

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE ESMERALDAS



CARRERA:

INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

PREVIO AL GRADO ACADÉMICO DE INGENIERÍA
DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

TEMA DE INVESTIGACION:

ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS PARA DESPLIEGUE DE SERVICIOS
INALÁMBRICOS DE CIUDADES INTELIGENTES EN LA CIUDAD DE
ESMERALDAS.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

REDES Y COMUNICACIONES

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO DE SISTEMA Y COMPUTACIÓN

AUTOR

MINA CORTEZ KRISTY DANIELA

ASESOR

Mgt. GUSTAVO CHANGO SAILEMA

ESMERALDAS, 2021

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Título: Análisis de tecnologías para despliegue de servicios inalámbricos de ciudades inteligentes en la ciudad de Esmeraldas.

Autor(a): Kristy Daniela Mina Cortez.

Mgt. Gustavo Chango Sailema
Asesor

Ph.D. Pablo Pico Valencia
Lector #1

Mgt. Jaime Sayago
Lector #2

Mgt. Susana Patiño Rosado
Coordinador de carrera

AUTORÍA DE TESIS

Yo, **KRISTY DANIELA MINA CORTEZ**, portador de la cédula de ciudadanía 0803316413 declaro que el desarrollo de la presente investigación es totalmente de carácter original, auténtico y personal.

En tal virtud, manifiesto que este estudio está efectuado bajo las directrices establecidas por las Normas IEEE y es de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Kristy Daniela Mina Cortez.

C.I. 0803316413

DEDICATORIA

Principalmente esta investigación se la dedico de todo corazón a Dios por darme la fuerza, sabiduría y salud para poder llevar a cabo uno de mis anhelos más deseados.

También se lo dedico de todo corazón con mucho cariño a mi madre Genny Cortez Estupiñán por ser el pilar fundamental en mi vida, por todo su amor incondicional, apoyo, trabajo y sacrificio, por siempre estar presente, inculcarme muy buenos valores y darme una excelente educación.

Kristy Mina Cortez.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por darme la paciencia, dedicación, tolerancia y perseverancia en contra de todas las adversidades durante todos estos años.

Agradezco a mi madre por ser parte principal y fundamental de este proceso y gran anhelo en mi vida. Gracias, madre mía por tu paciencia y amor incondicional, te amo.

Finalmente, también agradezco a mis profesores por sus enseñanzas y guías en mi camino a lo extenso de esta carrera.

Kristy Mina Cortez.

RESUMEN

La presente investigación fue realizada a base de bibliotecas digitales con el objetivo de dar a conocer tecnologías inalámbricas para el desplazamiento de servicios tecnológicos que aportan muchos beneficios en múltiples sectores y que de a poco se van implementando en las ciudades, tecnologías creadas para soportar una gran cantidad de dispositivos conectados con alta confiabilidad, un muy bajo consumo y largo alcance, permitiendo así el desarrollo y mejoramiento de aplicaciones y servicios en la ciudad.

En este trabajo de investigación se estudió las tecnologías inalámbricas: WiFi y LoRa que son utilizadas para el desplazamiento de internet de las cosas, donde se obtuvo como resultado de las dos tecnologías inalámbricas analizadas un cuadro comparativo, las ventajas, la ejecución de las simulaciones de las dos tecnologías por medio del software especializado llamado Cupcarbon mediante cuatro nodos sensores.

Posteriormente, en este proyecto se presenta a LoRa como el protocolo más adecuado entre las dos tecnologías para el desplazamiento de internet de las cosas y desarrollo de servicios tecnológicos. Puesto que la implementación de esta tecnología inalámbrica ofrece a la ciudad la capacidad de conectividad inalámbrica de gran largo alcance y bajo consumo, A causa de que al utilizar una frecuencia de radio más baja que la tecnología de WiFi esta permite que la distancia de trasmisión de datos aumente, finalmente se realizó un conjunto de ventajas del despliegue de la tecnología inalámbrica analizada para la ciudad de Esmeraldas.

Palabras clave: ciudad inteligente, tecnología, protocolo, servicios.

ABSTRACT

This research was conducted on the basis of digital libraries with the aim of publicizing wireless technologies for the displacement of technological services that bring many benefits in multiple sectors and that are gradually being implemented in cities, technologies created to support a large number of connected devices with high reliability, very low power consumption and long range, thus allowing the development and improvement of applications and services in the city.

In this research work we studied the wireless technologies: WiFi and LoRa that are used for the displacement of the internet of things, where we obtained as a result of the two wireless technologies analyzed a comparative table, the advantages, the execution of the simulations of the two technologies by means of specialized software called Cupcarbon by means of four sensor nodes.

Subsequently, in this project LoRa is presented as the most suitable protocol between the two technologies for the displacement of the internet of things and development of technological services. Since the implementation of this wireless technology offers the city the ability to wireless connectivity of long range and low consumption, because by using a lower radio frequency than WiFi technology this allows the data transmission distance to increase, finally a set of advantages of the deployment of wireless technology analyzed for the city of Esmeraldas was made.

Keywords: smart city, technology, protocol, services.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCIÓN	11
PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
JUSTIFICACIÓN	13
OBJETIVOS	13
GENERAL	13
ESPECÍFICOS	14
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	15
1.1 BASES CONCEPTUALES	15
1.1.1 Ciudad Inteligente	15
1.2 ANTECEDENTES	37
1.3 BASES LEGALES	39
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	40
2.1 Delimitación de la investigación	40
2.2 Tipo de investigación	40
2.3 Métodos	41
2.4 Población	41
2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	41
2.7 Normas éticas	42
CAPÍTULO III: RESULTADOS	43
3.1 Análisis e interpretación de los resultados	43
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN	62
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	66
REFERENCIAS	67
ANEXOS	71
Anexo 1	71
Encuestas	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características principales de una ciudad inteligente .	16
Figura 2. Servicio de transporte inteligente	17
Figura 3. Evolución de la educación a distancia (E-learning).	20
Figura 4. Administración de áreas inteligentes	22
Figura 5. El desplazamiento de los datos en una ciudad conectada	23
Figura 6. Integración IoT-nube para la prestación de servicios inteligentes	24
Figura 7. Topologías de bluetooth	26
Figura 8. Dispositivos preparados para WiFi.	27
Figura 9. Áreas de aplicación de la tecnología inalámbrica LPWAN	30
Figura 10. Comparación de las tecnologías inalámbricas	31
Figura 11. Arquitectura SigFox	32
Figura 12. Topología de la red LoRa	34
Figura 13. Diagrama PRISMA	43
Figura 14. Tecnologías encontradas	44
Figura 15. Tecnologías IoT	45
Figura 16. Tecnologías seleccionadas	45
Figura 17. Nodos sensores del protocolo WiFi.	51
Figura 18. Nodos sensores del protocolo LoRa.	51
Figura 19. Distancia entre nodos sensores del protocolo WiFi.	53
Figura 20. Distancia entre nodos sensores del protocolo LoRa.	53
Figura 21. Móvil encendido.	54
Figura 22. Móvil apagado.	54
Figura 23. Ruta del radio móvil.	54
Figura 24. Detección del teléfono móvil con el radio del sensor.	55
Figura 25. Nodo con su led encendido.	55
Figura 26. Consumo de recepción y de transmisión de mensajes del protocolo LoRa con 100 s.	56
Figura 27. Consumo de recepción y de transmisión de mensajes del protocolo LoRa con 200 s.	56

Figura 28. Consumo de recepción y de transmisión de mensajes del protocolo LoRa con 500 s.....	56
Figura 29. Consumo de recepción y de transmisión de mensajes del protocolo WiFi con 100 s.....	56
Figura 30. Consumo de recepción y de transmisión de mensajes del protocolo WiFi con 200 s.....	56
Figura 31. Consumo de recepción y de transmisión de mensajes del protocolo WiFi con 500 s.....	56
Figura 32. Protocolo WiFi en Google mapas satelital de la ciudad de Esmeraldas.	58
Figura 33. Protocolo LoRa en Google mapas satelital de la ciudad de Esmeraldas.	58
Figura 34. Red TTN de tecnología LoRaWan.	59
Figura 35. Red TTN de tecnología LoRaWan en la ciudad de Guayaquil.....	59
Figura 36. Red TTN de tecnología LoRaWan en la ciudad de Quito.	60
Figura 37. Próxima Red TTN de tecnología LoRaWan en la ciudad de Ibarra.	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tecnologías IoT	44
Tabla 2. Método de Alfa de Cronbach.....	46
Tabla 3. Coeficiente de confiabilidad del cuestionario.	47
Tabla 4. Nivel de confiabilidad.	47
Tabla 5. Tecnologías esenciales	47
Tabla 6. Cuadro comparativo de las tecnologías.	49
Tabla 7. Longitud y latitud de los nodos sensores del protocolo LoRa.....	52
Tabla 8. Longitud y latitud de los nodos sensores del protocolo WiFi.	52
Tabla 9. Mensajes enviados, recibidos y su total con el protocolo LoRa.....	57
Tabla 10. Mensajes enviados, recibidos y su total con el protocolo WiFi	57

INTRODUCCIÓN

PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

Las ciudades inteligentes poseen como objetivo elemental mejorar los servicios básicos de la ciudad para intensificar el nivel de vida de los ciudadanos utilizando las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) como herramientas para mejorar y transformar los servicios ofrecidos. En la actualidad, el uso de estas tecnologías inalámbricas ha tenido una gran acogida alrededor del mundo, alarmando a otras ciudades para efectuar actividades de investigación y desarrollo al respecto [1].

La utilización del concepto de ciudad inteligente es novedosa y se ha reforzado en la última década, estando así en un constante crecimiento y se caracteriza por ser un concepto amplio ya que está conformado por una compleja unión e interacción de factores sociales, políticos, económicos y tecnológicos. La idea de la implementación de la ciudad inteligente depende de factores de políticas específicas y financiamiento [2].

Este concepto nace de la necesidad de organizar y optimizar mediante TIC la condición de los servicios de vida de los ciudadanos, principalmente el reajuste de servicios comunes tales como: gestión de infraestructura, movilidad, agua, energía, entre otros. La no atención de estas gestiones podría amenazar y presentar problemas que muestran como consecuencia: congestión, contaminación, sobreexplotación y escases de agua.

Se exterioriza que los que proveen a los ciudadanos mayor cantidad de servicios son los gobiernos a nivel local, muchos gobiernos municipales han desplegado y usado tecnologías digitales para renovar la infraestructura de la ciudad e intensificar la calidad de vida de los residentes [3]. En América Latina, el 80% de la población está establecida en las grandes ciudades, donde enfrenta dificultades en salud, migración, transporte y planificación de zona urbana, entre otros. La gestión de zonas urbanas aún se ejecuta de forma aislada, impidiendo la creación de nuevos procesos de innovación que podrían regenerar la condición de vida de los ciudadanos [4].

En el Ecuador con sus 24 provincias que lo componen, se aprovecha o se vive de la actividad turística, y la tecnología representa uno de los grandes apoyos para el progreso de esta actividad, debido a que permite el avance de los servicios públicos en

las áreas rurales, pero aún es un desafío transformar estos servicios a un nivel de una ciudad inteligente [5].

Esta investigación se realiza en la ciudad de Esmeraldas considerando que no tiene la accesibilidad a servicios de conectividad inalámbrica como infraestructura, gestión de energía, agua, salud, transporte y movilidad. Planteando así un análisis de tecnologías para el despliegue de servicios inalámbricos en la ciudad que permitan la comunicación para la gestión eficiente de lo antes mencionado.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día, una ciudad inteligente es reconocida como un espacio con gran capacidad de creatividad, enseñanza e innovación, con una buena infraestructura digital y tecnologías de comunicación. Las ciudades logran establecerse como inteligentes si cuentan con capital humano y social, y su crecimiento se ajusta a la teoría de desarrollo sostenible. De la misma forma, la contribución ciudadana en su régimen de gobierno debe aportar en el progreso de la calidad de vida [6].

La ciudad de Esmeraldas tiene insuficiencias en la calidad de vida que se deben atender, principalmente como la escasez del servicio de agua. Esta situación del agua potable no garantiza en Esmeraldas un acceso frecuente a dicho recurso, afecta la mayor parte de la población, que después de muchos años no ha dejado de ser el factor común de la ciudad [7]. El tener tecnologías de conectividad inalámbrica permitiría sensores inteligentes que alerten cuando exista una fuga de agua debido algún factor natural o particular que se ejecute en las líneas de distribución.

También otros de los servicios públicos principales con necesidad, es la educación a causa de que en barrios suburbanos no poseen los recursos electrónicos impidiendo la conectividad inalámbrica, lo cual no le permite el acceso a la educación de forma íntegra. La seguridad ciudadana por la inseguridad y el aumento de la delincuencia en la ciudad de Esmeraldas. La seguridad podría incrementarse a tener cámaras de vigilancia con conectividad inalámbrica.

Se estima dar a conocer a la ciudad de Esmeraldas los múltiples beneficios que otorga el uso de estas tecnologías inalámbricas para el desplazamiento de servicios de tecnológicos con la finalidad de obtener una infraestructura de una ciudad inteligente, principalmente utilizando las TIC junto a Internet de las cosas (IoT) que proporciona

aplicaciones y servicios adaptables a muchos campos de la movilidad humana, por ese motivo, se plantea la problemática, donde nacen diferentes interrogantes:

- ¿Cuáles son los servicios tecnológicos inalámbricos que ofrecen las ciudades inteligentes?
- ¿Cuáles son los servicios tecnológicos inalámbricos de una ciudad inteligente que se puede implementar en la ciudad de Esmeraldas?
- ¿Cuáles son los beneficios de los servicios tecnológicos inalámbricos de ciudades inteligentes que se recomiendan implementar en la ciudad de Esmeraldas?

JUSTIFICACIÓN

En la presente investigación se basa en la situación problemática de la necesidad de servicios inalámbricos tecnológicos en la ciudad de Esmeraldas tales como: gestión de infraestructura, energía, agua, salud, transporte y movilidad, entre otros.

Además, Esmeraldas es conocida principalmente por sus hermosas playas y su clima cálido y húmedo, es la ciudad en el que el turismo es una de las actividades primordiales de trabajo, en el cual la mayoría de los habitantes explotan o viven de ella. En donde la tecnología es un progreso para esta, permitiendo regenerar los servicios públicos en las áreas rurales, reajusta la seguridad ciudadana, reduce la contaminación ambiental, congestión y sobrepoblación para un ambiente agradable para la ciudadanía.

Este es el impulso que llevó a desarrollar una investigación científica de las principales tecnologías procedentes para el despliegue de servicios en ciudades inteligentes, y así fomentar su implementación, con el desafío de llevar aplicaciones y servicios a un nivel de ciudad inteligente. Dando a presentar a la ciudadanía recomendaciones técnicas para la integración de los servicios tecnológicos tales como, servicio inteligente de semáforos que eviten los atascos. Gestión del agua, aspersión de parques y jardines. Controles de contaminación y movilidad. Educación digital [7].

OBJETIVOS

GENERAL

Analizar las tecnologías de comunicaciones inalámbricas para el despliegue de servicios de una ciudad inteligente en el Cantón Esmeraldas.

ESPECÍFICOS

- a) Estudiar las principales tecnologías emergentes para el despliegue de servicios en ciudades inteligentes.
- b) Comparar las tecnologías de comunicaciones inalámbricas para determinar la factibilidad de su implementación en la ciudad de Esmeraldas.
- c) Ejecutar una simulación de las tecnologías seleccionadas mediante nodo sensores utilizando el simulador CupCarbon.
- d) Determinar las ventajas y desventajas del despliegue de la tecnología inalámbrica analizada para la ciudad de Esmeraldas.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 BASES CONCEPTUALES

A continuación, en esta investigación es preciso conocer diferentes conceptos esenciales para una comprensión clara de las temáticas que se plantean en el progreso de la investigación.

1.1.1 Ciudad Inteligente

Las ciudades inteligentes poseen como objetivo principal la planificación de modificación y reajuste de todos los procesos y actividades de la administración, permitiendo así una zona de innovación, investigación y desarrollo, a través del manejo de las TIC. Planificación en donde participan empresas con una infraestructura digital que lideran las tecnologías que se van a manipular [8].

La percepción de ciudad inteligente mejora el uso de los recursos y logra la reducción de la contaminación. Representa formas más eficaces de iluminar, conservar las calles limpias y aclimatar edificios, sistemas de transportes inteligentes, métodos para la gestión de residuos sólidos, mejoras sobre el agua potable y saneamiento, administración pública participativa y obtener espacios públicos seguros para los ciudadanos [9].

Una ciudad inteligente se incorpora de nuevas tecnologías que provee herramientas y soportes de implementación de servicios inalámbricos a los usuarios, donde el ciudadano es el actor principal del desarrollo que mejora continuamente su sostenibilidad, aprovechando el conocimiento y los recursos disponibles, para optimizar la condición de vida [10].

Por otro lado, también son actores en el desarrollo: el gobierno, las empresas e interesados que dan la eficiencia, innovación y competitividad de los servicios inalámbricos [10]. En la **Figura 1** se puede observar cómo se resumen las principales ideas y características más importantes de una ciudad inteligente.



Figura 1. Características principales de una ciudad inteligente [2].

Por eso, las ciudades inteligentes aprovechan los recursos de manera eficiente y con un mínimo impacto en el medio ambiente, siendo así la ciudad inteligente una herramienta fundamental para garantizar un mejor nivel de vida.

1.1.1.1 Servicios

Movilidad urbana

La movilidad urbana tiene como objetivo principal la eficiencia y calidad de servicios de transporte urbano, proporcionando la facilidad de estos servicios a la población, proveyendo prioridad a los transportes de emergencia y a los transportes públicos, garantizando la seguridad y la eficacia del funcionamiento del transporte. Una de las primordiales dificultades que luchan este tipo de medidas son los “atascos”, los cuales reducen la eficiencia y productividad de la ciudad que producen secuelas como la contaminación tanto del aire como la audición [11] , [12].

