



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS” ZACATENCO**

**“PÁGINA WEB PARA DESPLIEGUE DE CAMPOS
ELECTROMAGNÉTICOS EN UNA CIUDAD
INTELIGENTE”**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA**

PRESENTAN:

**ACOSTA ROMO BRANDON
HERNÁNDEZ IBARRA SAMUEL.
ROJAS ORDOÑEZ MARCO ANTONIO.**

ASESORES:

**DR. JUAN PABLO FRANCISCO POSADAS DURÁN.
ING. FEDERICO FELIPE DURÁN.**

CIUDAD DE MÉXICO, JUNIO DEL 2019

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”**

TEMA DE TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
DEBERA (N) DESARROLLAR C. BRANDON ACOSTA ROMO
C. SAMUEL HERNANDEZ IBARRA
C. MARCO ANTONIO ROJAS ORDOÑEZ

“PAGINA WEB PARA DESPLIEGUE DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN UNA CIUDAD INTELIGENTE”

DESARROLLAR UN SISTEMA QUE PUEDA ADQUIRIR, PROCESAR Y ADMINISTRAR INFORMACIÓN DE LA INTENSIDAD DE ONDAS DE RADIOFRECUENCIA GENERADAS POR PUNTOS DE ACCESO WIFI Y BASES DE TELEFONÍA CELULAR EN EL CAMPUS ZACATENCO DEL IPN MEDIANTE EL USO DE UNA APLICACIÓN ANDROID Y UN SISTEMA WEB.

- ❖ MARCO TEÓRICO
- ❖ ESTADO DEL ARTE/SITUACIÓN ACTUAL
- ❖ DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO (RADIOFRECUENCIA IPN)
- ❖ PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SISTEMA

CIUDAD DE MÉXICO, A 17 DE JUNIO DEL 2019.

ASESORES


DR. JUAN PABLO FRANCISCO POSADAS DURAN


ING. FEDERICO FELIPE DURÁN


M. EN C. RABINDRANATH RESENDEZ
SUBDIRECTOR ACADÉMICO



Autorización de uso de obra

Instituto Politécnico Nacional
P r e s e n t e

Bajo protesta de decir verdad los que suscriben **Acosta Romo Brandon, Hernández Ibarra Samuel y Rojas Ordoñez Marco Antonio**, manifestamos ser autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada “**Página web para despliegue de campos electromagnéticos en una ciudad inteligente**”, en adelante “**La Tesis**” y de la cual se adjunta copia, un impreso y un cd por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgo al **Instituto Politécnico Nacional**, en adelante **EL IPN**, autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales o en cualquier otro medio; para que pueda ser consultada, o como aportación al desarrollo de un proyecto para apoyar futuros trabajos relacionados con el tema de “**La Tesis**” por un periodo de **5 años** contado a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso a **EL IPN** de su terminación.

En virtud de lo anterior, **EL IPN** deberá reconocer en todo momento nuestra calidad de autores de “**La Tesis**”.

Adicionalmente, y en nuestra calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de “**La Tesis**”, manifiesto que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por el suscrito respecto de “**La Tesis**”, por lo que deslindamos de toda responsabilidad a **EL IPN** en caso de que el contenido de “**La Tesis**” o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumimos las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Ciudad de México., a 11 de noviembre de 2019.

Atentamente


Acosta Romo Brandon


Hernández Ibarra Samuel


Rojas Ordoñez Marco Antonio

Índice

Introducción	6
Planteamiento del problema.....	7
Objetivos.....	7
Objetivo general.....	7
Objetivos particulares	7
Justificación	8
Capítulo 1. Marco Teórico.....	9
1.1 La Radiación electromagnética.....	9
1.1.1 Tipo de radiación ionizante y no ionizante.....	11
1.1.2 Radiofrecuencia.....	12
1.1.4 WiFi	13
1.2 Sensores de campo electromagnético y antenas en teléfonos celulares	14
1.2.1 Antenas de Telefonía Móvil.....	17
1.2.2 Evolución de la red de telefonía celular	17
1.3 Web y herramientas de desarrollo	18
1.3.1 Lenguaje HTML para creación de páginas Web	18
1.3.1 CSS.....	20
1.3.2 JavaScript.....	22
1.3.3 PHP.....	23
1.3.4 Bases de datos	24
1.3.5 Cliente-servidor	26
1.3.6 Mapas de Google.....	26
1.4 Programación para teléfonos inteligentes	27
1.4.1 Android y el entorno de desarrollo	27
1.4.2 Arquitectura del entorno de Android.....	27
1.4.3 API's de Android.....	30
1.4.4 Android Studio 3.2.1.....	30
1.4.5 Depuración y compilación de la aplicación	33
Capítulo 2. Estado del arte / Situación actual	34
2.1 Antecedentes	34
2.1.1 Telefonía celular	34

2.1.2 Monitoreo colectivo móvil	35
2.2 Norma WiFi	36
2.3 Organización Mundial de la Salud (OMS)	37
2.4 Sistemas de monitoreo del campo electromagnético en el mundo	38
2.5 Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante.	39
2.6 Trabajos relacionados	41
Capítulo 3. Descripción del sistema propuesto (Radiofrecuencia IPN)	45
3.1 Definición de Requerimientos	46
3.2 Diseño del Software y del Sistema	55
3.2.1 Descripción de página Web	55
3.2.2 Descripción de Mapas de Radiofrecuencia.	63
3.2.3 Descripción de la aplicación móvil	68
3.2.4 Protocolo de medición.....	78
3.3 Implementación	80
3.3.1 Programación de la aplicación móvil de Monitoreo de Radiofrecuencia	80
3.3.2 Programación de los mapas de Radiofrecuencia.	94
3.3.3 Análisis y procesamiento de la información a través de modelos matemático.	104
Capítulo 4. Pruebas y resultados del sistema	105
4.1 Pruebas y resultados de la aplicación móvil	105
4.2 Resultados del monitoreo del sistema de radiofrecuencia IPN	109
4.3 Costos.....	116
Conclusiones	119
Alcance y trabajo a futuro.....	120
Anexos	122
Anexo 1. Código para conexión de mapas con la base de datos.	122
Anexo 2. Código para los mapas de Radiofrecuencia.	127
Anexo 3. Código para la página principal de Radiofrecuencia IPN.	130
Glosario	137
Bibliografía.	139

Introducción

El presente trabajo describe una propuesta para el monitoreo de la intensidad de ondas de radiofrecuencia que emiten puntos de acceso WiFi y antenas de bases de telefonía celular que servirá para la evaluación de los efectos que tienen las ondas de radiofrecuencia en la salud de los seres humanos. El uso de la tecnología de radiofrecuencia en aparatos e instalaciones es regulado por el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (*Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE*) y en reglamentos de banda de radio en el país. Sin embargo, no existe en el país un protocolo enfocado en el monitoreo de las emisiones de radiofrecuencia que son generadas o emitidas por aparatos como módems y puntos de acceso móviles.

A pesar de que no existen estudios o informes sobre los efectos a la exposición permanente a ondas de radiofrecuencia en el cuerpo humano, la información con la que se cuenta sobre estos casos es escasa, lo que dificulta obtener un resultado eficaz y certero. Considerando la falta de información acerca de las ondas de radiofrecuencia, se propone un sistema para el monitoreo de los niveles de energía de este tipo de ondas emitidas por puntos de acceso WiFi y bases de telefonía celular.

La propuesta utiliza teléfonos inteligentes como herramientas de medición y el uso de una aplicación con la cual se podrán realizar mediciones en cualquier ubicación dentro del campus Zacatenco del IPN. Los teléfonos inteligentes brindan la posibilidad de ser móviles y poder realizar mediciones en distintos puntos de manera sencilla. Adicionalmente se propone un sistema con una arquitectura basada en tecnología Web para la administración de datos. El sistema permitirá compartir la información de los niveles de radiación con varios usuarios de manera simultánea mediante una página Web. Los datos recopilados serán mostrados en el sitio Web para el público a través de mapas, tablas y gráficas.

Las ventajas que presenta la propuesta se ven reflejadas en los costos reducidos para la obtención de la información, por ejemplo, en otros países se realizan las mediciones con estaciones fijas en puntos específicos, requiriendo de un número considerable de estaciones para abarcar un área de mayor tamaño y en consecuencia haciendo que el costo aumente. Otra ventaja radica en el hecho de que, hasta donde sabemos, es la primera implementación de un sistema de monitoreo para la recopilación de información sobre radiofrecuencia en México.

Planteamiento del problema

El proyecto pretende obtener información acerca de la intensidad de las señales de radiofrecuencia de WiFi y estaciones de telefonía móvil, procesar la información y mostrarla mediante un sitio Web. Existen dos problemas principales que se deben resolver para lograr los objetivos:

1. El primer problema consiste en medir la intensidad de las señales de radiofrecuencia emitidas por puntos de acceso WiFi y estaciones de telefonía móviles. Actualmente existen herramientas que permiten medir la radiación electromagnética ocasionada por diferentes fuentes de radiación como puntos de acceso, antenas de radio-base, instalaciones y cables eléctricos, entre otros, pero la mayoría de estas herramientas se consiguen a precios elevados (desde los \$3000.00 los más económicos). Otra desventaja de este equipo es que son fijos o incómodos para trasladar, sin mencionar que su alcance y rango de frecuencias es muy limitado requiriendo más de uno de estos medidores.
2. El segundo dilema que surge al obtener información sobre las señales de radiofrecuencia es la forma de administrar esa información. Desde el momento de la captura de datos sería necesario tener personal capacitado para realizar las mediciones y registrar la información de forma correcta. Por otra parte, estas personas necesitan una gran cantidad de tiempo para monitorear cierta área. Al problema anterior se suma la capacidad de compartir los datos y procesarlos especialmente cuando la cantidad de información es demasiada y se pretende dar a conocer a un conjunto de personas.

Objetivos

a) Objetivo general

Desarrollar un sistema que pueda adquirir, procesar y administrar información de la intensidad de ondas de radiofrecuencia generadas por puntos de acceso WiFi y bases de telefonía celular en el campus Zacatenco del IPN mediante el uso de una aplicación Android y un sistema Web

b) Objetivos particulares

- Compilar una aplicación Android para teléfonos inteligentes que permita capturar la variación de radiofrecuencia emitida por antenas base de telefonía celular y puntos de acceso inalámbricos de tipo WiFi.
- Diseñar una base de datos donde se almacene la información sobre la propagación de radiofrecuencia.

- Implementar un módulo Web para la administración y registro de actividades de usuarios.
- Implementar un módulo Web para procesar información sobre los niveles de radiación electromagnética a través de un mapa, gráficas y tablas.
- Implementar un módulo Web para emitir notificaciones sobre los niveles de radiación electromagnética.

Justificación

Debido a los avances en las comunicaciones inalámbricas, se han detectado un incremento en la exposición a las ondas de radiofrecuencia (RF) emitidos por dispositivos como celulares, computadoras, dispositivos móviles, antenas de telefonía, estaciones eléctricas, redes eléctricas y redes inalámbricas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2006 existían más de 1,4 millones de estaciones de RF en todo el mundo, esta cifra ha aumentado de forma considerable con la aparición de las tecnologías de quinta generación de telefonía móvil [1]. Tan solo en México, el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) informó que existen 115 millones de líneas de telefonía móvil al primer trimestre de año 2018 [2].

La sobreexposición a ondas de RF ha causado preocupación por las posibles consecuencias para la salud, como desarrollo de cáncer, cambios en la actividad cerebral, afectación en la concentración de las personas y en los patrones de sueño además de interferencias en el funcionamiento de algunos dispositivos médicos tales como marcapasos, desfibriladores implantables y algunos audífonos.

En 1996 la Organización Mundial de la Salud (OMS) diseñó un proyecto internacional para comprobar la relación entre los Campos Electromagnéticos (CEM) en la banda de Radiofrecuencia (RF) y los efectos negativos en la salud [3]. En él participan países de los 5 continentes, sin embargo, México aún no desarrolla ni se integra a un proyecto que permita estudiar los efectos de la exposición a campos RF y generar medidas de seguridad. Es importante contar con un sistema que permita medir y obtener información sobre la exposición a campos RF (aun cuando se trate solo de un área delimitada), y que se convierta en un punto de partida para estudiar los efectos de RF en la población mexicana.

Capítulo 1. Marco Teórico

1.1 La Radiación electromagnética

Radiación electromagnética es el nombre que recibe una especie de campo electromagnético que cambia constantemente, es decir, es la suma de diversos campos eléctricos y magnéticos que oscilan y se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro [4]. Una de las características principales de este tipo de energía electromagnética es que no requiere de un medio o de materia por el cual transmitirse.

La radiación electromagnética ha sido estudiada desde tiempo atrás, cuando el principal factor de interés era la luz y las propiedades que la generaban, por ejemplo, el físico y matemático Isaac Newton realizó diversos hallazgos en el campo de la óptica como como fue la idea de que la luz se compone de diversas partículas que viajaban a una gran velocidad. En el siglo XIX James Maxwell desarrolló una teoría que involucraba a la radiación electromagnética. En dicha teoría se propuso que la luz visible estaba compuesta de un campo eléctrico y un componente magnético.

Las radiaciones electromagnéticas se pueden clasificar dependiendo de sus frecuencias. Como se puede observar en la Figura 1, la radiación electromagnética abarca un enorme rango de frecuencias provocando diversos fenómenos como la luz que es visible para nuestros ojos que solo constituye una pequeña parte de la radiación electromagnética conocida. Es posible decir que algún tipo de radiación está en contacto con nosotros en todo momento. [5].

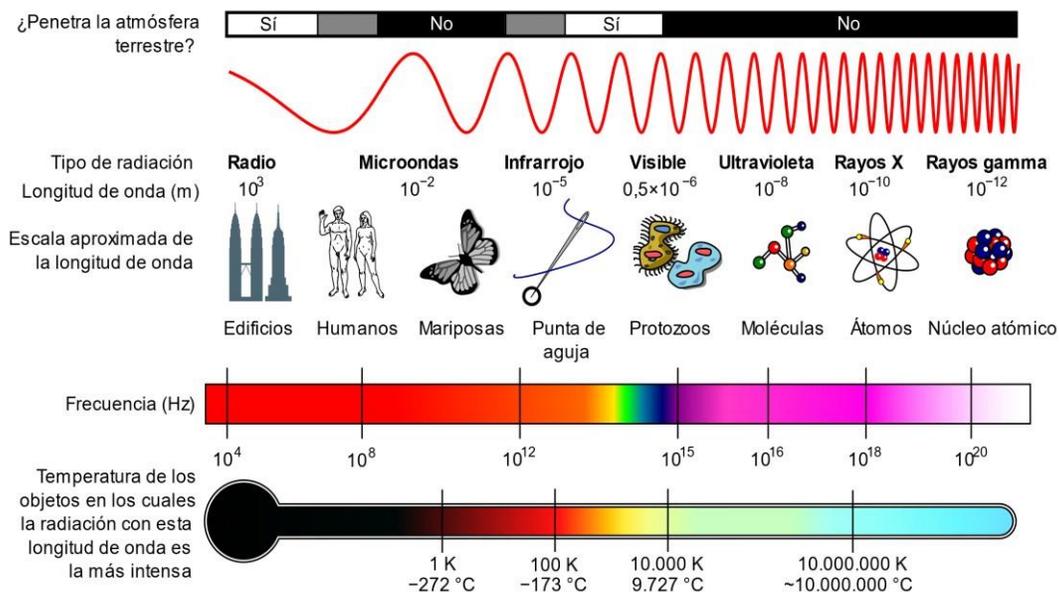


Figura 1. Representación del espectro electromagnético

La emisión de radiación electromagnética es un fenómeno que se lleva a cabo en todos los lugares del universo. Una de las descripciones más comunes de radiación electromagnética es que se corresponde con las ondas electromagnéticas que se conforman de campos eléctricos y

magnéticos oscilantes, que son perpendiculares entre sí y perpendiculares a la dirección de propagación de la onda (campos electromagnéticos) [6].

La figura 2 muestra una imagen de la onda electromagnética que se encuentra polarizada en el plano, desplazándose en la dirección "Y". Mientras tanto, la figura 3 muestra el campo eléctrico que se representa por el vector **E** y se encuentra oscilando en la dirección "Z"; el campo magnético se representa por el vector **B** y está oscilando en la dirección "X".

