldías deben crear organizaciones de ciclistas y promover su participación en instancias locales de planeación, en especial las que tienen que ver con el mejoramiento de la movilidad.

Acuerdo de París COP21

Colombia, toma como referencia la protección del medio ambiente y al cambio climático emitidos en la Convención Marco de la Naciones Unidas, cuyo objetivo es reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, haciendo énfasis en el contexto de un desarrollo sostenible y los esfuerzos que realizan las naciones para erradicar la pobreza mundial este tratado internacional se adoptó en el año 2015.

Colombia ha venido contribuyendo a protección del medio ambiente y desarrollo sostenible, mediante la creación y aplicación de leyes ambientales dado a su responsabilidad ya que los agentes contaminantes están en un alto índice de 0.46%, lo que la compromete a bajar los índices de contaminación.

5. Metodología

En esta investigación: BIKER-CAMP & CLOUD COMPUTING, UNA PROPUESTA DE DESARROLLO DE PARQUEO INTELIGENTE DE BICICLETAS PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ se emplea la metodología top Down, mediante la cual, se aplica el método científico que está encaminado a descubrir nuevos conocimientos y los procesos que involucran aplicaciones prácticas para el diseño o mejoramiento de un producto, proceso industrial.

Esta metodología es proyectiva ya que plantea soluciones e implica explorar, descubrir, explicar y proponer alternativas de cambio y de solución a un problema planteado (como lo explica Hurtad, Metodología de la investigación 2010), mas no necesariamente ejecutar la propuesta, quedando como "Proyectos factibles" de realizar (UPEL 2003). En esta investigación como en todas las investigaciones indican el diseño y / o creación de un prototipo.

"Cómo lo enuncia (Hurtado, Metodología de la Investigación, 2010) el término proyectivo está referido a proyecto en cuanto a propuesta. Sin embargo, a esta propuesta el investigador puede llegar mediante vías diferentes que involucran procesos, enfoques, métodos y técnicas propias; la perspectiva respectiva y la planificación holística entre otras".

De acuerdo con esta perspectiva en la que se indica el ir planificando la propuesta desde un tiempo futuro proyectada hacia el presente. Al ubicarnos en un tiempo retrospectivo en aras de mejorar el presente implica el uso de herramientas tecnológicas en beneficio de la sociedad disminuyendo la brecha en la era digital.

"Prospectiva implica ubicarse en el futuro, diseñando y desde allí venir hasta el presente determinado los pasos para lograr el futuro concebido. La planificación holística por su parte integra la retro introspección, es decir abarca el pasado, presente y futuro (Barrera Morales, Planificación prospectiva y holística, 2005).

A continuación, se relacionan y describen las 3 etapas que se tienen presentes para el desarrollo de esta propuesta:

Etapa No. 1 Identificación

Refiere a la primera etapa del proceso de investigación tecnológico, donde se determina cual es la necesidad que debemos satisfacer con la tecnología o producto que se quiere obtener y cuáles son las condiciones que esa solución debe contemplar.

Etapa No. 2 Exploración

Luego de la identificación del problema, inicia la búsqueda de información, recopilación de ideas y datos a través de todos los medios posibles en las que se cuenta con: la consulta bibliográfica internet, libros, revista, artículos, periódicos, observación directa, análisis de tecnologías, o productos existentes y la consulta a través del recurso humano: entrevista, reuniones. La información obtenida y recopilada es empleada para obtener claridad frente al tema estudio, aclarar conceptos, estudiar materiales y técnicas de desarrollo.

Etapa No. 3 Diseño

Esta fase es una de las más importantes en lo respecta al proceso tecnológico ya que sobre ésta se van a sentar las bases de lo que será el desarrollo final del producto o tecnología, se buscan las mejores ideas que resuelvan de forma óptima el problema y que se adapten a los requerimientos empleados en la primera fase, tras los primeros bocetos, se van estructurando diseños serios y rigurosos que resuelven la propuesta.

Para el proyecto de grado del programa de Ingeniería Electrónica de la USTA Tunja, el alcance termina en esta etapa, de esta forma el entregable es el documento que contiene el diseño, según la metodología propuesta arriba.

6. Resultados

En el siguiente ítem describiré los pasos que se van a llevar a cabo para la realización del proyecto: **BIKER-CAMP & CLOUD COMPUTING, UNA PROPUESTA DE DESARROLLO DE PARQUEO INTELIGENTE DE BICICLETAS PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ**, aplicando los conocimientos adquiridos durante el pregrado, como también el análisis de información académica, comercial, legal e innovadora consultadas para el desarrollo de las etapas, según la metodología Top Down aplicada en esta propuesta.

Etapa N.º 1: Identificación:

Se determina a través de la observación y la recopilación de información del estado actual de los biciparqueaderos con la integración de sistemas tecnológicos en la capital, se realizó un análisis de viabilidad de la integración de una arquitectura tecnológica SMART CITY que permite garantizar los servicios de seguridad, disponibilidad, registro del vehículo, empleando un sistema de sensores a través de una red de datos comunicados a un servicio cloud.

Para este proyecto se optó por utilizar sensores de registro biométrico por huella Digital Persona serie 4500u 512 DPI con interfaz USB que permitirán el registro del usuario (Nombre, características del vehículo, lugar asignado para parqueo, habilitación de lugar de parqueo).

Para la gestión y control de los sensores se utilizará una Raspberry Pi modelo B+ la cual tiene un procesador Broadcom BCM2837B0 (Cortex-A53) con una frecuencia de 1.4GHz con arquitectura de 64 bits (ARMv8) el cual nos permitirá obtener mejores rendimientos a nivel de eficiencia energética y en cuanto a procesamiento de datos.

También cuenta con conectividad inalámbrica Bluetooth 4.2 el cual nos brinda mayor seguridad y rapidez y conexión Wi-Fi de doble banda (2.4G y 5G) y 4 puertos USB de segunda generación para integración de periféricos.

Etapa N.º 2: Exploración:

En esta etapa de exploración se inicia la búsqueda de información que refiere a esta investigación; con conocimientos adquiridos en el pregrado, se realizó un riguroso estudio que permitiera dar solución a mejorar el sistema de los bici parqueaderos, a continuación, se mencionan:

- Crear una red malla utilizando una red de comunicación wifi que monitorice los estados de los sensores en una plataforma IoT (AWS IoT).
- Los datos arrojados por el sistema de sensores sean guardados un sistema de contenedores, creando así un sistema de nube privada que a su vez estará en sincronización en tiempo real con los servicios provistos por AWS para gestión de información y privacidad de datos guardados.
- Gestionar los datos que se registran en los biciparqueaderos de la ciudad y de esta manera poder generar un negocio secundario como e-commerce.
- Utilizar una plataforma SaaS que registre los datos de estados de disponibilidad según el sistema de sensores.

