



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
DE LA COMPUTACIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN
SISTEMAS E INFORMÁTICA**

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

TEMA:

**“DESARROLLO DE APLICACIONES BASADAS EN
UBICACIÓN PARA ESPACIOS INTERIORES UTILIZANDO
TECNOLOGÍAS DE LOCALIZACIÓN”**

**CASO DE ESTUDIO: VISITA GUIADA DE LA BIBLIOTECA
“ALEJANDRO SEGOVIA”**

AUTORES:

**CASPI NASIMBA, JUAN ANDRÉS
GUAMÁN GUAYA, JOSÉ EDUARDO**

DIRECTOR:

ING. CAMPAÑA ORTEGA, EDUARDO MAURICIO

SANGOLQUÍ

2017

CERTIFICADO



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "*Desarrollo de aplicaciones basadas en ubicación para espacios interiores utilizando tecnologías de localización*" Caso de estudio: *Visita guiada de la Biblioteca "Alejandro Segovia"* realizado por los señores *José Eduardo Guamán Guaya* y *Juan Andrés Caspi Nasimba*, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores *José Eduardo Guamán Guaya* y *Juan Andrés Caspi Nasimba* para que lo sustenten públicamente.

Quito, 01 de Septiembre de 2017

Ing. Eduardo Mauricio Campaña Ortega

DIRECTOR

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, *Juan Andrés Caspi Nasimba* y *José Eduardo Guamán Guaya*, con cédulas de identidad N° 1725347395 y 1900485820 respectivamente, declaramos que este trabajo de titulación “*Desarrollo de aplicaciones basadas en ubicación para espacios interiores utilizando tecnologías de localización*” Caso de estudio: *Visita guiada de la Biblioteca “Alejandro Segovia”* ha sido desarrollado considerando los métodos de investigaciones existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoria, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Quito, 01 de Septiembre de 2017

Juan Andrés Caspi Nasimba

1725347395

José Eduardo Guamán Guaya

1900485820

AUTORIZACIÓN



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

AUTORIZACIÓN

Nosotros, *Juan Andrés Caspi Nasimba* y *José Eduardo Guamán Guaya*, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “*Desarrollo de aplicaciones basadas en ubicación para espacios interiores utilizando tecnologías de localización*” *Caso de estudio: Visita guiada de la Biblioteca “Alejandro Segovia”* cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Quito, 01 de Septiembre de 2017

Juan Andrés Caspi Nasimba

1725347395

José Eduardo Guamán Guaya

1900485820

DEDICATORIA

A mi madre, Martha Nasimba, quien me apoyo y estuvo a mi lado, por tener la paciencia, amor y cariño en todo momento, supo educarme siendo padre y madre para mí, te lo dedico en especial a ti.

A mi hermano, Mateo Andrés, quien fue mi motor en todo este largo camino, agradezco cada día a Dios por tenerte a mi lado, te quiero con mi vida.

A mis padrinos, Aura Zapata y Pedro Pereira, quienes brindaron amor, cariño y educación que me permitieron ser mejor cada día y convertirme en una mejor persona, esto se los dedico también a ustedes.

A mi familia, por estar siempre a mi lado cuando los necesite y brindarme su apoyo incondicional en todo momento, gracias por los consejos que me brindaron y nunca me faltaron.

A mis amigos Emilio, Byron, Guido, Dayana y demás por brindarme su amistad, su confianza y su apoyo, gracias por todos esos buenos momentos que tuve la gratitud de estar junto a ustedes.

Juan Andrés Caspi Nasimba

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se lo dedico a mis padres Bertha Guaya y Víctor Guamán, ustedes fueron el principal motor para seguir adelante a pesar de las adversidades presentadas en este camino.

A mi hermana y hermano, ellos quienes fueron el complemento e inspiración para lograr cumplir esta pequeña meta.

A mi abuelita María Villa que está en el cielo, ella quién me educó e inculcó valores desde que fui un infante, le hubiese gustado asistir a este acto solemne; pero sé que desde arriba estuvo cuidándome y guiándome cada día para ser mejor y culminar con esta etapa de mi vida, a ti abuelita querida.

A mis familiares, aunque estando lejos, sé que contaba con todo su apoyo, en especial a mis queridas chusmitas Rosa Elizabeth y Jenny Paulina ustedes, si ustedes fueron como mis hermanas las que llegué a querer tanto, tantas experiencias que pasamos juntos, las quiero primas queridas; también a mis tías en especial a Piedad Patiño y Sandra Alvear fueron como mi mamá adoptiva me supieron acoger y brindar todo su cariño como si yo fuera uno más de ustedes.

A todos, todos mis amigos los que conocí en todo el transcurso de esta larga carrera unos fueron formando parte de mi vida y otros fueron solo pasajeros, compañeros de aulas, pero a ellos también les dedico la culminación de esta pequeña meta.

José Eduardo Guamán Guaya

AGRADECIMIENTO

En primer me gustaría agradecer a Dios por permitirme vivir a diario con las personas que más quiero, mi familia y mis amigos.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, que inculco en mi la mejor enseñanza educativa, por permitirme conocer personas que un día se convertirían en amigos, por vivir algunas de las mejores experiencias de mi vida.

A todos aquellos docentes que compartieron su conocimiento permitiendo generar las mejores bases que las aplicaría en la posteridad.

A mi director de tesis Ing. Mauricio Campaña, por brindarme su apoyo y tiempo incondicional en todo momento. Al Ing. Ramiro Delgado, por encaminarnos durante este proceso, muchas gracias apreciados mentores.

A mis compañeros de trabajo de la empresa AlterBios por compartir sus experiencias y su conocimiento que me permitieron crecer de manera profesional y valores morales.

Y finalizar, agradeciendo a todas las personas que permitieron hacer posible esta gran meta.

Juan Andrés Caspi Nasimba

AGRADECIMIENTO

En primer me gustaría agradecer a Dios por permitirme vivir con las personas que más quiero, mi familia, mis amigos y en paz conmigo mismo.

Seguidamente quiero agradecer a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por permitirme pasar por sus aulas e inculcar en mí su enseñanza a través de sus docentes, permitiéndome vivir una experiencia extraordinaria, gracias totales.

A mi director de tesis Ingeniero Mauricio Campaña, por regalarme parte de su tiempo brindándome su apoyo incondicional en todo momento. Al Ingeniero Ramiro Delgado, por encaminarme durante este duro proceso y todos los Ingenieros con los que tuve que compartir día a día en las aulas, muchos de ellos dándome consejos y ayudándome a ser mejor cada día muchas gracias.

A mi amigo y compañero de tesis Juanillouuu quién gracias a su confianza y apoyo logramos sacar este trabajo de titulación, lo logramos Juanillouu, gracias mijo gracias.

Para finalizar quiero agradecer a todas las personas que permitieron hacer posible la culminación de este trabajo de titulación, a la empresa AlterBios, a mis amigos, familiares y conocidos que cada día me daban ánimos, si se puede.

Gracias totales.

José Eduardo Guamán Guaya

INDICE

CERTIFICADO.....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivos Específicos.....	6
1.5. Alcance.....	6
CAPÍTULO II ESTADO DEL ARTE.....	8
2.1. Tecnologías de localización.....	8
2.2. Geofencing.....	8
2.2.1. Tipos de GeoFencing.....	9
2.3. Sistema de posicionamiento global.....	10
2.4. WIFI.....	12
2.5. BLE (Bluetooth Low Energy).....	15
2.6. RFID.....	17
2.7. NFC (Near Field Communication).....	20
2.8. LI-FI.....	22
2.9. Aplicaciones de localización.....	24
2.10. Investigaciones sobre aplicaciones indoor.....	28
2.11. Técnicas y métodos de localización.....	31
2.11.1. Método de Triangulación.....	31
2.11.2. Método de Tiempo de Llegada.....	31

2.11.3. Método de Diferencia de Tiempo de Llegada.....	32
2.11.4. Método del ángulo de llegada.....	33
2.11.5. Método de proximidad.....	33
2.12. Comparativa de tecnologías candidatas para posicionamiento indoor.....	34
2.13. Protocolos BLE.....	38
2.13.1. Protocolo IBeacon.....	39
2.13.2. Protocolo Eddystone.....	39
2.14. Proveedores de dispositivos con tecnología BLE.....	40
2.14.1. Beacon Estimote.....	42
2.14.2. Kontakt.....	42
2.14.3. Gimbal.....	42
2.14.4. MPact.....	43
2.15. Definición de la investigación.....	43
CAPÍTULO III DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN.....	45
3.1. Metodología SCRUM.....	45
3.2. Requerimientos Funcionales Web.....	48
3.3. Requerimientos Funcionales Móvil.....	49
3.4. Requerimientos No Funcionales.....	49
3.5. Descripción de los Requerimientos.....	50
3.5.1. Aplicación Administración Web.....	51
3.5.2. Aplicación Móvil.....	57
3.6. Modelo de Base de Datos.....	66
3.7. Diccionario de Datos.....	67
3.8. Diagramas de Clases.....	67
3.9. Diagramas de Secuencia.....	67
3.10. Arquitectura Diseñada para el Sistema Willana Be.....	68
CAPITULO IV PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	69
4.1. Escenarios de Pruebas.....	69
4.1.1. Escenario 1. Encuesta previa a la presentación.....	69
4.1.2. Escenario 2. Encuesta posterior a la presentación.....	70
4.2. Tabulación de la encuesta previa a la presentación de la aplicación móvil Willana Be.....	71
4.3. Tabulación de la encuesta posterior a la presentación del aplicativo móvil.....	78

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y LINEAS DE TRABAJO FUTURO.....	83
5.1. Conclusiones.....	83
5.2. Recomendaciones.....	84
5.3. Líneas de trabajo futuro.....	84
REFERENCIAS.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparativa de tecnologías de localización.....	37
Tabla 2 Cuadro de valorización de tecnologías.....	38
Tabla 3 Requerimientos Funcionales Web.....	48
Tabla 4 Requerimientos funcionales móvil.....	49
Tabla 5 Requerimientos no funcionales.....	49
Tabla 6 Especificación Tipo de Sistema.....	50
Tabla 7 Historia de Usuario HUPER001.....	51
Tabla 8 Historia de Usuario HUPER002.....	52
Tabla 9 Historia de Usuario HUPER003.....	53
Tabla 10 Historia de Usuario HUPER004.....	54
Tabla 11 Historia de Usuario HUPER005.....	55
Tabla 12 Historia de Usuario HUPER006.....	56
Tabla 13 Historia de Usuario HUAPP001.....	57
Tabla 14 Historia de Usuario HUAPP002.....	58
Tabla 15 Historia de Usuario HUAPP003.....	59
Tabla 16 Historia de Usuario HUAPP004.....	60
Tabla 17 Historia de Usuario HUAPP005.....	61
Tabla 18 Historia de Usuario HUAPP006.....	63
Tabla 19 Historia de Usuario HUAPP007.....	64
Tabla 20 Historia de Usuario HUAPP008.....	64
Tabla 21 Encuesta Previa Pregunta 1.....	71
Tabla 22 Encuesta Previa Pregunta 2.....	72
Tabla 23 Encuesta Previa Pregunta 3.....	73
Tabla 24 Encuesta Previa Pregunta 4.....	74
Tabla 25 Encuesta Previa Pregunta 5.....	74
Tabla 26 Encuesta Previa Pregunta 6.....	75
Tabla 27 Encuesta Previa Pregunta 7.....	76
Tabla 28 Encuesta Previa Pregunta 8.....	77
Tabla 29 Encuesta Posterior Pregunta 1.....	78
Tabla 30 Encuesta Posterior Pregunta 2.....	79
Tabla 31 Encuesta Posterior Pregunta 3.....	80

Tabla 32 Encuesta Posterior Pregunta 4.....81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de Geofencing.....	9
Figura 2 Limitaciones del GPS.....	10
Figura 3 Comunicación WiFi y dispositivo móvil.....	12
Figura 4 Comunicación BLE beacon y dispositivo móvil.....	15
Figura 5 Comunicación LiFi con el dispositivo móvil.....	22
Figura 6 Comunicación activa entre Beacon - móvil.....	26
Figura 7 Compatibilidad Beacon Estimote.....	27
Figura 8 Localización de dispositivo utilizando método TOA.....	32
Figura 9 Esquema del método TDoA.....	32
Figura 10 Recepción de señales aplicando el método AoA.....	33
Figura 11 Representación del método de proximidad.....	34
Figura 12 Protocolos de tecnología Beacon.....	38
Figura 13 Amperaje de dispositivos Beacons.....	40
Figura 14 Potencia de Transmisión Beacons.....	41
Figura 15 Proveedor Beacon Estimote.....	42
Figura 16 Proveedor Beacon Kontakt.....	42
Figura 17 Proveedor Gimbal.....	42
Figura 18 Proveedor MPact.....	43
Figura 19 Proveedores de dispositivos BLE destacados.....	43
Figura 20 Marco de Trabajo SCRUM.....	47
Figura 21 Panel de Trabajo Trello.....	48
Figura 22 Mockup Login Willana Be.....	52
Figura 23 Mockup Pantalla Principal Willana Be.....	53
Figura 24 Mockup Pantalla de Áreas.....	54
Figura 25 Mockup Ingreso de Beacon.....	55
Figura 26 Mockup administración de beacons.....	56
Figura 27 Mockup apartado de reportes.....	57
Figura 28 Mockup Mapa aplicativo móvil.....	58
Figura 29 Mockup Presentación Inicial.....	59
Figura 30 Mockup Configuración de notificaciones.....	60
Figura 31 Mockup Menú navegacional.....	61

Figura 32 Mockup visualización de lugares de cada área.....	62
Figura 33 Mockup de visualización de un lugar.....	63
Figura 34 Mockup Visualización de notificaciones.....	64
Figura 35 Mockup de visualización de área.....	65
Figura 36 Modelo Base de Datos MySQL de Willana Be.....	66
Figura 37 Arquitectura Willana Be.....	68
Figura 38 Cuadro estadístico pregunta No.- 1.....	72
Figura 39 Cuadro estadístico pregunta No.- 2.....	72
Figura 40 Cuadro estadística pregunta No.- 3.....	73
Figura 41 Cuadro estadístico pregunta No.- 4.....	74
Figura 42 Cuadro estadístico pregunta No.- 5.....	75
Figura 43 Cuadro estadístico pregunta No.- 6.....	76
Figura 44 Cuadro estadístico pregunta No.- 7.....	77
Figura 45 Cuadro estadístico pregunta No.- 8.....	78
Figura 46 Cuadro estadístico posterior, pregunta No.- 1.....	79
Figura 47 Cuadro estadístico posterior, pregunta No.- 2.....	80
Figura 48 Cuadro estadístico posterior, pregunta No.- 3.....	81
Figura 49 Cuadro estadístico posterior, pregunta No.- 4.....	82

RESUMEN

El presente proyecto de titulación está basado en la investigación de tecnologías de localización indoor para el desarrollo de un prototipo que permita solventar la problemática de visitas guiadas dentro de edificios, bibliotecas, universidades, museos, entre otros; donde se aplicó como caso de estudio la Biblioteca “Alejandro Segovia” de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. La investigación realizada busca resaltar los beneficios de utilizar una tecnología de otra para espacios interiores en conjunto con sus desventajas que éstas puedan presentar, específicamente mediante métricas como: costo de implementación, consumo de batería, rango de alcance, entre otros; permitiendo seleccionar una tecnología en contraste a las necesidades del caso, también se analizó sobre los protocolos de comunicación y la técnica de localización óptima entre el dispositivo y la tecnología seleccionada que permita combinarse en el desarrollo del prototipo. Posterior al análisis se llevó a cabo el desarrollo del prototipo mencionado mediante un aplicativo web y aplicativo móvil desarrollados en Java y Android Studio respectivamente utilizando una metodología de desarrollo ágil (SCRUM). Finalmente se detallan las pruebas realizadas previa a la presentación del prototipo y posterior al mismo, esto se desarrolló en campo utilizando Beacons Estimote y el Prototipo Móvil generando resultados en gran parte exitosos.

PALABRAS CLAVE

- **LOCALIZACIÓN INDOOR**
- **BEACONS**
- **BLE**
- **TECNOLOGÍAS DE LOCALIZACIÓN**
- **TÉCNICAS DE LOCALIZACIÓN**

ABSTRACT

The present document is based on the research of indoor localization technologies for the development of a prototype that allows to solve the problem of guided visits inside buildings, libraries, universities, museums, among others; The same one was applied like case of study the Library "Alejandro Segovia" of the University of the Armed Forces ESPE. The research seeks to highlight the benefits of using one technology from another on interior spaces in conjunction with their disadvantages that they may present, specifically through metrics such as: implementation cost, battery consumption, range, among others; allowing to select a technology in contrast to the needs of the case, also discussed the communication protocols and the optimal localization technique between the device and the selected technology that allows to combine in the development of the prototype. After the analysis was carried out the development of the mentioned prototype through a web application and mobile application developed in Java and Android Studio respectively using an agile development methodology (SCRUM). Finally, we detail the tests performed before and after the prototype presentation, this was developed using Estimote Beacons and the Mobile prototype generating results largely successful.

KEYWORDS.

- **INDOOR LOCATION**
- **BEACONS**
- **BLE**
- **LOCATION TECHNOLOGIES**
- **LOCATION TECHNIQUES**

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

En la actualidad, los servicios basados en localización (LBS) se soportan en las siguientes tecnologías: Geofencing y GPS para espacios exteriores (outdoor) RFID, WiFi, Bluetooth Low Energy, NFC entre otros para espacios interiores (indoor) las mismas que proporcionan información y datos relativos del entorno. Los requerimientos de los usuarios determinarán la tecnología a utilizarse en el desarrollo de una solución.[CITATION Mun14 \l 12298]

Como menciona [CITATION Mau12 \l 12298]:

La mayoría de los sistemas de posicionamiento pueden - al menos teóricamente - ser utilizados tanto en interiores como en exteriores. Sin embargo, las prestaciones del sistema difieren mucho, porque los ambientes tienen una serie de similitudes sustanciales. Los entornos interiores son particularmente desafiantes para el posicionamiento, es decir, para encontrar la posición por varias razones.

Debido al crecimiento de tecnología e información digital en la última década el desarrollo de aplicaciones y sistemas de localización y navegación indoor se ha conceptualizado cada vez de mejor forma, además a la combinación de dispositivos móviles y tecnologías de localización mencionadas anteriormente permiten entregar a los usuarios finales servicios basados en localización que solucione el problema de navegación en lugares amplios y complejos de circular (Yin, Wu, Yang, & Liu, 2017).

Por ello es necesario analizar la tecnología de localización más calificada para el desarrollo de los sistemas mencionados anteriormente en entornos interiores.

Conforme [CITATION Rui09 \l 12298] son muchas las aplicaciones que se encuentran desarrolladas con una tecnología de localización; por ejemplo, en caso de los sistemas outdoor se utiliza la tecnología GPS la cual es capaz de situar un dispositivo en cualquier parte del planeta; sin embargo, esta tecnología se ve limitada en localizaciones indoor porque al emitir las señales de localización los dispositivos GPS no son capaces de atravesar materiales de construcción u otro tipo de obstáculos del entorno.

Otros autores, como [CITATION Bas15 \l 12298] menciona que muchas de las aplicaciones orientadas a ubicación utilizan tecnologías de localización indoor que pueden ser aplicadas independientemente o combinadas, algunas de estas son:

- Bluetooth Low Energy (BLE)
- Identificación por radiofrecuencia (RFID)
- Red inalámbrica de área local (WLAN)
- Ultrasonido (US)
- Piso Táctil (TF)
- Near Field Communication (NFC)
- Visible Light Communication (VLC)

Para el desarrollo de este tipo de aplicaciones es importante considerar aspectos como: el rango de alcance, el tiempo de vida útil, el tipo de uso que tendrá, los costos de implementación entre otros. [CITATION Mun14 \l 12298]

La Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, cuenta con una población de 23416 estudiantes y 1119 docentes; su estructura organizacional contempla 9 departamentos distribuidos en 16 edificios cerrados por tanto se ve la aplicabilidad de localización no sólo en ambientes externos sino también dentro de las instalaciones.

El edificio seleccionado para el desarrollo del prototipo será la Biblioteca “Alejandro Segovia” ubicada en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE matriz, al ser un sitio muy concurrido a lo largo del periodo académico se lo seleccionó como caso de estudio.

A partir del 15 de junio del 2015 la Biblioteca presta sus servicios bibliográficos a la comunidad politécnica y al personal en general contando con:

- Auditorio
- Sala de conferencias
- Salas de estudio
- Sala de exposición
- Sala de ajedrez
- Centro de copiado
- entre otros lugares.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema de orientación en espacios interiores no es reciente, este viene de mucho tiempo atrás y actualmente continúa siendo un objeto de estudio ya que las aplicaciones móviles no han abarcado en su totalidad la ayuda de navegación dentro de estos espacios. Hoy en día tiene mayor atención el desarrollar aplicaciones de localización basadas en GPS y red móvil dejando de lado la importancia que tiene el desarrollo de aplicaciones indoor.

La mayoría de las ocasiones que una persona ingresa a sitios como universidades, edificios, bibliotecas, museos, hospitales, entre otros por primera vez; ubicarse y orientarse resulta una tarea difícil. Algunas de las causas principales son:

- La ausencia de mapas de localización en las entradas principales.
- La arquitectura de los edificios.
- Carencia de sitios de información. [CITATION Mor14 \l 12298]

El autor resalta que, muchas de las veces las personas piensan que preguntar a alguien sobre la ubicación de un lugar dentro de un edificio solucionará el problema de orientación; pero eso puede ser un error, ya que resulta complejo si se trata de un edificio lleno de puertas y pasillos. [CITATION Mor14 \l 12298]

Según [CITATION Luq12 \l 12298] cuando se ingresa a edificios en los que nunca hemos estado anteriormente, construimos mapas cognitivos que son la representación mental de los objetos y sus ubicaciones dentro del entorno. Esta información es útil para regresar al punto de un edificio por el que hemos entrado.

Un claro ejemplo de lo manifestado es el ingreso a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. En el caso de los estudiantes nuevos se evidencia el desconocimiento total de la ubicación de bloques, biblioteca, laboratorios y servicios proporcionados por la institución, otro caso son las personas externas a la institución que requieren realizar algún tipo de trámite y no puedan ubicar y dirigirse al lugar que desean ir. Por eso se ve la necesidad de crear una posible solución aplicando tecnología de localización y el uso de dispositivos móviles que permitan solventar la problemática planteada.

Por las razones mencionadas anteriormente se tomará como caso de estudio la Biblioteca “Alejandro Segovia” donde esta problemática se ve plasmada, una de las razones es que la mayoría de usuarios que visitan este edificio no conocen los servicios y áreas que se ofrece a los estudiantes y personal en general; frente a esto la tendencia actual son las aplicaciones móviles, es por eso se pondrá mayor énfasis en utilizar la tecnología como enlace hacia los usuarios y la localización en el edificio.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En vista que el desarrollo de aplicaciones basadas en la ubicación en espacios interiores se está volviendo una tentativa muy atractiva para empresas y negocios, se busca desarrollar innovadoras soluciones aplicando tecnologías de localización indoor, debido a que las tecnologías actuales outdoor como el GPS no logran solventar las necesidades de posicionamiento en espacios interiores.

Una de las principales causas se debe a que las tecnologías outdoor generan atenuación creando márgenes de error en la precisión y posición de dispositivos dentro de espacios interiores; además, buscar una posición donde existan pisos, niveles o subniveles resulta un proceso complejo realizarlo con GPS u otro tipo de tecnología outdoor por las causas mencionadas anteriormente.

Mientras tanto, las tecnologías de localización indoor ofrecen mejorar la precisión de posicionamiento en estos espacios reconociendo la existencia de pisos, niveles o subniveles que existen, algunas de estas tecnologías no requieren de hardware adicional y en caso de falla o mal funcionamiento de alguno de los dispositivos, el sistema de localización tiene la capacidad de adaptarse sin perjudicar el funcionamiento del mismo. Sin embargo, la tecnología por Bluetooth tiene un mejor desempeño en lo que se refiere a consumo de batería y es menos propenso a fallas en dispositivos móviles, es por eso que, algunas de las aplicaciones donde se utiliza esta tecnología son:

- Visitas guiadas.
- Orientaciones en espacios interiores.
- Marketing in retail.
- Eficiencia en atención al cliente.