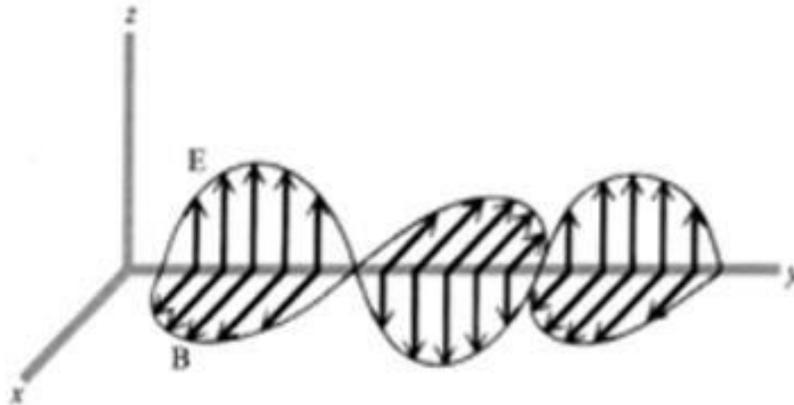


Figura 2. Onda electromagnética. Luz polarizada en el plano E, campo eléctrico. B, campo magnético y dirección de propagación.

La longitud de onda (generalmente λ) es la distancia de un ciclo de la onda, mientras que la frecuencia de la onda (representada por f o ν) es el número de ciclos que pasan por un punto dado en la unidad de tiempo. En la figura 3 se muestran los parámetros de una onda electromagnética. El tiempo que tarda en pasar un ciclo o una longitud de onda es $1/\nu$. Si la velocidad de la onda es $c = 3 \times 10^8$, y como *distancia = velocidad x tiempo*, entonces: $\lambda = c(1/\nu)$ o $\lambda \nu = c$ o $\nu = c/\lambda$.

La frecuencia se manifiesta con las unidades de $1/seg$ que corresponden a un Hertz (Hz). Con el rango de frecuencias correcto y sus unidades es posible clasificar los tipos de radiaciones con las que se estén trabajando o midiendo.

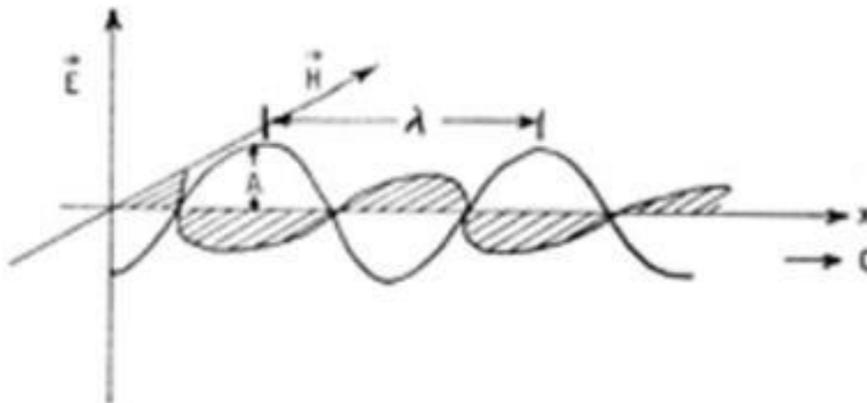


Figura 3. Parámetros de onda electromagnética. E campo eléctrico, H campo magnético, A amplitud de la onda.

1.1.1 Tipo de radiación ionizante y no ionizante

La radiación electromagnética se puede clasificar en dos tipos dependiendo de su longitud de su onda, la primera es la ionizante que se caracteriza por originar partículas con carga eléctrica (iones) cuando ocurre una interacción entre la materia y las ondas mismas, en otras palabras, se produce el efecto de ionización [7]. Este tipo de radiación ionizante libera la suficiente energía para desprender electrones de los átomos, provocando que se rompan los enlaces químicos en moléculas orgánicas [8].

Las radiaciones ionizantes tienen la capacidad de traspasar la materia por su naturaleza y alto poder energético, arrancando una gran cantidad de átomos que constituyen al cuerpo que se encuentra en contacto. El organismo del ser humano es incapaz de percibir este tipo de radiación al instante; los efectos o síntomas a la exposición de estas ondas electromagnéticas pueden presentarse a largo plazo, incluso mucho después de cesar la exposición a éstas. Este tipo de ondas electromagnéticas se encuentran clasificadas en un alto grado de peligrosidad [7].

La radiación no ionizante es la segunda de los tipos de radiación electromagnética que se encuentran dentro de la clasificación. Por su definición, este tipo de ondas electromagnéticas no tienen la energía necesaria para liberar los electrones de los átomos ni romper los enlaces químicos de un cuerpo cuando éstas entran en contacto, esto debido a la energía mínima que se requiere para que se produzca el efecto de ionización. La energía mínima necesaria para liberar un electrón de un átomo es del orden de 4 electro-Volts (eV). La frecuencia de un fotón está dentro del campo del espectro electromagnético, específicamente del ultravioleta lejano. Con lo anterior mencionado, la energía de un fotón de 300 GHz (que es la frecuencia promedio de una onda de radiofrecuencia) es de 0.00125 eV, en otras palabras, una diezmilésima parte de la energía que se requiere para producir el efecto de ionización [8].

Algunas de las frecuencias más comunes que se utilizan en los sistemas de comunicaciones habituales como la telefonía móvil, de radio o de televisión se muestran en la Tabla 1. En la actualidad no se encuentran sistemas en operación que trabajen a frecuencias superiores a 100 GHz.

Tabla 1. Tipos de radiación

Tipos de radiaciones	Frecuencia de oscilación
Radiodifusión sonora en ondas medias	300 KHz a 1600 KHz
Radiodifusión y radiocomunicación en onda corta	3 a 30 MHz
Radiodifusión de televisión VHF	50 a 80 MHz 170 a 330 MHz
Radiodifusión de televisión UHF	450 a 850 MHz
Radiocomunicaciones	150 MHz
Telefonía móvil	450 MHz, 850 a 950 MHz y 1800 a 2200 MHz

1.1.2 Radiofrecuencia

La comunicación por medio de radio ondas o radiofrecuencia se da cuando la señal se encuentra en un rango de frecuencia de 30 KHz a 300 GHz que corresponde a la parte con menos energía del espectro electromagnético [9]. Las frecuencias en las que oscilan los módulos WIFI, de acuerdo con la normativa 802.11 oscilan en los 2.4 GHz y 5 GHz, mientras que las telefonías móviles trabajan desde los 900 MHz hasta los 3500 MHz (5G actualmente en investigación e implementación) dependiendo de las bandas con las que operen las antenas de celulares. Entre los últimos no siempre se transmite lo que se conoce como línea de vista "*Line Of Sight*" (LOS) por lo que la señal puede sufrir de efectos antes de llegar a su destino. Cuando no existen obstáculos entre el emisor y receptor en una ruta directa se dice que hay una línea de vista, si no se presenta esta situación se dice entonces que la transmisión es en distintas rutas. Siempre que exista una transmisión de este tipo se presentarían fenómenos y efectos que alterarían la transmisión de la señal, entre los efectos más comunes se encuentran [10]:

1. **Difracción.** Ocurre cuando la señal cambia de dirección debido al choque con un obstáculo. A diferencia de lo que se piensa y que este fenómeno provoque una pérdida o deformación en la señal, este ayuda a la señal cuando no se tiene una transmisión de línea de vista.
2. **Refracción.** Se presenta cuando la señal cambia de dirección debido al choque con un medio, sin embargo, dicho medio y la señal misma deben de tener un índice de refracción diferente. Este efecto puede ayudar a la señal cuando se transmite de un medio a otro.
3. **Reflexión.** La reflexión de una señal se da cuando la señal choca con un objeto de dimensiones muchas veces más grandes al de la longitud de la onda, esto provoca que la señal parta en dos partes, un porcentaje que será transmitido y el otro que será reflejado.
4. **Dispersión.** Este fenómeno existe cuando la señal de radiofrecuencia choca con varios objetos de dimensiones más pequeñas de longitud de onda, pero numerosas entre sí. Al ocurrir este fenómeno, la señal puede reflejarse en distintas direcciones provocando un riguroso cambio en la frecuencia y en la polarización de la onda electromagnética.

También se pueden encontrar algunos parámetros de emisión de señales de radio, los cuales son:

- a) **Clase de emisión.** Se le denomina así al conjunto de características que describen la forma o tipo de emisión como son la modulación, el tipo de información, la naturaleza de la información, entre otras.

- b) **Ancho de Banda en el Espectro.** Es la diferencia entre la mínima y la máxima frecuencia que posee una señal en el espectro. Lo común al medir este tipo de frecuencias es tomar los valores a -3 dB de la fundamental.
- c) **Ancho de Banda en Comunicaciones.** Es el límite de las frecuencias que un circuito de comunicaciones nos permite pasar desde la entrada a la salida. Cuanto mayor sea este rango, mayor será la capacidad de transporte tiene el canal.

En los últimos años, los aparatos electrónicos como televisores, computadoras, teléfonos celulares, etc., han ido formando parte de nuestra vida diaria a un nivel en que ya es común que la mayoría de la población cuente con alguno de los aparatos anteriormente mencionados. Estos dispositivos incluyen radiación electromagnética de frecuencia extremadamente baja y la de radiofrecuencia (RF) de frecuencia más alta.

Los efectos biológicos que se tienen estudiados actualmente dependen de la capacidad de absorción de la materia y de la misma intensidad de los campos eléctricos y magnéticos que se producen en su interior. En la actualidad existen extrapolaciones⁵ de observaciones históricas para relacionar posibles y futuros síntomas con los de otras causas de malestares críticos en el organismo; grupos de investigación académica, de interés como Greenpeace, Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés), asociaciones de consumidores, entre otros, se encuentran trabajando para determinar efectos, en la salud ocasionadas por la exposición constatada de estos tipos de ondas electromagnéticas, sin embargo, los estudios y la rama de investigación hacia esta radiación aún es muy joven y se requiere una mayor investigación para poder establecer una conclusión real y concisa.

1.1.4 WiFi

La red WiFi, es un tipo de tecnología que permite la interconexión inalámbrica de dispositivos electrónicos.

Las redes inalámbricas WiFi utilizan un tipo de tecnología de radiofrecuencia con los estándares 802.11 que proporcionan la característica de la conectividad inalámbrica.

Las redes inalámbricas pueden transmitir datos a velocidades de 11 Megabits por segundo (Mbps) o incluso superiores, esto proporciona una rapidez lo suficientemente rápida para el uso de las mayorías de las aplicaciones.

En la figura 4 se compara la intensidad de la señal procedente de varias antenas de telefonía móvil en un rango de 100 metros, y en la figura 5 se muestra la intensidad de la señal procedente de varias computadoras portátiles que utilizan un rango de 50 cm. Se puede observar que los picos de intensidad en el caso de la señal generada por las antenas WIFI, cuando se encuentra en un estado de descarga, supera con gran diferencia a la señal que procede de las antenas del teléfono móvil [11].

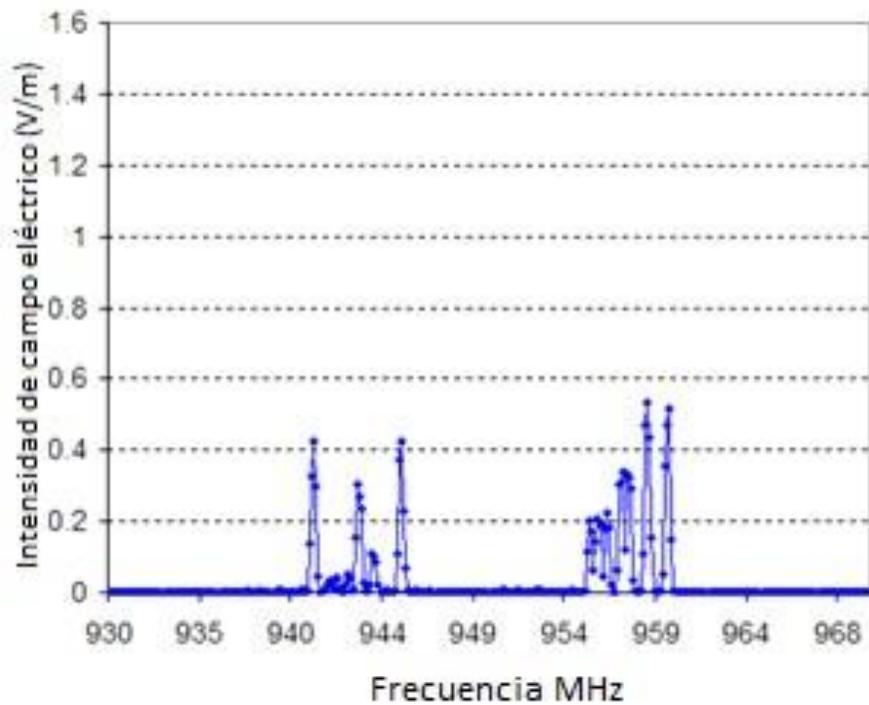


Figura 4. Rango de señal de antenas de telefonía móvil.

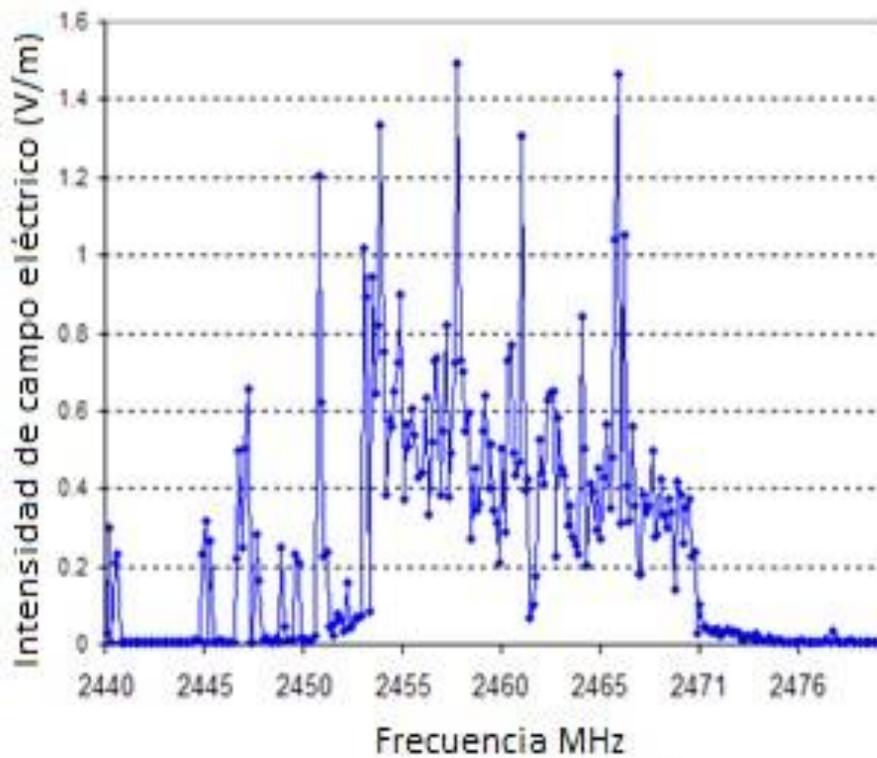


Figura 5. Rango de señal de antenas WIFI.

1.2 Sensores de campo electromagnético y antenas en teléfonos celulares.

Un sensor se define como aquella herramienta que traduce la información que llega desde un punto exterior en un impulso eléctrico, generalmente digital, que puede ser analizado y procesado por una unidad de control del sistema. En los sistemas de detección de propagación de radiofrecuencia se encuentran dos sensores que pueden ayudar a recopilar la información específica de este tipo de señales: los sensores de tipo magnético y de tipo infrarrojo.

Los sensores magnéticos se encargan de detectar campos magnéticos que producen los imanes o las corrientes eléctricas. Están formados de un par de láminas metálicas de materiales ferromagnéticos metidas en el interior de un contenedor cilíndrico que pueden atraerse en presencia de un campo magnético, cerrando el circuito.

Los sensores infrarrojos están pensados para detectar señales electromagnéticas cuya frecuencia es muy baja para que los ojos humanos puedan detectarla, en otras palabras, ondas electromagnéticas de tipo infrarrojo. Principalmente están constituidos de diodos y transistores que son sensibles a la luz infrarroja. Aunque existen diferentes tipos de sensores útiles para la aplicación del sistema propuesto, se optó por las antenas, aprovechando que estas ya están incluidas en los teléfonos inteligentes, de este modo se tiene un ahorro de costos para el proyecto.

La antena WiFi es un aparato electrónico pasivo que no radia una potencia adicional a una señal que está siendo transmitida. La función de este tipo de antenas es la de redirigir la energía que recibe de la antena emisora. Dicha acción proporciona una leve cantidad de energía en una dirección en específico, reduciendo la energía en otras direcciones. Una antena convencional tiene la capacidad de ofrecer tres propiedades básicas a un sistema de comunicación inalámbrico: dirección, ganancia y polarización.

La ganancia es aquel factor que se mide en base al incremento de potencia, en otras palabras, es acumulación de todos los incrementos en energía que una antena puede añadir a la señal de radiofrecuencia que es transmitida. Si la ganancia de una antena aumenta quiere decir que el ángulo de radiación ha disminuido, es decir, es inversamente proporcional al tamaño de la ganancia que se tiene en la antena.

