

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE PARQUEO INTELIGENTE Y
CALIDAD DEL AIRE VISUALIZADO EN TIEMPO REAL EN
UNA APLICACIÓN ANDROID EN EL MARCO DE UNA CIUDAD
INTELIGENTE PARA EL DISTRITO DE LA PUNTA - CALLAO**

**Tesis para obtener el grado académico de Magíster en Ingeniería de las
Telecomunicaciones presentado por:**

ALEJANDRA ROMO QUISPE

FRANCO BENITES ROMERO

ASESOR: Dámaso Martín Carlos Tay

Lima, julio del 2021

Resumen

El presente proyecto de tesis consiste en el desarrollo de una plataforma tecnológica en el marco de una ciudad inteligente, brindando los servicios necesarios para el distrito de La Punta - Callao, combinando la tecnología con la información para mejorar la calidad de vida, reducir el coste energético y el impacto medio ambiental.

El diseño ha sido elaborado inicialmente para el distrito de La Punta, ya que posee un nivel alto en materia educativa dado que el 63.4% posee nivel superior, 32.4% tiene educación secundaria y 3.9% posee educación primaria, además tiene el nivel más bajo de población sin nivel educativo 0.2 % hombres y 0.4 % mujeres. Cabe señalar que la población de La Punta posee capacidades que incrementan la calidad de su potencial humano, en cuanto a herramientas tecnológicas el 91.3 % posee celular, 55% posee internet y 20.9% poseen más de dos computadores por casa, es decir, casi el 100 % de los hogares disponen de algún dispositivo tecnológico. Desde el punto de vista de seguridad ciudadana, en el distrito de La Punta los niveles de violencia, delincuencia y hechos delictivos son bastantes bajos, sin embargo, esta situación cambia en los meses de verano por el ingreso de veraneantes (20 a 30 mil) ajenos al distrito. En cuanto a su aspecto socioeconómico el 87.5% de su población es del nivel socioeconómico B, 10 % del C y 2.5% del D. Por último, posee potenciales turísticos y gastronómico como:

- 104 monumentos
- 2 playas
- 1 Reserva Ecológica
- 39 restaurantes y fuentes de soda
- 2 hospedajes
- 6 plazas y malecones
- 3 áreas de deportes náuticos
- 3 islas cercanas

Este diseño se puede replicar en otros distritos adecuando sus requerimientos y de la misma forma se podrán agregar servicios al distrito en donde se desarrolla inicialmente, ya que el desarrollo de una Smart City es a largo plazo, debido a las nuevas necesidades de los ciudadanos y de las nuevas tecnologías.

En el primer capítulo, se desarrollará el estado actual del distrito de La Punta, tanto desde el punto social como tecnológico, analizando causas y efectos del problema central identificando los objetivos del presente trabajo.

En el segundo capítulo, se expondrán los fundamentos tecnológicos que definen a una Smart City, citando algunos ejemplos de su desarrollo en otras ciudades y en la intervención del Internet de las Cosas (IoT) para su desarrollo orientado a los servicios al ciudadano a brindarse en el distrito.

En el tercer capítulo, se plantea el diseño con las dimensiones seleccionadas adecuadas para el distrito, así como dispositivos necesarios para poder implementar la solución necesaria y el sistema Android para la implementación de la aplicación móvil, también las pruebas realizadas en la comunicación entre los dispositivos.

En el cuarto capítulo se calcula los costos de inversión, operación y mantenimiento, así como los ingresos que se podrían generar al sistema para determinar la factibilidad del proyecto, por medio del cálculo del VAN y TIR.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones para la implementación del sistema.

Abstract

This thesis project focuses on the development of a technological platform within the framework of a Smart City, providing the essential services for the city of La Punta – Callao as well as combining technology with information to improve the quality of life, reduce the energy cost, and the environmental impact.

The design was first created for the city of La Punta because there is a high level of educational attainment among its population, 63.4% has college education, 32.4% has secondary education, and 3.9% has primary education. In fact, they have the lowest level of population without education, 0.2% is for men and 0.4% is for women. Therefore, it should be noted that La Punta's residents have capabilities which increase the quality of their human potential. For instance, in terms of technological tools, 91.3% have a cell phone, 55% have internet, 20.9% have more than two computers at home, that is almost 100% of households have some technological device. With respect to community safety in this city, the levels of violence, crime, and criminal acts are quite low, however, this situation changes during the summer season when individuals (20 to 30 thousand) from other places come to visit. As for the socio-economic aspect, 87.5% of the population is on level B, 10% is on level C, and 2.5% is on level D. And another important point to mention is that it has tourist and gastronomic potentials such as:

- 104 monuments
- 2 Beaches
- 1 Ecological Reserve
- 39 restaurants and soda shops
- 2 lodgings
- 6 town squares and boardwalks
- 3 water sport areas
- 3 nearby islands

This design can be replicated in other cities by adapting the requirements, and in the same way, services can be added to the place where it will be developed since creating a Smart City is a long-term project that involves new needs of individuals and new technology.

In the first chapter, we will determine the current state of La Punta from the social and technological point of view, to analyze the causes and effects of the central problem and identify the objectives of this work.

The second chapter will show the technological foundations that define a Smart City, citing some examples of how this was created in other cities and the intervention of the Internet of Things (IoT) for the development related to the services given to individuals.

For the third chapter, we plan the design with the appropriate dimensions for the city with the required devices to apply the best solution, the Android system for the implementation of the mobile application, as well as tests that are carried out in the communication between the devices.

As for the fourth chapter, we calculate the costs of investment, operation, and maintenance. And also, the income that could be earned in the system to determine the feasibility of the project through the use of NPV and IRR.

Ultimately, the conclusions and recommendations for the implementation of the system are presented.

Índice

Resumen	i
Abstract.....	iii
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Tablas.....	x
Lista de Acrónimos.....	xi
Introducción.....	1
Capítulo 1: Análisis de situación actual de la Punta – Callao.....	2
1.1 Generalidades	2
1.2 Diagnóstico de la problemática	2
1.2.1 Ubicación.....	2
1.2.2 Área de estudio	3
1.2.2.1 Problemática social	3
1.2.2.2 Problemática económica	4
1.2.2.3 Problemática ambiental.....	5
1.3 Estado actual de las telecomunicaciones	7
1.3.1 Servicios de banda ancha.....	7
1.3.2 Servicios de telefonía fija y móvil.....	7
1.4 Análisis de problemas – árbol de problemas.....	8
1.4.1 Definición del problema central	8
1.4.2 Análisis de las causas	8
1.4.3 Análisis de los efectos	8
1.4.4 Efecto final	9
1.5 Objetivos	9
1.5.1 Objetivo general.....	9
1.5.2 Objetivos específicos.....	9
Capítulo 2: Fundamentos tecnológicos de una Smart City.....	12
2.1 Generalidades	12
2.2 Estado actual de las Smart City.....	12

2.2.1	Concepto de Smart City	12
2.2.2	Elementos de una Smart City.....	13
2.2.3	Ejemplos de Smart City [8].....	15
2.3	Procesos tecnológicos de una Smart City	17
2.3.1	Recolección de datos	17
2.3.2	Transmisión de datos	18
2.3.3	Almacenamiento y depuración de datos	18
2.3.4	Plataforma de provisión de servicios	19
2.3.5	Servicios finales de la Smart City	19
2.3.6	Tipos de tecnologías.....	19
2.4	Internet de las Cosas (IoT)	20
2.4.1	Arquitectura del Internet de las Cosas.....	20
2.4.2	Áreas de aplicación	21
2.5	Tecnologías identificadas que permitan la convergencia de servicios dentro de una Smart City.....	22
2.5.1	Tecnología para la capa de detección.....	22
2.5.2	Tecnología para la capa de red	26
2.5.3	Tecnologías para la capa de datos y soporte	28
2.6	Servicios a implementar en el distrito	31
2.6.1	Servicio de parqueo	32
2.6.2	Servicio de medición de parámetros ambientales.....	32
2.7	Proveedores de dispositivos para Smart City	33
2.7.1	Proveedores de infraestructura de comunicación.....	33
2.7.2	Proveedores que prestan servicios	33
2.7.3	Proveedores del servicio completo.....	33
2.8	Normas nacionales e internacionales	33
2.8.1	Estándar ISO	33
2.8.2	Estándar nacional AENOR	34
2.9	Indicadores de una Smart City	35
2.10	Niveles de Calidad del Aire.....	37
Capítulo 3: Diseño del sistema de parqueo inteligente		39
3.1	Generalidades	39
3.2	Diagrama de red de telecomunicaciones	40
3.2.1	Etapas de diseño	40

3.3	Características de sensores y dispositivos	41
3.3.1	Microcontrolador	42
3.3.2	Sensor Infrarrojo	43
3.3.3	Módulo UV	43
3.3.4	Módulo MQ.....	44
3.3.5	Router Mikrotik RB951Ui-2HnD.....	45
3.3.6	Cámara Planet ICA-HM101W	46
3.4	Implementación del prototipo del diseño	47
3.4.1	Servidor	47
3.4.2	Creación de la base de datos.	47
3.4.3	Aplicación Android.....	49
3.5	Pruebas de conectividad y funcionamiento.....	62
3.5.1	Conexión de los sensores al MCU-Node	62
3.5.2	Pruebas de conectividad entre dispositivos	63
3.5.3	Pruebas de visualización de los datos en la aplicación móvil	67
Capítulo 4.	Evaluación económica y financiera del proyecto	68
4.1	Costos de inversión	68
4.2	Operación y mantenimiento	69
4.2.1	Costo de repuestos	69
4.3	Ingresos	70
4.4	Cálculo del VAN y TIR	70
Conclusiones	73
Recomendaciones	74
Bibliografía	75

Lista de Figuras

Figura 1. Vista panorámica de La Punta – Callao.....	3
Figura 2. Árbol de Causas – Efectos.....	10
Figura 3. Árbol de objetivos	11
Figura 4. Arquitectura del Internet de las Cosas [10]	21
Figura 5. Elementos de la red de sensores inalámbricos. [17]	23
Figura 6. Sensores para la recolección de datos medioambientales. [17]	24
Figura 7. Diagrama de red de telecomunicaciones. Fuente: Elaboración propia.....	40
Figura 8. Módulo MCU-Node	42
Figura 9. IR Infrared Sensor	43
Figura 10. Módulo UVM-30.....	44
Figura 11. Módulo MQ-135.....	45
Figura 12. Router Mikrotik RB951 Ui-HnD.....	46
Figura 13. Cámara IP Planet ICA-HM101W.....	46
Figura 14. Servidor XAMPP.....	47
Figura 15. Bases de datos creadas para la aplicación.....	47
Figura 16. Tabla Calidad del Aire.....	48
Figura 17. Tabla Parking.....	48
Figura 18. Tabla de ubicación de estacionamientos.....	48
Figura 19. Tabla de Usuarios	49
Figura 20. Modelado de base de datos	49
Figura 21. Android Manifest.....	51
Figura 22. Código Android de la clase MainActivity.java	53
Figura 23. Logo de la Aplicación Air Parking.....	53
Figura 24. Vista Inicial de la aplicación	54
Figura 25. Vista inicial de estacionamientos disponibles	55
Figura 26. Código de conexión a la base para obtener disponibilidad actual de los estacionamientos	55
Figura 27. Vista del Navigator Drawer.....	56
Figura 28. Código de la clase MapsActivity.java	57
Figura 29. Vista de la ubicación geográfica de los estacionamientos y cantidad de lugares disponibles	57
Figura 30. Interfaz para la búsqueda del auto estacionado	58
Figura 31. Vista de valores de calidad del aire por medio de una tabla.....	59
Figura 32. Vista de valores de calidad del aire por medio de un gráfico de barras.	59
Figura 33. Diagrama de secuencia de Inicio de Sesión. Fuente: Elaboración propia	60
Figura 34. Diagrama de secuencia de Búsqueda de Estacionamiento. Fuente: Elaboración propia	61
Figura 35. Diagrama de secuencia de Buscar Auto. Fuente: Elaboración propia.....	61
Figura 36. Diagrama de secuencia de Calidad del Aire. Fuente: Elaboración propia.....	62
Figura 37. Prototipo de conexión de sensores y tarjeta MCU-Node. Fuente: Elaboración propia	63
Figura 38. Ping al servidor.....	64
Figura 39. Ping al módulo MCU.....	64

Figura 40. Ping a la cámara IP	65
Figura 41. Ping al teléfono móvil.....	65
Figura 42. Ping al router	66
Figura 43. Ping a internet.....	66
Figura 44. Vista de valores de calidad del aire por medio de una tabla.....	67
Figura 45. Vista de valores de calidad del aire por medio de un gráfico de barras	67



Lista de Tablas

Tabla 1. Empresas según segmento empresarial del distrito de La Punta, III trimestre 2015 [3].....	4
Tabla 2: Lista por Áreas de: Su hogar tiene: Conexión a Internet de la Provincia Constitucional del Callao [2]	7
Tabla 3: Lista por Áreas de: Su hogar tiene: Teléfono fijo de la Provincia Constitucional del Callao [2].....	8
Tabla 4. Tecnologías para la Smart City [8]	19
Tabla 5. Distancias típicas de uso de fibra multimodo	26
Tabla 6. Tipos de fibra óptica de acuerdo con su lugar de instalación	26
Tabla 7. Tipos de Small Cells	27
Tabla 8. Clasificación de Data Center	29
Tabla 9. Estándar ISO para Smart Cities [15].....	33
Tabla 10. Estándar Nacional AENOR para Smart Cities [15]	34
Tabla 11. Indicadores de una Smart City	36
Tabla 12. Cuidados y recomendaciones según categoría de calidad del aire. [21]	37
Tabla 13. Selección de Microcontrolador. Fuente: Elaboración propia.....	42
Tabla 14. Selección sensor infrarrojo. Fuente: Elaboración propia	43
Tabla 15. Selección Módulo UV. Fuente: Elaboración propia.	44
Tabla 16. Selección de Módulo MQ. Fuente: Elaboración propia.....	45
Tabla 17. Direccionamiento IP de dispositivos de la red.....	63
Tabla 18. Costo de equipos y sensores para el servicio	69
Tabla 19. Costos de mano de obra	69
Tabla 20. Costos de operación y mantenimiento	69
Tabla 21. Costos de repuestos en 2 años.....	70
Tabla 22. Costos de repuestos en 5 años.....	70
Tabla 23. Ingresos del servicio	70
Tabla 24. Flujo de caja del año 0 al 5	71
Tabla 25. Flujo de caja del año 6 al 10	71

Lista de Acrónimos

DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental
ECA	Estándares de Calidad Ambiental
HFC	Hybrid Fixer - Coaxial
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GNV	Gas Natural Vehicular
RFID	Radio Frequency Identification
FTTB	Fiber To The Building
FTTA	Fiber To The Antenna
FTTH	Fiber To The Home
LTE-A	Long Term Evolution - Advanced
AES	Advanced Encryption Standard
FTP	File Transfer Protocol
DNS	Domain Name System
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
TFTP	Trivial File Transfer Protocol
NFS	Network File System
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
ISO	International Organization for Standardization
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación
CPD	Centro de Procesamiento de Datos
PIB	Producto Bruto Interno

Introducción

Las ciudades inteligentes son las ciudades del presente y del futuro, que se vienen desarrollando en diferentes entornos, de acuerdo con las necesidades de sus habitantes, estas trabajan en unión con el desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones. Es por ello, que se busca realizar un modelo de ciudad inteligente para el distrito de La Punta, de la Provincia Constitucional del Callao, distrito elegido debido a sus características sociales, económicas y ambientales. Dicho modelo contará con las dimensiones que caracterizan a una Smart City enfocado al medio ambiente y a un sistema de parqueo.

En este contexto, esta tesis tiene como objetivo plantear los elementos y características que hacen posible una definición de Smart City en una área urbana, analizar los datos relacionados a la ciudad y de los ciudadanos, teniendo en cuenta el estado actual de las telecomunicaciones dentro de la comunidad y tomar decisiones para definir acciones con las cuales diseñar una Smart City en el distrito de La Punta en el Callao, aprovechando las oportunidades estratégicas que puedan existir en los diferentes sectores de su entorno, con el fin de crear una ciudad sostenible y digital enfocada en la economía, la solución brindada pretende reducir el gasto innecesario de combustible/gas al ciudadano al encontrar un estacionamiento disponible, y medio ambiente, al poder reducir de cierta forma la contaminación ambiental.

Este diseño de Smart City se enfocará en el sector de energía y el impacto ambiental, proponiendo técnicas para minimizar el impacto ambiental con el fin de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos satisfaciendo sus necesidades y que el diseño es el apropiado tanto para los ciudadanos de dicha zona como para los visitantes.

Capítulo 1: Análisis de situación actual de la Punta – Callao

1.1 Generalidades

En este capítulo se analizará la situación actual del distrito de La Punta, para el cual se diseñará una Smart City brindando un aporte tecnológico a la comunidad en satisfacción de sus necesidades. Además, se mostrará el estado actual de las telecomunicaciones en el distrito.