Los servicios de transporte inteligentes usan para la recolección de datos diversos medios como por ejemplo cámaras de seguridad, esta fuente de datos transfiere por el sistema de red inalámbrica de la ciudad a la gestión de datos o video transmitiendo a diferentes entidades municipales donde hacen la toma de decisiones y control, como se observar en la **Figura 2** [13].

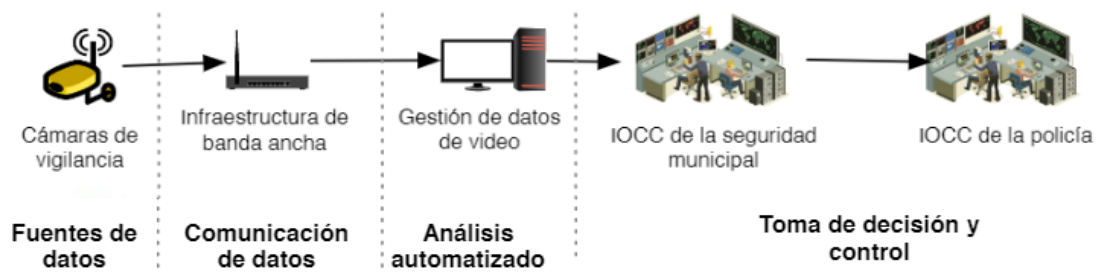


Figura 2. Servicio de transporte inteligente [13].

La ciudad busca dar un buen servicio de transporte inteligente por medio de las TIC, está apoyando diversas soluciones inteligentes en contra de estos desafíos: control de tránsito vehicular; en la ciudad desde el centro de control se monitorea el tráfico y se actúa de manera inmediata para una la solución frente a cualquier problema.

Mejorar la infraestructura de parques para así dar un mejor servicio y tener ingresos provenientes de ellos. Sistema de uso compartido de bicicletas; permite a los ciudadanos por medio de aplicaciones móviles ver el lugar más cercano para estacionarse y si tiene bicicletas a disposición para el usuario. Transporte público; permite mostrar información en tiempo real por medio de aplicaciones móviles del acceso disponible de rutas de transporte para el usuario [13].

Eficiencia energética

La gestión de la energía resulta algo de gran importancia en la sociedad, el aumento de los precios de la energía exige a todos los consumidores a forjar una utilización responsable y eficaz. Otra de las dificultades que sufrimos es el cambio climático, forja que enfrentemos a la gran necesidad de disminuir la presencia de dióxido de carbono, forzando así un uso adecuado de la energía e incrementando el manejo de energías que no contaminen el medio ambiente o energías renovables, eólica o geotérmica [11].

El crecimiento progresivo de la petición energética por la población de las ciudades explican la implementación de tecnologías inteligentes en el momento de gestionar este bien limitado [11].

El manejo de energía renovables ayuda a reducir el calentamiento global evitando así la aplicación de los procesos industriales para producir energía. Actualmente el uso de energía solar más conocida como fotovoltaica ha llamado la atención de expertos en

diferentes disciplinas científicas, para investigar otras fuentes de energía [14], [15].

Existe la necesidad de una gestión energética eficiente. Lo tradicional, las redes deben ser reemplazadas por redes inteligentes que hacen que las cuatro etapas del sistema de energía que es generación, transmisión, distribución y consumo más eficiente y confiable. Al implementar medidores inteligentes, se puede realizar una mejor verificación posible en el uso de energía [16].

La implementación de medidores inteligentes en hogares y empresas, son medidores digitales que remiten información sobre el uso de electricidad a la empresa de servicios públicos, brindando mayor control de sus facturas de electricidad permitiendo el ahorrar energía, dinero y así estableciendo un mejor servicio. Es la iniciativa de una red inteligente que reconstruye la infraestructura eléctrica obsoleta, acercándose a una generación para infraestructura de ciudades inteligentes. Accediendo a largo plazo un crecimiento económico, un mejor servicio eléctrico y una mejor condición de vida para los ciudadanos permitiendo con el tiempo un apoyo a la sostenibilidad ambiental con menos desperdicio de energía [17].

Gestión hídrica inteligente

En el mundo aún existe 1.100 millones de personas que todavía necesitan el consumo de agua limpia y segura, y unos 2.600 millones de personas que no tienen acceso a servicios de mantenimiento adecuados. En las ciudades los retos relacionados con el agua y mantenimiento, en un futuro aumentarían debido a un gran crecimiento de los ciudadanos que tiene la necesidad de compartir los recursos que ya son escasos y deficientemente gestionados en la ciudad [9].

Los sistemas de agua potable y mantenimiento que distribuyen esta sustancia son repetidamente abandonados e incapaces de afrontar el aumento demográfico dejando a muchas personas de bajos recursos costear altos costos y destituidas de estos servicios[9].

Presentando, así como principal dificultad que se enfrenta el ser humano la problemática de insuficiencia de agua dulce. Las opciones a nuestro alcance para cambiar estas condiciones son principalmente la aplicación de tecnologías de reutilización y beneficio del agua. Evadiendo inconvenientes como el desperdicio de agua por

situaciones como fugas en tuberías, estancamientos y otros mecanismos operacionales de la red de suministro. En donde la implementación de un sistema de agua inteligente que tiene como principal herramienta los sensores, están diseñados para monitorear, controlar, reunir datos referentes a el flujo, la presión, la calidad y la distribución del agua de la ciudad, siendo elemental que el consumo seguro de agua sea preciso. Permitiendo así solucionar estos problemas evitando precisamente el desperdicio de agua dulce [9]- [11].

Salud

El servicio de salud es parte fundamental para el desarrollo de ciudades inteligentes, debido a que regenera la eficacia de atención y la condición de vida de los usuarios. La implementación de software permite regenerar la situación de vida de los ciudadanos. Previniendo y monitoreando enfermedades, facilitando así la toma de decisiones y analizando datos procedentes del servicio de salud [1].

Principalmente en este servicio se encuentran muchos avances y tendencias como por ejemplo la minería de datos. En el cual permite el acceso y manejo de una gran suma de datos existentes que son utilizadas en el servicio de salud [1].

Para una exploración de textos, imágenes y herramientas con base a minería multimedia. En el servicio de salud se encuentra una gran proporción de datos multimedia, es el hallazgo de procesar información de imágenes y texto, permitiendo así lugar en nuevos sitios de interés como la minería de texto, el cual es un proceso que permite separar patrones o conocimiento no insustancial, a partir de un texto. Se reconoce como una herramienta excelente para tratar grandes masas de datos y crear un nuevo conocimiento a base de esa información y minería de imágenes, el cual es un proceso que permite obtener patrones característicos de un gran conjunto de imágenes. Del mismo modo, provee soluciones al servicio de salud por medio de software con la finalidad de tener un sistema que sea capaz de trabajar en tiempo real y que permite automáticamente la localización inteligente al problema planteado por medio de imágenes. Estas áreas intentan procesar un estudio descriptivos y predictivo de datos multimedia del servicio salud [1].

Formación educativa y cultural

Integración y aprovechamiento de las TIC en el proceso educativo para implantar en la sociedad la información, la creatividad y el conocimiento. Teniendo como objetivo de implementación de aulas virtuales y físicas para un buen aprendizaje [11] .

E-learning consiste en la formación educativa donde los alumnos pueden interactuar por medio del computador y un servicio de internet con el docente sin necesidad de estar en el mismo lugar. Principalmente esta formación educativa es brindada a individuos que no poseen la posibilidad de la presencia de un docente y que gracias a la tecnología que ha ido cambiando e implementándose en los últimos años, como se muestra en la **Figura 3**, permite el acceso a el aprendizaje [11]- [18]. Un gran ejemplo es una de las diferentes precauciones que tomaron algunas escuelas, colegios y universidades a nivel mundial a causa de la propagación del virus COV-19 contagiando a los seres humanos, implementando así soluciones de impartir clases a sus estudiantes de manera virtual para evitar su propagación.



Figura 3. Evolución de la educación a distancia (E-learning)[11].

Seguridad pública

La gestión de la seguridad pública busca la manera de desarrollar nuevas tecnologías para así poder facilitar esta apretada tarea en la comunidad. Como primer lugar, mejorar la capacidad de respuesta de los servicios en un suceso de emergencia. Del mismo modo existen aplicaciones que permiten la videovigilancia de las ciudades. Videovigilancia en eventos multitudinarios identificar a personas entre una gran aglomeración de gente. Otra de las aplicaciones de este tipo de servicios es que permite la localización de incendios mediante sensores que automáticamente conectan con las autoridades y consiguen

disminuir el perjuicio en el ecosistema. También la gestión tecnológica del alumbrado público también es muy importante para la seguridad del ciudadano [11],[13], [19].

Otro uso de este servicio es la utilización de sensores de audio que dirigen las cámaras a donde reconocen el ruido del disparo para así notificar a las autoridades sobre el suceso. Acceso total a los datos de cámaras de seguridad donde algunas de las cámaras son de 360° grados con opción a un botón del pánico. Estos botones de pánico pueden estar de manera fija o móvil, se hallan ubicados en lugares de tránsito como estaciones de autobús, escuelas y universidades. Una vez presionado en breve comienza a enviar imágenes que son almacenadas en bases de datos [11].

Infraestructura pública

Una localidad que piensa generar la posibilidad de proyectar sus planes y la realización de sus proyectos de carácter innovador aborda un enfoque hacia la infraestructura inteligente, por lo cual, se inclinan asimismo de generar sistemas automatizados para la integración, comunicación y gestión de diferentes tipos de infraestructura. Esto hace alusión no sólo a los sistemas de información y nuevas tecnologías, hace referencia igualmente, a el sistema, de gestión de agua, de residuos fecales, de riego que reutilizando el uso de agua no potable tales como agua usada o de lluvia para el riego, uso de las telecomunicaciones, monitoreo y seguridad pública, redes de transporte, entre otros [11].

Así mismo, la implementación de nuevas energías, como energías renovables, un alumbrado eficaz en las calles con la implementación de la tecnología LED, o el uso de tecnologías digitales que recopilan e integran información sobre su distribución y medición de manera avanzada son dispositivos distinguidos frente al uso eficiente de la energía, que se ubican como un aspecto que cobra calidad por sí solo para el desarrollo de ciudades inteligentes y sostenibles [11].

Por igual alcanza una posición predominante, el progreso de construcciones inteligentes que se inclinan por la implementación de soluciones integradas, donde se tienen construcciones eficientes a nivel energético, con infraestructura o tecnología que reduce el agotamiento de agua, promueve el uso prudente de recursos, incorpora materiales amigables con el ambiente y que generan un buen impacto en las condiciones del entorno donde se sitúa [11].

Las construcciones sostenibles abordan así, no sólo aspectos físicos o técnicos de un edificio puntual, se anclan al ecourbanismo que juega un papel determinante en tanto desarrolla barrios, construcciones y redes conectadas, eficientes, que implican a las comunidades y dan un manejo eficiente a los recursos [11]-[20].

1.1.1.2 Tecnologías

Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)

Existen innumerables posibilidades para el uso inteligente de las TIC en el mundo hiperconectado. La adopción de estas tecnologías por parte del gobierno ayudará a que la modernización se convierta en un proveedor y genere un mejor bienestar para la sociedad [9].

La iniciación de procesos, servicios y datos públicos promueve la colaboración, el compromiso y la participación pública, promueve la reutilización de soluciones existentes, la regeneración de servicios públicos [9].

Las TIC son la clave de las ciudades para la solución de estos desafíos por los mejores medios tal como se observa en la **Figura 4**. Cada uno de los servicios identificados tiene asociado una serie de acciones para la iniciativa de ciudad inteligente.

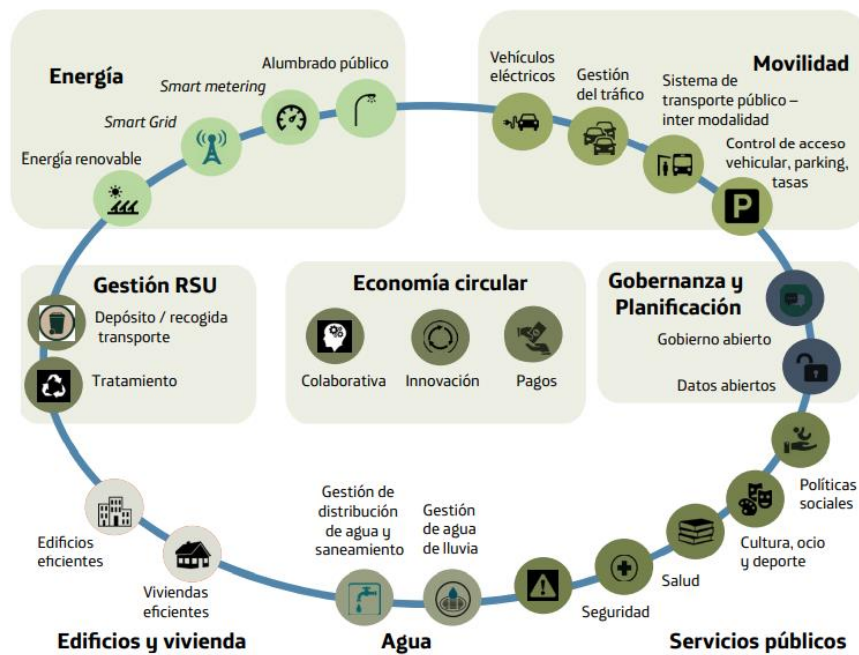


Figura 4. Administración de áreas inteligentes [9].

Para la ciudad inteligente uno de los pilares primordiales en donde se basa su edificación es el uso de las TIC. Y tiene como objetivo admitir la generación de datos referente a la ciudad, administraciones públicas y empresas.

Para adquirir estos datos, es preciso conseguir y utilizar una masa de datos generados a gran rapidez y muy diversos en formato, obtenida de objetos interconectados, como IoT, especialmente de manera inalámbrica, como se visualiza en la **Figura 5** [9].

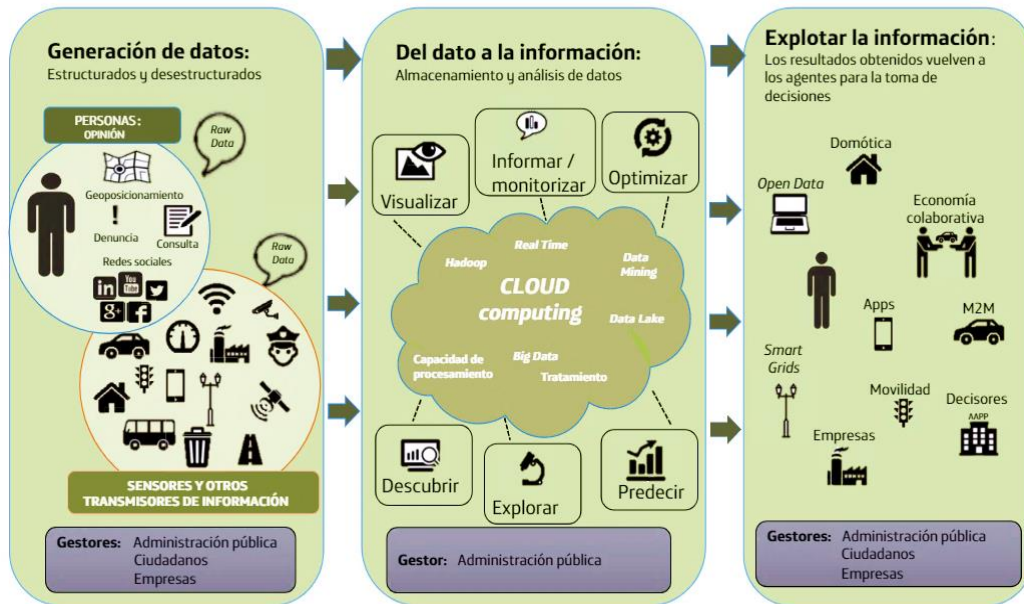


Figura 5. El desplazamiento de los datos en una ciudad conectada [9].

Los datos que se obtienen podrán ser distintos según el valor de madurez de la ciudad inteligente. Es fundamental crear una política de datos abiertos, estable en que permite acceder a datos recolectados y tratados por los diferentes captadores de información de la localidad [9].

La segunda etapa de madurez del proceso de gestión de los datos es la facilidad de uso y provisión de información importante. Y la última etapa permite la extracción de información acertada y relevante para cada ciudadano en específico [9].

Internet de las cosas (IoT)

Sistema de dispositivos inteligentes interconectados a través de Internet, consiste en otorgar a objetos de software y sensores que admitan la capacidad de recibir y transmitir información con el mundo que les rodea a través de Internet, como se puede observar en la **Figura 6** [9].

La IoT produce un cambio fundamental en la calidad de vida de las personas, y es una de las principales tecnologías para el desarrollo de una ciudad inteligente, debido a que permite las prestaciones de servicios inteligentes para el crecimiento de las empresas, puesto que accede al análisis y gestión de datos en tiempo real logrando así la ayuda en la toma de decisiones, Por lo tanto, es la clave fundamenta para desarrollar la producción de las empresas [18].

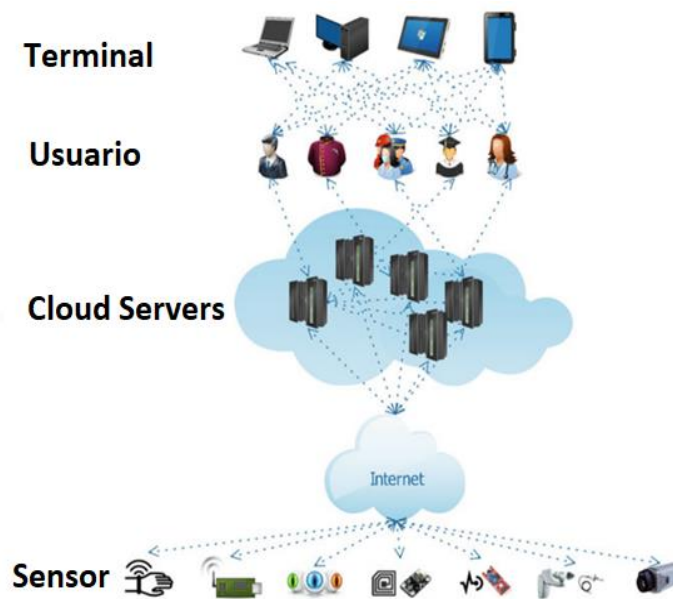


Figura 6. Integración IoT-nube para la prestación de servicios inteligentes [21].