Las antenas de WIFI trabajan con las frecuencias más altas en todo dispositivo móvil (debido a otros sistemas como GPS⁶, NFC⁷, entre otros). Estas frecuencias se encuentran divididas en dos bandas: 2400 – 2484 MHz (que también incluye bluetooth⁸) y 5150 – 5850 MHz.

Todas las antenas WIFI soportan la primera banda de frecuencias, estas se encuentran conectadas a un chip que realiza las tareas tanto de dispositivo WIFI como Bluetooth. Debido a que estas antenas trabajan con las frecuencias más altas en el dispositivo celular, estas serán de unas dimensiones muy pequeñas. Además, dependiendo de la

potencia, alcance radiado y forma de transmitir la señal se pueden clasificar las antenas en diferentes tipos. En la tabla 2 se describen los diferentes tipos de antenas.

Tabla 2. Tipos de antenas.

Antena	Descripción
Antena Isotrópica	Una antena isotrópica es lo que se conoce como una antena ideal ya que se espera que radie de una misma forma en todas las direcciones del espacio teniendo en cuenta la frecuencia e intensidad de la señal transmitida. Sin embargo, para que las condiciones que exige este tipo de antena existan de verdad se tendrían que acoplar diversos factores físicos y de diseño que serían imposibles mantener en aplicaciones reales y de uso común. Aun así, esta antena puede clasificarse en otro grupo conocido como omnidireccionales cuando la relación de ganancia no es ideal.
Antenas omnidireccionales	Una antena omnidireccional dirige la señal en un rango completo de 360 grados, sin embargo, no puede transmitir en direcciones verticales (arriba y abajo). Este tipo de antenas presentan un patrón de radiación parecido al de una dona además de que la ganancia que presentan se encuentra alrededor de los 15 DBi ⁹ .
Antenas sectoriales	Este tipo de antenas operan en un rango horizontal de 60 y 180 grados y presentan una ganancia de 22 DBi aproximadamente. Este grupo de antenas permiten orientar la dirección de una señal incluso verticalmente por lo que su uso es especializado para distribuir sectores de redes en un área específica.

1.2.1 Antenas de Telefonía Móvil

Cuando se trata de antenas para dispositivos de telefonía móvil se tiene un sistema de comunicación que coexiste a largas distancias. Una antena de telefonía móvil es una instalación fija también llamada estación base, encargada de conectarse a múltiples teléfonos móviles por medio de un sistema de selección y estado de tráfico en la demanda de servicios mediante ondas electromagnéticas de radiofrecuencia, además, las antenas se conectan con las centrales de su propia red para completar el proceso de comunicación.

Estos dispositivos son antenas bidireccionales de baja potencia que son montados en instalaciones de una altura considerable para transmitir con un menor problema de ruido e intersección que pueda provocar una mala cobertura en la comunicación.

La intensidad o potencia que radian las estaciones de radio base generan un flujo de corriente que a su vez provoca un campo electromagnético que viaja en el espacio libre.

Estos campos electromagnéticos pueden generar pequeñas variaciones de voltaje durante un periodo de tiempo que son liberados y radiados en cualquier dirección, sin embargo, a medida que la distancia recorrida aumenta, los niveles con los que se recepta la energía radiada son menores.

Otra de las características de estas antenas es la forma de emitir la radiación eléctrica, estas se propagan hacia el frente y de manera horizontal abarcando un rango de 60 y 120 grados aproximadamente.

1.2.2 Evolución de la red de telefonía celular

Desde los años 70 el uso de redes de telefonía móvil inicio como un proceso de investigación y necesidad para mantener y utilizar redes de telefonía eficientes utilizando bandas de frecuencia que puedan funcionar en una parte u otra del mundo. En términos generales, un teléfono móvil tiene la capacidad de establecer una conexión con una estación base que determinará las características en que la información debe ser tratada. En la actualidad se pueden clasificar por generaciones a las distintas evoluciones que ha sufrido el uso de estas tecnologías.

1G. Primera Generación

Fue pensada en un conjunto de celdas que se encuentran interconectadas que podrían prestar sus servicios a dispositivos que estuvieran dentro de un rango de cobertura específico. En 1986, gracias a Ericsson y su sistema NMT¹⁰ 900 fue posible aumentar la portabilidad y el alcance a un número mayor de dispositivos en un área más amplia.

2G. Segunda Generación

Con el auge de los dispositivos digitales, en la década de los noventa se utilizan sistemas basados en un protocolo estándar conocido como Groupe Spécial Mobile o Global System for Mobile Communications (GSM) utilizando frecuencias de 900 y 1800 Mhz. La ventaja de este tipo de tecnología fue un mayor manejo de en la calidad de la transmisión de la información que hasta antes de esta generación era completamente tratada completamente analógica.

3G. Tercera Generación

La tercera generación representó un cambio drástico para la comunicación móvil que se conocía en ese entonces. Esta surge de la necesidad de poder ofrecer servicios de internet desde el dispositivo móvil sin la necesidad de mantenerse conectado físicamente a una red fija. La conexión permitía una mejora en la calidad de voz y un aumento en la velocidad para transferir los datos de un punto a otro alcanzando velocidades de hasta 2 Megabits por segundo, sin embargo, con el paso de los años se pudieron alcanzar velocidades que variaban de los 144 kbit/s hasta 7.2 Mbit/s.

4G. Cuarta Generación

Con la era digital planteada en generaciones pasadas y la demanda que ocasionaron estos sistemas de comunicación, la cuarta generación en telefonía móvil planteó el mejoramiento en la capacidad y cobertura para mejorar la calidad de la señal. La 4G está basada en el protocolo IP implementada en una arquitectura Long Term Evolution (LTE) para la comunicación del sistema por medio de la red alcanzando velocidades mayores a las de 301 Mbit/s permitiendo un mayor ancho de banda y la recepción de alta definición en las transmisiones de datos.

5G. Quinta Generación

Actualmente, las redes móviles de quinta generación se encuentran en etapas de desarrollo e implementación e implican una mayor cobertura y velocidad de transferencia, sin embargo, uno de los problemas que está abierto a debate es la capacidad de radiación que se tiene planeado para la 5G puesto que, con una potencia radiada más alta para obtener velocidades más rápidas, también crece la contaminación electromagnética emitida por las estaciones de red y radio base que llegarán con una mayor intensidad a los teléfonos móviles. A pesar de ello, el proyecto de implementación a nivel mundial tiene una estimación a lanzarse en el año 2020.

1.3 Web y herramientas de desarrollo

En el siglo XXI la informática y la tecnología se han vuelto pilares fundamentales para la comunicación y el desarrollo, además que la información se ha vuelto un producto muy valioso en nuestros tiempos (sociedad de la información), teniendo en cuenta que es una de las herramientas de comunicación con más auge y utilizada en la actualidad.

Internet está compuesto por diferentes elementos los cuales ayudarán a acceder a este medio, el más usado indiscutiblemente es la World Wide Web (WWW), con él se puede acceder a miles de sistemas Web los cuales proporcionarán información de diferentes tipos en nuestro caso lo que proponemos es información sobre la concientización y la salud de los usuarios, así como su entorno de convivencia, y aquellos artefactos de la tecnología que los afectan.

1.3.1 Lenguaje HTML para creación de páginas Web

Las páginas Web son un documento que forma parte de un sitio Web (*World Wide Web*), codificado en un lenguaje específico (HTML) suele contar con enlaces como hipervínculos o links, para facilitar la navegación entre contenidos, con el fin de mostrar información al usuario que tenga acceso a esta.

HTML corresponde a las siglas en inglés de *HiperText Markup Language* y se puede traducir al español como Lenguaje de Marcas de Hipertexto. A diferencia de un lenguaje de programación que usa secuencias de comandos para realizar procesos, un lenguaje de marcado utiliza diferentes etiquetas para identificar el contenido.

Aunque se hayan lanzado al público varias y diferentes versiones a lo largo de los años. La lógica principal de HTML sigue siendo la misma. La estructura de los documentos configurados en HTML coloca entre dos etiquetas las características y configuraciones que se quieren implementar a la etiqueta, en conclusión, tiene dos etiquetas una de apertura y cierre.

Para inicializar un documento en HTML se necesita crear un archivo de texto y abrir con un editor. Los archivos HTML son archivos de texto, por los que puedes ocupar cualquier editor de texto para crear una página Web, existen algunos editores de HTML en el mercado, se puede escoger el que más convenga de acuerdo a los recursos y necesidades, en este caso se ocupara, Visual Studio Code y Notpat, es importante tener en cuenta que el documento debe tener un formato “.html”.

Cuando se escriben documentos HTML5, una de las nuevas características que se puede apreciar en los documentos es la declaración del tipo de documento: `<!DOCTYPE html>` La codificación de caracteres (charset) también ha sido simplificada: `<meta charset="utf-8" />` Los elementos de una estructura básica de una página Web se describen a continuación:

- **Encabezado:** Justo después de la etiqueta HTML de apertura se encontrará la cabecera del documento, la cual se identificará con las etiquetas `<head>` de apertura y cierre aquí se inserta el título de la página Web, si lo que uno quiere es cambiar color, tamaño, tipo de letra, más adelante con CSS se explicara cómo se llega a tener esos resultados, ya que HTML contiene los elementos no visuales que ayudan que la pagina funcione correctamente. En la figura 6 se muestra un ejemplo del uso de la etiqueta `<head>`.

```
249 <head>
250   <h1>Instituto Politécnico Nacional</h1>
251   <h2>Radiacion Electromagnetica</h2>
252 </head>
```

Figura 6. Representación de etiqueta head.

- **Cuerpo:** La etiqueta que le precede a head es `<body>` todos los elementos visuales estructurales están contenidos dentro de la etiqueta body. Encabezados, párrafos, listas, imágenes e hipervínculos son tan solo algunos elementos que se pueden contener dentro de la etiqueta `<body>`. En la figura 7 se muestra un ejemplo de la etiqueta `<body>`.

```

248
249 <head>
250   <h1>Instituto Politécnico Nacional</h1>
251   <h2>Radiación Electromagnética</h2>
252 </head>
253
254 <body>
255   <p>cuerpo de la página web</p>
256 </body>

```

Figura 7. Representación de etiqueta body.

1.3.1 CSS

En inglés, CSS son las siglas pertenecientes a Hojas de Estilo en Cascada (*Cascading Style Sheets*). En cascada se refiere a la forma en la que una hoja de estilo aplica un formato encima de otro, las hojas de estilo controlan la apariencia de los documentos Web.

CSS y HTML son dos herramientas que van de la mano ya que con HTML ordenamos la estructura de la página y CSS define como los elementos HTML serán desplegados y vistos por el usuario.

CSS te permite aplicar estilos específicos a elementos HTML específicos. El mayor beneficio de CSS es que permite separar el estilo del contenido, Usando solo HTML, todos los estilos y formatos quedan en el mismo lugar, lo cual se vuelve más difícil de mantener al crecer la página.

- **CSS en línea:** Usar un estilo en línea es una de las formas de insertar una hoja de estilo, con un estilo en línea, un único elemento. Para usar un estilo en línea, añade el atributo de estilo a la etiqueta respectiva. En la figura 8 se muestra un ejemplo de un estilo para una imagen en línea.

```

1   header article img {
2     width: 150px;
3     height: 150px;
4   }

```

Figura 8. Ejemplo de un estilo para una imagen.

- **CSS interno:** Los estilos internos son definidos dentro del elemento `<style>`, en la sección head de la página Web. En la figura 9 se muestra un ejemplo de un estilo para texto de forma interna.

```

7
8 <stile>
9 color: white;
10     font-size: 25px;
11     font-family: sans-serif;
12     text-align: center;
13 </stile>

```

Figura 9. Ejemplo de estilo para texto.

- **CSS Externo:** Con este método, todas las reglas de estilo quedan almacenadas en un único archivo texto, el cual es guardado con la extensión css. Posteriormente, este documento CSS es mandado a llamar en el documento HTML usando la etiqueta `<link>`. Este método va dentro de la sección head. Para un mejor ordenamiento de los documentos en el proyecto se va a ocupar el estilo CSS como se muestra en la figura 10.

```

7 <link rel="shortcut icon" type="img/ico" href="img/IPN.ico"/>
8 <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
9 <link rel="stylesheet" type="text/css" media="screen" href="CSS/eventos0.css" />
10 <link rel="stylesheet" type="text/css" media="screen" href="CSS/style.css" />
11 <link rel="stylesheet" type="text/css" media="screen" href="CSS/bootstrap.min.css" />
12 <script src="JS/jquery-3.3.1.min.js"></script>
13 <script src="JS/bootstrap.min.js"></script>
14 <script src="JS/main.js"></script>
15

```

Figura 10. Representación de archivos CSS.

Sintaxis CSS

Las hojas de estilo CSS están compuestas de reglas que el navegador interpreta y luego aplica a los elementos correspondientes en tu documento. Una regla de estilo consiste en tres partes selector, propiedad, y valor.

El bloque de declaración contiene una o más declaraciones, separadas por un punto y coma. Cada declaración incluye un nombre de propiedad y valor separados por dos puntos.

Selectores de tipo

Los selectores más comunes y fáciles de entender son selectores de tipo. Este selector apunta a los tipos de elementos en la página. Una declaración en las hojas de estilos siempre termina con un punto y coma, y los grupos de declaraciones están rodeados por llaves. La tabla 3 describe los tipos de selectores.

Tabla 3. Selectores de tipo

Selectores de ID y clase	Selectores de descendientes
Los sectores de este tipo permiten aplicar un estilo a un elemento HTML que tenga un atributo <i>id</i> , para hacer modificaciones solo en un elemento específico, independientemente de su posición en el árbol del documento.	Este tipo de selectores son los más utilizados para seleccionar los elementos que son descendientes de otro elemento. Al seleccionar los niveles, es posible seleccionar tantos niveles de profundidad como necesites.

1.3.2 JavaScript

JavaScript es uno de los lenguajes de programación más populares en el mundo y es utilizado para añadir efectos en texto, animaciones, acciones que se activan al pulsar botones y ventanas con mensajes para el usuario pensado en la interactividad a páginas Web, procesar datos, y aplicaciones móviles, aplicaciones de escritorio, juegos entre otros.

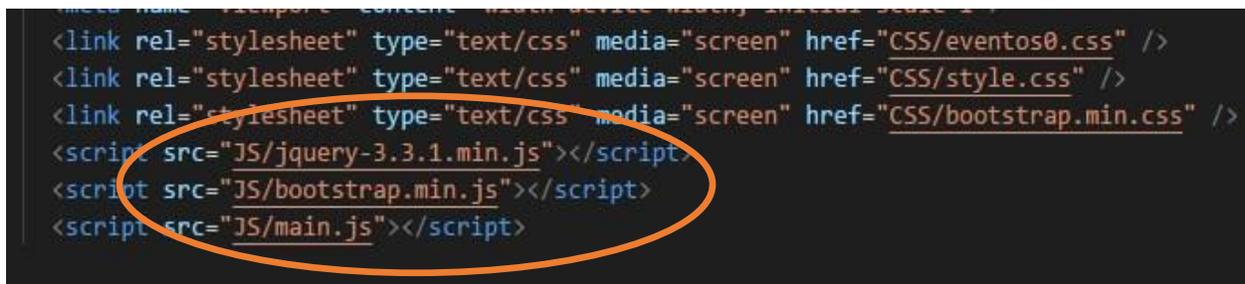
Conforme los procesos se están volviendo de manera digital, las tecnologías están avanzando en los formularios, ya que estos tienen que ser más seguros y apruebas de errores por parte de los usuarios y al mismo tiempo el usuario debe tener confianza sobre donde está ingresa su información pública como privada.

A diferencia de PHP que se ejecuta en el servidor, JavaScript es un lenguaje de etiquetas que se ejecuta en el navegador. JavaScript es compatible con la mayoría de los navegadores.

- **Mismo documento HTML:** El código JavaScript se encierra entre etiquetas `<script>` `</script>` y se incluye en cualquier parte del documento. Aunque es correcto incluir cualquier bloque de código en cualquier zona de la página, se recomienda definir el código JavaScript dentro de la cabecera del documento así será de las primeras líneas de código que ejecute la página. Este método se emplea cuando se define un bloque pequeño de código o cuando se quieren incluir instrucciones específicas en un determinado documento HTML que completen las instrucciones y funciones que se incluyen por defecto en todos los documentos del sitio Web. El principal inconveniente es que, si se quiere hacer una

modificación en el bloque de código, es necesario modificar todas las páginas que incluyen ese mismo bloque de código JavaScript.