Gracias a los bajos costos, y su fácil implementación hace viable combinar esta tecnología con una complementaria, además que permite una expansión de tecnología. [CITATION Tin16 \l 12298]; además al ser una alternativa creciente en la actualidad, las aplicaciones basadas en localización dependen en gran parte sobre el propósito que tendrá ya que no es lo mismo decir el posicionamiento en una escuela que una universidad y toma en cuenta que el objetivo principal es brindar una precisión exacta algo que en la actualidad se ha convertido en un área de investigación importante [CITATION AIA14 \l 12298]

En la mayoría de los casos, los sistemas basados en localización se conforma de cinco elementos básicos: dispositivo móvil, red de comunicación, dispositivo de posicionamiento encargado de reconocer la posición del móvil, proveedor de servicios que procesa la solicitudes de los usuarios y un proveedor de datos que se encarga de almacenar toda la información útil sobre y para el usuario, en consecuencia es necesario analizar qué tecnología presenta una solución viable para el caso de estudio mencionado [CITATION AIA14 \l 12298]

Utilizar tecnología BLE para solucionar la problemática de orientación y ubicación en espacios interiores podría representar una solución viable, porque orientará a los usuarios en los diferentes pisos dentro de la biblioteca “Alejandro Segovia” evitando así que se dirijan a lugares erróneos y la pérdida de tiempo en sus trayectos.

Además, el objetivo principal es aplicar tecnología indoor a bajos costos mejorando la calidad de atención a todo aquel que visite la Biblioteca “Alejandro Segovia” u otro edificio en general brindando un nuevo servicio a la comunidad generando un desarrollo académico e investigativo de alto nivel y a un futuro poder implementarla en los edificios permitiendo ubicar de mejor manera cada sitio o espacio interno de la Universidad.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar un prototipo basada en ubicación para espacios interiores utilizando tecnología de localización de alta precisión.

1.4.2. Objetivos Específicos

1. Realizar la revisión de literatura inicial sobre las tecnologías de localización existentes para el desarrollo de aplicaciones basadas en la ubicación indoor.
2. Comparar las tecnologías basadas en la localización para espacios interiores (indoor) con el fin de seleccionar la más apta que se adapte a la problemática del caso de estudio planteado.
3. Desarrollar un prototipo de aplicación basada en la ubicación en espacios interiores que permita realizar una visita guiada en la Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE “Alejandro Segovia” como un caso de estudio.
4. Analizar la eficiencia, efectividad y usabilidad del prototipo en el caso de estudio planteado.

1.5. ALCANCE

El presente proyecto tiene como finalidad entregar las siguientes funcionalidades:

Aplicación Web

- La aplicación permitirá registrar nuevos usuarios “Administradores” mediante el perfil Super Administrador.
- La aplicación permitirá el ingreso a los usuarios web registrados en el sistema.
- Creación de Web Service REST para la comunicación entre la aplicación móvil y aplicación Web.
- Permitirá la administración de la información a presentarse en la aplicación del dispositivo móvil.
- El sistema web permitirá registrar áreas y lugares referente a los sitios que se desea denotar en el edificio.

- El sistema web permitirá registrar contenido de cada lugar de información.
- El sistema web permitirá la administración de los beacons registrados.

Aplicación Móvil

- La aplicación permitirá la visualización del mapa interno de la Biblioteca “Alejandro Segovia” en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- La aplicación permitirá la navegabilidad entre las áreas de la Biblioteca.
- La aplicación permitirá la visualización de información general y específica de la Biblioteca “Alejandro Segovia” en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Notificaciones, la aplicación enviará notificaciones push hacia el usuario.
- La aplicación permitirá visualizar información al usuario de un punto de interés dentro de la Biblioteca “Alejandro Segovia” en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- La aplicación funcionará modo online, es decir el dispositivo móvil debe contar con acceso a internet.
- El aplicativo móvil mostrará información únicamente del área de la Biblioteca.
- El aplicativo móvil visualizará una pantalla para configuración de notificaciones.

CAPÍTULO II ESTADO DEL ARTE

Para seleccionar bibliografía vinculada sobre aplicaciones de localización indoor es necesario realizar una revisión inicial de literatura, la misma que se define como el proceso fundamental de la investigación que permite recolectar y analizar información útil para la problemática planteada, además se puede seleccionar lo más relevante de un conjunto de información previamente consultado, tener una idea más clara y posibles soluciones a un problema general o específico. [CITATION Gut121 \l 12298]

Una revisión inicial de literatura consiste en:

- Tener una visión general sobre el planteamiento del problema
- Adquirir conocimiento y dominio sobre el tema o temas relacionados.
- Generar nuevas ideas y posibles soluciones al problema planteado.
- Entrega información general al autor del proyecto como al lector.
- Identifica explicaciones y definiciones significativas relacionadas al tema.

A continuación, se presentan los hallazgos más relevantes:

2.1. TECNOLOGÍAS DE LOCALIZACIÓN

En este apartado se menciona las diversas tecnologías utilizadas para la localización sea indoor como outdoor, donde se hará un mayor énfasis en WIFI, BLE, NFC y RFID que son exclusivamente tecnologías de localización indoor.

2.2. GEOFENCING

Según Javier Castillo et al. (2014) es un perímetro virtual vinculado a un dispositivo móvil inteligente para un área geográfica del mundo real, un GeoFence podría ser generado dinámicamente como en un radio alrededor de un perímetro o punto de ubicación, un GeoFence es un conjunto predefinido de límites, como las zonas de asistencia escolar o los límites del vecindario.

Otra definición según [CITATION Ver13 \l 12298], Geofencing es una forma especial de localización, donde los dispositivos usan beacons para limitar o verificar el área en la que se mueve un usuario. Dentro de iOS 7 existe una función

de geolocalización, donde una aplicación puede instruir al dispositivo para comprobar si permanece dentro de un rango definido, luego alertar a la aplicación si se mueve fuera del mismo.

La ventaja deducida por esto es que la función de rango opera en segundo plano, consumiendo muy poca energía hasta que detecta que los parámetros de geolocalización han salido del rango definido, momento en el que alerta a la aplicación.

No se debe confundir GeoFence con beacons. Beacon es una pieza de hardware de baja energía que utiliza la proximidad para activar una respuesta. Los Beacons suelen utilizarse en interiores utilizando tecnología WiFi y Bluetooth. Los Beacons no transmiten datos, la aplicación extrae los identificadores del beacon. El dispositivo utiliza los datos guardados para activar una acción. [CITATION Cas14 \l 12298]

2.2.1. Tipos de GeoFencing

Estática: Posición del usuario respecto a un punto fijo o área fija. El GeoFencing estático se puede utilizar para enviar una oferta especial a través de mensajes de texto a los usuarios que ingresan en un distrito de compras.

Dinámico: Posición del usuario relativa a un flujo de datos cambiante. GeoFencing dinámico se utiliza para enviar un mensaje sobre "espacio de estacionamiento abierto" cerca de usuarios de aplicaciones móviles que conducen por un área en particular.

Peer-to-Peer: Posición del usuario en relación con otros usuarios. Peer-to-peer GeoFencing es una red social basada en la ubicación que notifica al usuario sobre amigos cercanos. [CITATION Cas14 \l 12298] Los tipos de geofencing descritos se muestran en la Figura 1.

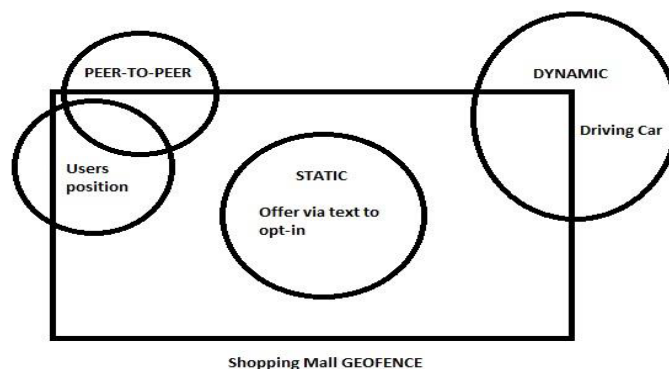


Figura 1 Tipos de Geofencing

Fuente: [CITATION Cas14 \l 12298]

2.3. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

Según el criterio de [CITATION Won16 \l 12298] GPS es una tecnología que tiene ventaja en cuanto se refiere a precisión, operatividad, versatilidad, fiabilidad y disponibilidad en la mayoría de casos. Además, GPS depende en gran medida de señales obtenidas de al menos cuatro satélites a pesar de utilizar una variedad de procedimientos operativos, técnicas de procesamiento de datos e instrumentación de receptor.

Un sistema de posicionamiento GPS permite a los dispositivos móviles localizar sus ubicaciones y, permite realizar tareas basadas en localización, rastreo, monitoreo y navegación basándose simplemente en la posición local que está disponible.

Cada tecnología tiene ventajas y desventajas, el GPS no está excluido de esta realidad, la limitación más severa de esta tecnología se encuentra en el deterioro de su precisión proporcional a su pérdida de vistas directas de los satélites en entornos muy obstruidos. Esta afirmación se apoya en el hecho de que la complejidad del entorno interior causa la pérdida de la propagación de la señal de línea de visión entre los receptores del GPS en la Tierra y los transmisores de los satélites.

Además, consume energía adicional y es demasiado costoso para integrarse en cientos de nodos de sensores de energía limitada. En la Figura 2 se presenta las limitaciones de la tecnología GPS.

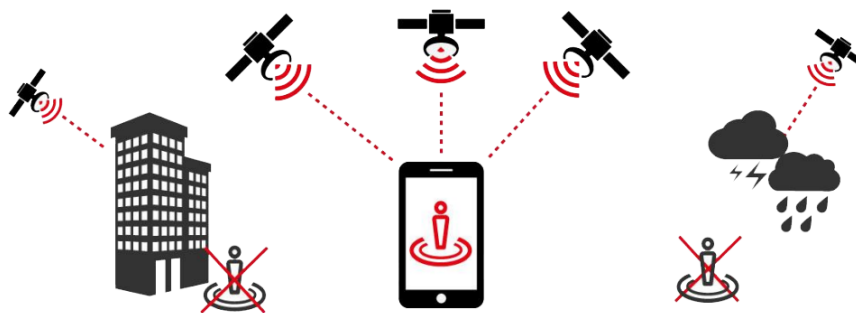


Figura 2 Limitaciones del GPS

Fuente: [CITATION Inf16 \l 12298]

A continuación, se puede mencionar algunas características de esta tecnología:

2.3.1. Accesibilidad

La tecnología GPS al tener una cobertura global por utilizar satélites y encontrarse como una de las funcionalidades particulares de los dispositivos móviles de la actualidad, no requiere componente o configuración compleja por lo que para los usuarios finales representa de fácil acceso como componente de localización. Mientras que para los desarrolladores de sistemas basados en GPS de igual forma es de fácil acceso y manipulación dentro del desarrollo de los mismos. [CITATION Won16 \l 12298]

2.3.2. Exactitud

La precisión es baja en ambientes indoor debido a las limitaciones que posee GPS como se mencionó anteriormente, por lo que no es recomendable utilizar esta tecnología si lo que se desea es precisión casi exacta, como se lograría con BLE o NFC [CITATION Inf16 \l 12298]

2.3.3. Costo

Al utilizar satélites como equipos de transmisión de localización, utilizar GPS no requiere de equipo físico adicional ni configuraciones en los mismo, solamente requiere configuración y manipulación por parte de la aplicación completamente, para su correcto funcionamiento [CITATION Won16 \l 12298]

2.3.4. Fuente de Alimentación

Como se mencionó anteriormente, GPS no requiere de fuente de alimentación fija ya que la señal proveniente se recolecta desde satélites [CITATION Won16 \l 12298]

2.3.5. Rango de alcance

Suponiendo localización outdoor GPS, tiene un rango global es decir cubre todo el planeta entregando información de ubicaciones particulares. Pero en el ámbito indoor, GPS no tiene rango establecido que pueda ser analizado. [CITATION Inf16 \l 12298]

2.3.6. Seguridad

En lo referente a seguridad, la posibilidad de inferir en las señales emitidas por los satélites en muy baja sin embargo existe, la cual trata en bloquear la señal enviada al receptor con equipo particular, además de tomar en cuenta que la señal de GPS debe recorrer largas distancias llegando con una fuerza baja al receptor [CITATION Gut121 \l 12298]

2.3.7. Consumo de Batería

La conexión realizada entre los satélites y el dispositivo es muy lenta, por lo menos la primera vez, ya que su tiempo de prolongación es de 50 bits por segundo, y esto puede tardar entre 12 segundos hasta 12 minutos en conectarse completamente es por esta razón que el usar GPS drena la batería del dispositivo móvil. [CITATION Lov13 \l 12298]

2.4. WIFI

Según Jin-Shyan Lee et al. (2007) “La fidelidad inalámbrica (Wi-Fi) incluye estándares IEEE 802.11a /b/g para redes inalámbricas de área local (WLAN). Permitiendo a los usuarios navegar por Internet a velocidades de banda ancha cuando se conecta a un punto de acceso (AP) o en modo ad hoc.”; esto se convierte en el modo de conexión de datos inalámbrico predominante para las redes de datos locales y se encuentran en todos los teléfonos móviles.

Por otra parte, requiere fuente de alimentación y una configuración previa para poder trabajar en ambientes de localización, el rango de las redes Wi-Fi dependen mucho del poder de transmisión, el tipo de antena y de la ubicación en la

que se encuentren. En ambientes interiores, un router utiliza los estándares 802.11b o 802.11g y una antena común puede tener una gama de 32m. [CITATION Mit161 \l 12298]

En la Figura. 3 se presenta la forma de comunicación entre WiFi y el dispositivo móvil.

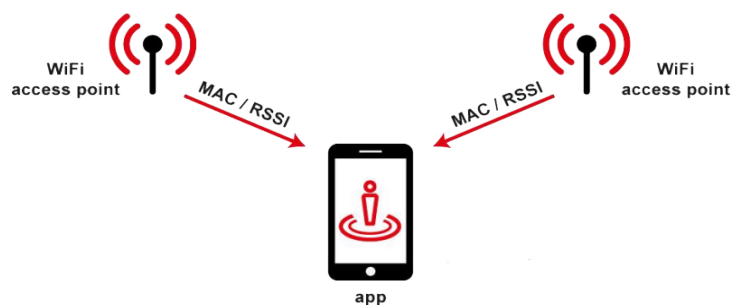


Figura 3 Comunicación WiFi y dispositivo móvil

Fuente:[CITATION Inf16 \l 12298]

WIFI realiza mediciones de potencia de señal utilizando escaneo pasivo o activo, sobre los puntos de acceso existentes en el rango en el que se encuentra el dispositivo móvil, es decir que un dispositivo móvil conectado a uno de estos puntos cambia de canal periódicamente para detectar los puntos de accesos que se encuentren al alcance con mejor señal y se conecta. [CITATION Rui09 \l 12298]

El uso de Wi-Fi para la localización en interiores tiene la ventaja de no necesitar ninguna interacción ni instalación por parte del cliente/visitante, ya que, si este tiene su wifi encendido, el sistema será capaz de identificarlo y de seguir sus movimientos. Esto es, una intrusión en la privacidad, ya que no se solicita ningún permiso.

El usar Wi-Fi tiene la ventaja añadida de que si además de localizar la señal del usuario, se ofrece acceso a internet al cliente y se puede enviar información personalizada por esta vía sin preocupación de la cantidad de datos enviados.

2.4.1. Accesibilidad

En lo que se refiere a infraestructura, a la tecnología Wifi se la puede localizar en gran parte de lugares con equipos emisores que trabajan con dispositivos móviles. Sin embargo, para realizar la comunicación entre equipo y dispositivo móvil se requiere puntos de alimentación, software específico para la detección de redes inalámbricas que hacen su configuración inicial compleja. [CITATION Lig \l 12298]

2.4.2. Exactitud

Al ser una tecnología costosa de implementar su flexibilidad se ve limitada en comparación con BLE o NFC, por lo tanto, la exactitud puede ser poco fiable ya que influye mucho la posición en que se coloquen los puntos de acceso y la utilización de posicionamiento interno, por lo que no se puede aumentar el número de Access Point (AP) para mejorar su exactitud como el caso de BLE.

Además, existe una limitante al tratar con dispositivos móviles IOS, ya que los mismo utilizan un mecanismo de envío de datos únicos por lo que detectar un dispositivo IOS mediante WiFi puede tardar un poco más que un dispositivo Android. [CITATION Lig \l 12298]

2.4.3. Costo

El costo puede variar principalmente en el número de dispositivos de Access Point (AP) que se requiera, es decir si aplicación es en una zona pequeña WiFi puede ser una solución aceptable con un solo equipo, pero si ese no fuera el caso se necesitaría más equipo lo que involucra mayor costo [CITATION Lig \l 12298]

2.4.4. Fuente de Alimentación

La fuente de alimentación puede ser entre corriente eléctrica y batería suministrada, en el caso de corriente eléctrica sería el caso de los AP mientras que por batería suministrada todos los dispositivos que contengan un dispositivo de red inalámbrico [CITATION Inf16 \l 12298]

2.4.5. Rango de alcance

Posee un rango de alcance entre 50 hasta 100 metros, sin embargo, también dependerá del número de AP que se implanten en la solución tecnológica.

2.4.6. Seguridad

A diferencia de BLE o GPS, la información es intercambiada totalmente por la red generada por WI-FI, convirtiéndola en una tecnología vulnerable para los hackers. Sin embargo, Wi-Fi utiliza diferentes mecanismos de cifrado como: WEP, WPA o WPA2 para asegurar la información, lo que provee seguridad al envío de información. [CITATION Lig \l 12298].

2.4.7. Consumo de Batería

El consumo de batería es grande comparado con la tecnología BLE o NFC, esto se debe a que el dispositivo wireless localizado en el móvil se encuentra periódicamente buscando redes Wi-Fi que podría conectarse eso hace que la batería disminuya.

2.4.8. Comunicación

Wifi utiliza como medio de comunicación inalámbrica la radio frecuencia y para medir la fuerza de señal se analizan las mediciones de RSSI [CITATION Inf16 \l 12298]

2.5. BLE (Bluetooth Low Energy)

BLE es una forma de Bluetooth, uno de los protocolos de comunicación inalámbrica más populares. Comparado con la tecnología Bluetooth clásica, consume menos (Corriente de pico - original: <30mA, BLE: <15mA). Además, se caracteriza por un amplio rango de comunicación (~ 100 m) y una latencia de tiempo corto. Trabaja con el estándar IEEE 802.15.1 y tiene un ancho de banda de 25Mb hasta 32Mb. En la Figura 4 se presenta la comunicación entre BLE y el dispositivo móvil.

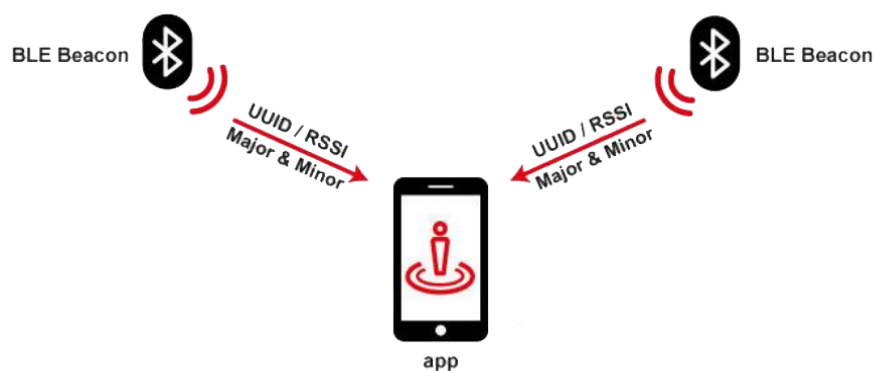


Figura 4 Comunicación BLE beacon y dispositivo móvil

Fuente: [CITATION Inf16 \l 12298]

Es una versión más potente de Bluetooth que fue elaborada para el IoT (Internet of Things). La eficacia energética que posee con la funcionalidad de bajo consumo hace que sea perfecta para los dispositivos que funcionan durante periodos largos de tiempo prolongando así su tiempo de vida energética. [CITATION Blu17 \l 12298].

El soporte nativo para la tecnología Bluetooth en los diferentes sistemas operativos permite desarrollar una amplia gama de dispositivos conectados, desde electrodomésticos hasta monitores y sensores de proximidad. Una de las características más sobresalientes es que el consumo de energía es bajo, la arquitectura estandarizada de Bluetooth facilita el desarrollo y la implementación en tiempo y dinero. Además, permite la seguridad gubernamental con cifrado de datos AES de 128 bits. [CITATION Blu17 \l 12298]

A continuación, se puede mencionar algunas características de esta tecnología:

2.5.1. Accesibilidad

Son configurables de diferentes formas, la más práctica desde un dispositivo móvil, la mayoría de dispositivos que utilizan esta tecnología son pequeños convirtiéndolos en dispositivos portátiles fáciles de trasladar y fáciles de escalar, aunque a diferencia del GPS si requieren una previa instalación para su funcionamiento. [CITATION Lig \l 12298]

Un aspecto favorable es que al ser una tecnología que se encuentra en la mayoría de dispositivos electrónicos actuales, es más accesible que otras tecnologías. [CITATION Lig \l 12298]

2.5.2. Exactitud

Aplicados en los transmisores Beacons, BLE es altamente flexible y al trabajar con la frecuencia de WiFi llega a ser una tecnología fiable, ya que los rangos en los que trabaja pueden ser configurados y la exactitud puede ser tan baja como 1m combinándolo con técnicas de localización como triangulación o huellas dactilares. [CITATION Lig \l 12298]

2.5.3. Costo

Para implementar un sistema de localización indoor se requiere tomar en consideración que se necesita de hardware, costo de configuración, despliegue y en alguno de los casos requiere licenciamiento. Pero tomando en consideración actualmente adquirir dispositivos varía entre los 5 a 30 dólares cada uno dependiendo de las características que ofrezca sin contar el servicio de entrega, por lo que lo hace una opción barata en comparación a todas las ventajas que pueden obtenerse de esta tecnología. [CITATION Lig \l 12298]

2.5.4. Fuente de Alimentación

Para su funcionamiento, generalmente los equipos que trabajan con esta tecnología utilizan batería de pila que dura alrededor de 2 a 5 años lo cual dependerá del rango que se configure el dispositivo, ya que a mayor rango menor duración de la pila.

2.5.5. Rango de alcance

Puede alcanzar hasta los 60m con los Beacons Estimote básicos, sin embargo, dependerá del fabricante y el modelo que se escoja para que el rango varía. [CITATION BeR15 \l 12298]

2.5.6. Seguridad

Suponiendo el ejemplo de los transmisores Beacons, el intercambio de datos es pequeña y no existe riesgo mayor sobre la información saliente debido a que la seguridad recae sobre las aplicaciones móviles con la que trabaja el dispositivo. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que algunos hackers pueden detectar los identificadores de los Beacons y cambiarlos. [CITATION Lig \l 12298]

2.5.7. Consumo de Batería

BLE utiliza aproximadamente el 2.5% de la batería de un dispositivo móvil, esto significa que en comparación de Wi-Fi el consumo de batería es significativamente bajo, generando un bajo impacto en el uso de aplicaciones que utilizan BLE. [CITATION Lig \l 12298]

2.5.8. Comunicación

Tiene una comunicación inalámbrica bidireccional basada en radiofrecuencia con una banda de 2,4 Ghz; permitiendo la conexión de emisión u observación dependiendo el tipo de propósito que se tenga. [CITATION Tin16 \l 12298]

2.6. RFID

Según el criterio de [CITATION Rui09 \l 12298] RFID son dispositivos pequeños similares a una pegatina, que están formados principalmente por una antena y chip, además de otros componentes; siendo una tecnología de identificación automática, remota e inalámbrica que permite rastrear personas y objetos vinculados a un equipo de cómputo, estos se comunican a través de dispositivos denominados etiquetas o tags RFID que emiten ondas de radio.