Computación en la nube

La computación en la nube brinda el procedimiento perfecto para la manipulación de los flujos masivo de datos. Una Tecnología basada en donde las aplicaciones software y los equipos hardware con capacidad de proceso y almacenaje de datos no estén instaladas en el PC o equipos del usuario, sino que están situados en un data center en el cual permite acceder a los usuarios a una diversidad de recursos compartidos configurables tales como aplicaciones, servidores, servicios, unidades de almacenamiento y aplicaciones que están disponibles a través de Internet [9] -[18].

Redes y comunicación

Una red de ordenadores es un sistema que permite compartir recursos e información por medio de interconexión entre equipos. Para ello es necesario poseer , además de con los

ordenadores respectivos, con los dispositivos periféricos, el software conveniente, tarjetas de red y los cables de conexión [22].

Una red de área local inalámbrica es una red inalámbrica flexible, que cubre un área, con una magnitud aproximada de 100 metros, utilizando tecnologías de radiofrecuencia que permite mayor movilidad a los usuarios al minimizar las conexiones cableadas. Permite que las terminales que se encuentran internamente del área de cobertura puedan conectarse entre sí [23].

- **WPAN**

WPAN por sus abreviaturas (Wireless Personal Área Network) Red de área personal inalámbrica. Nació del uso tradicional de cables, creada especialmente para el desarrollo de soluciones de forma eficiente, rápida y confiable para la interconexión de aparatos de manera inalámbrica y transmisión de información. Son redes que envuelven a una persona o dispositivo cubriendo 10 metros a la redonda ya sea que este en constante movimiento o no, utilizados para conectar varios terminales portátiles personales sin la necesidad de manejar cables [24].

- **Bluetooth**

En el año de 1994, Ericsson comenzó una investigación para estudiar la posibilidad de una interfaz de radio de bajo consumo y bajo costo para la interconexión de dispositivos, cuyo objetivo fundamental era el de eliminar los cables entre los aparatos. Es ahí donde nace esta tecnología, bluetooth utilizada para las interconexiones inalámbricas de corto alcance entre terminales como: celulares, computadoras de escritorio, laptops, teclados, impresoras, proyectores, módems, asistentes digitales personales, consolas de juegos y otros dispositivos [24].

La tecnología bluetooth utiliza dos topologías: estrella y peer-to-peer como se puede observar en la **Figura 7**, permitiendo así la formación de redes más complejas, La peer-to-peer teniendo solo un coordinador PAN logra así comunicarse con cualquier dispositivo a otros miembros cuya distancia entre ellos este en el rango de comunicación continua, a diferencia de la topología estrella que logra comunicarse entre los dispositivos ya establecidos [24].

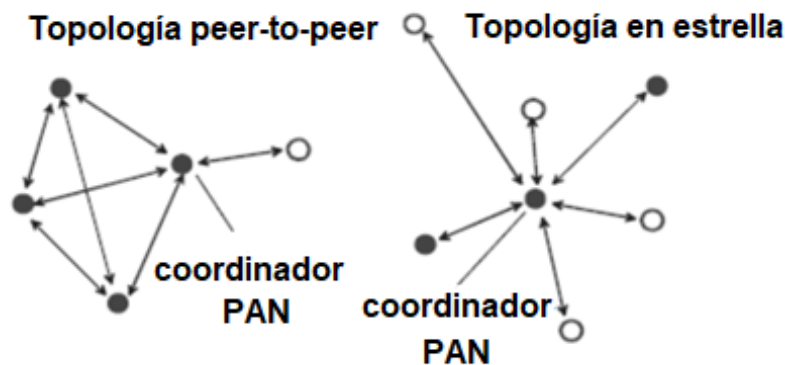


Figura 7. Topologías de bluetooth [24].

- **ZigBee**

ZigBee describe un protocolo inalámbrico estándar para conectarse a una red inalámbrica personal, desarrollada por ZigBee Alliance7 basa en el estándar para comunicación inalámbrica en el espacio personal IEEE 802.15.4. Es una tecnología de corto alcance que logra una velocidad de transmisión de 250 kbps. Sus características lo hacen muy utilizado en aplicaciones de domótica, siendo una de las tecnologías más utilizadas para crear ambiente en el hogar inteligente, respetando el nivel de respuesta rápida [25].

- **WLAN**

Permite suplantar por conexiones inalámbricas los cables de conexión de red, permitiendo a los usuarios flexibilidad, agilidad en las zonas de cobertura cerca de cada uno de los sitios de acceso, los cuales se hallan interconectados entre sí [23].

Dentro de la red doméstica (HAN), las cargas eléctricas podrán ser interrumpibles tales como termostatos, refrigeradoras; y no interrumpibles pero si controlables tales como las lavadoras y lava platos, también interrumpibles no controlables e no controlables no interrumpidas pero todas estas cargas podrán ingresar al medidor inteligente y notificar información de consumo especializado a las empresas de repartición del servicio, de este modo se tendrá un controlador de la solicitud que advierta el uso en cada dispositivo [23].

- **WiFi**

WiFi abreviatura de (Wireless Fidelity) fidelidad inalámbrica. Es una tecnología de interconexión inalámbrica que utilizan ondas electromagnéticas. La Alliance es una

asociación que es responsable de certificar que los dispositivos WiFi cumplen con el conjunto de estándares inalámbricos IEEE 802.11 [26].

Existen muchas variaciones de este estándar que precisan características específicas en cada caso, como variación de frecuencia y velocidad de operación de frecuencia. Transferencia de datos. 802.11 b/g/n es el estándar más popular para dispositivos, opera a 2.4 GHz y logra velocidades de hasta 300 Mbps [26].

Su topología de red consiste en crear puntos de acceso en donde se conectan múltiples dispositivos que deseen formar parte a una red. Por razones de seguridad, la conexión al punto de acceso puede estar protegida con contraseña o no [26].

La tecnología WiFi es una herramienta que permite un mayor desarrollo de prototipos de Internet de las cosas. Después del lanzamiento del chip Espressif1 ESP8266 de bajo costo de la compañía, la integración de WiFi en los dispositivos se volvió aún más importante. Su función principal es la alta tasa de transferencia que permite y trabaja con paquetes IP con una alta carga de datos. Sus principales desventajas son el alto consumo energético y el corto alcance. Solo se puede usar en áreas donde se cubre WiFi [25].

Los dispositivos preparados para WiFi, como PC, consolas de juegos, teléfonos inteligentes y reproductores de música digital, logran conectarse a Internet a través de puntos de acceso a la red inalámbrica, como se puede observar en la **Figura 8**. El alcance de este punto de acceso es de unos 20 metros en interiores e incluso más en exteriores. La superposición de varios puntos de acceso puede cubrir un área grande.



Figura 8. Dispositivos preparados para WiFi.

- **WAN**

Una WAN por sus abreviaturas (Wide Área Network) Red de área amplia, es una red extensa de comunicaciones de datos que opera fuera de los límites geográficos de una LAN. Estos incluyen países o continentes enteros. Se utilizan para comunicarse entre sí en diferentes redes LAN. Un claro modelo sería la tecnología 3G [27].

WAN se diferencia de LAN en distintos aspectos. Mientras que una red de área local conecta computadoras, periféricos y otros dispositivos dentro de un edificio u otra área geográfica limitada, una red de área amplia permite que los datos se transmitan a distancias geográficas más grandes [27].

Hoy en día se ha vuelto esencial para las empresas grandes el acceso de una red de área extensa ya que una red área local no satisface los requisitos de necesidad de la empresa. Al desarrollarse, agregar sucursales y nuevos servicios estas empresas deben de suscribirse a un distribuidor de servicios WAN para poder ser capaz de gestionar los servicios de soportes WAN. A diferencia de las redes locales que suelen ser propiedad de las empresas o de quienes las utilizan [27].

- **LTE**

El crecimiento continuo de la demanda de los consumidores de mejores experiencias en servicios móviles y de medios ha llevado a la industria a presionar por nuevas soluciones. Inicialmente, las redes celulares se diseñaron para aplicaciones de voz donde transmitían por canales analógicos. En la década de 1990, apareció la segunda generación de comunicaciones móviles 2G debido a la necesidad de aumento de canales de voz y el surgimiento de la tecnología digital. Trayendo consigo como beneficio nuevos servicios tales como la mensajería de texto y el acceso a datos por conmutación de circuitos. Pero la baja velocidad de transmisión de datos no compensaba las necesidades de acceso a Internet, llevando así al desarrollo de 3G proporcionando más velocidad en servicios de datos y una mayor capacidad de voz. Nuevamente con la progresiva demanda y el surgimiento de servicios con requerimientos más estrictos, como la transmisión en alta definición o en tiempo real de video, se llevó a el desarrollo hacia la cuarta generación llamada LTE (Long Term Evolution) Evolución a largo plazo [28].

LTE es un protocolo desarrollado por 3GPP, es solo una evolución del estándar 3G sin necesidad de 4G, que establece una red de acceso y la parte central (core) para servicios móviles, cuyos aspectos más importantes son: mayor velocidad de datos y

eficiencia del espectro, eficiencia del espectro reducida. El núcleo de LTE está basado en el protocolo IP y el acceso de tecnologías de transmisión del nivel físico OFDMA para el enlace descendente y SCFDMA para el enlace ascendente [29].

- **LPWAN**

Las tecnologías actuales como el WiFi tienen como objetivo transmitir grandes cantidades de datos a alta velocidad, requieren un alto consumo de energía y no permiten conectar una gran cantidad de dispositivos.

Tendencias como el IoT, que han propiciado el surgimiento de una nueva generación de tecnologías para cubrir estas necesidades en el mundo de las telecomunicaciones, se han agrupado bajo el nombre de Low Power Wide Area Network (LPWAN) [30]

Internet de las cosas es un área que día a día se manifiesta más por su interconexión de dispositivos es ahí donde se debe la aparición de nuevas tecnologías de comunicación como LPWAN que representa una clara evolución de las redes de comunicación para dispositivos IoT.

LPWAN Se forma a partir de la combinación de dos frases (Low Power) consumo de baja potencia y (Wide Area Network) Red de área amplia. Son tecnologías de comunicación inalámbricas que se basan en comunicación de redes de baja consumo, bajo costo, largo alcance y de buen funcionamiento en entornos obstruidos como en la ciudad y el exterior. Convirtiéndose, así como una buena solución de IoT, a causa de que proporciona la comunicación de varios kilómetros y baterías que duren 10 años o más. A pesar de estas considerables características son proporcionadas por una baja tasa de datos [25].

Las tecnologías LPWAN pueden utilizarse en varias aplicaciones de IoT como ciudades inteligentes, edificios inteligentes, redes inteligentes, medidores inteligentes, aplicaciones de consumo, aplicaciones agrícolas como se puede ver en la **Figura 9**.



Figura 9. Áreas de aplicación de la tecnología inalámbrica LPWAN [31] .

Características de LPWAN [32].

Las primordiales características de las tecnologías LPWAN necesarias para respaldar con éxito la implementación productiva de los sistemas IoT son:

- Comunicación de largo alcance.
- Bajo consumo de energía.
- Baja velocidad de datos.
- Bajo costo e implementación del equipo.
- Topología e implementación de red simplificada.
- Cobertura completa (mejora la cobertura interna y externa).
- Escale su red para aumentar la capacidad.

En la **Figura 10** se presentan diferentes tecnologías inalámbricas con respecto al alcance y el ancho de banda utilizado. En los puntos principales del Internet de las cosas, se observa cómo la tecnología LPWAN ofrece ciertas características interesantes como es el largo alcance [33].

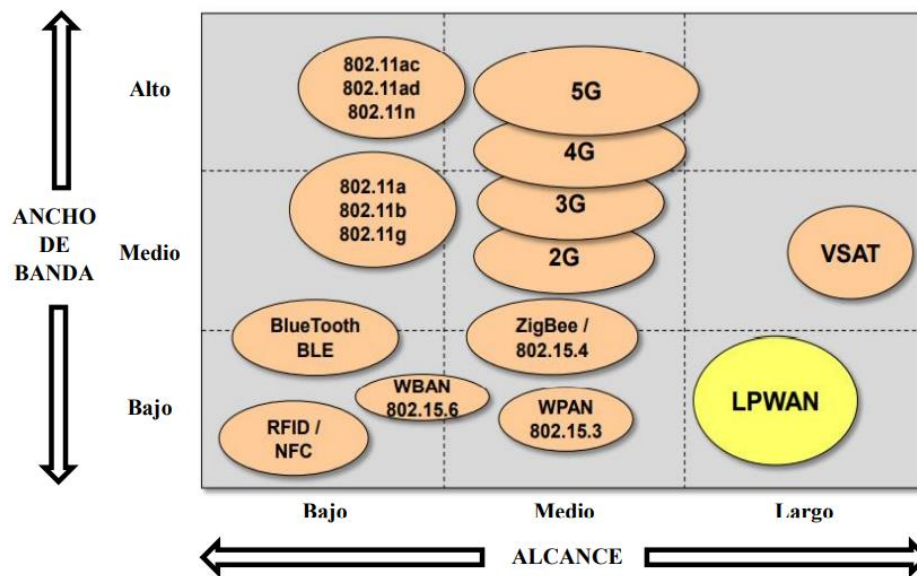


Figura 10. Comparación de las tecnologías inalámbricas [33].

- **Sigfox**

Sigfox es una tecnología de LPWAN que ha alcanzado a ganar popularidad por su cobertura, busca crear una red global de telecomunicaciones para soluciones de conectividad de IoT con el objetivo de que cualquier dispositivo logre conectarse a Internet a través de su red. Se distribuye en grandes ciudades alrededor del mundo. Actualmente está presente en más de 65 países y aspira a ser la red de mensajes pequeños (llamada red 0G) con la mayor cobertura del mundo [25].

La arquitectura esquemática de la red Sigfox como se puede observar en la **Figura 11** posee una topología en estrella; principalmente están los dispositivos que transmiten diariamente mensajes a las estaciones. Seguida de las estaciones Sigfox a través de una conexión punto a punto a la nube donde transmite y recibe mensajes, nube Sigfox envía mensajes a los clientes y el centro de datos del cliente recibe mensajes por medio de la red [34].

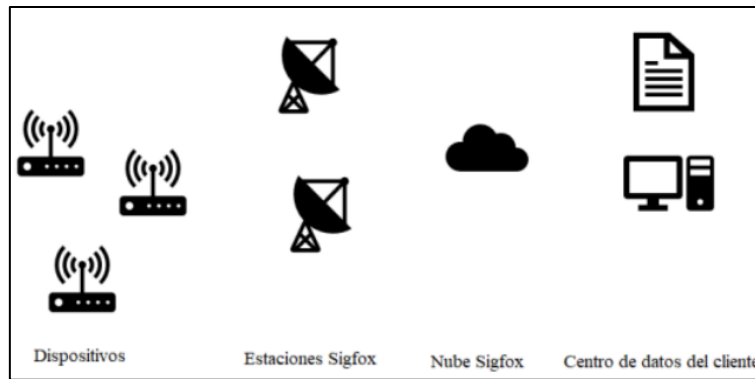


Figura 11.Arquitectura SigFox [34].

A continuación las ventajas y desventajas de esta tecnología [35].

Ventajas:

- Largo alcance, hasta 0 km en zonas rurales.
- Baja potencia.
- Bajo costo.

Desventajas:

- Servicio de pago por suscripción.
- La comunicación es muy lenta, 100 bytes por segundo.
- Límite de carga y descarga de mensajes por día.
- La frecuencia está estable por ubicación y no todas las ubicaciones tienen cobertura.

- **NB-IoT**

NB-IoT, el Internet de las cosas de banda estrecha, maneja los mismos principios de diseño que la arquitectura que la red LTE, con algunas optimizaciones tales como nueva portada y canales nuevos para admitir enormes requisitos de IoT, está configurado por 3GPP para satisfacer las insuficiencias de datos de baja velocidad y la necesidad de conectarse a las redes móviles. NB-IoT se utiliza en los casos en los que tenemos una pequeña cantidad de datos para enviar o recibir con una tasa de modulación más veloz que otras tecnologías, como LoRa o SigFox. La capa física está delineada para adaptarse a un ancho de banda del sistema de 200 kHz, utilizando enlaces ascendentes y enlaces descendentes [35].

A continuación las ventajas y desventajas de esta tecnología [35].

Ventajas:

- La cobertura es muy buena, especialmente en entornos urbanos, ya que se basa en la cobertura 4G.
- Tiempos de respuesta rápidos.
- Mejor garantía de calidad de servicio.

Desventajas

- Difícil de distribuir el firmware por aire (fota).
- Pagado, ya que requiere registro y licencia
- Su despliegue aún está en proceso.

- **LoRa**

LoRa abreviatura de Long Range, es un protocolo de comunicación para tecnologías LPWAN, donde se han convertido protagonista en las redes de bajo consumo de estas tecnologías, Su bajo consumo de batería se debe a la cantidad de datos que logra transporta no es muy grande y esto equivale a que sea una red de bajo consumo energético.

La cantidad de datos que transporta no es muy grande esto a causa de que usa una frecuencia de radio baja, al utilizar esta frecuencia permite que la distancia de transmisión de datos aumenta, logrando así comunicaciones a largas distancia. Alcanzando así un rango de cobertura capaz de destacar alrededor de los 5km a 20 km en áreas abiertas y teniendo una gran resistencia frente a las interferencias en exteriores. Todo esto manipulando una potencia menor a la consumida por tecnologías como WiFi, cuyo objetivo es proporcionar la recopilación de datos de información para así poder ser manipulada con algún fin laboral, comercia o personal [36].