1.2 Diagnóstico de la problemática

1.2.1 Ubicación

La Punta es una península que se encuentra en el extremo más occidental de la Provincia Constitucional del Callao enclavada en el Océano Pacífico, con coordenadas geográficas 77°07'26'' O 12°04'03'' N y a 1.8 m.s.n.m. Tiene un área de 0.75 km². Limita por el norte, oeste y sur con el Océano Pacífico y por el este con el barrio de Chucuito que pertenece al Cercado del Callao. [1]. Tiene una población de 3 829 habitantes y 1466 hogares, según el último censo de INEI del 2017. [2]



Figura 1. Vista panorámica de La Punta – Callao

Fuentes: <https://peru.com/2012/08/20/viajes/noticia-de-viajes/provincia-constitucional-callao-celebra-su-176-aniversario-noticia-81778>

1.2.2 Área de estudio

1.2.2.1 Problemática social

En el sector educación existe un alto nivel en materia educativa, solo el 0.3 % de la población mayor de 15 años no ha alcanzado el nivel inicial o preescolar. El 63.4% de la población tiene niveles de educación superior, el 32.4% cuenta con educación secundaria. Con respecto al analfabetismo, el distrito al 2007 contaba con solo el 0.2% de la población total. El 57.6% de la población de 3 años a más conoce y domina un segundo idioma, siendo el 77.3% de estos dominan el inglés. [1]

Dentro del distrito se encuentran dos establecimientos de salud: el Centro de Salud del Ministerio de Salud y el Centro de Salud Municipal, sin embargo, son necesarias las mejoras a estos establecimientos para una atención oportuna ante algún incidente. Por otro lado, los problemas de salud asociados a la drogadicción constituyen una gran preocupación en el distrito, por lo cual sería

necesario el prestar servicios de salud mental dirigidos a jóvenes y adolescentes, así como fomentar actividades deportivas, artísticas y culturales. [1]

Los niveles de violencia, delincuencia y vandalismo son bajos en relación con los que se registran en los demás distritos del Callao y Lima. Sin embargo, esta situación cambia en los meses de verano donde la llegada de personas externas al distrito es masiva, un aproximado de 20 a 30 mil personas, ocasionando un ambiente de inseguridad a los residentes del distrito por algunas personas que cometen actos delictivos. El distrito cuenta con 25 cámaras de video vigilancia conectadas a la Base de Seguridad Ciudadana, la cual funciona 24x7, monitoreando en tiempo real el distrito y almacenando la información por 30 días. Cuenta con una Comisaría, un Servicio de Serenazgo, una División de Seguridad Ciudadana y Policía Municipal. [1]

1.2.2.2 Problemática económica

Su nivel socioeconómico se encuentra en su mayoría en la clase B (87.5%), luego la clase C (10.0%) y el nivel D (2.5%). El porcentaje de pobreza del distrito es del 0.1%. No existen actividades de producción industrial, siendo su PBI respecto al sector terciario o de servicios de 84%, solo existe la producción de servicios, pero a nivel micro y de pequeña escala. [3]

Tabla 1. Empresas según segmento empresarial del distrito de La Punta, III trimestre 2015 [3]

Segmento empresarial	Total
Microempresa	509
Pequeña empresa	34
Mediana empresa	1
Gran empresa	1
Total	545

La mayor actividad económica es la del comercio (164), seguido de actividades de alojamiento y de servicios de comida (76) y servicios prestados a empresas

(75). En cuanto al tipo de organización jurídica, existen 312 empresas declaradas por personas naturales, 131 como Sociedad Anónima y 39 como Empresa individual de Responsabilidad Limitada. La densidad empresarial es de 160.7 empresas/mil hab. al III trimestre del 2015. [3]

La densidad empresarial para 2018 fue de 607, siendo 362 constituidas como personas naturales [4]. El número de empresas dadas de alta (creación o reactivación) para el distrito de La Punta en el IV trimestre del 2019 fue de 17 y para el IV trimestre del 2020 sería de 16; en cuanto a las empresas dadas de baja en el IV trimestre del 2019 fue de 9 y para el IV trimestre del 2020 sería de 3 [5].

1.2.2.3 Problemática ambiental

[6] Los principales problemas ambientales del distrito de La Punta son en cuanto a la contaminación de aguas, teniendo un riesgo ante los derrames de petróleo, riesgos de fenómenos naturales, los vientos adversos, sobrepoblación de visitantes en temporadas de verano y los limitados espacios para la realización de actividades recreativas, entre otras. [7]

- Contaminación Atmosférica:

Los niveles de contaminación de La Punta se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por DIGESA, sin embargo, esto cambia en determinadas temporadas, pasando moderadamente los límites [7]. Existe afectación por la presencia de contaminantes en el aire de los metales pesados contenidos en el material particulado en suspensión como el ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y elementos orgánicos volátiles como benceno, xileno y tolueno, estos serán considerables dependiendo de la duración de exposición y susceptibilidad de cada persona. Entre los contaminantes atmosféricos más cercanos al límite dentro del distrito se encuentran los siguientes: ozono, no sobrepasa el límite (por 8 horas: ECA-120ug/m³, OMS-100ug/m³), llega a 60.5 en verano y a 82 en invierno, estos niveles son los más altos dentro de los demás distritos del Callao; concentración de material particulado inferior o igual a 10 micras (PM10), este es uno de los de mayor

preocupación ya que puede llegar a penetrar profundamente en los pulmones y presenta riesgos potenciales significativos para la salud, el distrito presenta una concentración cercana al límite establecido por la OMS (50ug/m³ anuales, ECA-150ug/m³ anuales) en temporada de verano se llega a 48 ug/m³ y en invierno alcanza 35 ug/m³; concentración de material particulado inferior a 2.5micras (PM2.5) posee los mismos efectos que PM10, se alcanza valores cercanos al límite (OMS- 25ug/m³ anuales, ECA-50ug/m³ anuales) en verano se llega a 30ug/m³ y en invierno a 15ug/m³; concentración de polvo sedimentable (PS) no hay un aumento considerable en las diferentes temporadas, llegando a 0.3mg/cm²/mes en verano y 0.35mg/cm²/mes en invierno, no se acercan al límite (OMS-0.5/mg/cm²/mes); en cuanto a las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Ozono (O₃), Benceno (C₆H₆) y Plomo (Pb) los niveles se encuentran por debajo del límite permisible tanto de la OMS (Organización Mundial de la Salud) como de ECA (Estándares de Calidad Ambiental). [6]

- Calidad y disponibilidad del agua:

Al Callao le llega la parte final de los valles del río Rímac y Chillón, ambos son grandes fuentes de recursos hídricos para la provincia, pero también son fuente de contaminación marina para el litoral [6]. Al mar de la Punta llegan corrientes marinas, las cuales arrastran residuos desde La Chira, San Miguel y Callao, los vientos adversos producen arrastre de residuos de los ríos, existe riesgo de fenómenos naturales, tales como maretazos, fuertes oleajes, entre otros. Otro tipo de contaminación es por la presencia de algas que generan malos olores. Aún existe un determinado porcentaje de viviendas con material de adobe y quincha, y por lo menos el 12.7% de las viviendas tienen problemas de saneamiento [7].

- Contaminación marina:

En la actualidad, las aguas del mar del Callao reciben vertimientos líquidos sin tratamiento alguno, así como descargas domésticas, industriales provenientes de actividades portuarias las cuales califican como grave contaminación según

estudios realizados en décadas pasadas por El Instituto del Mar del Perú (IMARPE), el cual realizó en marzo del 2002 un monitoreo de calidad del agua en el mar del Callao hasta una distancia aproximada de 2.5 millas de la costa, encontrando una alta concentración de metales pesados marinos (plomo y cadmio) estos debido a la actividad minera que se realiza en zonas de los ríos Rímac y Chillón, y a la actividad industrial que emplea compuestos químicos y que vierte sus residuos a los ríos mencionados, los cuales llegan finalmente al mar del Callao. [6]

1.3 Estado actual de las telecomunicaciones

1.3.1 Servicios de banda ancha

El distrito de La Punta cuenta con servicios de internet de banda ancha alámbrico a través de la tecnología HFC, la cual es operada por las empresas Telefónica y Claro con velocidades de hasta 60 Mbps y para el internet fijo inalámbrico la velocidad llega hasta 10 Mbps. [8]

Tabla 2: Lista por Áreas de: Su hogar tiene: Conexión a Internet de la Provincia Constitucional del Callao [2]

Distrito	Sí tiene conexión a internet	No tiene conexión a internet
Callao	57 984	61 320
Bellavista	13 652	6 589
Carmen de la Legua Reynoso	5 829	5 686
La Perla	11 807	5 841
La Punta	967	267
Ventanilla	23 510	61 336
Mi Perú	3 940	7 500

1.3.2 Servicios de telefonía fija y móvil

Operan las cuatro empresas de telecomunicaciones que dominan el mercado, las cuales son Telefónica, Entel, Bitel y Claro en el rubro de la telefonía móvil. En la telefonía fija solo operan Telefónica y Claro. [9]

Tabla 3: Lista por Áreas de: Su hogar tiene: Teléfono fijo de la Provincia Constitucional del Callao [2]

Distrito	Sí tiene teléfono fijo	No tiene teléfono fijo
Callao	53 296	66 008
Bellavista	13 367	6 874
Carmen de la Legua Reynoso	5 434	6 081
La Perla	11 710	5 938
La Punta	1 028	206
Ventanilla	15 891	68 955
Mi Perú	2 478	8 962

1.4 Análisis de problemas – árbol de problemas

1.4.1 Definición del problema central

Falta de información de lugares libres de estacionamiento que ocasiona pérdida de tiempo y energía, así como genera contaminación ambiental en el distrito.

1.4.2 Análisis de las causas

- La infraestructura vial está formada por dos avenidas principales Bolognesi y Grau, cuyas funciones son de entrada y salida del distrito, estas fueron diseñadas para albergar poco volumen de automóviles.
- La desinformación hacia los conductores sobre los parqueos libres origina congestión, pérdida de tiempo (se pierde 720 horas al año por persona [10]) y contaminación ambiental.
- Entre otros problemas viales se encuentran los ciclos de semáforos, giros a la izquierda, paraderos informales y el estado del pavimento, donde las vías paralelas y transversales a las vías principales se encuentran deterioradas.

1.4.3 Análisis de los efectos

- Pérdida de tiempo y energía: Los conductores tardan demasiado para encontrar un estacionamiento libre, pudiendo usar ese tiempo de forma más efectiva e incluso generan un gasto innecesario de combustible. Además, afecta a los conductores que están de tránsito originando un cuello de botella.
- Contaminación: Los automóviles utilizan gasolina, petróleo, GLP o GNV y emiten gases nocivos al medioambiente Si consideramos un automóvil

detenido en el congestionamiento, este genera un daño innecesario.

- Peligro latente: Cuando los automóviles están detenidos por la congestión y/o los conductores están buscando un estacionamiento libre, la seguridad disminuye, ya que los conductores tienen mayor concentración en la búsqueda de lugar disponible y la probabilidad de un accidente crece.

1.4.4 Efecto final

Congestionamiento vehicular en vía diseñada para bajo volumen vehicular

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Diseño de un sistema de parqueo inteligente, videovigilancia y medición de calidad del aire para el distrito de la Punta, con el fin de reducir la congestión vehicular y disminuir los niveles de contaminación ambiental.

1.5.2 Objetivos específicos

- Instalación de sensores de proximidad para la detección de vehículos estacionados en el área de parqueo.
- Instalación de sensores para la medición de niveles de calidad del aire y radiación.
- Conexión entre los sensores y un servidor para el almacenamiento de la información necesaria.
- Diseño de una aplicación móvil conectada al servidor para la visualización en tiempo real de los estacionamientos disponibles, vigilancia y medición de niveles de calidad del aire.

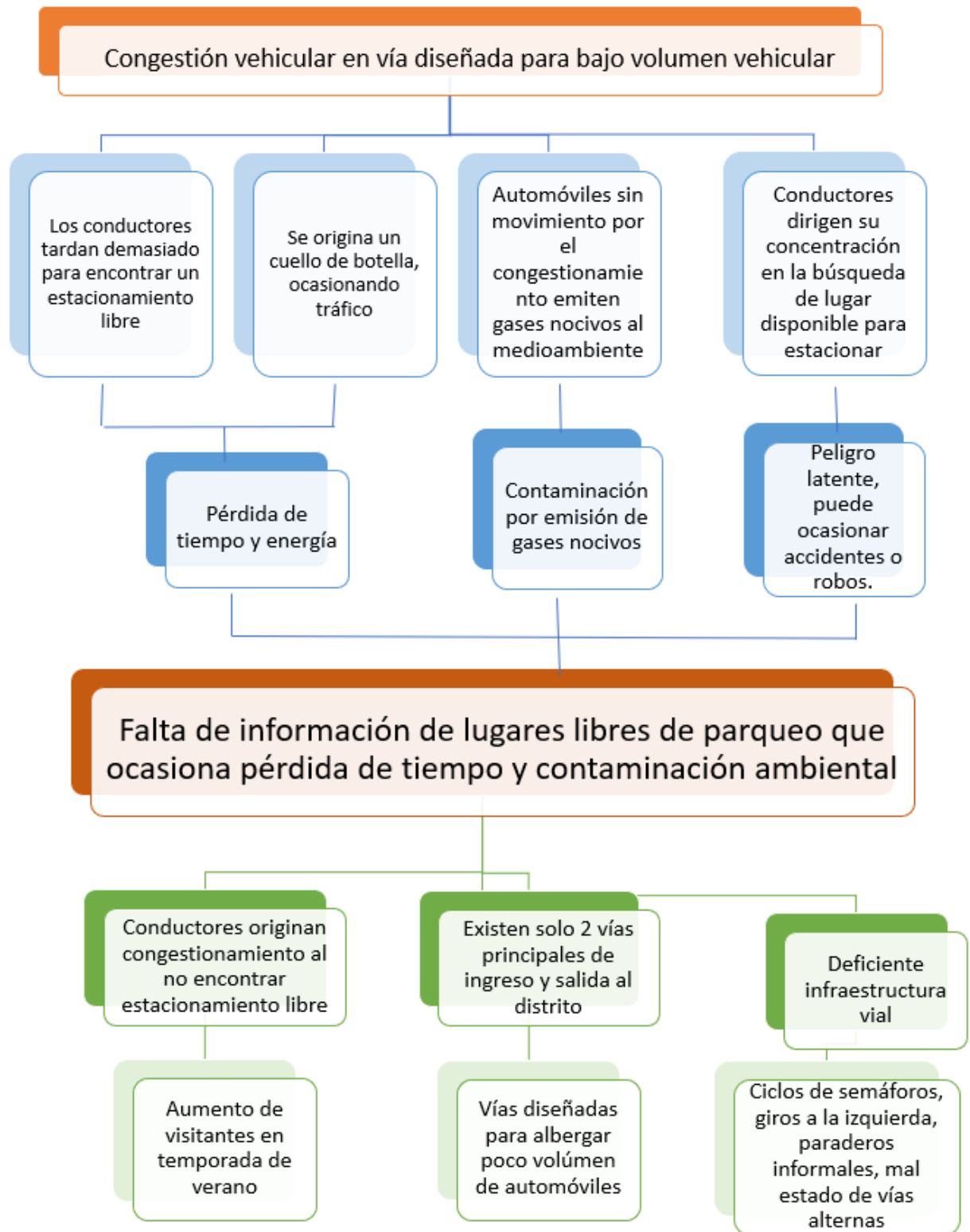


Figura 2. *Árbol de Causas – Efectos.*

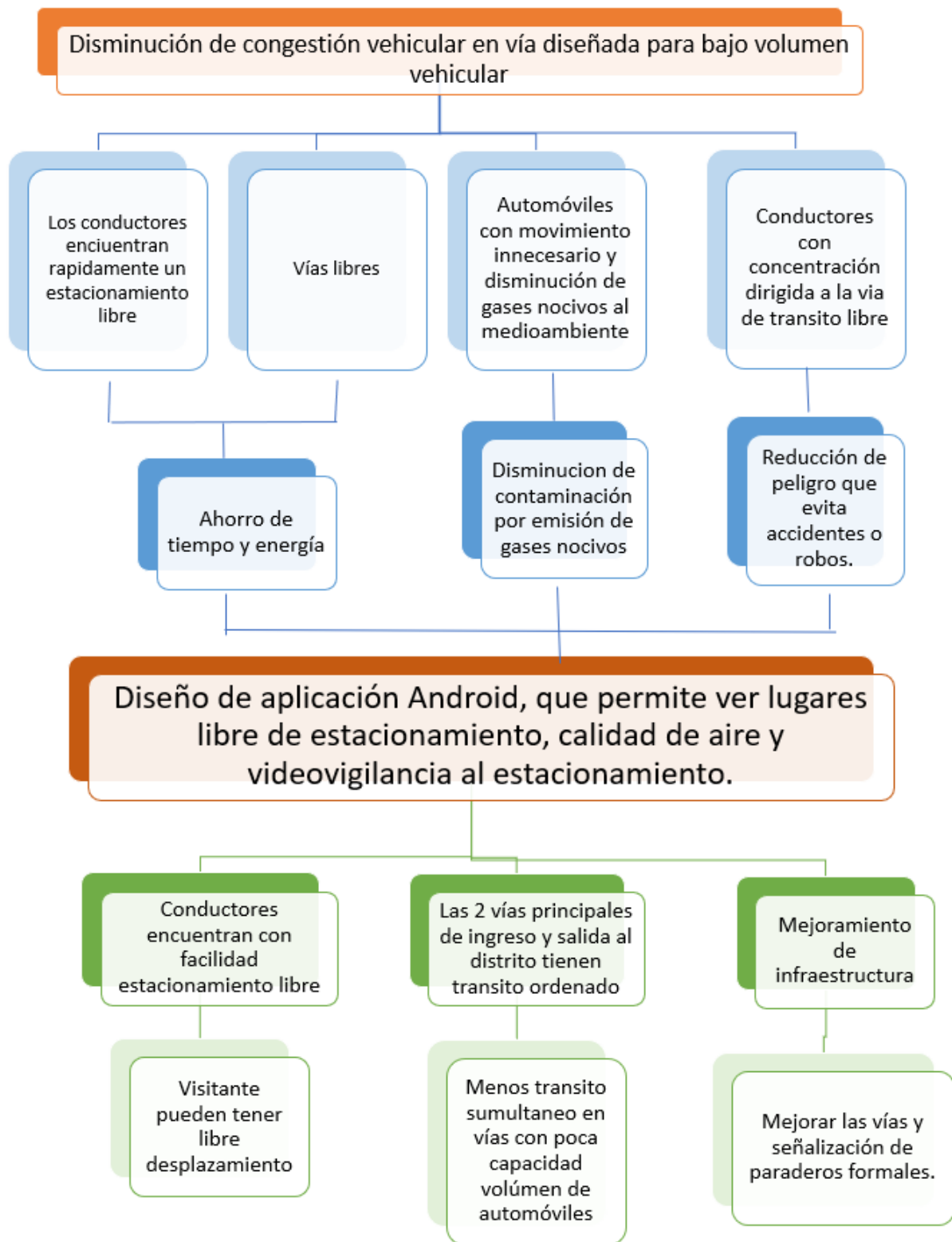


Figura 3. Árbol de objetivos

Capítulo 2: Fundamentos tecnológicos de una Smart City

2.1 Generalidades

2.2 Estado actual de las Smart City

2.2.1 Concepto de Smart City

Existen diferentes conceptos para una Smart City, dependiendo del ámbito en el cual se desarrolla y las necesidades que se llegarán a cubrir con su aporte a la ciudad, pero sobre todo al ciudadano.