Los datos pueden ser almacenados y recuperados de forma remota en etiquetas RFID optimizando el tiempo de identificación de dispositivos mediante un lector, sin contacto y a distancia mediante una tarjeta portada por una persona o un vehículo en movimiento siempre y cuando la información de identificación esté vinculada a la ubicación.

2.6.1. Tipo de RFID

Las etiquetas pueden ser de tres tipos, dependiendo del lugar del que provenga la energía que utilizan para tramitar la respuesta.

- Etiquetas RFID pasivas. - No llevan una fuente de alimentación propia y utilizan para responder la energía inducida en la antena por la señal de escaneo de radiofrecuencia.
- Etiquetas RFID semi-pasivas. - Tiene una pequeña batería que permite que el circuito integrado de la etiqueta esté siempre alimentando.
- Etiquetas RFID activas. - Estas etiquetas llevan su propia fuente de alimentación teniendo rangos mayores de uso. Su tamaño es mayor a los anteriores, aunque no supera el tamaño de una moneda.

A continuación, se puede mencionar algunas características de esta tecnología:

2.6.2. Accesibilidad

Este tipo de tecnología es recomendable para aquellas empresas que disponen de un inventario de productos super extenso ya que con sus facilidades permite la identificación única de cada uno de sus productos mediante una señal reflejada o enviada por la etiqueta propia sabiendo con exactitud de donde proviene la señal recibida. [CITATION Rui09 \l 12298]

2.6.3. Exactitud

Es capaz de ofrecer una buena precisión a la hora de localizar un dispositivo en un escenario, dependiendo del tipo de etiqueta RFID seleccionada para usar.

2.6.4. Costo

El costo varía de acuerdo con la etiqueta que se seleccione para ser utilizada, ejemplo si es la etiqueta RFID activa el costo de sus lectores es bastante elevado, mientras que la etiqueta RFID pasiva son baratos.

Es una tecnología muy barata en comparación a WIFI siendo uno de sus principales medios de transmisión las etiquetas pasivas lo que permite abaratar costos siendo escalables a largo plazo.

2.6.5. Fuente de Alimentación

Para su funcionamiento existen etiquetas RFID pasivas y activas, las pasivas carecen de algún tipo de batería y están a la espera de que ocurra algún evento que las haga actuar; mientras que las etiquetas activas cuentan con una batería que determina su ciclo de vida permitiendo la transmisión de datos.

2.6.6. Rango de alcance

El rango de alcance de las etiquetas RFID pasivas es muy limitado teniendo que estar a unos pocos centímetros con el lector que se necesite interactuar; mientras que el rango de alcance de las etiquetas RFID activas es mucho mayor pudiendo mejorarla mediante la instalación de antenas las mismas que amplifiquen su señal. [CITATION Rui09 \l 12298]

2.6.7. Seguridad

La seguridad al igual que las tecnologías anteriores va relacionada a la eficiencia de la aplicación ya que no ofrece funciones de seguridad integradas, lo que quiere decir que los desarrolladores implementan características de seguridad en la aplicación. [CITATION Ham14 \l 12298]

2.6.8. Consumo de Batería

El consumo de batería viene asociado al tipo de tag RFID que se requiere utilizar; si es pasivo el consumo de la batería es mínimo en comparación con el tag RFID activo, por lo que depende de la comunicación con los sensores de los tags que se encuentran en su entorno. [CITATION Arg12 \l 12298]

El consumo de energía va relacionado a la manera eficiente de seleccionar el algoritmo correcto que utilicen los desarrolladores, así el consumo se reduce significativamente. [CITATION Nil10 \l 12298]

2.6.9. Comunicación

La comunicación entre sus componentes se realiza haciendo uso de señales de radiofrecuencia, sin necesidad de existir visión directa entre emisor y receptor. La arquitectura de un sistema RFID está formada principalmente por dos tipos de componentes, lectores y etiquetas (tags). [CITATION Rui09 \l 12298]

2.7. NFC (Near Field Communication)

Es una tecnología de corto alcance, de comunicación bidireccional e inalámbrica. La comunicación NFC se produce entre dos dispositivos a corto alcance, estando entre 0 y unos pocos centímetros de separación, utiliza una señal de 13,56 MHz que permite un ancho de banda inferior a 424 Kbits.

La tecnología NFC posee tres modos:

- Lectura/Escritura.
- Peer to Peer (Red de pares)
- Modo de operación de emulación de tarjetas.

Para intercambiar información entre un móvil con tecnología NFC y etiquetas NFC, se utiliza el formato de intercambio de datos (NDEF), el mismo es un formato definido por el NFC Forum, es un mensaje binario que contiene uno o más registros NDEF.

La tecnología NFC se caracteriza por la simplicidad a la comunicación, proporciona el intercambio de información y facilita la entrega de datos. [CITATION Ozd15 \l 12298] A continuación, se puede mencionar algunas características de esta tecnología:

2.7.1. Accesibilidad

Al referirse a la accesibilidad en la tecnología NFC se dice que los usuarios pueden transmitir sus datos con sus tarjetas sin necesidad de contacto en distancias cortas, generalmente vienen en teléfonos smart ayudando a generar autonomía e independencia a las personas permitiendo. [CITATION Car14 \l 12298]

2.7.2. Exactitud

Es muy preciso dentro de un rango de distancia muy corto.[CITATION Acc16 \l 12298]

2.7.3. Costo

El costo incluye configurar, usar y mantener los sistemas. Mientras que la rentabilidad suele ser relativa a la situación. [CITATION Acc16 \l 12298]

2.7.4. Fuente de Alimentación

Las etiquetas NFC producen su propia energía cuando están cerca de un receptor, transmitiendo datos a los terminales en contacto cercano. [CITATION Acc16 \l 12298]

2.7.5. Rango de alcance

El rango de alcance es seguro en un radio menor a 15 cm. [CITATION Acc16 \l 12298]

2.7.6. Seguridad

Con respecto a la seguridad depende de las aplicaciones móviles como éstas fueron desarrolladas, ya que al transferir datos entre dispositivos que están en un rango no mayor a 15cm, no existe riesgo alguno.

2.7.7. Consumo de Batería

El consumo de batería de la tecnología NFC es muy imperceptible para el smartphone en comparación con otras tecnologías de transmisión de datos. [CITATION nic15 \l 12298]

2.7.8. Comunicación

Cuanto a comunicación se refiere existe una serie de componentes de hardware y software para poder soportar NFC en los smartphones siendo una comunicación inalámbrica que opera a cortas distancias y a alta frecuencia permitiendo el intercambio de datos a una frecuencia de 13,56 MHz provocando la creación de dos campos magnéticos generados por antenas en espiral integradas en

los dispositivos en cuestión. [CITATION Acc16 \l 12298] [CITATION Agu13 \l 12298]

2.8. LI-FI

Es una tecnología derivada de Luz Visible de Comunicación sus siglas en inglés (VLC), utiliza luz led como medio para entregar comunicación de alta velocidad similar a la tecnología WIFI. VLC trabaja conmutando la corriente a los Leds prendiendo y apagando a una velocidad muy alta para ser percibido por el ojo humano. Li-Fi no necesita específicamente una línea de señal directa para intercambiar información, ya que la luz reflejada en paredes puede funcionar de igual forma y transmitir hasta 70 MBit/s.

Mientras WI-FI utiliza ondas de radio para transmitir información, Li-Fi utiliza luz visible, en el que el espectro de luz es 10000 veces mayor el que el espectro de radiofrecuencia.

En el ámbito de localización LiFi puede actuar de forma pasiva o activa determinando la ubicación respecto a un dispositivo de comunicación inalámbrica. En la Figura 5 se presenta la comunicación ente Li-Fi y el dispositivo móvil.

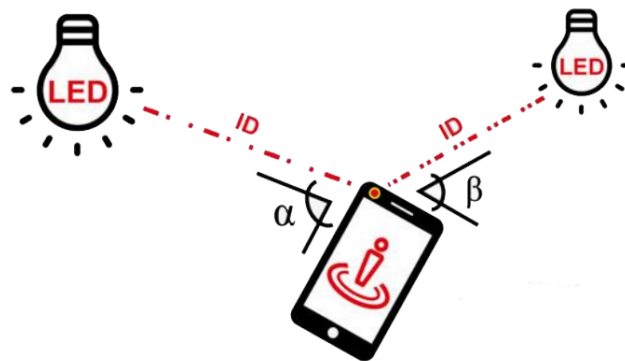


Figura 5 Comunicación LiFi con el dispositivo móvil

Fuente: [CITATION Inf16 \l 12298]

A continuación, se puede mencionar algunas características de esta tecnología:

2.8.1. Accesibilidad

Requiere equipo de instalación tanto un emisor como receptor, donde los dispositivos móviles requiere un decodificador de señal luminosa.

2.8.2. Exactitud

Al tener un rango de alcance limitado LiFi tiene una precisión circular de hasta 2 m. [CITATION Inf16 \l 12298]

2.8.3. Costo

LiFi trabaja con la iluminación existente tipo LED, por lo que requiere este tipo de energía existente, en caso de no tenerlo si puede representar un valor monetario notable ya que se necesita una cobertura que cubra todo el perímetro deseado. [CITATION Mit162 \l 12298]

2.8.4. Fuente de Alimentación

Al ser una tecnología que funciona mediante LED's requiere estar conectado a una fuente de energía de forma continua por lo que en la mayoría de los casos necesitará corriente eléctrica, ya que se encontrará en el ámbito de proveedor de servicio. [CITATION Mit162 \l 12298]

2.8.5. Rango de alcance

El rango de alcance dependerá del rango de intensidad de luz que se emita por una fuente de luz LED caso contrario esta tecnología no funciona, el rango estándar es de hasta 8m. [CITATION Inf16 \l 12298]

2.8.6. Seguridad

Al trabajar con rangos de emisión de luz y no con ondas de radio frecuencia, Li-Fi no atraviesa muros ni obstáculos, esto significa que puede existir intercambio de información en un espacio cerrados como una sala de reuniones asegurando que no exista acceso por terceros a la red generada. [CITATION Rob17 \l 12298]

2.8.7. Consumo de Batería

LiFi al trabajar directamente con la corriente eléctrica del alumbrado, no tiene impacto sin embargo el decodificador de luz adaptado en el móvil si consume menos batería que WiFi o GPS satelital. [CITATION Inf16 \l 12298]

2.8.8. Comunicación

El mecanismo de comunicación que utiliza esta tecnología es mediante luz visible entre 400 y 800 THz que permite enviar datos binarios en forma de pulsos de luz en periodos de nanosegundos, siendo demasiado rápido para el ojo. [CITATION Mit162 \l 12298]

2.9. APLICACIONES DE LOCALIZACIÓN

En base a la investigación de realizada por Lionel Reyero et al. (2007) menciona que las aplicaciones de localización desempeñan un papel importante ya que tiene varias aplicaciones y servicios como: posicionamiento en bibliotecas, monitoreo de mercadería, localización de vehículos, posicionamiento de equipo tecnológico, ubicación de personas, entre otros.

Además, menciona que las personas pasan un 90% del tiempo en espacios interiores por lo que utilizar GPS no resulta tan conveniente en este tipo de espacios y lo que se recomienda es combinar tecnologías generando sistemas híbridos.

En este artículo se busca construir un sistema de posicionamiento que satisfaga la cobertura y precisión de localización en gran porcentaje combinando tecnologías de localización existentes, de las cuales se realizaron pruebas utilizando herramientas como un computador portátil para la recolección de información con WiFi, GPS y adaptadores de Bluetooth. Posteriormente se establecieron los diversos escenarios de prueba internos y al aire libre donde se obtuvo la siguiente información.

Como tecnología omnipresente, GSM se llevó la mejor puntuación al analizar por métricas de cobertura y exactitud en espacios al aire libre como internos. Como mejor tecnología para espacios al aire libre ganó el GPS y para interiores WLAN, GSM y Bluetooth. Se continuó con los algoritmos para posicionamiento en dónde GPS sería utilizado para espacios al aire libre y WLAN para interiores, en donde el algoritmo detectaría que cuando se pierde la señal GPS automáticamente habilite el posicionamiento por WLAN con el fin de no perder posición a ningún momento.

Como segundo punto se trató el posicionamiento del lugar el cual tiene como objetivo mejorar la precisión en la que se encuentran los usuarios y reconocer la ubicación del lugar. Para ello se utilizó algoritmos probabilísticos, una vez realizada

el registro de formulario a los usuarios que fueron tomados de muestra para la experimentación del proyecto y analizar los resultados de precisión en cada uno de los lugares de prueba.

Para finalizar se realizó un prototipo de aplicación desarrollada para un “Pocket PC” añadiendo los adaptadores WLAN y GPS para su funcionamiento y asegurando su exactitud tanto en espacios internos como al aire libre.

Según Laia Vila et al. (2013):

Los GPS no funcionan en cañones urbanos o interiores de edificios, debido a la dispersión y atenuación que sufre la señal del satélite en las paredes de los edificios. Así, las aplicaciones SIG (Sistemas de Información Geográfica) basadas en GPS son incapaces de obtener la posición en interiores. Por otro lado, aunque obtuvieran la posición, es necesario disponer también de un plano del edificio para obtener la localización del que muchas veces no se dispone. Es necesario, por tanto, ofrecer mecanismos que permitan posicionar y localizar de forma continua y transparente al usuario tanto en espacios abiertos (outdoor) como cerrados (indoor).

2.9.1. BEACONS

Los beacons son dispositivos que permiten la emisión de datos con una frecuencia determinada por la tecnología Bluetooth Low Energy (BLE). Los datos emitidos son como, “Hola estoy aquí. Este es mi ID” [CITATION New14 \l 12298]. A través de la tecnología BLE otros dispositivos (teléfonos inteligentes) pueden leer los datos sin tener que realizar un emparejamiento entre los mismos.

El marco que se está explorando es más que bluetooth beacons, es una explosión de la creatividad empresarial que generó un ecosistema que permite toda una gama de tecnologías de proximidad.

Las redes de beacons son un fenómeno enorme, importante y valioso en la historia de esta tecnología, un beacon puede ser utilizado por múltiples aplicaciones, si los minoristas colocan beacons en sus tiendas para habilitar sus aplicaciones, pero luego permiten que otras aplicaciones accedan a los mismos beacons, el valor de los beacons aumenta considerablemente. Estas otras aplicaciones podrían ser desarrolladas por marcas que están promoviendo productos específicos en las tiendas.

A medida que las redes Beacon han comenzado a formarse permiten el rastreo de los dispositivos, conocer su ubicación y mantienen los metadatos que describen al mismo.

2.9.2. Funcionamiento de una solución basada en la tecnología beacons.

Cuando un dispositivo móvil detecta una señal enviada por un beacon, este interpreta los datos recibidos. Sobre la base de estos datos calcula la distancia a la que está el beacon y desencadena una acción determinada; esta acción puede tomar dos formas: activa o pasiva.

La acción pasiva consiste en almacenar (en memoria local o una base de datos) los ID's asociados a la comunicación con un beacon particular. Por ejemplo, el dispositivo con el identificador 1234 se aproximó al beacon con el identificador 5678.

En la práctica esto significa: Un cliente X se aproxima a un lugar Y a una hora determinada. Una acción activa ocurre cuando existe una comunicación entre un dispositivo y un beacon y se desencadena una actividad en el dispositivo del usuario, permitiéndole recibir una notificación u información personalizada como lo muestra la Figura 6 en la representación de la comunicación activa beacon-móvil.

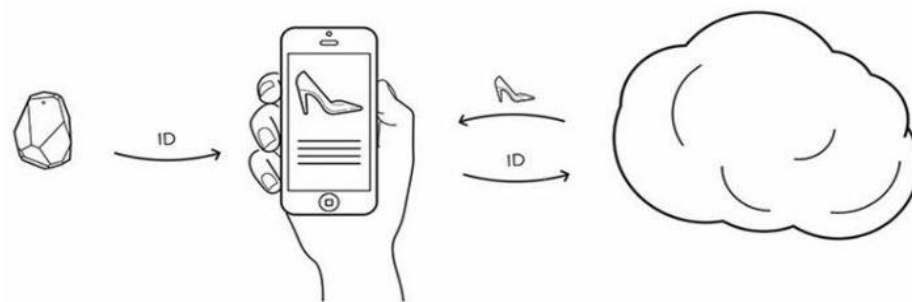


Figura 6 Comunicación activa entre Beacon - móvil

Fuente: [CITATION Yan16 \l 12298]

WonDeuk Yoon et al. (2016) señalan que:

El servicio Bluetooth de los beacons de baja energía es la tecnología nueva de Online-to-Offline. Una aplicación de beacon en el teléfono inteligente de los usuarios conecta los beacons físicos sin conexión con un servicio en línea producido por un proveedor de servicios. Sin embargo, dado

que el beacon BLE opera por separado por cada proveedor de servicios, los usuarios necesitan ejecutar múltiples aplicaciones de proveedores para acceder a diferentes proveedores de servicio. Esto lleva a una gran cantidad de energía y consumo de recursos que potencialmente impide otros usos comunes del teléfono inteligente.

2.9.3. Compatibilidad

Esta tecnología, es posible emplearla en un amplio rango de dispositivos. [CITATION Hip14 \l 12298] En la Figura 7 se muestra la Compatibilidad Beacon con las diversas plataformas.

- iOS: A partir de iPhone 4S, iPad 3ra generación, iPad Mini y iPod Touch 5ta Generación.
- Macs: Cualquiera que cuente con OS X Mavericks y Bluetooth 4.0.
- Android: Dispositivos que tengan la versión 4.3 en adelante.
- Windows Phone: Algunos dispositivos a partir de la versión Lumia Cyan.

[CITATION Hip14 \l 12298]



Figura 7 Compatibilidad Beacon Estimote

Fuente: [CITATION Hip14 \l 12298]

El proyecto de código abierto llamado Eddystone desarrollado por Google para los *beacons*, tiene como ventaja principal que, al ser Open Source cualquier desarrollador pueda trabajar con él y usarlo en una variedad de dispositivos. Por último, hay que anotar que **AltBeacon, protocolo desarrollado por Radius Networks, es una especificación alternativa** que busca cubrir todos los usos de iBeacons, aunque por el momento no tiene mucho apoyo. [CITATION Cab16 \l 12298]

2.9.4. Aplicaciones de uso masivo

En lo relacionado al uso que se puede dar a través de los beacons tenemos una amplia gama de aplicaciones basadas en localización indoor que permiten comunicarse con el usuario y ofrecerle información precisa de acuerdo con el sitio en el que se encuentre.

Entre las aplicaciones que se pueden nombrar tenemos:

- Visitas guiadas
- Navegación en interiores.
- Museos y parques temáticos.
- Marketing en proximidad hacia un producto.
- Monitoreo de usuarios
- Promoción y asistencia de eventos.

Mediante la aplicación de beacons en estos lugares se crea y da a conocer nuevas estrategias mediante el uso del entorno móvil, acompañando todo el tiempo al usuario a través de la señal bluetooth en un dispositivo móvil, permitiendo interactuar con él de manera individual, personalizando la comunicación, guías u ofertas que recibe cada usuario en función de su idioma, situación, etc.

Entre las ventajas que se obtiene al utilizar beacons tenemos:

- Batería durable a bajo costo.
- Cobertura robusta.
- Fácil ubicación del beacon, esto quiere decir que se lo puede ubicar en cualquier parte sin importar el tipo de superficie (algunos resisten el agua).
- No emite ningún tipo de sonido o ruido de la señal emitida.
- Es un dispositivo compacto y simple, por lo que no requiere de espacios amplios ni infraestructura previa.

2.10. INVESTIGACIONES SOBRE APLICACIONES INDOOR

2.10.1. Integración de un sistema de posicionamiento indoor en aplicaciones

SIG para dispositivo móvil

La investigación elaborada por Laia Vila et al. (2013) menciona que la tecnología GPS no funciona en sitios urbanos o interiores de edificios debido a la dispersión y atenuación que sufre la señal del satélite en las paredes de los edificios, por lo que estudian los sistemas de posicionamiento indoor disponibles para

posicionamiento y localización indoor con el objetivo de integrar en una aplicación para dispositivos móviles un sistema compatible, teniendo en cuenta las características de estos. Las principales contribuciones del presente estudio son dos: ofrecer un amplio estudio de cómo posicionar y localizar a un usuario de una aplicación en interiores sólo con el uso de un dispositivo móvil, además; demostrar que es posible desarrollar una aplicación capaz de pasar de un entorno abierto a un entorno indoor de forma continua y transparente al usuario.

Luego de haber realizado el aplicativo y las pruebas necesarias los autores mencionan que la precisión es muy variable cuando hay un pequeño movimiento del smartphone y este pierde fácilmente la localización y el error aumenta considerablemente.

2.10.2. Sistema de posicionamiento Indoor utilizando tecnología Wi-Fi y Bluetooth de bajo consumo.

En el estudio “Indoor Positioning System Using Wi-Fi & Bluetooth Low Energy Technology” (Varshney Vibhu, 2016) se presenta la creación de una aplicación a base de dispositivos Beacon utilizando tecnología Bluetooth Low Energy (BLE) y Wi-Fi para el posicionamiento en interiores en un departamento universitario. Además, se utiliza un algoritmo clásico de trilateración basado en RSSI, que se basa en las mediciones RSSI de los puntos de acceso Wi-Fi preinstalados en el departamento. Se menciona que la intención del estudio es exportar el sistema a la tecnología basada en BLE utilizando dispositivos de beacon Estimote (o Eddystones) y realizar un estudio comparativo entre la tecnología Wi-Fi y BLE para el posicionamiento en interiores.

Los autores para la experimentación realizaron las siguientes pruebas, en el caso de posicionamiento por Wi-Fi establecieron tres puntos de acceso en diferentes partes del departamento en donde se realizó 10 pruebas de las cuales se seleccionaron las 3 mejores aproximaciones de cada punto. Por otro lado, en el caso de posicionamiento por BLE se ubicaron seis dispositivos en diferentes partes y así mismo se realizó 10 pruebas donde se seleccionó las 3 mejores.

Posteriormente se analizó y generó promedio entre estos resultados con el fin de obtener el resultado más próximo a la ubicación de los dispositivos. Los resultados obtenidos presentaban que Wi-Fi tuvo mejor precisión sin embargo los investigadores sugieren que para trabajos futuros se podría explotar propiedades en el uso de BLE en diferentes aplicaciones ya que representa una solución a bajos o a su vez realizar la combinación entre tecnologías de localización.

2.10.3. Desarrollo de sistema de localización utilizando IBeacons

El trabajo “Design and Implementation of Indoor Positioning System Based on IBeacon” trata sobre el diseño e implementación de un sistema de posicionamiento basado en interiores utilizando dispositivos iBeacon basados en tecnología BLE y así mismo el uso de técnicas de filtro Gaussiana y Kalman. En el experimento se utilizó un dispositivo Android y alrededor de 36 beacons donde se seleccionaron 15 puntos de prueba dentro de un instituto de la Universidad de Shanghai donde se realizaron 3 veces la experimentación con el fin de comparar los resultados y analizar el margen de error generado por los mismos. Los resultados experimentales demuestran que el error está a sólo 4 metros y que el sistema puede lograr un posicionamiento preciso y robusto, por lo que recomiendan la utilización o combinación de otras tecnologías de posicionamiento indoor donde se pueda aplicar el algoritmo desarrollado. (Li, 2016)

2.10.4. Beacons BLE (Bluetooth Low Energy) en el sector turístico, control de afluencia y servicios de valor añadido

Según Arkaitz Arregui Caballero de Tineo (2016) “el uso de Beacons Bluetooth smart hace posible crear nuevas relaciones proveedor-usuario mediante la detección de usuarios que se acerca a una localización concreta”.

El bajo costo de los dispositivos Bluetooth Low Energy (BLE) unido a la posibilidad de estar activos por largos periodos de tiempo con una pila de botón, permite “marcar” un lugar mediante un beacon con independencia de si existe electricidad en el lugar, pudiendo ser colocados en lugares al aire libre.