Topología de la red LoRa

La tecnología LoRa consta de los siguientes elementos como se puede observar en la **Figura 12:**

- **Dispositivos finales:** Estos son los dispositivos que se utilizan para conectar objetos como nodos, sensores, medidores y otros dispositivos a la red LoRa. Este

tipo de elementos se comunican los Gateway o pasarelas de la red y son los encargados de enviar la información recopilada [30].

- **Los puntos de acceso, Gateway o pasarela:** Son estaciones base delegadas de recibir la información transmitida por los dispositivos finales y la reenvía a los servidores de red [30].
- **Servidores de red:** Son equipos servidores que pueden ser tanto locales como de la nube, son los responsables de la recepción, decodificación y procesamiento de la información que proviene de los dispositivos finales, además estos servidores de red se encargan de generar los paquetes que los dispositivos finales recibirán [30].

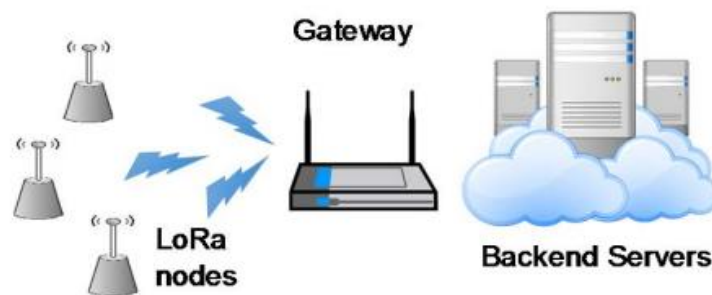


Figura 12. Topología de la red LoRa [37].

Ventajas

Las ventajas más importantes de LoRa son las siguientes [35]:

- El uso de LoRa es gratis y admite configurar redes personalizadas.
- Envía mensajes ilimitados con hasta 50 kb / s. de velocidad.
- Posee soporte de largo alcance (en entornos urbanos tiene un alcance de varios kilómetros, porque es más propenso a interferencias, y en entornos rurales logra un alcance de decenas de kilómetros).
- Bajo consumo de energía.
- Selecciona frecuencias dentro del rango permitido por la ley.

Desventajas

Las desventajas más importantes de LoRa son las siguientes [35]:

- Los usuarios tienen que administrar su propia red y puertas de enlace.
- Los chips utilizables son solo de SemTech y están pendientes de patente.

- **LTE-M**

LTE-M son las siglas de (Long Term Evolution for Machines) evolución a largo plazo para máquinas. Se basa en la reutilización de la red LTE existente, donde corresponde a una nueva tecnología de banda estrecha de máquina a máquina. Es la tecnología que trata del modelo de comunicación que admite a los dispositivos comunicarse directamente entre sí. LTE-M se presenta como la tecnología de comunicación líder para los futuros sistemas urbanos. Las descripciones claves de esta nueva tecnología son principalmente el de bajo costo, especialmente en el lado de los dispositivos, alto rango de cobertura, batería de larga duración hasta 10 años y alta capacidad [38].

Los principales operadores de telefonía móvil, empresas y desarrolladores a nivel mundial están implementando redes NB-IoT y LTE-M como parte de su estrategia a largo plazo para la tecnología 5G IoT. Las redes IoT que se desplegarán serán gestionadas por un operador seguro y serán aquellas basadas en el estándar 3GPP de LPWA (Low-Power Wide-Area) quiere decir área amplia de baja potencia, en el espectro licenciado con 5G, las redes permitirán dar servicio de interconexión a millones de nuevos dispositivos de baja complejidad con baja potencia y latencia que brindan conectividad IoT completa [28].

Inteligencia Artificial

La IA, que significa inteligencia artificial, es la capacidad de las máquinas para la utilización de algoritmos, aprender de los datos y utilizar lo aprendido para la toma de decisiones tal como lo haría un ser humano.

Sin embargo, al contrario de las personas, los dispositivos basados en Inteligencia Artificial no necesitan detenerse, esto quiere decir que se mantienen en constante trabajo y pueden analizar grandes volúmenes de datos a la vez, de esta forma, la proporción de errores es significativamente mínimo en las máquinas que realizan las mismas tareas que los seres humanos.

Los ordenadores o aplicaciones puedan tanto aprender como tomar decisiones es específicamente importante ya que sus procesos están creciendo exponencialmente con el período. Debido a estas dos capacidades, los sistemas de IA pueden ejecutar ahora diversas tareas que precedentemente quedaban reservadas exclusivamente a los seres humanos [39].

Big Data

Macrodatos e inteligencia de datos, los cuales superan la capacidad de los sistemas informáticos habituales, por eso necesitan una gran velocidad para procesar el conjunto de volumen y variedad de datos.

Provee la capacidad para explotar información existente, implementar fuentes de datos y realizar análisis de datos, esta tecnología se está volviendo en una necesidad dado que les permitir alcanzar varios objetivos a las ciudades [9]-[40].

Big data se caracteriza con las tres v: volumen, variedad, velocidad.

- a) **Volumen:** Se caracteriza por la utilización de grandes volúmenes de datos; por ejemplo, son datos que el internet crea habitualmente
- b) **Variedad:** Son datos almacenados que no poseen un orden por ejemplo correos electrónicos.
- c) **Velocidad:** Indica la velocidad del flujo de los datos entre y hacia diferentes fuentes de información. Esto implica acciones tales como la creación, eliminación y actualización de los datos. Del mismo modo incluye la oportunidad de acceso a la información, es decir, la disponibilidad y velocidad.

Cadena de bloque

Tecnología conocida como cadena de bloques, se introdujo recientemente y está revolucionando el mundo digital al brindar nuevas perspectivas sobre seguridad, resiliencia y eficiencia del sistema. Proporcionando un sistema de intercambio de cualquier tipo de bienes, servicios o transacciones de forma segura y eficiente. Ofreciendo un bajo costo de actividades comerciales con un acuerdo controlado sin la necesidad de intermediarios que no agregan un valor directo [41].

Blockchain fue expuesta por Satoshi Nakamoto en el 2008 en su documento "Bitcoin", implementada en múltiples aplicaciones industriales tales como financiero, gubernamental y manufacturera, atrayendo una atención masiva en múltiples sectores, utilizado como base de las criptomonedas y poco a poco siendo introducido en nuevas aplicaciones como los contratos inteligentes [42].

Tecnología Geoespacial

Hoy en día, la mayoría de la población mundial vive en ciudades y esto se ha incrementado al paso de los años. Como resultado, se ha incrementado la necesidad de solucionar problemas como la contaminación o la accesibilidad de los servicios que se brindan en la ciudad. Es aquí donde nace el concepto de ciudad inteligente y aplicar el uso de la tecnología para la resolución de estos problemas. Apoyando así para el desarrollo de tecnologías geoespaciales [43].

La tecnología geoespacial se está posicionando cada día más, donde se define como una más de la tecnología de información y comunicación, que admite la manipulación de datos geoespaciales, datos que son susceptible al cambio, que permiten ubicaciones definidas de regiones de la superficie terrestre y representar situaciones que existen en la vida real para así manifestar un servicio de forma más eficiente [44].

La contribución de la tecnología geoespacial a la ciudad inteligente es muy importante, está estrechamente relacionada en muchos aspectos de las ciudades inteligentes, como la recopilación, el análisis, el proceso, la representación y la visualización de datos. Sin embargo, no solo tiene un impacto a nivel tecnológico, asimismo en el aspecto social, para distinguir en qué áreas se puede aplicar la tecnología geoespacial e influir en el progreso de las ciudades inteligentes [45].

1.2 ANTECEDENTES

Dentro del estudio se presenta el análisis de las investigaciones realizadas en relación con el tema “Análisis de tecnologías para despliegue de servicios inalámbricos de ciudades inteligentes en la ciudad de Esmeraldas”.

La búsqueda de los artículos se realizó mediante el uso de la siguiente cadena de búsqueda, (wireless) AND (service) AND (smart city OR smart-city), aplicada en bibliotecas digitales como IEEE, Scopus, Scielo, SpringerLink.

Del total de los artículos encontrados, se eligieron 4 artículos donde en el primer estudio de investigación propuesto por D. S. Fernández, con el tema “Factores de desarrollo de las ciudades inteligentes” [6]. Se investigó una ciudad inteligente, un caso de estudio a la ciudad de Barcelona, categorizada como la cuarta ciudad inteligente de Europa. Esta investigación responde a los factores del funcionamiento y creación de las

ciudades inteligentes, las ventajas que tiene la implementación y despliegue de servicios inalámbricos de ciudades inteligentes, si es necesario el desarrollo de áreas urbanizadas y como es también de gran importancia la colaboración ciudadana para contribuir en el progreso de una ciudad inteligente. El cual ayudará a presentar él porqué es de gran importancia el despliegue de estos servicios inalámbricos en la ciudad de Esmeraldas para tener como resultado una ciudad inteligente.

A continuación, en un segundo estudio realizado por J. Salazar and S. Silvestre, con el tema “Internet de las cosas (IoT) - Cisco,” [18]. Estudiaron como el internet de las cosas es de gran importancia para el despliegue de servicios inalámbricos, dado que proporciona un uso ilimitado de aplicaciones y servicios, se puede aplicar a muchos campos de la actividad humana, facilitando y mejorando su calidad de vida en múltiples formas.

En un tercer estudio realizado por Medina Santiago, Romero Fernando , De Giusti Armando, Tinetti Fernando, con el tema “Análisis para Despliegue de una Red de Sensores Heterogénea ” [26]. Se realizo la comparación de estas diferentes tecnologías inalámbricas: WiFi y LoRa, que son utilizadas para la transmisión de datos con dispositivos inteligentes, donde se analizan sus particularidades. tecnologías en particular que pueden ayudar a construir soluciones integrales para crear comunidades sostenibles, debido a que tienen una amplia variedad de aplicaciones y servicios como gestión de desastres, atención médica, energía, agua, vigilancia, vigilancia de la salud estructural y vigilancia ambiental.

Como cuarto y último estudio realizado por Marcelo Cárdenas, Diego González y Camila Retamal, con el tema “Protocolo LoRa para implementación de redes IoT en Smart cities.” [36]. Estudiaron sobre el funcionamiento del protocolo LoRa para poder ser implementada en ciudades inteligentes como solución debido a su baja potencia y muy largo alcance, utilizado como herramienta que transforma y mejora los procesos, servicios ofrecidos y actividades de la administración, también muestra el desempeño del protocolo por medio de una simulación en el software CupCarbon especializado en este protocolo.

1.3 BASES LEGALES

Dentro de las bases legales que se tomaron en cuenta para la presente investigación se estipulan las siguientes: Ley de Propiedad Intelectual [46], Ley Orgánica de Educación Superior [47] y la Constitución de la República del Ecuador [48].

En la Ley de Propiedad Intelectual en el Libro I, en su Título I.- De los derechos de autor y derechos conexos, Capítulo I.- Del derecho de autor, Sección I Preceptos generales, se menciona en el Art. 4 “Se reconocen y garantizan los derechos de los autores y los derechos de los demás titulares sobre sus obras” y Art. 5 “El derecho de autor nace y se protege por el solo hecho de la creación de la obra, independientemente de su mérito, destino o modo de expresión” [46].

Con el presente proyecto se practicó la implementación con el respeto a los lineamientos con relación al derecho de autor.

En la Ley Orgánica de educación superior en el Título I de Ámbito, objeto, fines y principios del sistema de educación superior, Capítulo 2.- Fines de la educación superior, se menciona en el Art. 8.- Fines de la Educación Superior, describe en uno de sus apartados que “Fomentar y ejecutar programas de investigación de carácter científico, tecnológico y pedagógico que coadyuven al mejoramiento y protección del ambiente” [47]. Con el presente proyecto tecnológico de investigación principalmente se busca fomentar la reformar de los servicios públicos, la gestión hídrica inteligente evitando así el desperdicio de agua dulce, menos congestión y sobrepoblación, reduciendo de esta forma la contaminación ambiental, para un ambiente agradable para la ciudadanía.

Para finalizar con las bases legales en la Constitución de la Republica del Ecuador en el Titulo VII de Régimen de buen vivir, Capítulo Primero de Inclusión y equidad, Sección octava de Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, que en el Art. 385, menciona que “Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir” [48]. Con el presente proyecto se buscó principalmente de permitir reformar los servicios públicos, este es el impulso que llevo a investigar las vitales tecnologías procedentes para el despliegue de servicios de ciudades inteligentes, el reto de llevar aplicaciones, servicios a un nivel de ciudad inteligente y favorecer a la comunidad.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 Delimitación de la investigación

La delimitación espacial del proyecto investigativo se enfocó tanto nacional como internacional, para así obtener la información de países con ciudades inteligentes, se utilizó como medio de investigación bibliotecas digitales como IEEE, Scopus, Scielo, SpringerLink.

La delimitación temporal se estableció entre los últimos 6 años (2015-2021) debido a que se compiló información publicada durante esa línea de tiempo en vista de que se describa la realidad actual y los progresos de servicios inalámbricos tecnológicos, lo cual se empleó para desarrollar la investigación.

2.2 Tipo de investigación

Este trabajo de investigación es del tipo exploratorio debido a que la investigación buscó examinar, organizar y definir tecnologías emergentes orientada para el despliegue de servicios inalámbricos de ciudades inteligentes, que permitirá a la ciudad de Esmeraldas el desarrollo de conectividad inalámbrico para servicios de una ciudad inteligente.

Este estudio también utilizó como tipo de investigación el análisis descriptivo que permitió describir las características de la información recopilada para hacer un análisis comparativo de tecnologías de servicios inalámbricos de ciudades inteligentes.

Adicionalmente, la investigación se llevó a cabo por la naturaleza de los datos de manera mixta (cualitativa- cuantitativa), cualitativa por el cual es un proceso que extrae descripciones a partir de observaciones que consiste en, resumir, clasificar, y comparar la información con la finalidad de tener un enfoque lo más completa del objeto de estudio, utilizando como instrumento a las palabras, textos, que trata de comprender el conjunto de cualidades que produce el objeto determinado. Y cuantitativa ya que los datos también se representan mediante números y fueron utilizados para nuestro análisis.

El motivo por el cual se aplicó esta naturaleza de datos es que permitió determinar tecnologías y servicios para la ciudad de Esmeraldas. Debido a que la ciudad carece de la accesibilidad a servicios de conectividad inalámbrica como infraestructura, gestión de energía, agua, salud, transporte y movilidad. Para que estos servicios tecnológicos aporten con una superior actividad económica, una regeneración de los servicios básicos de la

ciudad, para intensificar la calidad de vida de los ciudadanos, promover el turismo y un uso exitoso de la tecnología para renovar la organización y gestión urbana [49].

2.3 Métodos

La presente investigación utilizó los siguientes métodos; el método deductivo, ya que se investigó información en las diferentes bibliotecas digitales con el objetivo de desarrollar los conocimientos sobre el tema. Por otro lado, partiendo de distintos artículos y publicaciones, gracias al método inductivo se pudo identificar las diferentes tecnologías y servicios tecnológicos de las ciudades inteligentes que pueden ser aplicados en la ciudad de Esmeraldas.

También se utilizarán los métodos analíticos y sintéticos, debido a que una vez recolectada y analizada la información de los servicios tecnológicos inalámbricos de ciudades inteligente, estos fueron integrados para poder obtener una síntesis general del estudio y poder definir las tecnologías óptimas de servicios inalámbricos de ciudades inteligentes y las más apropiada para el óptimo desempeño de las comunicaciones inalámbricas en el desarrollo de Esmeraldas como ciudad inteligente.

Asimismo, se utilizó el método experimental debido a que se ejecutó una simulación utilizando el simulador CupCarbon para ciudades inteligentes en la ciudad de Esmeraldas, cuyo objetivo fue visualizar la tecnología LoRa/LoRaWAN mediante cuatro sensores.

2.4 Población

En este estudio de análisis de tecnologías para despliegue de servicios inalámbricos de ciudades inteligentes, se considerará como muestra a veinte casas inteligentes de la ciudad de Esmeraldas.

2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

El presente proyecto utilizo como técnica de estudio un análisis documental o bibliográfico, permitiendo así la recopilación de información, para poder encontrar las diferentes tecnologías y servicios de las ciudades inteligentes y poder obtener una recapitulación general del estudio y con la finalidad de saber cuáles son las mejores tecnologías y servicios que se pueden implementar en la ciudad de Esmeraldas.

También se utilizó la observación para conocer los servicios que posee la ciudad de Esmeraldas y las ciudades inteligentes. Donde la observación es una técnica que permite

la recolección de datos, un acto de quien quiere conocer, investigar y detallar una situación con una presencia explícita o no perceptible [50]. Asimismo, se utilizó como técnica de recolección de datos, la encuesta. Se realizó con los moradores de veinte casas inteligentes de la ciudad de Esmeraldas.

2.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el análisis de datos de las encuestas ejecutadas se utilizó el método de Alfa de Cronbach para demostrar la eficacia y confiabilidad de las encuestas realizadas con los moradores de veinte casas inteligentes de la ciudad de Esmeraldas.

Obteniendo así más del 0.60 de confiable, con una confiabilidad de 0,68 que es “muy confiable”, manifestando que fue un instrumento positivo el que se aplicó para esta investigación.

2.7 Normas éticas

Este estudio se ejecutó acorde con los lineamientos determinados por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Esmeraldas respetando las ideas, la integridad de la obra del autor y derecho de citas con relación a la información utilizada para esta investigación documental escrita por otros autores.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1 Análisis e interpretación de los resultados

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos durante esta investigación, en donde se analizan las tecnologías de comunicaciones inalámbricas para el despliegue de servicios de una ciudad inteligente en la ciudad de Esmeraldas.