- **Archivo externo:** Para agregar documentos de tipo JS en una plantilla de un documento HTML se tiene que abrir una etiqueta `<script>` en la cual se ingresa el nombre del archivo indicando si está en una carpeta y con la extensión .js se puede mandar a llamar todos los archivos que sean necesarios para la página Web, dentro de la misma etiqueta se especifica la URL¹⁴ para extraer la información de un documento específico, en la figura 11 se puede muestra cómo se hace el llamado por etiquetas a 3 archivos JS diferentes.



```
<link rel="stylesheet" type="text/css" media="screen" href="CSS/eventos0.css" />
<link rel="stylesheet" type="text/css" media="screen" href="CSS/style.css" />
<link rel="stylesheet" type="text/css" media="screen" href="CSS/bootstrap.min.css" />
<script src="JS/jquery-3.3.1.min.js"></script>
<script src="JS/bootstrap.min.js"></script>
<script src="JS/main.js"></script>
```

Figura 11. Elementos JavaScript.

Los archivos de tipo JavaScript son documentos normales de texto con la extensión **.js**, que se pueden crear con cualquier editor de texto. La principal ventaja de enlazar un archivo JavaScript externo es que se simplifica el código XHTML de la página, que se puede reutilizar el mismo código JavaScript en todas las páginas del sitio Web y que cualquier modificación realizada en el archivo JavaScript se ve reflejada inmediatamente en todas las páginas XHTML que lo enlazan.

AJAX fue implementado para el diseño y desarrollo Web, se define como una técnica que se ocupa para crear aplicaciones interactivas. Las aplicaciones son ejecutadas en navegador de los usuarios, es decir se aplica en el cliente.

Al mismo tiempo que se ejecutan se mantiene la comunicación asíncrona con el servidor en un segundo plano con el fin de hacer cambios en un lugar específico en una página Web sin necesidad de recargar toda la página sin interferir con la visualización ni el comportamiento de esta como consecuencia mejoramos la velocidad, interactividad y usabilidad de la página.

1.3.3 PHP

PHP proviene de Pre-procesador de Hipertexto (PHP) es un lenguaje de secuencias de comandos (Scripts¹⁶) gratis, muy popular y de código abierto. Los scripts de PHP son ejecutados en el servidor.

Se puede aplicar PHP para:

- a) Generar contenido de página dinámico.
- b) Crear, abrir, leer, escribir, borrar y cerrar de archivos en el servidor.
- c) Recolectar datos en formularios.
- d) Insertar, borrar y modificar información almacenada en tu base de datos.
- e) Controlar acceso de usuarios.
- f) Encriptar datos.

Esta herramienta tiene suficiente poder para operar como el núcleo de Word Prees, el sistema de blogueo¹⁹ más concurrido en la Web. También tiene el grado de profundidad requerido para ejecutar Facebook, la red social más grande.

PHP puede ser ejecutado en múltiples plataformas como *Windows, Linux, Unix, Mac OS X*. También es compatible con casi cualquier servidor moderno, entre los que destaca *Apache* o *IIS*. Soporta un amplio rango de bases de datos y es de acceso gratuito.

Un script²⁰ PHP comienza con `<? php y finaliza con ?>` las declaraciones termina en punto y coma.

PHP tiene la función *echo* predefinida, la cual es utilizada para dar salida al texto.

1.3.4 Bases de datos

Una base de datos es un conjunto de información relacionada que está organizada y relacionada entre sí, de tal manera que facilitan el acceso sencillo, así como la administración y actualización eficiente [12].

Una base de datos está constituida por tablas que almacenan información relevante, una tabla almacena y despliega datos en un formato estructurado que consiste en columnas y filas, la base de datos contiene usualmente múltiples tablas, cada una designada para un propósito en específico.

Entre las principales características de los sistemas de base de datos podemos mencionar:

- Independencia lógica y física de los datos.
- Redundancia mínima.
- Acceso concurrente por parte de múltiples usuarios.
- Integridad de los datos.
- Consultas complejas optimizadas.
- Seguridad de acceso y auditoría.
- Respaldo y recuperación.
- Ventajas de las bases de datos
- Control sobre la redundancia de datos.

En los sistemas de bases de datos todos estos ficheros están integrados, por lo que no se almacenan varias copias de los mismos datos. Sin embargo, en una base de datos

no se puede eliminar la redundancia completamente, ya que en ocasiones es necesaria para modelar las relaciones entre los datos [13].

Este proyecto utiliza MySQL para generar la base de datos donde almacenar la información del usuario cuando este se registre en la página Web y en dado caso, cuando recopile información sobre radiofrecuencia mediante la aplicación. En la tabla 4 se presentan las diferencias entre gestores de bases de datos.

Tabla 4. Características de gestores de bases de datos

Gestor de bases de datos	Características	Ventajas	Desventajas
ACCESS	<ul style="list-style-type: none"> - Pertenece a Microsoft. - Es flexible y muy representativo. - Utiliza métodos directos para trabajar con la información. 	<ul style="list-style-type: none"> - Didáctico. - Diseño agradable para mostrar la información. 	<ul style="list-style-type: none"> - No puede utilizarse en otra plataforma que no sea de Microsoft. Se utiliza para bases de datos pequeñas.
SQLite	<ul style="list-style-type: none"> - Los datos pertenecientes a una columna de la tabla poseen un tipo de dato independiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Multiplataforma. - No necesita algún tipo de configuración. - Procesa la información de manera rápida. 	<ul style="list-style-type: none"> - No se puede exportar. No utiliza llave foránea para relacionar tablas.
SQL SERVER	<ul style="list-style-type: none"> - Pertenece a Microsoft. - Es portable. - Extracción de datos veloz. 	<ul style="list-style-type: none"> - Soporta transacciones para Windows. Provee un entorno gráfico. Mayor seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere de muchos recursos para operar. - Es de paga.
MYSQL	<ul style="list-style-type: none"> - Pertenece a Oracle. - Utiliza una licencia comercial GPL. 	<ul style="list-style-type: none"> - Instalación sencilla. - Multiplataforma. - Velocidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - No tiene soporte. - Capacidad limitada.
POSTGRESQL	<ul style="list-style-type: none"> - Permite el uso de bases espaciales. - Incluye herencia entre tablas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Multiplataforma. - Código abierto y gratuito. 	<ul style="list-style-type: none"> - Procedimientos robustos.
ORACLE	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza un lenguaje propio. - Es de gran uso en la industria. 	<ul style="list-style-type: none"> - Soporta bases de datos de gran tamaño. - Multiplataforma. - Fácil de utilizar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es de paga. - Precio muy elevado.

1.3.5 Cliente-servidor

Existen diferentes tipos de servidores:

- 1) Servidor de impresiones
- 2) Servidor de correo
- 3) Servidor de fax-servidor de telefonía
- 4) Servidor Proxy
- 5) Servidor Web
- 6) Servidor de base de datos
- 7) Servidor de Seguridad

Un servidor Web son ordenadores u otro equipo informático que en la actualidad son la forma para alquilar un espacio para almacenar información, que se encarga exclusivamente de atender solicitudes de los equipos clientes.

En la actualidad hay varios servidores que pueden ayudar a la elaboración del proyecto, pero en este caso vamos a ocupar apache ya que es de uso gratuito, el servidor nos va a permitir alojar la página Web y que esta pueda ser visitable desde otro dispositivo electrónico.

Modelo de aplicación ocupado en el área de informática que se encarga de establecer una arquitectura predeterminada para ser aplicada en el momento se solicitar un servicio, haciendo más rápido el modo de ejecución ya que sirve, para extraer información meramente solicitada, es también conocido cliente servidor a la utilización de aplicaciones o servicios de internet.

El programa o los programas cliente que son los que el usuario utiliza para acceder a los servicios de internet realizan dos tipos de funciones, una de ellas se encarga de gestionar la comunicación con el servidor, de solicitar un servicio en específico y recibir los datos que son enviados por este, la otra función se encarga de mostrar al usuario los datos en la página Web y al mismo tiempo se puede incluir presentaciones que son ofrecidas por el servidor

Algunos ejemplos de aplicaciones computacionales que usen el modelo cliente-servidor son el correo electrónico, servidor de impresión y la World Wide Web.

1.3.6 Mapas de Google

Al darse cuenta Google que la oportunidad que tienen los desarrolladores ha puesto a su disposición una gran cantidad de herramientas que les permitan crear aplicaciones más personalizadas y atractivas, estas herramientas en forma de código se distribuyen como API's a las que se puede tener acceso solicitando los permisos necesarios y aceptando las condiciones de uso. La implementación de API's es muy similar a la implementación de librerías en los distintos lenguajes de código, pues sigue el siguiente proceso:

- 1- Hacer la referencia a la API deseada
- 2- Invocar las funciones o métodos de la API

Gracias a las API's se ha facilitado la reutilización de código lo que permite que los desarrolladores tengan una mayor cantidad de instrumentos para crear sus aplicaciones y programas o generar sitios Web. Actualmente Google cuenta con más de 50 API's disponibles para diferentes plataformas y de las que se puede hacer uso de forma gratuita aceptando ciertas restricciones [14].

Mapas Google creó una plataforma propia para propiciar el desarrollo de los usuarios que desean personalizar sus sitios Web utilizando las herramientas de mapeo con las que cuenta esta institución. La plataforma de Mapas Google ofrece los siguientes productos y la su información puede ser encontrada a detalle en el sitio Plataforma de Mapas Google Documentación [15]. La tabla 5 muestra los tipos de API que ofrece la plataforma de mapas de Google en cada uno de sus productos y sus características. Cada api cuenta con su propio sitio donde se muestra la forma de acceder a ellas, los términos y condiciones de uso y también distintos ejemplos para facilitarle al desarrollador la implementación de su propio código.

Aplicar algunas de estas API's en el proyecto es para facilitar la visualización de información obtenida con la aplicación y almacenada en la base de datos. La API de mapas de JavaScript puede permitir crear los mapas necesarios para que el usuario y los visitantes del sitio logren ver los lugares donde la radiación electromagnética es emitida por distintos dispositivos.

1.4 Programación para teléfonos inteligentes

Teléfono inteligente (en inglés, *Smartphone*) es el nombre que reciben aquellos dispositivos que cuentan con un propio sistema operativo capaz de realizar diversas tareas específicas con el fin de ser utilizado fácilmente por el usuario. Por lo general, los teléfonos inteligentes realizan tareas de comunicación o procesamiento de información que se ocupan en el día a día, por lo que otro nombre que reciben es el de ordenador de bolsillo.

Con las redes de telefonía, los teléfonos inteligentes pueden soportar hasta cuatro bandas de radio obteniendo una mejor cobertura (tener un número mayor de frecuencias con las que se pueda trabajar), pero dependerá del hardware del dispositivo.

El sistema operativo de un teléfono inteligente son programas con características que permite gestionar los recursos del hardware del propio teléfono inteligente por medio de una interfaz gráfica. Los sistemas operativos más frecuentes en teléfonos inteligentes son Android, IOS, Windows Phone (actualmente discontinuado), BlackBerry, Symbian, Firefox O.S, Ubuntu Touch, entre otros.

Tabla 5. Productos de Google Maps

	Productos	Descripción
Mapas	SDK de Maps para Android	Añade un mapa a una aplicación para Android.
	SDK de Maps para iOS	Añade un mapa a una aplicación para iOS.
	API Maps Static	Añade imágenes de mapas simples y que se pueden insertar en tu sitio Web con poco código.
	API de JavaScript de Maps	Añade un mapa interactivo a un sitio Web y personalízalo con su propio contenido e imágenes.
	API de Street View	Inserta imágenes reales con panorámicas en 360 grados.
	URL de Maps	Abre Google Maps e inicia una acción, como hacer una búsqueda o pedir una ruta con un esquema de URL multiplataforma.
Rutas	API Directions	Proporciona indicaciones para desplazarse en transporte público, en bici, en coche o a pie entre diferentes ubicaciones.
	API Distance Matrix	Calcula la duración y la distancia de los desplazamientos a diferentes destinos.
	API Roads	Determina la ruta exacta que recorre un vehículo.
Lugares	SDK de Places para Android	Añade datos útiles sobre millones de sitios a una aplicación para Android. Ofrece resultados para que los usuarios puedan autocompletar consultas. Convierte las direcciones en coordenadas geográficas y viceversa.
	SDK de Places para iOS	Añade datos útiles sobre millones de sitios a tu aplicación para iOS. Ofrece resultados para que los usuarios puedan autocompletar consultas. Convierte las direcciones en coordenadas geográficas y viceversa.
	API de JavaScript de Maps	Añade datos útiles sobre millones de sitios a tu sitio Web. Ofrece resultados para que los usuarios puedan autocompletar consultas. Convierte las direcciones en coordenadas geográficas y viceversa.
	API Places for WEB	Recibe información actualizada sobre millones de ubicaciones con solicitudes HTTP.
	API Geocoding	Convierte las direcciones en coordenadas geográficas y viceversa.
	API Geolocation	Muestra la ubicación de un dispositivo sin depender del GPS, usando los datos de ubicación de la torre de telefonía móvil y nodos Wi-Fi.
	API Time Zone	Consulta la zona horaria de unas coordenadas con la latitud y la longitud específicas.

1.4.1 Android y el entorno de desarrollo

Android es un sistema operativo que fue diseñado con la idea de que pudiera estar al alcance de todos, es decir, es de código abierto.

Android fue presentado por primera vez al público en el año 2007, el nombre de su primera versión fue de Android Open Source Project (AOSP). Desde entonces, Google se encontró muy interesado en el sistema operativo Android propuesto para teléfonos inteligentes, tabletas, entre otros, debido a la filosofía de código abierto.

Android ha logrado tener una gran evolución desde entonces, llegando a posicionarse como el sistema operativo número uno para celulares en todo el mundo con cifras en el mercado que llegan a tener un 80% de usuarios por país.

Con la llegada de nuevo hardware y nuevas funcionalidades en los teléfonos inteligentes, Android ha tenido actualizaciones desde su liberación oficial. Por lo general, las actualizaciones llegan a corregir fallos reportados por los usuarios, mejorar la interfaz y el tiempo de respuesta de diversos procesos para mejorar la estabilidad sistema-usuario e incluso llegan a añadirse funciones completamente nuevas. Sin embargo, las actualizaciones tienen la desventaja de la fragmentación, en el presente se ha optado tener una actualización independiente de cada funcionalidad.

El sistema emplea SQLite¹⁷ para el manejo de información, ofrece soporte para lenguajes como Java y varios formatos multimedia, además de trabajar con plantillas de HTML, HTML5, Adobe Flash Player, por mencionar algunas. El sistema operativo Android posee funciones de bluetooth, características que trabajaban bajo el medio de voz, soporte a hardware externo como cámaras de foto y video, GPS, giroscopios, magnetómetros, sensores de proximidad, de luz y de presión, etc.

1.4.2 Arquitectura del entorno de Android

La arquitectura de un sistema operativo se refiere a la forma de organización de los componentes que lo conforman dividiéndolos en bloques que puedan ayudar a diferenciar tareas específicas dentro de una clase solicitada por su función. En la figura 12 se muestra los bloques funcionales en los que se divide la arquitectura del sistema operativo Android.

A continuación, se describen los principales componentes del sistema operativo Android [16]:

- **Aplicaciones.** Dentro de este bloque se puede encontrar las funciones directas de los procesos con las que el usuario interactúa con el dispositivo, como los navegadores Web, mapas, calendarios, entre otros, todos con la característica única de haber sido escritos en lenguaje de programación Java.

- **Marco o armazón de trabajo de aplicaciones.** En este bloque es donde se encuentra la sección que les interesa a los desarrolladores puesto que en ella se tiene acceso completo a las API's de la plantilla que se utiliza para desarrollar aplicaciones.
- **Librerías.** Este bloque incluye todas las bibliotecas de C/C++ que son de gran utilidad para varios componentes del sistema.
- **Android Runtime.** Es en este bloque es donde se almacena un conjunto de bibliotecas que proporcionan la funcionabilidad del lenguaje Java. Una característica de esta sección es que Android corre el proceso propio dentro de una instancia en la máquina virtual Dalvik.
- **Capa de abstracción de hardware (HAL).** Es el bloque del sistema que se encarga de brindar las interfaces dictadas por el framework¹⁸ de la API que se haya utilizado.
- **Núcleo o Kernel de Linux.** Android utiliza los sistemas de seguridad basados en Linux para la gestión de diversos sistemas de controladores en la gestión de recursos del software y hardware.

1.4.3 API's de Android

Android utiliza una forma de expresar la compatibilidad de sus aplicaciones con una o más versiones de la plataforma mediante un valor entero que indica el nivel de API. Es muy importante no confundir el nivel del API con la versión del SDK (kit de desarrollo del software) con el que trabaja la plataforma de Android.

Una ventaja de Android es que siempre que se lance una nueva plataforma, siempre podrá ser compatible una versión antigua con las nuevas características implementadas en las nuevas versiones del sistema operativo. Sin embargo, puede darse el caso de que se implementase una nueva característica que sea mucho mejor que una que se tenía originalmente, en ese caso, es responsabilidad del desarrollador decidir si es conveniente trabajar con una funcionalidad obsoleta o utilizar una nueva que ha sido implementada.

