



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

**CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN (SISTEMAS E INFORMÁTICA)**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ALERTAS PARA
URGENCIAS MÉDICAS DE LOCALIZACIÓN INDOOR EN
COMUNIDADES UNIVERSITARIAS, MEDIANTE EL USO DE
SMARTPHONES Y TECNOLOGÍA BEACON.**

AUTOR: GALARZA AGUAL, DANIEL ALEJANDRO

DIRECTOR: ING. CORAL CORAL, HENRY RAMIRO

SANGOLQUÍ

2019



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ALERTAS PARA URGENCIAS MÉDICAS DE LOCALIZACIÓN INDOOR EN COMUNIDADES UNIVERSITARIAS, MEDIANTE EL USO DE SMARTPHONES Y TECNOLOGÍA BEACON”*** fue realizado por el señor ***Galarza Agual, Daniel Alejandro*** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustenten públicamente.

Sangolquí, 24 de Enero del 2019

Firma:

Ing. Henry Ramiro Coral Coral

C. C 1714864830



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Galarza Agual, Daniel Alejandro* declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: “**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ALERTAS PARA URGENCIAS MÉDICAS DE LOCALIZACIÓN INDOOR EN COMUNIDADES UNIVERSITARIAS, MEDIANTE EL USO DE SMARTPHONES Y TECNOLOGÍA BEACON**” es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 24 de Enero del 2019

Firma:

Daniel Alejandro Galarza Agual

C. C 1726604729



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Galarza Agual, Daniel Alejandro** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ALERTAS PARA URGENCIAS MÉDICAS DE LOCALIZACIÓN INDOOR EN COMUNIDADES UNIVERSITARIAS, MEDIANTE EL USO DE SMARTPHONES Y TECNOLOGÍA BEACON**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 24 de Enero del 2019

Firma:

Daniel Alejandro Galarza Agual

C. C 1726604729

DEDICATORIA

A mis padres que siempre me han brindado su apoyo y supieron guiarme por el buen camino; y a mis hermanos que son seres muy importantes en mi vida.

A todas las personas que me brindaron su confianza, apoyo y dedicación; generando sugerencias, regaños y nuevas perspectivas para la culminación de este proyecto.

AGRADECIMIENTO

A la bondad inmerecida del único Dios verdadero, cuyo nombre es Jehová.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Estado del Arte	4
1.4. Justificación	5
1.5. Objetivos	6
1.5.1. Objetivo General	6
1.5.2. Objetivos Específicos	6
1.6. Alcance	6
1.7. Definición de la investigación	7
1.8. Factibilidad	7
CAPÍTULO II	9
2. MARCO TEÓRICO Y TRABAJOS RELACIONADOS	9
2.1. Trascendencia de la localización móvil	9
2.1.1. Tecnologías de posicionamiento	10
2.1.1.1. Identificación por radiofrecuencia (RFID)	10
2.1.1.2. Ultra wideband (UWB)	11
2.1.1.3. Infrarrojo (IR)	11

2.1.1.4.	Ultrasonido	11
2.1.1.5.	Zigbee	11
2.1.1.6.	WLAN (WIFI).....	12
2.1.1.7.	Sistema global para comunicaciones móviles (GSM).....	12
2.1.1.8.	Bluetooth	12
2.1.1.9.	Dead reckoning.....	13
2.1.1.10.	Tecnologías basadas en imágenes	13
2.1.2.	Técnicas de posicionamiento.....	13
2.1.2.1.	Triangulación.....	13
2.1.2.2.	Huella digital	14
2.1.2.3.	Proximidad	15
2.1.2.4.	Análisis de visión	16
2.1.3.	Algoritmos de posicionamiento.....	16
2.1.3.1.	Hora de llegada (TOA).....	16
2.1.3.2.	Diferencia horaria de llegada (TDOA).....	16
2.1.3.3.	Ángulo de llegada (AOA)	17
2.1.3.4.	Fuerza de señal recibida (RSS)	17
2.2.	Bluetooth	17
2.2.1.	Definición	17
2.2.2.	Sistema central	18
2.2.3.	Sistemas de tecnología inalámbrica	19
2.2.3.1.	Basic Rate/Enhanced Data Rate (BR/EDR) radio.....	19
2.2.3.2.	Low Energy (LE) radio	20
2.2.3.2.1.	Arquitectura.....	21
2.2.3.2.1.1.	Physical Layer	21
2.2.3.2.1.2.	Link Layer	22
2.2.3.2.1.3.	Host Controller Interface (HCI)	24
2.2.3.2.1.4.	Logical Link Control and Adaptation Protocol (L2CAP).....	24
2.2.3.2.1.5.	Attribute Protocol (ATT).....	25
2.2.3.2.1.6.	Security Manager (SM).....	26
2.2.3.2.1.7.	Generic Attribute Profile (GATT).....	26
2.2.3.2.1.8.	Generic Access Profile (GAP)	27
2.2.3.3.	Tabla comparativa	27

2.2.4.	Topología.....	28
2.2.4.1.	Punto a punto (Point-to-point).....	28
2.2.4.2.	Emisión (Broadcast)	29
2.2.4.3.	Malla (Mesh)	29
2.3.	Beacon	29
2.3.1.	Protocolos de comunicación.....	30
2.3.1.1.	iBeacon	30
2.3.1.2.	AltBeacon	31
2.3.1.3.	Eddystone	31
2.3.1.3.1.	Eddystone-UID (Unique ID)	32
2.3.1.3.2.	Eddystone-TLM (Telemetry)	33
2.3.1.3.3.	Eddystone-URL (Uniform Resource Locator)	33
2.3.1.3.4.	Eddystone-EID (Ephemeral Identifiers).....	33
2.3.2.	Experiencia de proximidad.....	34
2.3.3.	Casos de uso	34
2.3.4.	Productos comerciales	35
2.3.4.1.	Estimote	35
2.3.4.2.	Kontakt.io	36
2.4.	Emergencias y urgencias médicas.....	37
2.4.1.	Salud física	37
2.4.2.	Triaje	37
2.4.3.	Escala de Manchester	37
2.4.3.1.	Factores que determinan la prioridad	38
2.4.4.	Gestión de la información	39
2.4.5.	Actividades y conductas ante emergencias	40
2.5.	Trabajos relacionados – mapeo sistemático	41
2.5.1.	Etapa de planificación	41
2.5.1.1.	Preguntas de investigación	41
2.5.1.2.	Estrategia de búsqueda	41
2.5.1.3.	Criterios de selección de los estudios primarios	42
2.5.1.4.	Criterios de evaluación de calidad.....	42
2.5.1.5.	Estrategia de extracción de datos	43
2.5.1.6.	Métodos de síntesis	43

2.5.2.	Etapa de ejecución.....	43
2.5.2.1.	Resumen	47
2.5.2.2.	Discusión.....	50
CAPÍTULO III		51
3. DESARROLLO DEL SISTEMA.....		51
3.1.	Propuesta	51
3.1.1.	Descripción de requerimientos	51
3.1.2.	Ubicación de los beacons	52
3.2.	Descripción funcional de requerimientos.....	55
3.3.	Planificación de entregas.....	56
3.4.	Planificación de iteraciones.....	57
3.5.	Seguimiento de plan de iteraciones	58
3.5.1.	Iteración 1	58
3.5.2.	Iteración 2.....	59
3.5.3.	Iteración 3.....	60
3.5.4.	Iteración 4.....	61
3.6.	Diseño estructural.....	62
3.6.1.	Arquitectura.....	62
3.6.2.	Diagrama de secuencia.....	63
3.6.3.	Modelo relacional.....	64
3.7.	Diseño de interfaces	65
CAPÍTULO IV		70
4. IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA		70
4.1.	Definición de escenarios	70
4.2.	Simulacro de escenarios	70
4.2.1.	Situación actual	71
4.2.2.	Sistema propuesto implementado.....	72
4.3.	Presentación de resultados.....	73
4.4.	Discusión de resultados	74

CAPÍTULO V	75
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1. Conclusiones	75
5.2. Recomendaciones	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de las tecnologías de posicionamiento en interiores.....	10
Figura 2. Posicionamiento basado en huellas digitales.....	14
Figura 3. Pila de protocolos Bluetooth.....	18
Figura 4. Configuraciones entre versiones Bluetooth y tipos de dispositivos.....	18
Figura 5. Relación entre Bluetooth, Bluetooth Smart, y Bluetooth Smart Ready.....	19
Figura 6. La pila del protocolo BLE.....	21
Figura 7. Canales de frecuencia.....	22
Figura 8. Interacción beacon en entorno real.....	29
Figura 9. Ejemplo de jerarquía UUID, Major, Minor.....	30
Figura 10. Beacon Estimote.....	35
Figura 11. Beacon Kontakt.io.....	36
Figura 12. Universo de artículos encontrados.....	44
Figura 13. Selección de artículos primarios.....	44
Figura 14. Arquitectura sistema cooperativo de ubicación de autobuses.....	47
Figura 15. Arquitectura registro de asistencias estudiantil.....	47
Figura 16. Arquitectura sistema de comunicación.....	48
Figura 17. Arquitectura sistema de geomarketing.....	49
Figura 18. Arquitectura reenvío de mensajes.....	49
Figura 19. Esquema de arquitectura propuesta.....	50
Figura 20. Mapeo de beacons.....	53
Figura 21. Mapeo de posibles rutas.....	54
Figura 22. Plan de entregas.....	57
Figura 23. Requerimientos iteración 1.....	58
Figura 24. Ejemplo token.....	59
Figura 25. Distribución de versión API.....	60
Figura 26. Ejemplo petición JSON para notificaciones en Firebase.....	60
Figura 27. Configuración de notificación en servidor de notificaciones.....	61

Figura 28. Configuración de notificación en el aplicativo Android.....	61
Figura 29. Arquitectura de aplicación.....	62
Figura 30. Diagrama de secuencia.....	63
Figura 31. Diagrama físico de la base de datos.....	64
Figura 32. Pantallas para ingresar a la aplicación.....	65
Figura 33. Pantallas usuario.....	66
Figura 34. Pantallas al momento de buscar beacon.....	66
Figura 35. Pantallas administrador.....	67
Figura 36. Pantallas al momento de recibir notificación.....	68
Figura 37. Pantallas para tratamiento de alerta (Llamada telefónica).....	68
Figura 38. Pantallas para tratamiento de alerta (Camino más corto).....	69
Figura 39. Línea de tiempo de situación actual ante urgencias médicas.....	71
Figura 40. Tiempos de espera por nodo en la situación actual.....	71
Figura 41. Línea de tiempo con sistema propuesto ante urgencias médicas.....	72
Figura 42. Tiempos de espera por nodo con el sistema propuesto.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Taxonomía de los servicios de ubicación móvil</i>	9
Tabla 2. <i>Roles de la capa de enlace</i>	23
Tabla 3. <i>Operaciones ATT</i>	25
Tabla 4. <i>Tabla comparativa de sistemas de tecnología inalámbrica</i>	27
Tabla 5. <i>Niveles de urgencia según el paciente</i>	38
Tabla 6. <i>Reacción en situación de catástrofe</i>	40
Tabla 7. <i>Preguntas de investigación</i>	41
Tabla 8. <i>Cadena de búsqueda</i>	42
Tabla 9. <i>Esquema de clasificación</i>	43
Tabla 10. <i>Clasificación de estudios primarios</i>	45
Tabla 11. <i>Evaluación de calidad de estudios primarios</i>	46
Tabla 12. <i>Historia de usuario (Ingreso a la aplicación)</i>	55
Tabla 13. <i>Historia de usuario (Envío de alerta)</i>	55
Tabla 14. <i>Historia de usuario (Recepción de alerta)</i>	56
Tabla 15. <i>Historia de usuario (Tratamiento de la alerta)</i>	56
Tabla 16. <i>Planificación de entregas</i>	56
Tabla 17. <i>Configuración de los beacons</i>	58
Tabla 18. <i>Situación actual de tiempos de espera ante urgencias médicas</i>	73
Tabla 19. <i>Tiempos de espera ante urgencias médicas con aplicativo propuesto</i>	73

RESUMEN

En la actualidad las universidades deben asegurar que sus procesos se ejecuten de manera productiva para el beneficio de los estudiantes; uno de dichos procesos es el de la gestión de salud y seguridad, que aunque cada una de las instituciones se esfuerza por salvaguardar la integridad de su comunidad, los tiempos de respuesta ante incidentes siempre pueden mejorarse con la ayuda de planificación oportuna. Con la finalidad de mejorar dichos tiempos de respuesta, y gracias al creciente porcentaje de adquisición y uso de teléfonos, que se han convertido en algo “indispensable” en todas las personas, se propone el desarrollo de un sistema enfocado a dispositivos móviles que permita el envío de alertas de urgencias médicas. Para complementar y asegurar la reducción de tiempos de espera se incluirán dispositivos “beicon” como método de localización en interiores, de manera que también se pueda adjuntar esta información crítica al momento de generar las alertas y permitiéndonos un mayor control y manejo de la situación. Para realizar la implementación y las pruebas se ha elegido como establecimiento referencia a la Universidad de las Fuerzas Armadas en su matriz Sangolquí, teniendo así que realizar un mapeo previo de la distribución de los dispositivos “beicon” que permita una cobertura completa, en cuanto al territorio, y así finalizar con una comparativa en cuanto a tiempos de espera y comprobar si los mismos se han reducido.

PALABRAS CLAVE

- ANDROID
- BEACON
- FIREBASE
- CLOUD MESSAGING
- URGENCIAS MÉDICAS

ABSTRACT

Currently, universities must ensure that their processes are executed productively for the benefit of students; one such process is health and safety. Although the institutions strives to safeguard the integrity of their community; response times to incidents can always be improved with the help of timely planning. In order to improve these response times, and thanks to the increasing percentage of acquisition and use of smartphones that have become something "necessary" in all people, the development of a system focused on mobile devices that allows the sending of medical emergency alerts data is proposed. To complement and ensure the reduction of waiting times will include "beacons" devices for indoor location, allowing us to attach this information when generating alerts with useful information for greater control and management of the situation. To carry out the implementation and the tests, the establishment of a reference to the “Universidad de las Fuerzas Armadas” has been established as a reference, thus having to carry out a prior mapping of the distribution of the "beacons" devices that allow a complete coverage regarding the territory. At the end, I do a comparison in terms of waiting times and check if the time have been reduced.

KEYWORDS

- ANDROID
- BEACON
- FIREBASE
- CLOUD MESSAGING
- MEDICAL EMERGENCY

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

En la actualidad, el teléfono inteligente se ha convertido en la mejor alternativa para las técnicas tradicionales de comunicación (oral, escrita y gestos corporales), mismo que mediante aplicaciones de diferentes clases logran una eficiente interacción entre los usuarios (Poslad, 2011).

Enfocándose en las comunidades universitarias; según el Instituto Nacional Estadísticas y Censos el 69% de la población ecuatoriana de entre 16 y 34 años disponen de un celular inteligente activo (INEC, 2016), por otra parte, un estudio realizado por la Universidad de Baylor, afirma que los estudiantes universitarios utilizan su smartphone en un promedio de nueve horas al día, debido a las facilidades que brindan las aplicaciones, lo que dificulta al alumno evitar el manejo del mismo.

Con el desarrollo de la tecnología, han surgido nuevas formas de conexiones inalámbricas con el afán de mejorar el uso de las aplicaciones, pensando en facilitar las necesidades de los usuarios que cada vez son más exigentes. Es así como a través de los años han ido evolucionando dichas comunicaciones (Valero, Redondo, & Palacín, 2012), empezando desde los sistemas infrarrojos, pasando por sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID), siguiendo con los más conocidos que son Bluetooth y wifi, otros menos conocidos como “comunicación de campo cercano” (NFC), hasta otros más actuales como “ultrawideband” (UWB) y “bluetooth low energy” (BLE).

Dichas comunicaciones tienen su aplicación en diferentes áreas de trabajo, siendo el diseño de aplicativos para dispositivos móviles el más común, creando, de esta manera, nuevas tecnologías interactivas. Un ejemplo de esta afirmación, es el geo-marketing, que valiéndose de ellas logra implementar estrategias de ventas por proximidad para mejorar los índices de ingresos y ofrecer al cliente un atención personalizada.

Los mencionados sistemas interactivos han sido adoptados por industrias que van desde minoristas hasta el entretenimiento educativo. Sin embargo, éstos requieren que los usuarios emparejen sus dispositivos o escaneen un código incrustado antes de poder relacionarse,

estableciendo en muchos casos dificultades en el manejo de los mismos, lo que ha causado frustración en el consumidor y los ha hecho desistir de la realización de nuevos intentos (Ng, She, & Park, 2017).

A pesar de que el uso de estas tecnologías permiten mayores posibilidades de reunir información relevante que mejore la calidad de la experiencia en los sistemas informáticos (Clinch, 2013; Want & Schilit, 2014), esto no es aprovechado en su totalidad, ya que, según la Conferencia Internacional de Multimedia de la IEEE, argumenta que en muchos de los casos los usuarios desconocen las tecnologías interactivas instaladas en las empresas, porque la mayoría de ellas exhiben características pasivas o confusas, que simplemente esperan que los usuarios intuitivamente las descubran e inicien la interacción.

Para la mayoría de los sistemas interactivos, la utilización de notificaciones debe aumentar el conocimiento del usuario con respecto a algún tema en específico. Aunque, en la actualidad se ha adoptado la costumbre de realizar la retroalimentación de estos sistemas mediante mensajes públicos, provocando un excesivo envío de pantallas de información a los usuarios, que han dado como resultado un fenómeno conocido como "mostrar ceguera", que describe la tendencia a ignorarlas (Müller, y otros, 2009).

Por otra parte, es importante mencionar que las tecnologías de comunicación expuestas, se relacionan con los dispositivos móviles mediante un hardware compatible, que acceda a la comunicación entre ellas, ya sea mediante tags, routers o beacons. Mismas que permiten desarrollar tecnologías de localización indoor (ambientes delimitados físicamente), lo que significa que se pueda ubicar, en tiempo real, a personas o cosas dentro de edificios.

Para que esto sea posible se debe tomar en cuenta diversos factores; entre ellos, las características y condiciones físicas del lugar, el alcance, la aplicación y la población involucrada, pudiendo de esta manera desarrollar proyectos versátiles en diferentes áreas (Birenboim & Shoval, 2016).

1.2. Planteamiento del problema

Las tecnologías interactivas se han tratado de integrar a sistemas tradicionales para aumentar el compromiso del cliente a usarlas, aunque siguen adoleciendo de un bajo porcentaje de participación

debido a la falta de claridad en el funcionamiento e interfaces nada amigables con el usuario (Ng, She, & Park, 2017).

Tomando en cuenta la necesidad de tecnologías interactivas intuitivas se propone el uso de dispositivos BLE beacons estratégicamente distribuidos en el espacio de aplicación, dándonos la facilidad de conectividad (evitando procesos tediosos de emparejamiento) y el acoplamiento del teléfono inteligente que permite el intercambio de información fluida a través de esta tecnología.

En el ámbito de aplicación del proyecto es importante también tomar en cuenta los comportamientos de la población, que pueden examinarse en tres niveles diferentes: el individuo, las interacciones entre los individuos y el grupo. Estos tres niveles de categorización aunque poseen factores distintos, no son independientes, sino íntimamente relacionados y, a menudo, superpuestos (Pan, Han, Dauber, & Law, 2007).

En términos generales el comportamiento del individuo ante situaciones de emergencias, según (Barrales, Marín, & Molina, 2016), van del 10 al 25 % que permanecen calmadas y analizan las posibles acciones y oportunidades, aunque también existe el riesgo de que dentro de este rango las personas se sientan confusas al grado de entrar en un estado de paralización y pánico, y el 75 % restante se muestra desconcertado y desordenado; la edad es un factor determinante para el comportamiento del individuo, que al tratarse de jóvenes existe una posibilidad alta de que se produzcan conductas desinhibidas e inapropiadas.

El presente proyecto se ha enfocado en comunidades universitarias, que tomando en cuenta las probabilidades de conducta, se realizará el envío de la información necesaria que consta de datos personales previamente registrados y la ubicación en tiempo real del usuario obtenida mediante los beacons; evitando así, la necesidad de dependencia del comportamiento del usuario para brindarlos.

Y aunque las instituciones cuentan con autoridades que velan por la seguridad de los usuarios, éstos no siempre se encuentran en los lugares de los incidentes, si bien es cierto que realizan periódicamente rondas, éstas en su gran mayoría no coinciden con el momento del altercado por lo que se hace necesario un sistema intuitivo y ágil de alertas de emergencias médicas que pueda ser utilizado, en cualquier momento y lugar, por toda la comunidad universitaria.

1.3. Estado del Arte

Refiriéndonos a los métodos de detección participativa en cuanto a servicios comerciales, éstos no satisfacen de manera productiva sus necesidades, ya que se hace ineludible la intervención de los participantes y su relación para la obtención de información operando sus dispositivos personales dependientes del consumo de energía y de su decisión en cuanto a interacción (Kindon, Pain, & Kesby, 2007).

Tanaka y Naito proponen un práctico sistema cooperativo de localización de autobuses mediante dispositivos BLE y smartphones; obteniendo la ubicación del autobús mediante el dispositivo BLE instalado en el mismo y replicando dicha información mediante un aplicativo celular, por parte del conductor, ejecutado en segundo plano y en tiempo real a servidores en la nube; teniendo de esta manera actualizada su posición para las personas que busquen determinada unidad (Tanaka & Naito, 2017).

Otros investigadores también proponen el desarrollo de una aplicación que aprovecha la potencia de una baliza Bluetooth de baja energía (BLE) para notificar, la nube para facilitar el intercambio de datos y el teléfono inteligente para interactuar, en cuanto a los siguientes casos:

- Con la finalidad de ofrecer una experiencia mucho más enriquecedora al momento de visitar galerías, logrando una satisfacción del 80% de usuarios, en comparación con las pantallas táctiles existentes y el código QR, que solo obtuvo el 35% y 53%, respectivamente (Ng, She, & Park, 2017).
- En cuanto a estrategias enfocadas al marketing; se cambia la forma de comercialización, respondiendo de forma adecuada al comportamiento de los consumidores proporcionándoles un servicio personalizado que hagan que las compras sean eficientes para los clientes y fortalezcan la relación con el negocio (Zaim & Bellafkih, 2016; Swirl Networks, Inc., 2014).