Principalmente se muestra el diagrama PRISMA como se puede observar en la **Figura 13**, que presenta el proceso de selección que se llevó a cabo para recabar la información necesaria para el desarrollo de esta investigación.

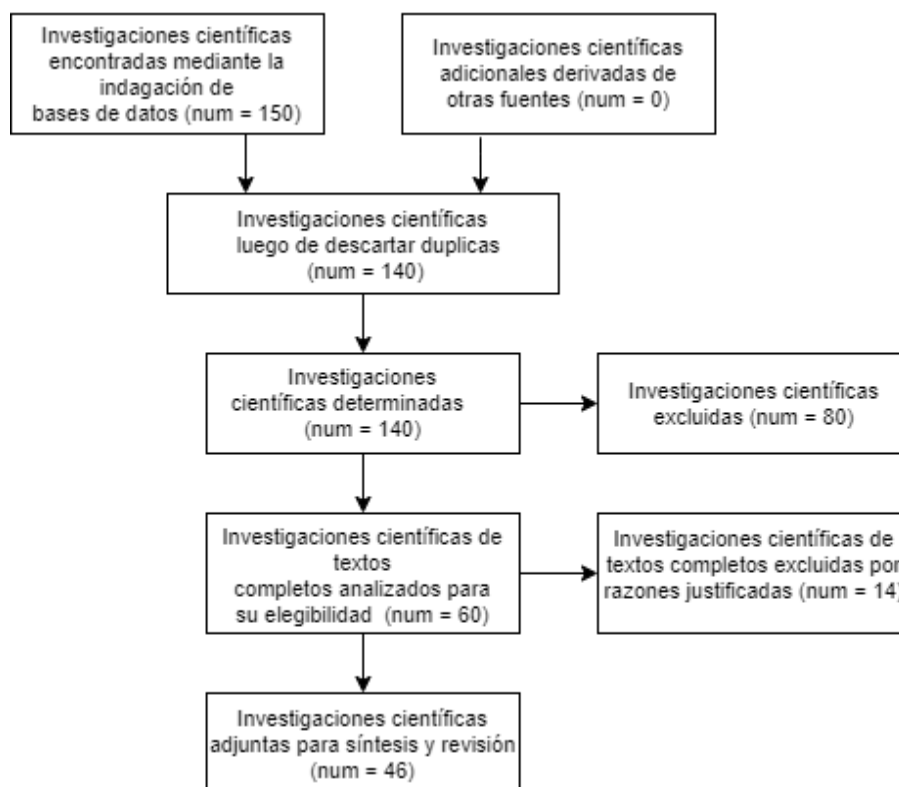


Figura 13. Diagrama PRISMA

Posteriormente en esta investigación los documentos encontrados en las bases de datos mediante el uso de la ecuación de exploración se presentan en la **Figura 14** por medio de un gráfico de columnas agrupadas con la distribución de los documentos de las diferentes tecnologías que poseen información valiosa que ayudó llevar a cabo la investigación. Luego se enfocó en las tecnologías basadas en IoT como se puede observar en la **Tabla 1** y representadas con gráfico de columnas agrupadas en 3D en la **Figura 15** y posteriormente se seleccionó dos de estas tecnologías para más indagación como se observa en la **Figura 16** con un gráfico circular.

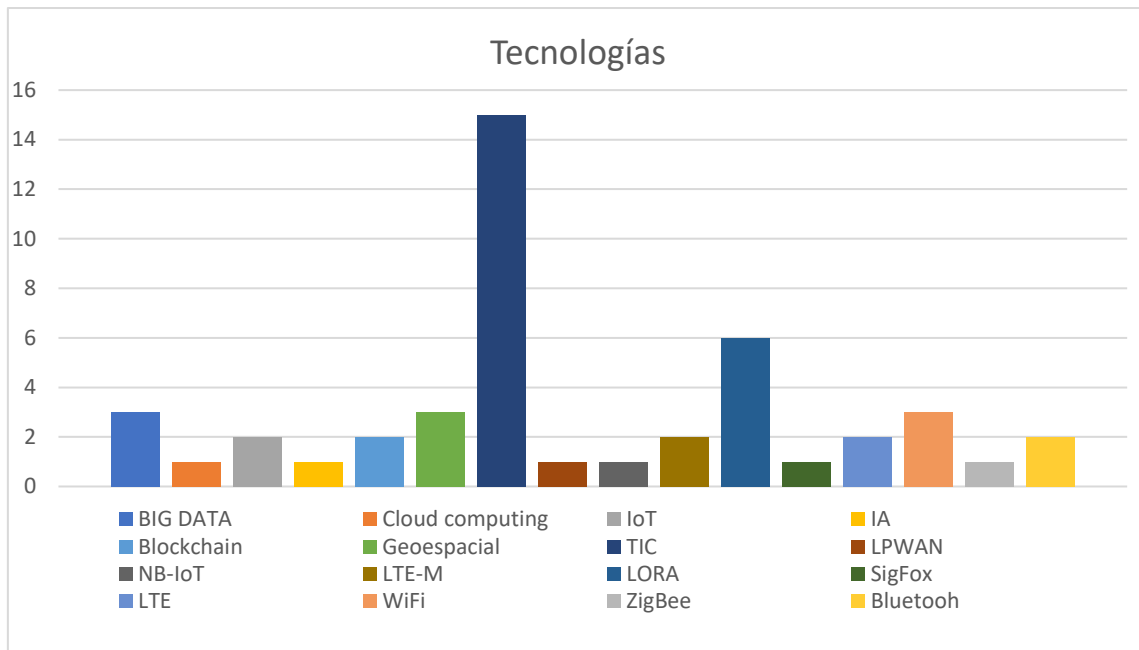


Figura 14. Tecnologías encontradas

Tabla 1. Tecnologías IoT

	Topología	Protocolo	Referencia
NB-IoT	Estrella	3GPP	[35]
LTE-M	Estrella	3GPP	[28],[38]
LoRa	Estrella	IEEE 802.15g	[30],[35],[36],[37]
SigFox	Estrella	No tiene	[25],[34],[35]
LTE	Semi-mallada	3GPP	[28],[29]
WiFi	Punto a punto, infraestructura, Malla.	IEEE 802.11	[25],[26]
ZigBee	Malla	IEEE 802.15.4	[25]
BluetooH	Peer-to-Peer, estrella	IEEE 802.15.1	[24]

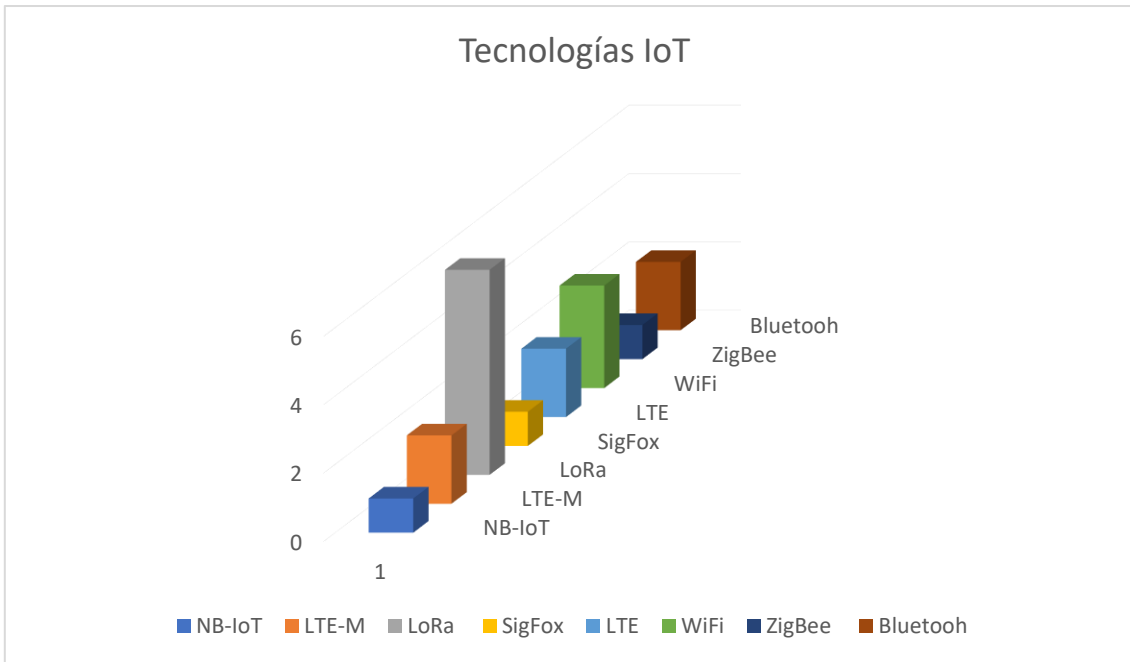


Figura 15. Tecnologías IoT

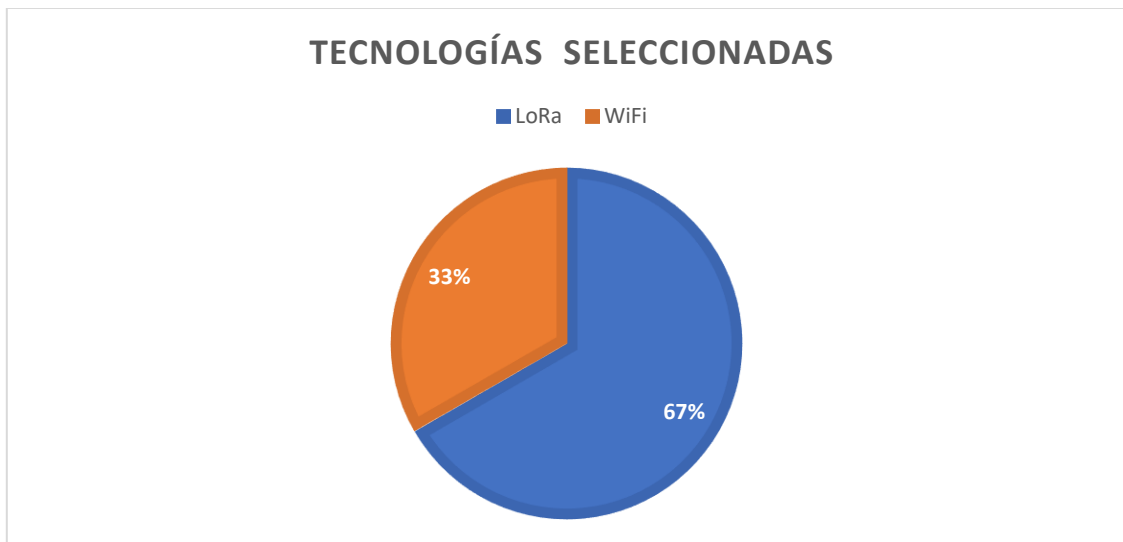


Figura 16. Tecnologías seleccionadas

En esta investigación se utilizó el método de Alfa de Cronbach para demostrar la eficacia y confianza del banco de preguntas de las encuestas realizadas con los moradores de veinte casas inteligentes de la ciudad de Esmeraldas, a manera que se puede observar en la **Tabla 2** las diez preguntas (P) que representan las interrogaciones de la encuesta que se realizó a veinte encuestados (E), donde 1 es muy bueno, 2 es bueno y 3 es malo. Utilizando la fórmula para sacar el Coeficiente de confiabilidad del cuestionario como se muestra en la **Tabla 3**.

Tabla 2. Método de Alfa de Cronbach.

Método Alfa de Cronbach											
	Preguntas										
ENCUESTADOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	SUMA
E1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	12
E2	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	12
E3	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	12
E4	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	12
E5	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	12
E6	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	12
E7	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	12
E8	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	12
E9	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	12
E10	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	12
E11	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	12
E12	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	12
E13	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	14
E14	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	14
E15	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	14
E16	2	1	2	2	1	1	1	2	2	1	15
E17	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1	16
E18	2	1	2	2	1	3	2	1	2	1	17
E19	2	1	2	2	2	3	2	1	2	2	19
E20	3	3	2	2	2	3	2	1	2	2	22
VARIANZA	0,310	0,190	0,240	0,240	0,090	0,510	0,160	0,548	0,240	0,090	
SUMATORIA DE VARIANZAS	2,618										
VARIANZA DE LA SUMA DE LOS ÍTEMS	7,488										

Formula de Alfa de Cronbach:

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

Tabla 3. Coeficiente de confiabilidad del cuestionario.

α :	Coeficiente de confiabilidad del cuestionario	0,68
k:	Número de ítems del instrumento	20
$\sum_{i=1}^k S_i^2$:	Sumatoria de las varianzas de los ítems.	2,618
S_t^2 :	Varianza total del instrumento.	7,488

Obteniendo así una confiabilidad de 0,68 que entra en el rango de “muy confiable”, como se puede observar en la Tabla 4, manifestando que fue un instrumento positivo el que se aplicó para esta investigación.

Tabla 4. Nivel de confiabilidad.

RANGO	CONFIABILIDAD	
0.53 a menos	Confiabilidad nula	
0.54 a 0.59	Confiabilidad baja	
0.60 a 0.65	Confiable	
0.66 a 0.71	Muy confiable	0,68
0.72 a 0.99	Excelente confiabilidad	
1	Confiabilidad perfecta	

Enlace de descarga del documento: <https://20x2.short.gy/0qwsJj>

A continuación, se presenta en el **Tabla 5** un cuadro comparativo donde se puntualizan características de las tecnologías esenciales para el desarrollo de una ciudad inteligente.

Tabla 5. Tecnologías esenciales

Tecnología	Volumen de negocio	Año	Utilización en ciudad inteligente
IoT	330.100 millones	2025	La ejecución de sensores y objetos que rompen un mundo de posibilidades en todos los servicios.
IA	127.000 millones	2025	Implementación de máquinas que suplen procesos humanos.

Blockchain	20 mil millones	2024	La tecnología permite a las ciudades superar los principales desafíos a los que se enfrentan en la actualidad: compromiso, transparencia, sostenibilidad, competencia, corrupción y fraude.
Geoespacial	134,48 mil millones	2025	Permite el acceso y respeto por los entornos urbanos más con el medio ambiente o detectan desastres que afectan al ecosistema.

Posteriormente, se presenta en la **Tabla 6**;Error! No se encuentra el origen de la referencia. un cuadro comparativo donde se detallan las principales características técnicas de las tecnologías inalámbricas. Poseyendo particularidades bastante diferentes entre ellas, cómo se puede observar a continuación:

Tabla 6. Cuadro comparativo de las tecnologías.

Características	Bluetooth	ZigBee	WiFi	Sigfox	LoRa	NB-IoT	LTE	LTE M
Consumo de energía	Bajo	Bajo	Alta	Bajo	Bajo	Moderada	Alta	Moderada
Estándar	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4	IEEE 802.11	La empresa Sigfox está colaborando con el ETSI en la estandarización de red basada en Sigfox (No tiene).	IEEE 802.15g	3GPP	3GPP	3GPP
Tipo de red	WPAN	WPAN	WLAN	LPWAN	LPWAN	LPWAN	WAN	LPWAN
Velocidad de datos	1 Mbps	250 Kbps	100-250 Mbps	600 Bps	27 Kbps	250 Kbps	0.1 – 1 Gbps	1 Mbps
Banda de Frecuencia	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz - 5 GHz	868 MHz - 915 MHz	868 MHz - 915 MHz	Bandas de frecuencia LTE	700–2600 MHz	Bandas de frecuencia LTE
Rango	50 m	100 m	15m - 100 m	10 km - 40 km	5 km - 20 km	20 km	28 km / 10 km	11 km
Inmunidad a interferencias	Baja	Baja	Baja	Baja tolerancia a las interferencias	Alta	Baja	Media	Media

WiFi es la tecnología tradicional de conectividad inalámbrica, posee un alto consumo de energía, pero es ampliamente compatible y tiene una gran cobertura. Bluetooth esta tecnología proporcionan la conexión entre el objeto conectado y el dispositivo móvil. ZigBee tecnologías de corto alcance, que requieren de repetidor o puerta de enlace. SigFox y LoRa son tecnologías nativas de IoT, LoRa a diferencia de SigFox el uso es gratis, flexible, no tiene límite de mensajes diarios, permite redes privadas, su inmunidad a interferencias es muy alta. NB-IoT y LTE-M son tecnologías cuyo despliegue aún está en proceso, necesitando así algún tiempo para el establecimiento de la red, a diferencia de la tecnología LoRa que está madura y tiene comercialización en muchos países, por esto WiFi y LoRa son declaradas las redes más usadas en IoT, moción por lo que se llevó a cabo la simulación de estas tecnologías.

Se obtuvo el hecho de presentar a LoRa como una de las tecnologías más dominantes para una ciudad inteligente, debido a sus especificaciones a larga distancia, un ancho de banda apropiado, un bajo consumo, seguridad integrada y el bajo costo que existe con la ejecución de sus dispositivos siendo así una solución atractiva, factible y adecuada para la implementación en la ciudad.

Posteriormente en la presente investigación se logró como resultado de las tecnologías WiFi y LoRa, por medio del software especializado llamado Cupcarbon, la simulación y el poder apreciar las distancias a las que se pueden trabajar con los nodos insertados en el centro de la ciudad de Esmeraldas, con posibilidades de usar nodos con diferentes módulos de radio y verificar su comportamiento a distintos eventos.

Se puede evidenciar en el mapa satelital la ciudad de Esmeraldas el sector centro de esta para la ejecución de la simulación de la tecnología WiFi y LoRa, se presenta la implementación de cuatro nodos, ubicados en diferentes distancias, con color amarillo que representa el protocolo WiFi como se puede observar en la Figura 17 y con color celeste que representa el protocolo LoRa como se muestra en la Figura 18.