Una Smart City se puede definir como aquella ciudad que incorpora tecnología e innovación para un desarrollo sostenible, eficiente y flexible a través de sus diferentes servicios, teniendo como eje principal las necesidades de los ciudadanos considerando su aspecto social, urbano y medio ambiental. Por medio del desarrollo de una ciudad inteligente se promueve un desarrollo integrado y sostenible, generando integración de servicios, optimización de recursos, reducción del impacto ambiental y monitoreo de servicios públicos, permitiendo así la interacción entre los ciudadanos y una administración municipal. [11]

Una Smart City, también, es aquella que busca una mejora en el sistema de transporte público y el uso de espacios públicos, prioriza la seguridad ciudadana, los servicios públicos y las respuestas ante emergencias, además usa la tecnología como herramienta para objetivos a largo plazo, ofreciendo un desarrollo económico a través de creación de empleos y reduciendo la desigualdad fomentando un bienestar económico y social. [11]

Se puede concluir que una Smart City no consiste en emplear la tecnología más avanzada, sino en emplear tecnología adecuada a las necesidades del conjunto de ciudadanos a los que se les brinda el servicio, así se logra que la tecnología se utilice como un medio y no como el fin en el desarrollo de una ciudad inteligente. [11]

2.2.2 Elementos de una Smart City

Se pueden identificar diferentes elementos dentro de una Smart City, dentro de ellos se encuentran los siguientes: [12]

- **Gobierno inteligente (Smart Government)**

Se permite un diálogo bilateral entre los ciudadanos y la administración pública por medio de herramientas tecnológicas que permiten la simplificación en los procesos administrativos realizados por medio servicios online, pago electrónico y permitiendo la transparencia del gobierno de tal forma que los tiempos de ejecución en los procesos disminuyan, ya que se permite un acceso inmediato desde cualquier lugar y en cualquier momento.



- **Economía inteligente (Smart Economy)**

Busca mejorar la imagen económica de la ciudad al mejorar su productividad y flexibilidad en el mercado de trabajo, y a la vez fomentar un desarrollo económico con la creación de nuevas empresas o mejorar las existentes. Bajo este concepto se busca un desarrollo urbano sostenible



pasando de una condición de competitividad como factor estándar que considera la productividad, calidad de trabajo y direccionalidad a un modelo de innovación como factor Smart, mejorando la difusión, conexiones de red y comportamientos innovadores.

- **Movilidad inteligente (Smart Mobility)**

Se desarrolla una innovación en el sector transporte debido a la alta demanda al optimizar el uso de infraestructura existente por medio de sistemas sostenibles, innovadores y seguros. Se reducen los problemas de congestión, inseguridad y altos niveles de emisiones de CO₂. De esta forma se podría disminuir los niveles de contaminación ambiental, así como el tiempo empleado por los ciudadanos en el tráfico o en la búsqueda de lugares de estacionamiento, que es donde se enfocará el presente trabajo.



- **Medioambiente inteligente (Smart Environment)**

Por medio de la eficiencia energética y la sostenibilidad ambiental, creando fuentes de energía renovable y una gestión eficiente de recursos para mantener condiciones naturales, nivel de polución, protección medioambiental y la reducción de emisión de CO₂. En el presente trabajo se manejará un indicador de niveles de calidad del aire con el cual se podrían plantear algunas mejoras por parte del municipio para disminuir o mantener estos niveles detectados.



- **Personas inteligentes. (Smart People)**

Se debe de tener en cuenta la participación de los ciudadanos dentro del desarrollo de una Smart City, ya que ellos emplearán las herramientas que se desarrollen para su ciudad, mejorando así los sistemas de comunicación y generando la pluralidad social y étnica, flexibilidad y participación en la vida pública.



- **Calidad de vida (Smart Living)**

Se debe de tener en cuenta las instalaciones culturales, de salud, seguridad, educacional, atracción turística, la cohesión social, además de una innovación social.



2.2.3 Ejemplos de Smart City [8]

En el año 2017 el índice IESE Cities in Motion, reveló las ciudades más destacadas en 10 dimensiones clave: economía, capital humano, tecnología, medioambiente, proyección internacional, cohesión social, movilidad y transporte, gobernanza, planificación urbana y gestión pública, encontrándose en los 3 primeros puestos las ciudades de Londres, Nueva York y París respectivamente, ciudades que, según el estudio, cuentan con un mayor nivel de sostenibilidad y de calidad de vida para sus habitantes. New York, Estados Unidos, se ha preocupado por ofrecer acceso a internet a gran escala, por ejemplo LinkNYC es la primera red de comunicaciones que ofrece Wi-Fi de alta velocidad en quioscos de última generación llamados Links a una velocidad de gigabit [13], además, el departamento de tránsito recibe imágenes en tiempo real generadas por cámaras instaladas en las rutas y cruces más importantes y junto con la información meteorológica han logrado mejorar la señalización, cambiar los tiempos de los semáforos según las necesidades y generar alertas de tránsito a través de aplicaciones, también se desarrolló CompStat, un servicio de recopilación de datos para la visualización de la ficha

criminal de sospechosos involucrados en diferentes crímenes y se ha implementado el uso de cámaras en los uniformes de los policías. Londres, Inglaterra, desde el año 2013 ha instalado sensores para regular los aparcamientos mediante una aplicación de Smartphone. Además, ha llevado a cabo iniciativas como “Source London”, una red de puntos de recarga para vehículos eléctricos en la ciudad. París, Francia, se ha implementado el uso de bicicletas compartidas, cuenta con aproximadamente 2,000 puntos de aparcamiento y 20,000 bicicletas en la actualidad. Se plantea además utilizar diferentes técnicas de producción de energía en los edificios, la construcción de líneas de metro automatizadas, la utilización de autobuses eléctricos y vehículos compartidos, aumentar la longitud de los carriles de bicicletas de París y la instalación de WiFi en cada estación de metro. [14]

Dentro de América Latina hay ciudades que han implementado modelos de Smart City, digitalizando, interconectando y mejorando los sistemas básicos de la ciudad por medio de procesos inteligentes, estos cambios se han dado para las mejoras de las áreas de seguridad, movilidad urbana y control de tránsito, servicios de energía y agua, gestión de residuos y una respuesta integrada a emergencias contando con una ciudadanía participa. Alguno de los ejemplos en cuanto a seguridad es en la ciudad de Medellín, Colombia donde se desarrolló la integración de las acciones de seguridad y emergencias, este es un sistema que concentra llamadas al 123 donde los ciudadanos pueden reportar incidentes y de esta forma se alerta a la policía, vehículos de emergencia médica, etc. También hay cámaras distribuidas por en un mayor porcentaje en zonas de mayor riesgo, con lo cual pueden cruzar información con las llamadas recibidas y dar una mejor respuesta a los eventos que se presenten; también está la ciudad de Niterói, Brasil, la cual ha implementado un sistema de seguridad por medio del uso de botones de pánico, estos botones se encuentran unidos a dispositivos de videos, así al ser activados se envía una alerta georreferenciada con el dato exacto del lugar del evento. En cuanto a la movilidad urbana, en la ciudad de Medellín, Colombia se implementó un sistema inteligente de movilidad urbana (SIMM), el cual integra las tecnologías de información y comunicación con la infraestructura de transporte teniendo en cuenta los diferentes tipos de vehículos, el sistema cuenta con 40 cámaras

de foto detección de infracción de tránsito, 80 cámaras de monitoreo, 600 semáforos interconectados en red y 120 con sensores de detección de vehículos los cuales son capaces de detectar la intensidad, ocupación, velocidad media, etc., mediante este sistema se tiene controlado el 80% del transporte urbano, con lo cual la ciudad logró una reducción del 24% en cantidad de accidentes de tránsito. [14]

2.3 Procesos tecnológicos de una Smart City

Se debe de realizar un mecanismo y optimización de la gestión de información y plataforma tecnológicas, para lo cual se definen 5 elementos tecnológicos que definen una Smart City. [15]

2.3.1 Recolección de datos

Se debe recoger datos de las diferentes fuentes implementadas dentro de una Smart City, estos pueden ser transmitidos por medio de sensores de tal forma que se pueda optimizar el servicio por medio de un tratamiento de datos. Los sensores y dispositivos móviles recogen información de aparatos del hogar, edificios, semáforos, etc. Los sensores inteligentes existentes en la actualidad son capaces de procesar la información y actuar de manera programada por medio del microprocesador con el que cuentan. Estos sensores deben de tener autonomía, fiabilidad en coordinación con otros nodos, ser estándar, de bajo consumo energético, larga vida útil, fácil mantenimiento y programación. [15]



Existen diferentes tipos de sensores dependiendo del recurso a emplear tales como seguridad (detectores de humo o gases), iluminación (transforma la energía eléctrica en luz), meteorológicos (sensores de humedad, presión atmosférica y temperatura), para el transporte (tráfico, estacionamiento), movimiento, posición, entre otros. [15]

2.3.2 Transmisión de datos

Una vez recogidos los datos por alguna tecnología se requiere transmitir dicha información por medio de una conexión como la banda ancha (alta velocidad), empleando protocolos de seguridad para establecer la fiabilidad y confiabilidad, esta transmisión se



realizará por medio de redes de telecomunicaciones inalámbricas o de datos móviles o fijos, almacenando la información en bases de datos. [15]

Los datos enviados son encaminados a la red de transporte por medio de repetidores, ya sea por medio de redes móviles, redes fijas o fibra óptica. [15]

2.3.3 Almacenamiento y depuración de datos

Se realiza un almacenamiento de datos distribuidos en diferentes bases de datos teniendo una plataforma centralizada con toda la información. Los datos recibidos son muy dispersos ya que provienen de diferentes fuentes por lo que la toma de decisiones debe de ser la adecuada para cada servicio de tal forma que permita organizarlo y catalogarlo como relevantes o no. [15]



Es por ello, que el manejo de los datos debe de ser en tiempo real y deben de ser geolocalizados, de tal forma que se pueda disponer de la información necesaria para los diferentes servicios de una Smart City, analizar los datos obtenidos y optimizar la toma de decisiones constantemente. [15]

Una técnica utilizada para la recolección y depuración de datos es la minería de datos, la cual, por medio del aprendizaje automático, inteligencia artificial, la estadística y las bases de datos ayudarán a una mejor toma de decisiones. Este proceso se realiza de la siguiente forma: se debe de realizar una selección de datos, analizarlos, realizar un preprocesamiento, seleccionar y aplicar las

técnicas adecuadas, extracción del conocimiento e interpretación. [15]

2.3.4 Plataforma de provisión de servicios

Se realiza la representación de los datos recogidos y procesados para ponerlos a disposición de la ciudadanía de forma segura y privada.



En esta capa se consideran dos aspectos fundamentales:

SDP (Service Delivery Platform), que dan los servicios

de análisis de datos, pago de transacciones, gestión de tráfico, entre otros; y

Urban OS (Sistemas Operativos Urbanos) es el entorno en donde se definen los servicios a tratar. [15]

2.3.5 Servicios finales de la Smart City

En este elemento se hace uso de todo lo anterior desarrollado para brindar los servicios de una Smart City según las necesidades establecidas que beneficien a los ciudadanos. Servicios como la información georreferenciada de la calidad del aire, información meteorológica, información del tráfico, horario de buses, entre otros. [15]



2.3.6 Tipos de tecnologías

Tabla 4. Tecnologías para la Smart City [8]

Función	Especificación	Tipo
Recolección de datos	Sensores y actuadores	Recursos (agua, gas, luz), seguridad, iluminación, presencia, condiciones climatológicas, infraestructura de transporte, movimiento, posición.
	Tecnologías de identificación	RFID
Transmisión de datos mediante Red de	Redes de telecomunicación – planta externa	Fibra óptica (FTTB, FTTA, FTTH), (Integrada, aérea de bajada, cable interior)

telecomunicaciones	Tecnología inalámbrica de red de telecomunicación móvil	LTE-A, 4G
	Protocolos de comunicación	En la capa Física y de datos se encuentran: WiFi (IEEE 802.11 AH), Bluetooth (IEEE 802.15.1), Zigbee (IEEE 802.15.4)
Almacenamiento y análisis de datos	Data Warehouse	IBM Cognos, Microsoft Power BI
	Data Mining	RapidMiner, Weka, Orange, Knime
Acceso a datos	Dispositivos tecnológicos	Computadoras, celulares, tablets
	Interfaz de comunicación	Aplicaciones, plataformas

2.4 Internet de las Cosas (IoT)

El internet de las cosas es un concepto que engloba diferentes elementos, tales como sensores, actuadores, smartphones, objetos, animales; estos interactúan entre ellos por medio de internet generando grandes volúmenes de datos que luego serán almacenados, procesados y presentados mediante alguna aplicación o interfaz. [16]

2.4.1 Arquitectura del Internet de las Cosas

Se divide en 3 niveles: [16]

1. **Nivel básico:** llamado Nivel consciente del contexto, se encuentran los sensores que actúan como fuente de información recopilando diferente tipo de data en tiempo real y en distintos formatos.
2. **Nivel intermedio:** llamado Nivel de red, se encuentran las redes cableadas e inalámbricas, las cuales transmiten la información recolectada por los sensores.
3. **Nivel alto:** llamado Nivel de Aplicación, consta de tres capas:
 - Capa de tecnología: de acuerdo con la tecnología por la cual se transmite la información.

- Capa de middleware: es la capa de software, oculta detalles de diferentes tecnologías al programador, que no son relevantes para el desarrollo de la aplicación.
- Capa de aplicación: es la interfaz final que se presenta al usuario, por medio de una aplicación.

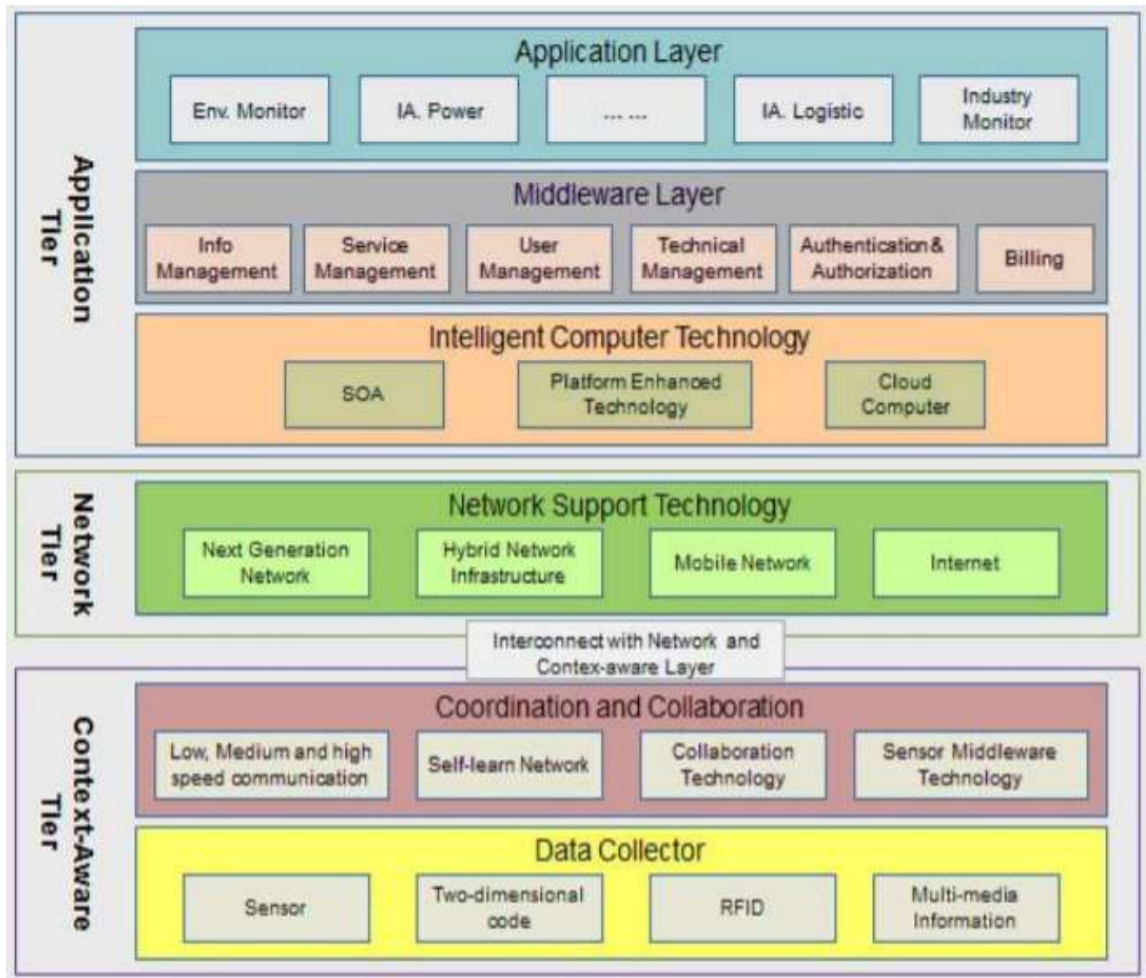


Figura 4. Arquitectura del Internet de las Cosas [10]

2.4.2 Áreas de aplicación

Se puede emplear en diversas aplicaciones, por ejemplo: salud, transporte, energía, seguridad, comunicación, entretenimiento, etc. En el presente proyecto

se empleará para un Smart parking, seguridad dentro del área de aparcamiento y medición de niveles de calidad del aire dentro del mismo, se brindará información en tiempo real de la disponibilidad de los lugares de aparcamiento, así como acceso a cámaras de seguridad que cubren el área de parqueo, y los niveles de contaminación ambiental. [16]

2.5 Tecnologías identificadas que permitan la convergencia de servicios dentro de una Smart City

2.5.1 Tecnología para la capa de detección

En esta capa la obtención de datos se realiza por medio de sensores, los cuales deben de estar interconectados entre ellos.

Para su implementación se debe de crear una red de sensores inalámbricos (WSN o Wireless Sensor Network), esta red debe de contar con sensores pequeños y autónomos los cuales estarán distribuidos alrededor del punto en el que se quiere realizar la recopilación de datos. Estos dispositivos son de bajo costo y consumo y pueden obtener información de su entorno, procesarla y transmitirla a través de enlaces inalámbricos a un nodo central de coordinación. [17]

2.5.1.1 Elementos de una red de sensores inalámbricos

La WSN tiene capacidad de auto restauración, es decir, ante el fallo de un nodo de la red, ésta reconocerá un nuevo recorrido para el paquete de datos, de forma que pueda transmitirse adecuadamente. Además, esta red es capaz de realizar un autodiagnóstico, autoconfiguración, auto organización, auto restauración y reparación de forma autónoma. [17]

Una red de sensores inalámbrica está conformada por los siguientes elementos: [17]

- **Sensores:** toman información del medio y la convierten en señales eléctricas.

- **Nodos de sensores:** recogen los datos de los sensores y los envían a la estación base.
- **Gateway:** interconectan la red de sensores a una red IP.
- **Estación base:** recibe los datos de los sensores.
- **Red inalámbrica:** típica basada en el estándar 802.15.4 Zigbee.