Para que esto sea posible, es necesario que el usuario disponga de un dispositivo compatible y que tenga una aplicación instalada que le permita reconocer al beacon detectado. Mediante esta aplicación se podrá ofrecer al usuario desde información adicional a ofertas personalizadas.” [CITATION Tin16 \l 12298]

El día a día de las aplicaciones que usan geolocalización están presentes en una gran variedad de áreas: educación, turismo, salud, entretenimiento, restaurantes, etc. Un estudio realizado en 2012 por el Pew Internet & American Life Project [CITATION Mur12 \l 12298] confirma que los usuarios de smartphones usan continuamente este tipo de aplicaciones. El estudio determinó que alrededor del 74% de los usuarios utilizan servicios de localización para obtener información sobre lo que hay a su alrededor.

2.11. TÉCNICAS Y MÉTODOS DE LOCALIZACIÓN

Utilizar una de las tecnologías propuestas para espacios interiores no significa que la precisión y exactitud sean perfectas, es por ello que aparte de seleccionar una tecnología se debe tomar en cuenta que técnica y algoritmo a utilizar con la finalidad de que la información generada sea realista y acorde al entorno en el que se encuentra el usuario.

Existen tres técnicas fundamentales que son:

- Triangulación
- Detección de Proximidad
- Análisis de Escenario

2.11.1. Método de Triangulación

Es una técnica que trabaja con las propiedades geométricas del triángulo con el único fin de determinar la ubicación de un punto de interés. Dentro de ellas existen los métodos por lateración y por angulación.

2.11.2. Método de Tiempo de Llegada (Time of Arrival, ToA)

Se basa en la sincronización del tiempo, donde se analiza el tiempo de llegada de las señales transmitidas desde el dispositivo hasta las referencias estáticas o viceversa, para ello se requiere por lo menos 3 referencias que recolectan las señales y posteriormente transmitir las a un punto de localización. Para obtener resultados satisfactorios se requiere una buena sincronización entre los dispositivos y las

referencias. Así mismo para mejorar la precisión de cálculo se requiere utilizar fórmulas matemáticas que complementen el proceso de análisis de datos. En la Figura 8 se presenta el método TOA, donde LMU representa la unidad de medición local.

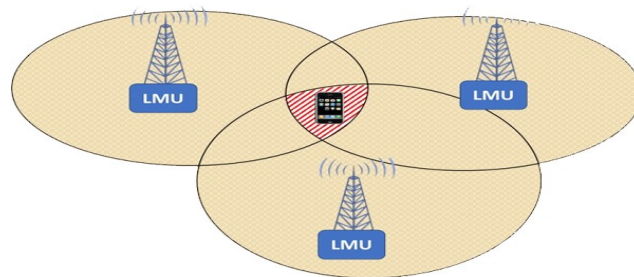


Figura 8 Localización de dispositivo utilizando método TOA.

Fuente: [CITATION Yos \l 12298]

2.11.3. Método de Diferencia de Tiempo de Llegada (Time Difference of Arrival, TDoA)

Similar al método ToA pero con la diferencia que se establece un tiempo de llegada relativos en donde la precisión se calcula por medio de la diferencia entre la llegada de la señal absoluta menos la relativa y no se realizan circunferencias sino se utilizan hipérbolas que se intersecan generando la localización. A continuación, en la Figura 9 se presenta el método TDoA donde OTD significa la diferencia de tiempo observado y BTS son las estaciones de transceptores base.

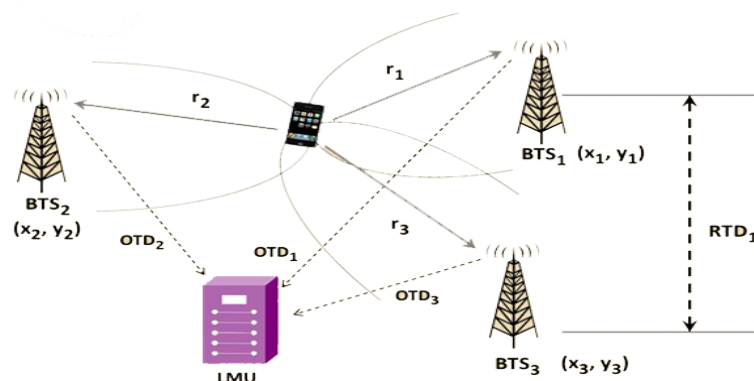


Figura 9 Esquema del método TDoA

Fuente: [CITATION Yos \l 12298]

2.11.4. Método del ángulo de llegada (Angle of Arrival, AoA)

Realiza la precisión de localización mediante el ángulo de llegada del dispositivo hacia las referencias base, para ello requiere 2 puntos de referencia pero si se requiere mayor precisión se puede aumentar los puntos de referencia, las limitaciones de este método es que al realizar el cálculo de localización por ángulos geométricos requiere equipo adicional, es decir antenas con una alta capacidad de captar los ángulos procedentes del dispositivo, además se debe tomar en cuenta la reflexión de la señales debido a los obstáculos interiores. La Figura 10 presenta el método AoA.

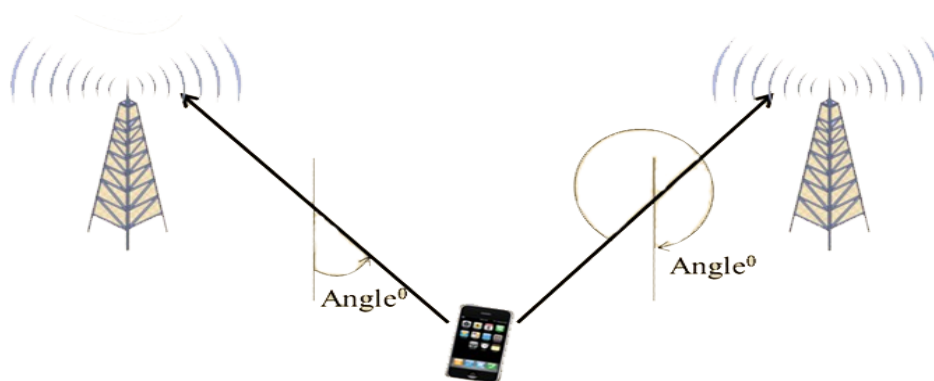


Figura 10 Recepción de señales aplicando el método AoA.

Fuente: [CITATION Yos \l 12298]

2.11.5. Método de proximidad

Se caracteriza por ser fácil de implementar, proporciona información sobre la ubicación del dispositivo móvil relativa. La posición del móvil se determina por medio del CoO (Célula de origen) con la posición conocida y el rango limitado. Cuando más de un dispositivo de localización detecta el objetivo móvil, simplemente reenvía la ubicación más cercana donde la fuerza de señal es la más fuerte. En la Figura 11 se presenta el funcionamiento del método de proximidad.

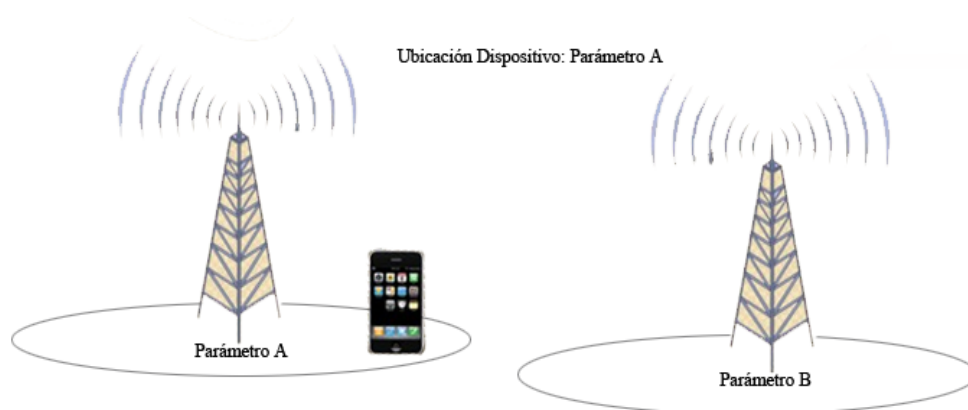


Figura 11 Representación del método de proximidad.

Fuente: [CITATION Yos \l 12298]

Esta técnica se implementa con varias tecnologías de posicionamiento inalámbrico, en sistemas que ejecutan radiación infrarroja, identificación por radiofrecuencia como RFID, GSM, Bluetooth y otros dispositivos de radiofrecuencia personalizados.

2.12. COMPARATIVA DE TECNOLOGÍAS CANDIDATAS PARA POSICIONAMIENTO INDOOR.

Una vez presentadas las características de cada una de las tecnologías mencionadas anteriormente es necesario realizar una comparación entre ellas con el fin de seleccionar la más óptima para aplicarlo en el caso de estudio planteado.

Como menciona Al-Ammar et al. (2014), desarrollar sistemas de posicionamiento interno es una tentativa compleja en comparación de los sistemas de posicionamiento externos ya que no solo se debe tomar en cuenta la atenuación y reflexión de las señales involucradas o la aspiración de entregar una precisión casi perfecta sino también depende del tipo de aplicación que tendrá, por lo que algunas aplicaciones necesitarán menor infraestructura y configuración que otras.

Algunas métricas analizadas para desarrollar IPS son precisión, costo escalabilidad, seguridad, entre otros. A continuación, se realiza una definición de las métricas seleccionadas en base a la información consultada de las tecnologías de localización indoor. Entre ellas son las siguientes:

Accesibilidad: Se refiere a capacidad de una tecnología de ser aprovechada por el consumidor o negocio, planteado por un esquema de transmisor, conjunto de datos y receptor, que se comunican entre sí.

Exactitud: Se refiere a la fiabilidad de la señal dentro del rango de alcance y el nivel de tolerancia, tomando en cuenta factores ambientales que tiene cada tecnología.

Costo de instalación: Se refiere al costo de configuración, uso y mantenimiento de los sistemas.

Fuente de alimentación: Se refiere al medio o mecanismo que necesita la tecnología para su funcionamiento.

Rango de alcance: Se refiere a la distancia que puede recorrer la tecnología en condiciones ambientales, esto quiere decir que la señal tendrá mayor distancia en campos abiertos que en campos cerrados o ambientes con obstáculos.

Seguridad: Se refiere a la capacidad de protección de los datos enviados a través del sistema accedida por terceros o intrusos.

Consumo batería: Se refiere al impacto que tiene sobre la batería del dispositivo del usuario, mientras mayor impacto tenga en la batería, este durará menos.

Comunicación: Se refiere al medio de transmisión de información entre un emisor y receptor que comparten un mismo tipo de código.

Posterior al análisis de técnicas de localización se concluye que la técnica a utilizar en el proceso de localización en la Biblioteca “Alejandro Segovia” sugiere ser la técnica de proximidad debido a las siguientes razones:

Al sugerir diversos puntos de prueba como pisos de referencia se requiere tener más de un dispositivo en cada piso, por lo que la técnica de triangulación requiere al menos tres dispositivos en cada piso.

La técnica de proximidad permite una configuración accesible lo que significa que no trabaja con ningún tipo de algoritmo matemático complejo y difícil de mantener. Es escalable en aspectos de área cubierta al agregar más dispositivos, ya que la tecnología seleccionada permite modificar el rango de alcance cubriendo un área mayor en caso de requerirlo.

En caso de producirse inconvenientes entre los dispositivos emisores la técnica de proximidad es más fácil detectar ya que al no funcionar un nodo se detecta el mismo y se procede a realizar el cambio, mientras que la trilateración provoca un rango de error que limita reconocer el dispositivo erróneo al localizarse en una región cubierta.

Tabla 1
Comparativa de tecnologías de localización

Tecnologías de Localización Indoor

No.-	Métricas	GPS	WI-FI	BLE	RFID	NFC	LI-FI
1	Accesibilidad	3	3	4	2	3	2
2	Exactitud	1	3	4	5	5	3
3	Costo de Instalación (menor costo)	3	3	4	3	3	3
4	Fuente Alimentación	Satélite	Corriente Eléctrica o Batería	Corriente Eléctrica o Batería	En modo activo: Batería	Pila o Batería	Corriente Eléctrica
5	Radio de Alcance (mayor rango)	5	5	3	4	1	3
6	Seguridad	4	2	3	5	5	5
7	Consumo Batería	3	3	4	4	5	3
8	Comunicación	GSM, Satelital	Inalámbrica, rango fijo	Inalámbrica peer-to-peer	Radio Frecuencia	Ondas Electromagnéticas	Luz Visible

Tabla 2
Cuadro de valorización de tecnologías

Cuadro de valorización	
1	Malo
2	Regular
3	Bueno
4	Muy Bueno
5	Excelente

Una vez realizada la comparativa entre las diversas tecnologías mencionadas en el documento y las métricas establecidas, se puede concluir que para el caso práctico de la Biblioteca “Alejandro Segovia” la tecnología seleccionada es BLE debido a las siguientes aseveraciones.

Al ser escalable permite al personal de la Biblioteca encargado del sistema incrementar y mejorar la precisión de puntos importantes mediante la ubicación de más beacons. El rango de alcance resulta conveniente ya que en comparación a NFC es más amplia.

A lo relacionado con fuente de alimentación BLE no requiere de fuente propia como lo hace Wi-Fi al trabajar con los puntos de acceso (AP) ya que posee una batería propia que dura entre 2 años y 7 años.

Si existe el caso en que uno de los dispositivos Beacon BLE deja de funcionar, reemplazarlo es sencillo y no afecta la funcionalidad principal del sistema. En lo relacionado a seguridad BLE únicamente emite señal de identificación por lo que en este caso no recibe información de los dispositivos.

2.13. PROTOCOLOS BLE



Figura 12 Protocolos de tecnología Beacon

Fuente: [CITATION Mit16 \l 12298]

2.13.1. Protocolo iBeacon

Fue la primera solución basada en proximidad que fue introducida por Apple en el 2013. En el aspecto tecnología, Apple introdujo el protocolo iBeacon en versiones iOS 7 y superiores permitiendo a los dispositivos móviles reconocer fácilmente dispositivos con tecnología BLE, la misma que trabaja con especificaciones Bluetooth Smart 4.0. [CITATION Mit161 \l 12298]

La compatibilidad es para ambas plataformas, pero si se utiliza su especificación nativa únicamente para iOS. Y al ser de software propietario se ve controlada por Apple. En cuanto a los paquetes transmitidos iBeacon difunde la información mediante un paquete publicado que cuenta con un número de identificación compuesto por tres elementos: UUID, Major y Minor. Lo que permite identificar al usuario y beacon proveniente. [CITATION Mit161 \l 12298]

A nivel de seguridad y privacidad iBeacon no contiene ninguna ya que al emitir la señal desde los beacon esta es vulnerable a ser receptada por cualquier dispositivo iOS con la funcionalidad BLE habilitada. [CITATION Mit161 \l 12298]

2.13.2. Protocolo Eddystone

Es una tecnología desarrollada por Google y publicada en el 2015 para su uso general, además es un protocolo de código abierto que facilita su aplicación por diversos campos y áreas comerciales a un costo accesible. [CITATION Mit161 \l 12298]

Compatible con iOS y Android lo que permite el acceso cualquier plataforma con Beacons. Al ser open source las especificaciones de este protocolo se encuentran localizados en los repositorios GitHub para el libre acceso y que las empresas y desarrolladores puedan acceder y contribuir ante el mencionado proyecto. [CITATION Mit161 \l 12298]

Para la transmisión de paquetes Eddystone posee tres tipos de difusión: Por identificador único similar a iBeacon, por Eddystone URL y por telemetría en donde envía los datos de los sensores adicionales que tiene los beacons. En cuanto a seguridad y privacidad, este protocolo posee una característica llamada EID's que permite cambiar constantemente los identificadores y que sean detectadas únicamente por los clientes autorizados. [CITATION Mit161 \l 12298]

PROVEEDORES DE DISPOSITIVOS CON TECNOLOGÍA BLE

Una vez seleccionada la tecnología de localización para el caso de estudio y analizado los protocolos existentes en el mercado, se procede a elegir un proveedor de dispositivos que permita trabajar con BLE, entre las candidatas encontradas se analizó el funcionamiento y el acceso necesario ya que existen varios tipos disponibles según el PhD. Nick Koudas co- fundador y CEO de la empresa Aislelabs, se realiza un análisis del funcionamiento, características y rendimiento. [CITATION Kou15 \l 12298]

Hardware

La mayoría de dispositivos cuenta con micro chip BLE y una batería, la misma que tiene diferentes tamaños, pero generalmente utilizan baterías tipo moneda con diferente amperaje, pero así mismo existen beacons que utilizan pilas alcalinas AA que tiene mayor amperaje con la desventaja de ocupar mayor espacio físico. Además, existen beacons que no requieren de alimentación propia ya que pueden ser alimentadas por usb o toma corriente sin embargo quedan limitadas al necesitar una fuente de poder externa. [CITATION Kou15 \l 12298]



Figura 13 Amperaje de dispositivos Beacons

Fuente: [CITATION Kou15 \l 12298]

Firmware

Todos los beacons de cualquier proveedor posee firmware esto permite que el hardware mencionado funcione correctamente y en base a las necesidades de los consumidores. Mediante el firmware el usuario puede controlar el nivel de señal y la frecuencia emitida por el beacon. [CITATION Kou15 \l 12298]

Potencia de Transmisión (Tx): Cada beacon transmite con cierta potencia tx en la que permite modificar dicha potencia incrementando o disminuyendo su rango de alcance.

Intervalo de emisión: Hace referencia a la frecuencia que emiten los beacons en un intervalo de emisión, es decir si el intervalo de emisión es de 100ms quiere decir que emitirá la frecuencia 10 veces en 1 segundo, sin embargo, si este intervalo incrementa el tiempo de respuesta con el dispositivo móvil disminuye. [CITATION Kou15 \l 12298]

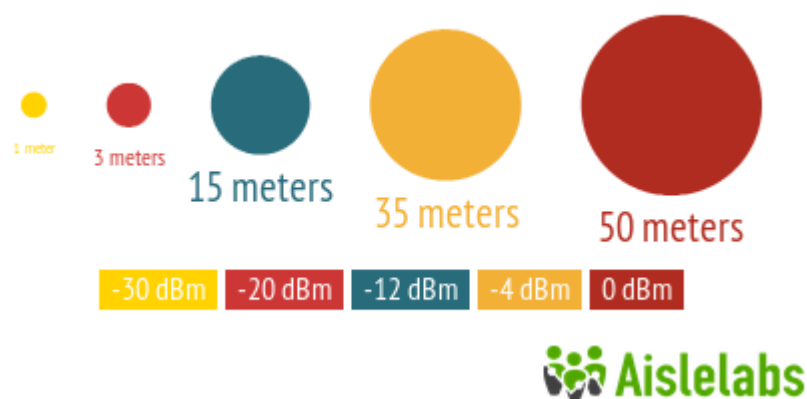


Figura 14 Potencia de Transmisión Beacons

Fuente: [CITATION Kou15 \l 12298]

Chipset

El chipset es el controlador que permite el funcionamiento y configuración de la señal BLE tanto como la potencia de transmisión, el intervalo de emisión y el impacto que tiene en el consumo de batería principalmente.

Algunos de los chipsets más conocidos son:

- Texas Instruments TI CC254x
- Nordic Semiconductor nRF51822
- BLE 112/113 de Bluegiga
- Gimbal

Siendo TI y Nordic las más utilizadas para el protocolo beacon.

Provedores

2.13.3. Beacon Estimote

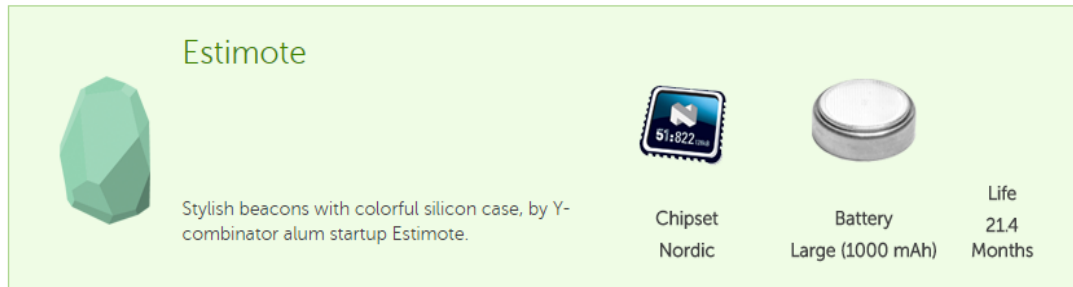


Figura 15 Proveedor Beacon Estimote

Fuente: [CITATION Kou15 \l 12298]

2.13.4. Kontakt

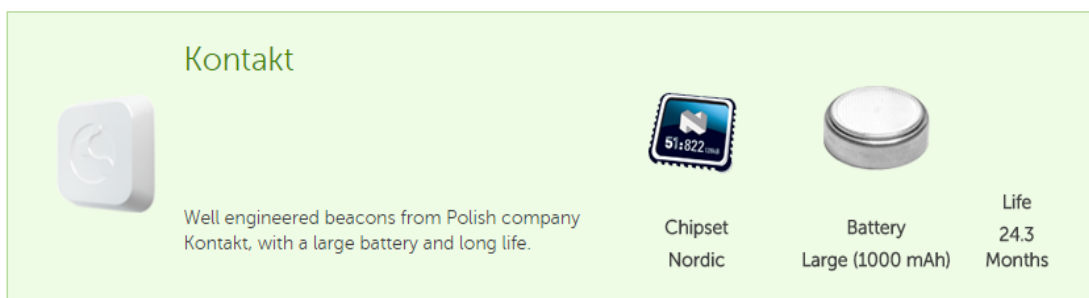


Figura 16 Proveedor Beacon Kontakt

Fuente: [CITATION Kou15 \l 12298]

2.13.5. Gimbal

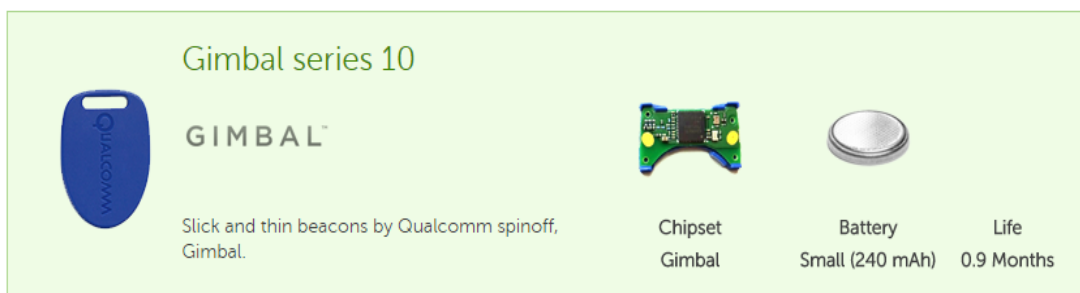


Figura 17 Proveedor Gimbal

Fuente: [CITATION Kou15 \l 12298]

2.13.6. MPact

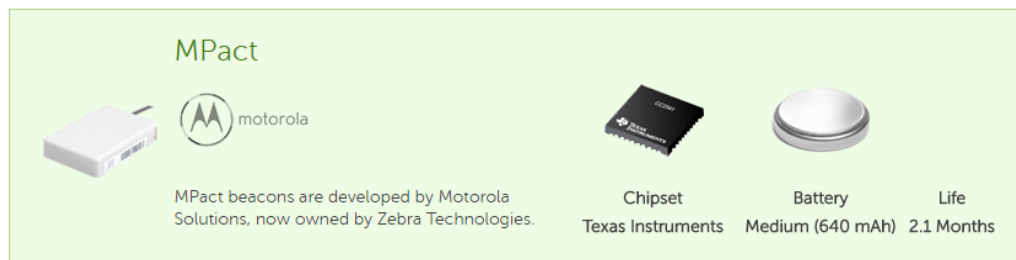


Figura 18 Proveedor MPact

Fuente: [CITATION Kou15 \l 12298]

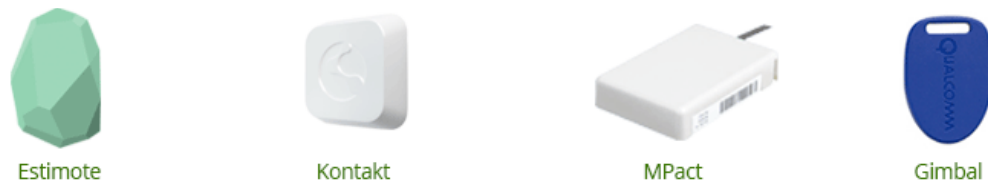


Figura 19 Proveedores de dispositivos BLE destacados.