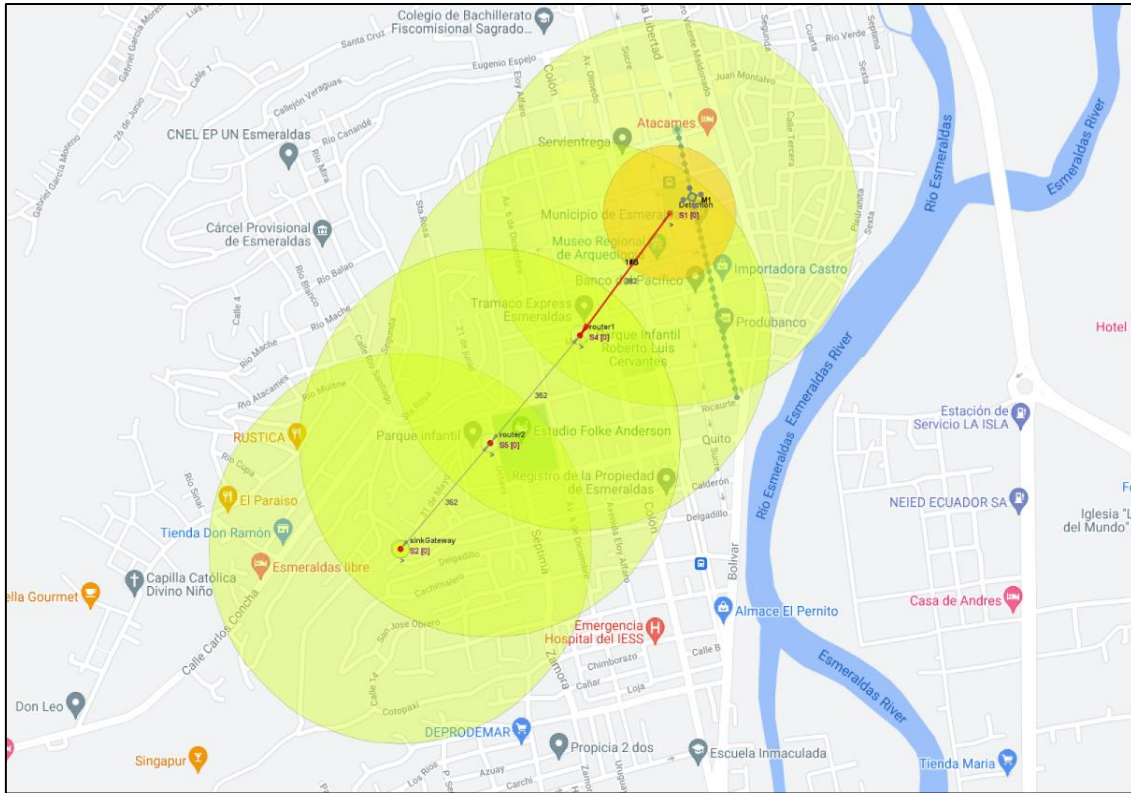


Figura 17. Nodos sensores del protocolo WiFi.

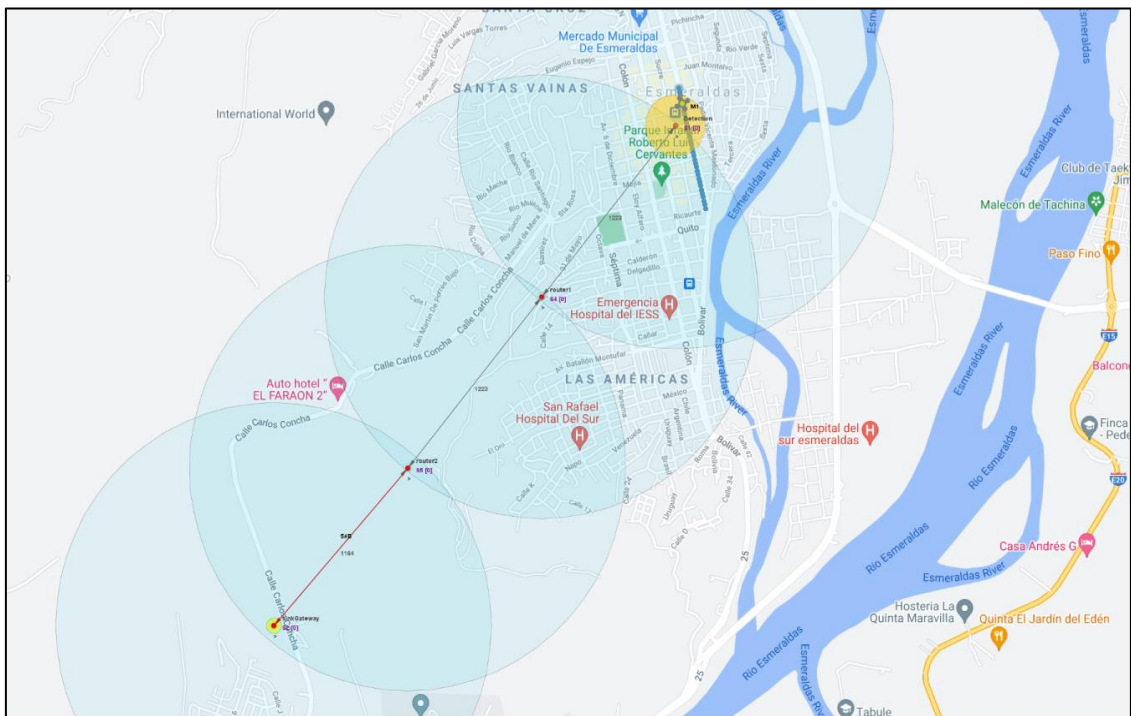


Figura 18. Nodos sensores del protocolo LoRa.

Se obtuvo como coordenadas específicas de la red, las longitudes y latitudes de los cuatros nodos insertados en el área, como se puede observar en la **Tabla 7** del protocolo LoRa y en la **Tabla 8** del protocolo WiFi.

Tabla 7. Longitud y latitud de los nodos sensores del protocolo LoRa.

Protocolo LoRa		
Nodo 1	Longitud	-79.6525955200
	Latitud	0.9664077258734228
Nodo 2	Longitud	-79.65946197509766
	Latitud	0.9578258680081848
Nodo 3	Longitud	-79.66632843017578
	Latitud	0.9492439879530435
Nodo 4	Longitud	-79.6731948852539
	Latitud	0.9413486411875005

Tabla 8. Longitud y latitud de los nodos sensores del protocolo WiFi.

Protocolo WiFi		
Nodo 1	Longitud	-79.65259552001953
	Latitud	0.9664077258734228
Nodo 2	Longitud	-79.65465545654297
	Latitud	0.9636615335720814
Nodo 3	Longitud	-79.6567153930664
	Latitud	0.96125861319484
Nodo 4	Longitud	-79.65877532958984
	Latitud	0.9588556914363723

A continuación, se muestran las distancias máximas entre nodos sensores en el centro de la ciudad, en la **Figura 19** del protocolo WiFi, con la distancia entre el nodo 1 al nodo 2 de 386 [m], del nodo 2 al nodo 3 de 352 [m] y el nodo 3 al nodo 4 de 352 [m].

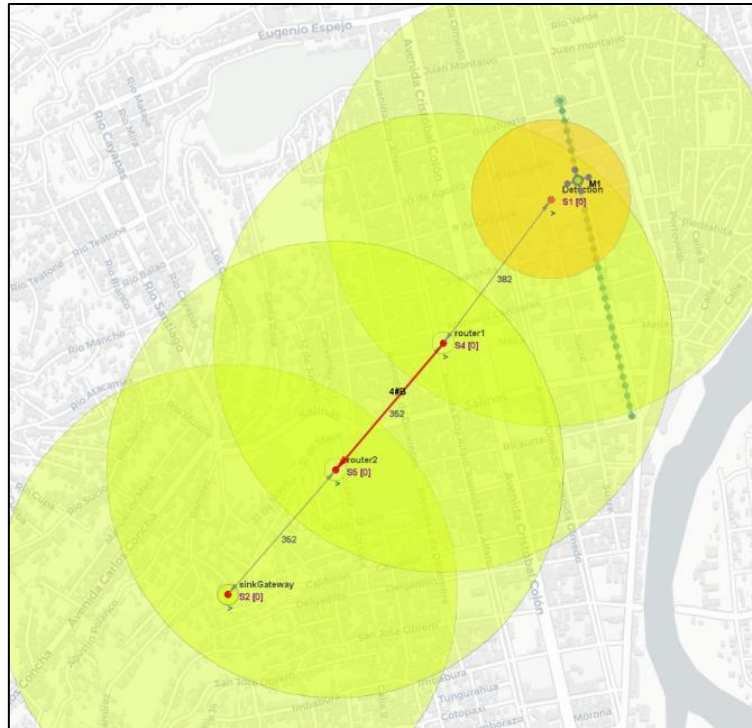


Figura 19. Distancia entre nodos sensores del protocolo WiFi.

En la **Figura 20** del protocolo LoRa, con la distancia entre el nodo 1 al nodo 2 de 1223 [m], del nodo 2 al nodo 3 de 1223 [m] y el nodo 3 al nodo 4 de 1164 [m]. Mostrando así la efectividad del protocolo LoRa a largas distancias.

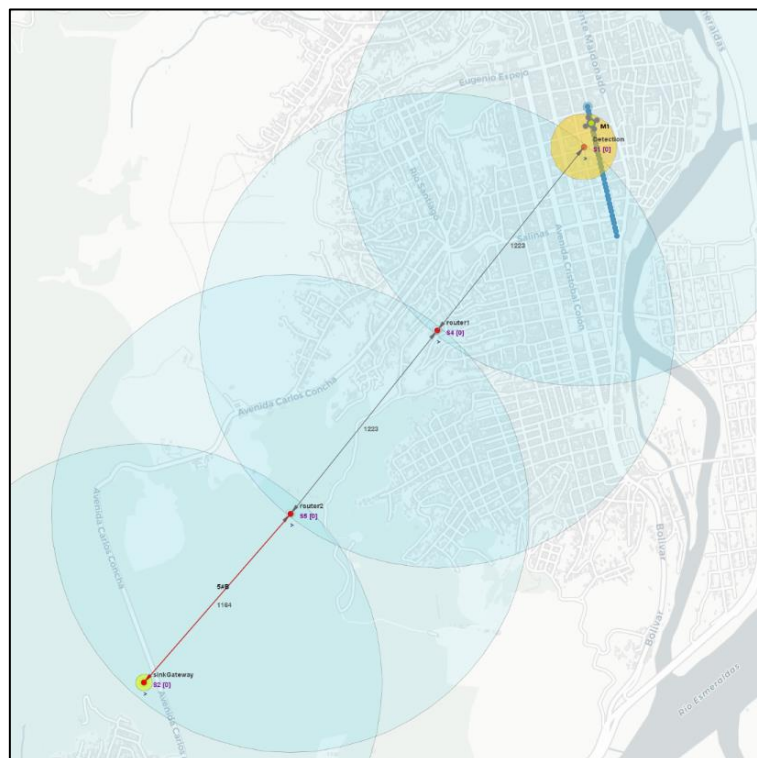


Figura 20. Distancia entre nodos sensores del protocolo LoRa.

Posteriormente se presenta el funcionamiento de los nodos que si existe una trasmisión de paquetes y así distinguir que las diferentes distancias entre nodo sensores son las adecuadas. Comprobando con la implementación de un móvil, el cual se usa para representar la simulación de un teléfono móvil.

El objeto cambia de color dependiendo de su estado mientras está corriendo la simulación y está en movimiento será de color verde como se puede observar en la Figura 21, caso contrario su centro será de color naranja como se puede observar en la Figura 22.



Figura 21. Móvil encendido.



Figura 22. Móvil apagado.

A continuación, se presenta la ruta con el marcador para que esta sea seguida por el teléfono móvil como se muestra en la Figura 23, y que al ser detectado por el radio del sensor como se puede observar en la Figura 24 se encienda y envíe datos.

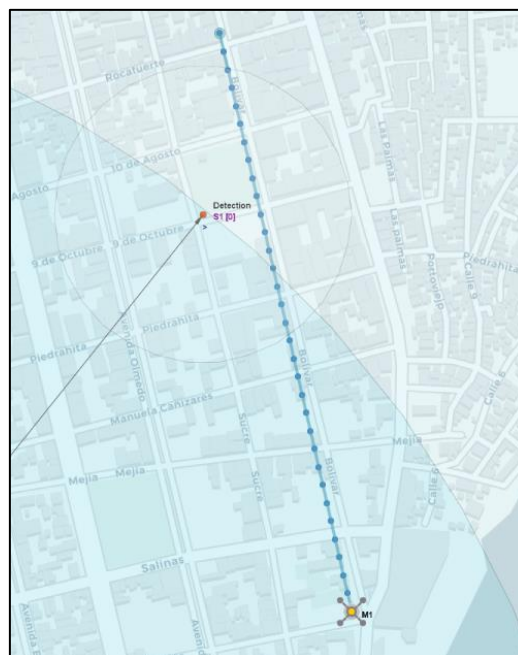


Figura 23. Ruta del radio móvil.

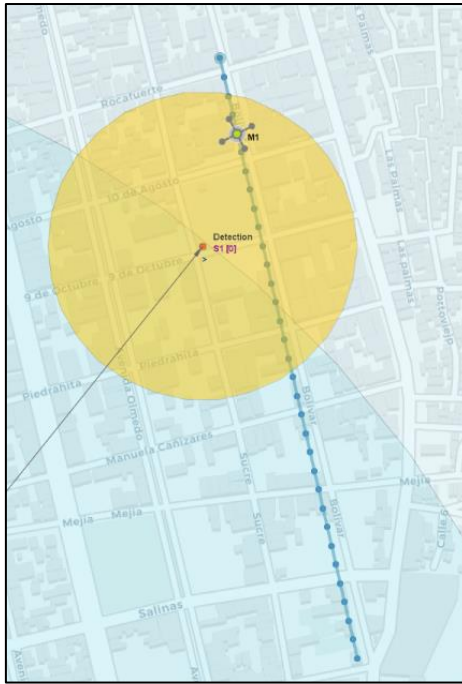


Figura 24. Detección del teléfono móvil con el radio del sensor.

Se puede evidenciar donde cada nodo sensor atiende y se enciende su led cuando se trasmite los paquetes solicitados, haciéndose visible como se puede observar en la Figura 25, con la finalidad de minimizar el consumo de su batería y así extender su utilidad de vida.

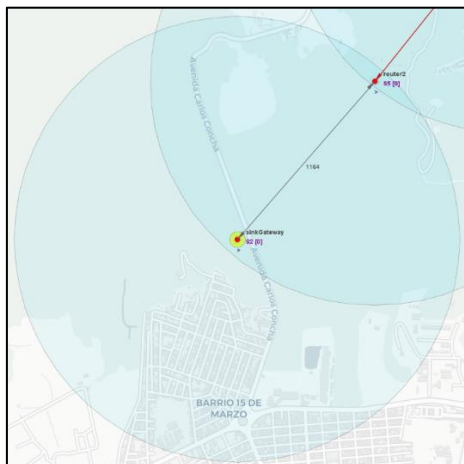


Figura 25. Nodo con su led encendido.

Consecutivamente se puede observar en la parte izquierda del simulador de CupCarbon el consumo de recepción y de transmisión de mensajes de los nodos de red S1, S2, S3 y S4 del protocolo LoRa como se puede observar con 100 s en la Figura 26, con 200 s en la Figura 27, con 500 s en la Figura 28.

Del protocolo WiFi con 100 s en la Figura 29, con 200 s en la Figura 30, con 500 s en la Figura 31.

LoRa

```
Time: 100,0354 s      PETROECUADOR  
                     ESMERALDAS  
Number of SENT messages:303.0 [909.0]  
Number of RECEIVED messages:302.0 [906.0]
```

Figura 26.Consumo de recepción y de transmisión de mensajes del protocolo LoRa con 100 s

```
Time: 200,0354 s      PETROECUADOR  
                     ESMERALDAS  
Number of SENT messages:603.0 [1809.0]  
Number of RECEIVED messages:602.0 [1806.0]
```

Figura 27.Consumo de recepción y de transmisión de mensajes del protocolo LoRa con 200 s

```
Time: 501,0247 s      PETROECUADOR  
                     ESMERALDAS  
Number of SENT messages:1505.0 [4515.0]  
Number of RECEIVED messages:1504.0 [4512.0]
```

Figura 28.Consumo de recepción y de transmisión de mensajes del protocolo LoRa con 500 s

WiFi

```
Time: 100,2320 s      Vargas  
                     Vargas  
Number of SENT messages:303.0 [909.0]  
Number of RECEIVED messages:302.0 [906.0]
```

Figura 29.Consumo de recepción y de transmisión de mensajes del protocolo WiFi con 100 s

```
Time: 200,1558 s      Vargas  
                     Vargas  
Number of SENT messages:602.0 [1806.0]  
Number of RECEIVED messages:601.0 [1803.0]
```

Figura 30. Consumo de recepción y de transmisión de mensajes del protocolo WiFi con 200 s

```
Time: 500,2320 s      Vargas  
                     Vargas  
Number of SENT messages:1503.0 [4509.0]  
Number of RECEIVED messages:1502.0 [4506.0]
```

Figura 31. Consumo de recepción y de transmisión de mensajes del protocolo WiFi con 500 s

En la siguiente tabla se presenta el total de mensajes enviados y recibidos con el protocolo LoRa como se puede observar en la Tabla 9 y con el protocolo WiFi en la Tabla 10.

Tabla 9. Mensajes enviados, recibidos y su total con el protocolo LoRa.

Protocolo LoRa			
Tiempo de ejecución[s]	Número de mensajes enviados	Número de mensajes recibidos	Total de mensajes enviados + recibidos.
100	303	302	605
200	603	602	1205
500	1505	1504	3009

Tabla 10. Mensajes enviados, recibidos y su total con el protocolo WiFi

Protocolo WiFi			
Tiempo de ejecución[s]	Número de mensajes enviados	Número de mensajes recibidos	Total de mensajes enviados + recibidos.
100	303	302	605
200	602	601	1202
500	1503	1502	3005

Por último, como resultado de la simulación por medio de este software se pudo evidenciar que el protocolo LoRa tiene mayor largo alcance de distancia que el protocolo WiFi. Como se puede observar en la Figura 32 de la tecnología WiFi y la Figura 33 de la tecnología Lora de la imagen de google mapa satelital de la ciudad. Manifestando así en las siguientes imágenes la realidad de los protocolos en el centro de la ciudad de Esmeraldas, y la efectividad del protocolo LoRa a largas distancias y mayor alcance para la transmisión de paquetes.