Para este diseño se optó por utilizar una plataforma AWS ya que esta nos ofrece todas las herramientas necesarias como: plataforma IoT, Cloud Computing que nos permitirá el desarrollo del proyecto que a su vez se integrara a la tecnología de comunicación wifi en la banda de 5G, dada su cobertura, fácil despliegue y disminución de latencia en el envío de datos, por lo cual se hizo un estudio bibliográfico relacionados con sistemas de comunicación y automatización que requiere el proyecto; en el estado del arte se observa la importancia de incentivar el uso de vehículos alternos para movilidad y el uso de sistemas automatizados seguros que ya se han implementado en diferentes ciudades del mundo dando relevancia a este proyecto como idea de emprendimiento e innovación.

Etapa N.º 3 Diseño

En el proceso de la idea del proyecto BIKER-CAMP & CLOUD COMPUTING se inicia a partir del concepto de las tecnologías de comunicación para el despliegue de los servicios partiendo de un análisis de matrices DOFA (Debilidades, fortalezas, oportunidades y amenazas), se referencian dos tablas de tecnología de comunicación wifi y Bluetooth.

Tabla 3: Matriz DOFA de la tecnología inalámbrica bluetooth

<p>FORTALEZA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Integración de despliegue de diferentes topologías de red. • Altas tasas de velocidades de transmisión de datos según el estándar 802.11 al cual se encuentre en su categoría. • Fácil integración con otras redes de despliegue como las redes LAN, WAN. • Su banda de transmisión no tiene costo 	<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fácil adaptación en un sistema de red. • Cantidad de nodos de extensión. • Seguridad y encriptación del servicio. • No tiene utilización de medios guiados (Medios cableados). • Mayor de tasa de cantidad de datos de transmisión.
<p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura en la conexión de usuarios • Altos costos dependiendo servicios a la solución de las necesidades del usuario. 	<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • La ampliación de cobertura depende del modelo de red existente en el servicio. • Falla de la conexión dependiendo el despliegue de la red actual

Tabla 4: Matriz DOFA de la tecnología Wi-Fi

<p>FORTALEZA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fácil propagación en diferentes dispositivos para intercambiar información. • Ampliamente utilizado por diferentes proveedores de dispositivos tecnológicos. • Es de uso GRATUITO 	<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sencillez en la creación de redes personales. • Es un medio de comunicación inalámbrico. • Control en la transferencia de datos.
<p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utiliza alto consumo de energía en la transferencia de datos. • Transferencia de datos con bajas velocidades de 100MB/seg. • Limitado en acción de cobertura. 	<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiene menor cobertura porque pertenece a redes inalámbricas de tipo PAN.

De acuerdo con las matrices DOFA se opta por emplear la tecnología de comunicación inalámbrica wifi por su fácil despliegue, baja latencia, cobertura y su bajo costo, permitiendo la comunicación de los nodos a la plataforma IoT (AWS IoT) con AWS.

Diagrama de Bloques y Topológico de red del Diseño del Prototipo: En este diagrama de bloques se da aclaración del funcionamiento del sistema de sensores integrando la tecnología inalámbrica wifi en la banda 5G para la comunicación de los nodos a plataformas IoT con AWS como modelo de cliente-servidor a través de la recepción y envío de datos utilizando protocolos de comunicación.

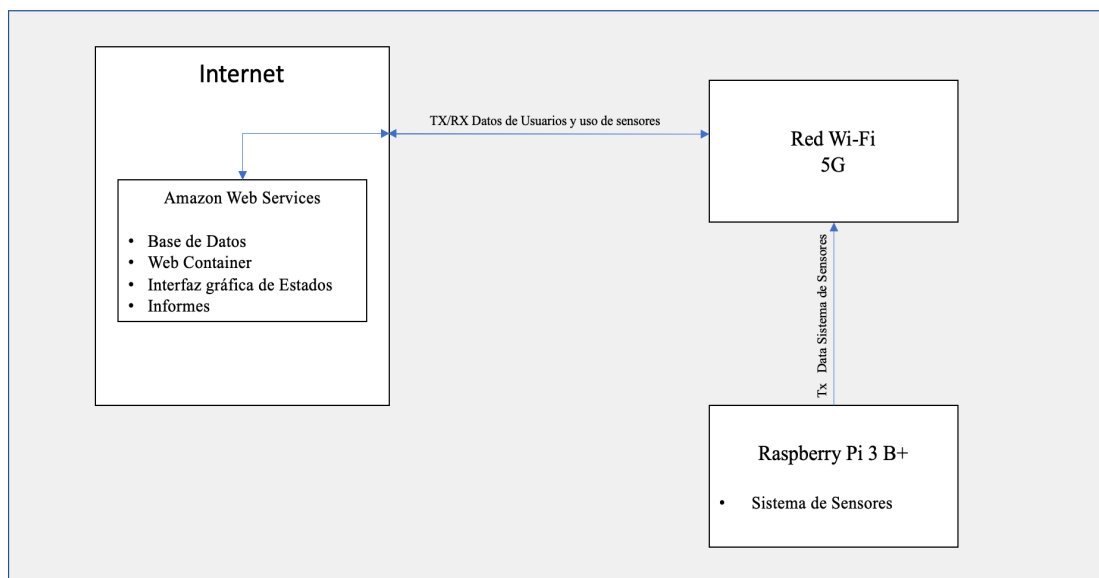


Ilustración 10: Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema de biciparqueadero

1. **Sistema de Sensores:** Este sistema consiste en sensores biométricos (por huella modelo Digital Persona 4500u) conectados por medio de la interfaz USB a una Raspberry Pi 3 B+ la cual nos servirá de gestor de los sensores y nos permitirá establecer el estado de estos.
2. **Red de Comunicación Wi-Fi 5G:** esta red será la encargada de monitorizar el estado de los sensores en la plataforma IoT y esta estará dispuesta en topología de malla ya que este tipo de red nos garantiza el envío de información sin interrupción en las comunicaciones.
3. **Plataforma Cloud (AWS):** esta plataforma permitirá al usuario acceder a servicios como consultas por medio de servicios Web, esta información se mostrará de manera gráfica brindando al usuario un estado de los lugares del biciparqueadero.
 Por otra parte, como servicio asociado a AWS, funcionará como servidor permitiendo almacenar los datos de los usuarios, generar informes y demás información que genere valor agregado.
4. **Internet:** es la red que nos permitirá realizar las consultas anteriormente mencionadas