El enfoque de prevención se toma como contenido las áreas propensas a deslizamientos de tierra, por causa de lluvias intensa, que deben estar en constante monitoreo para disponer posibles riesgos y apoyar a la toma de decisiones, evitando así grandes desastres en lugares estratégicos (Uscher-Pines, 2009).

Por lo que proponen un sistema que recopila datos en tiempo real para localizar fallas en las pendientes mediante el análisis de sensores específicos en teléfonos inteligentes que detecten el

movimiento del suelo; enviando a través de una red móvil ad-hoc M2M (machine to machine), y utilizando una interfaz BLE incorporada, los datos de aceleración recopilados y la ubicación GPS; logrando de esta manera reducción de costos, escalabilidad, bajo consumo de energía y facilidad de desarrollo (Fujimoto, Matsumoto, Arakawa, Suwa, & Yasumoto, 2016).

1.4. Justificación

Tomando en cuenta que la mayoría de la población universitaria es propietaria de un teléfono inteligente con internet (INEC, 2016) y en vista de la falta de un protocolo eficiente para cubrir emergencias médicas en los campus, se ha visto la necesidad de desarrollar una alternativa que supla con este problema mediante un sistema con tecnología interactiva, misma que se abordará a profundidad en los siguientes capítulos del proyecto.

Se ha determinado la utilización del sistema operativo Android ya que acorde con “IDC Quarterly Mobile Phone Tracker” hasta el 2017, el 85 % de los usuarios utiliza Android en comparación del 14,5 % para iOS (Stofega & Scarsella, 2017). Es importante tomar en cuenta que el aplicativo si bien se enfoca a smartphones por su facilidad en cuanto a la portabilidad en casos de emergencias médicas, también podrá ser utilizado en tabletas, siempre y cuando estén basadas en Android y se proporcione un número de contacto.

La tecnología beacon y el protocolo BLE han hecho que el proceso de recopilación de datos sobre los clientes sea más fácil y rápido, optimizando el tiempo y los recursos (ahorro de batería) en el proceso de desarrollo de sistemas; adicionalmente cabe mencionar que este sistema tiene una excelente relación costo/beneficio, ya que su precio es accesible dentro del mercado (Zaim & Bellafkih, 2016).

Se realiza la utilización de tecnología BLE beacons por acercarse más al ámbito de aplicación e infraestructura del problema propuesto, mejorando los servicios personalizados basados en las preferencias o necesidades del cliente, al igual que por las facilidades en cuanto a conectividad (independiente del emparejamiento y de la calidad de la señal wifi) y de la proximidad; contrario a tecnología NFC (Opperman & Hancke, 2011).

Se ha seleccionado una interacción que se la clasifica como “privada”, entre el beacon, el smartphone y el servidor, por ser una forma cerrada de intercambio de información, donde las

actividades de interacción son invisibles para el público. La prevalencia del uso de teléfonos inteligentes para dichas interacciones ha recibido una mayor tasa de aceptación, ya que es intuitiva y deja los procesos complejos en segundo plano (Weber, Shirazi, & Henze, 2015).

El índice de reacción oportuna de incidentes ocasionados dentro de las instituciones universitarias es obsoleto, ya que, aún al poseer planes de gestión, se pueden optimizar generando respuestas rápidas y oportunas ante urgencias médicas, por lo que se hace necesario el desarrollo de un sistema de alerta para la comunidad estudiantil y docente, que le permita informar a las autoridades competentes, en el menor tiempo posible, las diferentes emergencias médicas, en cualquier lugar dentro del establecimiento.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Implementar el prototipo de alertas de urgencias médicas de localización indoor, mediante el uso de smartphones con sistema operativo Android y tecnología beacon, aplicado en la Universidad de las Fuerzas Armadas para mejorar tiempos de respuesta a la atención de incidentes de salud.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Diseñar la arquitectura para el sistema de alertas mediante el análisis de bibliografía relacionada.
- Desarrollar el sistema de alertas que consiste en una aplicación móvil que gestiona dos roles y un servicio para el envío/recepción de datos mediante RESTful.
- Analizar los resultados obtenidos con relación al tiempo de reacción, según la situación actual e implementando el sistema propuesto, mediante simulacros de emergencias médicas.

1.6. Alcance

El alcance del proyecto es desarrollar un aplicativo móvil para sistemas operativos Android que brinde servicios de alerta de emergencias médicas para las comunidades universitarias; tomando

en cuenta el envío de una notificación de alerta a la persona encargada de la atención a los estudiantes, para su pronta asistencia al sitio de los hechos con la finalidad de mitigar el problema de manera eficaz.

Es importante tomar en cuenta que la función de los dispositivos BLE beacons es la de dar al experto médico, por medio de la alerta, el lugar aproximado dentro del edificio de donde está ocurriendo el incidente para que ésta, a su vez, establezca el camino más óptimo a seguir dependiendo de los recursos con los que cuente la institución.

Por la seriedad de la finalidad del aplicativo, es imprescindible el registro de usuarios en un servidor cloud, que adicionalmente al momento de enviar una alerta a la persona encargada de la salud con su posición aproximada, se remitirá conjuntamente la información personal de dicho usuario que permitirá, de ser necesario, un contacto inmediato.

En cuanto al alcance geográfico y para efectos de pruebas se lo realizará dentro de la Universidad de las Fuerzas Armadas en su matriz Sangolquí, específicamente en el bloque C, en los pisos 1,2 y 3.

1.7. Definición de la investigación

Se ha seleccionado el tipo de investigación será documental según la fuente de información y el método será estudios exploratorios que nos permitirá ampliar la familiaridad con el área problemática y a continuación efectuar un estudio más estructurado de las siguientes fases (Buena Paz, 2017).

1.8. Factibilidad

- Técnica: A nivel técnico se va a usar software y aplicaciones que ofrece el mercado y se tiene los conocimientos fundamentales para el desarrollo del sistema; tales como el SDK de Android, el IDE de Android Studio con los plugins que resulten necesarios, entre otros. En cuanto al hardware los dispositivos BLE beacons que son mecanismos que se encuentran en el mercado y aunque su funcionamiento aún no es muy conocido en nuestro país, cuenta con la información necesaria para la correcta configuración de los mismos; y si bien eso representa un tiempo de

aprendizaje, éste es muy bien distribuido en el cronograma de actividades. Esto indica que técnicamente el proyecto es viable.

- Económica: A nivel económico, al disponer del hardware necesario y hacer uso de software gratuito o de prueba sólo existe coste operacional. Al existir un único operario con diferentes roles y al tratarse de un proyecto académico el coste real del mismo es cero, por lo que resulta viable a nivel económico.
- Operativa: A nivel operativo, el sistema permitirá notificaciones activas sujetas a las actividades del usuario e interacciones intuitivas manteniendo la tecnología complicada en segundo plano al ser manejado como un aplicativo que representa, en términos generales, un botón de pánico portátil en casos de emergencia de salud dentro de las instituciones universitarias, aunque se debe tomar en cuenta que el sistema es dependiente de la calidad de conexión wifi para su correcto funcionamiento. Como parte del mantenimiento se debe tomar en cuenta que para configuraciones de dispositivos BLE beacons es necesario una capacitación previa al personal de administración del sistema con grado de dificultad medio y para el periodo de pruebas se contará con la ayuda de un profesional de la salud y seguridad para la ejecución de la evaluación.

Se puede concluir que el proyecto es viable en entornos académicos o colaborativos sin ánimo de lucro.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO Y TRABAJOS RELACIONADOS

2.1. Trascendencia de la localización móvil

La información de ubicación del usuario representa una dimensión central, ya que comprender el contexto del usuario es un requisito previo para proporcionar servicios enfocados en el ser humano que generalmente mejoran la experiencia en el entorno que se encuentre. En comparación con los entornos al aire libre, la detección de información de ubicación en ambientes interiores requiere una mayor precisión y es una tarea más desafiante debido en parte a los diversos objetos esperados (como muros y personas) que reflejan y dispersan las señales.

Según el tipo, técnica y tecnología, se pueden plantean distintos servicios basados en la ubicación del usuario; los cuales generalmente constan de cinco componentes básicos: (1) dispositivo móvil; (2) red de comunicación; (3) componente de posicionamiento que es responsable de determinar la posición del dispositivo móvil; (4) proveedor de servicios y aplicaciones que procesa las solicitudes de los usuarios y ofrece los servicios requeridos; y (5) proveedor de datos y contenido que almacena toda la información que puede solicitar el usuario.

Tabla 1.

Taxonomía de los servicios de ubicación móvil

SERVICIOS	EJEMPLOS	PRECISIÓN NECESARIA	ENTORNO DE APLICACIÓN
Emergencia	Llamadas de emergencia	Medio a alto	Interiores/Exteriores
	Asistencia automatizada	Medio	Exteriores
Navegación	Direcciones	Alto	Exteriores
	Gestión del tráfico	Medio	Exteriores
	Enrutamiento de interior	Alto	Interiores
Información	Manejo de grupo	Bajo a medio	Exteriores
	Servicios de viaje	Medio a alto	Exteriores
	Páginas amarillas móviles	Medio	Exteriores
	Servicios de infoentretenimiento	Medio a alto	Exteriores
Marketing	Banners, alertas, anuncios	Medio a alto	Exteriores

Continúa 

Rastreo	Seguimiento de personas	Alto	Interiores/Exteriores
	Seguimiento de vehículos	Bajo	Exteriores
	Seguimiento de personal	Medio	Exteriores
	Seguimiento del producto	Alto	Interiores
Facturación	Facturación sensible a la ubicación	Bajo a medio	Interiores/Exteriores

Fuente: (Fouskas, Giaglis, Kourouthanassis, Pateli, & Tsamakos, 2002)

2.1.1. Tecnologías de posicionamiento

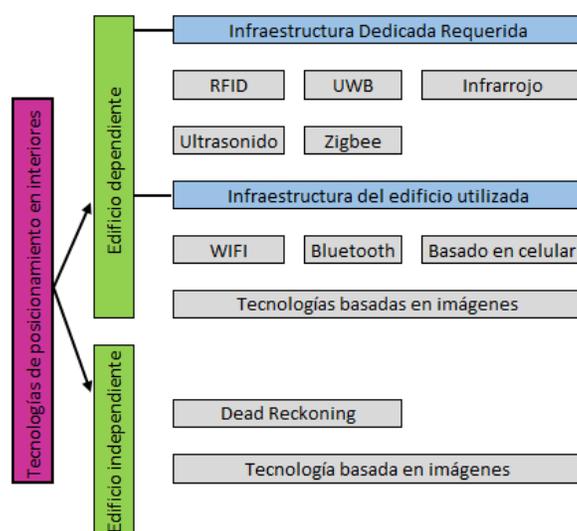


Figura 1. Clasificación de las tecnologías de posicionamiento en interiores

Fuente: (Al-Ammar, y otros, 2014)

2.1.1.1. Identificación por radiofrecuencia (RFID)

RFID (Radio frequency identification) describe un sistema que transmite la identidad de un objeto de forma inalámbrica mediante ondas de radio. Se basa en el intercambio bidireccional de diferentes frecuencias de señales de radio entre lectores y etiquetas.

Las etiquetas contienen únicamente un microchip y una antena de radio; y están conectadas a todos los objetos que necesitan ser rastreados, mientras que, el lector consta de diferentes componentes: antena, transceptor, fuente de alimentación, procesador y una interfaz que le permita conectarse a un servidor y realizar las acciones para las que ha sido configurado (Liu, Darabi, Banerjee, & Liu, 2007).

2.1.1.2. Ultra wideband (UWB)

UWB es un canal de comunicación que distribuye información en una porción muy amplia del espectro de frecuencias, permitiéndole que los transmisores consuman muy poca energía, al tiempo que transmiten grandes cantidades de datos (Lee, Su, & Shen, 2007).

UWB se puede utilizar para el posicionamiento utilizando principalmente el tiempo de llegada (TOA) o la diferencia de tiempo de llegada (TDOA) de las señales de RF para obtener la distancia entre el objetivo y el punto de referencia (Song, Jiang, & Huang, 2011).

2.1.1.3. Infrarrojo (IR)

La comunicación inalámbrica infrarroja hace uso del espectro invisible de luz justo debajo del borde rojo del espectro visible, estableciéndola como menos intrusiva en comparación con el posicionamiento en interiores basado en la luz visible (Carruthers, 2003).

IR directo utiliza un estándar de transmisión de datos punto a punto ad-hoc diseñado para comunicaciones de muy baja potencia, a diferencia del IR difuso que posee señales más fuertes que le brindan un mayor alcance y no es necesaria una línea de visión directa (Liu, Darabi, Banerjee, & Liu, 2007).

2.1.1.4. Ultrasonido

La onda de ultrasonido es una oscilación de presión transmitida a través de un medio con un alcance relativamente corto.

Los sistemas de posicionamiento por ultrasonidos pueden establecerse obteniendo la distancia o rango relativo entre los dispositivos utilizando ToA de los pulsos que van de emisores a receptores; mientras que la estimación de coordenadas del emisor es posible por multilateración de tres o más rangos a receptores fijos desplegados en ubicaciones conocidas (Lazik & Rowe, 2012).

2.1.1.5. Zigbee

El estándar ZigBee es una red de área personal inalámbrica de corta distancia y baja velocidad (Lee, Su, & Shen, 2007). Un nodo ZigBee consiste en una radio de dos vías multicanal y un

microcontrolador, diseñado para aplicaciones que requieren un bajo consumo de energía y un bajo rendimiento de datos.

Esta tecnología logra el posicionamiento por coordinación y comunicación con los nodos vecinos.

2.1.1.6. WLAN (WIFI)

El estándar IEEE 802.11 define el protocolo y la interconexión compatible del equipo de comunicación de datos a través del aire en una red de área local (TechTerms, 2017).

El método de posicionamiento de WLAN más popular es RSS (intensidad de señal recibida) que es fácil de extraer y puede ejecutarse desde el mismo hardware; mientras que, los demás algoritmos de posicionamiento muestran mayor complejidad al calcular el tiempo de demora y las mediciones angulares.

2.1.1.7. Sistema global para comunicaciones móviles (GSM)

Estas redes están disponibles en la mayoría de los países y, a diferencia de WLAN, GSM opera en las bandas con licencia que previenen la interferencia de otros dispositivos que operan a la misma frecuencia (Liu, Darabi, Banerjee, & Liu, 2007).

El posicionamiento en interiores basado en la red celular móvil es posible si el área específica está cubierta por varias estaciones base o una estación base con fuertes RSS por clientes móviles. El método más común de posicionamiento en interiores GSM es la toma de huellas dactilares en función del nivel de potencia del RSS (Al-Ammar, y otros, 2014).

2.1.1.8. Bluetooth

Bluetooth es un estándar inalámbrico para redes de área personal inalámbricas (WPAN), diseñado para ser una tecnología de muy baja potencia para comunicaciones peer-to-peer que opera en la banda ISM de 2,4 GHz (TechTerms, 2018).

En la actualidad, esta tecnología ha permitido crear hardware específico dedicado únicamente a la transmisión de señales, que pueden ser captadas por teléfonos inteligentes, ofreciendo así servicios personalizados basados en la cercanía.

2.1.1.9. Dead reckoning

La “navegación a estima” es una tecnología que requiere comenzar con una posición conocida, después, conforme avanza el tiempo se agregará y rastreará los cambios en forma de coordenadas cartesianas o velocidades (Ivanov, 2010).

Para mejorar la precisión y reducir el error, la navegación a estimada necesita usar otros métodos para ajustar la posición después de cada intervalo.

2.1.1.10. Tecnologías basadas en imágenes

Tecnologías basadas en la cámara y la visión por computadora que poseen un rendimiento que varía conforme a la cantidad de información que se puede extraer de sus imágenes (Song, Jiang, & Huang, 2011).

El éxito de las tecnologías basadas en imágenes se basa en diferentes factores tales como; mejora y miniaturización de actuadores, avance en la tecnología de los detectores, desarrollo de algoritmos en procesamiento de imágenes y un aumento en las tasas de transmisión de datos conjuntamente con las capacidades computacionales.

2.1.2. Técnicas de posicionamiento

Las técnicas de posicionamiento se pueden aplicar en diferentes tecnologías, y de manera simultánea, para compensar las limitaciones que presentan ante distintos casos de aplicación.

2.1.2.1. Triangulación

Esta técnica utiliza las propiedades geométricas de los triángulos para calcular las ubicaciones de los objetos mediante “demora” o angulación.

La “demora”, llamada también medición de rango, calcula la posición de un objeto valiéndose del tiempo de vuelo o atenuación que le permite obtener las posiciones de referencia tanto en dos dimensiones, con 3 puntos no colineales para obtener la longitud; como con 3 dimensiones, que se requieren mediciones de distancia de 4 puntos no coplanarios.

Por otro lado, la angulación utiliza ángulos para determinar la posición de un objeto y las distancias con relación a múltiples puntos de referencia. En general, la angulación bidimensional requiere dos mediciones de ángulos y una medición de longitud; en tres dimensiones, se requieren una medida de longitud, una medición de azimut y dos mediciones de ángulos para especificar una posición precisa (Shan, y otros, 2015).

2.1.2.2. Huella digital

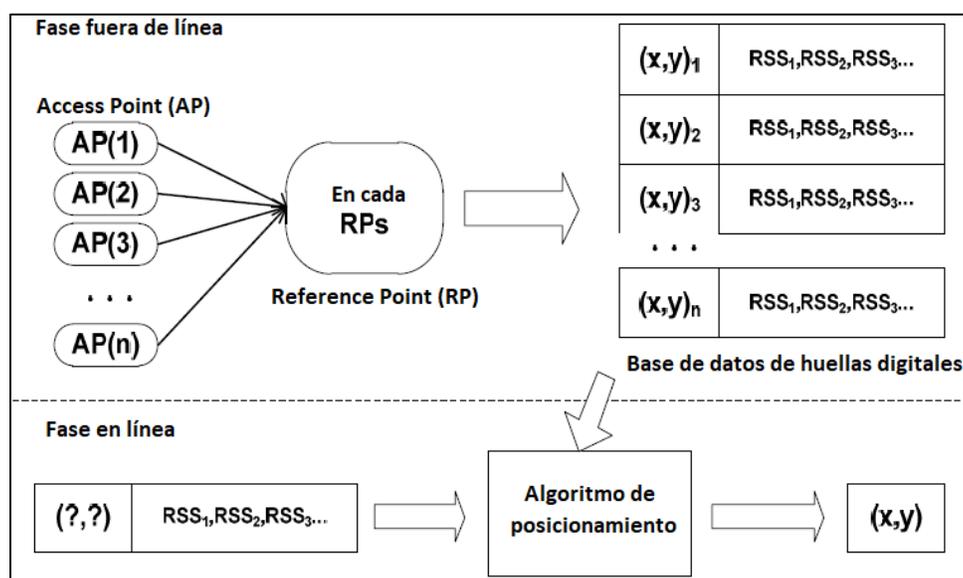


Figura 2. Posicionamiento basado en huellas digitales

Fuente: (Al-Ammar, y otros, 2014)

La tecnología de posicionamiento de huellas digitales utiliza principalmente tres tipos de huellas dactilares (Vo & De, 2016): el primer tipo es una huella digital como imagen; el segundo tipo es una huella dactilar de movimiento (con la ayuda de sensores); y el tercer tipo es una huella digital de señal como RSSI (intensidad de señal recibida).

Hay dos etapas para la huella digital de ubicación: etapa fuera de línea y etapa en línea. En la etapa fuera de línea o de capacitación, se crea una encuesta del sitio o un mapa de radio donde las firmas de radio se recopilan y almacenan para una mayor comparación y correspondencia. La construcción del mapa de radio comienza dividiendo el área de interés en celdas con la ayuda de un plano de planta. Los valores RSS de las señales de radio (por ejemplo, intensidades de la señal wifi) transmitidas por AP (puntos de acceso múltiples) se recopilan en cada posición de un área interesante durante un cierto período de tiempo y se almacenan en el mapa de radio (Al-Ammar, y otros, 2014).

Mientras está en la etapa en línea o de servicio, una técnica de posicionamiento de ubicación utiliza las intensidades de señal observadas actualmente y la información recopilada previamente para determinar una ubicación estimada.

El principal desafío para las técnicas que se basan en la localización de huellas es que la intensidad de la señal recibida podría verse afectada por la difracción, la reflexión y la dispersión en los entornos interiores de propagación (Liu, Darabi, Banerjee, & Liu, 2007).

2.1.2.3. Proximidad

Una técnica de detección de ubicación de proximidad examina la ubicación de un objeto con respecto a una posición o área conocidas mediante un dispositivo de rango limitado.

Esta técnica necesita desplegar cierta cantidad de detectores en posiciones conocidas, para cuando un objetivo entra en el rango del detector, se considera que la posición del objetivo está en el área de proximidad marcada por el detector (Song, Jiang, & Huang, 2011).

Hay tres enfoques generales para detectar la proximidad (Hightower & Borriello, 2001): el primer y más básico es detectar el contacto físico con un objeto mediante sensores de presión, sensores táctiles y detectores de campo capacitivos; otro enfoque es monitorear los puntos de acceso celular inalámbricos cuando un dispositivo móvil se encuentra dentro del alcance de uno o más de ellos; el último enfoque es observar los sistemas de identificación automática, como los terminales de punto de venta de tarjetas de crédito, los historiales de inicio de sesión de la computadora, los registros de teléfonos fijos y otros.

2.1.2.4. Análisis de visión

El método se caracteriza por estimar una ubicación a partir de las imágenes recibidas en uno o varios puntos, normalmente, en tiempo real. Las imágenes observadas de los objetivos se buscan en una base de datos medida previamente para realizar las respectivas estimaciones (Sonka, Hlavac, & Boyle, 2014).

Además, la técnica de posicionamiento de visión puede proporcionar un contexto de ubicación útil para servicios basados en las imágenes capturadas.

2.1.3. Algoritmos de posicionamiento

A continuación se describen cuatro algoritmos básicos de posicionamiento en interiores (Al-Ammar, y otros, 2014), hora de llegada (TOA), diferencia de tiempo de llegada (TDOA), ángulo de llegada (AOA) e intensidad de la señal recibida (RSS).

2.1.3.1. Hora de llegada (TOA)

TOA se basa en la sincronización precisa del tiempo de llegada de una señal transmitida desde un dispositivo móvil a varias balizas receptoras.

El dispositivo móvil transmite una señal sellada en el tiempo hacia las balizas receptoras y, cuando se recibe, calculan la distancia entre el receptor y el transmisor en función de la velocidad y el tiempo medido de la señal. Luego, la ubicación del objetivo se estima mediante el uso de la triangulación (Song, Jiang, & Huang, 2011).