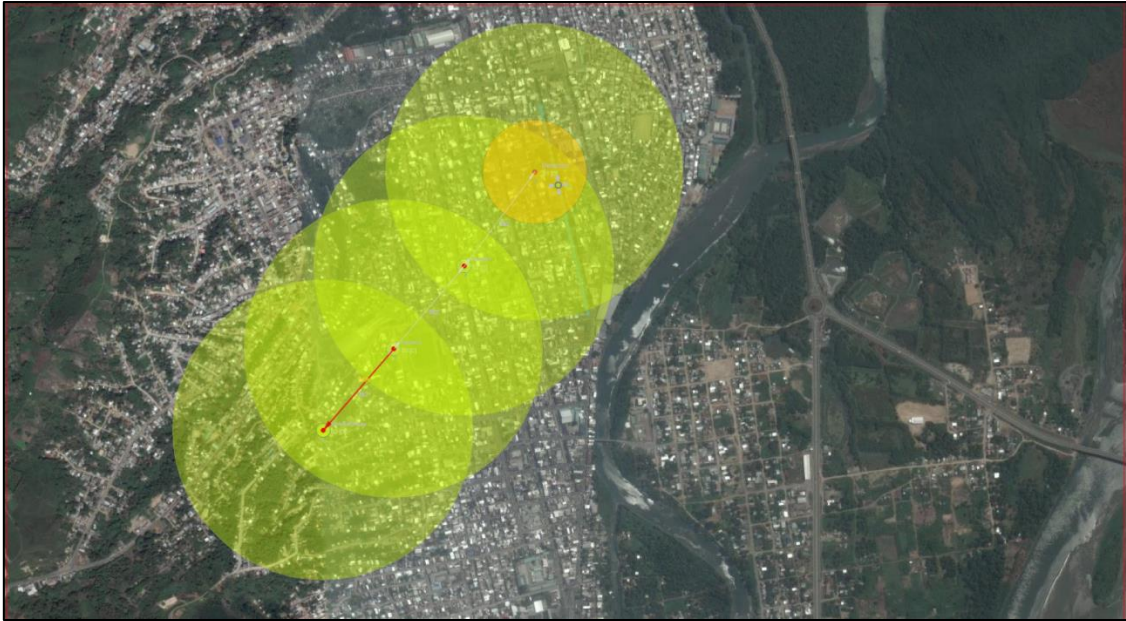


Figura 32. Protocolo WiFi en Google mapas satelital de la ciudad de Esmeraldas.

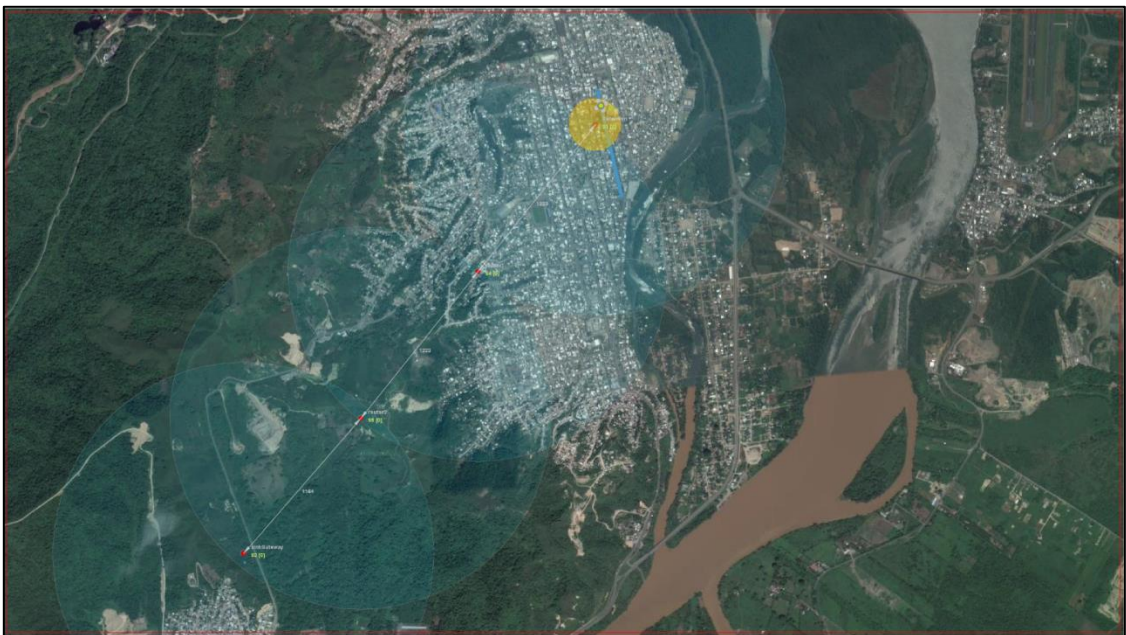


Figura 33. Protocolo LoRa en Google mapas satelital de la ciudad de Esmeraldas.

En el mapa de la **Figura 34** se presentan los gateways que hay instalados en el país de Ecuador conectados a la red TTN empleando la tecnología LoRaWAN.

TTN se trata de una red de comunidades que construye una red global a través de la tecnología LoRaWAN con el objetivo de simplificar el uso de las tecnologías tales como 3G, Bluetooth y WiFi. Cada gateway tiene un gran rango de cobertura de al menos

15 km en zonas urbanas, la cantidad de información que recibe es baja pero suficiente para su propósito, posee bajo consumo y sin costos de suscripción.

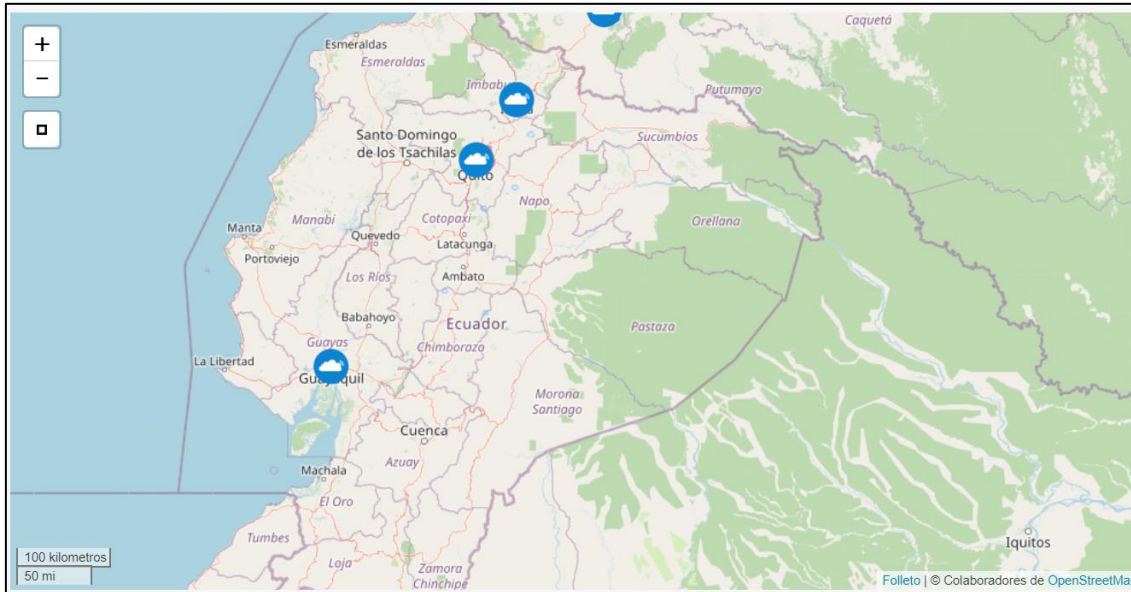


Figura 34. Red TTN de tecnología LoRaWan.

En las **Figura 35** y **Figura 36** se presentan los gateways que hay instalados en la ciudad de Guayaquil y Quito de Ecuador conectados a la red TTN empleando la tecnología LoRaWAN.

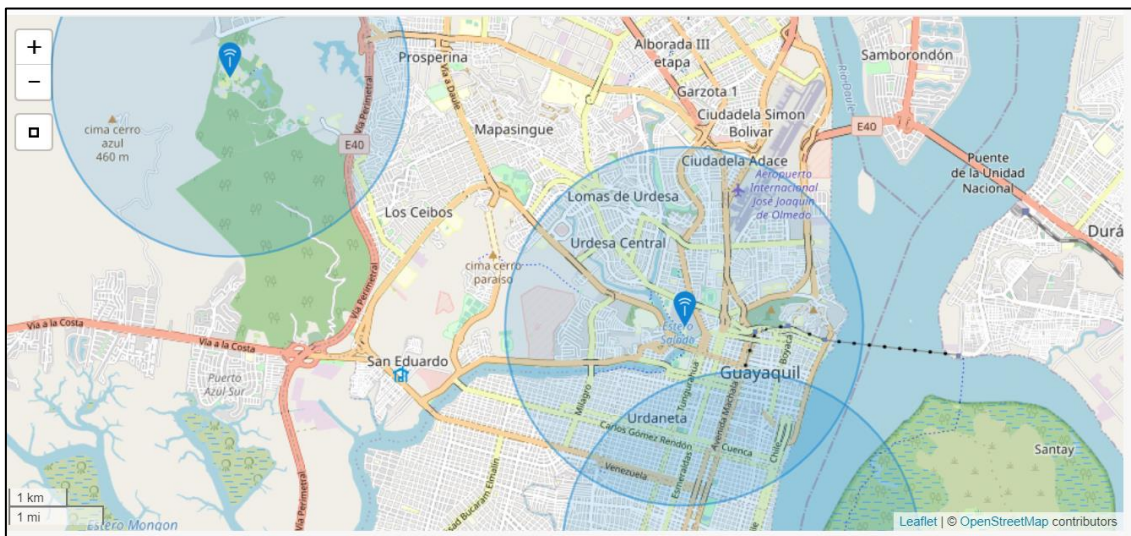


Figura 35. Red TTN de tecnología LoRaWan en la ciudad de Guayaquil.

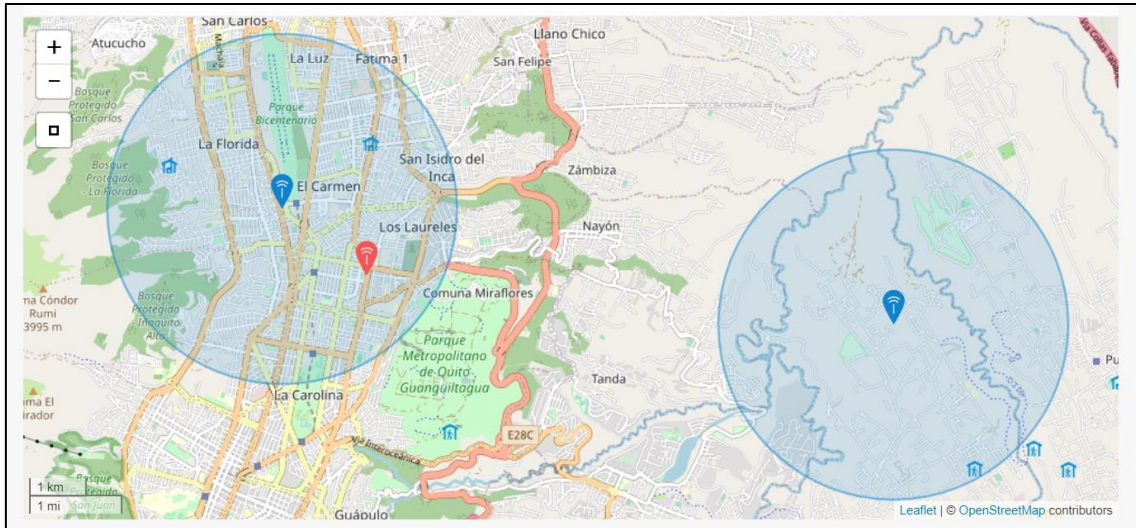


Figura 36. Red TTN de tecnología LoRaWan en la ciudad de Quito.

En la **Figura 37** se puede observar a la ciudad de Ibarra que está en proceso de construcción de la red, está próxima a formar parte de esta red global.

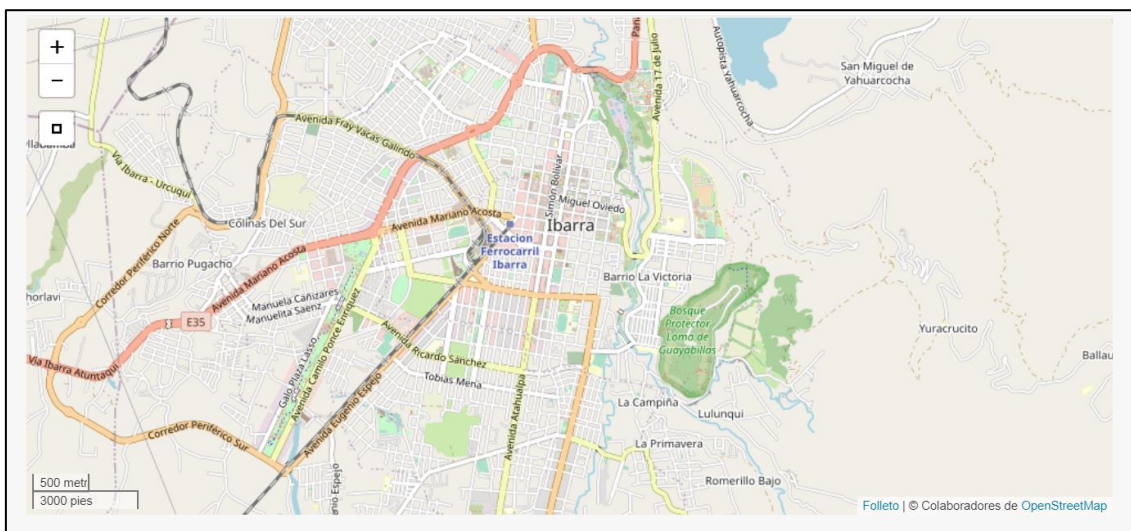


Figura 37. Próxima Red TTN de tecnología LoRaWan en la ciudad de Ibarra.

Ventajas de la implementación del protocolo LoRa.

- La investigación de este proyecto lleva que una de las ventajas principales de la implementación de esta tecnología inalámbrica es a un bajo costo, ya que posee una satisfactoria instalación en lugares de difícil alcance, permite la ejecución de actualización de software de forma remota ayudando así a la reducción del coste en cuanto a mantenimiento y tiempo del técnico. Determinando también que el

bajo costo de los dispositivos forma una solución interesante e implementable en la ciudad.

- Otra de las principales ventajas que ofrece la implementación de esta tecnología inalámbrica a la ciudad es la capacidad de conectividad inalámbrica de gran largo alcance, ya que al utilizar una frecuencia de radio más baja que la tecnología de WiFi esta permite que la distancia de transmisión de datos aumente, pues un rango de cobertura de la comunicación capaz de superar alrededor de los 5km a 20 km en espacios abierto, teniendo también como destacar su gran alta tolerancia a las interferencias en exteriores.
- También otra de las ventajas que se pueden destacar en la investigación sobre la implementación de esta tecnología que sus dispositivos tienen un bajo consumo energético, esto se debe a que la cantidad de datos que transporta no es muy grande. Donde su batería puede tener un lapso de vida de hasta 10 años.
- Permite la ejecución de sistemas de control y monitoreo inalámbrico de temperatura, humedad, flujo de agua, seguridad, iluminación y temperatura del alumbrado público. Teniendo como beneficio el poder del manejo de reducción del consumo de energía, controlar el comportamiento de cada una de las luces implementadas de forma independiente ajustando así el nivel de brillo dependiendo la ocasión y momento del día, que traerá como ventaja un muy bajo consumo de energía y un largo alcance.

Desventaja de la implementación del protocolo LoRa.

- La desventaja de la tecnología LoRa es que posee una arquitectura de red que consiste en una topología tipo estrella, con una o más pasarelas que realizan mensajes de nodo de cliente en la dirección de un servidor de red central, teniendo como pérdida que el fallo de un dispositivo provoca una interrupción de la red y de la transferencia de datos.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

En el primer estudio de investigación propuesto por Fernández [6], se planteó la creación, funcionamiento, ventajas de las ciudades inteligentes, y el uso de las tecnologías que hoy en día es vital para la gestión de los procesos y administración de la ciudad. Al igual que en esta investigación llevada a cabo se demostró que una ciudad inteligente es reconocida como un espacio con capacidad de creatividad e innovación, con una buena infraestructura digital y tecnologías de comunicación, donde consiguen establecerse como inteligentes al existir la contribución ciudadana y del gobierno.

A continuación, en un segundo estudio realizado por Salazar y Silvestre [18], muestra la introducción a la IoT, las aplicaciones y servicios que se pueden adaptar a muchos campos en la actividad diaria del ciudadano, Al igual que en el caso de estudio planteado en esta investigación, se buscó dar a conocer cuáles son estas tecnologías que permiten el desplazamiento de servicios y facilitan la gestión de procesos para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

En un tercer estudio realizado por Medina, Romero, De Giusti y Tinetti [26], en este estudio se hace la comparación de estas diferentes tecnologías: WiFi y LoRa, redes inalámbricas de comunicación que están dentro de las designadas WPAN (Wireless Personal Area network) Red de área personal inalámbrica y las LPWAN (Low Power Wide Area Network) Red de área amplia de bajo consumo, redes que permiten a dispositivos inteligentes la transmisión de datos. Al igual que en el caso de estudio de esta investigación principalmente se buscó como resultado el análisis de las principales características y cuál posee mayores beneficios de estas dos tecnologías WiFi y LoRa, cada una de estas tecnologías inalámbricas se utilizó debido a sus características de rango y ancho de banda. Los puntos principales de estudio fueron la distancia y consumo de energía, para la implementación de tecnología IoT y el desplazamiento de servicios de una ciudad inteligente.