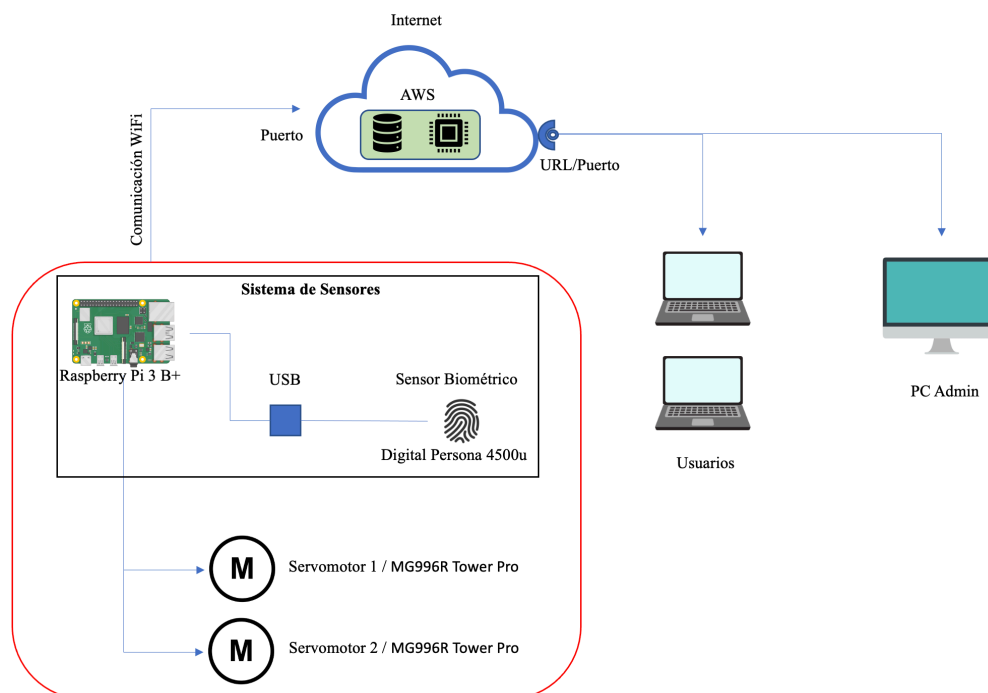


Ilustración 11. Esquemático topológico de red

En la ilustración 11 se puede apreciar el diseño de topología de red del sistema en su completitud. Cabe aclarar que La unidad de parqueo constará de 1 sensor biométrico de huella y 2 servomotores para 2 espacios utilizables. De manera general los elementos que componen la red del sistema son:

1. **AWS:** esta cumplirá la función de servidor, la cual permitirá atender las peticiones de los clientes y devolver una respuesta que en este caso sería la disponibilidad de lugares de parqueo y el procesamiento de datos (Registro de usuarios, informes y otra información de valor).
2. **Internet:** red que permitirá la conexión entre la raspberry los clientes y los servicios de AWS.
3. **M1 y M2:** servomotores los cuales emulan el sistema de habilitación para ingresar o salir del lugar.

4. **PC:** hace referencia al PC administrador de la red donde podrá realizar registros, consultas y verificación del estado de los lugares y tener un acceso directo a las funciones de administración alojadas en AWS.
5. **Usuarios:** hace referencia a las personas que se conectan para ver disponibilidad de los lugares.
6. **Sistema de sensores:** Este sistema estará compuesto por 3 partes así:
 - **Sensor de huella digital:** Este sensor permitirá obtener la huella dactilar del cliente con la cual podremos obtener información de este si es un cliente frecuente o bien realizar un registro para almacenarlo en la base de datos.
 - **Servomotores:** Estos permitirán habilitar el lugar asignado al usuario.
 - **Raspberry Pi:** Esta nos permitirá la gestión de la información recolectada de cada sensor donde podremos observar el estado en tiempo real de cada uno de nuestros lugares de parqueo. La información se transmitirá utilizando la banda 5G del wifi integrado en el dispositivo.

La facilidad de implementación de este biciparqueadero solventa de alguna forma los problemas encontrados en la propuesta de diseño de Lwin de la Universidad de Myanmar (expuesta en el estado del arte). Al utilizar la plataforma de Raspberry se obtiene mucha más funcionalidad y flexibilidad versus el uso de Arduino. Raspberry permite la instalación de un sistema operativo completo en el cual se pueden ejecutar aplicaciones de software de cualquier lenguaje soportado (JavaScript, Java, Kotlin, .Net etc).

Para el caso de esta propuesta resulta más que competente tener la base de un sistema operativo ya que las aplicaciones propias del sistema (manejo de sensores y envío de información de usuarios a AWS) se pueden realizar sin incurrir en las complejidades que son inherentes a los microcontroladores de Arduino. De manera inversa, el uso de Arduino implicaría tener algún dispositivo externo que permita recolectar la información de usuarios y

enviarlo a través de la red hacia el contenedor de AWS lo que incrementaría costos de implementación y mantenimiento.

La versatilidad de Raspberry facilita la conexión de dispositivos periféricos (para este caso el lector de huellas) permitiendo un despliegue e instalación mucho más fáciles. Los pines de I/O de Raspberry también facilitan la conexión de los servomotores como se muestra en el esquemático de conexión que se muestra a continuación.