Fuente: [CITATION Kou15 \l 12298]

2.14. DEFINICIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo a la metodología Action Research (AR), se busca entender los problemas asociados a una temática y explorarlos mediante la práctica, por lo que se hace necesario realizar una planificación y complementar la con mejoras progresivas; es por ello, que se la escogió para el presente proyecto ya que en el mismo se analizará la tecnología más apropiada sobre localización indoor y se combinará o complementará con otra; así mismo, se desarrollarán prototipos, de los cuales gracias al análisis sistemático se efectuarán mejoras progresivas.

La idea principal de AR es explotar el conocimiento que se encuentra en los casos prácticos de manera que el conocimiento encontrado genere de manera incremental y a la vez permita ir solucionando el problema establecido en el objetivo principal. [CITATION Tao10 \l 12298]

“La AR es un método iterativo, a modo que vamos adquiriendo experiencia y aprendizaje, repetimos el ciclo PDCA (Planning, Do, Check, Act), obtener resultados y compararlos con los del ciclo anterior hasta llegar a los resultados deseados. No se trata de suprimir la variación, esto resulta prácticamente imposible, sino de ver qué rango de variación es aceptable sin que se originen problemas.” [CITATION Tao10 \l 12298]

Para el presente proyecto se planificará una problemática inicial a resolver entre los implicados y el entorno en el que se desarrolla, luego se realizará un proceso para la definición de objetivos y resultados a esperar generando conocimiento y priorizando puntos de mejora, posteriormente se analizarán las posibles soluciones mediante revisiones establecidas por el equipo para elaborar un plan acerca de las acciones a realizar estableciendo responsables y tiempos de entrega. Para finalizar se formula un plan de mejora para evaluar los resultados y la efectividad de las acciones, a partir de esto se plantea una siguiente iteración más precisa donde se ejecuta nuevamente las fases de la metodología hasta conseguir resultados que solvente la problemática planteada al inicio.

CAPÍTULO III DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

Para desarrollar el prototipo de localización Indoor con la tecnología seleccionada en el capítulo II se aplicó una de las metodologías de desarrollo ágil que permite flexibilidad a cambios, reduce costos y reduce tiempos durante el proceso de elaboración y construcción de software.

3.1. METODOLOGÍA SCRUM

SCRUM es marco de desarrollo que permite el trabajo colaborativo en el equipo, desarrollo continuo, flexible a cambios y que permite desarrollar proyectos con resultados de calidad. Los pilares fundamentales que se basa SCRUM son la transparencia, adaptación e inspección permitiendo un mejor control al gestionar el desarrollo de un producto intangible como el software. [CITATION Sch13 \l 12298]

Transparencia: Caracterizado por procesos visibles a todos los involucrados en el desarrollo, permitiendo tener el conocimiento de la situación actual al equipo completo de desarrollo.[CITATION Sch13 \l 12298]

Inspección: El proceso de inspección, establece el control sobre los procesos que se ejecutan durante la fase de desarrollo, con fin de alcanzar las metas establecidas en cada sprint.[CITATION Sch13 \l 12298]

Adaptación: En caso de que los resultados obtenidos no estén cumpliendo las metas para cada sprint, se representa un margen de error aceptable permitiendo recuperar el flujo que fue planteado inicialmente.[CITATION Sch13 \l 12298]

Product Owner

Es el responsable sobre la gestión y administración del producto y encargado de dirigir al equipo de trabajo durante el proceso de desarrollo. Entre algunas de sus tareas se encuentran:

- Expresar los ítems necesarios en el Back Log de forma clara.
- La organización de las tareas que serán establecidas en el Back Log.
- Establecer tiempos y responsables para cada una de las tareas que se realizaran en el Back Log.
- Verificar el cumplimiento de los ítems en cada uno de los sprints.

- Ser parte y vocero intermedio entre el equipo de desarrollo y el cliente.

Equipo de Desarrollo

Conformado por un grupo de profesionales, los cuales se encuentran en condiciones para organizar tiempos y los recursos disponibles con la finalidad de llegar a desarrollar un producto con alto valor para el cliente.

Alguna de las características del equipo de desarrollo son:

- Son auto-organizados, planifican sus tareas y las programan de acuerdo con el tiempo que estas necesiten.
- Son independientes en su trabajo, esto significa que fácilmente puede desarrollar tareas establecidas en el sprint sin dificultad.
- Aunque cada miembro tenga características particulares la responsabilidad y unión fomenta el trabajo en equipo.

Scrum Master

Representa un vocero de comunicación entre el equipo de desarrollo y el producto, de forma que notifica al resto de involucrados sobre el correcto entendimiento de usar Scrum, así como establecer el conocimiento necesario a las personas que no se encuentran en el equipo SCRUM.

Algunas de las tareas que realiza el Scrum Master son:

- Coach en entornos poco estudiados o donde la metodología SCRUM no ha sido aplicada.
- Facilitador de eventos SCRUM según la necesidad del proyecto.
- Solucionador de impedimentos generados en el transcurso del desarrollo del producto.
- Ayuda al equipo de desarrollo a elaborar productos con un alto valor.

SCRUM se caracteriza por realizar ciclos parciales lo que permite generar entregables incrementales, en cada sprint.

SPRINT

Representa un intervalo de tiempo entre un mes o menos en la que se desarrollan tareas con la finalidad de entregar un avance tangible y funcional, donde todos los miembros SCRUM cargan funciones y responsabilidades diferentes

apuntando hacia un solo objetivo, el de cumplir el desarrollo de un producto.

Cuando un sprint finaliza de inmediatamente comienza uno nuevo hasta que el producto final cumpla con las necesidades y requerimientos establecidos a un inicio. En la Figura 20 se presentan un esquema de trabajo que engloba todas las actividades de la metodología SCRUM.

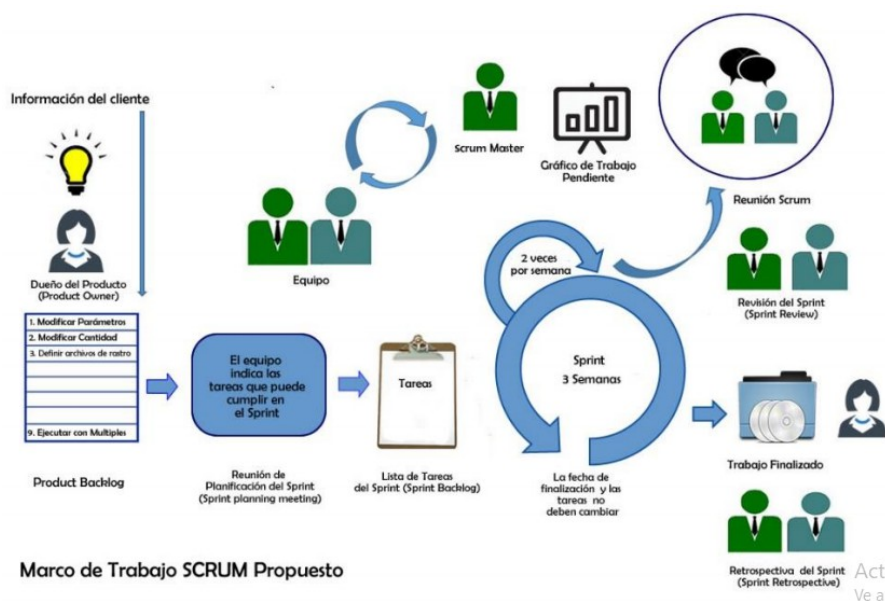


Figura 20 Marco de Trabajo SCRUM

Fuente: [CITATION Arm15 \l 12298]

Para el presente proyecto se establecieron los siguientes integrantes como miembros del equipo SCRUM, desempeñando respectivas funciones.

Product Owner: José Guamán

Scrum Master: Juan Caspi

Equipo de Desarrollo: José Guamán, Juan Caspi

Una vez establecido los miembros del equipo SCRUM y asignado las responsabilidades, se procede a realizar el panel de sprint, a continuación, se puede visualizar en la Figura 21. donde se especifican las tareas a realizar.

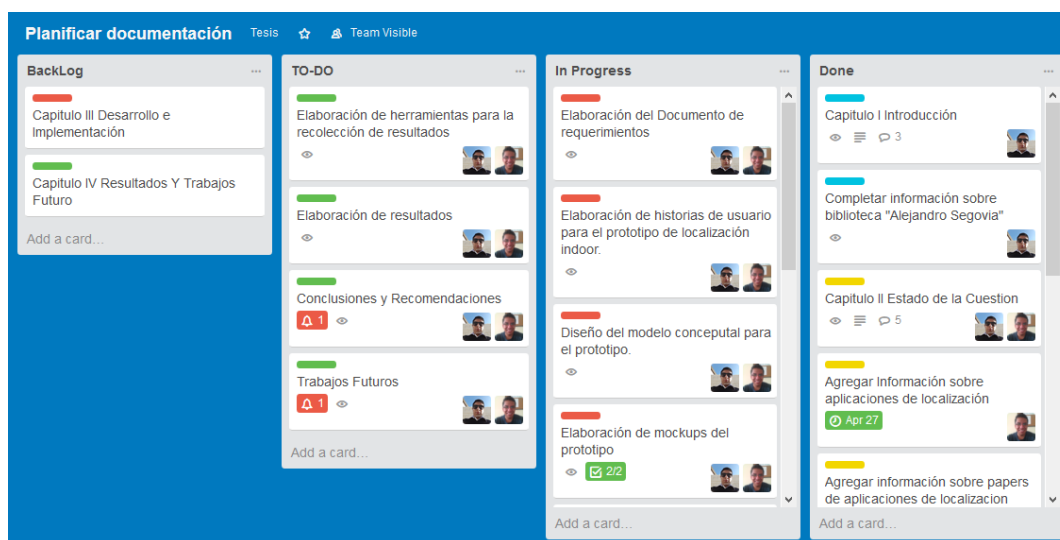


Figura 21 Panel de Trabajo Trello

Se tomo alrededor de 3 sprint el desarrollo del prototipo y las funcionalidades. A continuación, se describen los principales requisitos funcionales y no funcionales que debe contener el Aplicativo Localización Indoor con dispositivos Beacons y la tecnología Bluetooth.

3.2. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES WEB

Tabla 3
Requerimientos Funcionales Web

SW01	El sistema debe controlar el acceso a la administración de la información.
SW02	El sistema tendrá dos perfiles. <ul style="list-style-type: none"> ○ Super Administrador ○ Administrador
SW03	El sistema web no debe permitir el acceso a usuarios no registrados.
SW04	El sistema permite a los usuarios registrados gestionar la información que será visualizada por el usuario final.
SW05	El sistema web permitirá administrar áreas nuevas y así como las registradas.
SW06	El sistema permitirá controlar el número de actualizaciones o registro del contenido de las notificaciones de cada beacon.
SW07	El sistema permitirá subir imágenes de la ubicación de los beacons.
SW08	El sistema permitirá visualizar los beacons registrados en la biblioteca. (requerimientos previos - cuenta estimote)
SW09	El sistema permitirá registrar contenido de cada punto de información.
SW10	El sistema permitirá actualizar la información que será visualizada en las notificaciones.

Continua



SW11	El sistema permitirá cargar iconos de los lugares de interés que serán ubicados en las diferentes áreas registradas.
SW12	El sistema mantendrá la persistencia de la información en todo momento, es decir nunca eliminará información de la base de datos.
SW13	El sistema permitirá desplegar un reporte donde se presentará el número de dispositivos registrados por beacon/área.

3.3. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES MÓVIL

Tabla 4
Requerimientos funcionales móvil

AM01	El aplicativo móvil descriptará la información recibida desde el servidor.
AM02	La aplicación móvil permitirá visualizar el mapa de la biblioteca general.
AM03	El sistema permitirá el acceso a los usuarios que tengan instalada la aplicación.
AM04	El aplicativo móvil no requiere acceso por autenticación.
AM05	El aplicativo móvil solicitará al usuario los permisos necesarios para su funcionamiento.
AM06	El aplicativo móvil desplegará una pantalla para configuración de notificaciones.
AM07	El aplicativo móvil permitirá navegar entre los diferentes pisos que posee la biblioteca.
AM08	El aplicativo mostrará las áreas de cada piso al ser seleccionado.
AM09	El aplicativo móvil permitirá visualizar la información sobre cada piso de la biblioteca.
AM10	El aplicativo móvil emitirá notificaciones push de información acerca del lugar en el que se encuentra el usuario.
AM11	El aplicativo móvil registrará en el sistema el imei del usuario.
AM12	El aplicativo móvil mostrará información únicamente del área de la biblioteca.

3.4. REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

Tabla 5
Requerimientos no funcionales

NSW01	El dispositivo tendrá que disponer de acceso a internet.
NSW02	El aplicativo se encontrará disponible en un ambiente local para realizar pruebas de funcionamiento.
NSW03	El servidor de la aplicación estará disponible 24/7
NSW04	El sistema trabajará bajo web services tipo REST.
NSW05	El aplicativo web utilizará en un servidor de aplicaciones Wildfly 10.1 o superior.
NSW06	El sistema deberá desarrollarse bajo software libre.
NSW07	El sistema deberá estar debidamente documentado en español.

Continua



NSW08	La aplicación web será fácil e intuitiva para el uso del usuario.
NSW09	La aplicación web tendrá una interfaz acorde a las nuevas tendencias de diseño.
NAM01	El dispositivo tendrá que poseer una versión de android 4.3 o superior
NAM02	La aplicación móvil será desarrollada en Android Studio.
NAM03	Se requerirá permisos de ubicación e información general del dispositivo móvil.

3.5. DESCRIPCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS.

Posteriormente se agruparon los requerimientos encontrados y que tuvieron semejanza en funcionalidad, además se analizó con el personal Bibliotecario y técnico encargado dichos requerimientos para generar las historias de usuario detalladamente y acorde a las necesidades planteadas en el caso de estudio.

Nombre del sistema: Willana Be

El sistema Willana Be tiene por objetivo permitir a los usuarios encontrar y visualizar información de puntos específicos dentro de la biblioteca “Alejandro Segovia”, estos serán compartidos a través de una aplicación móvil, el sistema se compone de subsistemas que se detallan a continuación:

Tabla 6
Especificación Tipo de Sistema

Nombre del Sub Sistema	Tipo	Descripción
Sistema de Administración de Perfiles e Información.	Web	Permite gestionar cuentas y la información de los beacons, lugares, áreas y usuarios.
Aplicación Móvil	Móvil	Facilita la visualización del contenido sobre las áreas específicas dentro de la Biblioteca “Alejandro Segovia”

3.5.1. Aplicación Administración Web

Descripción

Este sistema tiene por objetivo permitir a los usuarios Administrador y Súper Administrador gestionar la información de los beacons permitiendo el ingreso de contenido sobre áreas, lugares e notificaciones dentro de la Biblioteca “Alejandro Segovia” en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Tabla 7
Historia de Usuario HUPER001

Historia de Usuario	
Número: HUPER001	Rol: Super Administrador, Administrador
Nombre de historia: Control de acceso al sistema	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Medio
Puntos estimados:	
Programador responsable: Equipo de Trabajo	
Característica/Funcionalidad: Como usuario Administrador / Súper Administrador se necesita gestionar la información y el contenido de los puntos de interés de la biblioteca “Alejandro Segovia”.	
Validación:	
Se necesita visualizar:	
<ul style="list-style-type: none"> ● Se permitirá el acceso únicamente a usuarios registrados en el sistema como Administrador o Súper Administrador. ● El usuario accede al sistema siempre y cuando su correo y contraseña sean idénticos a los registrados. 	

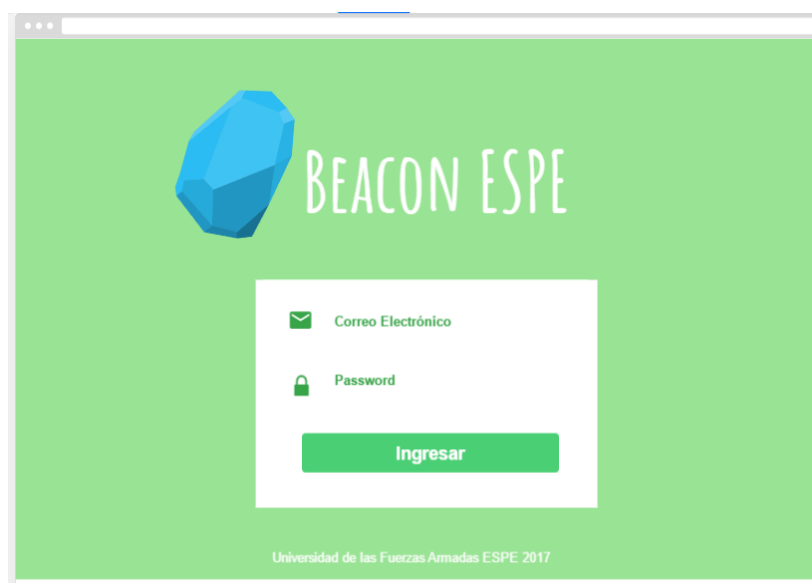


Figura 22 Mockup Login Willana Be

**Tabla 8
Historia de Usuario HUPER002**

Historia de Usuario	
Número: HUPER00 2	Rol: Super Administrador
Nombre de historia: Registrar usuarios Administradores en el sistema.	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Baja
Puntos estimados:	
Programador responsable: Equipo de trabajo	
Característica/Funcionalidad: Como super Administrador se necesita registrar nuevos usuarios que serán los encargados de la gestión del Sistema.	
La información que se necesita almacenar es la siguiente:	
<ul style="list-style-type: none"> ● Nombre de usuario ● Nombres y Apellidos Completos ● Correo electrónico institucional (contenga .edu) ● Contraseña 	
Validación:	
<ul style="list-style-type: none"> ● El nuevo administrador será registrado exitosamente: ● No se realiza el registro mientras existan campos vacíos. ● El sistema validará información errónea. 	

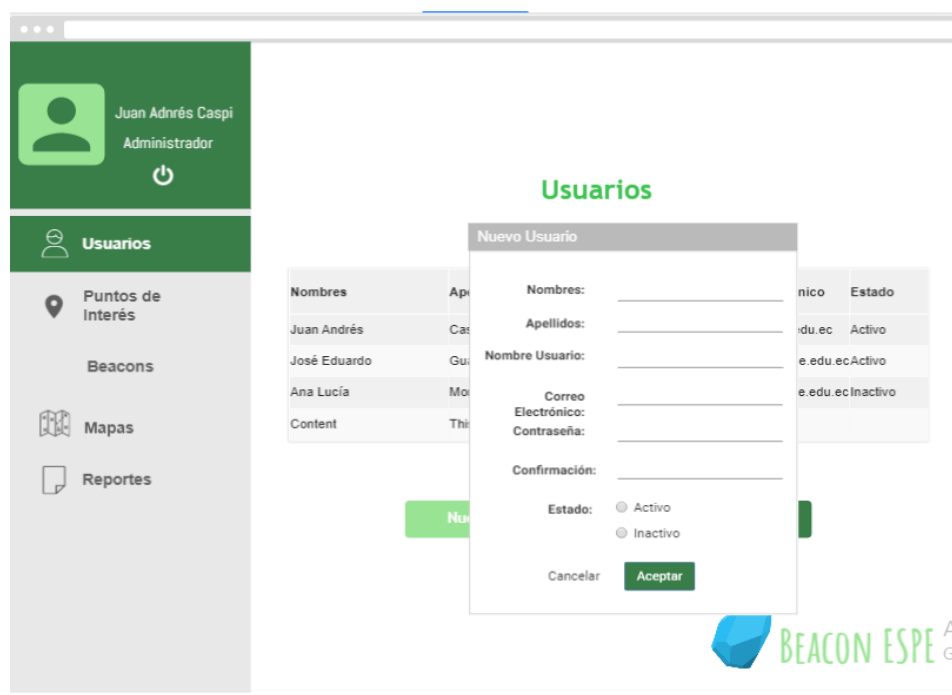


Figura 23 Mockup Pantalla Principal Willana Be.

**Tabla 9
Historia de Usuario HUPER003**

Historia de Usuario	
Número: HUPER003	Rol: Super Administrador, Administrador
Nombre de historia: Visualización de mapa de la biblioteca “Alejandro Segovia”	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Alto
Puntos estimados:	
Programador responsable: Equipo de Trabajo	
Característica/Funcionalidad: Como usuario Administrador / Súper Administrador se necesita visualizar el mapa de la Biblioteca “Alejandro Segovia” y lugares con información dentro de las áreas definidas.	
Validación:	
Se necesita visualizar:	
<ul style="list-style-type: none"> ● Mapa interno de la Biblioteca “Alejandro Segovia”. ● La imagen debe ser JPEG o PNG. ● La imagen no debe exceder más de 1Mb. 	



Figura 24 Mockup Pantalla de Áreas

Tabla 10
Historia de Usuario HUPER004

Historia de Usuario	
Número: HUPER004	Rol: Super Administrador, Administrador
Nombre de historia: Agregar imágenes sobre la posición beacons.	
Prioridad en negocio: Baja	Riesgo en desarrollo: Medio
Puntos estimados:	
Programador responsable: Equipo de Trabajo	
Característica/Funcionalidad: Como usuario Administrador / Súper Administrador se necesita gestionar las imágenes de la ubicación de los beacons dentro de la biblioteca “Alejandro Segovia”.	
Validación:	
<ul style="list-style-type: none"> ● Se puede subir una imagen por beacon. ● La imagen debe ser JPEG o PNG. ● La imagen no debe exceder más de 1Mb. 	