2.1.3.2. Diferencia horaria de llegada (TDOA)

Con TDOA, se recibe una transmisión con un tiempo de inicio desconocido en varios nodos de recepción, con solo los receptores que requieren sincronización de tiempo; cada diferencia de medición del tiempo de llegada produce una curva hiperbólica en el espacio de localización en el que se encuentra la ubicación del nodo móvil. La intersección de múltiples curvas hiperbólicas especifica las posibles ubicaciones del objetivo (Fouskas, Giaglis, Kourouthanassis, Pateli, & Tsamakos, 2002).

2.1.3.3. Ángulo de llegada (AOA)

Al usar el algoritmo AOA, un receptor móvil estima los ángulos de recepción de la señal para dos o más fuentes con ubicaciones conocidas.

La estimación de la posición se realiza comparando la fase de portadora o la amplitud de señal a través de múltiples antenas. A partir de estos cálculos, la posición del receptor objetivo se triangula por la intersección de la línea de ángulo de cada fuente de señal (Liu, Darabi, Banerjee, & Liu, 2007).

2.1.3.4. Fuerza de señal recibida (RSS)

RSS estima la distancia del nodo desconocido al nodo de referencia de algunos conjuntos de unidades de medida utilizando la atenuación de la intensidad de las señales de radio que son emitidas.

2.2. Bluetooth

2.2.1. Definición

Bluetooth es una especificación tecnológica enfocada a las redes inalámbricas que permite comunicaciones de corto alcance conectando distintos dispositivos electrónicos para el intercambio de información, en tiempo real, mediante señales de radiofrecuencia; es un microchip pequeño que opera en la banda de frecuencia industrial, científica y médica (ISM) de 2.4GHz; disponible en todo el mundo.

Sus características clave ante otras tecnologías son la robustez, baja complejidad, bajo consumo de energía y bajo costo.

2.2.2. Sistema central

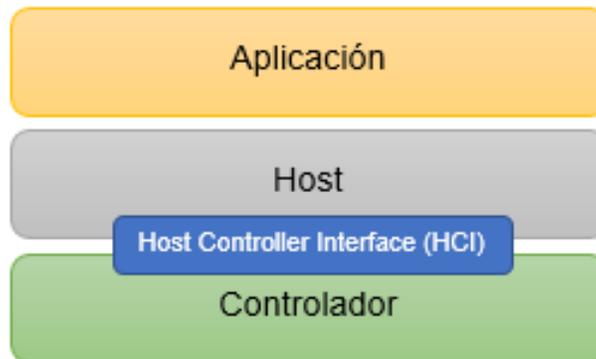


Figura 3. Pila de protocolos Bluetooth

El sistema central de Bluetooth consiste en un host y uno o más controladores como se muestra en la Figura 1. Un host es una entidad lógica definida por encima de la interfaz del controlador de host (HCI) y un controlador también es una entidad lógica definida por debajo de HCI; siendo el HCI el que permite la comunicación entre ambas capas.

- Aplicación: Son las aplicaciones de usuario que interactúan con el Bluetooth.
- Host: Contiene una capa común de control de enlace lógico y de protocolo de adaptación (L2CAP).
- Controlador: Incluye la capa física que se acopla a las necesidades de cada sistema.

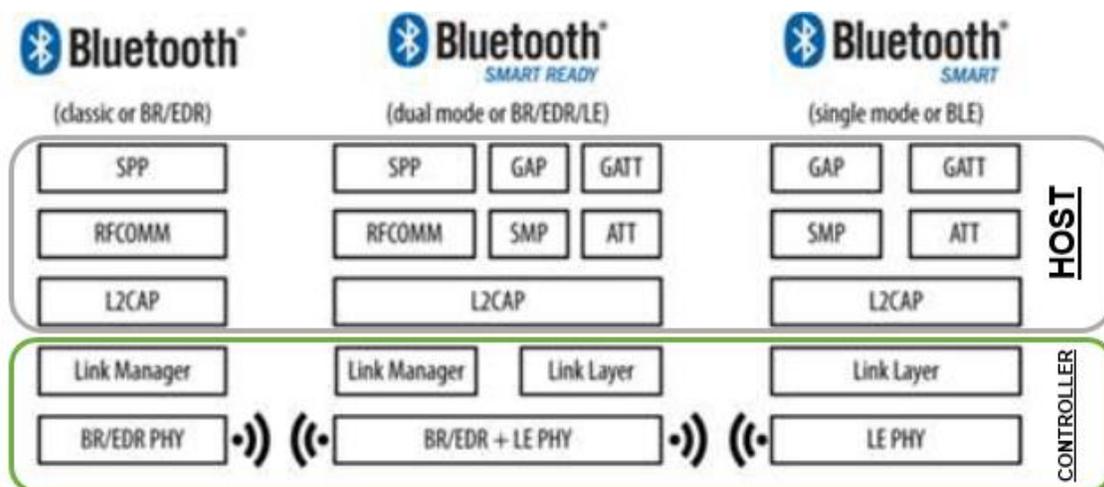


Figura 4. Configuraciones entre versiones bluetooth y tipos de dispositivos

Fuente: (Silicon Labs, 2018)

Según el tipo de sistema de tecnología inalámbrica se adjuntan más capas, en los bloques del controlador y el host, que permiten las interoperabilidad según los casos o aplicaciones a desarrollar (ver figura 4).

2.2.3. Sistemas de tecnología inalámbrica

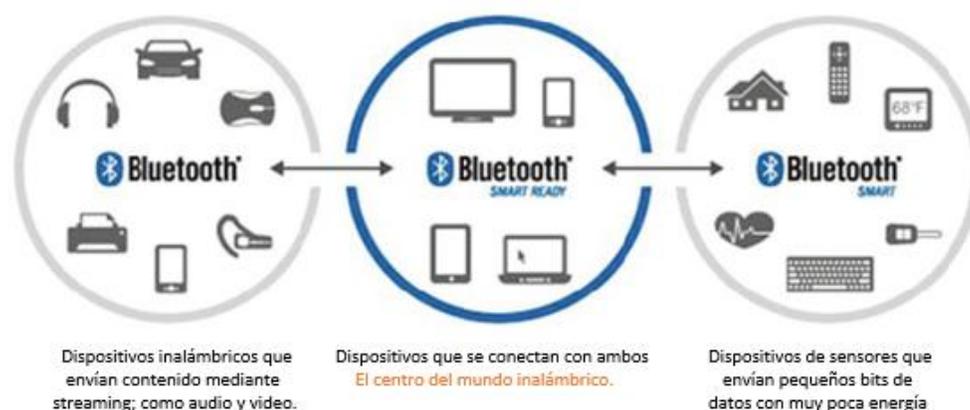


Figura 5. Relación entre Bluetooth, Bluetooth Smart, y Bluetooth Smart Ready
Fuente: (Statler, 2016)

Existen dos formas de sistemas de tecnología inalámbrica bluetooth denominados basic rate/enhanced data rate radio y low energy radio que incluyen los procesos de descubrimiento de dispositivo, el establecimiento y mecanismo de conexión (Bluetooth, 2019).

Según el caso de uso o la aplicación, cada sistema ofrece partes opcionales que le define como más óptimo que el otro; tomando en cuenta que algunos perfiles y casos de uso serán admitidos solo por uno de los sistemas.

Aunque también existe la posibilidad de dispositivos que estén implementados en ambos sistemas, denominados Bluetooth Smart Ready (ver la figura 5) que tengan la capacidad de admitir la mayoría de los casos de uso.

2.2.3.1. Basic Rate/Enhanced Data Rate (BR/EDR) radio

Durante la operación típica, un grupo de dispositivos sincroniza un canal de radio físico con un reloj común y un patrón de salto de frecuencia. Un dispositivo proporciona la referencia de

sincronización y se conoce como el maestro. Todos los demás dispositivos sincronizados con el reloj de un maestro y el patrón de salto de frecuencia se conocen como esclavos. Un grupo de dispositivos sincronizados de esta manera forma una piconet; siendo esta es la forma fundamental de comunicación en la tecnología inalámbrica Bluetooth BR/EDR.

El sistema emplea un transceptor de salto de frecuencia para combatir la interferencia y el desvanecimiento y proporciona muchos operadores de FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum). BR radio utiliza una modulación de frecuencia binaria conformada para minimizar la complejidad del transceptor.

Sobre el canal físico hay una estratificación de enlaces y canales y protocolos de control asociados. La jerarquía de canales y enlaces desde el canal físico hacia arriba es el enlace físico, el transporte lógico, el enlace lógico y el canal L2CAP.

Normalmente se forma un enlace físico que proporciona transporte bidireccional de paquetes entre los dispositivos maestro y esclavo. Bluetooth BR/EDR admite únicamente una topología de red punto a punto optimizada para la transmisión de audio.

2.2.3.2. Low Energy (LE) radio

Diseñada para aplicaciones con tasas de datos más bajas que tengan ciclos de trabajo menores.

El sistema, al igual que BR/EDR, emplea un transceptor de salto de frecuencia para combatir la interferencia y el desvanecimiento y proporciona muchos operadores de FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum). El funcionamiento de radio LE utiliza una modulación de frecuencia binaria conformada para minimizar la complejidad del transceptor.

Por el contrario de BR/EDR, esta tecnología admite múltiples topologías de red, incluida una opción punto a punto utilizada para la transferencia de datos, una opción de transmisión utilizada para servicios de ubicación y una opción de malla utilizada para crear redes de dispositivos a gran escala.

2.2.3.2.1. Arquitectura

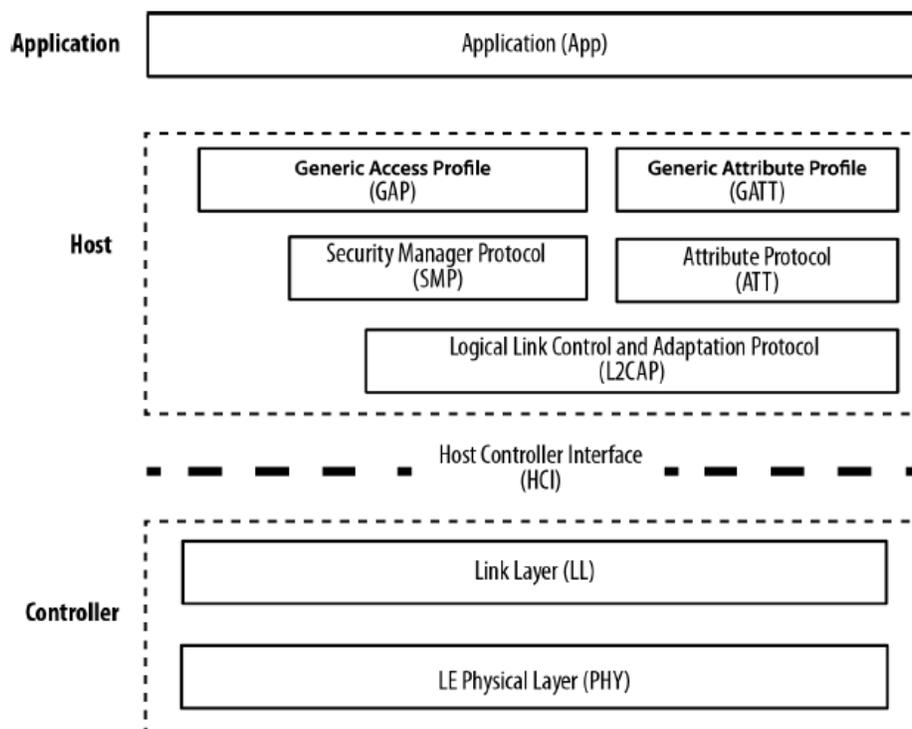


Figura 6. La pila del protocolo BLE

Fuente: (Townsend, Cufí, Akiba, & Davidson, 2014)

2.2.3.2.1.1. Physical Layer

La capa física (PHY) contiene el circuito de comunicaciones analógicas, capaz de modular y demodular señales y transformarlas en símbolos digitales.

La radio usa la banda ISM de 2.4 GHz para comunicarse y dividir esta banda en 40 canales de 2.4000 a 2.4835 GHz. Como se muestra en la Figura (Canales de frecuencia), 37 de estos canales se utilizan para datos de conexión y los últimos tres canales (37, 38 y 39) se utilizan como canales de publicidad para establecer conexiones y enviar datos de difusión.

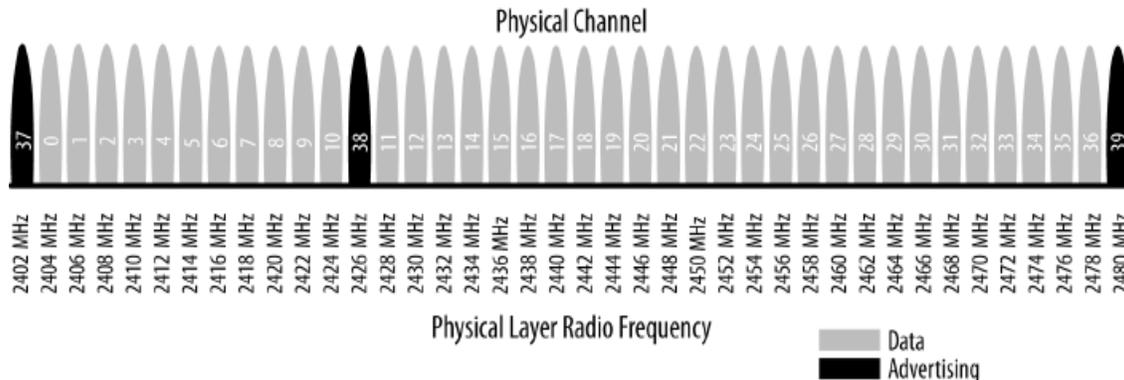


Figura 7. Canales de frecuencia

Fuente: (Nilsson, 2011)

El estándar usa una técnica llamada espectro de salto de frecuencia (FHSS), en el que la radio salta entre canales en cada evento de conexión usando la siguiente fórmula tomando en cuenta que el valor del salto variará conforme se establezca una nueva conexión:

$$\text{channel} = (\text{curr_channel} + \text{hop}) \bmod 37$$

Esta técnica minimiza el efecto de cualquier interferencia de radio presente en la banda de 2,4 GHz en cualquier canal, especialmente porque wifi y Bluetooth clásico prevalecen en esta banda, aunque, investigaciones recientes sustentan que los dispositivos pueden experimentar interferencias fuertes cuando se configuran en una potencia de transmisión alta (> -100 dBm dependiendo del entorno de aplicación) (Kalaa, Balid, Bitar, & Refai, 2016).

En cuando a la modulación para la codificación el flujo de bits en el aire es mediante desplazamiento de frecuencia gaussiana (GFSK), misma que es utilizada por Bluetooth clásico y otros protocolos patentados de baja potencia inalámbricos. La tasa de modulación para BLE se fija en 1 Mbit / s, que es, el límite máximo de rendimiento físico para la tecnología.

2.2.3.2.1.2. Link Layer

La capa de enlace es la parte que interactúa directamente con la PHY, y es responsable de cumplir con todos los requisitos de temporización definidos por la especificación. Por lo tanto, generalmente se mantiene aislado de las capas superiores de la pila de protocolos mediante una interfaz estándar que oculta la complejidad y los requisitos en tiempo real del resto de las capas.

Administra, también, el estado del enlace definido como la forma en que el dispositivo se conecta a otros dispositivos. Un dispositivo BLE puede ser un maestro (iniciar conexiones), un esclavo (anunciar disponibilidad y/o aceptar conexiones) o ambos, según el caso de uso y sus requerimientos.

La relación que existe entre maestros y esclavos es de varios a varios que, típicamente, los dispositivos como teléfonos inteligentes o tabletas, gracias a sus recursos, tienden a actuar como un maestro, mientras que los dispositivos más pequeños y simples, como los sensores independientes, generalmente adoptan el rol de esclavo.

Tabla 2.
Roles de la capa de enlace

Tipo	Nombre	Descripción
Conexión pasiva	Anunciante	Un dispositivo que envía paquetes publicitarios.
	Escáner	Un dispositivo escaneando paquetes publicitarios.
Conexión activa	Maestro	Un dispositivo que inicia una conexión y lo gestiona más tarde.
	Esclavo	Un dispositivo que acepta una solicitud de conexión y sigue el tiempo del maestro.

Además de anunciar, escanear, establecer (y destruir) conexiones y transmitir y recibir datos, Link Layer también es responsable de varios procedimientos de control, incluidos estos dos procesos críticos:

- **Cambiar los parámetros de conexión:** La capa de enlace permite al maestro y al esclavo solicitar nuevos parámetros de conexión y, en el caso del maestro, configurarlos unilateralmente en cualquier momento. De esta forma, cada conexión se puede ajustar para proporcionar el mejor equilibrio entre el rendimiento y el consumo de energía.
- **Cifrado:** Las claves son generadas y administradas por el host, pero la capa de enlace realiza el cifrado y descifrado de datos de forma transparente a las capas superiores.

Estos dos procedimientos son especialmente relevantes, ya que cada uno requiere la participación del anfitrión en ambos lados para llevarse a cabo. La capa de enlace maneja procedimientos adicionales para intercambiar información de la versión y capacidades internamente, por lo que son transparentes tanto para el host como para el desarrollador de la aplicación.

2.2.3.2.1.3. Host Controller Interface (HCI)

HCI es un protocolo estándar que permite la comunicación entre un host y un controlador a través de una interfaz en serie. Esta separación se hace lógica y práctica ya que el controlador es el único módulo con contacto a la capa física y requisitos en tiempo real; mientras que, el host implementa una pila de protocolos más compleja pero menos rigurosa en cuanto al factor tiempo lo que la hace adecuada para un CPU más avanzado.

La especificación Bluetooth define HCI como un conjunto de comandos y eventos para que el host y el controlador interactúen entre sí, junto con un formato de paquete de datos y un conjunto de reglas para el control de flujo y otros procedimientos (Gómez, Oller, & Paradells, 2012).

Aunque los nuevos avances en la tecnología de semiconductores han permitido que, gracias al sistema system-on-chip (SoC), BLE implemente sensores usando un solo chip que ejecuta las 3 capas (controlador, host y la aplicación) simultáneamente en una CPU de baja potencia.

2.2.3.2.1.4. Logical Link Control and Adaptation Protocol (L2CAP)

Esta capa crítica provee de dos funciones principales:

- Multiplexor: Sirve como un multiplexor de protocolos que toma múltiples protocolos de las capas superiores y los encapsula en el formato de paquete BLE estándar (y viceversa).

Fragmentación y recombinación:

- Transmisión (Tx): proceso que toma grandes paquetes de las capas superiores y los divide en fragmentos que se ajustan al tamaño máximo de 27 bytes de carga útil de los paquetes BLE.
- Recepción (Rx): recepción de múltiples paquetes que se han fragmentado y los recombina en un solo paquete grande que luego se enviará en sentido ascendente a la entidad apropiada en las capas superiores del host.

Para Bluetooth Low Energy, la capa L2CAP está a cargo o enruta dos protocolos principales: el Attribute Protocol (ATT) y el Security Manager Protocol (SMP). El ATT forma la base del intercambio de datos en las aplicaciones BLE, mientras que el SMP proporciona un marco para generar y distribuir claves de seguridad entre pares.

2.2.3.2.1.5. Attribute Protocol (ATT)

ATT es un protocolo cliente/servidor sin estado (stateless protocol) basado en los atributos presentados por un dispositivo; siendo estricto cuando se trata de su secuencia: si una solicitud aún está pendiente (aún no se recibió respuesta), no se pueden enviar más solicitudes hasta que la respuesta se reciba y procese. Esto se aplica a ambas direcciones de forma independiente en el caso en que dos pares actúen como cliente y servidor.

Cada servidor contiene datos organizados en forma de atributos, a cada uno de los cuales se le asigna un identificador de atributo de 16 bits o también llamado identificador único universal (UUID), un conjunto de permisos y, por supuesto, un valor.

Cuando un cliente desea leer o escribir valores de atributos desde o hacia un servidor, emite una solicitud de lectura o escritura al servidor con el controlador. El servidor responderá con el valor del atributo o un acuse de recibo; tomando en cuenta que si es una operación de lectura, le corresponde al cliente analizar el valor y comprender el tipo de datos en función del UUID del atributo; o, durante una operación de escritura, se espera que el cliente proporcione datos que sean consistentes con el tipo de atributo y el servidor puede rechazar la operación de no ser el caso.

Tabla 3.

Operaciones ATT

Nombre	Descripción
Manejo de errores	Utilizado por el servidor para responder a cualquiera de las solicitudes cuando ocurre un error.
Configuración del servidor	Se usa para configurar el protocolo ATT en sí.

Continúa 

Encontrar información	Utilizado por el cliente para obtener información sobre el diseño de los atributos del servidor.
Operaciones de lectura	Utilizado por el cliente para obtener el valor de uno o más atributos.
Operaciones de escritura	Utilizado por el cliente para establecer el valor de uno o más atributos.
Escrituras en cola	Utilizado por el cliente para escribir en valores de atributos que son más largos de lo que puede caber en un solo paquete.
Iniciado por el servidor	Utilizado por el servidor para enviar de forma asíncrona valores de atributo al cliente.

Todas las operaciones excepto en la categoría “Iniciado por el servidor” se agrupan en pares de solicitud/respuesta.

2.2.3.2.1.6. Security Manager (SM)

Security Manager (SM) es un protocolo y una serie de algoritmos de seguridad diseñados para proporcionar la pila de protocolos Bluetooth con la capacidad de generar e intercambiar claves de seguridad, que luego permiten a los pares comunicarse de forma segura a través de un enlace cifrado, para confiar en la identidad del dispositivo remoto, y finalmente, para ocultar la dirección pública de Bluetooth si es necesario para evitar que pares malintencionados rastreen un dispositivo en particular.

Security Manager define dos roles:

- Initiator: Siempre corresponde al maestro de la capa de enlace y, por lo tanto, a la central de GAP.
- Responder: Siempre corresponde al esclavo Link Layer y, por lo tanto, al periférico GAP.

2.2.3.2.1.7. Generic Attribute Profile (GATT)

El perfil de atributos genérico (GATT) se basa en el protocolo de atributos (ATT) y agrega una jerarquía y un modelo de abstracción de datos en la parte superior. Cumple un importante papel en

la transferencia de datos BLE ya que define cómo se organizan y se intercambian los datos entre las aplicaciones.