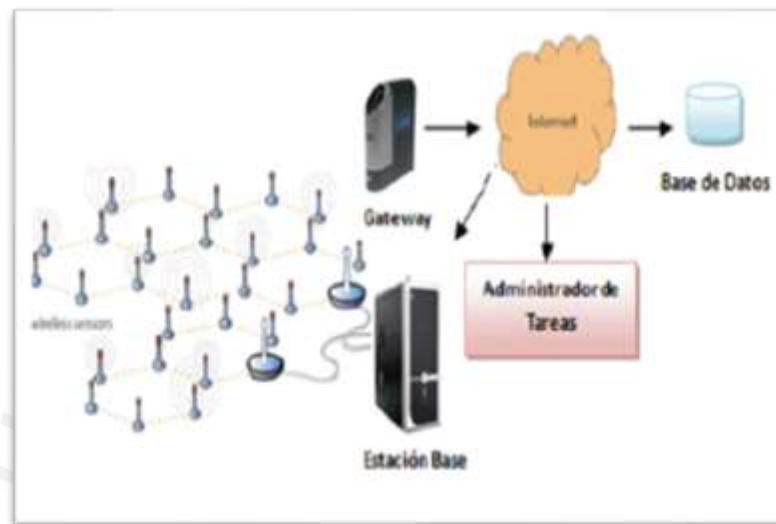


Figura 5. Elementos de la red de sensores inalámbricos. [17]

Existen diversos tipos de sensores, de acuerdo con la función que se quiere monitorear, se pueden separar en los siguientes grupos: [17]

1. **Sensores para la recolección de datos medioambientales**

Poseen un gran número de nodos que continuamente recolecta y transmite información, entre sus principales usos se encuentran la medición de temperatura, intensidad de luz y humedad. Estos sensores poseen bajas velocidades de datos, se instalan los sensores y se establecen las rutas óptimas hacia los puntos centrales para el envío de información a la estación base, su uso en general no es en tiempo real, ya que la necesidad de estas mediciones no lo requieren, pero se puede realizar la programación con cierta precisión si es que se quiere dar un uso en tiempo real y su tiempo de latencia no afecta el rendimiento de la aplicación.

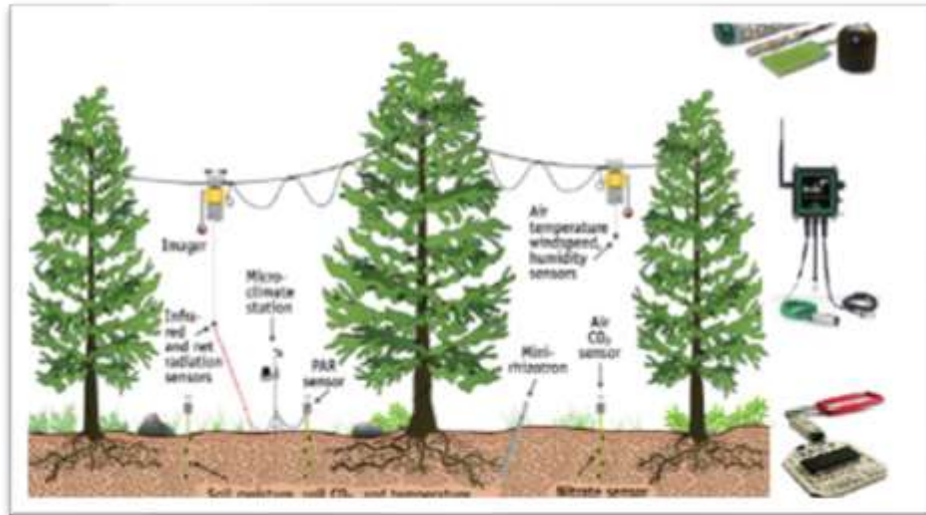


Figura 6. Sensores para la recolección de datos medioambientales. [17]

2. Sensores para control de seguridad

Son sensores que se instalan de forma fija, en donde cada nodo debe de monitorear el estado de sus sensores que se encuentren activos y en funcionamiento para evitar o detectar alguna alteración de la seguridad y comunicarlo a la estación base central. Los nodos también deben de tener comunicación entre sus adyacentes de forma que se pueda confirmar el establecimiento de comunicación entre nodos y comunicar en caso algún nodo no esté en funcionamiento. Esta confirmación de activo y en funcionamiento debe de realizarse aproximadamente una vez por hora. El mayor consumo de energía en las redes de seguridad se da debido a las confirmaciones de señalización de las alarmas por violación de seguridad, esto debido a que ante un sistema de seguridad es necesaria una rápida detección de mal funcionamiento.

Es primordial un sistema de alarma con mínima latencia ($< 1\text{ms}$) - se requiere que las alarmas sean revisadas en pocos segundos en la base central para una rápida atención- sobre el uso de energía que éste requerirá para la confirmación de la funcionalidad de los nodos vecinos, además los eventos de alarma no son de manera continua.

3. Sensores de control de tráfico

Se emplea para facilitar la fluidez del tráfico dentro de las ciudades, existen sensores de aparcamiento, que permiten ubicar lugares de estacionamiento de forma rápida; sensores de tráfico, para facilitar a los ciudadanos y a la administración pública el estado del tráfico, posibles incidencias o elegir ruta con menor congestión; y sensores para el manejo de semáforos y vallas.

2.5.1.2 Protocolos de comunicación para redes de sensores inalámbricos

Los estándares más empleados son los siguientes: [17]

- **ZigBee (IEEE 802.15.4)**

Se emplea para redes de corta distancia y baja velocidad de datos, opera en las bandas de 868 MHz, 915 MHz y 2.4 GHz (no licenciada) y su transferencia de datos es de hasta 20 kbps, 40 kbps y 250 kbps respectivamente. Este estándar fue diseñado para trabajar a ultra bajo consumo que permita el uso de batería, bajo costo de dispositivos, instalación y mantenimiento, alcance corto a menos de 50 metros, protocolo fiable y robusto que emplea redes de malla multisalto para eliminar puntos de fallo y ampliar el alcance de la red, posee cifrado AES-128, es interoperable entre redes y aplicaciones estandarizadas, permite una conexión de hasta 65,000 nodos en una red y proporciona mecanismos de detección de energía (ED).

- **Bluetooth (IEEE 802.15.1)**

Es empleada para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos por medio de la banda 2.4 GHz, su uso es para dispositivos pequeños, de bajo costo y bajo consumo de energía, su rango de funcionamiento es de 1 a 100 metros, utiliza diferentes métodos de señalización que las redes LAN que se emplean en la misma banda, con el fin de evitar interferencias. Su ancho de banda es de 1, 3, 24 y 32 Mbps.

- **WiFi (IEEE 802.11 AH)**

Se emplean para una mayor área de cobertura y mayor número de estaciones conectadas a un único Access Point (hasta 8,191 dispositivos). Posee un mecanismo de ahorro energético que alarga el tiempo de vida de los dispositivos.

2.5.2 Tecnología para la capa de red

Se debe de garantizar una cobertura total en el distrito, para que los servicios lleguen al 100% de la población, se podrá emplear medios de transmisión alámbricos e inalámbricos dependiendo de los dispositivos a conectar, por lo cual es necesaria la instalación de fibra óptica a lo largo del distrito, esta instalación debe de adecuarse al entorno en el cual se encontrará, puede realizarse por medio de canalizaciones subterráneas o de forma aérea. [17]

El tipo de fibra óptica a utilizar dependerá de la aplicación, si se utiliza para red de transporte con grandes distancias se utiliza la fibra del tipo monomodo, si se utiliza para red de acceso al usuario final con una distancia corta se utiliza la fibra del tipo multimodo. Para las fibras multimodo, estas tienen distancias máximas de acuerdo con su velocidad de transmisión: [17]

Tabla 5. Distancias típicas de uso de fibra multimodo

Tipo de fibra	Distancia de transmisión para 1 Gbps	Distancia de transmisión para 10 Gbps
OM1	275 m	32 m
OM2	800 m	150 m
OM3	1,000 m	300 m
OM4	1,100 m	550 m

Para las soluciones FTTx se recomienda utilizar los siguientes tipos de fibra:

Tabla 6. Tipos de fibra óptica de acuerdo con su lugar de instalación

Aplicación	Tipo de Fibra	Características
Fibra enterrada (Underground)	Cable tipo S, cable tipo SZ	Cable central ranurado helicoidal, fibra de alta densidad.

Fibra aérea (Aerial)	Cable ADSS, cable tipo SSW	Fabricado con elementos totalmente dieléctricos.
Cable de bajada (Drop Cable)	Cable drop	Estructura de soporte suave, capucha externa fácil de remover.
Cable interior (Indoor cable)	Cable curvado EZ	Cable de baja fricción, fácil de remover la capucha exterior

2.5.2.1 Redes de acceso inalámbrico de alta capacidad

Dependiendo de la capacidad de la red requerida y del tráfico se establecen infraestructuras de red considerando la cobertura y calidad del servicio, se presentan 2 tipos de tecnologías: [17]

- Small Cells:

Es una estación base de bajo consumo de energía y bajo costo que proporciona una mayor cobertura celular en zonas residenciales y empresariales complementando a las Macro Cell, existen diversos tipos de acuerdo con el área a cubrir y a la potencia necesaria tanto indoor como outdoor:

Tabla 7. Tipos de Small Cells

	Femto- celda	WiFi	DAS (Sistema de Antenas Distribuidas)	Pico - celda	Micro	Macro
Potencia Indoor	10 - 100 mW	20 - 100 mW	> 10 W	100 - 250 mW		
Potencia Outdoor	0.2 - 1 W	0.2 - 1 W	> 10W	1 - 5 W	5 - 10 W	> 10 W
Radio de cobertura	10 m	10 m		10 m	100 m	kilómetros

- LTE-A y 5G:

La tecnología LTE-A incorpora mejoras que permiten la agregación de portadoras para aprovechar más el espectro radioeléctrico y aumentar la velocidad de transmisión, emplea técnicas avanzadas de antenas para aumentar

la eficiencia espectral (bps/Hz), opera sobre redes heterogéneas que permiten la sincronización entre Macro Celdas y Small Cell para incrementar la capacidad y el área de cobertura. En abril del 2021 el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) autorizó el despliegue de la tecnología 5G para servicios móviles, bajo el estándar NSA (sobre redes existentes) en las bandas 1.7GHz, 2.1GHz, 2.5GHz y 3.5GHz, este despliegue se dará inicialmente para las ciudades de Ica, Trujillo, Arequipa, Cañete Huarochirí, Lima y Callao, con esta tecnología se espera aumentar la velocidad de internet en los dispositivos móviles [18], permitiendo la conectividad y gestión de autos, drones y diferentes ecosistemas dentro de una Smart City por medio del Internet de las Cosas (IoT).

2.5.3 Tecnologías para la capa de datos y soporte

Existen tendencias orientadas al almacenamiento y análisis de datos para Smart Cities, tales como: [17]

- Data Center

Deben de tener la capacidad de administrar todas las aplicaciones de los servicios de una Smart City, la cual debe de estar basada en protocolos tales como FTP, DNS, DHCP, TFTP, sistemas de archivos de red NFS, aplicaciones para telefonía IP, streaming de video a través de IP, entre otros. Están conformados por equipos y servidores centralizados que almacenan, gestionan y analizan los datos, por medio de hardware y software escalable y de alto rendimiento, debe de contar con seguridad y confiabilidad, protección contra riesgos físicos o fallas en la infraestructura y brindar un servicio continuo. Los data centers se clasifican en niveles de acuerdo con su disponibilidad, confiabilidad, costos de construcción y mantenimiento, establecido por un sistema de certificación (TIER).

Tabla 8. Clasificación de Data Center

	TIER I (Básico)	TIER II (Componentes redundantes)	TIER III (Mantenimiento concurrente)	TIER IV (Tolerancia a fallas)
Tipo de diseño	Mecánico, eléctrico y ventilación de una sola ruta.	Mecánico, eléctrico y ventilación de una sola ruta.	Mecánico, eléctrico y ventilación múltiple, pero solo una ruta activa.	Mecánico, eléctrico y ventilación múltiple, ambas rutas activas.
Componente redundante	No	Si	Si	Si
Susceptibilidad a interrupciones	Susceptible a interrupciones de las actividades planificadas o no planificadas.	Menos susceptible que TIER I.	Permite modificación de layout y mantenimiento sin interrupciones de las actividades operativas.	Soporta una falla no planificada o eventos con impactos en la pérdida de los datos no críticos.
Disponibilidad	99.671 %	99.741 %	99.982 %	99.995 %
Horas de downtime anuales	28.8	22.0	1.6	0.4
Tiempo de construcción	Aprox. 3 meses.	Aprox. de 3 a 6 meses.	Aprox. de 15 a 20 meses	Aprox. de 15 a 20 meses

Para el diseño del data center se debe de tener en cuenta la capacidad que requerirán todos los equipos, el crecimiento futuro, la escalabilidad, el cableado estructurado, redundancia, copia de seguridad de los equipos críticos, y una gestión total de la infraestructura.

Ante mayores servicios implementados en una Smart City el tráfico de red aumentará por lo cual una opción es la virtualización, con la cual se podrán optimizar los recursos por medio de máquinas virtuales de tal forma que haya una reducción de costos en equipamiento.

- **Cloud Computing:**

Es un modelo de servicios escalables bajo demanda por medio de asignación de recursos de cómputo ante requerimientos, siendo de uso flexible con una

gestión por parte del proveedor de Cloud Computing de acuerdo con los requerimientos del cliente. Este servicio se clasifica de acuerdo con el nivel de manejo de la infraestructura que se realiza por parte del proveedor, en los siguientes modelos:

1. **Software como Servicio (SaaS):** permite el acceso a las aplicaciones del proveedor, desde dispositivos del cliente a través de una interfaz provista por el proveedor, el usuario solo puede acceder a esta interfaz.
2. **Plataforma como Servicio (PaaS):** permite la ejecución de aplicaciones del proveedor, a través de lenguajes de programación o interfaces provistas por el proveedor, el usuario no tiene control sobre el sistema de nube subyacente ni a los recursos de infraestructura en nube.
3. **Infraestructura como Servicio (IaaS):** permite procesar, almacenar redes y otros recursos de cómputo para instalar software, incluyendo sistema operativo y aplicaciones, el usuario no tiene control sobre el sistema de nube subyacente, pero si al sistema operativo y aplicaciones.

Existen 4 modelos para el despliegue de servicios en la nube:

1. **Nube pública:** la infraestructura y los recursos lógicos que forman parte del entorno se encuentran disponibles para el público en general o a un gran grupo de usuarios.
2. **Nube privada:** la infraestructura se gestiona por la organización o un tercero, así como la administración de aplicaciones y servicios, la infraestructura puede estar dentro de la organización o fuera de ella.
3. **Nube comunitaria:** la infraestructura es compartida por diversas organizaciones con el fin de soportar a una comunidad específica con necesidades similares, puede ser gestionada por la misma organización o por un tercero, la infraestructura puede estar dentro o fuera de la organización.
4. **Nube híbrida:** se combinan dos o más tipos de nubes de las antes

mencionadas que se mantienen como entidades separadas pero unidas por tecnologías estandarizadas o propietarias que permitan la portabilidad de datos y aplicaciones entre ellas.

El emplear servicios de la nube reduce el coste de energía que requeriría una infraestructura física, y estos brindan disponibilidad, fiabilidad y seguridad con una óptima calidad de servicio de aplicaciones.

- **Big Data:**

Es el conjunto de grandes volúmenes de datos de gran velocidad provenientes de unas diversas fuentes de información que requieren efectividad y precisión en su procesamiento de información. Estos datos pueden ser representados de diversas maneras dependiendo de los servicios finales de forma rápida para obtener información correcta en el momento preciso.

Las Smart Cities, al tener diversos servicios los cuales involucran diferentes dispositivos en diferentes formatos como granularidad, dinamicidad y calidad, les es posible realizar el análisis de datos de forma segura proporcionando interoperabilidad.

- **Virtualización:**

Es la creación de una versión virtual de un sistema operativo, un servidor, un dispositivo de almacenamiento o recursos de red, con el fin de consolidar los diversos servicios dentro de una Smart City y permitir la operabilidad de diferentes sistemas operativos en un servidor físico. Permite una administración dinámica, eliminando errores de configuración y mejora la seguridad de las redes. Brinda eficiencia en costos y en el uso de energía de extremo a extremo, flexibilidad en la implementación, asignación y gestión de recursos y un ecosistema más amplio dando lugar a una rápida actualización y mejoras continuas.

2.6 Servicios a implementar en el distrito

Los servicios por implementar estarán enfocados en la seguridad, transporte y

medioambiente. Existe la necesidad de contar con un servicio que brinde información en tiempo real de la disponibilidad de estacionamientos en determinadas zonas, debido que al emplear un mayor tiempo en la búsqueda de estacionamiento se genera mayor tráfico y niveles de contaminación de gases como el CO₂ que son emitidos por los automóviles convencionales, además por la seguridad de peatones u otros conductores, ya que al buscar un estacionamiento disponible hay una mayor concentración en dicha búsqueda. [17]

2.6.1 Servicio de parqueo

Se recolecta los datos de los sensores, estos son enviados a un servidor y a los ciudadanos a través de una aplicación móvil. El servicio incluye servicios subordinados.

1. Servicio de gestión inteligente de aparcamiento:

Proporciona información de parqueo en tiempo real y servicios de gestión para estacionar vehículos utilizando sensores.

2. Servicio de ubicación y direccionamiento de aparcamiento:

Se proporciona la ubicación de estacionamientos disponibles y desplazamiento necesario para llegar hacia ellos por medio de Google Maps, como herramienta de la aplicación móvil, ya que esta herramienta es de fácil acceso y conocida por los usuarios de Android.

2.6.2 Servicio de medición de parámetros ambientales

Recolecta información de sensores, estos se encuentran continuamente censando y transmitiendo datos a una base de datos donde se almacenan los datos y se analizan por medio de métodos tradicionales, los parámetros que se miden con mayor frecuencia son de temperatura, intensidad de luz y humedad. En este caso, se medirá la calidad del aire y el nivel de radiación ultravioleta en la zona de parqueo.

2.7 Proveedores de dispositivos para Smart City

2.7.1 Proveedores de infraestructura de comunicación

Son los que proporcionan los datos recolectados de diferentes sensores, por medio de una red de altas prestaciones escalable. En este ámbito se encuentran los operadores de telecomunicaciones y el proveedor de TIC's. [15]

2.7.2 Proveedores que prestan servicios

Son los que facilitan el acceso a los datos recogidos, a los usuarios finales y/o gestor del servicio. [15]

2.7.3 Proveedores del servicio completo

Son los que ofrecen los servicios finales a través de los datos recogidos, realizan un despliegue implementando y gestionando la infraestructura, realiza el tratamiento de datos y provee los servicios finales al usuario y/o gestor del servicio. [15]

2.8 Normas nacionales e internacionales

Es necesario que exista una estandarización debido a las diferentes tecnologías presentes en los dispositivos dentro de una Smart City, es por ello por lo que se han desarrollado diversos estándares. [15]

2.8.1 Estándar ISO

Se pueden encontrar estándares generales para determinadas aplicaciones.