Como cuarto y último estudio realizado por Cárdenas, González y Retamal [36], se realizó un estudio sobre la definición, estructura, funcionamiento e implementación del protocolo LoRa para poder ser efectuada en ciudades inteligentes como solución debido a su baja potencia, muy largo alcance y que manifiesta ser una tecnología fuerte para el desplazamiento de tecnologías IoT, también muestra el desempeño y la distancia de implementación de los nodos de una ciudad de los protocolos WiFi y LoRa por medio

de una simulación en el software CupCarbon especializado en estos protocolos. Al igual que en esta investigación llevada a cabo se quiere dar a conocer los beneficios de la tecnología LoRa para su implementación, con el propósito de mejorar los servicios y la calidad de vida de los ciudadanos. Consecutivamente en la presente investigación se alcanzó como resultado de las tecnologías WiFi y LoRa, por medio del software técnico llamado CupCarbon, la simulación y el poder apreciar las distancias a las que se pueden trabajar con los nodos implantados en el centro de la ciudad de Esmeraldas, con posibilidades de comprobar su comportamiento a distintos eventos.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

La investigación durante este trabajo de exploración permite alcanzar a las siguientes conclusiones:

- Se concluye que el objetivo primordial de esta investigación científica es de cuál de las tecnologías analizadas es la más apropiada y ventajosa para poder establecer una ciudad inteligente, cuáles son los beneficios que esta traería en las aplicaciones y servicios en la ciudad de Esmeraldas, mejorando así la calidad de vida de los ciudadanos.
- Para el desarrollo de esta investigación se realizó la comparación de características técnicas de las de tecnologías inalámbricas IoT, llegando a la conclusión de la selección de dos de sus tecnologías, WiFi y LoRa para su simulación y posteriormente al cierre de que la tecnología LoRa es una de las tecnologías más dominantes para una ciudad inteligente, debido a sus especificaciones siendo así una solución atrayente, factible y adecuada para su implementación.
- Con la investigación se obtuvo la simulación de los dos protocolos por medio del software experimentado llamado CupCarbon, y las distancias de longitud y latitud a las que se pueden trabajar con los cuatros nodos implantados en el centro de nuestra ciudad, presentando los nodos con el color amarillo que representa al protocolo WiFi y los nodos de color celeste que representan al protocolo LoRa. Llegando a la terminación que la tecnología LoRa es más adecuada que la tecnología WiFi para una ciudad inteligente debido a que el protocolo LoRa tiene un bajo consumo esto se debe a que la cantidad de datos que transporta no es muy grande y esto equivale a que sea una red de bajo consumo energético. También debido a sus especificaciones de largo alcance, un ancho de banda apropiado, seguridad integrada y el bajo costo que existe con el mantenimiento de sus dispositivos, siendo así dominante para una ciudad inteligente, una solución atrayente, factible y adecuada para la implementación en la ciudad de Esmeraldas.
- De acuerdo con la investigación se concluyó que el uso de la tecnología LoRa es la más adecuada debido a que traería muchos beneficios, LoRa es gratuito, flexible, no posee un límite de mensajes cotidianos, admite redes privadas y su inmunidad a las interferencias es muy alta. Las tecnologías NBIoT y LTEM son muy buenas, pero todavía están en proceso de construir la red, a oposición de la tecnología LoRa, que está madura y se distribuye en varios países. Por este motivo LoRa está señalada

como una de las redes más utilizadas en IoT, por lo que llevó a cabo la simulación de esta tecnología por medio de CupCarbon y declarada como la más adecuada para su implementación en la ciudad y desplazamiento de tecnología IoT.

RECOMENDACIONES.

Las ciudades logran establecerse como inteligentes si cuentan con capital humano y social, su crecimiento se ajusta a la teoría de desarrollo sostenible, de la misma forma, la contribución ciudadana en su régimen de gobierno debe aportar en el progreso de la calidad de vida. Se recomienda desarrollar un plan de acción donde indique costos y así poder identificar fuentes de financiamiento para su implementación de esta tecnología en los servicios públicos, dar a conocer este plan de acción a asociaciones en el gobierno, empresas privadas e instituciones públicas para apoyar las acciones proyectadas.

Fomentar el conocimiento de estas tecnologías IoT con futuras investigaciones debido a que serán tecnologías implementadas en un largo plazo que cuyo despliegue aún está en proceso, necesitando así algún tiempo para el establecimiento de la red, pero que traen consigo múltiples cantidades de ventajas para la sociedad a futuro.

Realizar futuras investigaciones de identificación de problemas, de cómo se puede implementar esta tecnología en lugares estratégicos para soluciones tecnológicas de la ciudad de Esmeraldas, de cómo el concepto novedoso de ciudad inteligente puede aumentar en contribuir con la creatividad e innovación con objetivos claros de lo que se desea alcanzar para así poder intensificar la calidad de vida de la comunidad.

Finalmente, ejecutar futuros estudios que fomente dar a conocer este concepto de ciudad inteligente, debido que en la actualidad ha tenido una gran acogida alrededor del mundo, provocando en otras ciudades a efectuar actividades de investigación y desarrollo al respecto.

REFERENCIAS

- [1] A. Isabel and O. Carrascal, “Revista Politécnica,” *Revista Politécnica*, vol. 46, no. 1, pp. 111–120, 2020, doi: 10.33333/rp.vol46n1.
- [2] G. P. M. Góngora, “Revisión de literatura sobre ciudades inteligentes: una perspectiva centrada en las TIC,” *Ingeniare*, vol. 19, no. 19, pp. 137–149, 2016.
- [3] E. C. Estévez and T. Janowski, “Gobierno digital, ciudadanos y ciudades inteligentes,” *Bit Byte*, vol. 2, no. 3, pp. 11–13, 2016.
- [4] J. I. Belbis, “Datos abiertos y ciudades inteligentes en América Latina. Estudio de casos,” *Com. Económica para América Lat. y el Caribe*, 2014.
- [5] C. R. Molina-quinteros, “Cristian R. Molina-Quinteros,” vol. 6, pp. 23–47, 2020.
- [6] D. S. Fernández, “Factores de desarrollo de las ciudades inteligentes,” *Rev. Univ. Geogr.*, vol. 26, no. 1, 2017.
- [7] H. R. Bone Guano, “El Pensar-Se De La Población Negra Y El Problema Del Agua En Esmeraldas-Ecuador,” *Antropol. Exp.*, no. 19, pp. 173–180, 2019, doi: 10.17561/rae.v19.16.
- [8] C. Rodríguez-Porrero. and S. G. G. C, “Ciudades amigables con la edad, accesibles e inteligentes,” *Gob. España*, 2014.
- [9] E. Ontiveros, D. Vizcaíno, and V. López Sabater, *Las ciudades del futuro: inteligentes, digitales y sostenible*. 2017.
- [10] M. Copaja-Alegre and C. Esponda-Alva, “Tecnología e innovación hacia la ciudad inteligente. Avances, perspectivas y desafíos,” *Bitácora Urbano Territ.*, vol. 29, no. 2, pp. 59–70, 2019, doi: 10.15446/bitacora.v29n2.68333.
- [11] A. Jaime and C. Valcarce, “Los servicios de una ciudad inteligente : Smart cities,” 2020.
- [12] P. Johana, L. García, and K. V. Santos, “Ciudades inteligentes : ¿ materialización de la sostenibilidad o estrategia económica del modelo neoliberal ? i Smart Cities : Are They the Materialization of Sustainability or an Economic Strategy of the Neoliberal Model ?,” vol. 18, no. 2, pp. 479–495, 2018.
- [13] E. Toch and E. Feder, “Estudios de casos internacionales de ciudades inteligentes: Tel Aviv, Israel,” *Bid*, p. 56, 2016.
- [14] P.-S. . Salazar Peralta, “La energía solar, una alternativa para la generación de energías renovables,” vol. 2, no. 511, pp. 11–20, 2016.
- [15] J. C. Cardona Gomez and D. M. H. Porras, “Diseño e implementación de una aplicación electrónica para el ahorro de energía eléctrica en una vivienda del sector rural utilizando una energía alternativa,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 2, pp. 1689–1699, 2013.
- [16] F. Malik and M. A. Shah, “Ciudad inteligente: Una hoja de ruta hacia la implantación,” *ICAC 2017 - 2017 23rd IEEE Int. Conf. Autom. Comput. Addressing Glob. Challenges through Autom. Comput.*, no. September, pp. 7–8, 2017, doi: 10.23919/IConAC.2017.8082059.

- [17] C. Reina, “Adaptación de modelos de ciudades sostenibles e inteligentes para Santiago de Cali,” pp. 1–16, 2019.
- [18] J. Salazar and S. Silvestre, “Internet de las cosas (IoT) - Cisco,” *Cisco*, p. 3, 2017.
- [19] O. P. III. И. В. И. О.В.Ковалишина, “Propuesta de un marco general para el despliegue de ciudades inteligentes apoyado en el desarrollo de IoT en Colombia,” *Вестник Росздравнадзора*, vol. 4, pp. 9–15, 2017.
- [20] *Acta del Congreso virtual Desarrollo Sustentable y Desafíos Ambientales: “Pensando alternativas para el abordaje ambiental.”* .
- [21] L. G. Anthopoulos, *La ciudad inteligente en la práctica*, vol. 22. 2017.
- [22] E. S. Han and A. goleman, daniel; boyatzis, Richard; Mckee, “濟無No Title No Title,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [23] M. D. E. Graduaci, “Universidad de Guayaquil,” 2016.
- [24] L. M. Muentes, “REDES INALÁMBRICAS DE AREA PERSONAL (WPAN) 2.1 Introducción a las WPAN,” pp. 31–62, 2018.
- [25] Y. B. Soemari *et al.*, “METODOLOGÍA PARA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS LPWAN PARA DIVERSAS APLICACIONES DE INTERNET DE LAS COSAS,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 2, no. 1, pp. 5–7, 2020, [Online]. Available: <http://jurnal.globalhealthsciencegroup.com/index.php/JPPP/article/download/83/65%0Ahttp://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L603546864%5Cnhttp://dx.doi.org/10.1155/2015/420723%0Ahttp://link.springer.com/10.1007/978-3-319-76>.
- [26] M. Santiago, R. Fernando, D. G. Armando, and T. F. G, “Análisis para Despliegue de una Red de Sensores Heterogénea,” pp. 787–796, 2018.
- [27] “Capítulo 1. Introducción a las redes WAN - PDF Descargar libre.pdf.” .
- [28] S. Pérez, “El sistema de comunicaciones móviles de la próxima generación 5G y su caso de uso IoT,” *Univ. Oberta Cataluyna*, 2019, [Online]. Available: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/90205/6/supermantillaTFM0119memoria.pdf>.
- [29] R. S. Bansode *et al.*, “ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LORAWAN Y LTE EN UN ESCENARIO DE RED PARA LA INTERNET DE LAS COSAS USANDO EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN NS3,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 2, no. January, p. 6, 2018, [Online]. Available: <http://ieeauthorcenter.ieee.org/wp-content/uploads/IEEE-Reference-Guide.pdf%0Ahttp://www.lib.murdoch.edu.au/find/citation/ieee.html%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.022%0Ahttps://github.com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper%0Ahttps://tore.tuhh.de/hand>.
- [30] M. Angel, M. Latorre, L. Marcela, B. Márquez, and J. Hernández-gutiérrez, “Redes LoRaWAN. Revisión de componentes funcionales en aplicaciones IoT.”
- [31] ““Tecnologías emergentes LPWAN para entornos Entornos inteligentes: Una perspectiva,”” pp. 24–29, 2019.

- [32] N. Naik, "Tecnologías LPWAN para sistemas iot: elección entre banda ultraestrecia y espectro ensanchado," *4th IEEE Int. Symp. Syst. Eng. ISSE 2018 - Proc.*, 2018, doi: 10.1109/SysEng.2018.8544414.
- [33] A. R. Martínez, "CONTENEDORES DE BASURA INTELIGENTES EMPLEANDO LA RED LoRaWAN," *Espe*, p. 132, 2014.
- [34] A. Pinto, "Universidad técnica del norte instituto de postgrado maestría en tecnología e innovación educativa," pp. 1–3, 2019.
- [35] A. P. Mart, M. S. Pay, D. Todoli, F. Trabajo, and U. Polit, "Estudio experimental de tecnologías LPWAN en entornos industriales Agradecimientos," 2020.
- [36] M. Cárdenas, D. Gonzáles, and C. Retamal, "Protocolo LoRa para implementación IoT en smart cities.," *Redes Comput.*, pp. 1–5, 2018.
- [37] F. Bonafini *et al.*, "Evaluación de los servicios de localización en interiores y exteriores para LoRaWAN en aplicaciones de ciudades inteligentes," *2019 IEEE Int. Work. Metrol. Ind. 4.0 IoT, MetroInd 4.0 IoT 2019 - Proc.*, pp. 300–305, 2019, doi: 10.1109/METROI4.2019.8792901.
- [38] A. Khalifeh, K. A. Aldahdouh, K. A. Darabkh, and W. Al-Sit, "Un estudio de las tecnologías inalámbricas emergentes 5G con LoRaWAN, Sigfox, NB-IoT y LTE-M," *2019 Int. Conf. Wirel. Commun. Signal Process. Networking, WiSPNET 2019*, pp. 561–566, 2019, doi: 10.1109/WiSPNET45539.2019.9032817.
- [39] L. Rouhiainen, "Inteligencia artificial 101."
- [40] Concepción Moreno Alonso, "Desarrollo de un modelo de evaluación de ciudades basadas en el concepto de ciudad inteligente (Smart city) | Papel | Microsoft Academic," p. 431, 2016.
- [41] T. Ahram, A. Sargolzaei, S. Sargolzaei, J. Daniels, and B. Amaba, "Innovaciones de la tecnología Blockchain," *2017 IEEE Technol. Eng. Manag. Soc. Conf. TEMSCON 2017*, no. 2016, pp. 137–141, 2017, doi: 10.1109/TEMSCON.2017.7998367.
- [42] M. DI Pierro, "¿Qué es la cadena de bloques?," *Comput. Sci. Eng.*, vol. 19, no. 5, pp. 92–95, 2017, doi: 10.1109/MCSE.2017.3421554.
- [43] "Universidad de la República Tecnologías Geoespaciales en Plataformas de Smart Cities," 2021.
- [44] A. Jiménez Gutiérrez, J. Pérez Peña, and J. Carrillo Rosúa, "Integración de las Tecnologías Geoespaciales como herramientas docentes de Ciencias de la Tierra para Educación Secundaria," *Enseñanza las ciencias la tierra Rev. la Asoc. Española para la Enseñanza las Ciencias la Tierra*, vol. 22, no. 3, pp. 239–250, 2014.
- [45] S. Trilles, C. Granell, A. Degbelo, and D. Bhattacharya, "Open City Toolkit: el papel de la ciencia geoespacial en la creación de ciudades abiertas y participativas Open City Toolkit: el papel de la ciencia geoespacial en la creación de ciudades abiertas y participativas," vol. 26, no. 4, pp. 42–50, 2017.
- [46] Propiedad Intelectual Registro Oficial No 320, "Registro Oficial No 320 Ley de Propiedad Intelectual," 2015, no. 320, p. 92, 2015.

- [47] A. Nacional, “Ley Organica de Educacion,” *Boletín Of. del Estado*, vol. 106, pp. 17158–17207, 2018.
- [48] Constitución, “Constitución del Ecuador,” *Regist. Of.*, no. 20 de Octubre, p. 173, 2008.
- [49] I. M. Auxiliadora and G. Bejarano, “La investigación cualitativa Qualitative research,” *INNOVA Res. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–9, 2016, [Online]. Available: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3645/3/document.pdf>.
- [50] J. Padua, I. Ahman, H. Apezechea, C. Borsotti, and J. Padua, *Análisis De Datos*: 2018.

ANEXOS

Anexo 1

Encuestas

1. ¿Ha escuchado el término ciudad inteligente? *

Sí.

Creo que sí.

No.

2. ¿Con qué relaciona el término ciudad inteligente? *

Tecnologías de la información y la comunicación.

Educación inteligente.

Ninguna de las anteriores.

3. ¿Sabe qué es una ciudad inteligente? *

Si.

Creo que sí.

No.

4. ¿Qué comprende usted por ciudad inteligente? *

Una zona de innovación, investigación y desarrollo, a través del manejo de las TIC.

Una ciudad tecnológica.

Una conectividad a través de WiFi.

5. ¿Cree usted que el uso de las nuevas tecnologías hace que la ciudad sea más eficiente y mejora la calidad de vida de los ciudadanos? *

Sí.

Si, pero muy poco.

No, las complican.

6. Según su criterio, ¿Ser una ciudad inteligente sirve de ayuda para? *

Mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

Cuidar el medio ambiente.

Impulsar la economía de los ciudadanos.

7. Según su opinión, ¿Cómo mejorará la tecnología de ciudades inteligentes en la vida de las personas? *

La ciudad se vuelve más eficiente.

Permite ahorrar tiempo en diligencias.

Permite más actividad turística.

8. Según su opinión, ¿En qué nivel de inteligencia respecto a ciudad inteligente consideraría a la provincia de Esmeraldas? *

Inteligente

Normal

Poco inteligente

9. Según su opinión, ¿Qué cambio urbano mejoraría la calidad de vida de los ciudadanos de la provincia de Esmeraldas? *

El aumento de la seguridad a través de videovigilancia.

La rapidez de los servicios de emergencia.

Ninguna de la anteriores.

10. ¿Piensa usted que se debería de llevar a cabo la implementación de tecnologías para convertir a la provincia de Esmeraldas en una ciudad inteligente? *

Sí

Tal vez

No