GATT define objetos de datos genéricos que pueden ser utilizados y reutilizados por una variedad de perfiles de aplicación (conocidos como perfiles basados en GATT). Mantiene la misma arquitectura cliente/servidor presente en ATT, pero ahora los datos están encapsulados en servicios, que consisten en una o más características. Se puede considerar que cada característica es la unión de una parte de los datos del usuario junto con los metadatos (información descriptiva sobre ese valor, como las propiedades, el nombre visible para el usuario, las unidades y más).

2.2.3.2.1.8. Generic Access Profile (GAP)

El perfil de acceso genérico (GAP) dicta cómo los dispositivos interactúan entre sí en un nivel inferior, fuera de la pila de protocolo real; para realizarlo, establece diferentes conjuntos de reglas y conceptos para regular y estandarizar el funcionamiento de bajo nivel de los dispositivos:

- Roles e interacción entre ellos.
- Modos operacionales y transiciones a través de esos.
- Procedimientos operacionales para lograr una comunicación consistente e interoperable.
- Aspectos de seguridad, incluidos modos y procedimientos de seguridad.
- Formatos de datos adicionales para datos no relacionados con protocolos.

2.2.3.3. Tabla comparativa

Tabla 4.

Tabla comparativa de sistemas de tecnología inalámbrica

	Bluetooth Low Energy (LE)	Bluetooth Basic Rate/ Enhanced Data Rate (BR/EDR)
Optimizado para ...	Transmisión de datos de ráfaga corta	Transmisión continua de datos
Banda de frecuencia	Banda ISM de 2.4GHz (2.402 – 2.480 GHz Utilizado)	Banda ISM de 2.4GHz (2.402 – 2.480 GHz Utilizado)

Continúa 

Canales	40 canales con espaciado de 2 MHz (3 canales publicitarios / 37 canales de datos)	79 canales con espaciado de 1 MHz.
Uso del canal	Espectro de propagación de salto de frecuencia (FHSS).	Espectro de propagación de salto de frecuencia (FHSS).
Consumo de energía	~ 0.01x a 0.5x de referencia (según el caso de uso)	1 (valor de referencia)
Max Tx potencia	Clase 1: 100 mW (+20 dBm) Clase 1.5: 10 mW (+10 dbm) Clase 2: 2.5 mW (+4 dBm) Clase 3: 1 mW (0 dBm)	Clase 1: 100 mW (+20 dBm) Clase 2: 2.5 mW (+4 dBm) Clase 3: 1 mW (0 dBm)
Rango aproximado	Clase 1: 100 metros Clase 1.5: 60 metros Clase 2: 20 metros Clase 3: 1 metro	Clase 1: 100 metros Clase 2: 20 metros Clase 3: 1 metro
Topologías de red	Punto-a-punto (incluida piconet) Broadcast Malla	Punto-a-punto (incluida piconet)

2.2.4. Topología

Esta tecnología admite múltiples opciones de topología para satisfacer las necesidades de conectividad según el tipo de sistema de tecnología inalámbrica.

2.2.4.1. Punto a punto (Point-to-point)

Punto a punto es una topología de red utilizada para establecer comunicaciones de dispositivo uno a uno (1: 1).

La topología punto a punto disponible en la frecuencia básica de Bluetooth (BR/EDR) está optimizada para la transmisión de audio y es ideal para una amplia gama de dispositivos inalámbricos, como altavoces, auriculares y kits de manos libres para automóviles.

La topología punto a punto disponible en Bluetooth Low Energy (LE) está optimizada para la transferencia de datos y es muy adecuada para productos de dispositivos conectados, como rastreadores de estado físico, monitores de salud y periféricos y accesorios para PC.

2.2.4.2. Emisión (Broadcast)

Broadcast es una topología de red utilizada para establecer comunicaciones de dispositivo de uno a muchos (1: m).

La topología de emisión disponible únicamente en Bluetooth LE está optimizada para el intercambio de información localizada y es ideal para servicios de ubicación, como información de puntos de interés minorista, navegación interior y orientación, así como el seguimiento de artículos y activos.

2.2.4.3. Malla (Mesh)

Malla es una topología de red utilizada para establecer comunicaciones de dispositivo de muchos a muchos (m: m).

La topología de malla disponible únicamente en Bluetooth LE permite la creación de redes de dispositivos a gran escala y es ideal para sistemas de control, monitoreo y automatización donde decenas, cientos o miles de dispositivos necesitan comunicarse de forma confiable y segura.

2.3. Beacon

Un beacon es un pequeño dispositivo inalámbrico que, apoyándose de la tecnología BLE, emite una señal de radio de muy corto alcance compuesta por una combinación de letras y números transmitidos en un intervalo regular de aproximadamente 1/10 de segundo a teléfonos inteligentes o tabletas compatibles dentro de su proximidad (Kontakt.io, 2019).

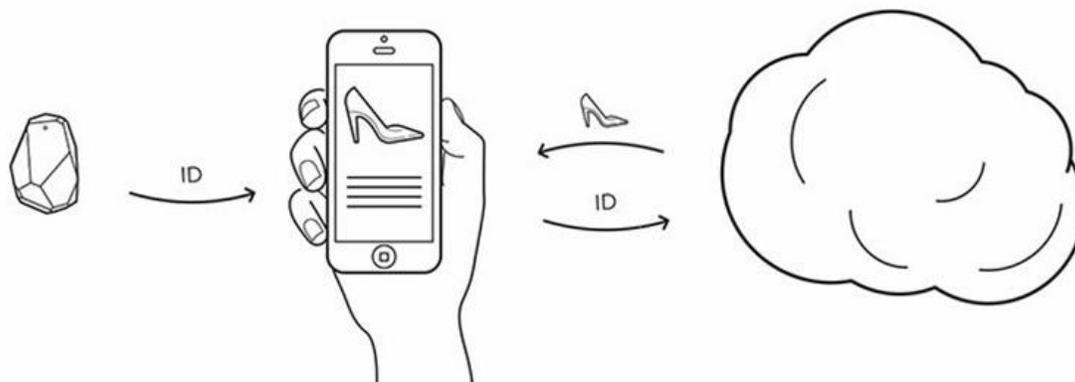


Figura 8. Interacción beacon en entorno real

El dispositivo electrónico puede usar la información del beacon para determinar su ubicación y servicios; y actuar en consecuencia para lo que ha sido configurado; tomando en cuenta que los beacons pueden también estar equipados con acelerómetros, sensores de temperatura o complementos únicos que permiten que la recolección de información sea mucho más efectiva para el caso de uso.

El beneficio principal de los beacons es el potencial valor de la información en cuanto a comportamiento de los usuarios en entornos específicos y el contexto con el que un usuario interactúa en su dispositivo móvil. Aunque, además de las oportunidades basadas en datos, hay otras razones detrás de este inmenso interés en las balizas: como la accesibilidad y flexibilidad. Los beacons son relativamente económicos y fáciles de implementar en comparación con otras soluciones de proximidad y ubicación en interiores.

2.3.1. Protocolos de comunicación

2.3.1.1. iBeacon

iBeacon es un estándar de tecnología de Apple, que permite que aplicaciones móviles (iOS o Android) escuchen las señales de las balizas en el mundo físico y reaccionen en consecuencia. El protocolo define los paquetes de datos que envía una baliza, así como las API de iOS que los desarrolladores de software pueden usar para acceder a esas balizas (Apple Inc., 2014).

Con iBeacon, Apple ha estandarizado el formato para BLE Advertising. Bajo este formato, un paquete publicitario consta de cuatro partes principales de información:

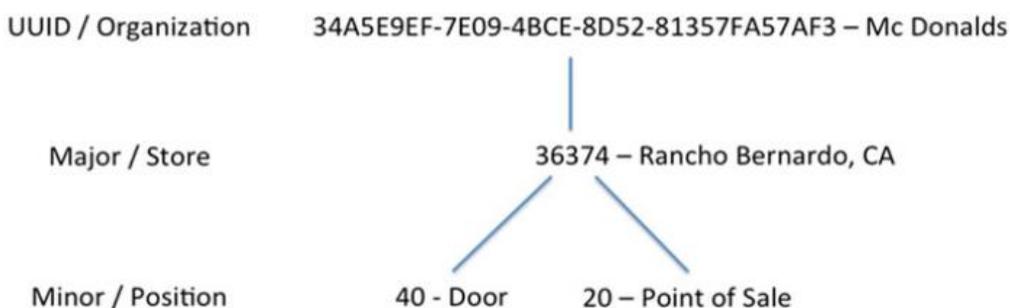


Figura 9. Ejemplo de jerarquía UUID, mayor, menor
Fuente: (Statler, 2016)

- **UUID:** Cadena de 16 bytes que identifica de forma única uno o más beacons como un tipo determinado o de una determinada organización.
- **Mayor:** Un entero opcional sin signo de 2 bytes que puede agrupar beacons relacionadas que tienen el mismo UUID de proximidad para distinguirlas en subsecciones.
- **Menor:** Un entero opcional sin signo de 2 bytes que diferencia balizas con el mismo UUID de proximidad y mayor; identificando así beacons individuales.
- **Valor de RSSI:** Programado en la baliza para facilitar la determinación de la distancia de la baliza en función de la intensidad de la señal.

2.3.1.2. AltBeacon

Si bien muchas personas usan la tecnología iBeacon en dispositivos Android a pesar de algunas restricciones, el enfoque propietario de Apple inspiró a Radius Networks a crear el estándar abierto AltBeacon que puede ser utilizado en plataformas Android, Windows y Linux.

AltBeacon define un paquete de transmisión Bluetooth que es diferente de iBeacon pero funciona de la misma manera, creando interoperabilidad, de manera que se usa generalmente con un identificador de tres partes con las mismas longitudes de bytes que las utilizadas en iBeacon. Mientras que iBeacon define un UUID de proximidad, mayor y menor; con AltBeacon utiliza Id1, Id2 e Id3, que funcionan exactamente de la misma manera.

Debido a que AltBeacon es un formato de transmisión diferente de iBeacon, los sistemas que usan iBeacon en iOS y AltBeacon en Android generalmente usan lo que se llama un beacon de intercalación; la cual envía dos formatos diferentes en un solo paquete.

2.3.1.3. Eddystone

Gran parte de cómo funciona Eddystone es lo mismo que iBeacon, aunque con funcionalidades extendidas. Un beacon bluetooth Eddystone puede transmitir cuatro tipos de paquetes, también conocidos como "frames".

- **Unique ID (UID)** es una ID estática única (similar a UUID, majors y minors) con dos partes: namespace e instance.

- URL incluye una URL comprimida que puede ser utilizada directamente por el usuario final
- TLM transmite algunos datos de telemetría sobre cualquier sensor conectado y el estado de la misma señal.
- EID is an added security measure similar to Kontakt.io Shuffling.

Eddystone posee una relación e importancia para la web física que, en términos generales, se parece a la idea general que tenemos sobre la conectividad inalámbrica. Es una forma que el IoT podría tomar: hacer, el trabajo digital y físico, juntos a través de beacons.

2.3.1.3.1. Eddystone-UID (Unique ID)

Se usa para desencadenar acciones en aplicaciones móviles que se ejecutan en primer plano o en segundo plano; tomando en cuenta que los beacons necesitan transmitir ambos cuadros iBeacon y Eddystone-UID si desean desencadenar acciones en las aplicaciones iBeacon y Eddystone respectivamente.

Tx Power: Al igual que con iBeacon, las tramas Eddystone-UID contienen un campo para permitir la calibración de la intensidad de la señal que la radiobaliza está utilizando para transmitir. Este campo contiene la intensidad de la señal medida desde la baliza a cero metros, mientras que las iBeacons están calibradas a una distancia de un metro. Este valor puede variar desde -100dBm hasta + 20dBm.

UID: Los paquetes Eddystone-UID contienen un UUID de 10 bytes que identifica un grupo de beacons. Esto es semejante al UUID iBeacon aunque seis bytes más corto. Google recomienda dos formas de generar el UID. Una es tomar el UUID utilizado para el iBeacon correspondiente y eliminar los bytes del 5 al 10. Alternativamente, Google sugiere una transformación del nombre de dominio alfanumérico del propietario, usando un algoritmo hash, para crear el UID hexadecimal.

Instance ID: La ID de instancia identifica la señal dentro del grupo UID. iBeacons utiliza dos números para hacer esto, los números mayor y menor (4 bytes totales); a diferencia de Eddystone que posee seis bytes disponibles que le permiten un amplio espacio para construir el tipo de jerarquías necesarias para mapear los beacons dentro de una organización. Por ejemplo, los primeros dos bytes pueden correlacionarse con el número de tienda; los siguientes dos bytes

podrían usarse para representar el departamento en la tienda; y los dos últimos podrían identificar la posición lógica dentro del departamento (una posición de punto de venta).

2.3.1.3.2. Eddystone-TLM (Telemetry)

Controla la salud de los beacons ofreciendo de una forma estandarizada información del nivel de batería, la temperatura y el tiempo transcurrido desde el encendido o reinicio.

Google asigna al fabricante la tarea de regular la frecuencia con la que, los frames, son transmitidos; tomando en cuenta que las transmisiones TLM se intercalan con otros tipos de paquetes (UID, EID y URL) y esto produce un consumo de energía elevado.

2.3.1.3.3. Eddystone-URL (Uniform Resource Locator)

Las tramas Eddystone-URL incluyen un campo para calibrar la potencia a la que transmite la baliza y también posee otro campo que puede tener un URL comprimido de hasta 17 bytes de longitud. Se puede usar cualquier servicio de compresión de URL, incluido el propio acortador de URL de Google <https://goo.gl>.

2.3.1.3.4. Eddystone-EID (Ephemeral Identifiers)

Es una variación del UID, ya que admite más protecciones de privacidad y seguridad al desencadenar acciones en las aplicaciones.

Cuando una baliza transmite un identificador estático, se abre la posibilidad de que otros los graben y los asignen y los utilicen para fines específicos de manera que ocupen sus recursos o incluso retransmitan y falsifiquen la identidad de la baliza.

Google cambia periódicamente la dirección MAC y la ID de un marco efímero de forma que solo las entidades autorizadas pueden descifrarlo, de modo que terceros no autorizados no puedan burlar, ni engañar. El problema es que el enfoque para hacer esto difiere entre cada proveedor, lo que hace que el hardware sea propietario y elimina la promesa de interoperabilidad, que es fundamental para iBeacon.

2.3.2. Experiencia de proximidad

La proximidad del beacon se basa en una comparación de un indicador de intensidad de la señal recibida (RSSI) con la potencia de transmisión (Tx) lo que le permite aproximarse al cálculo de la distancia de la señal.

Desafortunadamente, este cálculo no puede ser muy preciso ya que las señales de RF se desvanecen impredeciblemente de acuerdo con factores ambientales del mundo real como paredes, clima y personas. Aunque, la distancia aproximada generalmente es lo suficientemente buena para aplicaciones de proximidad que se centran en determinar si la señal está cerca o lejos.

Las versiones futuras de la especificación Bluetooth probablemente incorporen características de ángulo de llegada (AoA) y ángulo de salida (AoD) que permiten que un dispositivo Bluetooth de múltiples antenas determine con precisión la ubicación espacial de otro dispositivo.

2.3.3. Casos de uso

Los beacons generalmente se usan en los siguientes escenarios:

El primero y más común es que un beacon se coloque en una ubicación fija o en un objeto móvil; después, un teléfono inteligente correlaciona la proximidad de la baliza con un comportamiento deseado, como abrir una aplicación u ofrecer contenido relevante.

El segundo usa un nodo inalámbrico fijo para monitorear balizas en objetos que pasan por o a través de su área de monitoreo. Luego puede informar a otra aplicación usando una red cableada o WAN. Este modelo podría aplicarse al seguimiento de activos para herramientas y equipos costosos, ganado o incluso personas mediante la utilización de una etiqueta de pulsera.

Los dos escenarios de uso anteriores se basan en proximidad y su aplicación se encuentra en negocios minoristas y comerciales donde los beacons distribuidos en una tienda permiten que las aplicaciones ofrezcan experiencias individualizadas a sus clientes mediante mensajes, cupones personalizados y rastreo de reacciones.

Entre los casos prácticos podemos mencionar en sistemas de punto de venta tales como máquinas expendedoras; donde un cliente se acerca a una máquina expendedora habilitada para beacons y su teléfono inteligente activa una aplicación de pago o sitio web para sugerir elementos

favoritos o un menú de opciones disponibles y hasta realizar operaciones de gestión de inventario en función del uso del cliente.

Otro caso práctico es al proporcionar navegación interior y contenido localizado relevante en grandes edificios como hospitales, centros comerciales o museos.

2.3.4. Productos comerciales

Según Maxus Global en marzo de 2015 los principales productores de beacons fueron Estimote (58,3 %), Kontakt (18,7 %) y el 23 % otros (Maxus Global, 2016).

2.3.4.1. Estimote



Figura 10. Beacon Estimote

Fuente: (Estimote, 2019)

Estimote ha tenido éxito estableciendo un equipo de desarrollo y administración con sede en Polonia proyectando una imagen de la mejor startup de Silicon Valley. El atractivo visual se extiende más allá de su producto y su embalaje, a través de los materiales en su sitio web, comunidad de desarrolladores y canal en YouTube.

En cuanto a la gestión de balizas posee una aplicación intuitiva iOS, con acceso simple a los controles para cambiar todos los parámetros de baliza, también funcionalidades de rotación UUID y soporte para Eddystone.

Estimote agrega valor con una API de ubicación interior que permite el mapeo simple de una sala con balizas colocadas en cada una de las paredes y luego ofrece un posicionamiento del usuario casi en tiempo real dentro del espacio mapeado.

Una de las desventajas es que cuando la batería se agote, la única forma en que se puede reemplazar es si la carcasa del beacon se corta.

2.3.4.2. Kontakt.io



Figura 11. Beacon Kontakt.io

Fuente: (Kontakt.io, 2019)

Ha establecido su fortaleza en el mercado europeo, donde tiene una posición de liderazgo. La presencia de Kontakt.io se está volviendo más establecida en los Estados Unidos; estableciendo sus ofertas iniciales sin cargos mensuales recurrentes y un precio razonable.

Su imagen se basa en un enfoque en soluciones basadas en causas, con una historia fundacional que se relaciona con la prestación de asistencia a personas ciegas con aplicaciones móviles habilitadas para balizas.

Kontakt.io fue uno de los primeros proveedores en admitir los protocolos Eddystone e iBeacon simultáneamente. Si bien su diseño industrial no es tan visible como Estimote, aún posee funcionalidades tales como conexión wifi o un robusto beacon resistente a la intemperie según las distintas versiones; al igual que un programa de desarrollo bien organizado con la producción más regular de contenido de video para guiar a los participantes al sistema beacon.

2.4. Emergencias y urgencias médicas

2.4.1. Salud física

Las emergencias y urgencias médicas cuando no son atendidas de la manera y técnica adecuada representan un alto riesgo de vida y compromiso del cuadro clínico del paciente, contribuyendo para el empeoramiento del mismo.

Tomando en cuenta que una emergencia está definida como situaciones con peligro inminente de muerte que necesariamente requieren de intervención médica inmediata; mientras que, una urgencia, son aquellos escenarios que si bien no existe riesgo de muerte, necesitan de una rápida atención médica con la finalidad de calmar síntomas o prevenir complicaciones mayores.

2.4.2. Triage

Proceso orientado a la organización de la demanda asistencial, mediante una valoración rápida y normalizada. La valoración es empleada con el fin de seleccionar a las víctimas que requieren de atención, de acuerdo con nivel de gravedad, inmediata o mediato, ofreciendo asistencia médica con el objetivo de prolongar la vida del paciente y prevenir consecuencias serias la salud (Osakidetza, 2018).

El proceso está comprendido de tres partes:

- Recepción y acogida.
- Clasificación.
- Intervención.

2.4.3. Escala de Manchester

Es un protocolo de clasificación de riesgos existentes que intenta cumplir con 5 objetivos:

- Obtener nomenclatura común.
- Establecer definiciones comunes.
- Desplegar una metodología sólida de triaje.
- Instituir un modelo global de información.
- Aprobar y proporcionar la auditoria del método de triaje desarrollado.

Tabla 5.
Niveles de urgencia según el paciente

Prioridad		Descripción	Tiempo
Emergencia	(Rojo)	Caso muy serio, con necesidad de atención inmediata con riesgo de muerte.	Inmediato
Muy Urgente	(Naranja)	Caso grave con riesgo significativo de evolucionar a muerte.	Inmediato – 10 min
Urgente	(Amarillo)	Caso de gravedad moderada, necesidad de atención médica, sin riesgo inmediato.	30 min – 1 hora
Poco Urgente	(Verde)	Caso para atención preferente en las unidades de atención básica.	2 horas
No urgente	(Azul)	Caso para atención en unidades de salud más próxima a su residencia.	4 horas

Fuente: (Wulp, Schrijvers, & Stel, 2009)

La escala de clasificación de pacientes examina 52 posibles razones de consulta que se recopilan en 5 categorías con su respectivo árbol de flujo de preguntas y discriminadores que, después de máximo 5 preguntas, se clasifica al paciente en uno de los 5 niveles que se traducen en un código de color y en un tiempo máximo de atención (Amthauer & Cunha, 2016).

Los beneficios para los pacientes son:

- Provee información acerca de su estado y tiempo aproximado de espera.
- Crea un ambiente idóneo para realizar tareas de educación sanitaria, disminuyendo factores de ansiedad y nerviosismo.
- Respuesta clara en función de su estado de salud.

Las ventajas para el servicio de urgencias son:

- Otorga la capacidad de reordenar los recursos en función de la demanda.
- Origina información útil para la orientación de recursos a disponer.
- Crece la satisfacción de los usuarios del servicio de urgencias.

2.4.3.1. Factores que determinan la prioridad

Los factores generales son: riesgo vital, dolor, hemorragia, nivel de conciencia, temperatura y agudeza (tiempo de evolución), que son empleados a todos los pacientes; y tomando en cuenta que

es un aplicativo enfocado a entidades de educación superior se establecen 3 niveles de prioridad necesarios y suficientes en los que pueden incurrir las instituciones.

PRIORIDAD I - Pacientes con alteración súbita y crítica del estado de salud, en riesgo inminente de muerte, y que requieren atención inmediata:

- Paciente inconsciente que no responde a estímulos
- Paciente con trauma severo como víctima de accidente de tránsito.
- Status convulsivo.
- Status asmático.
- Quemaduras por fuego en ambiente cerrado.