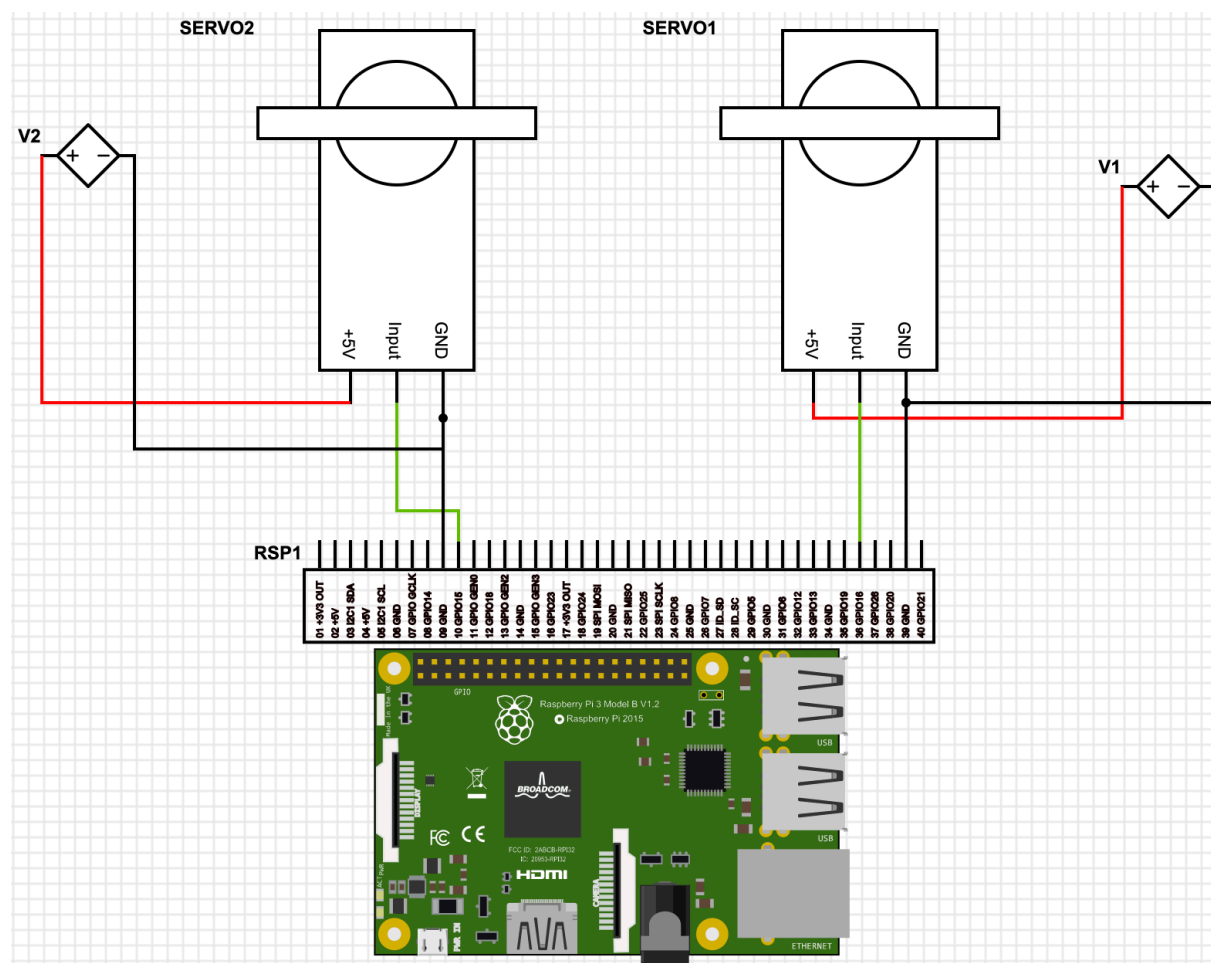


Ilustración 12. Esquema de conexión de Raspberry Pi 3 B+ para el control de servomotores

En cuanto al código necesario para permitir la actuación de los motores es necesario instalar la librería *gpiozero* escrita en Python junto con el paquete *rpi.gpio* que permitirá manejar los ángulos del motor de manera específica con un par de instrucciones:

- **servo.mid()** : Posición intermedia del motor
- **servo.min()** : Mínimo ángulo del motor
- **servo.max()** : Máximo ángulo del motor
- **servo.value = value** : Ángulo personalizado del motor. El parámetro **value** será un valor numérico de tipo flotante.

Raspberry está en la capacidad de manejar hasta 2 motores sin necesidad de tener una placa controladora de servomotores usando los pines I/O disponibles ejecutando la instrucción:

- **servo(I/O Pin)** : Obtiene la referencia al servo a manejar pasando como parámetro el número del Pin en el que el servo está conectado. Por ejemplo, si se quisiera conectar el servomotor cuyo input está conectado al pin GPIO16 se usaría la instrucción **servo = servo(16)**

De esta forma si quisiéramos manejar el servomotor conectado al pin GPIO16 y ponerlo en la posición de máximo ángulo el set de instrucciones de la ilustración 13.

```
from gpiozero import Servo
servo = Servo(16)
try:
    servo.max()
except KeyboardInterrupt:
    print("Program stopped")
```

Ilustración 13. Set de instrucciones en Python para el control de servomotores

Como se puede observar, el código mostrado anteriormente es simple y escalable para el diseño propuesto en este documento.

El lector de huellas estará conectado por medio de la interfaz USB y se acoplará al resto del sistema usando la respuesta del dispositivo. Si la huella existe dentro del sistema de información se verificará si tiene una bicicleta parqueada de tal manera que con esta comparación se permitirá la salida de la bicicleta.

Si la huella está registrada pero no hay registro de bicicletas guardadas en el sistema pertenecientes a este usuario se le preguntará si desea hacer uso del parqueadero. Si el sistema no reconoce la huella no permitirá la extracción ni la apertura del parqueadero ya que no es un usuario registrado. Este algoritmo se representa en el diagrama de flujo de la ilustración número 14.