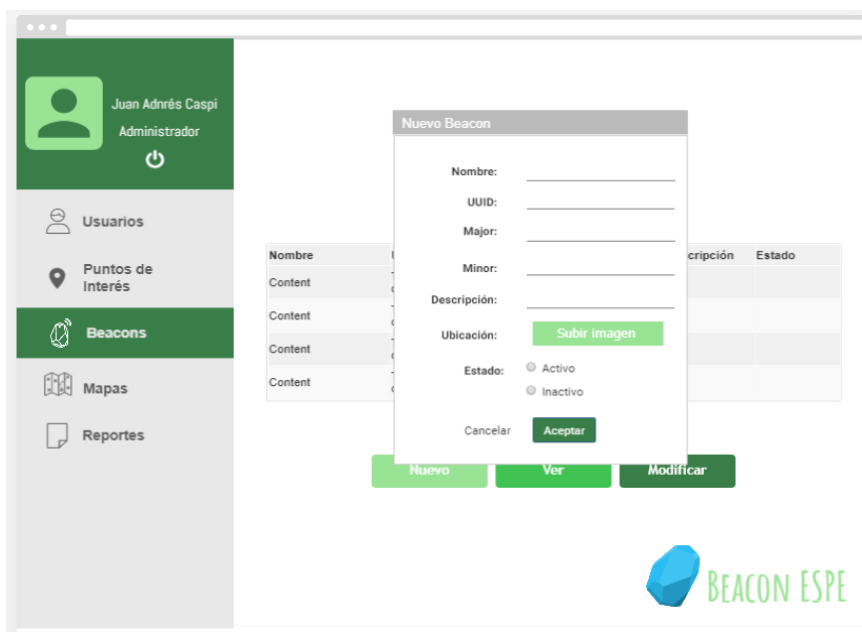


Figura 25 Mockup Ingreso de Beacon

Tabla 11
Historia de Usuario HUPER005

Historia de Usuario	
Número: HUPER005	Rol: Super Administrador, Administrador
Nombre de historia: Visualización de los beacons registrados en el sistema.	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Alto
Puntos estimados:	
Programador responsable: Equipo de Trabajo	
Característica/Funcionalidad: Como usuario Administrador / Súper Administrador se necesita gestionar todos los beacons disponibles dentro de la Biblioteca “Alejandro Segovia” para agregar información de cada punto de interés asociado al mismo.	
Validación:	
Se necesita visualizar:	
<ul style="list-style-type: none"> • Todos los Beacons registrados y que estén disponibles. 	
Restricción:	
<ul style="list-style-type: none"> • Los beacons tendrán que ser registrados previamente en la página de https://cloud.estimote.com/ 	

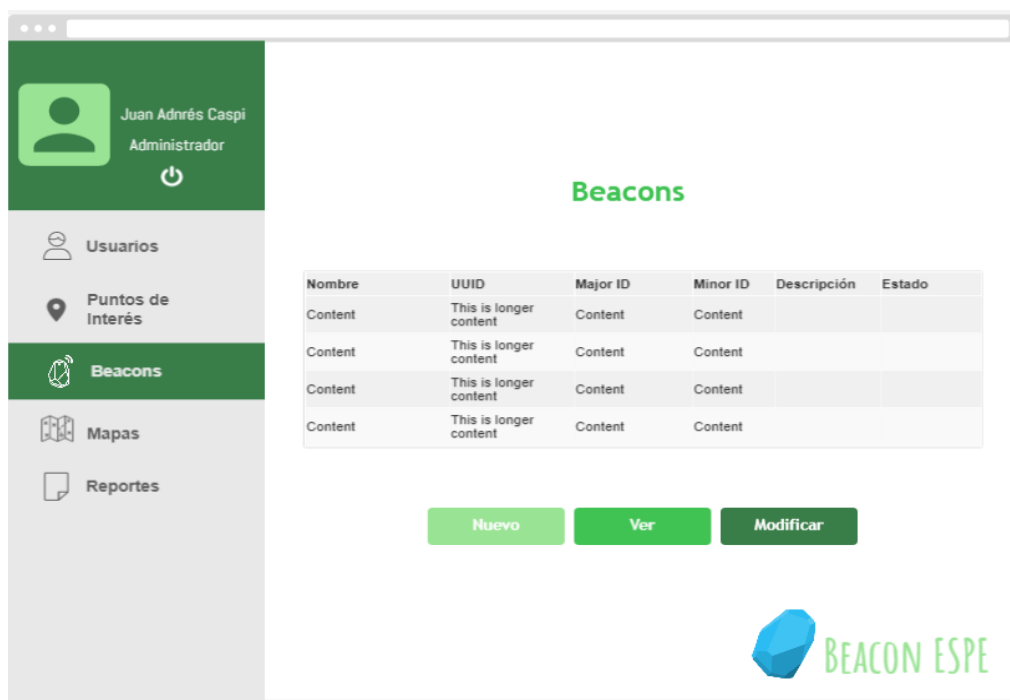


Figura 26 Mockup administración de beacons

Tabla 12
Historia de Usuario HUPER006

Historia de Usuario	
Número: HUPER006	Rol: Super Administrador, Administrador
Nombre de historia: Visualización de reportes	
Prioridad en negocio: Media	Riesgo en desarrollo: Alto
Puntos estimados:	
Programador responsable: Equipo de Trabajo	
Característica/Funcionalidad: Se debe visualizar una pantalla donde se pueda visualizar un reporte básico.	
Validación:	
<ul style="list-style-type: none"> ● El usuario administrador / súper administrador debe haber iniciado sesión. ● Se debe presentar una opción donde se elija la opción de reportes. ● El usuario administrador / súper administrador deberá seleccionar un rango de fechas para poder visualizar el reporte. 	

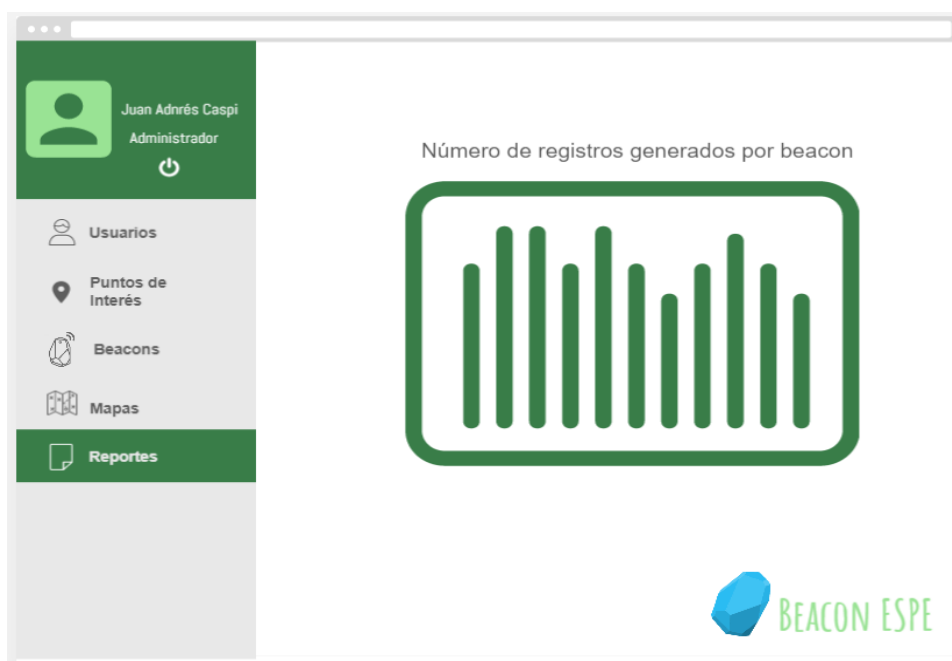



Figura 27 Mockup apartado de reportes

3.5.2. Aplicación Móvil

DESCRIPCIÓN

La Aplicación Móvil tiene por objetivo desplegar información de las áreas y lugares registrados de la Biblioteca “Alejandro Segovia”.

Tabla 13
Historia de Usuario HUAPP001

Historia de Usuario	
Número: HUAPP001	Rol: USUARIO
Nombre de historia: Visualizar el mapa de la Biblioteca “Alejandro Segovia”.	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Medio
Puntos estimados:	
Programador responsable: Equipo de trabajo	
Característica/Funcionalidad: Se necesita visualizar todo el contenido de la biblioteca como: salones, audiovisuales, zonas de computación, baños, entre otros.	
Validación:	
<ul style="list-style-type: none"> El usuario debe tener instalada la aplicación. 	Continua 

Éxito

- El usuario visualiza el mapa de la biblioteca con sus áreas y una información general.

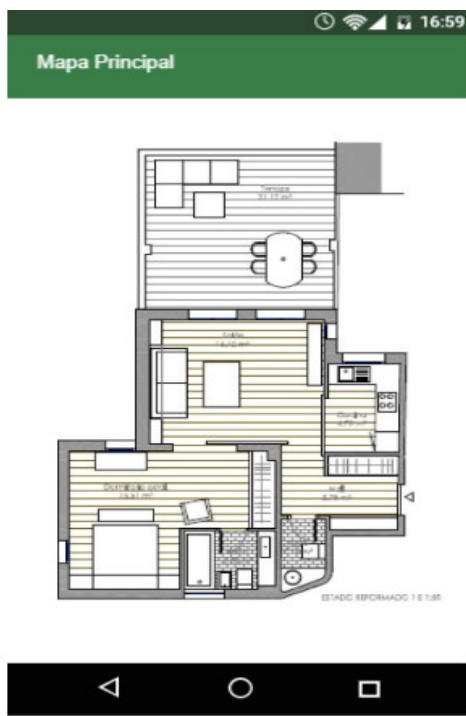


Figura 28 Mockup Mapa aplicativo móvil

Tabla 14
Historia de Usuario HUAPP002

Historia de Usuario

Número: HUAPP002
Rol: USUARIO

Nombre de historia: Ingreso a la aplicación.

Prioridad en negocio: Alta

Riesgo en desarrollo:
Medio

Puntos estimados:

Programador responsable: Equipo de trabajo

Característica/Funcionalidad: Como usuario se necesita ingresar a la aplicación sin ningún tipo de autenticación.

Validación:

- El usuario debe tener instalada la aplicación.

Éxito

Continua



- El usuario ingresará a la aplicación con la finalidad de utilizar y navegar en ella.

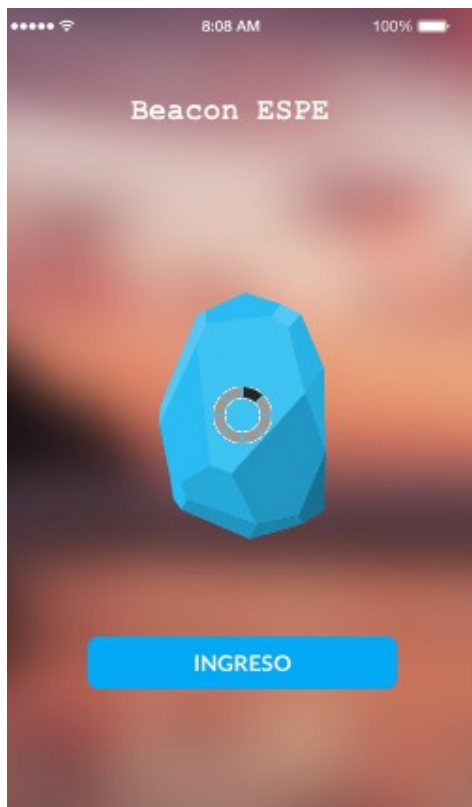



Figura 29 Mockup Presentación Inicial.

Tabla 15
Historia de Usuario HUAPP003

Historia de Usuario	
Número: HUAPP003	Rol: USUARIO
Nombre de historia: Visualizar pantalla de configuraciones.	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Medio
Puntos estimados:	
Programador responsable: Equipo de trabajo	
Característica/Funcionalidad: Como usuario se necesita controlar las notificaciones que lleguen al dispositivo móvil.	
Validación:	
<ul style="list-style-type: none"> • El usuario debe tener instalada la aplicación. • El usuario debe acceder a la opción de configuraciones del menú. Continua  	

Éxito

- El usuario tiene la posibilidad de habilitar y deshabilitar las notificaciones que llegan a su dispositivo móvil.

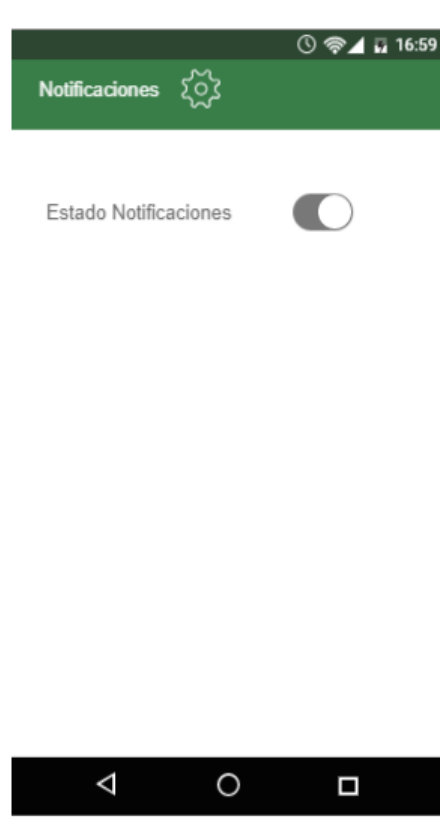



Figura 30 Mockup Configuración de notificaciones

Tabla 16
Historia de Usuario HUAPP004

Historia de Usuario	
Número: HUAPP004	Rol: USUARIO
Nombre de historia: Menú de aplicación	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Medio
Puntos estimados:	
Programador responsable: Equipo de trabajo	
Característica/Funcionalidad: Como usuario se necesita la aplicación: Continua 	

- Principal
- Piso 1
- Piso 2
- Piso 3
- Configuración

Validación:

- El usuario debe haber ingresado en la aplicación.
- El usuario puede seleccionar cualquier opción del menú antes mencionadas.

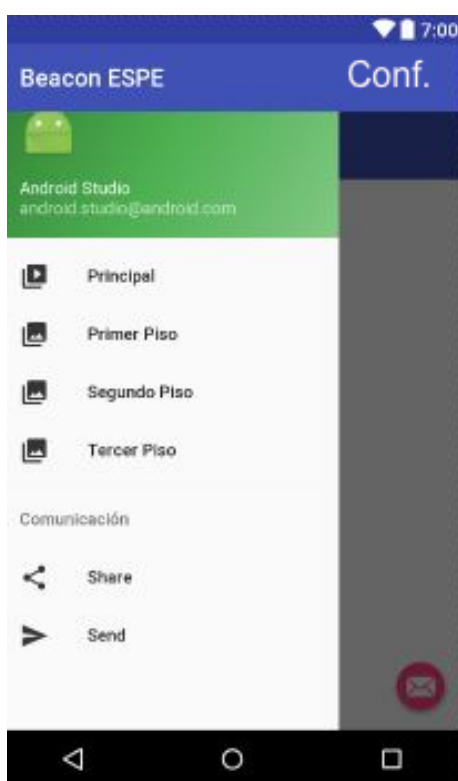



Figura 31 Mockup Menú navegacional.

Tabla 17
Historia de Usuario HUAPP005

Historia de Usuario	
Número: HUAPP005	Rol: USUARIO
Nombre de historia: Visualizar los lugares del área sel	Continua 
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Medio
Puntos estimados:	

Programador responsable: Equipo de trabajo

Característica/Funcionalidad: Como usuario se necesita conocer los lugares que se puede encontrar en el área que seleccione.

Validación:

- El usuario debe tener instalada la aplicación.
- El usuario debe seleccionar un piso anteriormente.

Éxito

- El usuario visualizará los lugares disponibles que tiene en el área seleccionada.
-

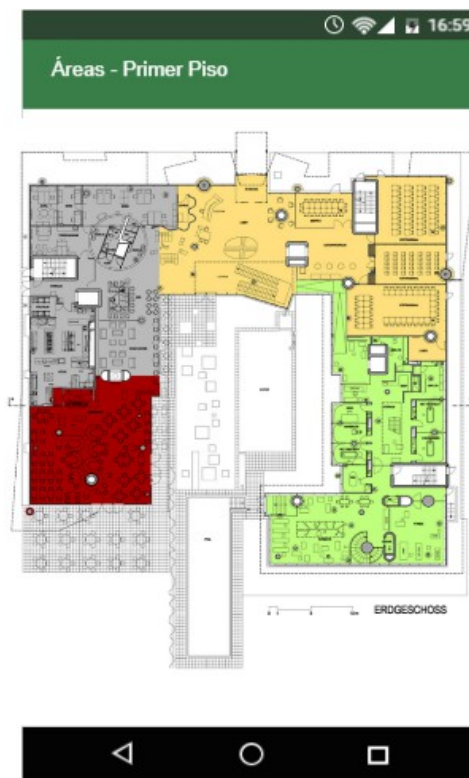


Figura 32 Mockup visualización de lugares de cada área.

Tabla 18
Historia de Usuario HUAPP006

Historia de Usuario	
Número: HUAPP006	Rol: USUARIO
Nombre de historia: Visualización de información	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Medio
Puntos estimados:	
Programador responsable: Equipo de trabajo	
Característica/Funcionalidad: Como usuario se necesita visualizar la información de los lugares que contiene cada área.	
Validación:	
<ul style="list-style-type: none"> • El usuario debe tener instalada la aplicación. • El usuario podrá visualizar la información si está registrado en el área seleccionada. 	



Figura 33 Mockup de visualización de un lugar.

Tabla 19
Historia de Usuario HUAPP007

Historia de Usuario	
Número: HUAPP007	Rol: USUARIO
Nombre de historia: Notificaciones de ingreso a un área.	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Medio
Puntos estimados:	
Programador responsable: Equipo de trabajo	
Característica/Funcionalidad: El aplicativo enviará notificaciones push acerca del área en el que se encuentra el usuario.	
Validación:	
<ul style="list-style-type: none"> • El usuario debe tener instalada la aplicación. • El usuario debe encontrarse en la biblioteca. • El usuario debe tener habilitado el Bluetooth. 	
Éxito	
<ul style="list-style-type: none"> • La notificación push llegará al dispositivo del usuario enviando información acerca del área de la Biblioteca en la que se encuentra. 	

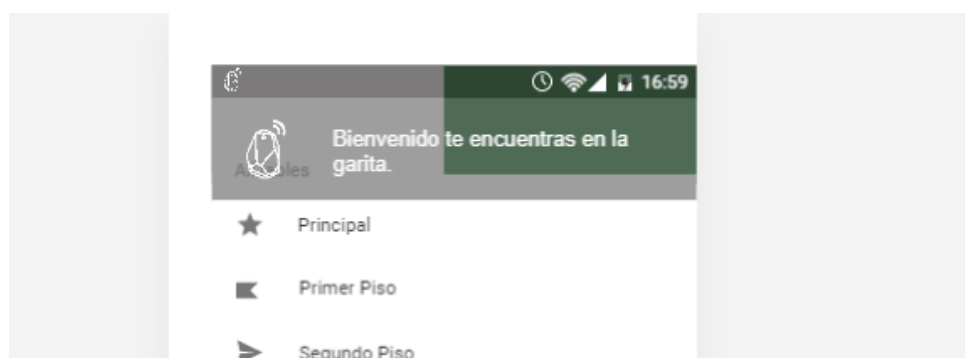


Figura 34 Mockup Visualización de notificaciones.

Tabla 20
Historia de Usuario HUAPP008

Historia de Usuario	
Número: HUAPP008	Rol: USUARIO
Nombre de historia: Visualización del área específica.	

Continua



Prioridad en negocio: Alta

Riesgo en desarrollo:
Medio

Puntos estimados:

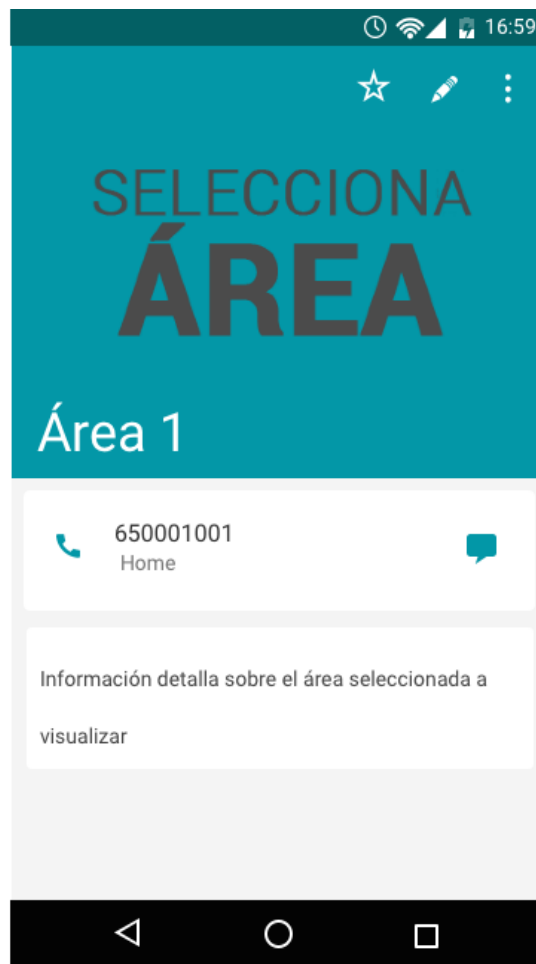
Programador responsable: Equipo de trabajo

Característica/Funcionalidad: Como usuario se necesita visualizar la información detallada de cada lugar o área dentro de la biblioteca “Alejandro Segovia”.

Validación:

- El usuario debe haber ingresado en la aplicación.
 - La información del lugar es:
 - Título o encabezado del contenido.
 - Imagen del área o el lugar en específico.
 - Descripción general.
-

Figura 35 Mockup
de área.



de visualización

3.6. MODELO DE BASE DE DATOS

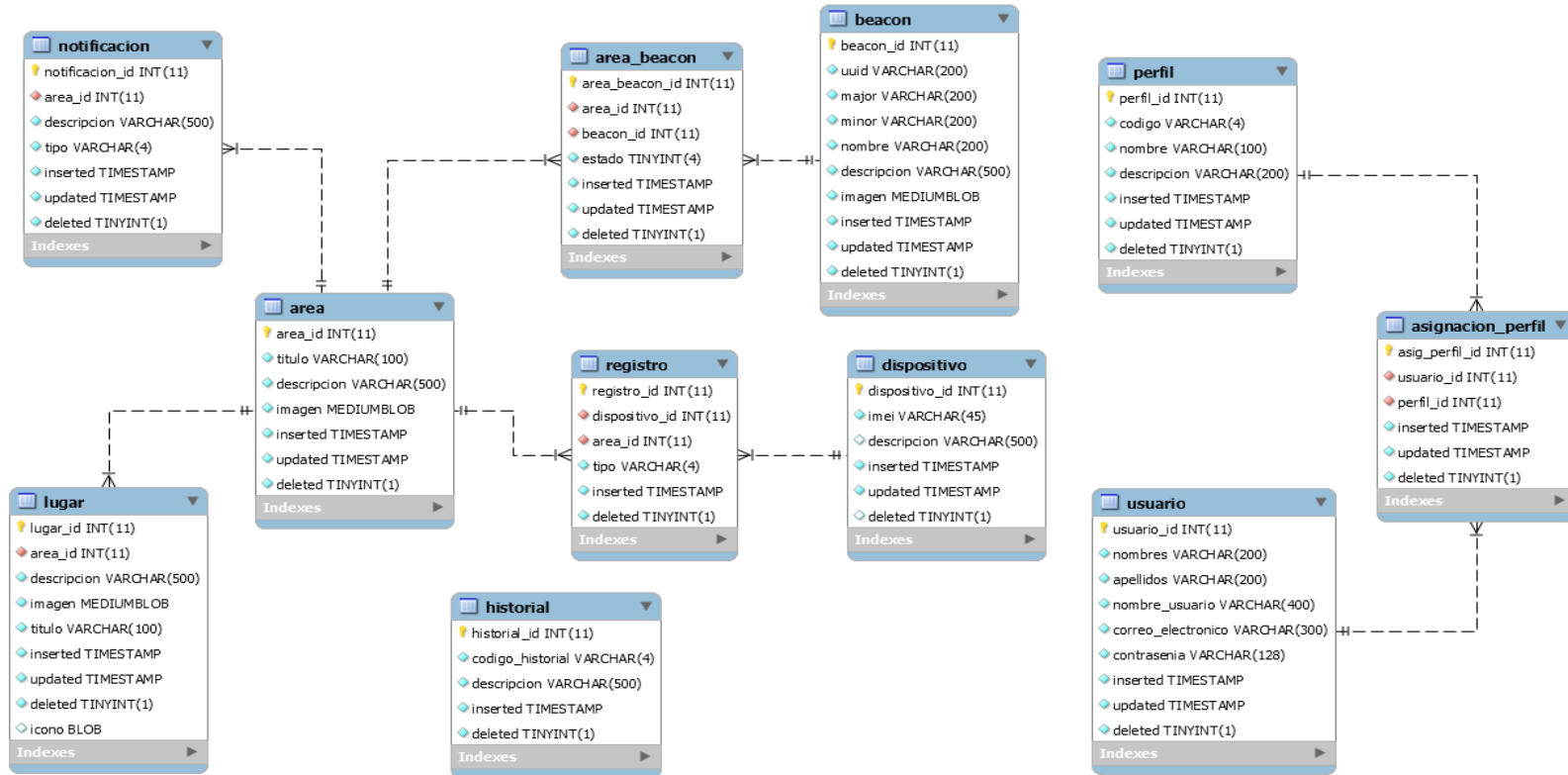


Figura 36 Modelo Base de Datos MySQL de Willana Be.

3.7. DICCIONARIO DE DATOS

Para detallar el tipo de datos utilizados en el desarrollo del presente proyecto se especifica en el Anexo B.

3.8. DIAGRAMAS DE CLASES

La especificación y detalle de las clases utilizadas en el desarrollo de Willana Be se encuentran en el Anexo C.

3.9. DIAGRAMAS DE SECUENCIA

En el Anexo D se especifica los diagramas de secuencia de las actividades más importantes en el proceso de administración de información tanto de las áreas como lugares y así mismo la visualización de información en el dispositivo móvil.