PRIORIDAD II - Pacientes portadores de cuadro súbito, agudo con riesgo de muerte o complicaciones serias, cuya atención debe realizar en un tiempo de espera no mayor a 10 minutos.

- Convulsión reciente en paciente consciente.
- Contusiones o traumatismos con sospecha de fractura o luxación.
- Herida cortante que requiere sutura
- Reacción alérgica, sin compromiso respiratorio.
- Esguinces.
- Contusiones o traumatismos leves sin signos o síntomas de fractura o luxación.

PRIORIDAD III - Paciente que no presenta riesgo de muerte, ni secuelas invalidantes, con un periodo de espera de 30 minutos a 1 hora.

- Dolor abdominal leve con náuseas, vómitos, diarrea, signos vitales estables.
- Herida que no requiere sutura.
- Intoxicación alimentaria.

2.4.4. Gestión de la información

En situaciones de emergencia, la información es el componente principal que permite una toma de decisiones efectiva bajo factores de visibilidad, credibilidad, optimización de recursos, respuesta oportuna, rápida y adecuada a los sujetos perjudicados por este tipo de sucesos; brinda también, en

una correcta gestión, la posibilidad de analizar, evaluar y monitorizar procesos específicos para la mejora continua (Organización Panamericana de la Salud, 2009).

En cuanto a los medios de comunicación, al ser una variable esencial, intervienen directamente la acción y la operación técnica simultáneamente con buenas estrategias que involucren a todos los participantes que lleven a una gestión eficiente de la emergencia.

En base a la información y a los medios de comunicación se debe dar la importancia apropiada a estas acciones, que requieren de un trabajo previo y continuo de preparación y planificación, dotando dichos factores de los medios, capacidades y recursos técnicos y humanos necesarios, así como del respaldo y concientización político de las autoridades competentes.

2.4.5. Actividades y conductas ante emergencias

El análisis de las reacciones, ante este tipo de experiencias, es crucial al momento de establecer sistemas de control y monitoreo eficaces. Teniendo en mente que este factor puede ser reducido, en parte, por capacitaciones constantes a los implicados. Un estudio realizado muestra las acciones de personas ante emergencias generales, tomando en cuenta que éstos han sido afectados, ya sea directamente o por cercanía son las siguientes:

Tabla 6.

Reacción en situación de catástrofe.

Reacción	Personalmente	Por cercanía	Total
Pánico o miedo irrefrenable, con reacciones que van desde la histeria hasta un completo parálisis.	17,6%	7,2%	13,6%
Miedo moderado que refleja una conducta razonable	27,0%	31,9%	28,9%
Desconcierto, cierta sensación de miedo e intranquilidad.	23,3%	35,0%	27,8%
Tranquilidad	18,8%	15,6%	17,6%
Indiferencia	0,8%	1,9%	1,2%
Reacción imprudente, sin noción del riesgo	8,6%	2,5%	6,3%
Desconocida	3,9%	5,9%	4,6%
Total	100,0%	100,0%	100,0%

Fuente: (Slovic, 2016)

Según el estudio, la conclusión de comparar una reacción esperada con una real, se encuentran en niveles muy diferentes, ya que, al parecer la experiencia real mostró más factores de auto-control y medida que acciones de desorden. Corroborando así una considerable disminución de este factor si se realizan correctas campañas de concientización acerca de procedimientos que deben seguir en caso de emergencias.

2.5. Trabajos relacionados – mapeo sistemático

2.5.1. Etapa de planificación

2.5.1.1. Preguntas de investigación

El objetivo de este mapeo sistemático es examinar la sección del estado del arte de publicaciones enfocadas en beacons y smartphones para las funcionalidades de proximidad y localización en interiores, con el fin de identificar las arquitecturas existentes de implementación y proponer una nueva que sea efectiva para el ámbito de aplicación propuesto.

Para lo cual, se ha establecido 3 preguntas de investigación (vea la tabla 7).

Tabla 7.

Preguntas de investigación.

Preguntas	Motivación
Q1. ¿Qué propuestas existen para la aplicación de tecnología beacon?	Determinar los campos de aplicación más utilizados en cuanto a la tecnología beacon.
Q2. ¿En qué lugares se han propuesto la implementación?	Determinar cuáles son los lugares más comunes en donde se aplica la tecnología beacon.
Q3. ¿Qué tipo de aportación se ha realizado en la interacción de tecnología beacon y smartphones?	Determinar aportaciones que se han podido establecer a lo largo de la creación de beacons.

2.5.1.2. Estrategia de búsqueda

Se utilizarán 3 bases de datos digitales: Scopus, IEEE y ScienceDirect para realizar la búsqueda automatizada; la cadena de búsqueda especificada a continuación se aplicará sobre los campos “título”, “abstract” y “palabras clave” tomando como rango de referencia entre los años 2010 hasta

la actualidad, debido a que BLE no se estabilizó hasta dicho año, proponiendo así Bluetooth Smart y Bluetooth Smart Ready.

Tabla 8.

Cadena de búsqueda.

Concepto	Términos Alternativos y Sinónimos	
Dispositivos	Android	AND
	Mobile Devices	
	Smartphones	
Tecnología	BLE Beacon	
	Bluetooth Smart	
	Bluetooth Low Energy	
Funcionalidades	Proximidad	
	Localización en interiores	

2.5.1.3. Criterios de selección de los estudios primarios

Se tomarán en cuenta los estudios que cumplan con los siguientes criterios de inclusión:

- I1: estudios concernientes a tecnología beacon y smartphones que sean editados en inglés
- I2: estudios completos publicados entre 2010 y 2018 en todo tipo de fuente bibliográfica de prestigio.

Por otro lado, se excluirán aquellos con alguno de los siguientes criterios:

- E1: Estudios de opinión o debate.
- E2: Estudios duplicados con fechas no recientes.
- E3: Estudios en los que el tema principal se considere de manera superficial

2.5.1.4. Criterios de evaluación de calidad

Dichos criterios permitirán determinar los estudios más representativos y relevantes en el área de estudio bajo un sistema de puntuación de tres valores:

- Contiene una descripción detallada sobre las características y la aplicación de las tecnologías propuestas (Sí +1 / Parcialmente 0 / No -1).
- Presenta una guía detallada sobre la arquitectura seleccionada (Sí +1 / Parcialmente 0 / No -1).

- Propuesta validada (Validado empíricamente – experimento, encuesta o estudio de caso +1 / Prueba de conceptos 0 / No validado -1).
- El estudio ha sido publicado en una revista o conferencia relevante según índice JCR (Muy relevante +1 / Relevante 0 / No relevante -1).
- El estudio ha sido citado por otros autores según índice Google Académico (Más de 5 autores +1 / Citado entre 1 y 5 autores 0 / No ha sido citado -1).

2.5.1.5. Estrategia de extracción de datos

Se plantea posibles categorías de respuestas a cada pregunta de investigación, tomándolos como marcos de referencia para la extracción de datos a los estudios (vea la tabla 9).

Tabla 9.

Esquema de clasificación.

Preguntas	Respuestas	
Q1. ¿Qué propuestas existen para la aplicación de tecnología beacon?	a. Turismo	d. Salud
	b. Cultura	e. Otros
	c. Educación	
Q2. ¿En qué lugares se han propuesto la implementación?	a. Universidades	d. Edificios
	b. Museos	e. Otros
	c. Ciudades	
Q3. ¿Qué tipo de aportación se ha realizado en la interacción de tecnología beacon y smartphones?	a. Productos	e. Otros
	b. Servicios	
	c. Procesos	
	d. Gestión	

2.5.1.6. Métodos de síntesis

En cuanto a la síntesis de datos cualitativa basada en la clasificación y evaluación de calidad de estudios primarios, se considerará mediante una arquitectura resultante que se acople de forma práctica al caso de estudio propuesto en el presente proyecto.

2.5.2. Etapa de ejecución

Se llevó a cabo mediante el marco de referencia de revisión definido en la etapa anterior, tomando como eje 3 fases:

- Selección de estudios potenciales: se introdujo las distintas combinaciones de cadenas de búsqueda sobre la base de datos y se obtuvieron un total de 72 estudios; una vez aplicados los criterios de selección únicamente sobre el abstract, nos permitió obtener un total de 33 artículos potenciales.

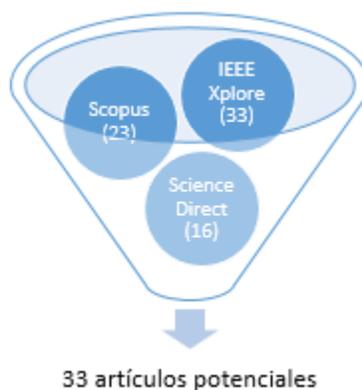


Figura 12. Universo de artículos encontrados.

- Selección de estudios primarios: se aplicaron los criterios de selección ahora sobre la totalidad de los estudios potenciales, y se obtuvieron un total de 21 artículos primarios.

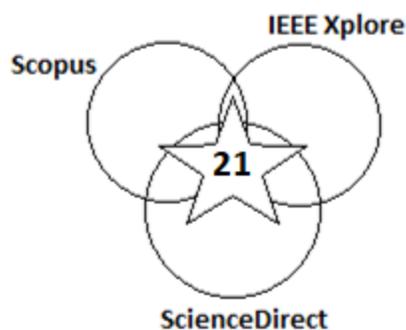


Figura 13. Selección de artículos primarios.

- Evaluación de calidad y clasificación de los estudios primarios en base a cada una de las preguntas de investigación.

Tabla 10.*Clasificación de estudios primarios.*

	Q1. ¿Qué propuestas existen para la aplicación de tecnología beacon?					Q2. ¿En qué lugares se han propuesto la implementación?					Q3. ¿Qué tipo de aportación se ha realizado en la interacción de tecnología beacon y smartphones?				
	Turismo	Cultura	Educación	Salud	Otros	Universidades	Museos	Ciudades	Edificios	Otros	Productos	Servicios	Procesos	Gestión	Otros
	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
s01			X		X	X				X		X		X	
s02				X	X			X		X		X	X	X	
s03					X				X	X		X			
s04					X			X		X		X	X		
s05	X		X				X								X
s06		X		X		X									X
s07		X					X		X		X		X		
s08			X	X		X		X				X	X		
s09	X		X				X			X	X				X
s10	X				X					X		X	X		
s11		X						X		X		X			X
s12		X				X	X				X				X
s13				X				X				X	X		
s14				X			X						X		X
s15			X						X			X		X	
s16		X		X		X		X			X	X			
s17	X				X		X						X	X	
s18			X		X				X				X		X
s19	X			X						X		X		X	
s20		X			X	X		X			X		X		
s21	X			X			X			X		X			

Tabla 11.*Evaluación de calidad de estudios primarios.*

		a). Descripción detallada sobre las características y la aplicación de las tecnologías propuestas			b). Guía detallada sobre la arquitectura seleccionada			c). Propuesta validada			d). Estudio publicado en una revista o conferencia relevante según índice JCR			e). Estudio citado por otros autores según índice Google Académico			Total
		Sí (+1)	Parcialmente (0)	No (-1)	Sí (+1)	Parcialmente (0)	No (-1)	Empíricamente (+1)	Prueba conceptos (0)	No validado (-1)	Muy relevante (+1)	Relevante (0)	No relevante (-1)	5 autores o más (+1)	Entre 1 y 5 autores	No ha sido citado (-1)	
s01	2015	X			X				X		X		X			1	
s02	2016	X			X		X		X				X			3	
s03	2016	X			X				X	X			X			3	
s04	2016		X		X		X				X			X		2	
s05	2016	X			X			X			X			X		2	
s06	2016		X		X		X					X	X			0	
s07	2016		X		X		X		X					X		3	
s08	2016	X			X		X				X			X		3	
s09	2016		X		X		X				X		X			1	
s10	2017	X			X			X	X						X	0	
s11	2017		X		X		X		X				X			2	
s12	2017	X			X		X		X				X			3	
s13	2017	X			X	X						X		X		1	
s14	2017		X		X	X					X				X	0	
s15	2017		X		X		X	X					X			3	
s16	2017	X			X		X				X			X		2	
s17	2017	X			X		X					X		X		2	
s18	2017	X			X		X		X					X		3	
s19	2017		X		X			X	X				X			1	
s20	2017	X			X		X		X				X			5	
s21	2017	X			X	X					X				X	1	

2.5.2.1. Resumen



Figura 14. Arquitectura sistema cooperativo de ubicación de autobuses.

Los autores proponen un prototipo de un sistema cooperativo de localización de buses con dispositivos BLE y teléfonos inteligentes.

El sistema consta de tres funciones:

- Dispositivos BLE con receptor GPS para obtener una ubicación y activar una aplicación de teléfono inteligente.
- La aplicación de teléfono inteligente para detección de ubicación y ubicación compartida.
- Servicio en la nube para administrar y distribuir información de ubicación cargada.

El aplicativo instalado en los usuarios finales se activa en segundo plano al detectar el dispositivo BLE, que cuenta con receptor GPS, y transmite un mensaje al servicio en la nube; de esta manera, obtiene la ubicación del bus en tiempo real de forma automática.

La aportación que realiza trae beneficios de la exactitud de la información, ya que la localización del bus regularmente depende del tráfico; y en cuanto al aspecto económico ofrece una alternativa más barata enfocada a dispositivos de localización y comunicación.

También toma una nueva perspectiva en cuanto a los métodos de detección participativa ya que generalmente dependen de las decisiones de los participantes para recabar información; lo que no sucede con el aplicativo.



Figura 15. Arquitectura registro de asistencias estudiantil.

Después de un análisis se establece que los sistemas más comunes para el registro de asistencia es el de escanear tarjetas ID de los estudiantes a través de un único dispositivo lector que ralentiza el proceso con relación al número de estudiantes asistentes.

Los investigadores proponen un sistema de gestión de asistencia estudiantil con la finalidad de reducir tiempo invertido en realizar esta tarea; la idea se apoya de la utilización de múltiples dispositivos en paralelo, tales como smartphones, lectores NFC y beacons, que le permiten comunicarse de manera efectiva, rápida y segura ya que muchas veces los estudiantes buscan maneras de registrarse ilegalmente dependiendo del sistema que se les presente.

Según la infraestructura, la señal del dispositivo beacon cubre el área del aula de alrededor de 30 metros cuadrados y la misma que es bloqueada de ofrecer un rango superior gracias a las paredes del salón.

El sistema está desarrollado en dos partes:

- Aplicación Android enfocado a los estudiantes
- Sistema de gestión basado en la web enfocado a los profesores



Figura 16. Arquitectura sistema de comunicación.

Los investigadores proponen la recolección de datos para la detección de fallas de pendiente mediante la creación de una red de comunicación multi-salto basado en la tecnología BLE mediante teléfonos inteligentes.

El sistema de alerta temprana y monitoreo de estado usa dispositivos equipados con los recursos necesarios para utilizarlos como terminales de sensores, los cuales se ubican de manera estratégica en áreas montañosas que son propensas a fallas de pendiente, y las mismas que establecen una red móvil ad hoc (MANET – Mobile ad hoc network) utilizando una interfaz BLE incorporada.

Una de las barreras presentadas estuvo enfocada a la comunicación de los datos ya que por las características de la zona de aplicación se vuelve obsoletas las tecnologías más comunes

presentadas en la actualidad tales como red móvil o satelital; al final se propone el desarrollo de una red de sensores inalámbricos máquina a máquina (M2M – Machine to machine).

La aplicación móvil del teléfono celular detecta el deslizamiento de tierra; entonces sus datos de aceleración e ubicación GPS se envían a un servidor a través de la red BLE de manera que queden registrados las fallas en las pendientes y se pueda realizar una posterior gestión de riesgos para mitigarlos de manera eficaz y efectiva no solo en cuanto al área afectada; sino también, en cuanto al personal de socorro involucrado.



Figura 17. Arquitectura sistema de geomarketing.

Se plantea el desarrollo de un sistema de geomarketing con la finalidad de ofrecer compras personalizadas más agradables y eficientes al cliente y que de manera paralela sea beneficioso también para las tiendas en la administración de sus estrategias de mercado gracias al monitoreo en tiempo real.

El sistema consiste en 3 componentes clave: servidor, teléfono inteligente y beacons (BLE) y la aplicación detecta la ubicación del cliente y la envía al servidor donde es clasificada y posteriormente genera una retroalimentación personalizada al cliente con la ayuda de notificaciones push que presentan anuncios o cupones.

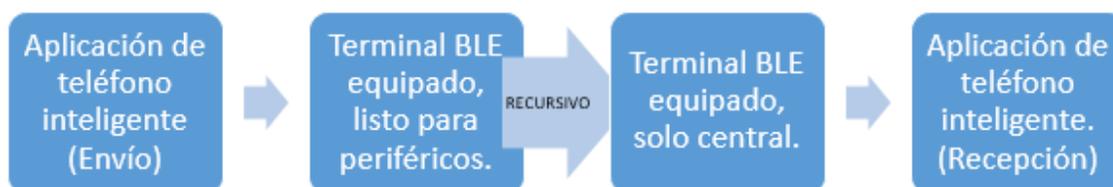


Figura 18. Arquitectura reenvío de mensajes.

Los investigadores proponen un sistema de comunicación ad hoc para teléfonos inteligentes, el cual está basado en BLE y su aplicación se enfoca en situaciones de desastre donde conexiones a internet no están disponibles.

Este sistema además cuenta con un mecanismo para distribuir las aplicaciones en el sitio y posee la función de resolver el “problema central-periférico” que se deriva del hardware BLE en donde muchas veces no se puede generar una conexión entre teléfonos inteligentes ya que éstos funcionan únicamente como “centrales”; pero se propone la utilización de algunos terminales listos para periféricos como un enrutador de la red con la finalidad de permitir el reenvío de mensajes a través de los mismos y solventar dicho conflicto.

2.5.2.2. Discusión

En base a los conocimientos adquiridos gracias a la revisión sistemática de la literatura y conforme al ámbito de aplicación del proyecto; se ha establecido un común denominador en cuanto al desarrollo de aplicaciones que utilicen dispositivos BLE y la ayuda de dispositivos inteligentes, por lo que se propone la siguiente arquitectura (ver figura 19).

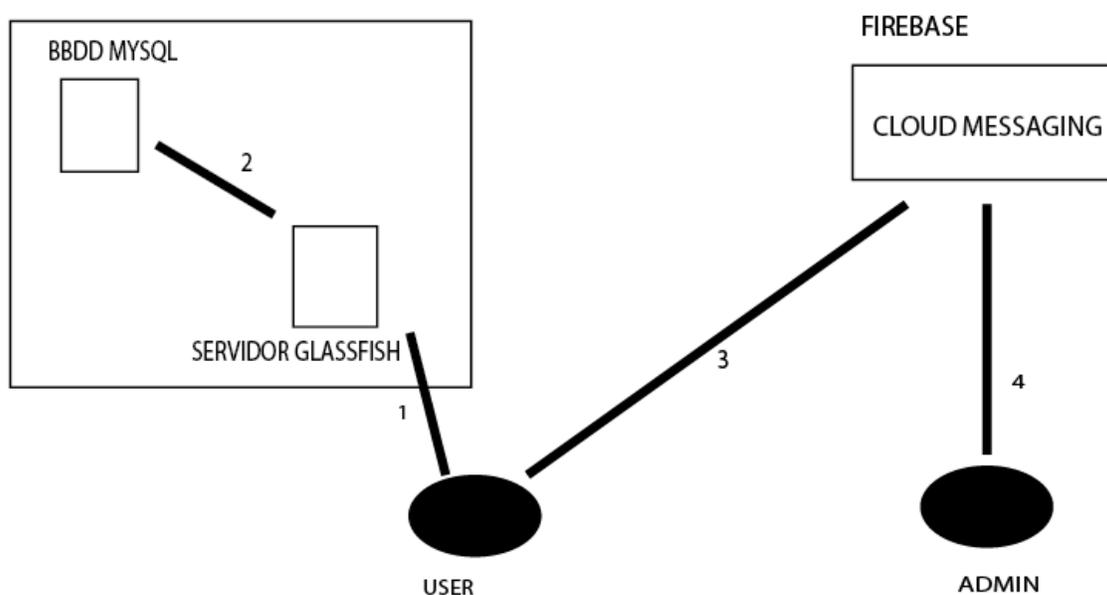


Figura 19. Esquema de arquitectura propuesta

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DEL SISTEMA

3.1. Propuesta

3.1.1. Descripción de requerimientos

- El sistema de alerta de urgencias médicas debe contar con un despliegue estratégico de dispositivos beacons para que la señal emitida permita realizar una buena cobertura del lugar en donde se va a habilitar la aplicación.
- Se deberá crear un registro de los beacons en donde se reconozca el sitio (edificio, bloque, piso) en donde se encuentran localizados para la posterior obtención de dicha información.
- Cada que se abra el aplicativo se debe verificar que el Bluetooth esta encendido y que los permisos necesarios estén activos.
- El usuario debe descargarse el aplicativo y la primera vez que la abra se le pedirá que se registre con sus datos personales tales como ID universitario, cédula, nombre, apellido, teléfono celular, correo electrónico, usuario y su respectiva contraseña. Al momento de realizar un registro exitoso el aplicativo a más de guardar los datos personales también deberá registrar un identificador único del celular.
- Los datos solo deben ser pedidos la primera vez que se abra el aplicativo, y de ahí solo se debe abrir y ya debe desplegar la cuenta respectiva.
- Tomar en cuenta lo que sucedería en caso de pérdida o cambio de teléfono celular y como se podría reemplazar con la MAC (identificador único) actual del celular ya que los datos personales ya estarían registrados.

Requisitos aplicación usuario

Cuando se presente una urgencia médica el usuario abrirá su aplicación y a continuación seleccionará la opción de “pedir asistencia médica”; resultando como primera acción, que el dispositivo inteligente obtendrá el ID del BEACON más cercano (la BBDD en donde se encuentre registrado, tendrá registrada su ubicación) y la ID del usuario (anteriormente obtenido al momento

de abrir la aplicación) y se enviará al servidor de aplicaciones localizado en la nube para el posterior envío de alerta al administrador.

El sistema debería dar una retroalimentación al usuario en cuanto a si la fue atendida la solicitud y mostrar un mensaje de “alerta enviada exitosamente, en breves instantes se le llamará”.

Requisitos aplicación administrador

El aplicativo debe permitir recibir notificaciones en segundo plano (así no esté abierto el aplicativo). Una vez que por parte del usuario se envíe la alerta, se deberá llegar una notificación en la cual me permita ver (gracias al ID estudiante e ID Beacon) Los nombres, apellidos y teléfonos de la persona que envió la alerta y la localización exacta para que el administrador pueda direccionar los recursos según su criterio.