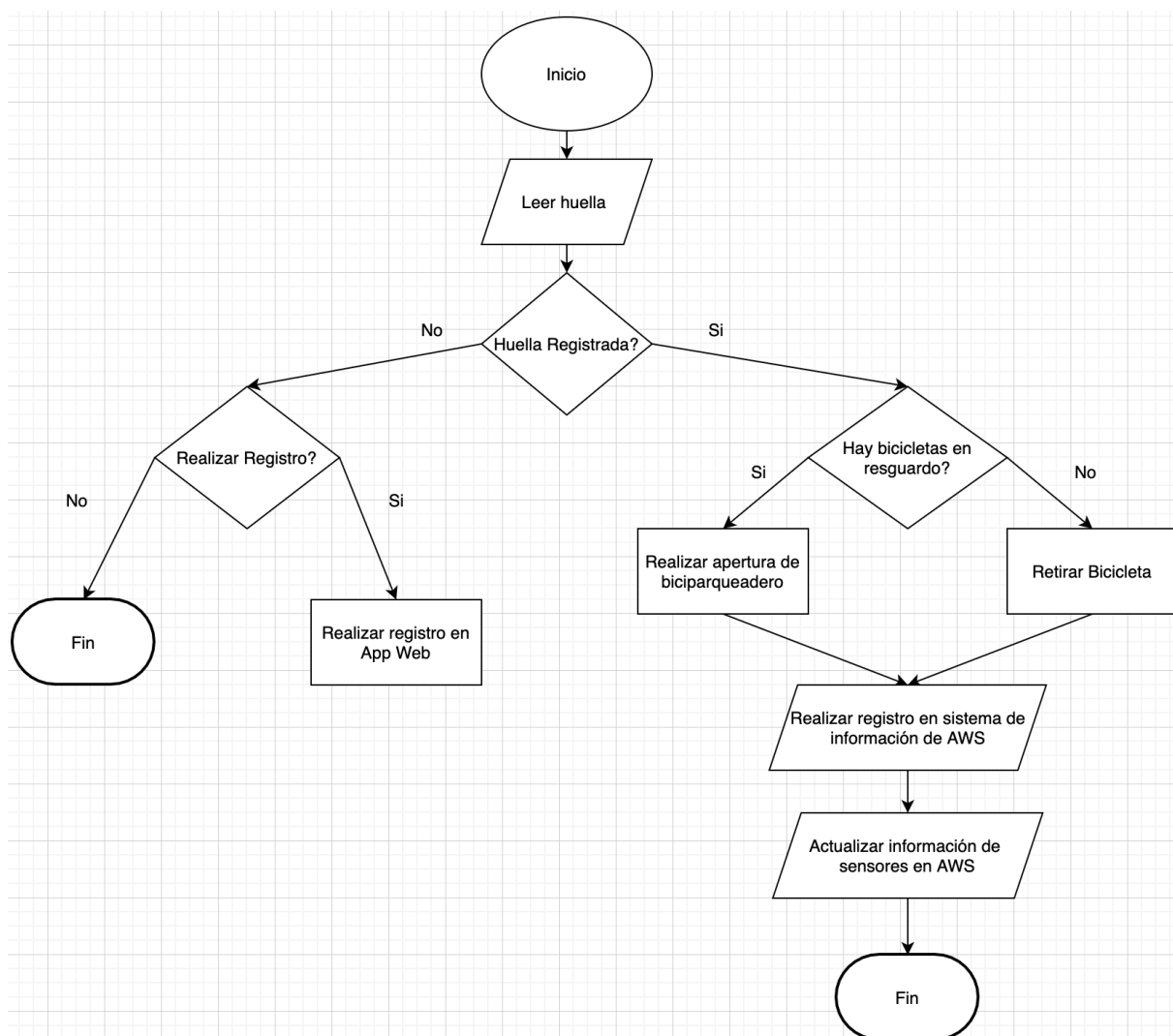


Ilustración 14. Diagrama de flujo para operación de biciparqueadero.

Si bien el software no es el fuerte de este diseño si se plantea la arquitectura básica de la solución para el manejo de los biciparqueaderos. En primera instancia se usaría AWS como contenedor Web ya que éste provee una instancia de bases de datos, servidor para aplicaciones y exposición de APIs o URLs para consumir dichas aplicaciones.

La aplicación para contener los usuarios y controlar el estado de los sensores (más no su operación) estaría desarrollada usando el stack de tecnología MERN (Mongo DB, Express Web Framework, React, NodeJS) los cuales se describen en detalle a continuación:

- **Mongo DB:** Base de datos no relacional en la cual se guardarían datos de usuarios y estado de los sensores. Al ser no relacional, no existen entidades ni relaciones, solamente esquemas de tipo JSON que básicamente son estructuras clave/valor, donde la clave es el parámetro por el que se hace la consulta y el valor es el dato asociado y devuelto en la consulta de la clave. En términos de eficiencia, es fácil extraer la información asociada de un usuario o de un sensor en particular.
- **Express:** es un framework web (en términos simples una plantilla) en la que vienen predefinidos muchos de los elementos comunes para el desarrollo de la parte del servidor de aplicaciones.
- **React:** Creado por Facebook, es un framework de código abierto para el desarrollo de aplicaciones multiplataforma que son presentadas a los usuarios finales.
- **NodeJS:** es un ambiente de JavaScript manejado por eventos, multiplataforma y de código abierto que usa el motor V8 y ejecuta el código JavaScript fuera de los navegadores Web (server-side).

Se eligió este stack por estar probado que es uno de los mejor acoplados entre sus componentes y por ser punta de lanza en muchos de los proyectos web actuales. También su facilidad de uso, rápido desarrollo y despliegue son evidentemente atractivos para crear un sistema que no requiere de grandes inversiones.

La aplicación web tendría una vista para los usuarios y una vista para el administrador del sistema. La vista de usuarios permitiría ver la disponibilidad de biciparqueaderos y el registro, mientras que la vista de administrador pondría a disposición la generación de informes de uso, la súper administración de usuarios (creación, borrado y modificación), ver el status de los sensores y demás información relevante.

Una vez creada la aplicación esta podrá ser accedida a través de un navegador web en cualquier dispositivo soportado. Como trabajo futuro se podría pensar en la implementación de una aplicación móvil nativa que permita el agendamiento de lugares de parqueo, la liberación de la bicicleta por medio de NFC y el registro de usuarios.

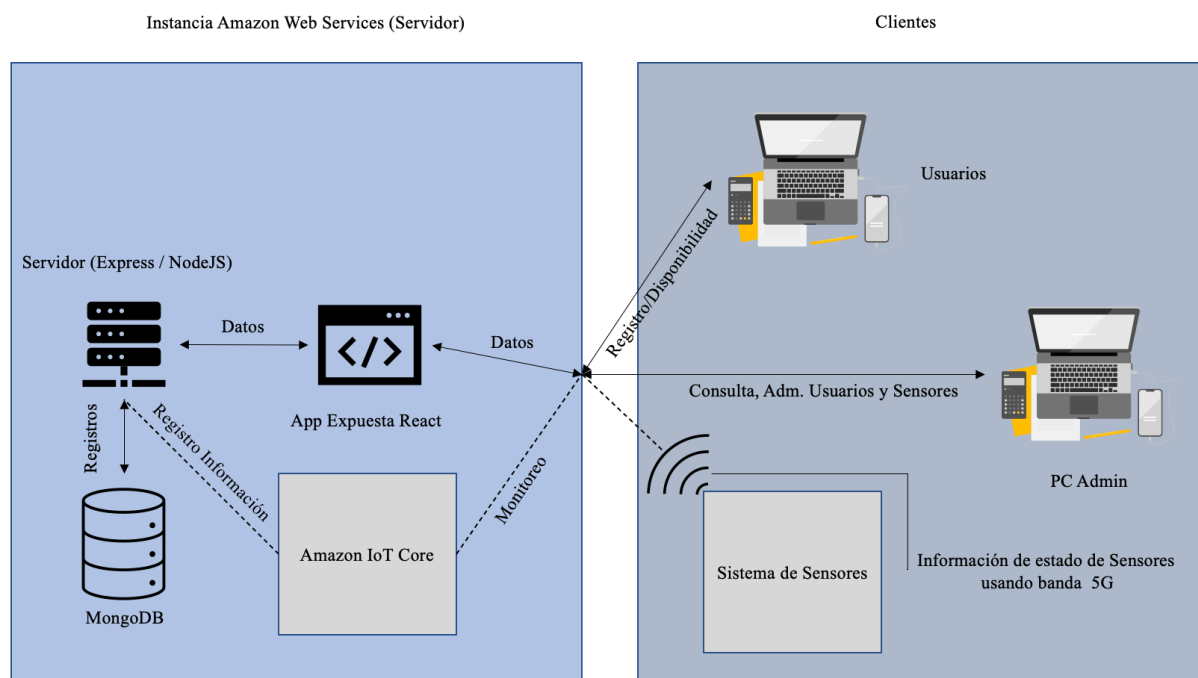


Ilustración 15. Arquitectura de Solución para el manejo de biciparqueaderos a nivel de software

Como se aprecia en la ilustración 15, la arquitectura de solución es cliente-servidor. El cliente únicamente ingresa y consulta datos a través de la aplicación expuesta a través de un navegador web. Todas las operaciones relacionadas a la transformación y almacenamiento de datos se realizan en el servidor, de igual forma que el monitoreo del estado de los sensores. Tanto los datos asociados a usuarios, como la disponibilidad de los biciparqueaderos y estado de los sensores se guardan en la base de datos en esquemas diferentes.