3.10. ARQUITECTURA DISEÑADA PARA EL SISTEMA WILLANA BE

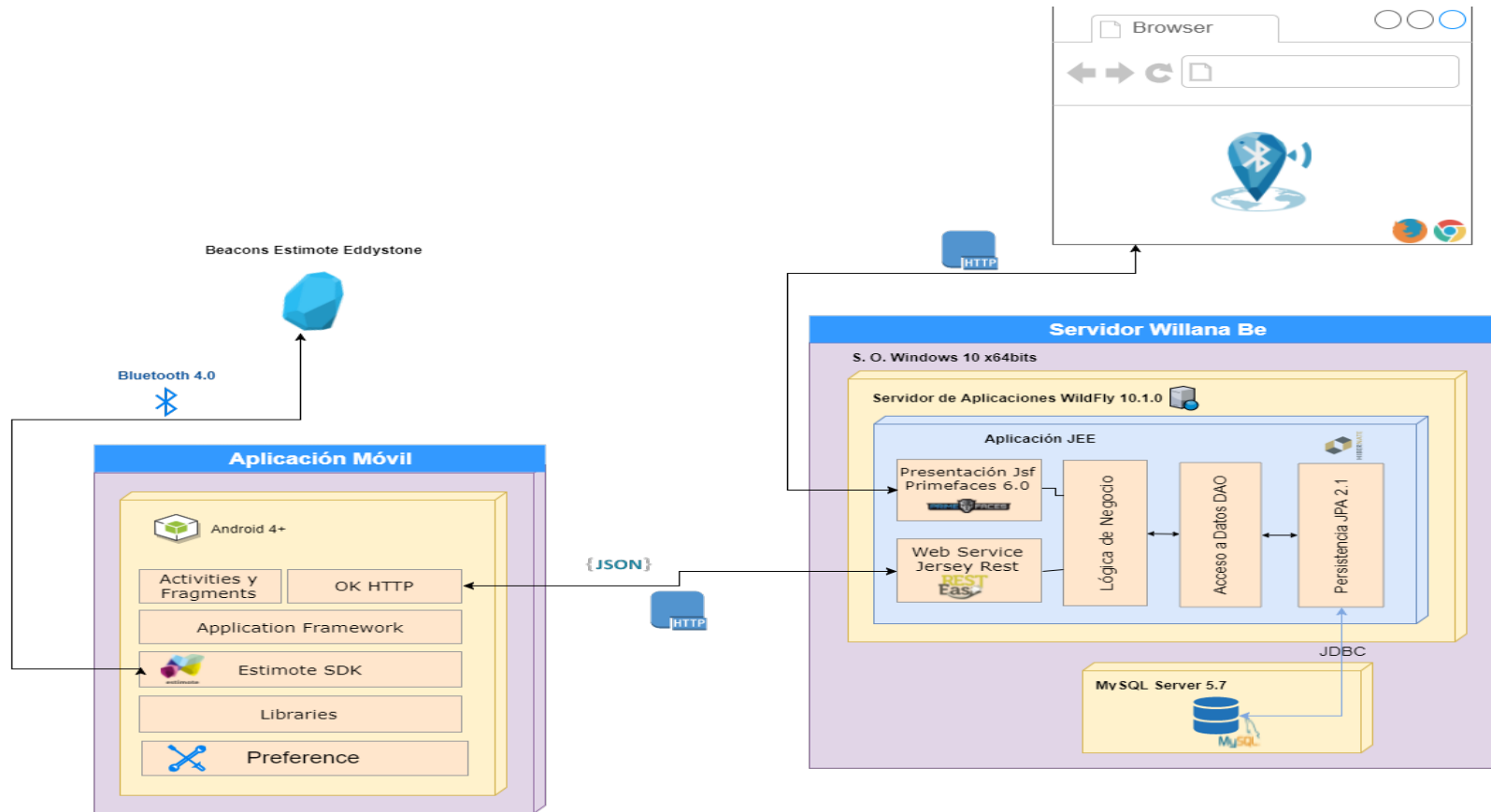


Figura 37 Arquitectura Willana Be

CAPITULO IV PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. ESCENARIOS DE PRUEBAS

Las pruebas se realizaron en las instalaciones de la Biblioteca “Alejandro Segovia” en el primer piso, donde se ubicaron 3 beacons para simular las áreas del Mezzanine, Planta Baja y Primer Piso, se escogieron usuarios al azar, los mismos realizaron encuestas previas a la presentación de la aplicación móvil.

Seguidamente los usuarios procedieron a visualizar la aplicación móvil donde dieron diferentes puntos de vista sugiriendo cambios para mejorar la experiencia de uso y otros felicitando por la iniciativa de preocuparse por la comunidad politécnica.

En el primer escenario se verifica si el usuario tiene conocimiento de aplicaciones que le permitan ubicarse en espacios interiores, proponiéndole llegar a un lugar en específico utilizando los medios necesarios para el usuario.

En el segundo escenario se conoce la perspectiva del usuario a partir de la experiencia que obtuvo utilizando la aplicación móvil, de la misma manera se propone al estudiante llegar a otro lugar con guía de la aplicación Willana Be.

4.1.1. Escenario 1. Encuesta previa a la presentación de la Aplicación Móvil

Willana Be.

Para este escenario se tomarán 3 casos al azar donde nos arroja lo siguiente:

Caso 1: Se realiza la encuesta a un estudiante de un séptimo nivel donde se le menciona el objetivo que tiene el caso de prueba, en un inicio se preguntó la frecuencia con la que visita la biblioteca durante todo el semestre e información referente a visitas guiadas en lugares interiores, en este caso la Biblioteca “Alejandro Segovia”, posteriormente se propuso al estudiante dirigirse a un lugar específico de la Biblioteca “Sala de no Videntes” y se mencionó que utilice los mecanismos necesarios para llegar a dicho punto, para ello el estudiante utilizó el panel de información ubicado a la entrada de la Biblioteca, luego decidió confirmar la ubicación preguntando al encargado de seguridad del mezzanine para llegar al punto mencionado.

Al finalizar el caso de prueba se visualizó que el estudiante se encontraba

desorientado sobre el lugar mencionado y le tomó alrededor de cinco minutos en llegar a su destino.

Caso 2: De igual manera se realiza la encuesta a otro estudiante que cursa un tercer nivel dándole a conocer el objetivo que tiene el caso de prueba, a continuación se le propone dirigirse a un lugar específico de la Biblioteca “Copiadora”, mencionándole que utilice los mecanismos necesarios para llegar a este punto, se observó que el estudiante sin ningún inconveniente se dirigió hacia dicho lugar, el tiempo de recorrido fue menor que el caso anterior; en seguida se le preguntó sobre si le gustaría usar una aplicación móvil que le permita dirigirse dentro de este lugar donde no necesariamente sea la Copiadora, entonces supo mencionar que; le gustaría usar una aplicación ya que cuando quiere ir a otro lugar y no conoce se dificulta mucho su trayecto y en consecuencia perdería tiempo, en conclusión el estudiante conoce como llegar a la Copiadora ya que es un recorrido que regularmente se hace todos los días.

Caso 3: Se realiza la encuesta a otro estudiante donde al igual que los anteriores se le menciona el objetivo que tiene este caso de prueba y se le propone dirigirse hacia “La Sala de Profesores”, mencionándole que utilice los mecanismos necesarios para llegar a este lugar, entonces pregunta la ubicación al encargado de seguridad en el mezzanine.

El encargado de la seguridad le menciona que se dirija hacia el último piso al fondo, el estudiante se dirige y refleja una desorientación por lo que decide preguntar a otro estudiante donde manifiesta que no conoce dicho lugar hasta que se le preguntó al personal encargado del piso, hasta que finalmente llegaron a lugar de destino. En consecuencia, el desconocimiento de la ubicación del lugar al estudiante le tomó alrededor de diez minutos en llegar al mismo.

A continuación, se le pregunta al estudiante si estaría dispuesto a utilizar una aplicación que le permita ubicarse dentro de la Biblioteca “Alejandro Segovia”, él afirmó que estaría dispuesto a usarla.

4.1.2. Escenario 2. Encuesta posterior a la presentación de la Aplicación Móvil

Willana Be.

Caso 1: El estudiante, después de utilizar la aplicación y finalizar su

recorrido, mencionó que en todo el tiempo que lleva en la universidad no sabía que había el lugar “Sala de no Videntes”, entonces, supo manifestar que sería interesante utilizar una aplicación móvil donde pueda ubicar y ver la información de lugares que disponga la Biblioteca “Alejandro Segovia” para visitar.

Caso 2: El estudiante utilizó la aplicación donde se le propuso dirigirse a nuevamente a lugar de la Biblioteca “Copiadora”, supo mencionar que la aplicación emitió un mensaje de bienvenida mediante una notificación “Bienvenido a la Copiadora” donde las notificaciones fueron agradables, sin embargo, el estudiante ya conocía el recorrido sin utilizar la aplicación, pero adicionalmente visualizó información como el horario de atención sin la necesidad de acudir físicamente.

Caso 3: Luego que se le menciona que si existiera una aplicación que le permita ubicarse dentro de la Biblioteca “Alejandro Segovia” él nos manifiesta que la usaría sin pensarlo ya que ayudaría a ubicarse y encontrar los lugares que se requiera llegar en el menor tiempo posible ya que, preguntando a personas éstas no pueden conocer dicho lugar.

4.2. TABULACIÓN DE LA ENCUESTA PREVIA A LA PRESENTACIÓN DE LA APLICACIÓN MÓVIL WILLANA BE.

Tabla 21
Encuesta Previa Pregunta 1

¿A qué grupo de edad perteneces?	Cantidad	Porcentaje (%)
Menos de 20	2	9
20 – 30	19	86
30 – 40	1	5
50 – 60		
Más de 60		
Total	22	100

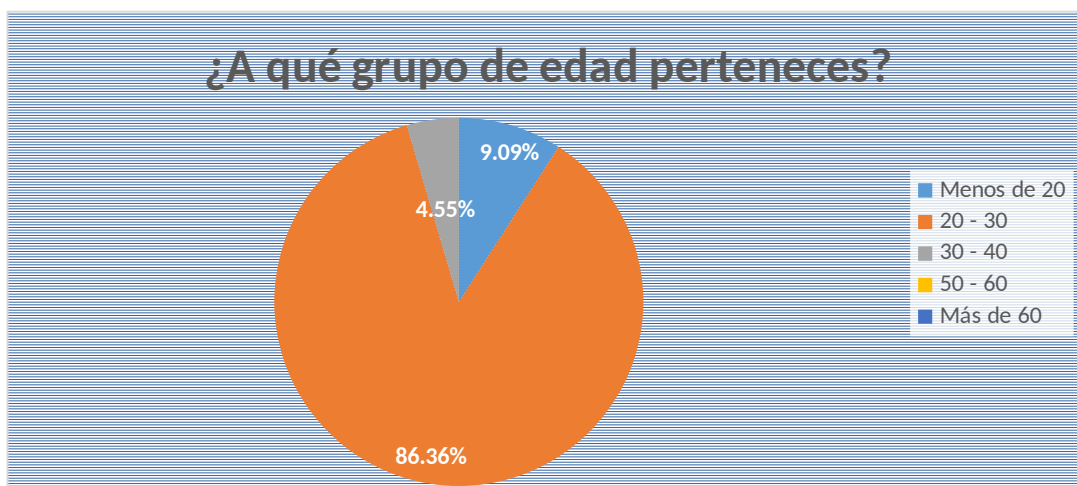


Figura 38 Cuadro estadístico pregunta No.- 1

De acuerdo con la Figura 60, de los 22 estudiantes encuestados el 86% de los estudiantes están en una edad de entre los 20 a 30 años.

Tabla 22
Encuesta Previa Pregunta 2

¿Qué semestre estás cursando actualmente?	Cantidad	Porcentaje (%)
Primero a Segundo	3	14
Tercero a Cuarto	5	23
Quinto a Sexto	6	26
Séptimo a Octavo	5	23
Noveno	3	14
Total	22	100

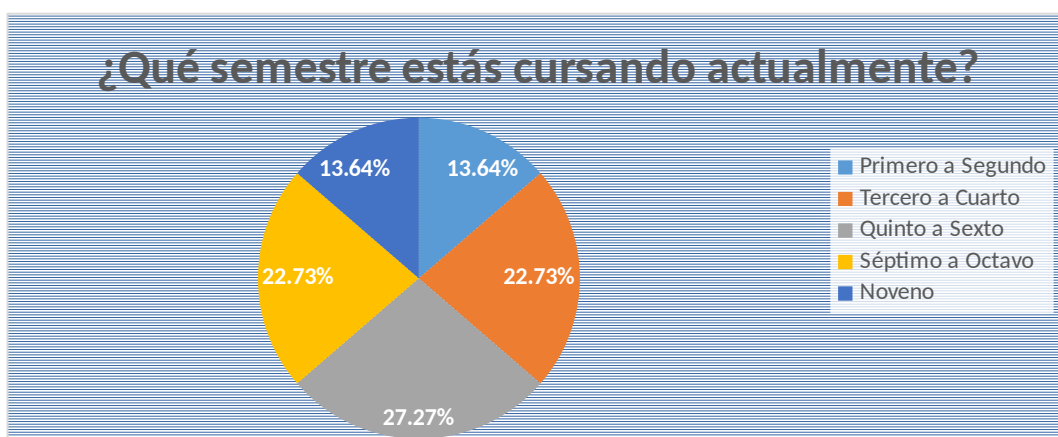


Figura 39 Cuadro estadístico pregunta No.- 2

De acuerdo con la Figura 61, de los 22 estudiantes encuestados el 27% son

alumnos de 5to a 6to semestre; un 23% son alumnos de Séptimo, Octavo, Tercer y Cuarto semestre, mientras que un 13% y 14% son alumnos de noveno y primero a segundo respectivamente.

Tabla 23
Encuesta Previa Pregunta 3

¿Con que frecuencia visitas la Biblioteca "Alejandro Segovia"?	Cantidad	Porcentaje (%)
A diario	7	32
Varias veces a la semana	11	50
Una vez al mes	3	14
Varias veces al mes	1	4
Nunca	0	0
Total	22	100

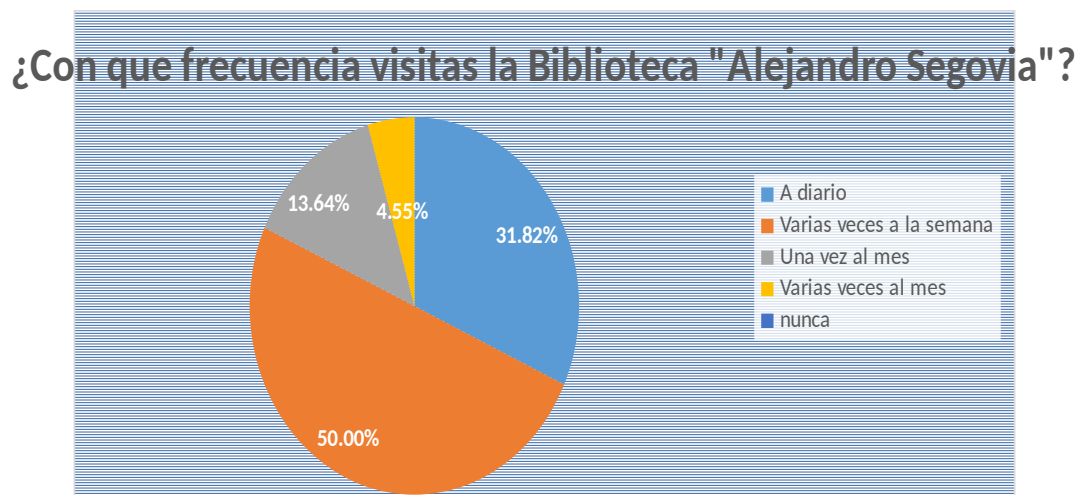


Figura 40 Cuadro estadística pregunta No.- 3

De acuerdo con la Figura 62, de los 22 estudiantes encuestados el 50% de los estudiantes visitan diariamente la biblioteca.

Tabla 24
Encuesta Previa Pregunta 4

¿Te gustaría recibir información actualizada cada vez que ingreses a la Biblioteca "Alejandro Segovia"?	Cantidad	Porcentaje (%)
Si	22	100
No	0	0
Total	22	100



Figura 41 Cuadro estadístico pregunta No.- 4

De acuerdo con la Figura 63, de los 22 estudiantes encuestados el 100% les gustaría recibir información cada vez que ingresen a la Biblioteca “Alejandro Segovia”.

Tabla 25
Encuesta
Previa
Pregunta
5

Continua



¿Cree usted que la información sobre áreas y lugares que se colocan en los paneles informativos al ingresar a un edificio es útil?	Cantidad	Porcentaje (%)
Si	17	77
No	5	23
Total	22	100

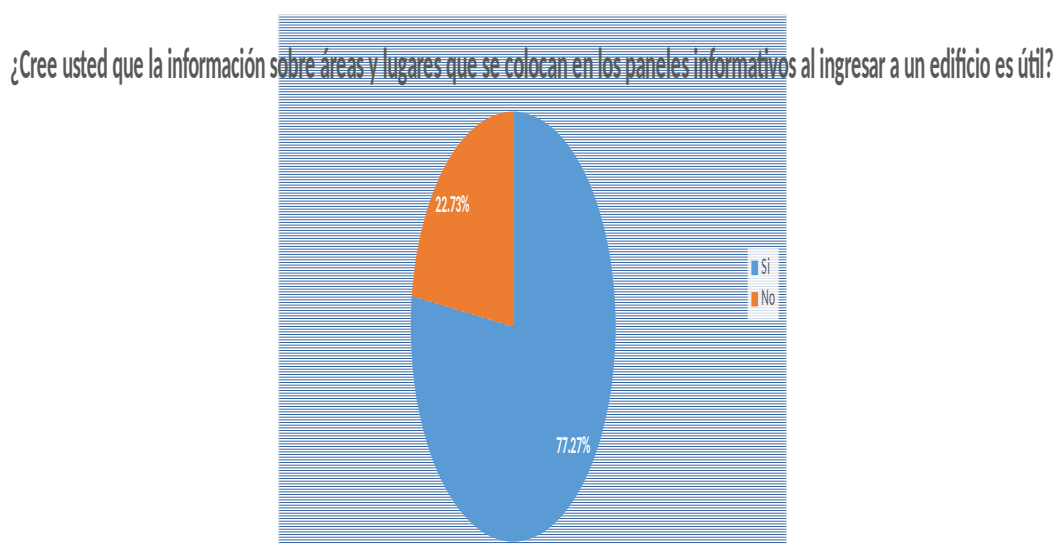


Figura 42 Cuadro estadístico pregunta No.- 5

De acuerdo con la Figura 64, de los 22 estudiantes encuestados el 77% de los estudiantes creen que la información colocada al ingreso de edificios es útil ya que pueden guiarse dentro del mismo, al tanto que el 23% cree que no se puede visualizar dichos paneles.

Tabla 26
Encuesta Previa Pregunta 6

¿Qué tal útil considera usted que es la información sobre la ubicación de las áreas y lugares existentes en un edificio?	Cantidad	Porcentaje (%)
---	-----------------	-----------------------

Deficiente	1	4
Regular	7	32
Bueno	7	32
Muy Bueno	5	23
Excelente	2	9
Total	22	100

¿Qué tal útil considera usted que es la información sobre la ubicación de las áreas y lugares existentes en un edificio?

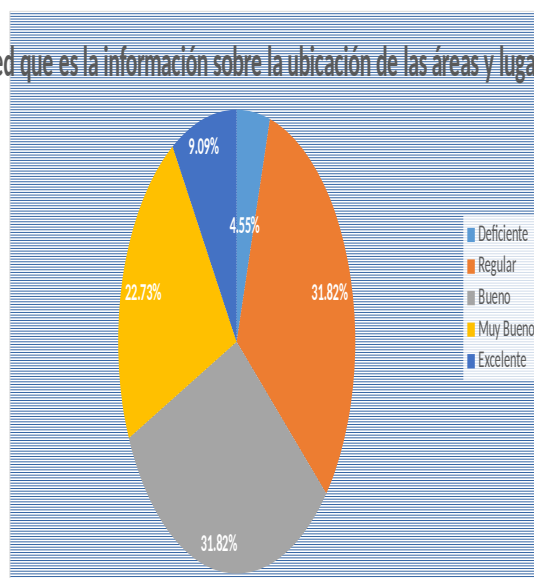


Figura 43 Cuadro estadístico pregunta No.- 6.

De acuerdo con la Figura 65, de los 22 estudiantes encuestados creen que es útil la información de áreas y lugares existentes en un edificio ya que pueden ver que actividades se pueden realizar en cada lugar mencionado.

**Tabla 27
Encuesta Previa Pregunta 7**

¿Alguna vez ha utilizado una aplicación móvil que le permita navegar en el interior de un edificio como bibliotecas, museos, centros comerciales, entre otros?	Cantidad	Porcentaje (%)
Si	7	32
No	15	68
Total	22	100

¿Alguna vez a utilizado una aplicación móvil que le permita navegar en el interior de un edificio como bibliotecas, museos, centros comerciales, entre otros?

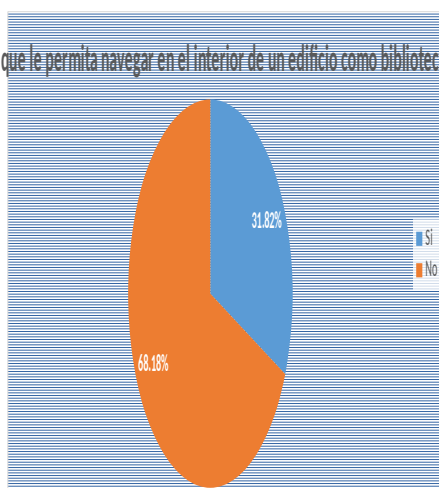


Figura 44 Cuadro estadístico pregunta No.- 7.

De acuerdo con la Figura 66, de los 22 estudiantes encuestados el 68% no conocen ni han utilizado aplicaciones móviles para ubicarse dentro de edificios, mientras que el 32% de estudiantes han utilizado en museos fuera de nuestro país.

**Tabla 28
Encuesta Previa Pregunta 8**

¿Le gustaría utilizar una aplicación móvil que tenga información respecto a los lugares que dispone en el interior de la Biblioteca "Alejandro Segovia"?	Cantidad	Porcentaje (%)
Sí	22	100
No	0	0
Total	22	100

¿Le gustaría utilizar una aplicación móvil que tenga información respecto a los lugares que dispone en el interior de la Biblioteca "Alejandro Segovia"?

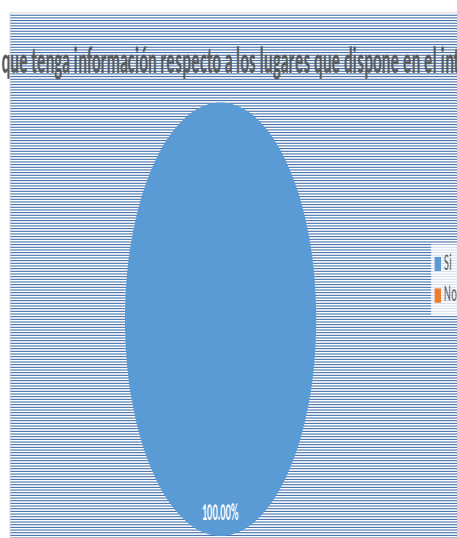


Figura 45 Cuadro estadístico pregunta No.- 8.

De acuerdo con la Figura 67, de los 22 estudiantes encuestados el 100% de ellos están dispuestos a utilizar una aplicación móvil para ubicarse y conocer la información de lugares interiores.