Se deben tener las opciones de llamar directamente al usuario, o sugerir el camino a seguir por el administrador, tomando en cuenta que se debería encontrar el camino más corto.

Además se necesita una retroalimentación para el administrador, mostrando un historial general de las alertas de urgencias médicas enviadas, organizadas por fechas de manera descendente.

3.1.2. Ubicación de los beacons

Se han mapeado las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas tomando en cuenta que las rutas propuestas tienen relación con los caminos existentes para la movilización de los usuarios, y que el alcance de los beacons se los configurará a 50 metros de alcance máximo (vea figura 20).

Como se puede observar se ha propuesto la utilización de 43 dispositivos beacons para cubrir toda el área del que conforma la universidad, posterior a esto se hizo el cálculo de la distancia entre los beacons, lo que nos permite obtener una matriz de relación entre los beacons y como están conectados entre los caminos; estos valores nos permitirán obtener la ruta más corta para llegar de un lugar a otro (vea figura 21). El algoritmo que se utiliza para el cómputo de esta ruta es el de Dijkstra, el cual se acopla al ámbito de aplicación del proyecto.



Figura 20. Mapeo de beacons.

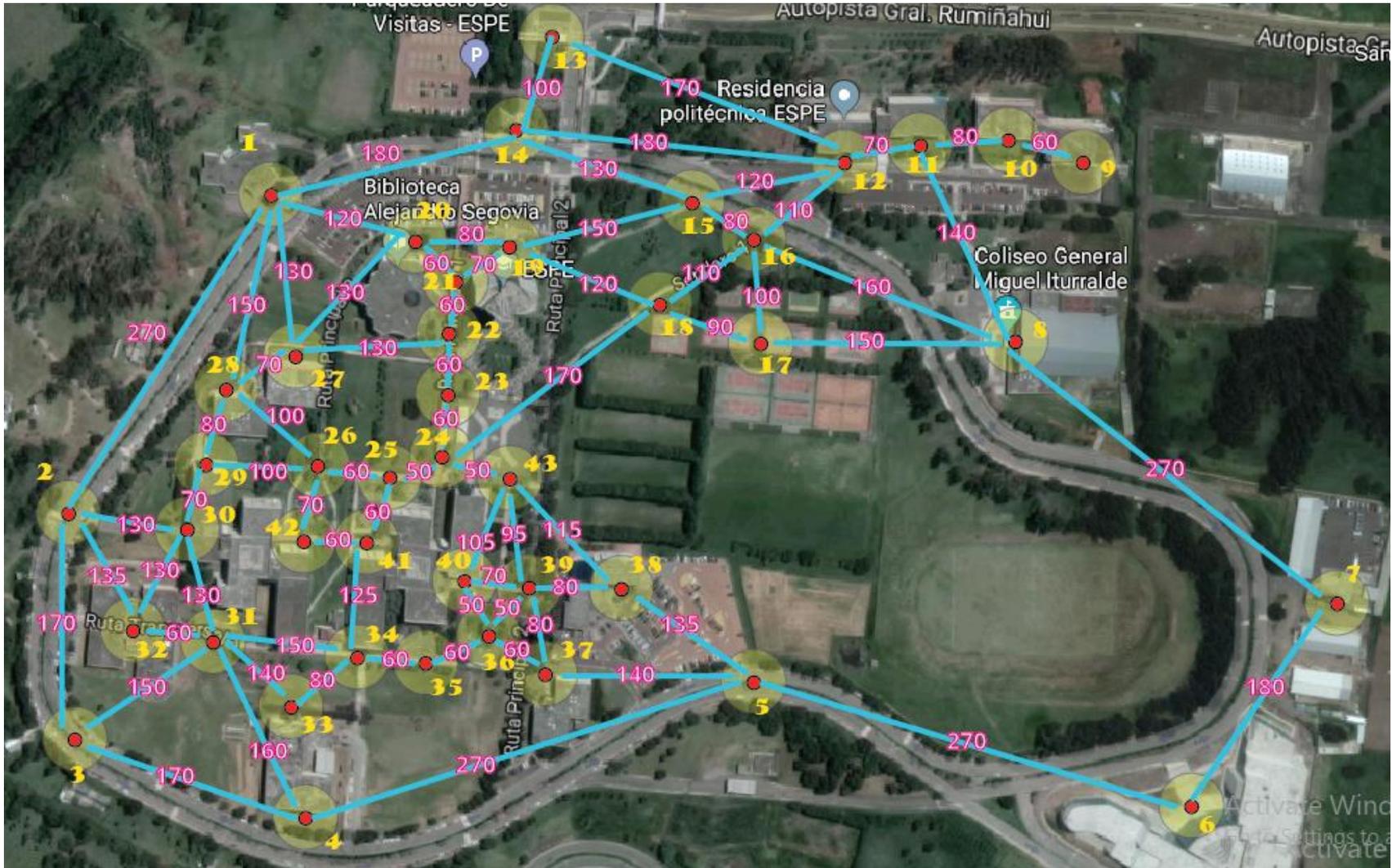


Figura 21. Mapeo de posibles rutas.

3.2. Descripción funcional de requerimientos

Los siguientes valores serán considerados para la respectiva clasificación de las historias de usuario según la prioridad y estimación y riesgo.

- Prioridad: Escala del 1 al 4, en donde 1 es de mayor importancia y 4 de menos.
- Estimación: Cada punto deberá ser considerado como 2 horas de trabajo
- Riesgo: Alto, medio y bajo.

Tabla 12.

Historia de usuario (Ingreso a la aplicación)

Código:	1	Usuario:	Cliente (usuario y administrador)
Nombre historia:	Ingreso a la aplicación		
Prioridad:	1	Riesgo:	Alto
Estimación:	10	Dependiente de:	
Descripción:	Cada usuario debe ser capaz de iniciar sesión o registrarse a la aplicación (datos personales tales como ID universitario, cédula, nombre, apellido, teléfono celular, correo electrónico, usuario y su respectiva contraseña), se debe verificar el rol que posee y mostrar las pantallas correspondientes.		
Validación:	La cuenta de usuario debe ser ingresada una sola vez y mantenerse abierta hasta que el cliente decida cerrar sesión.		

Tabla 13.

Historia de usuario (Envío de alerta)

Código:	2	Usuario:	Cliente (usuario)
Nombre historia:	Envío de alerta		
Prioridad:	1	Riesgo:	Alto
Estimación:	20	Dependiente de:	1
Descipción:	El usuario debe tener la facultar de enviar la alerta de urgencia médica cuando aplaste un botón; una vez realizada la acción, debe mostrar un mensaje de "Envío exitoso. Pronto se contactarán con usted".		
Validación:	El aplicativo debe verificar que tenga los recursos necesarios para su correcto funcionamiento (permisos de ubicación y bluetooth).		

Tabla 14.*Historia de usuario (Recepción de alerta)*

Código:	3	Usuario:	Cliente (administrador)
Nombre historia:	Recepción de alerta		
Prioridad:	1	Riesgo:	Alto
Estimación:	20	Dependiente de:	1, 2
Descipción:	Cuando la notificación de alerta llegue al dispositivo del administrador asignado, se debe abrir una pantalla que me muestre los detalles del usuario que envió, hora y fecha y la ubicación.		
Validación:	La notificación debe llegar al dispositivo destino, aun cuando el aplicativo no esté ejecutándose.		

Tabla 15.*Historia de usuario (Tratamiento de la alerta)*

Código:	4	Usuario:	Cliente (administrador)
Nombre historia:	Tratamiento de la alerta		
Prioridad:	3	Riesgo:	Alto
Estimación:	15	Dependiente de:	3
Descipción:	El administrador debe tener las opciones de llamar directamente al usuario registrado, o de mostrarle cuál sería la ruta más corta para llegar al lugar donde se presentó la urgencia médica.		
Validación:	Se debe mostrar un historial general de todas las alertas ordenadas por fecha.		

3.3. Planificación de entregas

Tiempos estimados para las iteraciones serán de un plazo de 30 días y en cuanto a las entregas serán cada 60 días, las historias de usuario descritas (ver tabla 12, 13, 14, 15) se las han clasificado en iteraciones para posterior asignarlas a entregas (ver tabla 16).

Tabla 16.*Planificación de entregas*

Historia de usuario	Tiempo estimado	Iteración asignada	Entrega asignada
H01 -Ingreso a la aplicación	20	1	1

Continúa 

H02 -Envío de alerta	40	2	1
H03 -Recepción de alerta	40	3	2
H04 -Tratamiento de la alerta	30	4	2

3.4. Planificación de iteraciones

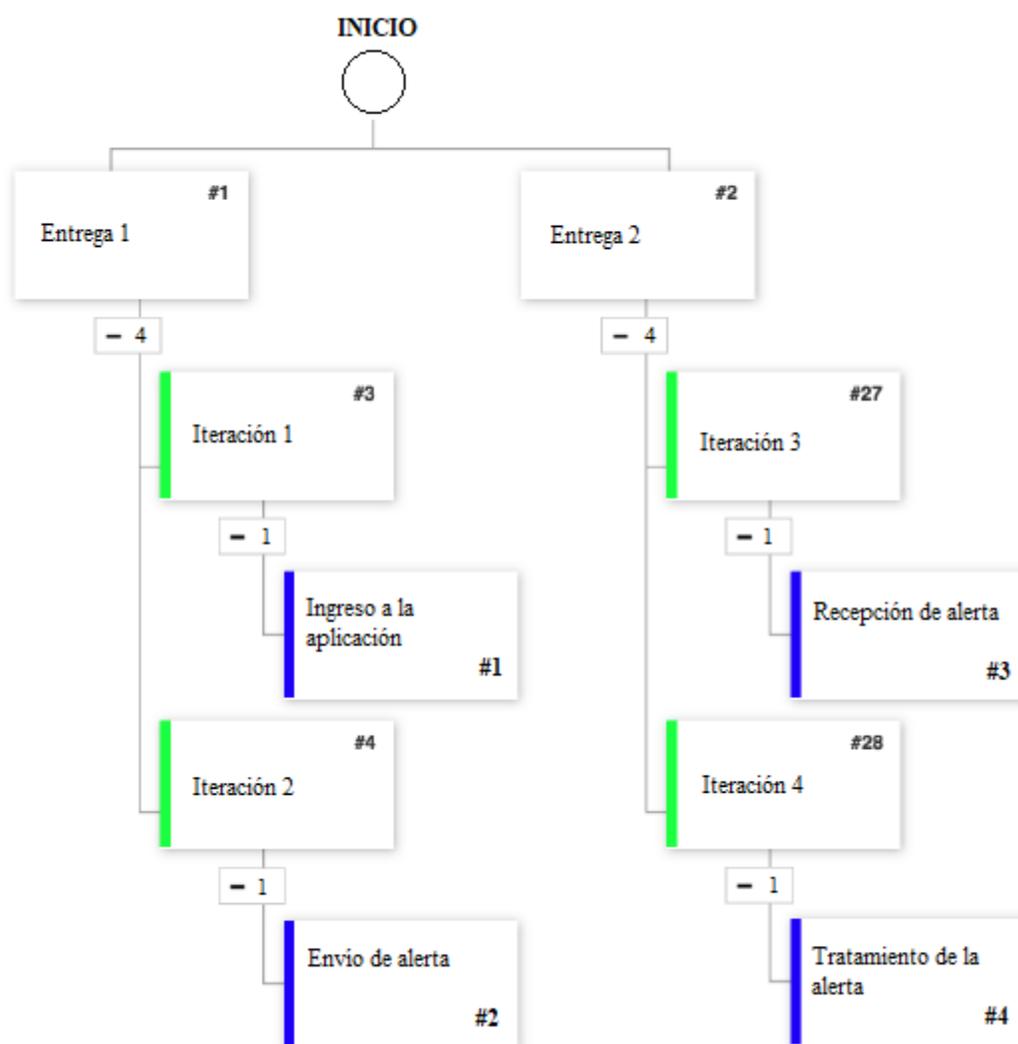


Figura 22. Plan de entregas.

3.5. Seguimiento de plan de iteraciones

La configuración de los dispositivos beacons Kontakt.io se la ha establecido tomando en cuenta que pueden existir interferencias de señal por el terreno de aplicación, además de la cantidad de obstáculos que puedan presentarse dando un promedio de alcance máximo de 50 metros (vea tabla 17); es importante mencionar que los dispositivos beacon de dicha marca soportan dos protocolos de comunicación, pero con el que se va a trabajar es Eddystone.

Tabla 17.

Configuración de los beacons

Nombre	Valor
Intervalo publicitario	2000 [ms]
TX Power	- 12 [dBm]
Protocolo de comunicación	Eddystone
Paquetes	Unique ID (UID)
Namespace ID	f7826da6bc5b71e0893e
Instance ID	Dependiendo del beacon

3.5.1. Iteración 1

Se presenta la necesidad de desarrollar un servidor de aplicaciones en donde se puedan realizar todas las operaciones mediante un servicio REST que permita la conexión con la aplicación Android a desarrollar, para lo cual se ve prudente en desarrollo en lenguaje java con el servidor GlassFish.

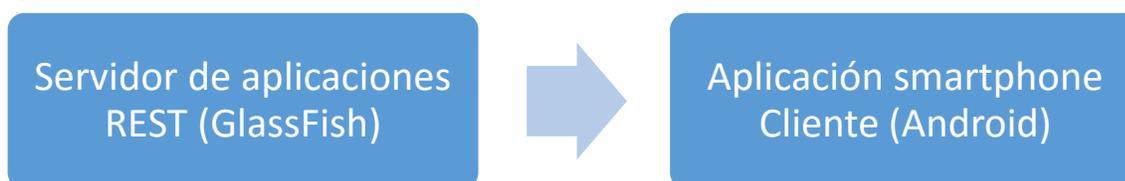


Figura 23. Requerimientos iteración 1.

Para que la cuenta del usuario quede abierta se ha utilizado la clase “SharedPreferences”, el cual nos permite guardar información encriptada de manera que solo pueda utilizarla la aplicación; los campos que se almacenan son el id del usuario y si es que al momento de ingresar sus credenciales, selecciono la opción de mantener iniciada la sesión.

Este servidor de aplicaciones lo localizaremos en una máquina virtual que configuraremos en Microsoft Azure; tanto el servidor GlassFish como la base de datos MySQL se alojarán en esa instancia.

Otro aspecto importante es que al momento de registrarse el usuario se obtiene un identificador único (token). El token es un identificador proporcionado por Firebase que permite enviar las notificaciones a destinatarios según este código.

```

pruebanotificacion-1f3e9
├── token-device
│   ├── -LW9YHg02pdd8-ULAtDT
│   │   └── token: "cIr4ST-Iysw:APA91bH7zn3iMA14-8xR6tiJUeu-zGbp1pe"
│   └── -LW9fgoxDn5fd9fr5iVb
│       └── token: "eVMFAy2Bun4:APA91bHzfhjvTc4UjjBA61I2yo-wzI5BxrE"

```

Figura 24. Ejemplo token

3.5.2. Iteración 2

Se verifica que el aplicativo debe ser dirigido a dispositivos Android que tengan un nivel de API > 21 (Sistema operativo Lollipop 5.0) ya que los controladores del mismo permiten establecer conexiones a bluetooth 4.0 (BLE), además de permitir la recepción de notificaciones push cuando el teléfono está bloqueado.

En cuanto al escaneo de los dispositivos beacons se debe tomar en cuenta que se necesitan permisos de ubicación que el usuario deberá proporcionar manualmente mediante la configuración del celular, estos son:

- “permission.ACCESS_COARSE_LOCATION” (Red), este proveedor determina la ubicación según la disponibilidad de la torre celular y los puntos de acceso wifi.
- “permission.ACCESS_FINE_LOCATION” (GPS), este proveedor determina la ubicación utilizando satélites.

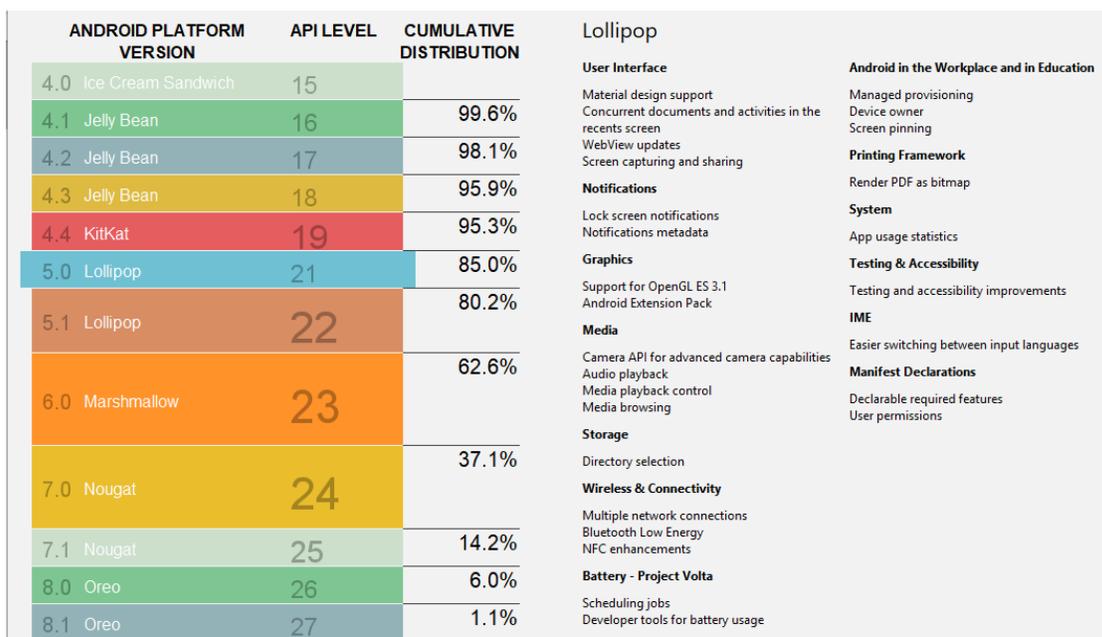


Figura 25. Distribución de versión API.

Se presenta la necesidad de desarrollar un servidor de notificaciones, intermedio entre la aplicación Android y Firebase, el cual nos permitirá automatizar el envío de las notificaciones push mediante el servicio de Cloud Messaging; para esto se utilizan peticiones en formato JSON en donde se especifica el destinatario, el mensaje y algunas personalizaciones.

```

{
  "to" : "bk3RNwTe3H0:CI2k_HHwgIpoDKCIZvvDMEExUdFQ3P1...",
  "priority" : "normal",
  "notification" :
  {
    "body" : "This week's edition is now available.",
    "title" : "NewsMagazine.com",
    "icon" : "new",
  },
  "data" : {
    "volume" : "3.21.15",
    "contents" : "http://www.news-magazine.com/world-week/21659772"
  }
}

```

Figura 26. Ejemplo petición JSON para notificaciones en Firebase.

3.5.3. Iteración 3

Las notificaciones, además de declararle como un servicio que se ejecuta en segundo plano en el aplicativo Android, se deben también configurar tanto en servidor de notificaciones, como en el

mismo aplicativo ya que el comportamiento de las mismas depende tanto si el aplicativo está en primer plano, como si estuviera en segundo plano o cerrado.

```
var message = {
  to: tokenDestinatario,
  collapse_key: '',
  data: {
    //En caso de necesitar parametros adicionales para enviar mediante de la notificacion
  },
  notification: {

    title: 'Notificación UrgApp (S)',
    body: "Alerta de urgencia médica",
    icon: "alertnotification", //Se especifica el nombre del archivo @drawable de Android pero sin extension
    sound: "alertsound", //Se especifica el nombre del archivo @raw de Android pero sin extension
    color: "#00BCD4"
  }
}
```

Figura 27. Configuración de notificación en servidor de notificaciones.

```
NotificationCompat.Builder notificacion = new NotificationCompat.Builder(this, DEFAULT_CHANNEL_ID)
    .setSmallIcon(R.drawable.alertnotification)
    .setContentTitle("Notificación UrgApp")
    .setContentText(remoteMessage.getNotification().getBody())
    .setSound(sonido)
    .setContentIntent(pendingIntent)
    .setAutoCancel(true)
    ;//Objeto para configurar la notificacion

NotificationManager notificationManager = (NotificationManager) getSystemService(Context.NOTIFICATION_SERVICE);
notificationManager.notify(0,notificacion.build());
```

Figura 28. Configuración de notificación en el aplicativo Android.

3.5.4. Iteración 4

Para mostrar el camino más corto se utiliza el algoritmo de Dijkstra, y por cada uno de los beacons propuestos (ver figura 20) se han guardado las respectivas latitudes y longitudes que nos permitirán mostrarlas en Google Maps. Si se desea hacer uso de esta funcionalidad se debe crear un proyecto en Google Developer Console, en donde se registrará nuestro aplicativo para el uso de las API's en cuanto al manejo de mapas; las necesarias serán Geocoding API, Geolocation API, Maps SDK for Android y Places SDK for Android.