Conclusiones

La ciudad de Bogotá ha crecido y la dinámica de la malla vial presenta congestión, por lo que los ciudadanos han optado por el uso de la bicicleta como un medio de transporte alternativo para el desplazamiento, lo que conlleva a plantear alternativas de solución en el parqueo de estos vehículos.

Por esto se concluye que es imperativo el desarrollo de un prototipo de biciparqueaderos que, a través de la tecnología wifi 5G, para hacer uso de sus capacidades en cuanto a velocidad, tasa de transmisión, baja latencia y relevancia de la tecnología en la actualidad e integrando los servicios tecnológicos de cloud computing e IoT.

Lo anterior permite el control y registro de las bicicletas, a través de acceso a plataformas de administración y automatización digital además de la integración del internet de las cosas y computación en la nube para dar solución a las problemáticas de movilidad que presentan las ciudades.

La propuesta BIKER-CAMP & CLOUD COMPUTING impulsa el desarrollo de las comunidades en conjunción con el concepto de Ciudades Inteligentes y Ciudades Verdes, permitiendo implementar modelos de sostenibilidad con proyección social, en materia de seguridad y transporte entre otros aspectos.

La propuesta podría incentivar al uso de la bicicleta como medio de transporte principal mejorando así la salud de quien la conduce y de paso evitar que se opte por el automóvil de uso particular como medio de transporte tradicional ya que se tendría un nivel de confianza mayor al saber que la bicicleta se encuentra en un lugar seguro y monitoreado el cual requiere del componente biométrico para su extracción.

El diseño es viable en cuanto a la oferta tecnológica actual, ya que todos los componentes tanto de software como de hardware están disponibles en el mercado y siguen teniendo soporte por parte de sus desarrolladores/fabricantes. A nivel de costos, es relativamente económico en

comparación con soluciones como las planteadas por fabricantes como Falco (descrito en el estado del arte)

7. Bibliografía

Agencia noticias de la Universidad Nacional. (2012). *Vehículos producen el 50% de la contaminación en Bogotá*. Agencia de noticias.

<https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/vehiculos-producen-el-50-de-lacontaminacion-en-bogota.html>

Ágora, E. (2019, 3 diciembre). *Movilidad sostenible: ¿cuáles son las ciudades más ciclistas?*

EL ÁGORA DIARIO. <https://www.elagoradiario.com/a-style/movilidad-sostenibleciudades-mas-ciclistas/>

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2016). *Documentos para BICICLETAS:: Transporte en Bicicleta - BICI*. Alcaldía Mayor Bogotá.

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=20494>

Arquitectura y empresa. (2017, 16 agosto). *ECO Cycle. Arquitectura urbana subterránea por la sostenibilidad*. <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/eco-cycle-arquitecturaurbana-subterranea-por-la-sostenibilidad>

Ballesteros, C. (2020, 9 junio). *¡No más robo de bicis!* La Republica.

<https://www.larepublica.co/analisis/carlos-ballesteros-2935391/no-mas-robo-de-bicis-3016574>

Bernal, A. M. J. (2014, 27 mayo). *Plan de negocios para implementar un sistema de ciclo parqueaderos para los usuarios de Transmilenio*. Repositorio Institucional Pontificia

Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/9306>

Bigloo. (2017). *Bigloo - aparcamiento automático para bicicletas*. <http://www.bigloo.info/es/>

Calderon, P. (2015). *A 200 años de su invención, la bicicleta sigue siendo el transporte más sustentable*. Diversidad Ambiental. <http://diversidadambiental.org/medios/nota473.html>

Bermúdez, A. D. (2019, 22 febrero). *Desarrollo de un sistema de comunicación funcional para un ciclo parqueadero inteligente*. Repositorio Institucional Universidad Piloto de Colombia. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/4818>

Colombia, P. (2016, 19 diciembre). *Top 10 de los mejores cicloparqueaderos de Bogotá*.

Publimetro Colombia. <https://www.publimetro.co/co/bogota/2016/12/19/top-10mejores-cicloparqueaderos-bogota.html>

Congreso de Colombia. (2016). *Ley 1811 del 21 de Octubre del 2016*. Presidencia de Colombia.

<http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%201811%20DEL%2021%20DE%20OCTUBRE%20DE%202016.pdf>

Contaminación del aire ha aumentado en los últimos años. (2016). Semanario Universidad.

<https://semanariouniversidad.com/pais/contaminacion-del-aire-ha-aumentado-en-losultimos-anos/>

Cuartas, K., & Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2016). *DISEÑO DE UN MODELO DE CICLO PARQUEADERO INTELIGENTE SOPORTADO EN TECNOLOGÍA RFID/NFC Y APLICACIÓN MÓVIL SOBRE ANDROID PARA LA SEDE DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS*. Repositorio Institucional Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5903/1/CruzadoJimenezJoseCarlos2017.pdf>

Cuevas, A. (2018). *Así logrará Bogotá convertirse en la capital de la bicicleta*. Alcaldía Mayor de Bogotá. <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/asi-lograra-bogotaconvertirse-en-la-capital-de-la-bicicleta>

Diario del Cauca. (2019). *¿Se quejaron! Biciusuarios de Bogotá piden seguridad y mejoras en las*. <https://diariodelcauca.com.co/noticias/bogota/se-quejaron-biciusuarios-debogota-piden-seguridad-y-mejoras-532341>

Estrategias de Inversión. (s. f.). *Análisis top-down | Estrategias de Inversión*. Estrategias de Inversión. Recuperado 2020, de <https://www.estrategiasdeinversion.com/herramientas/diccionario/analisisfundamental/analisis-top-down-t-487>

Expertos, E. (2018a). *5G Wifi: cómo aprovechar la potencia de la fibra en redes inalámbricas* | VIU. Universidad Internacional de Valencia. <https://www.universidadviu.com/5g-wifi/>

Expertos, E. (2018b). *Evolución de la red de comunicación móvil, del 1G al 5G* | VIU. Universidad Internacional de Valencia. <https://www.universidadviu.com/evolucion-lared-comunicacion-movil-del-1g-al-5g/>

Gonzalez, C., UNIVERSITARIA AGUSTINIANA UNIAGUSTINIANA, & Fuentes, D. (2017). *MECANISMO DE MONITOREO PARA BICICLETAS EN MOVIMIENTO, USANDO 1 ENFOQUE DE IOT*. Repositorio Institucional Universitaria Agustiniiana. <http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/220/RomeroGuzman-JuanEsteban-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Google. (s. f.). *¿Qué es el cloud computing? | What is Cloud Computing* |. Google Cloud. Recuperado 2020, de <https://cloud.google.com/what-is-cloud-computing?hl=es>

Grupo Bancolombia. (2016). *Implementación del Acuerdo de París COP21 en Colombia*.