4.3. TABULACIÓN DE LA ENCUESTA POSTERIOR A LA PRESENTACIÓN DEL APLICATIVO MÓVIL

Tabla 29
Encuesta Posterior Pregunta 1

¿Cómo evaluarías la experiencia de navegación en la aplicación?	Cantida d	Porcentaje (%)
Deficiente	1	4
Regular	0	0
Bueno	3	14
Muy Bueno	13	59
Excelente	5	23
Total	22	100

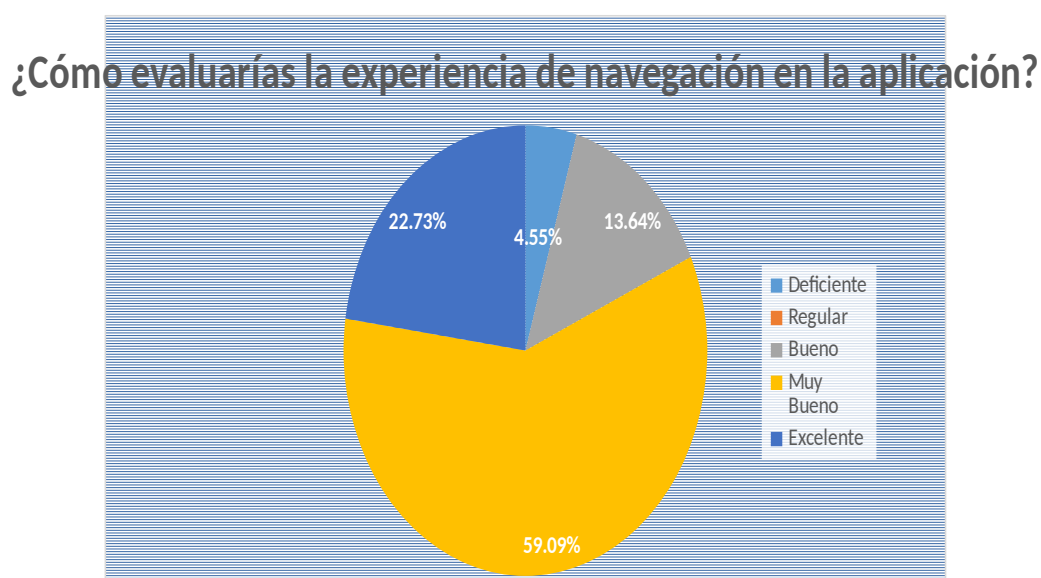


Figura 46 Cuadro estadístico posterior, pregunta No.- 1

De acuerdo con la Figura 68, de los 22 estudiantes encuestados el 59% de ellos opinan que tuvieron una muy buena experiencia al utilizar la aplicación móvil prototipo “Willana Be” para ubicar y conocer los lugares junto con su información acerca de la Biblioteca “Alejandro Segovia”.

Pregunta 2

Tabla 30
Encuesta Posterior Pregunta 2

¿Crees que el contenido de la aplicación es claro y comprensible?	Cantida d	Porcentaje (%)
SI	20	91
NO	2	9
Total	22	100

¿Crees que el contenido de la aplicación es claro y comprensible?

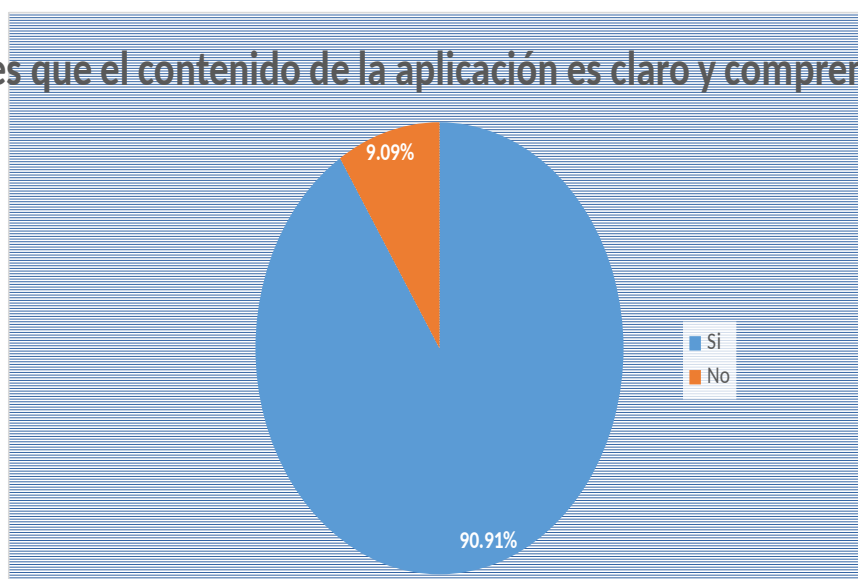


Figura 47 Cuadro estadístico posterior, pregunta No.- 2

En la Figura 69, los resultados obtenidos fueron que el 91% de los encuestados lograron comprender la información desplegada en la aplicación mientras que 9% mencionó que no lo fue ya que no tenían muchos manejos de colores y tampoco dinamismo.

Tabla 31
Encuesta Posterior Pregunta 3

¿Existe algo que cambiarías, añadirías o eliminarlas de la aplicación para hacerla más fácil de utilizar/navegar?	Canti dad	Porcent aje (%)
SI	10	45
NO	12	55
Total	22	100

¿Existe algo que cambiarías, añadirías o eliminarías de la aplicación para hacerla más fácil de utilizar/navegar?

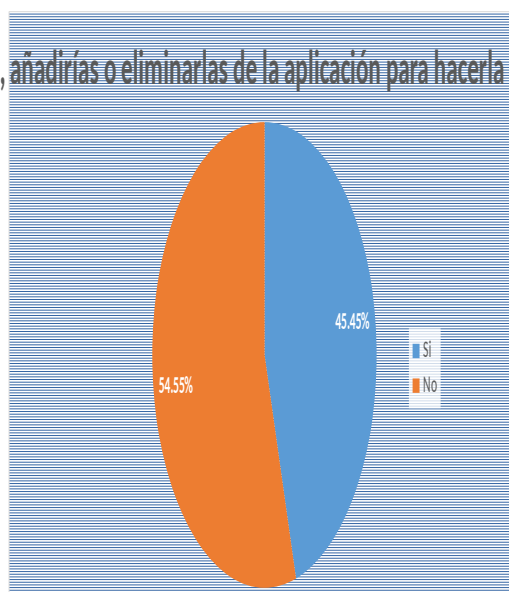


Figura 48 Cuadro estadístico posterior, pregunta No.- 3

De acuerdo con la Figura 70, 10 de los encuestados sugirieron que se deben realizar algunos cambios estéticos como mejorar los iconos para los lugares y los colores en los planos, además solicitaron que la aplicación trabaje sin conexión a WiFi para mejorar la aplicación móvil mientras que los 12 restantes mencionaron que la aplicación está bien ya que es fácil, sencilla y útil al momento de entregar información sobre la Biblioteca.

Tabla 32
Encuesta Posterior Pregunta 4

¿Recomendarías usar la aplicación a tus amigos?	Cantidad	Porcentaje (%)
SI	22	100
NO	0	0
Total	22	100

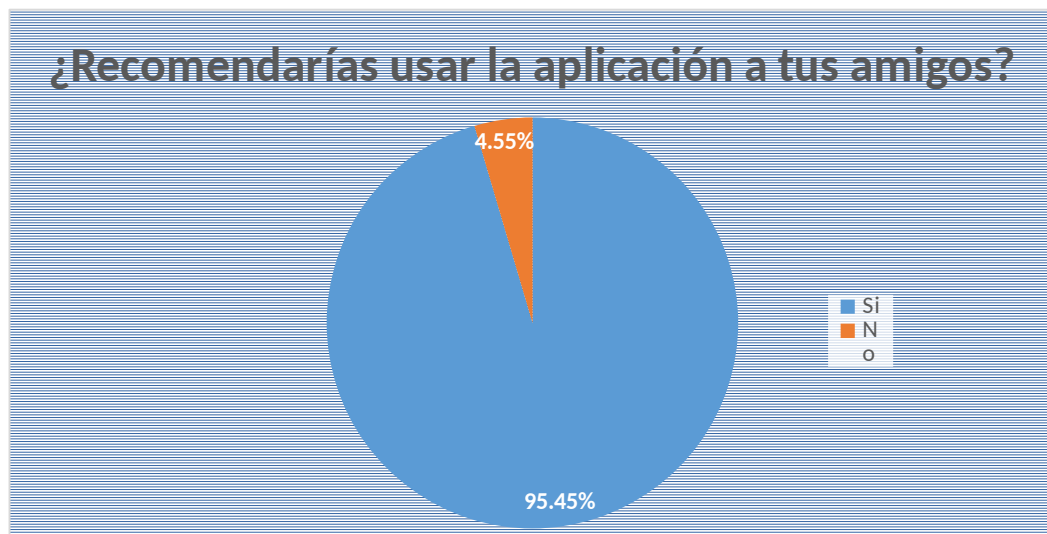


Figura 49 Cuadro estadístico posterior, pregunta No.- 4

De acuerdo con la Figura 71, se observa que el 95% de los encuestados recomendaría el uso de la aplicación “Willana Be”, esto quiere decir que puede representar una solución tecnológica optima integrando dispositivos con Bluetooth Smarth 4.0.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y LINEAS DE TRABAJO FUTURO

5.1. CONCLUSIONES

Analizar las diversas tecnologías existentes para la localización indoor permitió seleccionar una tecnología adecuada ante la problemática que surge ante la falta de información para la localización de lugares en espacios interiores, luego de comparar las características, beneficios y desventajas que se presentaron en cada una de ellas.

Elaborar una solución mediante la tecnología Bluetooth Low Energy favorece el desarrollo de aplicaciones que permitan el posicionamiento indoor, sin embargo, algo que se debe tomar en cuenta es el tipo de aplicabilidad para solventar la problemática mencionada debido a que existen diversos mecanismos que facilitan su elaboración en aspectos técnicos, económicos, ambientales entre otros.

Utilizar equipos beacons Estimote permitió establecer el posicionamiento de los dispositivos móviles, sin embargo, la falta de equipos BLE sugiere utilizar el método de localización por proximidad que trabaja por señales de frecuencia los mismos que son configurables en aspectos como pulsaciones de señal, rango de alcance y no requiere más de un beacon por región.

Combinar el desarrollo de aplicaciones con la tecnología beacon Estimote juega un papel muy importante, debido que al emitir señales de Bluetooth por parte de los dispositivos BLE la privacidad y correcto funcionamiento queda en manos de los programadores resolver la problemática planteada inicialmente.

Los resultados indican que el prototipo desarrollado es factible para su implementación, señalando pautas que se debe tomar en cuenta para desplegar aplicaciones de localización indoor que mejoren el desempeño y la ubicación dentro de espacios interiores.

5.2. RECOMENDACIONES

Si existe la posibilidad de trabajar con diferentes proveedores dispositivos con tecnología Bluetooth Smart 4.0, analizar que proveedor representa una mejor opción en relación con la problemática planteada.

Si la aplicación que se plantea trabaja con internet verificar que la señal sea estable; esto impide cargar correcta y completamente la información necesaria que será visualizada por el usuario.

5.3. LÍNEAS DE TRABAJO FUTURO

Como resultado de la investigación realizada se plantean las siguientes líneas de trabajo futuro divididas en las siguientes etapas:

Corto Plazo

- Por sugerencia de alumnos que utilizaron la aplicación se mencionó mejorar las gráficas para una mejor visualización y rendimiento de la aplicación móvil Willana Be.
- La nueva versión 2.0 de la aplicación Willana Be esté disponible para usarla de manera offline y disponible en la tienda de Google Play, permitiendo un mejor desempeño en el uso y rendimiento de la aplicación, mejorando tiempo de vida de la batería en los dispositivos móviles.

Mediano Plazo

- Difusión de la aplicación hacia los usuarios que ingresan a la misma, facilitando el libre acceso a Internet con un mayor ancho de banda para su uso.
- Trabajar para que la aplicación Willana Be esté disponible no solo para celulares con sistema operativo Android, sino que también se desarrolle para el Sistema Operativo IO's, con la finalidad de que sea multiplataforma.
- Participar en concursos de innovación a nivel de Universidades en la implementación de tecnología en las aulas de estudio.

Largo Plazo

- Adaptar el sistema Willana Be de manera escalable en toda la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para que pueda guiar a los estudiantes y usuarios en general dentro de las instalaciones de la misma.
- Agregar la funcionalidad de notificaciones sobre eventos e información detallada de los mismos que se realizarían en los diversos edificios de la universidad.
- Elaborar módulo de BI que permita monitorear el comportamiento de los usuarios en los diferentes edificios con la finalidad de mejorar la calidad de servicio dentro de la institución.

REFERENCIAS

- Accenture. (2016). *Comparison of location-based technologies*. Retrieved from https://www.accenture.com/us-en/_acnmedia/PDF-16/Accenture-Location-Based-Technology.pdf#zoom=50
- Al-Ammar, M. A., Alhadhrami, S., Al-Salman, A., Alarifi, A., Al-Khalifa, H. S., Alnafessah, A., & Alsaleh, M. (2014). Comparative Survey of Indoor Positioning Technologies, Techniques, and Algorithms. *2014 International Conference on Cyberworlds*, 245-252.
- Argyrou, M., Calder, M., Farshad, A., & K. Marina, M. (2012). Understanding Energy Consumption of UHF RFID Readers. *The 18th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, 51-58.
- Armijos, A., Fiallos, A., Villavicencio, M., & Abad, C. (2015). Aplicación de Scrum en la construcción de un simulador de Redis. *Congreso Andino de Computación, Informática y Educación* (pp. 1-15). Guayaquil: CACIED 2015.
- Basiri, A., & Peltola, P. (2015). Indoor Positioning Technology Assessment using Analytic Hierarchy Process for Pedestrian Navigation Services. *2015 International Conference on Location and GNSS (ICL-GNSS)*, 1-6.
- Be Retail. (2015, Diciembre 02). *Be Motion*. Retrieved from Be Retail: <http://beretail.es/blog/2015/12/02/comparativa-de-tecnologias-de-localizacion-indoor/>
- Bluetooth SIG. (2017). *Bluetooth SIG*. Retrieved from Bluetooth SIG: <https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/how-it-works/low-energy>
- By. (n.d.). *¿Qué es RFID?* Retrieved from <https://www.by.com.es/blog/que-es-rfid/>
- Cabello, C. (2016, Julio 07). *Nobbot.com*. Retrieved from Nobbot.com: <http://www.nobbot.com/redes/9-usos-reales-comprender-los-beacons/>
- Casar, J. (2005, Enero). *Universidad Politécnica de Madrid*. Retrieved from Universidad Politécnica de Madrid: http://www.upm.es/sfs/Rectorado/Organos%20de%20Gobierno/Consejo%20Social/Actividades/tecnologias_servicios_para_sociedad_informacion.pdf
- Castillo, J., Haigler, A., Siddiqui, S., & Wilson, M. (2014). Developing a User Identification Mechanism for Secure Mobile Phone Access Replacing the Tedious Username/Password. *Seidenberg School of CSIS, Pace University, White Plains, New York*, 1-8.
- Descamps-Vila, L., Pérez, A., & Conesa, J. (2013). Integración de un sistema de posicionamiento indoor en aplicaciones SIG para dispositivo móvil. *VII JORNADAS DE SIG LIBRE*, 1-12.

- Díaz, L. (2008, Abril 23). *Universidad Politécnica de Madrid*. Retrieved from Universidad Politécnica de Madrid: <http://oa.upm.es/947/>
- Dignani, J. (2011, Mayo). *Universidad Nacional de la Plata*. Retrieved from Posgrado Facultad de Informática: http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Especializaciones/Redes_y_Seguridad/Trabajos_Finales/Dignanni_Jorge_Pablo.pdf
- Egomexico. (n.d.). *Tecnología RFID*. Retrieved from Egomexico expertos en RFID: http://www.egomexico.com/tecnologia_rfid.htm
- García, A. (2013, 12 28). *Qué es el NFC y como utilizarlo en Android*. Retrieved from <https://andro4all.com/2013/12/que-es-el-nfc-y-utilizarlo-en-android>
- GmbH. (2017). *Support N26*. Retrieved from <https://support.n26.com/read/000001287?locale=es>
- Gutierrez, A., & Maz, A. (2001). Cimentand un proyecto de investigación: La Revisión de Literatura. In P. Gómez, & L. Rico, *Iniciación a la investigación en didáctica de la matemática. Homenaje al profesor Mauricio Castro* (pp. 149-164). Granada: Rico, Luis; Coriat, Moisés; Maz, Alexander; Morcote, Oliverio; Gómez, Pedro.
- Gutierrez, M. (2012, Junio 21). *Proyecto Graduados: Destrezas de la Información*. Retrieved from Proyecto Graduados: Destrezas de la Información: <https://proyectograduadosuprrpedu.files.wordpress.com/2013/08/2-proceso-revisic3b3n-literatura-rev-degi-2012.ppt>
- Gutiérrez, O. (2012, Julio 27). *Conéctica*. Retrieved from Conéctica: <https://conectica.com/2012/07/27/vulnerabilidad-en-gps-de-smartphones-pone-en-riesgo-la-seguridad-de-usuarios/>
- Hameed, S., Hameed, B., Hussain, S. A., & Khalid, W. (2014). Lightweight Security Middleware to Detect Malicious Content in NFC Tags or Smart Posters. *2014 IEEE 13th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications*, 900-905.
- Hernandez, O., Jain, V., Chakravarty, S., & Bhargava, P. (2009, Junio 05). *NXP Semiconductor*. Retrieved from NXP Semiconductor: <http://cache.nxp.com/assets/documents/data/en/brochures/PositionLocationMonitoring.pdf?fsrch=1&sr=1&pageNum=1>
- Hipertextual. (2014, Octubre 06). *Hipertextual.com*. Retrieved from Hipertextual.com: <https://hipertextual.com/archivo/2014/10/todo-acerca-beacons/>
- Infsoft. (2016, Enero 20). *Infsoft GmbH*. Retrieved from Infsoft GmbH: <https://www.infsoft.com/portals/0/images/solutions/basics/whitepaper/en-indoor-navigation-indoor-positioning-infsoft-ebook.pdf>
- Kobayashi, H. (2015). A personal localization system using self-contained 2Dbarcode landmarks. *2015 IEEE 24th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, 882-887.

- Koudas, N. (2015, Mayo 04). *Aislelabs*. Retrieved from Aislelabs:
<https://www.aislelabs.com/reports/beacon-guide/#minew>
- Lee, J.-S., Su, Y.-W., & Shen, C.-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*, 46-51.
- Li, X., Xu, D., & Wang, X. (2016). Design and implementation of indoor positioning system based on iBeacon. *2016 International Conference on Audio, Language and Image Processing (ICALIP)*, 126-130.
- Lighthouse.io. (2017). *Lighthouse.io*. Retrieved from Lighthouse.io:
<http://m.lighthouse.io/indoor-location-technologies-compared/>
- Liu, J. (2014, Mayo 5). *Department of Science & Engineering, Washington University*. Retrieved from Washington University in St. Louis:
<http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse574-14/ftp/indoor.pdf>
- Love, R. (2013, Agosto 6). *Forbes*. Retrieved from Forbes:
<https://www.forbes.com/sites/quora/2013/08/06/why-does-gps-use-more-battery-than-any-other-antenna-or-sensor-in-a-smartphone/#34b6da2d7bf9>
- Luque, M. (2012). *SoloCiencia.com*. Retrieved from SoloCiencia.com:
<http://www.solociencia.com/medicina/11010312.htm>
- Mathieu Bouet, A. L. (n.d.). RFID Tags: Positioning Principles and Localization Techniques. 1-5.
- Mautz, R. (2012, Febrero). *dl.icdst.org*. Retrieved from dl.icdst.org:
<http://www.dl.icdst.org/pdfs/files/0928f47d2ce62fab8b2c955f8c6e6a47.pdf>
- Méndez, U. (2017, Febrero 02). *330 Ohms*. Retrieved from 330 Ohms:
<https://www.330ohms.com/blogs/blog/que-es-el-bluetooth>
- Mittal, S. (2016, Enero 12). *beaconstac*. Retrieved from blog.beaconstac:
<https://blog.beaconstac.com/2016/01/li-fi-vs-ibeacon-ble-technology/>
- Mittal, S. (2016, Enero 19). *Beaconstac*. Retrieved from Mobstac:
<https://blog.beaconstac.com/2016/01/ibeacon-vs-eddystone/>
- Mittal, S. (2016, Mayo 10). *Mobstac*. Retrieved from Beaconstac:
<https://blog.beaconstac.com/2016/05/li-fi-vs-wi-fi-vs-ibeacon-ble-technology/>
- Mora, R., Oats, A., & Marziano, P. (2014). Mora, R., Marziano, P., & oats, A. (2014). Percepción de la señalización y orientación espacial de los usuarios de tres complejos hospitalarios de Santiago, Chile. *Revista Med. Chile*, 1291-1296.
- Munir, J. (2014, Noviembre 04). *Universidad de Vigo*. Retrieved from Universidad de Vigo:
http://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/25294/PONENCIA_GRADIANT_JAI2014.pdf

- Murphy, S. (2012, Mayo 11). *Mashable*. Retrieved from Mashable: <http://mashable.com/2012/05/11/location-based-services-study/#oSqnHWM3GgqK>
- Newman, N. (2014). Apple iBeacon technology briefing. *Journal of Direct, Data and Digital Marketing Practice*, Volume 15, 222-225.
- nicodlz. (2015, 10 15). *xatak android*. Retrieved from <https://www.xatakandroid.com/respuestas/consumo-bateria-nfc>
- Nilsson, B. (2010). *Chalmers Publication Library*. Retrieved from <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/120356.pdf>
- Ozdenizci, B., Coskun, V., & Ok, K. (2015). NFC internal: an indoor navigation system. *Sensors ISSN 1424-8220*, 7571-7595.
- Robbins, C. (2017, Enero 10). *Cyber Matters*. Retrieved from Cyber Matters: <https://cybermatters.info/2017/01/10/li-fi-security/>
- Robust Tech House. (2016, Agosto 02). *Robust Tech House*. Retrieved from <https://robusttechhouse.com/business-and-other-applications-of-indoor-navigation-technology/>
- Rojas, J., Bustos, J., & Camacho, D. (2017). Transporte público inteligente al alcance de sus manos. *International Conference on Information Systems and Computer Science, INCISCOS, 2016*, 122-134. Retrieved from <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/143>
- Ruiz, A. (2009). *Universidad de Murcia*. Retrieved from Universidad de Murcia: <http://webs.um.es/ocanovas/miwiki/lib/exe/fetch.php?id=docencia&cache=cache&media=indoor-location.pdf>
- Saínez, C. A. (2014, 03 11). *Posibilidades del NFC para la accesibilidad*. Retrieved from <http://www.centac.es/es/desayunos/posibilidades-del-nfc-para-la-accesibilidad>
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2013, Julio). *Scrum Guide*. Retrieved from Scrum Guide: <https://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/scrum-guide-us.pdf>
- Srbinovska, M., Gavrovski, C., & Dimcev, V. (2008). Localization estimation system using measurement of RSSI based on ZigBee standard. *ELECTRONICS' 2008*, 45-50.
- Taoufikallah, A. (2010). *Biblioteca de Ingeniería de la Universidad de Sevilla*. Retrieved from E-Reding: <http://0-bibing.us.es.fama.us.es/proyectos/abreproy/30134/>
- Tineo, A. (2016, Junio 12). *Universitat Oberta de Catalunya*. Retrieved from Universitat Oberta de Catalunya: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/53332/7/arkaitzarregiTFM0716mem%C3%B2ria.pdf>
- Toro, L. M. (n.d.). SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA.
- Turgut, Z., Zeynep, G., & Sertbaş, A. (2016). Indoor Localization Techniques for Smart Building Environment. *Procedia Computer Science* 83, 1176-1181.

- Varshney, V., Kant, R., & Abdul, M. (2016). Indoor positioning system using Wi-Fi & Bluetooth Low Energy technology. *2016 Thirteenth International Conference on Wireless and Optical Communications Networks (WOCN)*, 1-6.
- Verifone. (2013). *Verifone*. Retrieved from Verifone: <http://global-old.verifone.com/media/3603729/bluetooth-low-energy-beacons-retail-wp.pdf>
- Wong Joanne, S. t. (2016). Indoor Navigation and Localization Application System. *International Conference on Electronic Design (ICED)*, 1-5.
- Yang, Y. (2016, Abril). Retrieved from Center for Wireless Information Network Studies (CWINS): <http://www.cwins.wpi.edu/publications/Thesis/MS%20Thesis/Yang%20Yang.pdf>
- Yin, Z., Wu, C., Yang, Z., & Liu, Y. (2017). Peer-to-Peer Indoor Navigation Using Smartphones. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 1141 - 1153.
- Yoon, W., Kwon, K., & Kim, D. (2016). GS1beacon: GS1 Standard based Integrated Beacon Service Platform. *2016 IEEE International Conference on Services Computing (SCC)*, 827-830.
- Yost, M., & Majjagi, S. (2017). *GL Communications Inc*. Retrieved from GL Communications Inc.: <https://www.gl.com/Presentations/MAPS-LCS-Test-Suite-Presentation.html>
- Zahid, F., Ismail, M., & Nordin, R. (2013). Recent Advances in Wireless Indoor Localization Techniques and System. *Journal of Computer Networks and Communications 2013*, 1-12.