Tabla 9. Estándar ISO para Smart Cities [15]

Estándar	Aplicación	Funcionalidades/Beneficios
ISO 9000	Proceso continuo para verificar el funcionamiento adecuado y cumplimiento de objetivos.	Garantiza un proceso de negocio consistente
ISO 14000	Gestión ambiental, que permite identificar, alcanzar y controlar	Aumentar la eficiencia del uso de los recursos, lograr continuas mejoras en

	estándares de desempeño ambientales.	los niveles de rendimiento ambiental
ISO/TC 268	Energía, agua, transporte, residuos y tecnologías de la información y comunicación	Define y describe la infraestructura como sistema escalable e integrable, uso de métricas, especificación de medición, reporte y verificación.
ISO 3701	Sistemas de gestión para el desarrollo sostenible y resiliencia de comunidades siguiendo la metodología PDCA (Planificar - Hacer - Verificar - Actuar).	Gestiona la sostenibilidad y resiliencia de las comunidades, desarrollo sostenible y evaluación del desempeño.
ISO 37120	Define y establece metodologías para medir el desempeño de los servicios de la ciudad y la calidad de vida.	Eficacia en la gobernanza y prestación de servicios, toma de decisiones informadas, aprendizaje entre ciudades, planificación de la sostenibilidad de una ciudad, datos de transparencia, datos estandarizados.
ISO/TR 37150	Tiene en cuenta el impacto ambiental, la eficiencia económica y la calidad de vida mediante las TIC's y energías renovables	Facilita la planificación, adquisición de infraestructura, decisión de compra y administración de múltiples proveedores, además potencia el incremento de ventas y mejora el desarrollo haciéndolo efectivo.

2.8.2 Estándar nacional AENOR

Creado por un comité técnico responsable de elaborar normas técnicas y documentos nacionales, establece dos niveles: un nivel inferior, donde se encuentran los productos, tecnologías, aplicaciones, etc.; y otro nivel superior, donde se encuentran normalizados por medio de legislaciones. Estas normas se dividen por subcomités. [15]

Tabla 10. Estándar Nacional AENOR para Smart Cities [15]

Subcomité	Norma	Especificación	Aplicación
Infraestructura (SC1)	PNE 178101	Redes de servicios públicos.	Agua, residuos, energía, telecomunicaciones y transporte.
	PNE 178102	Infraestructuras de redes TIC.	Redes de fibra óptica, redes inalámbricas y CPD
	PNE 178103	Convergencia de sistemas de gestión-control.	Define infraestructura, servicios y parámetros de funcionamiento de un edificio inteligente
	PNE 178104	Sistemas integrales	Define los usos y prestaciones de una plataforma integral, tipos de usuarios, roles, perfiles y requisitos de integración determinando las limitaciones.

	PNE 178105	Accesibilidad universal.	Define las infraestructura, servicios y parámetros para la verificación de la accesibilidad.
	PNE 178106	Guías de especificaciones para edificios públicos	Define especificaciones técnicas distinguiendo los sistemas de telecomunicaciones, energía, seguridad electrónica, accesos, entre otros, dentro de un edificio.
Indicadores y Semántica (SC2)	PNE 178201	Definición	Utilizar diferentes enfoques para llegar a una definición de Smart City, identificar conjunto de atributos, diseñar métricas que determinen los índices de “inteligencia” en una ciudad y aportar claridad a las disputas legales.
Gobierno y Movilidad (SC3)	PNE 178301	Datos abiertos	Establece pautas para la reutilización de documentos y recursos elaborados por el sector público sin que estén amparados bajo la Ley Orgánica de Protección de Datos.
	PNE 178302	Interoperabilidad de puntos de recarga	Define requisitos mínimos para una infraestructura de recarga de vehículos eléctricos.
	PNE 178303	Gestión de activos de la ciudad	Especifica requisitos para mejorar el sistema de gestión de archivos municipales,
Medio Ambiente (SC4)	PNE 178401	Alumbrado público	Establece requisitos mínimos para un sistema de telecontrol implementado para el alumbrado público
Destinos Turísticos (SC5)	PNE 178501	Sistema de gestión de los destinos turísticos inteligentes	Establece requisitos mínimos
	PNE 178502		Indicadores de los destinos turísticos inteligentes

2.9 Indicadores de una Smart City

Se establecen indicadores que nos permitan realizar un seguimiento eficiente y evaluación de las ciudades para que entren en el concepto de Smart City que nos ayudarán a llevar un control de esta. Según la normativa Global City Indicators (GCI) e ISO 37120, se establecen indicadores para las diferentes dimensiones de una Smart City. [15] [19]

Tabla 11. Indicadores de una Smart City

Dimensiones	Sub - dimensión	Indicador	Unidad de medida
Gobierno	Servicios online	Servicios gubernamentales accedidos por medio de internet o teléfono móvil.	%
		Pagos electrónicos	%
	Corrupción	Número de condenas por corrupción	#
		Soborno por funcionarios de la ciudad	#
Economía	Empleo	Tasa de desempleo de la ciudad	%
		Tasa de empleos informales	%
	Datos económicos	Producto interior bruto	S/.
		Porcentaje de crecimiento económico anual	%
	Conexión local y global	Exportaciones basadas en tecnologías	% PIB
		Eventos internacionales (congresos y ferias)	# participantes
Movilidad	Transporte	Número de vehículos compartidos per cápita	#
		Número de puntos de carga eléctrica per cápita	#
		Fatalidades del transporte	#
Medioambiente	Gestión de recursos	Uso de energía eléctrica residencial per cápita	kWh/año
		Energía derivada de fuentes renovables respecto al consumo de energía total	%
		Enfermedades/personas provocadas por la contaminación	%
		Total, de consumo de agua per cápita	Litros /día

		Residuos sólidos que se reciclan	%
		Recolección de aguas residuales	%
		Gases de efecto invernadero o CO2 emitido	Toneladas/per cápita
Ciudadanía	Inclusión	Hogares conectados a internet	%
		Residentes con smartphones	%
		Participación ciudadana (participación en elecciones)	%
	Educación	Población con educación secundaria completa	%
		Población con estudios universitarios completos	%
Calidad de vida	Seguridad	Tasa de delitos violentos	%
		Tiempo de respuesta de policías desde llamada inicial	Minutos
		Delitos en contra de la propiedad	#
	Sanidad	Personas con historial médico digital	%
		Tasa de mortalidad de menores de 5 años por cada 1,000 recién nacidos	%

2.10 Niveles de Calidad del Aire

El Ministerio del Ambiente establece niveles de calidad del aire, considerando los Estándares de Calidad Ambiental del Aire (ECA), el cual divide en categorías de acuerdo con el nivel detectado y brinda recomendaciones por cada nivel [20].

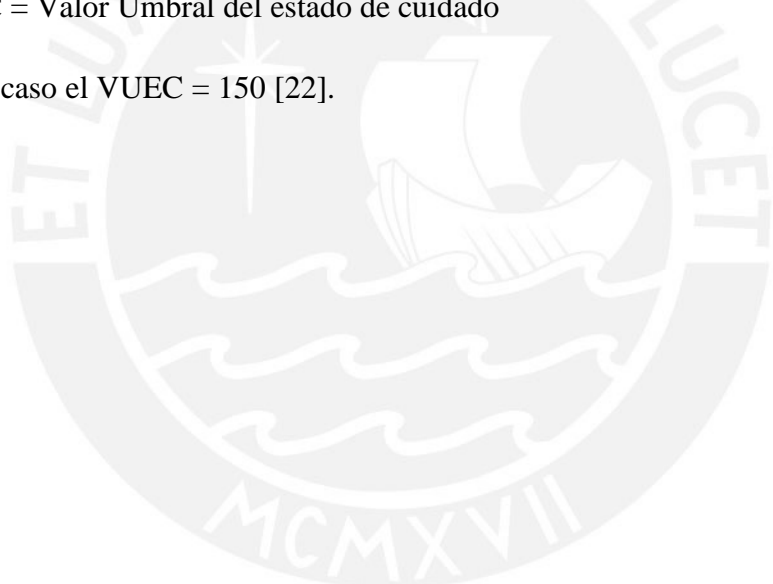
Tabla 12. Cuidados y recomendaciones según categoría de calidad del aire. [21]

CATEGORÍA	INCA	CUIDADOS	RECOMENDACIONES
Buena	0-50	La calidad del aire es satisfactoria y no representa un riesgo para la salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire. Puede realizar actividades al aire libre.

Moderada	51-100	La población sensible (niños, tercera edad, madres gestantes, personas con enfermedades respiratorias crónicas y cardiovasculares) podría experimentar algunos problemas de salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire. Puede realizar actividades al aire libre con ciertas restricciones para la población sensible.
Mala	101- VUEC	La población sensible podría experimentar problemas de salud. La población en general podría sentirse afectada	Mantenerse atento a los informes de calidad del aire. Evitar realizar ejercicio y actividades al aire libre
Umbral de cuidado	Mayor a VUEC	Toda la población puede verse afectada gravemente en la salud.	Implementar estados de alerta

*VUEC = Valor Umbral del estado de cuidado

En este caso el VUEC = 150 [22].





Capítulo 3: Diseño del sistema de parqueo inteligente

3.1 Generalidades

El proyecto de tesis se divide en tres partes claramente diferenciadas:

Electrónica, en la cual intervienen los sensores, módulo Wi-Fi y Mikrotik; servidor, en el que se encuentra almacenado la base de datos y al cual se envían los datos de los sensores a la aplicación; telecomunicaciones, la red de conexión entre la parte electrónica, servidor y usuario; y como usuario final se tiene a los dispositivos móviles empleados por el usuario, de tal forma que se observe una interacción entre los diferentes elementos del sistema.

Se tiene un servidor cuya función principal es ser el nodo central que se desempeña como puente entre los dos extremos. Cabe resaltar, que no existe comunicación directa entre las placas, sensores y la aplicación móvil. El sistema es escalable debido a la independencia entre los dispositivos y así se hace más escalable facilitando añadir nuevos componentes, dado que no se tendrá que configurar sensor o NodeMCU.

3.2 Diagrama de red de telecomunicaciones

Se observa la estructura del proyecto e interacción de los diferentes elementos del sistema.



Figura 7. Diagrama de red de telecomunicaciones. Fuente: Elaboración propia

3.2.1 Etapas de diseño

El diseño del proyecto consta de cuatro etapas:

- 1) Etapa de recolección de datos

Consta de un MCU-Node, un MQ-135, un UVM-30, dos IR infrared sensor y un ADS-1115, el cual es un conversor análogo digital.

Se necesitan dos puertos digitales para los sensores de proximidad y dos puertos analógicos para el sensor de contaminación ambiental y ultravioleta, sin embargo, la tarjeta de desarrollo cuenta con un puerto analógico (A0), por lo cual, se usará el conversor análogo digital.

2) Etapa de Transmisión de datos.

La información recolectada por los sensores en el MCU-Node y el video capturado por la cámara IP se transmiten de forma inalámbrica usando el estándar 802.11g/n hacia el servidor alojado en una computadora personal, la cual está conectada a la red usando el protocolo Ethernet.

3) Etapa de almacenamiento y análisis de datos.

Se almacena la información en diferentes tablas de una base de datos para cada sensor, además de la información de ubicación de los estacionamientos, luego se procesa de acuerdo con los diferentes requerimientos.

4) Etapa de acceso a datos.

Es la presentación de los datos recogidos, almacenados y procesados en la cual el usuario puede acceder por medio de una aplicación móvil y generar una toma de decisiones.

3.3 Características de sensores y dispositivos

La circuitería formada por el NodeMCU y los sensores obtiene datos del entorno y transmiten el estado actual de los sensores.

Los principales dispositivos que se emplean en el proyecto son los siguientes: dos sensores de presencia IR Infrared, un sensor de calidad de aire MQ-135, un sensor de radiación ultravioleta UVM-30A, un NodeMCU y una cámara IP.

Para tener el control de los dispositivos se usará el NodeMCU, el cual se conectará a la computadora por el puerto micro USB.

3.3.1 Microcontrolador

Es una tarjeta de desarrollo especialmente orientada al Internet de las cosas, posee una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria, así como puertos de entrada y salida.

Se realizó una selección entre los siguientes modelos:

Tabla 13. Selección de Microcontrolador. Fuente: Elaboración propia

	MCU-Node (Esp8266)		Arduino Nano		Raspberry Pi Pico	
		Ponderado		Ponderado		Ponderado
Microcontroller	ESP8266	0	Atmega328	0	RP2040	0
Precio (\$)	12	3	20.7	1	10	3
Core	Single Core	1	Single core	1	Dual Core	2
Architecture	32 bit LX106	3	8 bit Risc	1	32 bit ARM cortex M0+	3
Clock Speed	160 MHZ	3	16 Mhz	1	133 MHz	2
Wifi	Sí	3	No	1	No	1
GPIO Voltage	3.3v	3	3.3v	3	3.3v	3
Digital Pins	16	2	14	1	26	3
Programming Language	Arduino IDE C/C++ Micro Python Javascript	3	Arduino IDE C / C++	1	Micro Python C/ C++	1
Flash	4MB	3	32KB	1	2MB	2
SPI/I2C/UART/I2s	2/1/2/2	2	5/3/2/0	3	2/2/2/0	1
Valor promedio de corriente de funcionamiento	80 mA	2	40 mA	3	86.5 mA	1
	Total	28	Total	17	Total	22
	3:	Óptimo	2:	Bueno	1:	Regular

Se selecciona el ESP8266, que está basado en el SoC (System on Board), posee un chip de 32 bits diseñado para las necesidades de un mundo conectado.



Figura 8. Módulo MCU-Node

3.3.2 Sensor Infrarrojo

Es un dispositivo que mide la radiación electromagnética infrarroja emitidas por diferentes cuerpos dentro de su campo de visión.

Se realizó una selección entre los siguientes modelos:

Tabla 14. Selección sensor infrarrojo. Fuente: Elaboración propia

	Arduino IR infrared		HC-SR04		JSN-SR04T	
		Ponderado		Ponderado		Ponderado
Precio	0.6	3	5	2	15	1
Rango de distancia	2 - 30 c.m.	3	2 - 4 c.m.	1	20-600 c.m.	2
Ángulo de detección	35°	1	15°	2	75°	3
Fuente de alimentación	3.3 - 5.0 V	3	5.0 V	1	3.0 -5.5V	2
Tamaño de la placa	32 * 14 mm	3	40 * 20 * 15 mm	2	42 * 29 * 12 mm	1
	Total	13	Total	8	Total	9

3: Óptimo 2: Bueno 1: Regular

Se selecciona el Arduino IR Infrared, este sensor se encarga de detectar la presencia de un obstáculo, posee un led emisor de luz infrarroja y un fotodiodo que recibe la luz reflejada de un posible obstáculo. Además, tiene un potenciómetro de precisión el cual permite ajustar la distancia de sensado.

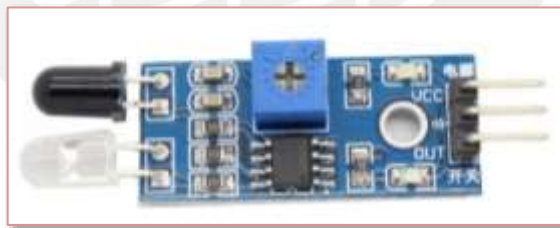


Figura 9. IR Infrared Sensor

3.3.3 Módulo UV

Este módulo UV se utiliza para detectar el índice de intensidad ultravioleta dado que la radiación electromagnética tiene longitudes de onda más cortas que la radiación visible y son esas longitudes cortas las que detecta este sensor.

Se realizó una selección entre los siguientes modelos:

Tabla 15. Selección Módulo UV. Fuente: Elaboración propia.

	UVM-30		ML8511		VEML6075	
		Ponderado		Ponderado		Ponderado
Precio	12	2	10	3	16	1
Voltaje de funcionamiento	3 - 5 V	3	2.7 - 3.6 V	2	1.7 - 3.6 V	1
Temperatura de funcionamiento	de -20 a 85°C	2	de -20 a 70°C	1	de -40 a 85°C	3
Longitud de onda de respuesta	200 - 370 nm	3	365 nm typ	1	365 nm	2
Corriente (modo espera)	0.06 mA	2	0.01 mA	3	0.48 mA	1
	Total	12	Total	10	Total	8

3: Óptimo 2: Bueno 1: Regular

Se eligió el UVM-30, este módulo posee una gama de detección que va desde 200 nm hasta 370 nm, la señal de salida del sensor es del tipo analógica.

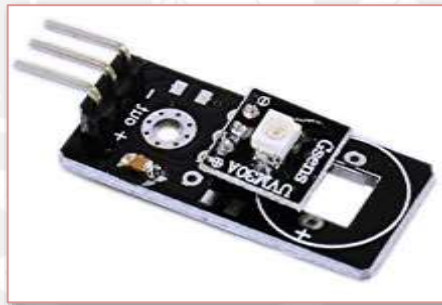


Figura 10. Módulo UVM-30

3.3.4 Módulo MQ

Este sensor se encarga de la detección de concentración de gases en distintos porcentajes, la salida es de naturaleza dual eso quiere decir que es analógica y digital.

Se realizó una selección entre los siguientes modelos:

Tabla 16. Selección de Módulo MQ. Fuente: Elaboración propia

	MQ135		CCS811		MH-Z19B	
		Ponderado		Ponderado		Ponderado
Precio	8	3	8	2	15	1
Detección	NH3, NOx, Alcohol, Benceno, humo, CO2, etc	3	CO2, TVOC (compuesto orgánico volátil total)	2	CO2	1
Voltaje de alimentación	5 V	3	3.6 V	1	4.5 - 5.5 V	2
Alcance de concentraciones detectadas	10 ppm-300 ppm de NH3 10 ppm-1000 ppm Benceno 10 ppm-300 ppm Alcohol	3	400 ppm -8192 ppm CO2 0 ppm - 1187 ppm TVOC	1	0 - 2000 ppm CO2	2
Humedad relativa	menos del 95% de HR	3	10 a 95%	1	0 - 90%	2
Sensibilidad	mínimo 2%	3	2%	2	No disponible	1
Temperatura de almacenamiento	de -20 a -70°C	3	de -40 a 125°C	2	de 0 a 50°C	1
	Total	21	Total	11	Total	10

3: Óptimo 2: Bueno 1: Regular

Se selecciona el MQ135, cuyo rango de detección es desde 10 ppm hasta 100 ppm.



Figura 11. Módulo MQ-135

3.3.5 Router Mikrotik RB951Ui-2HnD

Posee cinco puertos Ethernet Gigabit, un puerto USB 2.0, también cumple la función AP con antenas integradas de alta potencia 2.4GHz 1000mW 802.11b/g/n.

Tiene un CPU Atheros de 600Mhz, 128 Mb de memoria RAM y un puerto para salida PoE, puerto #5 – puede alimentar otros dispositivos con capacidad PoE que utilicen los mismos voltajes que esta unidad. La máxima capacidad de carga del puerto es de 500mA.