<https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capitalinteligente/actualidad-economica-sectorial/implementacion-acuerdo-paris-cop21colombia>

IBM. (s. f.). *¿Qué es cloud? Colombia* | IBM. Recuperado 2020, de

<https://www.ibm.com/coes/cloud/learn/cloud-computing-ubl>

IEEE 802.11, The Working Group Setting the Standards for Wireless LANs. (s. f.). IEEE.

Recuperado 2020, de <http://www.ieee802.org/11/>

Lopez, X., & PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR SEDE

AMBATO. (2008). *REDISEÑO DE LA RED CON CALIDAD DE SERVICIOS PARA DATOS Y TECNOLOGIA DE VOZ SOBRE IP EN EL ILUSTRE MUNICIPIO DE AMBATO*". Repositorio PUCESA.

<https://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/645/1/85008.PDF>

Marciales, L. N. (2019, 30 agosto). *Brasil y Colombia son los países de la región donde más se usa la bicicleta*. Diario la Republica.

<https://www.larepublica.co/globoeconomia/brasil-y-colombia-son-los-paises-de-la-region-donde-mas-se-usa-la-bicicleta-2903082>

Ministerio de Ambiente. (2015). *EL ABC DE LOS COMPROMISOS DE COLOMBIA PARA*

LA COP21. minambiente.
https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/colombia_hacia_la_COP21/ABC_de_los_Compromisos_de_Colombia_para_la_COP21_VF_definitiva.pdf

Mojica, Ó. M. (2020, 14 junio). *¿Qué hay detrás del aumento de un 60% en robo de bicis en*

mayo? El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/bogota/aumento-del-robo-de-bicicletasen-bogota-durante-mayo-del-2020-506728>

Oracle. (s. f.). *Que es Internet of Things*. Recuperado 2020, de <https://www.oracle.com/co/internet-of-things/what-is-iot.html>

Ortiz, Z. Á. T. (2018, 7 marzo). *Diseño e implementación de un piloto para sistema IOT de cicloparquadero inteligente, basado en los sistemas inteligentes de transporte y su implicación normativa dentro de una ciudad inteligente en Colombia*. Repositorio Institucional Universidad Santo Tomas.

<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/10724>

Parainfo. (s. f.). *Redes locales 2ª edición*. Google Books. Recuperado 2020, de [https://books.google.com.co/books?id=uG-](https://books.google.com.co/books?id=uG-6AwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=redes+de+area+local&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiv24XZpPDrAhXM1FkKHeq1AD8Q6AEwBHoECAIQAg#v=onepage&q=redes%20de%20area%20local&f=false)

[6AwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=redes+de+area+local&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiv24XZpPDrAhXM1FkKHeq1AD8Q6AEwBHoECAIQAg#v=onepage&q=redes%20de%20area%20local&f=false](https://books.google.com.co/books?id=uG-6AwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=redes+de+area+local&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiv24XZpPDrAhXM1FkKHeq1AD8Q6AEwBHoECAIQAg#v=onepage&q=redes%20de%20area%20local&f=false)

Pinto, S., Universidad Cooperativa de Colombia, Chicaiza, R., & Diaz, P. (2019). *DISEÑO DE APLICACIÓN PARA MEJORAR EL SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO A LOS USUARIOS DEL PARQUEADERO DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PERSONAL DE PROPULSIÓN HUMANA EN LA UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA SEDE 1, BOGOTÁ*. Repositorio Institucional Universidad Cooperativa de Colombia. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/16507/1/2020_Dise%C3%B1o_Aplicacion_Parqueadero.pdf

Pisano, A., & Universidad de San Andres. (2018). *Internet de las Cosas*. Repositorio Digital San Andres. <http://repositorio.udesa.edu.ar/jspui/bitstream/10908/16159/1/%5BP%5D%5BW%5D%20T.%20M.%20Ges.%20Pisano%2C%20Ariel.pdf>

Revista Nova et Vetera, & Gomez, J. (2016). *Revista Nova Et Vetera - - Universidad del Rosario*. Revista Nova et Vetera. <https://www.urosario.edu.co/Revista-Nova-Et-Vetera/Vol-2-Ed-17/Cultura/Breve-historia-del-ciclismo-urbano-mundial-y-su-re/>

Ricon, S., & Gomez, A. (2008). *FUNDAMENTOS DE LAS COMUNICACIONES MOVILES*. Bibliotecas y Archivos Universidad Tecnológica de Bolívar. <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0043125.pdf>

Secretaria de Movilidad. (2016). *ABC Sellos de Calidad*. <https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Condiciones-Sellos3.jpg>

Secretaria de Movilidad. (2019). *Bogotá alcanza los 100 cicloparqueaderos certificados con Sello de Calidad Oro*. https://www.movilidadbogota.gov.co/web/Noticia/bogot%C3%A1_alcanza_los_100_cicloparqueaderos_certificados_con_sello_de_calidad_oro

Secretaria de Movilidad de Bogotá. (2018). *Secretaría Distrital de Movilidad cumple con los Acuerdos del Concejo*. Secretaria de Movilidad. https://www.movilidadbogota.gov.co/web/Noticia/secretar%C3%ADa_distrital_de_movilidad_cumple_con_los_acuerdos_del_concejo

Secretaria de movilidad de Bogotá. (2019, 26 agosto). *Bogotá alcanza los 100 cicloparqueaderos certificados con Sello de Calidad Oro*. Secretaria de Movilidad. https://www.movilidadbogota.gov.co/web/Noticia/bogot%C3%A1_alcanza_los_100_cicloparqueaderos_certificados_con_sello_de_calidad_oro

Semana. (2020, 28 agosto). *En medio de la cuarentena, aumenta el robo de bicicletas en Bogotá*. Revista Semana.