3.6. Diseño estructural

3.6.1. Arquitectura

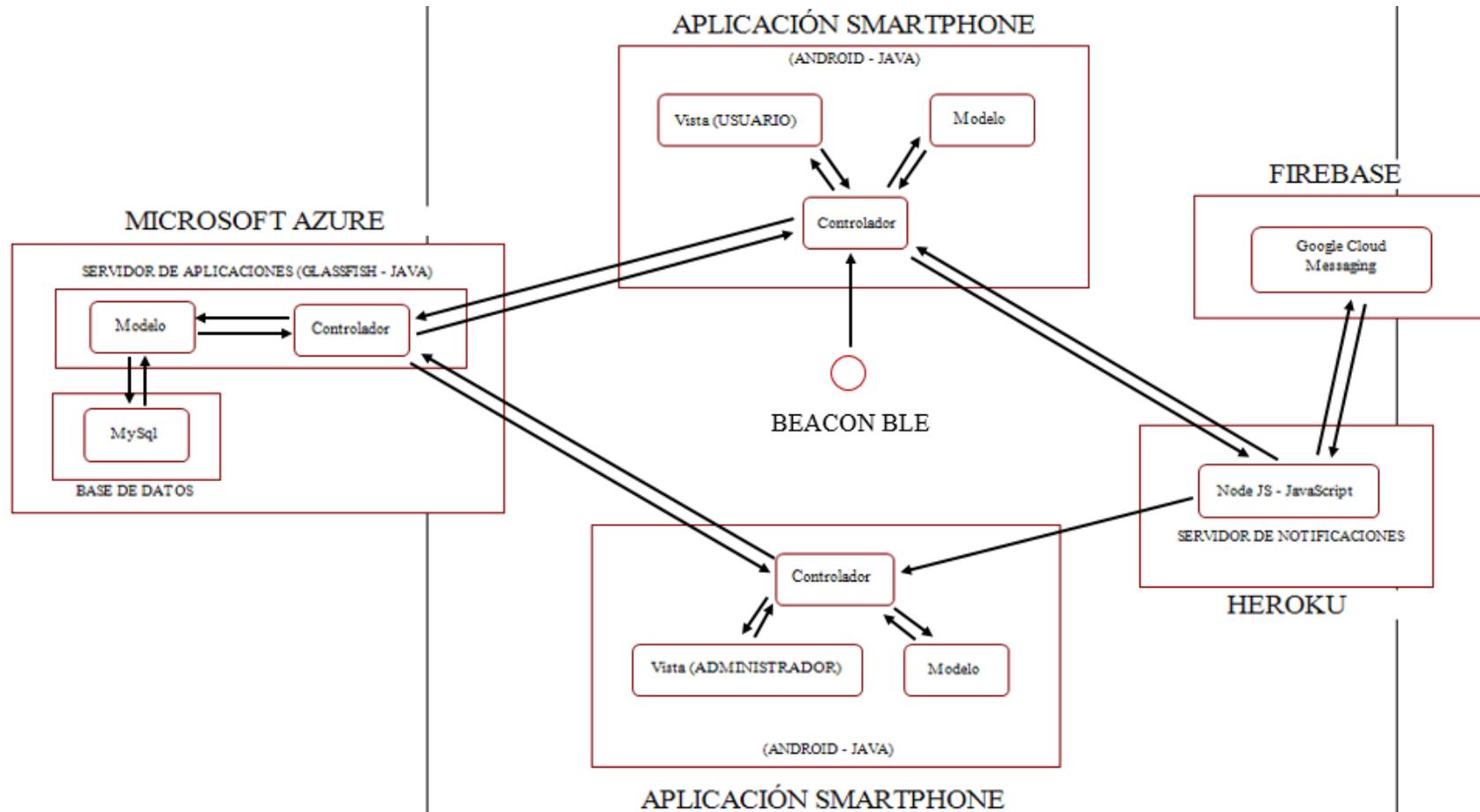


Figura 29. Arquitectura de aplicación.

3.6.2. Diagrama de secuencia

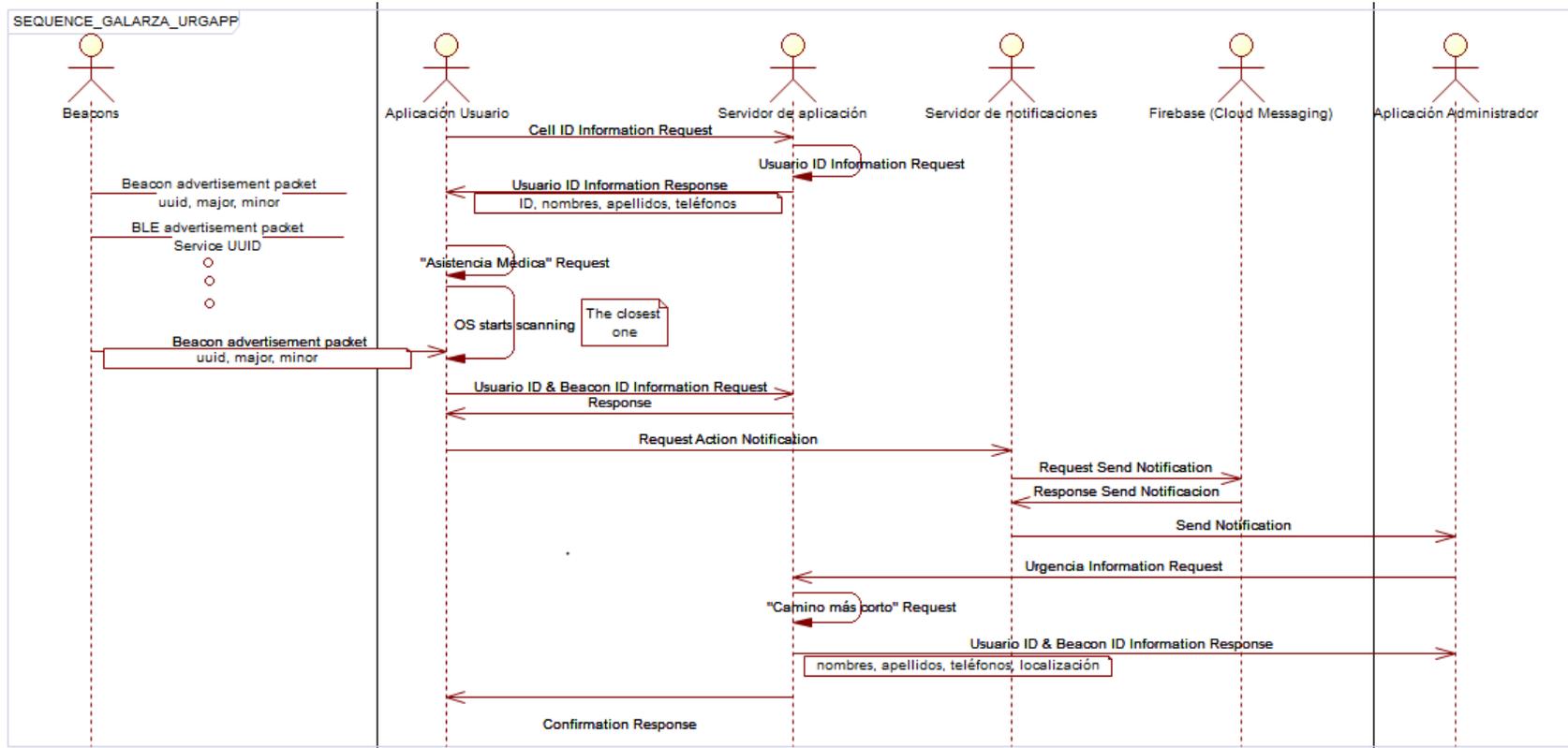


Figura 30. Diagrama de secuencia.

3.6.3. Modelo relacional

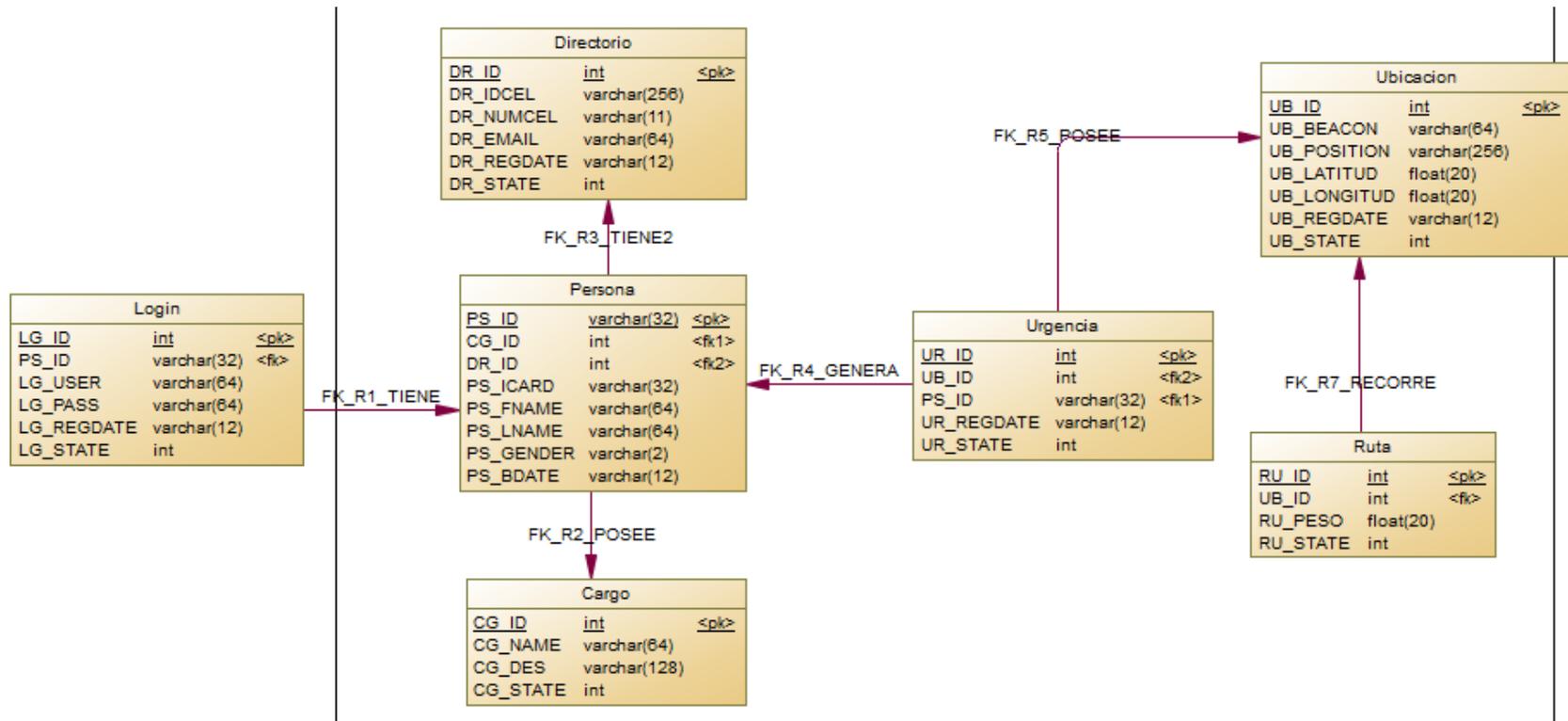


Figura 31. Diagrama físico de la base de datos.

3.7. Diseño de interfaces

Las pantallas para el ingreso se puede observar que se le da al usuario la opción de “Mantener sesión activa”, lo que le brindará facilidad al momento de utilizar el aplicativo, ya que solo tendrá que ingresar sus credenciales una sola vez y evitar pérdidas de tiempo en caso de presentarse una urgencia médica (vea figura 32).

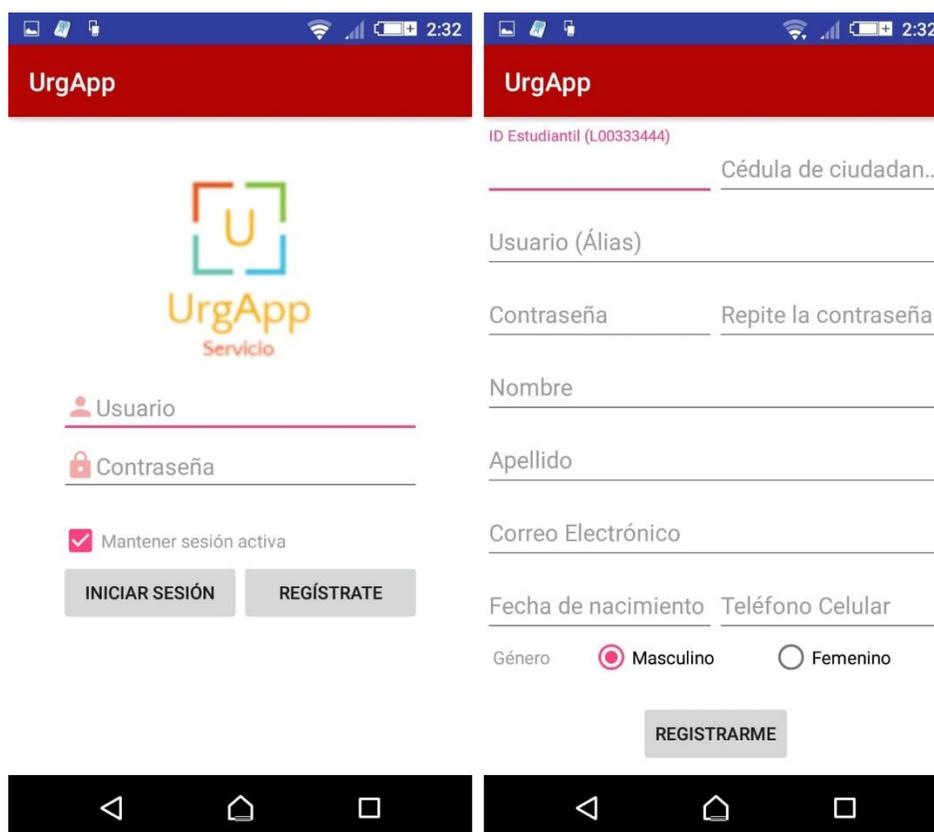


Figura 32. Pantallas para ingresar a la aplicación.

Las pantallas para el cliente que tenga un rol de usuario le permitirán observar su información personal, esto ayudará a que haga el proceso pertinente en caso de existir algún cambio y tener los datos actualizados; también se muestra en botón de envío de alerta que le permitirá notificar a los responsables de una urgencia médica (vea figura 33).



Figura 33. Pantallas usuario.

Las pantallas del usuario, cuando se desea enviar una notificación, primero pedirán una verificación de tener activos el bluetooth y la ubicación, para posteriormente mostrar una barra de proceso de búsqueda. Hay que tomar en cuenta que encontrar un beacon cercano puede variar entre 10 a 15 segundos (ver figura 34).

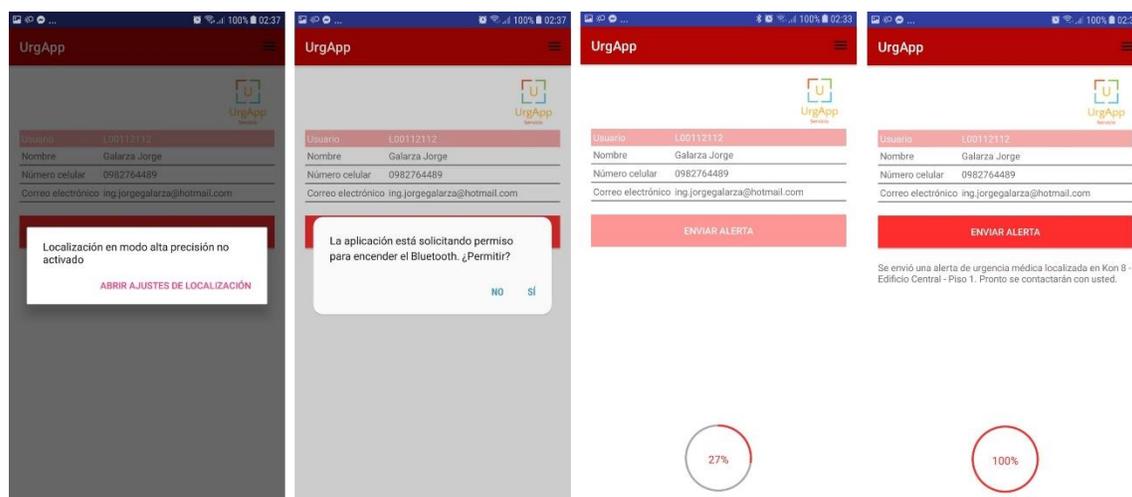


Figura 34. Pantallas al momento de buscar beacon.

Las pantallas para el cliente que tenga un rol de administrador le permitirán observar su información personal y una lista de urgencias que aún no han sido atendidas, esta lista se hizo necesaria ya que, si la aplicación está en segundo plano o cerrada, al momento de llegar la

notificación, y abrirla, la única acción que realiza es abrir el aplicativo en la pantalla principal en donde nos mostrará esta lista para gestionarla según vea conveniente el administrador.

También se muestra la pantalla de historial en donde se encuentran las alertas, que ya fueron atendidas, ordenadas por fechas; al seleccionar alguna de ellas, se le abrirán los detalles en cuanto a usuario que la generó y ubicación.

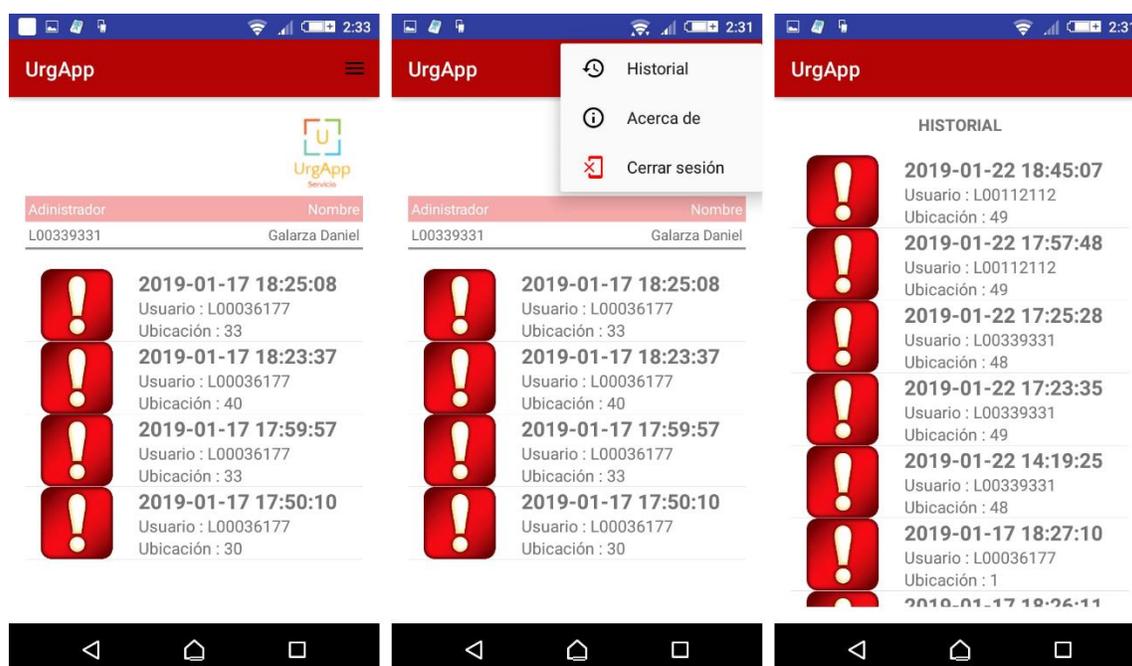


Figura 35. Pantallas administrador.

Al momento de llegar una notificación se la podrá observar en la cinta de notificaciones y la acción que se genera al momento de seleccionarla serán, si está en primer plano la aplicación, abrirá los detalles de la misma; y si está en segundo plano o cerrada la aplicación, se abrirá la pantalla principal con la lista de urgencias que aún no han sido atendidas.

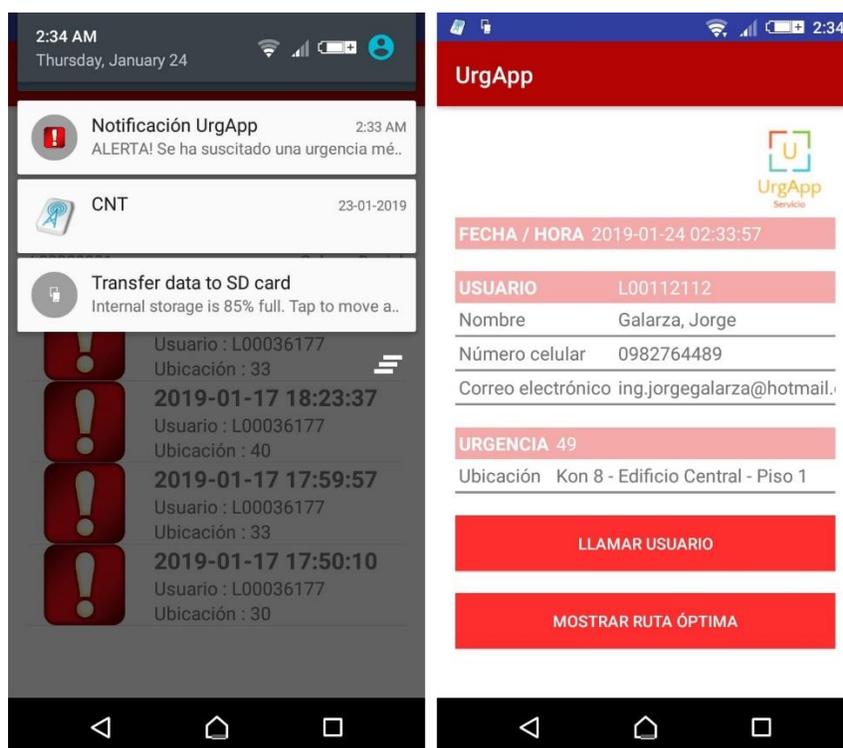


Figura 36. Pantallas al momento de recibir notificación.

Si se desea llamar al usuario que generó la alerta se tiene la opción “Llamar usuario”, en donde se abrirá el teléfono con el número registrado del usuario.

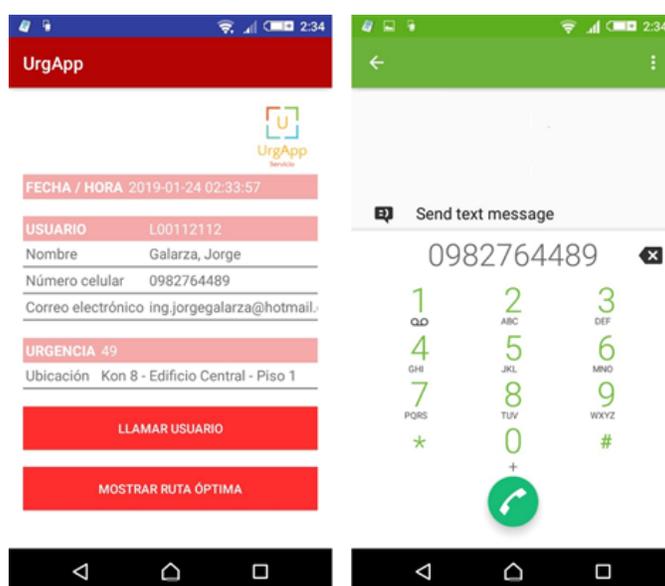


Figura 37. Pantallas para tratamiento de alerta (llamada telefónica).

Si se desea saber el camino más corto hasta el punto en donde se generó la alerta se tiene la opción “Mostrar ruta óptima”, en donde primero se verificará que se tengan los permisos de ubicación necesarios y posteriormente se abrirá Google Maps indicando los puntos de la ruta que debe seguir; el marcador verde es el inicio (Centro médico), el marcador rojo indica en donde está la urgencia médica y los marcadores amarillos indican la ruta a seguir.