Las plataformas pueden ser identificadas de tres formas diferentes, por el nombre de la versión, el nivel del API y el nombre comercial. Las herramientas que son necesarias para el desarrollo de la aplicación están basadas en las actualizaciones y niveles de API actuales en la tecnología de la plataforma Android.

1.4.4 Android Studio 3.2.1

El IDE¹⁹ oficial para el desarrollo de aplicaciones en Android se conoce como Android Studio. Se utilizó esta versión del software porque es una de las versiones más actuales y estables que se encuentra en el mercado, a diferencia de otras opciones, éste posee

constantes actualizaciones que mejoran problemas rendimiento y proporciona de nuevas herramientas de desarrollo.

Android Studio ofrece las herramientas necesarias de compilación, pruebas de ejecución y cambios en tiempo real además de una previsualización de la forma en que se estructura la interfaz gráfica de la aplicación. Una ventaja que ofrece Android Studio es que permite realizar pruebas de forma más eficiente, particularmente en el caso de pequeñas modificaciones. Además, Android Studio permite crear aplicaciones con versiones de diferente nivel de API.

En teléfonos Android el lenguaje utilizado con frecuencia para el desarrollo de aplicaciones es Java que trabaja en conjunto con XML, un lenguaje basado en etiquetas que permite estructurar de mejor manera el código para el diseño de la interfaz visual. Hoy en día se encuentran herramientas de desarrollo como Xamarin que se enfoca en el desarrollo universal de aplicaciones móviles, creando aplicaciones con C#, utilizando los recursos nativos de cada plataforma (Android, iOS), sin embargo, no cuenta con documentación y no permite acceder a todas las funcionalidades del teléfono inteligente.

Para un ingeniero de Software es importante conocer las ventajas y desventajas de utilizar una herramienta u otra, es por eso que, para el enfoque de este proyecto utilizar Java en conjunto con Android Studio nos proporciona una ventaja de tiempo y esfuerzo los suficientemente notorios en comparación con C# ya que utilizarlo como lenguaje interprete para dos plataformas distintas sería algo que no beneficiaría el objetivo central del trabajo en comparación con Java como lenguaje nativo del sistema. En la tabla 6 se describen las principales diferencias entre Java y C#.

Tabla 6. Comparación entre Java y C#

Lenguaje	Características	Ventajas	Desventajas
C#	<ul style="list-style-type: none"> - Lenguaje orientado a objetos. - Especializado para plataformas de Microsoft. - Lenguaje compilado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Trabaja plenamente en sistemas operativos de Windows. - Sintaxis parecida con C y C++. Lenguaje predeterminado para realizar aplicaciones de escritorio para Windows. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere de un mínimo de 4GB de memoria para su instalación. - Consume muchos recursos para la depuración de aplicaciones. -
JAVA	<ul style="list-style-type: none"> - Lenguaje orientado a objetos. - Multiplataforma. - Lenguaje interprete. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gran soporte a aplicaciones móviles y páginas Web. - Permite la creación de aplicación es de escritorio. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es lento a comparación de otros lenguajes intérpretes.

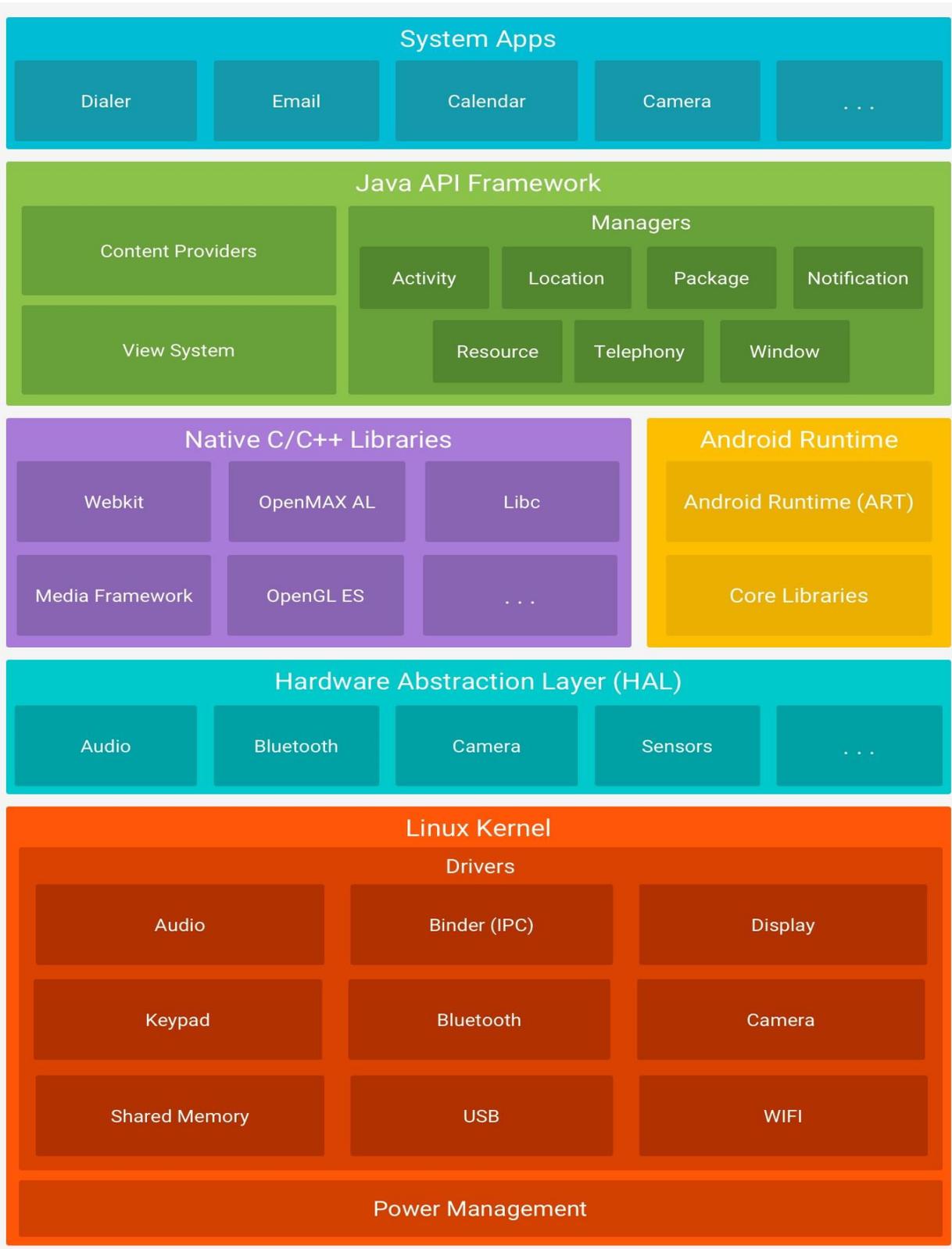


Figura 12. Arquitectura de la plataforma del OS Android

Los requisitos mínimos que se necesitan para utilizar el IDE de versión 3 hacia delante en un sistema operativo Windows son:

- Sistema operativo Windows 7/8/10 (32 o 64 bits).
- 3 GB mínimos de RAM (16 GB de RAM recomendado más uno adicional para el emulador Android).
- 2 GB mínimos de espacio libre mínimo (4 GB recomendado).
- Resolución mínima de 1280 x 800, 1440x900 recomendado.
- Java Development Kit (JDK) 8.
- 64 bits y procesador Intel (emulador).

1.4.5 Depuración y compilación de la aplicación

Android Studio permite implementar las aplicaciones en emuladores y dispositivos físicos. La primera característica de utilizar un emulador es la facilidad de correr la aplicación en diferentes dispositivos emulados, es decir, es posible recrear un dispositivo móvil dentro del IDE siempre y cuando se tengan los requerimientos necesarios.

El emulador usa una configuración de *Android Virtual Device* (AVD) para controlar y elegir las funcionalidades y características del teléfono inteligente que se requiere emular junto a la aplicación. Los requisitos mínimos para realizar las simulaciones son proporcionados por la página de desarrollo de Android [17].

Sin embargo, algunas funcionalidades están limitadas o no se encuentran disponibles en todos los entornos virtuales del emulador como el uso de WIFI, Bluetooth, NFC, inserción/expulsión de tarjetas SD, USB y dispositivos físicos conectados en general.

El seguimiento del procesamiento resulta de gran utilidad porque es posible visualizar los procesos y subprocesos que se presentan cuando se presentan distintos escenarios además de analizar el uso de memoria que pueda provocar problemas de rendimiento para el desempeño eficiente de la aplicación.

Capítulo 2. Situación actual

2.1 Antecedentes

Guillermo Marconi fue un físico a quién se le atribuyen varios inventos como la radio o la telegrafía sin hilos. Fue un sucesor en palabra de los experimentos con ondas electromagnéticas de Heinrich Hertz, que había descubierto su propagación en el espacio en el año de 1887.

Marconi impulso los estudios sobre el campo de las ondas de radiación electromagnética porque gracias a la radio iniciaron otros campos en la investigación de estas señales de transmisión.

El telégrafo ha sido reconocido como uno de los primeros aparatos óptimos para la constante comunicación a grandes distancias que revolucionaron la forma de transmitir información de un punto a otro.

El telégrafo transmite mensajes de texto utilizando un lenguaje codificado. Los mensajes se transforman en impulsos eléctricos que viajan en líneas alámbricas. El telégrafo dio paso a nuevas ideas de la transmisión por medio de ondas de radio.

La telegrafía inalámbrica, representa los primeros pasos para transmitir información sin necesidad de utilizar hilos de alambre. Actualmente la telegrafía inalámbrica es llamada telegrafía radial, debido a que en realidad utiliza ondas de radio [18].

La comunicación por telégrafo demostró ser un éxito, sin embargo, al ser puestos al alcance de la población en general, la comunicación sufría una gran cantidad de fallas y errores sin mencionar los altos costos que representaba.

Como sucesor del telégrafo, el teléfono permitió transmitir señales de voz transformando las ondas mecánicas en impulsos eléctricos. Utilizando un cable trenzado para propagar las señales eléctricas se enviaba el mensaje hasta un dispositivo receptor donde se transforman los impulsos eléctricos en ondas mecánicas que al conectarse a un altavoz las transforman en sonido audible.

2.1.1 Telefonía celular

La telefonía celular es un medio de transmisión que hasta el día de hoy se ha sostenido como uno de los mayores medios de comunicación que han existido. Este tipo de tecnología trabaja por medio de ondas electromagnéticas por lo que es un alcance inalámbrico.

Durante los inicios del año 2000 la telefonía había abarcado gran campo de los sectores de la telecomunicación debido al éxito que se tenía con los teléfonos cableados, sin embargo, las capacidades de estos medios eran todavía muy limitados, el mayor esfuerzo que se tenía era el envío de mensajes de texto y a una velocidad que no se

podía manejar. El primer antecedente técnico de la telefonía móvil fueron los servicios de comunicación públicos de radiotelefonía²⁰ establecidos en algunas ciudades estadounidenses durante los años 1940.

En 1983 Estados Unidos puso en operación el primer sistema comercial de telefonía celular en la ciudad de Chicago. A partir de este punto, varios países comenzaron a implementar la telefonía celular como una alternativa a la telefonía convencional. La telefonía celular tuvo una gran aceptación, por lo que pocos años después de implantarse se saturó el servicio [19].

2.1.2 Monitoreo colectivo móvil

La vigilancia colectiva móvil es una técnica moderna que surge a partir de la gran presencia de los dispositivos móviles (sean teléfonos inteligentes, tabletas u otros dispositivos portátiles) en la sociedad y en la gran cantidad de funciones que son capaces de computar. El término proviene de un vocablo en inglés *crowdsensing* que fue sugerido por Raghu Ganti, Fan Ye y Hui Lei en 2011. Para lograr la vigilancia colectiva móvil “un grupo de personas detectan y comparten datos de forma colectiva”. La recopilación de información es posible gracias a los sensores y antenas con los que se equipan los dispositivos móviles y a su portabilidad. Compartir los datos recolectados es viable debido a los avances en las comunicaciones que permiten transmitir información de forma rápida y confiable en tiempo real [20].

Actualmente el *crowdsensing* se divide en tres categorías principales:

- 1) **Monitoreo colectiva móvil ambiental:** permite la detección y vigilancia de diversos factores contaminantes en un área que puede extenderse hasta en ciudades o países completos.
- 2) **Monitoreo colectivo móvil de infraestructura:** pone especial atención en daños, fallas y deterioros de estructuras o construcciones principalmente de carácter público.
- 3) **Monitoreo colectivo móvil social:** proporciona la capacidad de obtener información de un gran grupo de personas, su entorno y los ejercicios que llevan a cabo.

Los principales métodos para lograr una vigilancia colectiva móvil se clasifican en dos:

- a) **Monitoreo colectivo móvil participativo:** mediante este método los datos se recopilan utilizando voluntarios que pasan a ser usuarios consientes para aportar la información.
- b) **Monitoreo colectivo móvil oportunista:** utilizando este procedimiento se descubren, reúnen y comparten los datos sin que los participantes intervengan directamente y en ocasiones sin que tengan un conocimiento explícito de que forman parte de este tipo de vigilancia.

Una de las principales ventajas del *crowdsensing* es que permite recopilar grandes cantidades de información sin realizar grandes inversiones. Es una opción factible para

proyectos que cuentan poco presupuesto o personal. Realizada en gran escala la vigilancia colectiva móvil permite ofrecer servicios basados en “big data” [20].

2.2 Norma WiFi

La norma IEEE 802.11 pertenece a un grupo de estándares o protocolos que determinan las características de las redes inalámbricas autorizadas por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). El estándar 802 se divide en dos capas principales: la MAC (Media Access Control) y la capa física. Trabajando en conjunto, ambas capas facilitan el medio y transmisión de información entre dispositivos con diferente arquitectura.

El uso de ondas de radio en la capa física es algo complejo. La 802.11 separa la capa física en dos: la primera que es la PCLP que mapea las tramas MAC en el medio y la PMD que su función es la de transmitir las tramas anteriores. En el conjunto la familia 802.11, que incluye la 802.11b, 802.11a y la 802.11g, pone a nuestra disposición cuatro alternativas de tecnología para realizar una determinada red.

Para lograr poner en operación una red WiFi los elementos mínimos que debemos tener son: 1) Un ruteador WiFi o un punto de acceso y 2) una tarjeta WiFi. Estos dispositivos están estandarizados.

La norma más común para las redes WiFi y sus dispositivos es la norma 802.11g, sin embargo, las tarjetas y ruteadores que utilizan la norma 802.11b también son compatibles con el hardware más actual.

Teóricamente la norma 802.11b debe permitir una velocidad máxima de 11 Mbps mientras que norma la 802.11g debe llegar hasta los 54 Mbps. Mas recientemente se ha desarrollado la norma 802.11g+, que permite una 108 Mbps de velocidad.

Un detalle importante que debe tenerse en cuenta es que, en caso de utilizar diferentes normas para una red WiFi, entonces la velocidad máxima será la atribuida a la norma con la velocidad más baja.

Interoperabilidad Mundial para el Acceso por Microondas (WiMAX, por sus siglas en inglés), es una norma utilizada para los sistemas que utilicen frecuencias de radio comprendidas entre los 2.5 a 5.8 GHz. La difusión por WiMAX es muy parecida al WIFI, pero se utiliza para transmitir información en áreas muy grandes. El estándar para WiMAX es IEEE 802.16MAN.

La difusión por WiMAX utiliza un enorme ancho de banda por lo que sus servicios pueden ser robustos incluso si la zona es muy lejana o contiene una densidad de población muy alta.

2.3 Organización Mundial de la Salud (OMS)

En la actualidad los teléfonos móviles o celulares, además de distintos productos y aparatos con los que coexistimos día a día son parte integrante del moderno y complejo sistema de telecomunicaciones.

A pesar de que los estudios realizados al campo de la radiación electromagnética son muy tempranos, es posible asociar efectos térmicos provocados por la exposición constante a radiaciones electromagnéticas. La radiofrecuencia puede provocar un aumento de temperatura en el tejido biológico con la energía suficiente, esto debido a las constantes vibraciones moleculares del agua y, en menor potencia, por el incremento del movimiento de las proteínas que forman parte de los mismos tejidos.

Dependiendo de los niveles de potencia que se apliquen, de la naturaleza del medio biológico y sus propiedades electromagnéticas (conductividad, permitividad y permeabilidad) es que será más notable el incremento de temperatura. Si el cuerpo llega a alcanzar niveles de calentamiento externo mayores a los de la tasa metabólica, puede provocarse un daño por los efectos térmicos.