<https://www.semana.com/nacion/articulo/cuarentenacolombia-subio-robo-de-bicicleta-en-bogota--noticias-hoy/678308/>

Semana Sostenible. (2017, 15 septiembre). *El parqueadero de bicis más grande del mundo está en Holanda.*

<https://sostenibilidad.semana.com/ws/Buscador/Index?query=bicicletas%20el%20parqueadero%20de%20bicis%20mas%20grande%20del%20mundo%20esta%20en%20holanda>

UNED. (s. f.). *Controladores industriales de diseño de alto nivel*. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de Control. Recuperado 2020, de http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE5_3_1.pdf

Villarreal, J. M. (2010, 11 noviembre). *Las ciudades en que más se usa la bicicleta.*

Plataforma Urbana. <https://www.plataformaurbana.cl/archive/2010/11/11/lasciudades-en-que-mas-se-usa-la-bicicleta/>

W. (2020, 19 febrero). *Seguridad para los biciusuarios*. Bogotá Cómo Vamos.

<https://bogotacomovamos.org/seguridad-para-los-biciusuarios/>
WIFI ORG. (s. f.). *Generational Wi-Fi® User Guide*. Recuperado 2020, de https://www.wifi.org/download.php?file=/sites/default/files/private/Generational_Wi-Fi_User_Guide_20181003.pdf

citrix. (s. f.). *¿Qué es la virtualización? - Definición de virtualización - Citrix Mexico.*

Citrix.com. Recuperado 2021, de <https://www.citrix.com/es-mx/glossary/whatisvirtualization.html>

Amazon Web Service. (s. f.). *Contenedores de Docker | ¿Qué es Docker? | AWS*. Amazon

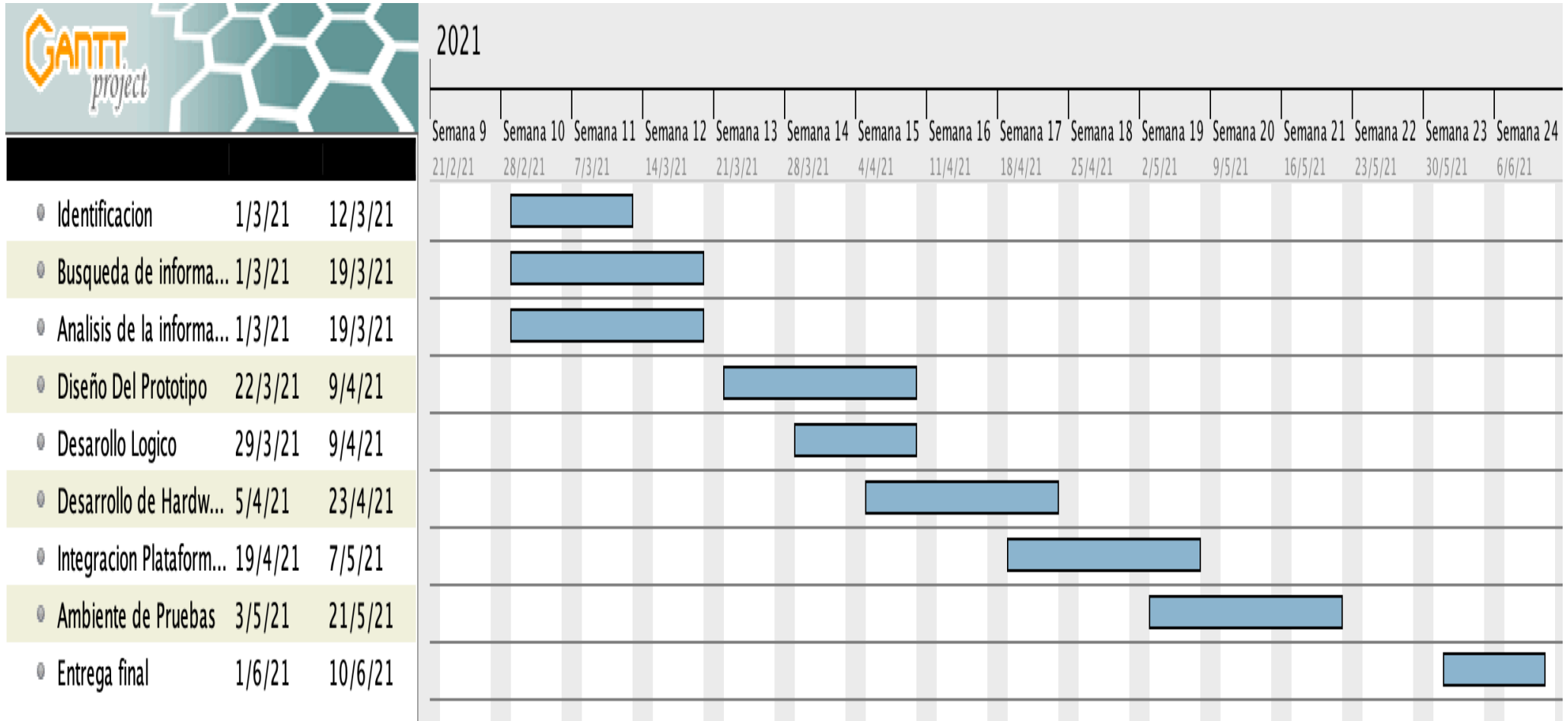
Web Services, Inc. Recuperado 2021, de <https://aws.amazon.com/es/docker/>

Bacell, M. F. (s. f.). *Redes WSN*. Universidad de Cádiz. Recuperado 2021, de <http://www.mfbarcell.es/conferencias/wsn.pdf>

Microsoft. (s. f.). *Protocolos y tecnologías de IoT | Microsoft Azure*. Microsoft Azure. Recuperado 2021, de <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/internet-of-thingsiot/iot-technology-protocols/>

Editorial La República S.A.S. (2018, 13 abril). *'Biciparqueadero T', la apuesta de la Universidad El Bosque en infraestructura para biciusuarios*. La República. <https://www.larepublica.co/infraestructura/biciparqueadero-t-la-apuesta-de-launiversidad-el-bosque-en-infraestructura-para-biciusuarios-2713355>

Anexos



Anexo 1. Cronograma de Actividades

Costo por Unidad de Parqueo (2 Bicicletas)			
Ítem	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Raspberry Pi 3 B+ (Ultimate starter kit)	1	\$940.000	\$940.000
Servomotores MG996R Tower Pro + Piñonería	2	\$32.000	\$64.000
Lector de Huellas Digital Persona USB 4500u 512 DPI	1	\$380.000	\$760.000
TOTAL			\$1'764.000
Costos Generales de Operación para el núcleo de Biciparqueadero (Unidades de parqueo de acuerdo con la disponibilidad de espacio)			
Ítem	Cantidad	Costo Mensual	
Afiliación Amazon Web Services (IoT Core, 1000000 mensajes día)	SaaS	\$1'200.000	
Conexión a Internet 500 Mb	1	\$280.000	
PC Administrador	1	\$1'500.000	
TOTAL		\$2'980.000	

Anexo 2. Tabla de Costos del Proyecto