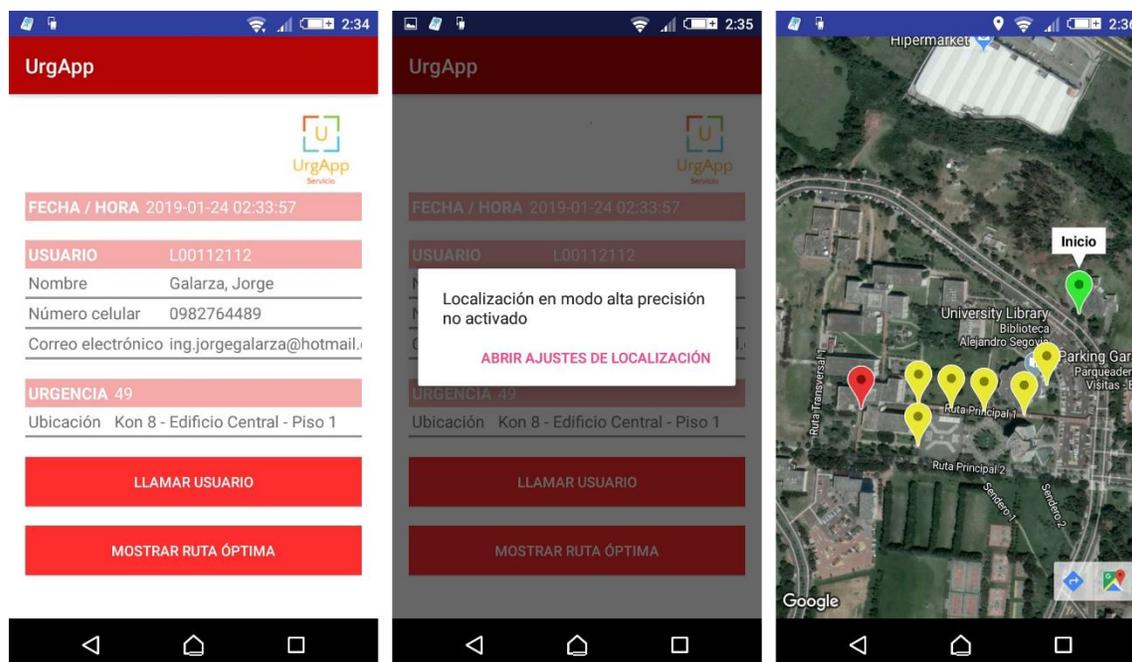


Figura 38. Pantallas para tratamiento de alerta (camino más corto).

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA

4.1. Definición de escenarios

Para los escenarios se han establecido 10 puntos aleatorios en donde se simularán urgencias médicas; para cada punto se realizaran las pruebas por 3 ocasiones para obtener un promedio general que permita representar la situación actual en cuanto a tiempos de espera. Los puntos seleccionados serán el 9, 12, 15, 20, 25, 28, 29, 33, 38, 40 (ver figura 20), representados en ese orden, del 1 al 10.

Los beacons con los que se cuenta son 3 dispositivos, que los configuraremos según el punto a analizar, este proceso no altera los resultados ya que la funcionalidad sigue siendo la misma.

Se debe tomar en cuenta también que el punto de partida para estos simulacros será el punto 1 (ver figura 20), el cual está situado en el centro médico de la ESPE y los usuarios participantes serán 5 personas, además del administrador.

El administrador definido para estos simulacros es la central de seguridad utilizada por la ESPE, ya que es la que puede gestionar de mejor forma los recursos necesarios para atender alguna urgencia; aunque también podría ser el especialista encargado del centro médico.

4.2. Simulacro de escenarios

Para aplicar los simulacros se han establecido líneas de tiempo que permitirán conocer el tiempo transcurrido ante una urgencia médica con la situación actual y con el sistema propuesto (ver figura 39 y 40).

4.2.1. Situación actual

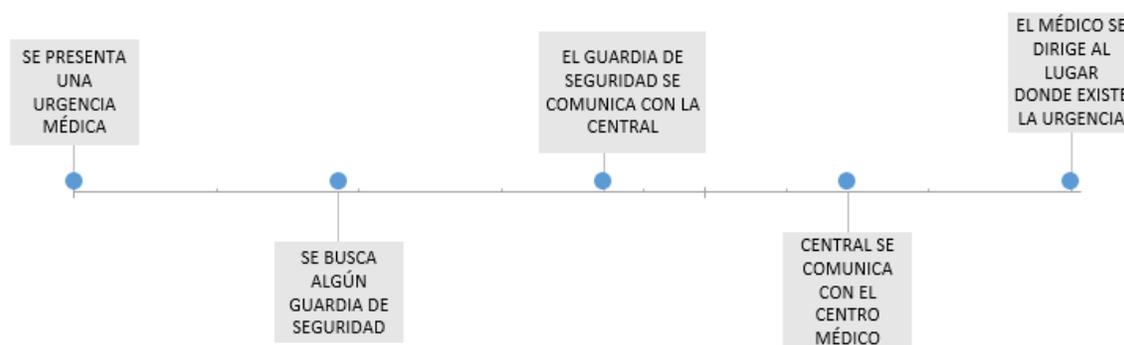


Figura 39. Línea de tiempo de situación actual ante urgencias médicas.

Al momento de analizar cada punto se han obtenido los siguientes valores conforme a los hitos establecidos en la línea de tiempo, siendo estos:

- Se presenta una urgencia médica
- Se busca algún guardia de seguridad
- El guardia de seguridad se comunica con la central
- Central se comunica con el centro médico
- El médico se dirige al lugar donde existe la urgencia

1	0	111	30	30	610	6	0	90	30	30	507
1	0	128	30	30	580	6	0	70	30	30	699
1	0	130	30	30	601	6	0	80	30	30	804
2	0	276	30	30	530	7	0	281	30	30	507
2	0	247	30	30	530	7	0	315	30	30	699
2	0	260	30	30	563	7	0	295	30	30	612
3	0	160	30	30	750	8	0	276	30	30	500
3	0	223	30	30	699	8	0	260	30	30	495
3	0	175	30	30	804	8	0	280	30	30	510
4	0	116	30	30	507	9	0	221	30	30	680
4	0	120	30	30	699	9	0	211	30	30	690
4	0	130	30	30	804	9	0	208	30	30	710
5	0	155	30	30	507	10	0	162	30	30	821
5	0	135	30	30	480	10	0	183	30	30	803
5	0	150	30	30	481	10	0	179	30	30	799

Figura 40. Tiempos de espera por nodo en la situación actual.

4.2.2. Sistema propuesto implementado



Figura 41. Línea de tiempo con sistema propuesto ante urgencias médicas

Al momento de analizar cada punto se han obtenido los siguientes valores conforme a los hitos establecidos en la línea de tiempo, siendo estos:

- Se presenta una urgencia médica
- Se envía una alerta de seguridad
- Central se comunica con usuario para obtener mayor información
- El médico se dirige al lugar donde existe la urgencia

1	0	41	30	610	6	0	48	30	463
1	0	36	30	580	6	0	55	30	444
1	0	38	30	601	6	0	49	30	499
2	0	41	30	441	7	0	62	30	421
2	0	32	30	421	7	0	78	30	435
2	0	32	30	508	7	0	70	30	423
3	0	41	30	493	8	0	32	30	507
3	0	32	30	522	8	0	39	30	530
3	0	35	30	508	8	0	34	30	483
4	0	32	30	460	9	0	63	30	507
4	0	30	30	506	9	0	56	30	601
4	0	31	30	426	9	0	57	30	549
5	0	41	30	310	10	0	95	30	430
5	0	47	30	322	10	0	110	30	401
5	0	43	30	366	10	0	96	30	416

Figura 42. Tiempos de espera por nodo con el sistema propuesto.

4.3. Presentación de resultados

Una vez realizado en análisis de cada nodo se realiza un promedio general para poder obtener una mejor visión acerca de los tiempos de espera, para posteriormente compararlos y obtener resultados finales.

Tabla 18.

Situación actual de tiempos de espera ante urgencias médicas.

	Se presenta una urgencia médica	Se busca algún guardia de seguridad	El guardia de seguridad se comunica con la central	Central se comunica con el centro médico	El médico se dirige al lugar donde existe la urgencia
1	0	123	30	30	597
2	0	261	30	30	541
3	0	185	30	30	728
4	0	127	30	30	547
5	0	145	30	30	491
6	0	85	30	30	708
7	0	301	30	30	643
8	0	276	30	30	507
9	0	216	30	30	699
10	0	175	30	30	804
Total [seg]	0	189.4	30	30	626.5

Tabla 19.

Tiempos de espera ante urgencias médicas con aplicativo propuesto

	Se presenta una urgencia médica	Se envía una alerta de seguridad	Central se comunica con usuario para obtener mayor información	El médico se dirige al lugar donde existe la urgencia
1	0	38	30	483
2	0	35	30	462
3	0	37	30	513

Continúa 

4	0	31	30	480
5	0	45	30	340
6	0	51	30	471
7	0	72	30	430
8	0	36	30	509
9	0	59	30	552
10	0	107	30	428
Total [seg]	0	51.1	30	486.6

4.4. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos nos permiten concluir que en promedio se demora 15 minutos en atender una urgencia médica según la situación actual en la que se encuentra la ESPE, en donde interactúan el usuario, guardias de seguridad, central de seguridad y especialista del centro médico.

Solo les toma unos pocos instantes que el guardia de seguridad se comunique con la central y que la central se comunique con el centro médico; o que se comunique directamente la central con el usuario de la alerta médica, lo que muestra que ponerlo a la central como administrador nos permitió tener ciertas ventajas, ya que con la finalidad de prevenir el agravio de situaciones, la central además de remitir al doctor, también proporcionada un efectivo de seguridad que por lo general también poseen un entrenamiento previo de primeros auxilios.

Gracias al uso del aplicativo móvil propuesto, se eliminó un paso de la línea de tiempo de la situación actual y se pudo concluir que en promedio se demora 9 minutos en atender una urgencia médica, lo que representa una disminución en un 40% del tiempo de espera necesario.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El análisis de trabajos relacionados nos permitió establecer cuál es el ámbito de aplicación más común, como lo es el turismo, y el más inusual, como lo es la salud, en cuanto al uso de dispositivos beacon y se obtuvo sugerencias claras que resultaron en la arquitectura propuesta para sistema de alertas de urgencias médicas definiendo al dispositivo móvil únicamente como un receptor de la señal beacon para la posterior gestión en un servidor de aplicaciones.
- El uso de beacons es una alternativa de gran ayuda para la localización de dispositivos móviles en interiores, aunque es importante tomar en cuenta tanto el tipo de terreno en el que se desenvuelve el ámbito de aplicación, como los obstáculos que pueden existir, ya que la calidad de la señal emitida por estos factores nos permitió tener un alcance máximo de 50 metros.
- El sistema propuesto de alertas de urgencias médicas ha permitido la reducción de los tiempos de reacción en un 40 % (alrededor de 6 minutos) de lo que toma atender las urgencias médicas en comparación con la situación actual; uno de los factores que ayudo a estos resultados fue el poder obtener la ruta más corta hacia la ubicación del incidente.
- La línea de tiempo aplicada para la gestión de alertas médicas con el sistema propuesto se ha optimizado al eliminar a uno de los actores de la situación actual (guardia de seguridad) y también se ha obtenido beneficios en cuanto a la atención, ya que si bien se eliminó el actor, aun así tanto el médico como la seguridad privada se acercaban a la ubicación del evento.

5.2. Recomendaciones

- Se debe mantener un control periódico del estado de los dispositivos beacon en cuanto a batería y rango de cobertura, ya que la clave del sistema propuesto está en la calidad de los mismos y la cobertura internet que se posea en el área en donde se genera una urgencia médica.

- El sistema al momento se centra en la gestión de alertas de urgencias médicas, pero podría ampliar su campo de acción tanto en ámbitos de seguridad, como de geomarketing enfocado al fortalecimiento de la identidad universitaria y programas educativos que beneficien al estudiante.
- Según se amplíe el ámbito de acción y conforme a la inmensa cantidad de información que se puede obtener de dispositivos que entran al rango de señal de los beacons, se podrían realizar análisis y predicción de comportamientos acoplando un proyecto de minería de datos que pueda unificar a las entidades que administran distintas funciones que ofrecen las universidades y proponer mejoras en cuanto a sus procesos de gestión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Ammar, M., Alhadhrami, S., Al-Salman, A., Alarifi, A., Al-Khalifa, H., Alnafessah, A., & Alsaleh, M. (2014). Comparative Survey of Indoor Positioning Technologies, Techniques, and Algorithms. *2014 International Conference on Cyberworlds*, (págs. 245-252). doi:10.1109/CW.2014.41
- Amthauer, C., & Cunha, M. (2016). Manchester Triage System: main flowcharts, discriminators and outcomes of a pediatric emergency care. *Latino-Americana de Enfermagem*, *24*. doi:10.1590/1518-8345.1078.2779
- Apple Inc. (2014). *Getting Started with iBeacon*. Obtenido de <https://developer.apple.com/ibeacon/Getting-Started-with-iBeacon.pdf>
- Barrales, C., Marín, H., & Molina, R. (2016). Estado del arte de la psicología en emergencias y desastres en Chile y América Latina. *Liminales. Escritos sobre psicología y sociedad*, 123-142. Obtenido de <http://revistafacso.ucecentral.cl/index.php/liminales/article/view/143>
- Birenboim, A., & Shoval, N. (2016). Mobility Research in the Age of the Smartphone. *Annals of the American Association of Geographers*, *106*, 283-291. doi:10.1080/00045608.2015.1100058
- Bluetooth. (2019). *Radio Versions*. Recuperado el 4 de mayo de 2018, de <https://www.bluetooth.com/bluetooth-technology/radio-versions>
- Buena Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación*.
- Carruthers, J. (2003). Wireless Infrared Communications. En *Wiley Encyclopedia of Telecommunications*. American Cancer Society. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/0471219282.eot165>
- Clinch, S. (2013). Smartphones and Pervasive Public Displays. *IEEE Pervasive Computing*, *12*, 92-95. doi:10.1109/MPRV.2013.16
- Estimote. (2019). *Estimote*. Recuperado el 10 de julio de 2018, de <http://estimote.com/>
- Fouskas, K., Giaglis, G., Kourouthanassis, P., Pateli, A., & Tsamakos, A. (2002). On the Potential Use of Mobile Positioning Technologies in Indoor Environments. *BLED 2002 Proceedings*. Obtenido de <http://aisel.aisnet.org/bled2002/33>

- Fujimoto, M., Matsumoto, S., Arakawa, Y., Suwa, H., & Yasumoto, K. (2016). Development of BLE-Based Multi-hop Communication System for Detecting Slope Failure Using Smartphones. *2016 45th International Conference on Parallel Processing Workshops (ICPPW)*, (págs. 16-21). doi:10.1109/ICPPW.2016.18
- Gómez, C., Oller, J., & Paradells, J. (2012). Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology. *Sensors*, 11734-11753. doi:10.3390/s120911734
- Hightower, J., & Borriello, G. (2001). Location systems for ubiquitous computing. *Computer*, 34, 57-66. doi:10.1109/2.940014
- INEC. (2016). *Tecnologías de la Información y Comunicación-TIC*. Recuperado el 13 de marzo de 2018, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/tecnologias-de-la-informacion-y-comunicacion-tic/>
- Ivanov, R. (2010). Indoor Navigation System for Visually Impaired. *Proceedings of the 11th International Conference on Computer Systems and Technologies and Workshop for PhD Students in Computing on International Conference on Computer Systems and Technologies* (págs. 143-149). New York, USA: ACM. doi:10.1145/1839379.1839405
- Kalaa, M., Balid, W., Bitar, N., & Refai, H. (2016). Evaluating Bluetooth Low Energy in realistic wireless environments. *2016 IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, (págs. 1-6). doi:10.1109/WCNC.2016.7564809
- Kindon, S., Pain, R., & Kesby, M. (2007). *Participatory Action Research Approaches and Methods: Connecting People, Participation and Place*. Routledge.
- Kontakt.io. (2019). *BLE Beacons and Tags*. Recuperado el 10 de julio de 2018, de <https://kontakt.io/ble-beacons-tags/>
- Kontakt.io. (2019). *What are beacons?* Recuperado el 4 de mayo de 2018, de <https://kontakt.io/beacon-basics/what-is-a-beacon/>
- Lazik, P., & Rowe, A. (2012). Indoor Pseudo-ranging of Mobile Devices Using Ultrasonic Chirps. *Proceedings of the 10th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems* (págs. 99-112). New York, USA: ACM. doi:10.1145/2426656.2426667

- Lee, J., Su, Y., & Shen, C. (2007). A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi. *IECON 2007 - 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, (págs. 46-51). doi:10.1109/IECON.2007.4460126
- Liu, H., Darabi, H., Banerjee, P., & Liu, J. (2007). Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 37, 1067-1080. doi:10.1109/TSMCC.2007.905750
- Maxus Global. (2016). *Maxus guide reveals the potential of Beacons*. Obtenido de Maxus guide reveals the potential of Beacons – Marketing Communication News
- Müller, J., Wilmsmann, D., Exeler, J., Buzeck, M., Schmidt, A., Jay, T., & Krüger, A. (2009). Display Blindness: The Effect of Expectations on Attention towards Digital Signage. *International Conference on Pervasive Computing* (págs. 1-8). Springer, Berlin, Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-01516-8_1
- Ng, P., She, J., & Park, S. (2017). Notify-and-interact: A beacon-smartphone interaction for user engagement in galleries. *2017 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)*, (págs. 1069-1074). doi:10.1109/ICME.2017.8019467
- Nilsson, R. (2011). *Bluetooth Low Energy for Wireless Sensors and Actuators*. Obtenido de <https://www.digikey.es/en/articles/techzone/2011/mar/bluetooth-low-energy-for-wireless-sensors-and-actuators>
- Opperman, C., & Hancke, G. (2011). Using NFC-enabled phones for remote data acquisition and digital control. *AFRICON*, (págs. 1-6). doi:10.1109/AFRCON.2011.6072147
- Organización Panamericana de la Salud. (2009). Gestión de la información y comunicación en emergencias y desastres. *Repositorio Institucional Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres*. Obtenido de <http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/712>
- Osakidetza, P. (2018). *Auxiliar Enfermería* (Vol. 2). CEP.
- Pan, X., Han, C., Dauber, K., & Law, K. (2007). A multi-agent based framework for the simulation of human and social behaviors during emergency evacuations. *AI & Society*, 22, 113-132. doi:10.1007/s00146-007-0126-1
- Poslad, S. (2011). *Ubiquitous Computing: Smart Devices, Environments and Interactions*. John Wiley & Sons.

- Shan, G., Park, B., Nam, S., Kim, B., Roh, B., & Ko, Y. (2015). A 3-dimensional triangulation scheme to improve the accuracy of indoor localization for IoT services. *2015 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM)*, (págs. 359-363). doi:10.1109/PACRIM.2015.7334862
- Silicon Labs. (2018). *Developing Beacons with Bluetooth Low Energy (BLE) Technology*. Recuperado el 26 de junio de 2018, de <https://www.silabs.com/products/wireless/bluetooth/developing-beacons-with-bluetooth-low-energy-ble-technology>
- Slovic, P. (2016). *The Perception of Risk*. Routledge.
- Song, Z., Jiang, G., & Huang, C. (2011). A Survey on Indoor Positioning Technologies. *International Conference on Theoretical and Mathematical Foundations of Computer Science* (págs. 198-206). Springer, Berlin, Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-24999-0_28
- Sonka, M., Hlavac, V., & Boyle, R. (2014). *Image Processing, Analysis, and Machine Vision*. Cengage Learning.
- Statler, S. (2016). Standards. En *Beacon Technologies* (págs. 26-70). Apress, Berkeley, CA. Obtenido de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4842-1889-1_5
- Stofega, W., & Scarsella, A. (2017). *Worldwide Smartphone Forecast, 2017–2021*. Recuperado el 1 de marzo de 2018, de <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US42366217>
- Swirl Networks, Inc. (25 de noviembre de 2014). *Swirl Releases Results of Retail Store Beacon Marketing Campaigns*. Recuperado el 5 de marzo de 2018, de <http://www.swirl.com/swirl-releases-results-retail-store-beacon-marketing-campaigns/>
- Tanaka, K., & Naito, K. (2017). Demo: Implementation of cooperative bus location system with BLE devices and smartphones. *2017 14th IEEE Annual Consumer Communications Networking Conference (CCNC)*, (págs. 590-591). doi:10.1109/CCNC.2017.7983180
- TechTerms. (2017). *WLAN (Wireless Local Area Network) Definition*. Recuperado el 19 de julio de 2018, de <https://techterms.com/definition/wlan>
- TechTerms. (2018). *Bluetooth Definition*. Recuperado el 19 de julio de 2018, de <https://techterms.com/definition/bluetooth>
- Townsend, K., Cufí, C., Akiba, A., & Davidson, R. (2014). *Getting Started with Bluetooth Low Energy: Tools and Techniques for Low-Power Networking*. O'Reilly Media, Inc.

- Uscher-Pines, L. (2009). Health effects of relocation following disaster: a systematic review of the literature. *Disasters*, 33, 1-22. doi:10.1111/j.1467-7717.2008.01059.x
- Valero, C., Redondo, M., & Palacín, A. (2012). Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación. *Education and Culture*.
- Vo, Q., & De, P. (2016). A Survey of Fingerprint-Based Outdoor Localization. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, 18, 491-506. doi:10.1109/COMST.2015.2448632
- Want, R., & Schilit, B. (2014). Interactive Digital Signage. *Computer*, 45, 21-24. doi:10.1109/MC.2012.169
- Weber, D., Shirazi, A., & Henze, N. (2015). Towards Smart Notifications Using Research in the Large. *Proceedings of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct*, (págs. 1117-1122). doi:10.1145/2786567.2794334
- Wulp, I., Schrijvers, A., & Stel, H. (2009). Predicting admission and mortality with the Emergency Severity Index and the Manchester Triage System: a retrospective observational study. *Emergency Medicine Journal*, 26, 506-509. doi:10.1136/emj.2008.063768
- Zaim, D., & Bellafkih, M. (2016). Bluetooth Low Energy (BLE) based geomarketing system. *2016 11th International Conference on Intelligent Systems: Theories and Applications (SITA)*, (págs. 1-6). doi:10.1109/SITA.2016.7772263