Los resultados obtenidos son parte de un proyecto de investigación llevado a cabo por la OMS cuyos resultados concluyen que aún “no hay ninguna prueba científica convincente de que las débiles señales de RF procedentes de las estaciones de base y de las redes inalámbricas tengan efectos adversos en la salud” pero la OMS recalca que dichos resultados están basados en la poca evidencia y al tiempo en que se han recabado los datos ya que los dispositivos comunes que emiten este tipo de radiación electromagnética son jóvenes y que es necesario más tiempo para obtener resultados completamente fiables y precisos sobre las consecuencias a la exposición a las ondas electromagnéticas [21].

Actualmente existen más de 1,4 millones de estaciones de base en el mundo, este número aumenta con las nuevas tecnologías de comunicaciones, las redes 3G, 4G y más recientemente las 5G.

Cada día es más frecuente escuchar o leer noticias sobre casos de cáncer sin alguna causa aparente y un caso particular es saber sobre la presencia generalizada de casos de cáncer acumulados en los alrededores de estaciones de base de telefonía móvil lo que ha puesto en alerta a la opinión pública, aunque en muchos casos han sido descartados como casualidad [21].

No obstante, los casos de cáncer notificados en esos conglomerados suelen ser de distinto tipo, sin características comunes, por lo que no es probable que se deban a una misma causa. Con todo, aun se pueden obtener pruebas científicas sobre la distribución de los casos de cáncer entre la población mediante estudios epidemiológicos bien planificados y ejecutados [22] tal como muestra la tabla 7.

Tabla 7. Tasa de morbilidad por tumores malignos, 2014

Por cada 100 mil habitantes para cada grupo quinquenal de edad					
Tumores Malignos		Grupo quinquenal de edad			
		0 a 4	5 a 9	10 a 14	15 a 19
Hombres	Órganos hematopoyéticos	59.54	79.00	62.76	42.01
	Encéfalo y Sistema Nervioso central	5.63	6.98	6.57	4.37
	Vías urinarias	5.30	2.18	0.84	0.43
	Sistema linfático y tejidos afines	5.05	11.11	10.95	8.31
	Células germinales	2.17	0.33	1.05	13.15
	Hueso y de los cartílagos auriculares	1.06	6.19	10.38	10.40
Mujeres	Órganos hematopoyéticos	45.56	80.58	50.21	25.17
	Encéfalo y Sistema Nervioso central	5.35	2.83	1.03	0.23
	Vías urinarias	5.16	7.14	5.00	2.31
	Sistema linfático y tejidos afines	4.29	4.44	4.93	5.67
	Células germinales	0.83	3.21	9.23	6.39
	Hueso y de los cartílagos auriculares	0.57	1.11	2.48	4.24

2.4 Sistemas de monitoreo de campo electromagnético en el mundo

En la actualidad se encuentran diversos sitios en la red que proporcionan un servicio de monitoreo en tiempo real que permiten observar los niveles de campos electromagnéticos en partes específicas del mundo. A continuación, se describen algunos de ellos.

Sistema de Monitoreo Continuo de la URSEC

El mencionado Sistema de Monitoreo Continuo está basado en la recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones de la República Oriental de Uruguay, que se compone por cuatro estaciones fijas/transportables y una estación Dual para las aplicaciones fijas-móviles.

Dos de las estaciones de monitoreo están ubicadas en espacios públicos de acceso general y frecuente, donde existe una concentración de estaciones emisoras de múltiples servicios de radiocomunicaciones sus dos principales objetivos será hacer las mediciones para el control de los límites de la exposición y verificar el cumplimiento de la normatividad vigente, mientras que las estaciones sobrantes se irán alternando entre distintas ubicaciones físicas que requieran un control especial.

Por su parte la estación Dual se utilizará básicamente para realizar "Mapeos de Niveles de Campo" en zonas o localidades que puedan resultar de interés. Por estas razones la información obtenida en la plataforma está establecida para unas cuantas ciudades del País a un alcance para cualquier persona que tenga acceso, como se ve a continuación se puntualizan siete mediciones hasta el momento [23].

Sistema de Monitoreo de Campos Electromagnéticos-Geo Portal ANE DE COLOMBIA

La Agencia Nacional del Espectro-ANE, implemento en Colombia un sistema de monitoreo para vigilar los niveles de potencia de las antenas de telecomunicaciones y que no sobrepasen las normas de salud recomendadas por la OMS y los estándares de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). El monitoreo se lleva a cabo durante las 24 horas del día y cubre las ciudades más importantes de Colombia.

Esta iniciativa pone al alcance de la población una herramienta Web que permite consultar de forma geo-referenciada, los resultados de las mediciones son realizados por la Agencia Nacional del Espectro sobre los niveles de campo electromagnético que son generados por las antenas de telefonía móvil. Es compromiso y responsabilidad de la Agencia Nacional del Espectro realizar las mediciones de campos electromagnéticos y revisar que se cumplan con los niveles establecidos en el Decreto 195 de 2005, que definen los límites máximos de la exposición a campos electromagnéticos.

Las estaciones están ubicadas en puntos estratégicos, en cercanías de centros educativos, hospitales, hogares infantiles y geriátricos en las principales ciudades del país de Colombia, teniendo en la actualidad más de 25 estaciones de monitoreo fijas que reportan información las 24 horas, el mapa tiene la opción de visualizar todos los puntos de monitoreo, o también el de ver los puntos generados en los principales municipios de Colombia, las mediciones varían de los 0 a 120 se clasifican en 5 categorías dependiendo su intensidad de radiación.

En México, no existe un sistema de monitoreo que registre o regule los niveles de radiación electromagnética. Países como Inglaterra, Suiza, España, Suecia, entre otros, han dictado sentencias y leyes que promueven a la conciencia de la exposición por los campos electromagnéticos provocados por teléfonos celulares y otros medios de transmisión [25].

2.5 Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante.

La Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP, por su sigla en inglés) es una organización no gubernamental (ONG) reconocida por la OMS que emite recomendaciones sobre la exposición a campos electromagnéticos. Las recomendaciones que presenta esta ONG son utilizadas por la mayoría de los países para establecer sus propias normas nacionales que regulen la sobreexposición a campos electromagnéticos.



Figura 13. Mapa de la página URSEC

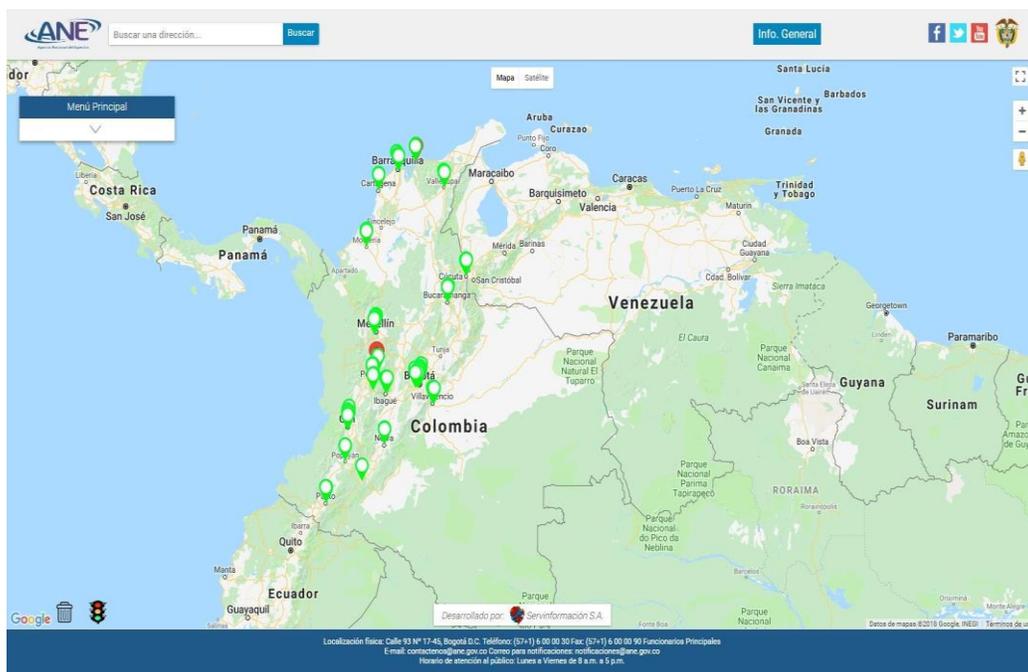


Figura 14. Mapa de la agencia nacional del espectro (ANE).

Una de las directrices más importantes que ha emitido la ICNIRP sugiere los límites de exposición a la densidad de potencia radiada a la cual puede estar expuesta la población. Esta restricción tiene que ver con la relación que existe entre la intensidad de los campos electromagnéticos y su frecuencia de operación.

En la tabla 8 se presentan los niveles de referencia para una exposición poblacional, es decir un grupo de personas que desconocen que se encuentran bajo la influencia de

campos electromagnéticos. La tabla 8 expresa las restricciones básicas para un intervalo de frecuencias entre 10 Hz y 300 GHz para los elementos característicos del electromagnetismo, como la Intensidad de Campo Eléctrico, la Intensidad de Campo magnético, la Densidad de flujo y la Densidad de potencia en valores rms (valor eficaz) no perturbados o que no presentan ningún obstáculo en dirección del área de radiación, considerando este hecho es de esperar que la radiación electromagnética en campos con perturbación sea menor [26].

Tabla 8. Niveles de referencia para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos (valores rms no perturbados)

Rango de frecuencias	Intensidad de Campo eléctrico (V/m)	Intensidad de Campo Magnético (A/m)	Densidad de Flujo Magnético (μ T)	Densidad de Potencia Radiada (W/m^2)
Hasta 1 Hz	-	3.2×10^4	4×10^4	-
1-8 Hz	10,000	$3.2 \times 10^4/f$	$4 \times 10^4/f$	-
8-25 Hz	10,000	$4000/f$	$5000/f$	-
0.025-0.8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	-
0.8-3 kHz	$250/f$	5	6.25	-
3-150 kHz	87	5	6.25	-
0.15-1 MHz	87	$0.73/f$	$0.92/f$	-
1-10 MHz	$87/f^{0.5}$	$0.73/f$	$0.92/f$	-
10-400 MHz	28	0.073	0.92	2
400-2000 MHz	$1.375f^{0.5}$	$0.0037f^{0.5}$	$0.0046f^{0.5}$	$f/200$
2-300 Ghz	61	0.16	0.20	10

Debido a la que las redes WIFI y las señales de telefonía móvil rondan las frecuencias de 2.5 GHz los valores de interés se muestran en la última fila y debe tomarse en cuenta que las densidades de potencia deben ser promediadas sobre cualquier área expuesta de 20 cm^2 y sobre cualquier periodo de $68/f^{1.05}$ minutos (en GHz) para compensar la profundidad de penetración progresivamente corta conforme se incrementa la frecuencia.

2.6 Trabajos relacionados

Página de monitoreo de radiofrecuencia de Cataluña.

El gobierno de la ciudad de Cataluña, España implemento durante el periodo 2010 al 2015, un sistema de monitoreo de emisiones de radiofrecuencia centrada en las estaciones de radio base. El objetivo principal era obtener datos para coordinar políticas en materia de comunicaciones electrónicas y medio ambiente [27]. Con este fin se desplego una red de monitorización del nivel de campo electromagnético.

Este sistema muestra la información recabada en una página Web disponible a todo el público y permite a los ingresar a los siguientes apartados:

- a) Muestreo de puntos con mayor índice de radiación electromagnética.
- b) Sección de preguntas frecuentes.
- c) Información relevante sobre el proyecto.
- d) Normativa referente a radiofrecuencia.
- e) Noticias relevantes de los últimos meses
- f) Sección de consultas

A continuación, se muestra una lista con algunos trabajos que presentan la influencia de ondas electromagnéticas en el ser humano

1. Análisis de Propagación de ondas electromagnéticas en el centro histórico de la ciudad de México a una frecuencia de 450 MHz a partir del modelo HATA y espacio libre.
2. Efectos biológicos de campos magnéticos de 50 Hz y 2.45 GHz y su posible sinergismo con la sobrecarga orgánica de hierro y de plomo.
3. Influencia en la salud de la población expuesta a radiaciones no ionizantes con frecuencias comprendidas entre 0 Hz a 300 GHz, mediante evidencia científica disponible.
4. Estudio experimental influencia de campos electromagnéticos de baja frecuencia sobre la audición.

Congresos y revistas

Como sucede en muchos lugares del mundo las antenas necesarias para proveer los servicios de telefonía celular (GSM / DCS / UMTS / LTE) se han montado en techos y fachadas de edificios y proliferando sin un orden aparente. En la ciudad de Vladivostok, en Rusia, se diseñó un sistema de monitoreo para medir la contaminación electromagnética presente en el ambiente. El sistema diseñado se piensa montar en el campus universitario de la Universidad Federal del Lejano Este, en la isla Russiky con fines experimentales [28].

En Rumania se llevó a cabo un proyecto en él que se midió la contaminación electromagnética en áreas urbanas. Se realizaron dos tipos de mediciones, una considerada cercana a las fuentes de radiación, pro en la zona de campo lejano y otras consideradas lejanas a las fuentes. Las frecuencias que se monitorearon fueron las:

- Radio FM - 90-110 MHz
- TV - 190-210 MHz
- GSM-900 920-980 MHz
- GSM-1800 1785-1885 MHz,
- WLAN-2.4 2.4-2.43 GHz

Para realizar las mediciones se utilizaron una antena isotrópica de pruebas y un analizador de espectros portátil [29].

También existen proyectos desarrollados por Universidades y que finalmente son adoptados por los gobiernos de los países para construir sistema de monitoreo a nivel nacional. Tal es el caso del gobierno de la República Serbia y la Universidad de Novi en Obradica. El sistema que se diseñó se describe en la figura 15.

En ella se puede ver un sensor que se comunica vía la red GSM con un servidor que se encargará de procesar la información que le llega de los niveles de EMF. También se puede observar como el objeto de estudio son los medios urbanos debido a la alta presencia de señales electromagnéticas como de televisión, de telefonía celular o de redes inalámbricas [30].

Otros trabajos se han centrado en hacer el monitoreo de forma móvil, en Suiza se llevó a cabo un monitoreo de señales electromagnéticas en diferentes micro espacios, todos fuera de casas o edificios, como áreas céntricas, zonas industriales, pueblos rurales y zonas completamente de cultivo, así como en los suburbios de la ciudad. La medición se hizo utilizando un exposímetro portátil en una mochila y se realizaron mediciones en un total de 51 micro espacios en veinte municipios, en cinco centros de las ciudades, cinco áreas residenciales, cinco suburbios, quince áreas residenciales rurales, quince zonas rurales y seis áreas industriales [31].

Distintos proyectos se enfocan en medir las señales electromagnéticas dentro de los hogares, por ejemplo, en Brasil se condujo un proyecto en él que se miden las señales electromagnéticas dentro de una casa cercana a una Radio Base de telefonía celular y que dentro de la casa se instalaron un Punto de Acceso y un dispositivo bluetooth de los utilizados para monitorear bebés [32]. Este sistema de monitoreo utilizó un analizador de espectros, con un rango de medición de 10Mhz a 3 Ghz, con una antena isotrópica en tres ejes, el analizador se conectó a una laptop. A continuación, se muestra un listado de congresos y cursos que se realizan a lo largo de México, en los cuales se trata el tema de ondas electromagnéticas [33].

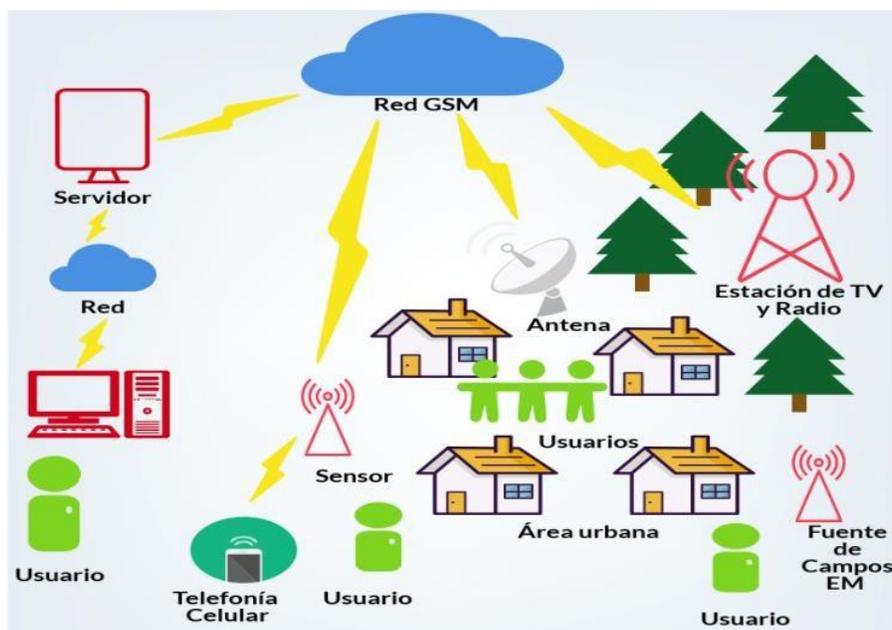


Figura 15. Mapa de la agencia nacional del GSM.