Figura 12. Router Mikrotik RB951 Ui-HnD

3.3.6 Cámara Planet ICA-HM101W

Cámara IP cuya labor es visualizar en tiempo real la ubicación del automóvil en el parqueo. Posee una resolución de 1600 x 1200, conectividad IEEE 802.11n Wireless Lan, video H.264/MPEG-4.



Figura 13. Cámara IP Planet ICA-HM101W

3.4 Implementación del prototipo del diseño

3.4.1 Servidor

Se implementará por medio del Servidor XAMPP, que incluye servidor Apache, base de datos MySQL, PHP, FileZilla, Mercury y TomCat.



Figura 14. Servidor XAMPP

3.4.2 Creación de la base de datos.

Se emplea las herramientas del XAMPP para crear las tablas necesarias para la aplicación. Los sensores enviarán información al servidor a una determinada tabla para luego extraer la información y poder visualizarla en el dispositivo móvil por medio de la aplicación basada en Android.

Tabla	Acción	Filas	Tipo	Cotejamiento	Tamaño	Residuo a depurar
calidadaire	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	2	ses	InnoDB utf8_general_ci	111 KB	-
parking	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	41	InnoDB	utf8_general_ci	18 KB	-
ubicacion	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	18	InnoDB	utf8_general_ci	18 KB	-
user	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	2	InnoDB	utf8_general_ci	18 KB	-

Figura 15. Bases de datos creadas para la aplicación

Las tablas creadas son las siguientes:

- **Calidad del Aire:** en esta tabla se almacena los niveles de ppm (parte por millón) referente a los gases nocivos detectados en el ambiente por medio de los sensores antes mencionados.

#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Comentarios	Extra
1	id	int(10)			No	Ninguna		AUTO_INCREMENT
2	fechaHora	datetime			No	Ninguna		
3	valor	int(10)			No	Ninguna		

Figura 16. Tabla Calidad del Aire

- **Parking:** en esta tabla se guarda la información de los estacionamientos disponibles, así como el número de estacionamiento y el número de cámara conectada a la ubicación del estacionamiento respectivo, también hay información de la posición geográfica del estacionamiento (latitud y longitud) para la ubicación del estacionamiento.

#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Comentarios	Extra	Acción
1	sensor_id	int(11)			No	Ninguna		AUTO_INCREMENT	Cambiar
2	num_camara	int(10)			No	Ninguna			Cambiar
3	num_estacionam	int(10)			No	Ninguna			Cambiar
4	estado	varchar(15)	utf8_general_ci		No	Ninguna			Cambiar
5	ingreso	varchar(20)	utf8_general_ci		No	Ninguna			Cambiar

Figura 17. Tabla Parking

- **Ubicación:** en esta tabla se almacenan los datos de ubicación geográfica de cada estacionamiento, así como la cámara a la cual se encuentra asignado cada uno.

#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Comentarios	Extra
1	ubi_id	int(11)			No	Ninguna		AUTO_INCREMENT
2	num_camara	int(10)			No	Ninguna		
3	num_estacionam	int(10)			No	Ninguna		
4	lat	float(10,6)			No	Ninguna		
5	lon	decimal(10,6)			No	Ninguna		

Figura 18. Tabla de ubicación de estacionamientos

- **User:** en esta tabla se encuentra la información de los usuarios para el registro e inicio de sesión.

#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Comentarios	Extra
1	user_id	int(10)			No	Ninguna		AUTO_INCREMENT
2	name	varchar(20)	utf8_general_ci		No	Ninguna		
3	username	varchar(10)	utf8_general_ci		No	Ninguna		
4	password	varchar(10)	utf8_general_ci		No	Ninguna		
5	placa	varchar(10)	utf8_general_ci		No	Ninguna		

Figura 19. Tabla de Usuarios

- **Radiación:** en esta tabla se almacena la información relacionada a los niveles de radiación en la zona de estacionamiento.

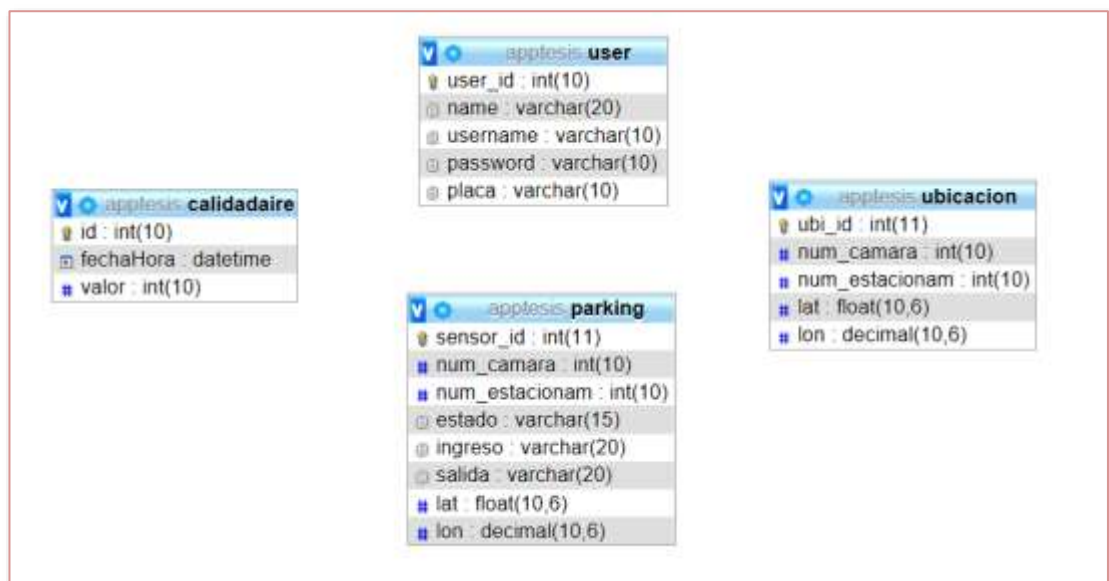


Figura 20. Modelado de base de datos

3.4.3 Aplicación Android.

Se elige la implementación en sistemas Android, ya que el nivel de usuarios de Android es mayor al de otros sistemas, para el 2016 el 85% de usuarios peruanos usaban el sistema Android [23]. Las aplicaciones Android se escriben en lenguaje de programación Java. La aplicación se compila junto a archivos de recursos y datos en un APK (Paquete de Android), este contiene los archivos que usan los dispositivos Android para su instalación. El sistema operativo Android es un sistema Linux multiusuario en el que cada aplicación es un

usuario diferente. Cada aplicación tiene acceso a los componentes que se requiere, luego los cierra al concluir el proceso. [24]

3.4.3.1 Componentes de la aplicación

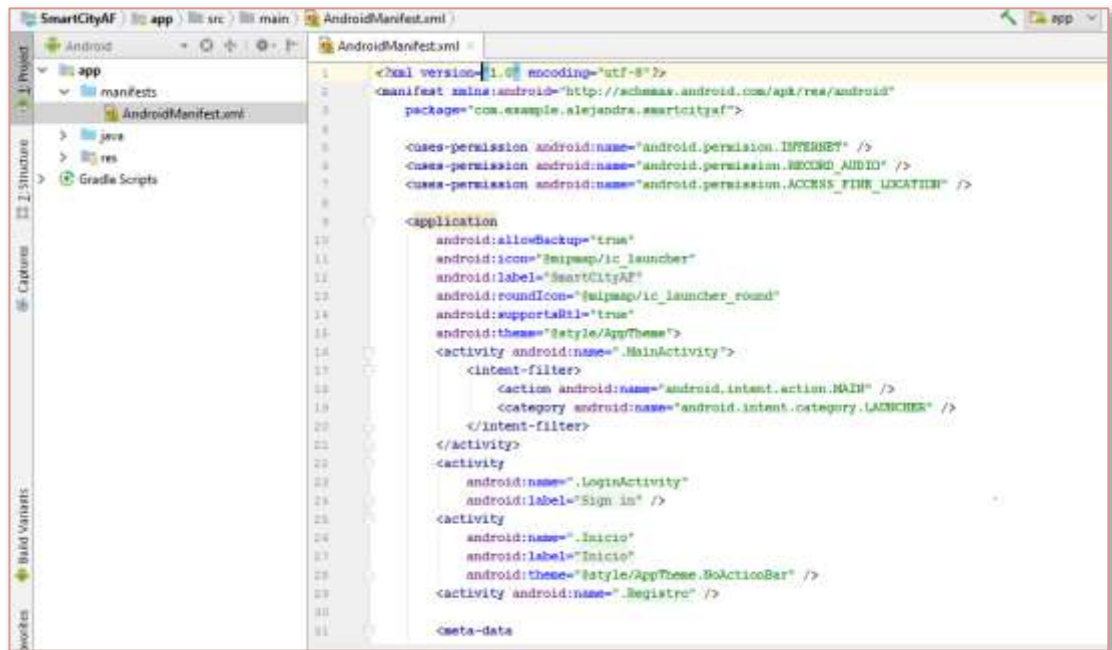
Las aplicaciones Android cuentan con los siguientes componentes: [24]

1. **Actividades:** representa una pantalla con interfaz de usuario, las actividades son independientes entre ellas. Una actividad se implementa como una subclase *Activity*.
2. **Servicios:** es un componente que se ejecuta en segundo plano para realizar diferentes procesos, un servicio no proporciona una interfaz de usuario. Otro componente, como una actividad puede iniciar el servicio y permitir que se ejecute o enlazarse a él para interactuar. Un Servicio se implementa como una subclase *Service*.
3. **Proveedores de contenidos:** es el encargado de administrar un conjunto compartido de datos de la aplicación. Permite almacenar los datos en el sistema de archivos, en una base de datos, en la Web o en otra ubicación de almacenamiento a la cual la aplicación pueda acceder. Un proveedor de contenidos se implementa con una subclase *ContentProvider*.
4. **Receptores de mensajes:** responde a los anuncios de mensajes en todo el sistema, pueden crear una notificación de la barra de estado para anunciar al usuario algún evento. Un receptor de mensaje se implementa como una subclase de *BroadcastReceiver* y cada receptor de mensajes se proporciona como un objeto *Intent*.

- **Archivo de manifiesto:**

Es donde se declaran todos los componentes de la aplicación, de tal forma que se pueda iniciar los componentes de esta. Dentro de él se establecen los

permisos que requiere la aplicación del dispositivo del usuario, se declara las características de hardware y software que la aplicación usa y también se establecen las bibliotecas necesarias, como Google Maps.



```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<manifest xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    package="com.example.alejandra.smartcityaf">

    <uses-permission android:name="android.permission.INTERNET" />
    <uses-permission android:name="android.permission.RECORD_AUDIO" />
    <uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION" />

    <application
        android:allowBackup="true"
        android:icon="@mipmap/ic_launcher"
        android:label="@string/app_name"
        android:roundIcon="@mipmap/ic_launcher_round"
        android:supportRtl="true"
        android:theme="@style/AppTheme">
        <activity android:name=".MainActivity">
            <intent-filter>
                <action android:name="android.intent.action.MAIN" />
                <category android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
            </intent-filter>
        </activity>
        <activity
            android:name=".LoginActivity"
            android:label="@string/sign_in" />
        <activity
            android:name=".Inicio"
            android:label="@string/inicio"
            android:theme="@style/AppTheme.NoActionBar" />
        <activity android:name=".Registro" />

        <meta-data
```

Figura 21. Android Manifest

3.4.3.2 Requerimientos

La aplicación estará compuesta por 4 servicios

1. Disponibilidad estacionamientos:

- Visualización del estado de lugares de estacionamientos (libre/ocupado).
- Seleccionar estacionamiento.

2. Buscar estacionamiento:

- Visualización del estado de estacionamientos (cantidad disponible)
- Ubicación del estacionamiento.

- Visualización del recorrido hacia el estacionamiento por medio de Google Maps.

3. Buscar auto:

- Ingresar número de estacionamiento.
- Ubicación del estacionamiento.
- Visualización del recorrido hacia el estacionamiento por medio de Google Maps.
- Visualización en tiempo real de la cámara de vigilancia

4. Calidad del Aire

- Visualización en forma tabulada por horas de calidad del aire.
- Visualización en gráfico de barras por horas de calidad del aire.

3.4.3.3 Desarrollo de la aplicación

La aplicación se estructura en las siguientes actividades:

1. **Actividad principal:** denominada MainActivity, en ella se encuentra la vista inicial y es la actividad con la cual se inicia la aplicación.


```
1 package com.example.alejandra.smartcityaf;
2
3 import android.content.Intent;
4 import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
5 import android.os.Bundle;
6 import android.view.View;
7
8 public class MainActivity extends AppCompatActivity {
9
10     @Override
11     protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
12         super.onCreate(savedInstanceState);
13         setContentView(R.layout.activity_main);
14     }
15
16     public void inicioSesion(View view) {
17         Intent intent = new Intent( packageContext: this, LoginActivity.class);
18         startActivity(intent);
19     }
20
21
22     public void creaCuenta(View view) {
23         Intent intent = new Intent( packageContext: this, Registro.class);
24         startActivity(intent);
25     }
26
27     public void sinSesion(View view) {
28         Intent intent = new Intent( packageContext: MainActivity.this, Inicio.class);
29         //Intent intent = new Intent(this, MapsActivity.class);
30         MainActivity.this.startActivity(intent);
31     }
32 }
```

Figura 22. Código Android de la clase MainActivity.java



Figura 23. Logo de la Aplicación Air Parking



Figura 24. Vista Inicial de la aplicación

De la actividad principal se puede acceder a otras actividades tales como inicio de sesión, creación de cuenta y acceder a la aplicación sin registro previo.

2. **Actividad Inicio:** dentro de un Navigator Drawer, en esta actividad se encuentran diferentes fragmentos (parte de la interfaz de usuario de un Activity).

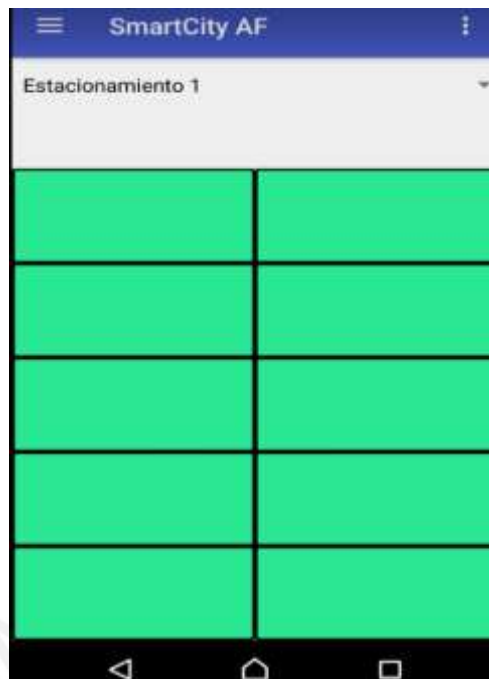


Figura 25. Vista inicial de estacionamientos disponibles

```

private class GetDisponibles extends AsyncTask<Void, Void, Void> {
    @Override
    protected void onPreExecute() { super.onPreExecute(); }

    @SuppressWarnings("LongLogTag")
    @Override
    protected void doInBackground(Void... arg) {
        ServiceHandler serviceClient = new ServiceHandler();
        String json = serviceClient.makeServiceCall(URL_ITEMS, ServiceHandler.GET);
        if (json != null) {
            try {
                JSONObject jsonObj = new JSONObject(json);
                JSONArray valorList = jsonObj.getJSONArray(TAG_RESUL);
                int len = valorList.length();
                for (int i = 0; i < len; i++) {
                    JSONObject c = valorList.getJSONObject(i);
                    String sensor_id = c.getString(TAG_SENSOR_ID);
                    String estado = c.getString(TAG_ESTADO);
                    HashMap<String, String> valorList = new HashMap<String, String>();
                    valorList.put(TAG_SENSOR_ID, sensor_id);
                    valorList.put(TAG_ESTADO, estado);
                    valoresList.add(valorList);
                }
            } catch (JSONException e) {
                Log.d("tag: catch", msg: "in the catch");
                e.printStackTrace();
            }
        } else {
            Log.e("tag: JSON Data", msg: "Didn't receive any data from server!");
        }
        return null;
    }
}

```

Figura 26. Código de conexión a la base para obtener disponibilidad actual de los estacionamientos

Por medio de consultas a la base de datos se obtienen los estados actuales en tiempo real de los lugares de estacionamiento establecidos



Figura 27. Vista del Navigator Drawer

En la actividad del Navigator Drawer podemos acceder a otras actividades, tales como buscar estacionamiento, buscar auto y calidad del aire.

3. **Buscar estacionamiento:** en esta clase MapsActivity.java se muestra el mapa con información de los estacionamientos disponibles

```
30 public class MapsActivity extends AppCompatActivity implements OnMapReadyCallback {
31
32     private GoogleApiClient mLocation;
33     private GoogleMap mMap;
34
35     @Override
36     protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
37         super.onCreate(savedInstanceState);
38         setContentView(R.layout.activity_maps);
39         // Obtain the SupportMapFragment and get notified when the map is ready to be used.
40         SupportMapFragment mapFragment = (SupportMapFragment) getSupportFragmentManager()
41             .findFragmentById(R.id.map);
42         mapFragment.getMapAsync(new OnMapReadyCallback() {
43             @Override
44             public void onMapReady(GoogleMap googleMap) {
45                 // Initialize the GoogleMap
46                 googleMap.addMarker(new Marker().position(new LatLng(40.4168, -89.5855)).title("Mapa"));
47                 googleMap.addMarker(new Marker().position(new LatLng(40.4168, -89.5855)).title("Mapa"));
48                 googleMap.addMarker(new Marker().position(new LatLng(40.4168, -89.5855)).title("Mapa"));
49             }
50         });
51     }
52
53     public boolean onCreateOptionsMenu(Menu menu) {
54         getMenuInflater().inflate(R.menu.options_menu, menu);
55         return true;
56     }
57
58     public boolean onOptionsItemSelected(MenuItem item) {
59         switch (item.getItemId()) {
60             case R.id.MenuOpcion1:
61                 mMap.setMapType(GoogleMap.MAP_TYPE_NORMAL); // Establecemos el mapa normal
62                 return true;
63             case R.id.MenuOpcion2:
64                 mMap.setMapType(GoogleMap.MAP_TYPE_SATELLITE); // Establecemos el mapa satellite
65                 return true;
66         }
67     }
68 }
```

Figura 28. Código de la clase MapsActivity.java



Figura 29. Vista de la ubicación geográfica de los estacionamientos y cantidad de lugares disponibles

4. **Buscar auto:** en esta actividad se establecen 2 opciones de búsqueda del lugar de estacionamiento, por medio del mapa para encontrar la ubicación geográfica

y por medio de una cámara de vigilancia que mostrará el lugar en donde se encuentra estacionado el vehículo, para poder acceder a estas opciones se debe de ingresar el número estacionamiento.