Tabla 9. Congresos y cursos sobre radiación electromagnéticas en México

Institución	Nombre del curso	Ubicación
Colegio de Radiología e Imagen del Estado de Nuevo León	Curso anual de reentrenamiento en seguridad	Monterrey, N.L
Sociedad Mexicana de Radiología e Imagen A.C	XVII curso internacional de ultrasonido	CDMX
Federación Mexicana de Radiología e Imagen A.C	XXVIII congreso nacional de imagenología	León, Guanajuato
Hospital Universitario Servicio de Neurología	Congreso internacional When MSK Meets	Monterrey, N.L
Hospital Universitario Servicio de Neurología	Precongreso Dr. Jesús Rodríguez Carbajal	Monterrey, N.L
Colegio de Radiología e Imagen	2do congreso Radiología sin Fronteras	Chihuahua, chihuahua
Colegio Mexicano de Especialistas en Ginecología	Curso int. Patologías mamarias discusión	CDMX
Sociedad de Radiología del Noreste A.C	Congreso de radiología ruta del sol	Mazatlán, Sinaloa

Capítulo 3. Descripción del sistema propuesto (Radiofrecuencia IPN)

El siguiente capítulo tratará de las especificaciones de hardware y software necesarias para el desarrollo del sistema propuesto. El capítulo se divide en: 1) definición de los requerimientos, 2) descripción del sistema propuesto y 3) implementación del código. Se realizó una planeación metodológica en donde se implementa un modelo que ejemplifica las herramientas que dieron forma a la aplicación, de esta forma es posible observar mejor la estructura en que se conforma el uso de la aplicación.

El modelo en cascada mostrado en la figura 16, indica una forma de desarrollo de software retroalimentada. Se basa en una serie de fases que deben cumplirse consecutivamente, es decir, cada etapa está ligada y depende del cumplimiento satisfactorio de la inmediatamente anterior, con esto se garantiza que cualquier error de diseño detectado en una parte del bloque pueda rediseñarse y optimizar el proceso obteniendo mejores resultados de la aplicación. En el desarrollo del sistema propuesto se utilizó el modelo en cascada en su desarrollo.

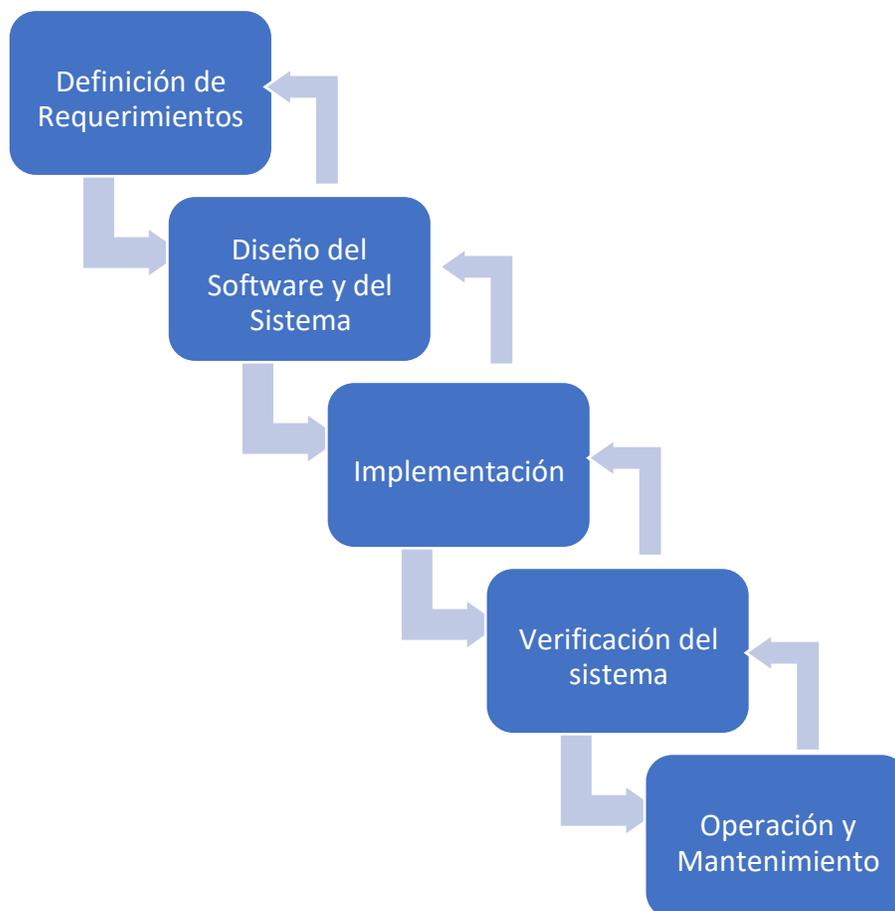


Figura 16. Modelo en cascada general.

3.1 Definición de Requerimientos

Para representar correctamente el espacio de aplicación del proyecto de radiofrecuencia es necesario contar con los siguientes elementos:

Tabla 10. Requerimientos básicos del sistema

Requerimiento	Justificación
Servidor Web	Nos permitirá almacenar datos y los archivos necesarios para la visualización del sistema Web desde cualquier dispositivo conectado a internet.
Base de datos	Las bases de datos nos administraran la información necesaria que se representara en el sistema Web.
Herramientas actualizadas de la API 24	Con las recientes actualizaciones de Android muchas clases que permitían el uso de los servicios básicos del teléfono celular han sido reemplazados por lo que es indispensable diseñar la aplicación con el API adecuada para mejorar y optimizar los recursos del sistema.
API JavaScript de Google Maps	Representación de información a través de mapas
HTML	Para la estructura del sistema Web Pagina Web
PHP	Conexión y consultas con las bases de datos entre otros procesos
JavaScript	Representación de imágenes, graficas, entre otros procesos
CSS	Diseño de la parte visual del sistema Web
Bootstrap v3.3.5	Reajuste de la página Web para dispositivos móviles
Aplicación móvil	Para el registro de señales de radiofrecuencia
Interfaz de verificación de usuario	Una interfaz de verificación es importante para definir los tipos de usuario que harán uso de la aplicación.
Rendimiento y eficacia	El software será diseñado para ser soportado en celulares de gama media donde las velocidades de procesamiento no afecten a las mediciones tomadas en el dispositivo.
Información de datos explícita	La aplicación debe mostrar una interfaz clara y precisa para que el usuario entienda los datos que se están recopilando, así como el funcionamiento del software

Servidor Web

La aplicación móvil requiere de Internet para subir la información que capta del medio, al servidor en el cual se alojan las bases de datos, sin conexión a una red, este proceso no se puede completar. La página Radiofrecuencia IPN se trata de un documento electrónico el cual en su interior menciona información referente a la radiofrecuencia que

les puede resultar útil. Además, contiene información sobre las mediciones (gráficas, mapas y tablas) realizadas a las fuentes emisoras de ondas de radiofrecuencia (puntos de acceso WIFI y bases de telefonía celular).

Durante la fase de implementación se utilizó el servidor Web APACHE para hacer pruebas y realizar conexiones a bases de datos. Las ventajas de APACHE como servidor de prueba son:

- a) Es un software de código abierto.
- b) No presenta ningún costo para su instalación y uso.
- c) Presenta un gran soporte y documentación para PHP.
- d) Bajos recursos para instalación.

Realizadas las pruebas de conexión local se trasladó el proyecto a un alojamiento Web gratuito que nos ofrece las siguientes características:

- a) Es gratuito.
- b) Permite almacenar hasta 1GB de información.
- c) Soporte de bases de datos MySQL.
- d) Soporte en la mayoría de las versiones PHP.

Diseño de la base de datos

PHP es un potente lenguaje de secuencia de comandos diseñado específicamente para permitir a los programadores crear aplicaciones Web. El sistema contiene un módulo Web conformado por distintas páginas en donde se aloja toda la información de los usuarios incluyendo la sección de noticias y eventos.

El sistema propuesto utiliza una base de datos para la administración de la información sobre las radiaciones electromagnéticas. La base de datos se compone de las siguientes tablas: registro y acceso de usuarios al sistema, noticias, eventos, registros de mediciones, usuarios las cuales están dentro de la base de datos.

MySQL es un sistema de gestión que posibilita crear bases de datos de forma rápida y confiable además habilita incorporar lenguajes de programación como PHP el cual permite desarrollar aplicaciones dinámicas, esto es conveniente para registrar datos como las mediciones, mostrar información sobre un mapa, por parte de la API de Google Maps y al realizar consultas de información que el usuario desee conocer.

Para la administración de información que utiliza la aplicación en conjunto con la página Web se necesita una base de datos donde se pueda almacenar la información de manera correcta. La siguiente lista muestra las características del sistema de la base de datos para este proyecto:

- Es un sistema multiplataforma, por lo que puede ser administrado desde cualquier sistema operativo.
- Soporta grandes cantidades de datos, de hasta 50 millones de registros por base de datos.

- Representa una ventaja para las grandes cantidades de registros que se van a tomar.

El modelo entidad relación que se muestra en la figura 17 representa la forma en que las tablas de la base de datos están interconectadas. Las tablas principales del *sistema* son la de *usuarios* y *registros*, las tablas de **eventos y noticias** son implementados para complementar información sobre temas de radiofrecuencia en la página Web. Como atributo de llave primaria en la tabla *usuarios* se tiene al atributo *usuario* que implementa un relación de uno a muchos (1:N) con las demás tablas.

Cada una de las tablas a excepción de *usuarios* posee una llave foránea en el atributo de *usuario*, de esta forma, se puede establecer la relación de cardinalidades y establecer que un usuario puede tener varios registros de mediciones de radiofrecuencia, así como también noticias y eventos que decida subir a la página Web.

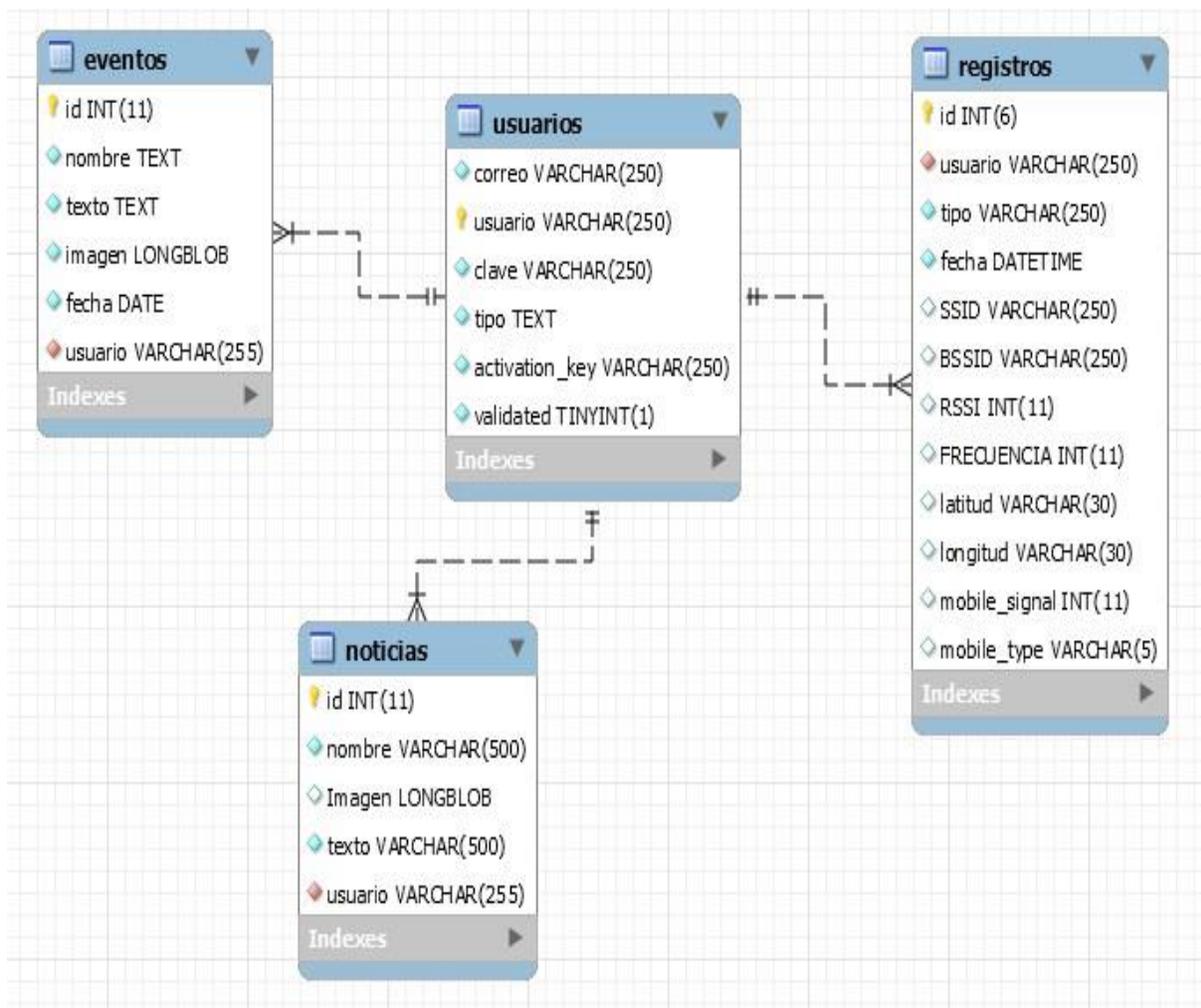


Figura 17. Diagrama entidad relación de la base de datos del proyecto.

En la tabla 11, se describen las características de los atributos de la tabla *usuarios*.

Tabla 11. Descripción del diccionario de datos de la tabla usuarios de la Base de Datos.

Nombre del campo	Tipo de variable	Descripción
correo	VARCHAR de tamaño 250.	Representa el campo de correo electrónico de los usuarios que hayan sido registrados en el sistema. La dirección de correo electrónico se utilizará para enviar notificaciones y validar el registro de usuarios. No puede ser repetido.
usuario	VARCHAR de tamaño 250. Llave primaria.	Este campo guarda los nombres de los usuarios que se hayan registrado en el sistema. Los datos que se almacenen deben ser únicos.
clave	VARCHAR de tamaño 250.	Guarda las contraseñas de los usuarios.
tipo	TEXT.	Define si el usuario es Maestro o Alumno.
activation_key	VARCHAR de tamaño 250.	Es el campo donde se almacena una cadena aleatoria, necesaria para la validación del usuario por correo electrónico.
validated	TINYINT	Indica con un 1 si el usuario ha sido validado, 0 sino no lo está.

En la tabla 12, se describen las características de los atributos de la tabla *registros*.

Tabla 12. Descripción del diccionario de datos de la tabla registros de la Base de Datos.

Nombre del campo	Tipo de variable	Descripción
Id	INT de tamaño 6. Llave primaria. Auto incrementable.	Número de registro
usuario	VARCHAR de tamaño 250.	Este campo guarda los nombres de los usuarios que se hayan registrado en el sistema. Los datos que se almacenen deben ser únicos.
tipo	VARCHAR de tamaño 250.	Define si el usuario es Maestro o Alumno.
fecha	DATETIME	Indica la fecha en que el registro fue tomado. El formato es: 'Y-m-d H:i:s'
SSID	VARCHAR de tamaño 250.	Nombre de la red del que proviene la señal monitoreada.
BSSID	VARCHAR de tamaño 250.	Nombre de identificación único de la red donde proviene la señal monitoreada.

RSSI	INT de tamaño 11.	Indica la fuerza de la señal en decibelio-mili vatio (dbm) que se recibe.
FRECUENCIA	INT de tamaño 11.	Frecuencia de la señal monitoreada.
latitud	VARCHAR de tamaño 30.	Indica los grados comprendidos entre -90° y 90° para la ubicación de coordenadas GPS.
longitud	VARCHAR de tamaño 30.	Medida angular formada por el semiplano del eje de la tierra que pasa por el meridiano de Greenwich y el semiplano del eje de la tierra que pasa por ese punto.
mobile_signal	INT de tamaño 11.	Intensidad de la señal en decibelio-mili vatio (dbm) recibida de la antena de radio base.
mobile_type	VARCHAR de tamaño 5.	Tecnología de telefonía obtenida del proveedor que tenga el dispositivo de monitoreo.

Los atributos de la tabla 11 y la tabla 12 son necesarios para la recopilación y actualización de los datos que se obtengan en el monitoreo de señales de radiofrecuencia por medio de la aplicación móvil.