Figura 30. Interfaz para la búsqueda del auto estacionado

- 5. Calidad del Aire:** en esta clase se puede observar los valores obtenidos por los sensores instalados en los lugares de estacionamiento.



Figura 31. Vista de valores de calidad del aire por medio de una tabla



Figura 32. Vista de valores de calidad del aire por medio de un gráfico de barras.

3.4.3.4 Diagrama de secuencias

Se mostrarán las secuencias para cada servicio de la aplicación

- Diagrama de Inicio de Sesión

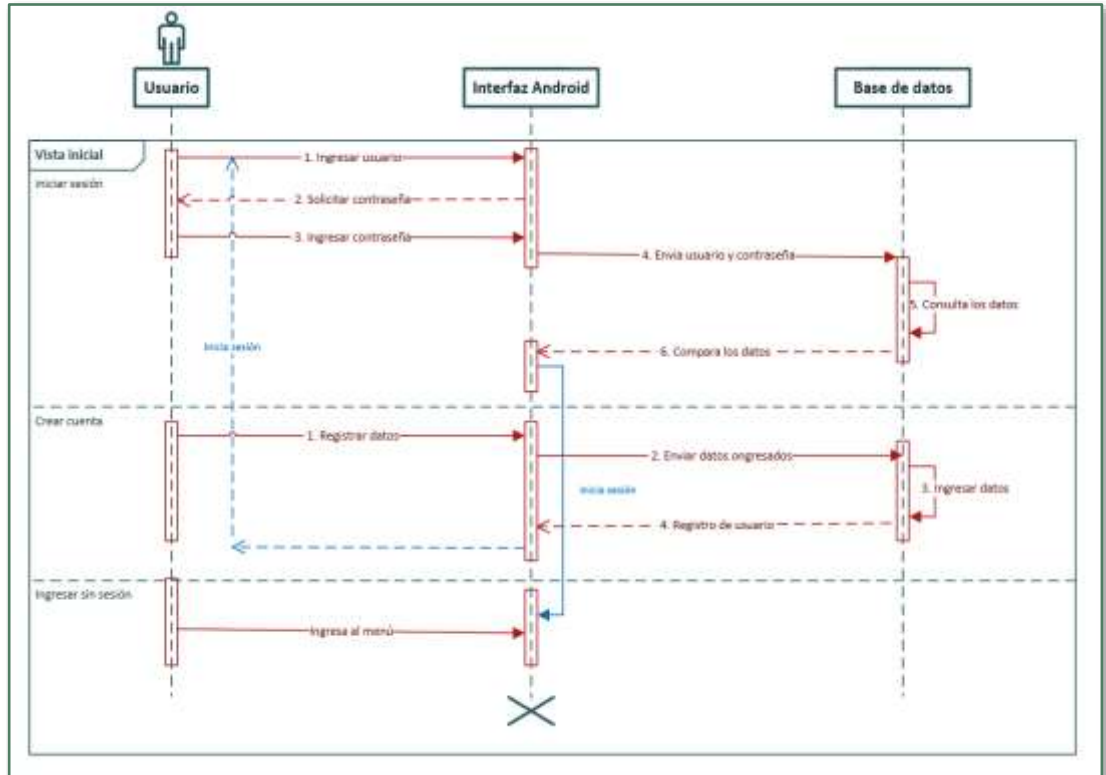


Figura 33. Diagrama de secuencia de Inicio de Sesión. Fuente: Elaboración propia

- Diagrama de búsqueda de estacionamiento

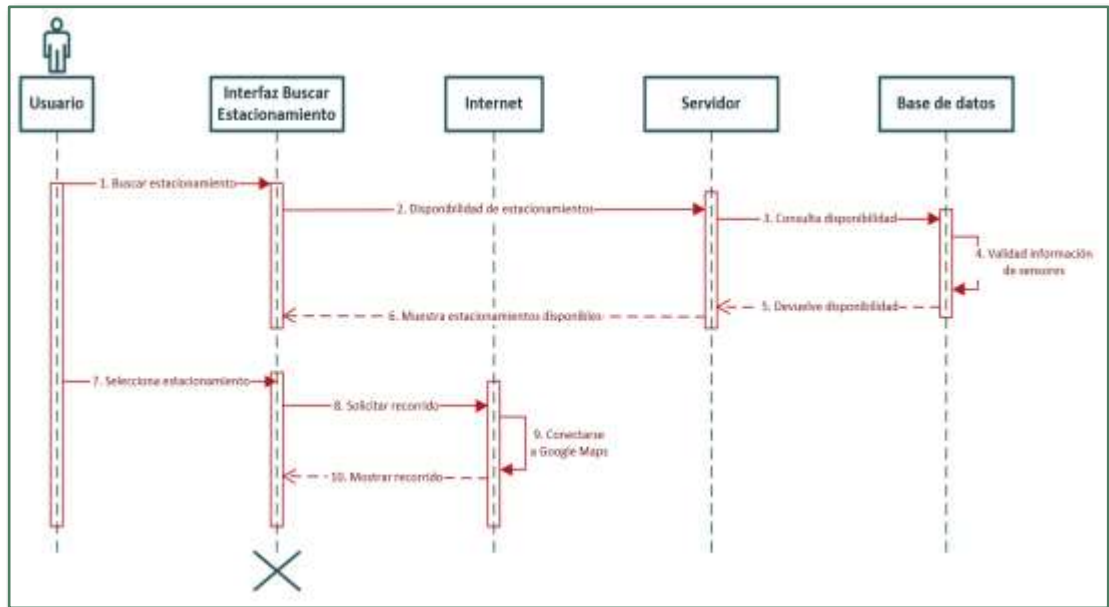


Figura 34. Diagrama de secuencia de Búsqueda de Estacionamiento. Fuente: Elaboración propia

- Diagrama Buscar Auto

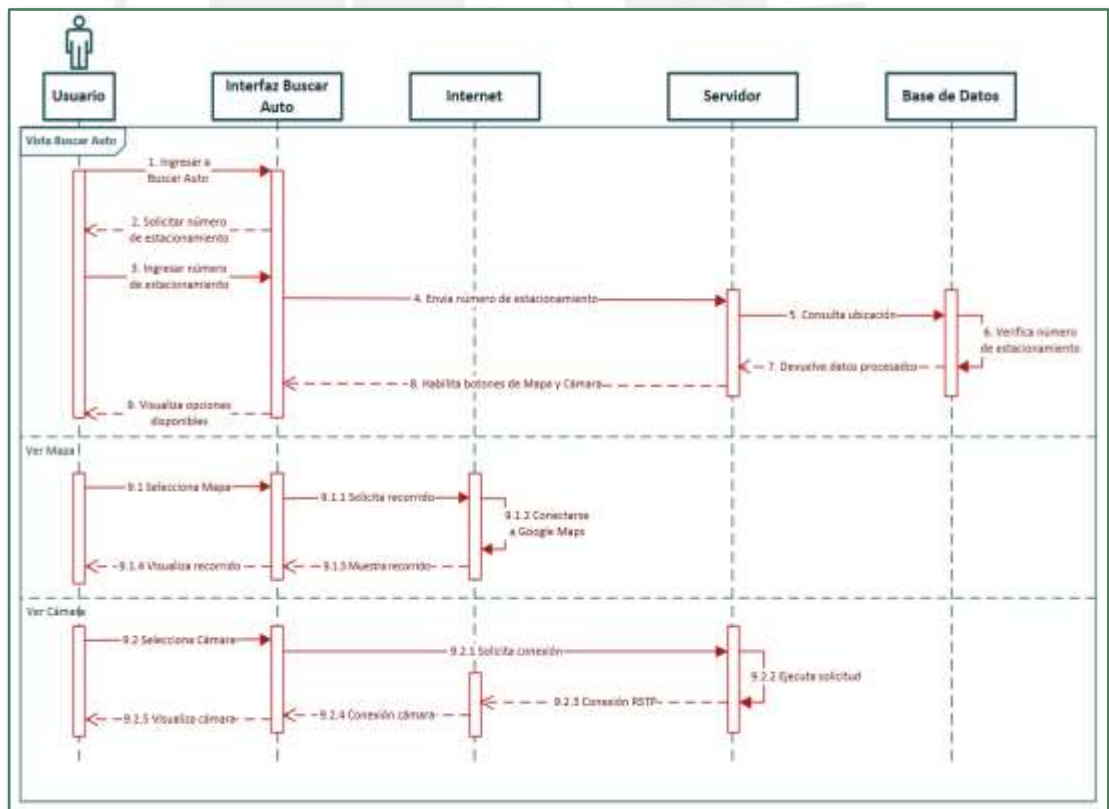


Figura 35. Diagrama de secuencia de Buscar Auto. Fuente: Elaboración propia

- Diagrama Calidad del Aire

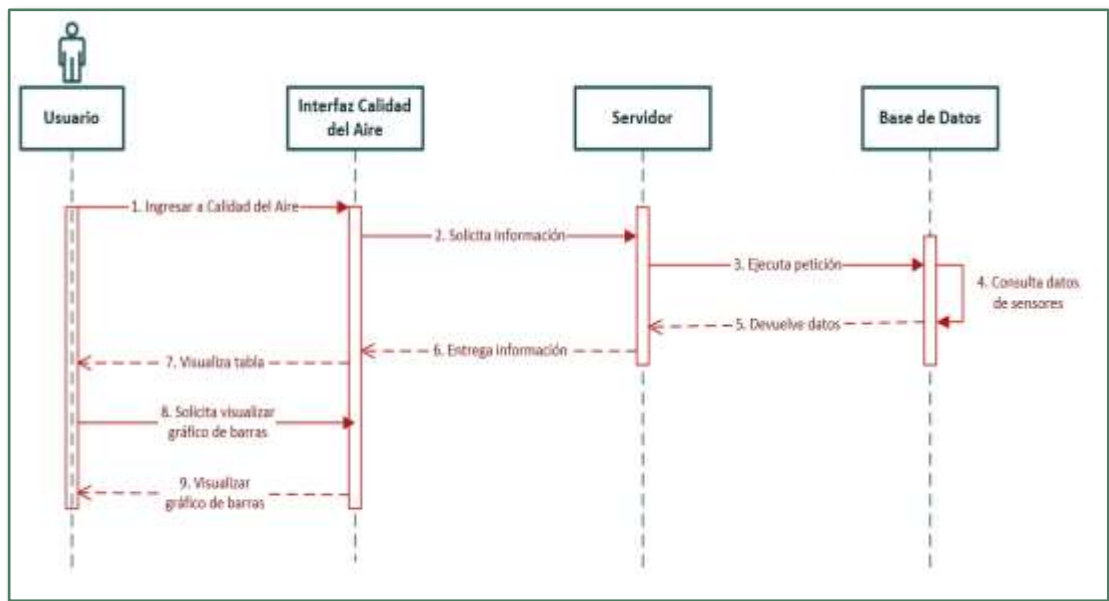


Figura 36. Diagrama de secuencia de Calidad del Aire. Fuente: Elaboración propia

3.5 Pruebas de conectividad y funcionamiento

3.5.1 Conexión de los sensores al MCU-Node

Los sensores digitales de presencia cumplen una labor primordial de detectar obstáculos (vehículos), estos se conectan directamente a la tarjeta de entrenamiento. Luego, el MQ-135 detecta la concentración de gases contaminantes, por último, el UVM-30 va conectado al ADS1115 (convertor análogo/digital) y este al MCU-Node debido a la falta de más puertos analógicos.

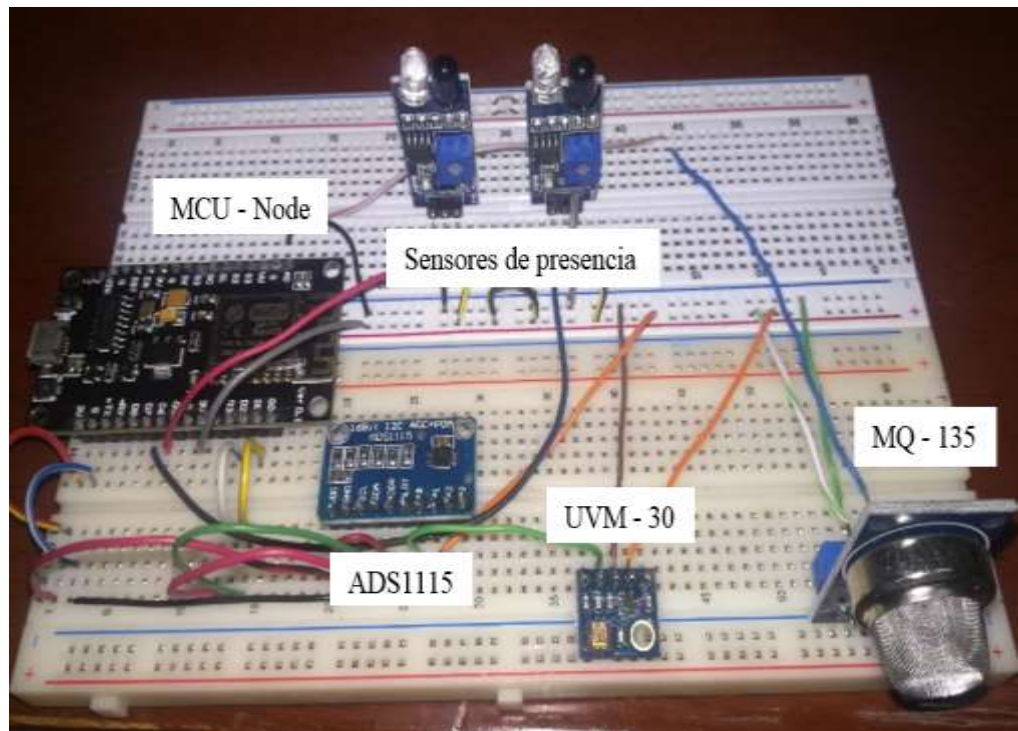


Figura 37. Prototipo de conexión de sensores y tarjeta MCU-Node. Fuente: Elaboración propia

3.5.2 Pruebas de conectividad entre dispositivos

Luego de la implementación y conexión de los sensores al módulo MCU-Node se procede con la transmisión de la data al servidor, para lo cual es necesario conectar el módulo MCU-Node mediante una red WiFi al router. Una vez verificado el SSID y la clave se podrá comunicar mediante peticiones HTTP con el servidor

Se tiene el siguiente direccionamiento IP para los dispositivos de la red:

Tabla 17. Direccionamiento IP de dispositivos de la red

Dispositivo	Máscara de Red	IP asignada	Tipo de conexión
Servidor	255.255.255.0	192.168.1.13	Alámbrica
Módulo MCU Node	255.255.255.0	192.168.1.7	Inalámbrica
Cámara IP	255.255.255.0	192.168.1.21	Inalámbrica
Teléfono Móvil	255.255.255.0	192.168.1.131	Inalámbrica
Router	255.255.255.0	192.168.1.1	Alámbrica

- Conexión exitosa al servidor (192.168.1.13)

Se puede apreciar baja latencia dado que posee conexión cableada, además no se observa pérdida de paquetes.

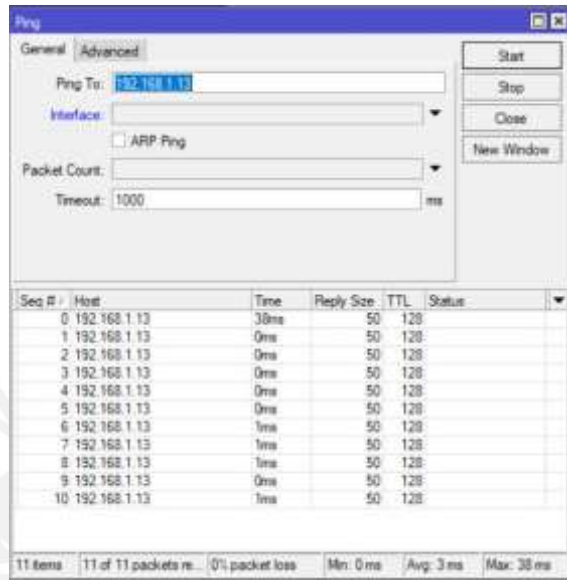


Figura 38. Ping al servidor

- Conexión exitosa al módulo MCU-Node (192.168.1.7)

A pesar de conectarse de forma inalámbrica, no se observa pérdida de paquetes y se tiene latencia constante.

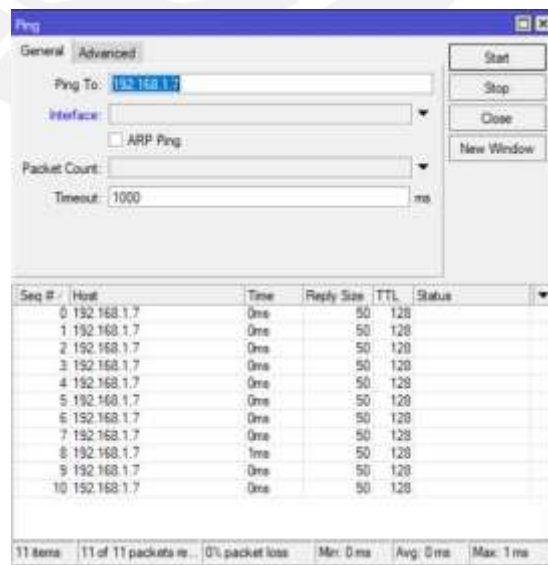


Figura 39. Ping al módulo MCU

- Conexión exitosa a la cámara IP (192.168.1.21)

No se observa pérdida de paquetes, pero sí latencia variable ya que es la cámara IP es inalámbrica y está transmitiendo constantemente.

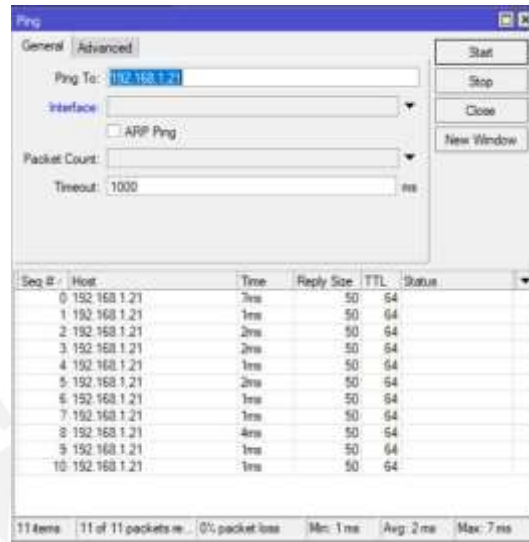


Figura 40. Ping a la cámara IP

- Conexión exitosa al teléfono móvil (192.168.1.131)

No se observa pérdida de paquetes, pero si latencia variable dado que tiene una conexión inalámbrica.

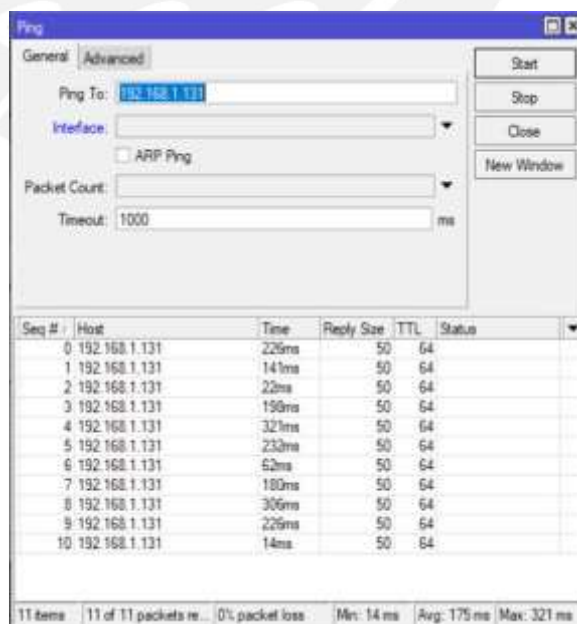


Figura 41. Ping al teléfono móvil

- Conexión exitosa al router (192.168.1.1)
No se observa pérdida de paquetes a la puerta de enlace.

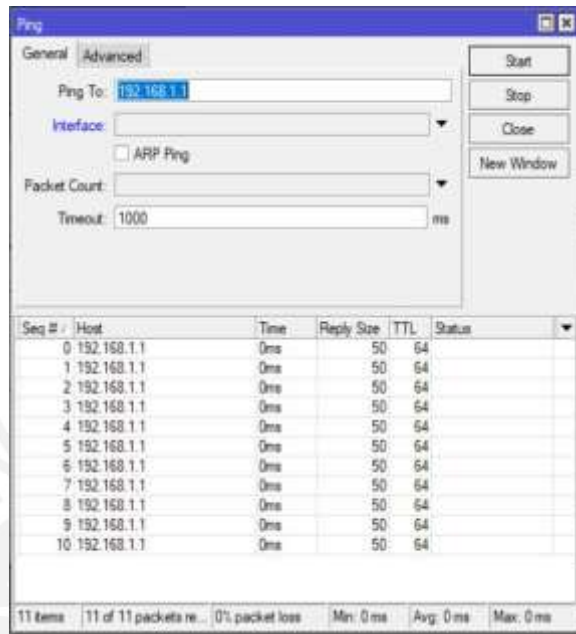


Figura 42. Ping al router

- Conexión exitosa a internet (8.8.8.8)
Se observa latencia variable dado que se trata de un servidor público, además es necesaria la conexión a internet ya que “Air-Parking” necesita de Google Maps para la navegación de los conductores.

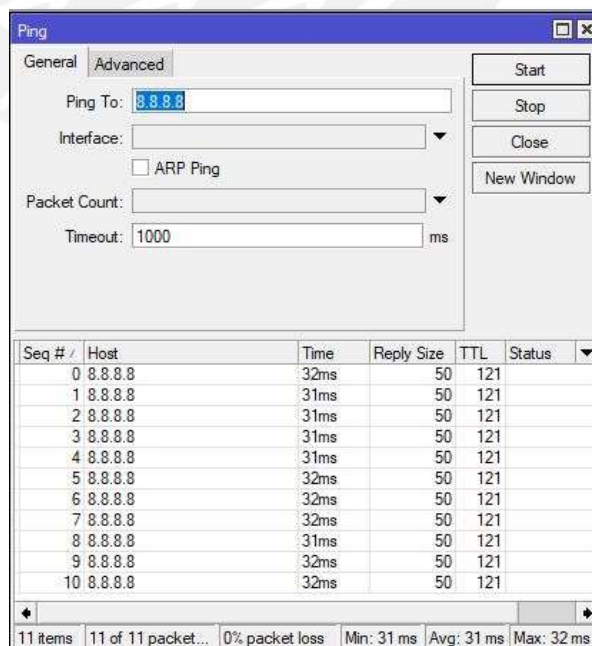


Figura 43. Ping a internet

3.5.3 Pruebas de visualización de los datos en la aplicación móvil

- Calidad del aire



Fecha	Hora	Valor
2018-10-30	04 a.m	0.4049
2018-10-30	05 a.m	41.7288
2018-10-30	06 a.m	90.0000
2018-10-30	07 a.m	85.0000
2018-10-30	08 a.m	79.0000
2018-10-30	09 a.m	83.0000
2018-10-30	10 a.m	85.0000
2018-10-30	11 a.m	86.0000

Figura 44. Vista de valores de calidad del aire por medio de una tabla



Figura 45. Vista de valores de calidad del aire por medio de un gráfico de barras



Capítulo 4. Evaluación económica y financiera del proyecto

El objetivo de este capítulo es describir el análisis económico a partir del diseño de un sistema de parqueo inteligente y analizar las implicancias económicas para el distrito de La Punta.

Primero se desarrollará el flujo de ingresos y egresos del equipamiento necesario para el despliegue del parqueo inteligente y visualización de calidad de aire en tiempo real.

Luego, se presenta el flujo de caja variable, análisis de la sensibilidad, lo que nos da como resultado un valor actual neto positivo y una tasa interna de retorno superior a la tasa de descuento aplicada.

4.1 Costos de inversión

Se presentan los costos de los equipos a utilizar y de los sensores empleados para el diseño del sistema.

Tabla 18. Costo de equipos y sensores para el servicio

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
Node MCU Esp8266	2	25.00	50.00
Sensor de Proximidad	20	7.00	140.00
Sensor de Contaminación	2	20.00	40.00
Sensor de Rayos Ultravioleta	2	30.00	60.00
Cable Micro USB	2	15.00	30.00
Cargador Solar	2	85.00	170.00
Cable para Conexiones	2	5.00	10.00
Router	2	225.00	450.00
Cable UTP cat5e	6	10.00	60.00
Cámara IP-WIFI	2	300.00	600.00
Miscelánea (10%)			161.00
		Total	1,771.00

A continuación, se presentará los costos de mano de obra e implementación del proyecto, que serán considerados costos fijos:

Tabla 19. Costos de mano de obra

Servicio	Cantidad	Precio unitario	Total
Instalación	2	2,000.00	4,000.00
Programación	1	2,500.00	2,500.00
		Total	6,500.00

4.2 Operación y mantenimiento

Se requerirá brindar un mantenimiento preventivo anual para un rendimiento óptimo del servicio, también se tendrá en cuenta repuestos del sistema.

Tabla 20. Costos de operación y mantenimiento

Servicio	Cantidad	Precio unitario	Total
Mantenimiento	2	1,200.00	2,400.00
Técnico	1	1,500.00	1,500.00
		Total	3,900.00

4.2.1 Costo de repuestos

Se consideran costos de repuestos debido a que se analiza el proyecto para un período de 10 años.

Tabla 21. Costos de repuestos en 2 años

Servicio	Cantidad	Precio Unitario	Total
Sensores	1	240.00	240.00
Node MCU ESP8266	2	25.00	50.00
Cables	1	100.00	100.00
Cargador solar	2	85.00	170.00
Miscelánea (10%)			56.00
		Total	616.00

Tabla 22. Costos de repuestos en 5 años

Servicio	Cantidad	Precio Unitario	Total
Cámara IP	1	600.00	600.00
Router	1	450.00	450.00
		Total	1,050.00

4.3 Ingresos

El sistema presentará ingresos por medio de propaganda publicitaria en la aplicación y los costos por estacionamiento, debido a que ahora se podrá tener una cantidad real de automóviles estacionados durante el día.

Tabla 23. Ingresos del servicio

Servicio	Cantidad	Tarifa	Ingreso mensual	Total
Publicidad	2*20	4.00	160.00	1,920.00
Estacionamiento	10*30	2.00	600.00	7,200.00
		Total		29,760.00

Para la publicidad se ha tomado como referencia valores de publicidad de aplicaciones de tránsito automotor en tiempo real. En cuanto a los estacionamientos es un aproximado de horas adicionales efectivas que el sistema consideraría como estacionamientos ocupados

4.4 Cálculo del VAN y TIR

Se plantea que el proyecto tendrá una duración de 10 años, y de los valores antes calculados se tienen los montos siguientes:

- Costo inicial: S/. 8,271.00

- Tasa de retorno: 10%
- Años de proyecto: 10 años
- Mano de obra: S/. 6,500.00
- Operación y Mantenimiento: S/. 3,900.00
- Repuestos (2 años): S/. 616.00
- Repuestos (5 años): S/. 1,050.00
- Ingresos: S/. 9,120.00

Se tiene el siguiente flujo de caja:

Tabla 24. Flujo de caja del año 0 al 5

	Año					
	0	1	2	3	4	5
Inversión	1,771.00					
Mano de obra	6,500.00					
Ope y Man		3,900.00	3,900.00	3,900.00	3,900.00	3,900.00
Repuesto (2 años)			616.00		616.00	
Repuesto (5 años)						1,050.00
Ingresos		9,120.00	9,120.00	9,120.00	9,120.00	9,120.00
Flujo	-8,271.00	5,220.00	4,604.00	5,220.00	4,604.00	4,170.00

Tabla 25. Flujo de caja del año 6 al 10

	Año				
	6	7	8	9	10
Inversión					
Mano de obra					
Ope y Man	3,900.00	3,900.00	3,900.00	3,900.00	3,900.00
Repuesto (2 años)	616.00		616.00		616.00
Repuesto (5 años)					1,050.00
Ingresos	9,120.00	9,120.00	9,120.00	9,120.00	9,120.00
Flujo	4,604.00	5,220.00	4,604.00	5,220.00	3,554.00

Del flujo de caja presentado se obtienen los siguientes valores:

- VAR: S/. 20,944.50
- TIR: 59%

De acuerdo con estos valores obtenidos se puede decir que el proyecto es viable.

El sistema planteado no solo genera un beneficio económico, también social, ya que se puede mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, la búsqueda de un lugar de estacionamiento puede generar estrés, cansancio, irritabilidad, entre otros.

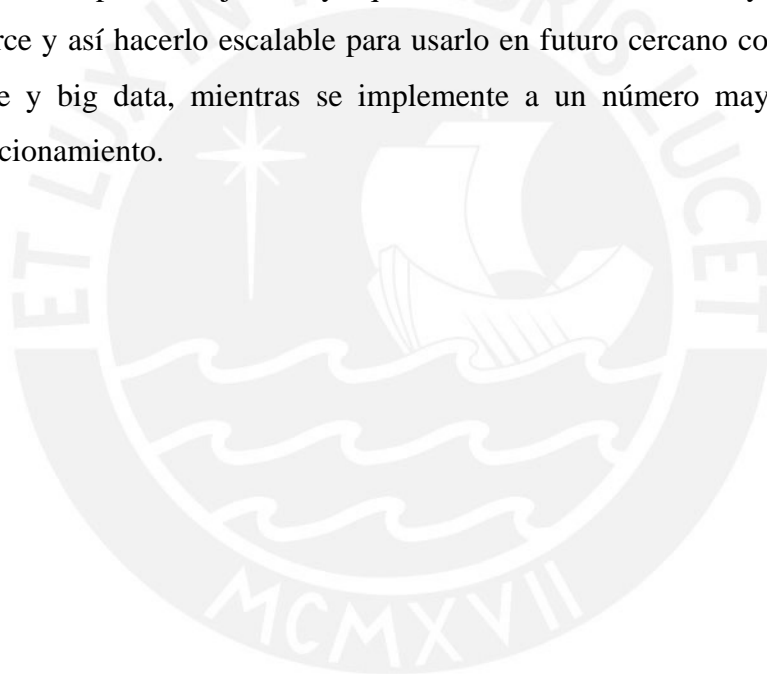


Conclusiones

1. Se realizó la implementación y configuración de sensores de proximidad para la detección de vehículos estacionados, los cuales envían información en tiempo real ante algún cambio detectado (libre/ocupado).
2. Se realizó la implementación y configuración de los sensores de calidad de aire y radiación, obteniendo las medidas para aire bueno, moderado, malo y umbral de cuidado.
3. Se logró con éxito la comunicación entre los dispositivos, el servidor y la aplicación móvil, enviando en tiempo real información desde los sensores hasta el servidor, así como la visualización por medio de streaming a la cámara IP ubicada en el estacionamiento para la vigilancia del vehículo.
4. Se diseñó una aplicación móvil que permite la visualización de los estacionamientos disponible y la ruta hacia ellos por medio de Google Maps, así como también permite acceder a la cámara ubicada en el lugar de estacionamiento y acceder a los niveles de calidad del aire detectados por los sensores.

Recomendaciones

1. El sistema se puede implementar a estacionamientos privados en los cuales se podría añadir funcione de pago y de reserva de espacios de estacionamiento.
2. Se puede implementar la detección de placas, para seguridad y tener acceso a cobros especiales, por ejemplo, en el distrito no se cobra estacionamiento municipal a los residentes y familiares registrados, así como en áreas de comercio.
3. Se debería de implementar seguridad, dependiendo de los datos almacenados, ya que por medio de algunas herramientas se puede acceder al código, una forma de protegerlo es mediante la ofuscación de código, este es realizar un cambio en el código para que se dificulte la decodificación del sistema.
4. El sistema puede mejorarse ya que se está realizando en mayor parte con open source y así hacerlo escalable para usarlo en futuro cercano con conexiones a la nube y big data, mientras se implemente a un número mayor de lugares de estacionamiento.



Bibliografía

- [1] Oficina General de Administración de la Municipalidad de La Punta, «Plan Estratégico de Tecnología de la Información 2017-2020,» Callao, 2017.
- [2] I. N. d. E. e. I. (. -. Perú, «Censos Nacionales 2017,» Sistema de Consulta de Base de Datos - REDATAM, 2017. [En línea]. Available: <https://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>. [Último acceso: 25 Mayo 2021].
- [3] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Crecimiento Económico, población, características sociales y seguridad ciudadana en la Provincia Constitucional del Callao,» Lima, 2016.
- [4] I. N. d. E. e. Informática, «Perú: Estructura Empresarial, 2018,» Noviembre 2019. [En línea]. Available: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1703/libro.pdf. [Último acceso: 20 05 2021].
- [5] I. N. d. E. e. Informática, «Informa Técnico: Demografía empresarial en el Perú,» 2020. [En línea]. Available: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_demografia_empresarial_3.pdf. [Último acceso: 20 mayo 2021].
- [6] Municipalidad Provincial del Callao, «Actualización del Plan de Desarrollo Urbano Provincia Constitucional del Callao 2011-2022,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.municallao.gob.pe/pdf/obras/mapas/1%20PDU%20Callao%202018%20Texto.pdf>. [Último acceso: mayo 2021].
- [7] M. D. d. L. Punta, «Plan de Desarrollo Local concertado del Distrito de La Punta 2016-2021,» Diciembre 2016. [En línea]. Available: http://www.munilapunta.gob.pe/transparencia/Planeamiento_Organizacion/Planes_PoliticasyPDLC%20MDLP%202016-2021.pdf. [Último acceso: Mayo 2021].
- [8] GPRC - OSIPTEL, «Servicios de Internet para el Segmento Residencial - OSIPTEL,» [En línea]. Available: https://www.osiptel.gob.pe/Archivos/Orientacion_Usuarios/Tarifas/OC_Marzo_14_-_Internet.pdf. [Último acceso: 4 julio 2018].
- [9] OSIPTEL, «Boletín OSIPTEL N°13 - Mejor conectividad en telefonía móvil,» junio 2016. [En línea]. Available:

https://www.osiptel.gob.pe/Archivos/Publicaciones/BoletinOSIPTEL_E13/files/assets/common/downloads/OSIPTEL.COM%20Edici.pdf. [Último acceso: 04 julio 2018].

- [10] S. R. -. D. I. República, «Limeños pierden 60 horas en el tráfico al mes, según estudio,» Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://larepublica.pe/sociedad/1321015-lima-limenos-pierden-60-horas-traffic-mes-estudio-universidad-piura/>. [Último acceso: Mayo 2021].
- [11] M. Bouskela, M. Casseb, S. Bassi, C. De Luca y M. Facchina, «La ruta hacia las Smart City,» Banco Interamericano de Desarrollo, 2016. [En línea]. Available: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7743/La-ruta-hacia-las-smart-cities-Migrando-de-una-gestion-tradicional-a-la-ciudad-inteligente.pdf?sequence=10&isAllowed=y>. [Último acceso: 4 julio 2018].
- [12] C. D. I. P. Yusty, «La Smart City en Italia,» Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Millán, Milán, 2015.
- [13] «LinkNYC,» [En línea]. Available: <https://www.link.nyc/>.
- [14] L. M. O. y. M. P. R. J. I. Rodríguez, «De Ciudades Tradicionales a Ciudades inteligentes Of Cities Traditional to Smart Cities,» 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 13 junio 2018. [En línea]. Available: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8399337&tag=1>. [Último acceso: 04 julio 2018].
- [15] J. M. C. Cara, «Smart Cities: Un enfoque práctico sobre una metrópoli y auditoría en Lima (Perú),» Tesis Pregrado- Universidad Oberta de Catalunya, Catalunya, 2014.
- [16] P. P. y. A. R. Padwalkar, «Internet of Things –A Future of Internet: A Survey,» de *International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies*, vol. 2, 2014, pp. 354-361.
- [17] Viceministerio de Comunicaciones - MTC, «Plan Maestro sobre nuevas tendencias y desarrollo de Infraestructura TIC que promuevan a la construcción de ciudades inteligentes,» Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Lima, 2016.
- [18] D. E. Peruano, «El Peruano,» Abril 2021. [En línea]. Available: <https://elperuano.pe/noticia/118791-mtc-autoriza-despliegue-de-la-red-5g-para-servicios-moviles/>. [Último acceso: Mayo 2021].
- [19] ISO 2014, «ISO 37120 Sustainable development of Communities - Indicators for city services and quality of life,» ISO, Switzerland, 2014.
- [20] Ministerio del Ambiente, «Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014,» Lima, 2014.

- [21] Senamhi, «Monitoreo de la Calidad de Aire, para Lima Metropolitana,» Ministerio del Ambiente, [En línea]. Available: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=calidad-del-aire>. [Último acceso: 30 11 2018].
- [22] Resolución Ministerial N 2016-MINAM, «Índice de Calidad del Aire,» Lima, 2016.
- [23] D. Gestión, 25 Octubre 2016. [En línea]. Available: <https://gestion.pe/tecnologia/peru-9-10-personas-conectadas-internet-smartphone-148400-noticia/>. [Último acceso: Mayo 2021].
- [24] A. Developer. [En línea]. Available: <https://developer.android.com/guide/components/fundamentals>. [Último acceso: 30 noviembre 2018].