Interacción cliente servidor mediante JavaScript y XML.

Una condición que impone el uso de Google MAPS es utilizar como lenguaje XML para la interacción con el servidor, sin embargo, este lenguaje viene acompañado de sus propias ventajas [34] que se presentan en la tabla 13:

Tabla 13. Ventajas de XML

Ventaja de XML	Descripción
Ser extensible	Se puede utilizar en conjunto con otros lenguajes de programación sin complicación al agregar etiquetas.
El analizador estándar.	No se necesita un analizador específico para XML lo que evita los errores de programación acelera el desarrollo de software.
Estructura sencilla y entendible.	Puede ser interpretado por terceros de manera rápida lo que lo hace compatible con otras aplicaciones y plataformas sin importar el origen de los datos
Información con significado.	A los datos se les agrega un significado concreto por lo que se tiene flexibilidad para estructurar documentos.

Mapas de radiofrecuencia mediante la API JavaScript de los Mapas de Google

Los mapas cartográficos nos permiten localizar puntos de interés en algún punto sobre la tierra. En este proyecto se utilizan los mapas para representar los puntos dentro de

ESIME Zacatenco donde se han realizado mediciones de radiofrecuencia mediante la aplicación diseñada en Android.

Decidimos utilizar *Google Maps* en este proyecto porque es el mayor proveedor de imágenes de mapas en el mundo, además que son los más detallados puesto que la huella de los edificios y caminos (calles, carreteras, avenidas caminos peatonales) es más acorde a la realidad. También son los mapas más exactos en cuanto a posición ya que se basan en el estándar WGS84 desarrollados por el *Sistema Geodésico Mundial* (WGS, por sus siglas en inglés) con una incertidumbre máxima de 2 cm [35].

Como se mencionó en el apartado *Google Maps Plataforma*, están disponibles varias APIS que permiten trabajar con los mapas de Google sin embargo este trabajo hace uso de la API de JavaScript ya que permite añadir contenido interactivo a los mapas y admite un mayor grado de personalización de acuerdo con las necesidades del programador gracias a que utiliza JavaScript como lenguaje de programación que está orientado a objetos y es interpretado es decir no necesita un compilador para ejecutarse.

Para lograr hacer uso de la API de JavaScript de Google Maps, son necesarios los siguientes requerimientos básicos:

- 1) Una dirección de correo electrónico afiliada a Google
- 2) Una clave de producto proporcionada desde el sitio de **Google Maps Plataforma**

Es necesario aclarar que la clave de producto permite hacer uso limitado de la API de JavaScript y para eliminar estas limitaciones es necesario registrarse en la plataforma en la nube de Google (**Google Cloud Platform**) donde se adjunta un número de tarjeta bancaria, sin embargo, esto no significa necesariamente un costo por la API, ya que el precio se hará efectivo a partir de que las condiciones de uso gratuitas sean sobrepasadas, la tabla 14 representa las características principales de cada forma de uso de la API (para más información sírvase visitar los términos y condiciones Términos de servicio de **Google Cloud Platform** [36] y Términos y condiciones adicionales para la prueba gratuita de **Google Cloud Platform** [37]):

Tabla 14. Características de la API JavaScript de acuerdo a la forma de uso

Clave Sin Registro	Clave con registro	Clave en forma de pago
Imágenes de mapas de Google.	Imágenes de mapas de Google.	Imágenes de mapas de Google.
Funciones de JavaScript para Google Maps	Funciones de JavaScript para Google Maps	Funciones de JavaScript para Google Maps
Marca de Agua de Google Developer's.	Sin marca de agua	Sin marca de agua
2 horas al día sin marca de Agua.	Límite de uso de hasta 12 meses	Límite de uso de acuerdo con la forma de pago
	Uso sin fines de lucro	Uso para fines de lucro

PHP

Para el funcionamiento de PHP es necesario el motor de scripting que se encarga de ejecutar los comandos del código antes de que el servidor de la red envíe la página al usuario, de esta manera se puede enviar las consultas de las mediciones que el usuario pide, sin tener que subir todas o mostrar todas mediciones a la página Web HTML.

Si un usuario consulta la página radiofrecuencia IPN se encontrara con archivos PHP en su estructura, el motor ejecuta el código que está en dicha página durante el tiempo de ejecución el código da información en el formato HTML para posterior mostrar el resultado al usuario, una de las ventajas de usar PHP es que cuando el usuario intenta visualizar la fuente de una página, no aparecerá ninguna línea de código, por ende ningún usuario externo excluido los desarrolladores puede acceder a este código y modificarlo mientras que para los demás es una página como cualquier otra.

Para el diseño de los formularios se utiliza HTML mientras que para los procesos que se aplican están en PHP, la información que el usuario ingresa se guarda en una variable que será empleada por el método POST, para hacer uso de esta como lo que es cargar las bases de datos o consultarlas con la información que el usuario ingresa, esta acción se inicia cuando después de que el usuario llene los campos de clic en el botón “aceptar”, en el cual viene pasa a un segundo documento para realizar el proceso mencionado.

A continuación, se expondrán algunas cualidades de PHP útiles para la aplicación en la página WEB de Radiofrecuencia:

- **Ejecución en Servidor:** PHP se establece como un lenguaje de programación del lado del servidor es aquel que se ejecuta en donde se aloja la información de la página de radiofrecuencia IPN, antes de que la página se envíe a través de internet y llegue al usuario, así es como el proyecto se hacen cálculos, consultas, requisitos de conexión a Bases de Datos o a red, para que el usuario solo pueda y deba ver la información que le resulte útil como lo que son las tablas, los mapas, las gráficas entre otra información, de lo contrario el usuario se podría confundir, aburrir o no entender lo que aparece, haciendo que visitar la página sea molesto, además de que el código resultante sea solo código HTML.

A continuación, se muestra cómo se realiza el proceso de una consulta de PHP y como llega al usuario en HTML

- **Licencia de software:** PHP al ser un lenguaje de programación basa en la ideología de software libre, dicho en otras palabras, no hay que contribuir económicamente a cambio de poder usar este software, no está limitada su distribución y es posible ampliarlo con nuevas funcionalidades si es requerido o necesario, por esto como estudiantes es una gran ventaja para nosotros trabajar con este tipo de producto ya que nuestros ingresos no son muchos y tenemos que economizar lo más posible.
- **Extensa biblioteca y funciones:** PHP cuenta con una extensa librería las cuales incluyen funciones de diversa utilidad que facilitan el trabajo para los

desarrolladores haciendo que se trabaje por bloques de código en lugar de desarrollar todo desde cero, a nosotros como ingenieros.

- **Funciones de correo electrónico: PHP** cuenta con una función que permite, de una manera práctica y sencilla, enviar un correo electrónico a destino o un grupo de ellos, esta función cuenta con los siguientes parámetros, tales como lo que es asunto del mensaje, el correo electrónico de procedencia, el email de respuesta además de que existen otras funciones en PHP que permiten gestionar correos electrónicos, de esta manera podemos hacer que al usuario le llegue un mensaje de alerta a su teléfono celular en el cual vendrá información en la cual se avisara que está en una zona crítica para su salud.

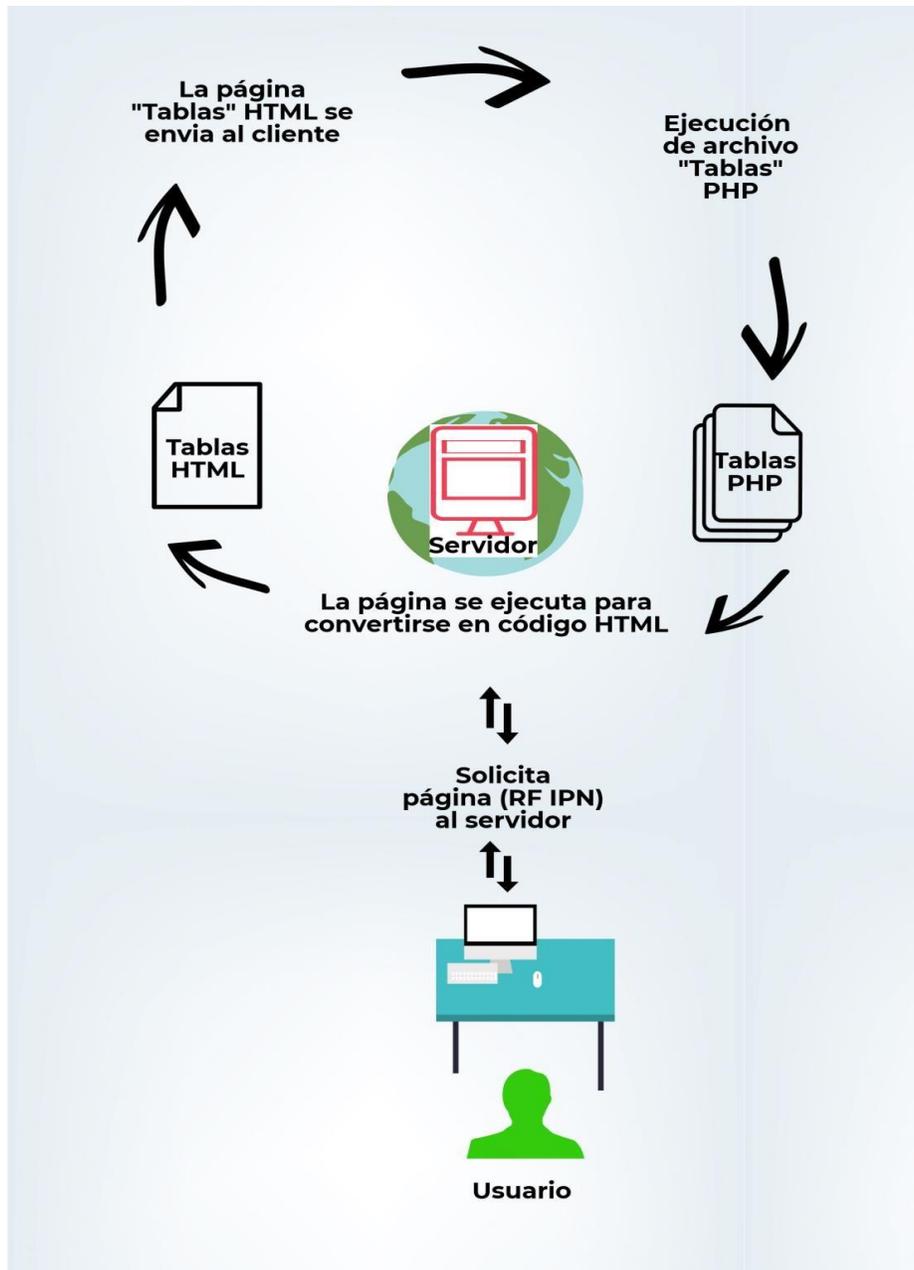


Figura 18. Diagrama proceso de un archivo en PHP.

JAVASCRIPT

JavaScript (JS) permite crear efectos interactivos con el usuario en la *página Radiofrecuencia IPN*. Por ejemplo, se realizan representaciones con gráficas, trazar líneas y marcar planos cartesianos como se muestra a continuación.

Se utiliza Morris.js para la realización de gráficas, el cual consta de una función que realiza un plano cartesiano en donde el desarrollador tiene que colocar en el plano "X" el tiempo y en el plano "Y" el valor que se quiera graficar, por si sola esta función no nos es de mucha utilidad, ya que lo que los datos que se requiere graficar van cambiando y tienen que ser procesados, para esta parte del proyecto se requiere la unión con PHP para mostrar solo lo que se requiere.

En la figura 19 siguiente se muestra cómo se representan las gráficas en el sistema Web

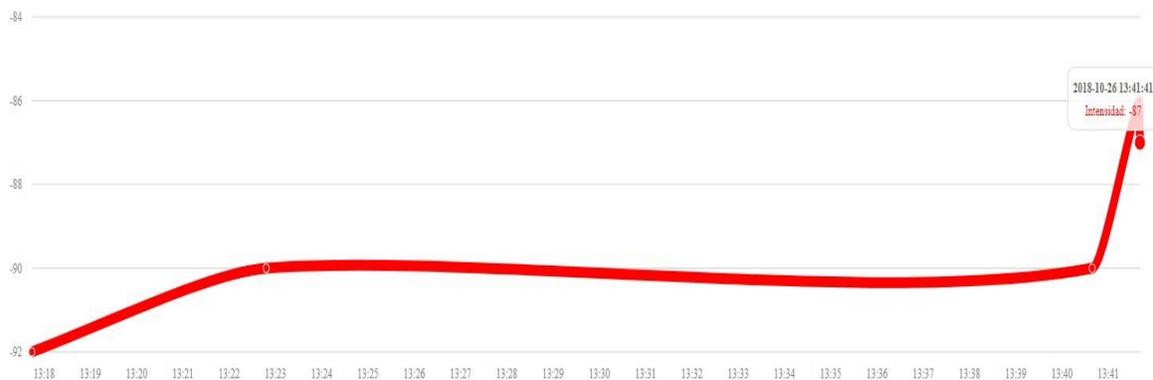


Figura 19. Demostración de una gráfica con Morris.js.

Entre las acciones típicas que se pueden realizar en JS tenemos dos vertientes, de un lado se obtiene los efectos especiales sobre nuestro sistema Web para crear contenidos dinámicos con en la página de inicio se muestra imágenes de manera dinámica y los mapas con diferentes referencias las cuales cambian de color y por otro lado JS nos permite ejecutar instrucciones como respuesta a las acciones del usuario, con que podemos crear sistemas Web interactivos con el usuario, en proyecto se implementaron 3 tipos de gráficas, una de color rojo que muestra la intensidad en cada punto con unidades en dBm, otra de color azul que muestra la densidad de potencia que hay en punto en unidades en W/m^2 y otra gráfica de color verde para la intensidad de campo eléctrico que se representa en unidades de V/m .

Requerimientos para la aplicación móvil

En el desarrollo del software se tomaron en cuenta dos funciones importantes que establecen el correcto funcionamiento del proyecto, la primera de ellas es la medición de señales de radiofrecuencia presentes en un punto geográfico y en segundo punto ofrecer una interfaz que sea amigable para cualquier usuario. Dadas las características de las antenas de celular se solicitó monitorear las frecuencias con bandas de 2.4 GHz, correspondientes a los estándares establecidos por la IEEE 802.11, sin embargo, las

mediciones realizadas en dispositivos celulares varían dependiendo de las características del hardware.

Las especificaciones del monitoreo de señales de antenas de radio base están determinadas por el chip o tarjeta SIM del proveedor el cual, define las características de banda y frecuencia en que se obtiene la información de radiación. La aplicación requiere que los dispositivos en donde se realice la medición cuenten con las especificaciones mencionadas anteriormente, de no ser así, la información recopilada es errónea o incompleta por lo que perjudica el objetivo del proyecto al no tratarse de datos que puedan usarse en una estimación estadística.

Los recursos más importantes que usa la aplicación son tres: servicio de monitoreo WiFi, servicio de datos móviles y los servicios de geolocalización por GPS. Para el desarrollo del software, estos servicios se encuentran disponibles desde la API 1 de Android, sin embargo, algunas implementaciones de las clases han sido actualizadas para mejorar el rendimiento de su uso y mejorar la precisión en algunos casos (como el del GPS).

Actualmente, la versión de Android más utilizada es la 7.0 Nougat con un nivel de API 24 y es donde muchas clases fueron reemplazadas por otras, por lo tanto, uno de los requerimientos del sistema es tener una versión igual o superior a la utilizada [38].

En el siguiente apartado se hablará más a fondo de la propuesta del diseño para la aplicación en donde se obtenga la información del monitoreo de señales de WiFi y telefonía móvil de acuerdo a los lineamientos planteados anteriormente.

3.2 Diseño del Software y del Sistema

3.2.1 Descripción de página Web

Este proyecto permite visualizar gráficas, tablas y mapas de las ondas electromagnéticas que están presentes en el Instituto Politécnico Nacional campus Zacatenco, de tal manera que cualquier persona con poco o mucho conocimiento sobre estos temas pueda identificar de manera fácil que es lo que representa la información subida en la página Web.

Las herramientas que se utilizan son HTML, CSS, PHP, Java Script, Bootstrap y bases de datos Mysql, con la finalidad de crear un sistema Web lo más completo posible. El proyecto consiste en la recopilación, procesamiento y visualización de información, representados en mapas que el usuario consulte.

En la figura 20 se muestra un esquema de la estructura de las secciones del sistema que muestran los datos.

Para la creación del proyecto es necesario tomar en cuenta cómo se representa la información para que la vea el usuario, como es el ejemplo de la intensidad en las señales WI-FI ya que estas se obtienen en dBm y esta unidad es de poca ayuda para poder

estimar un promedio de mediciones para representar de manera más precisa cuanta radiación hay en punto en particular.

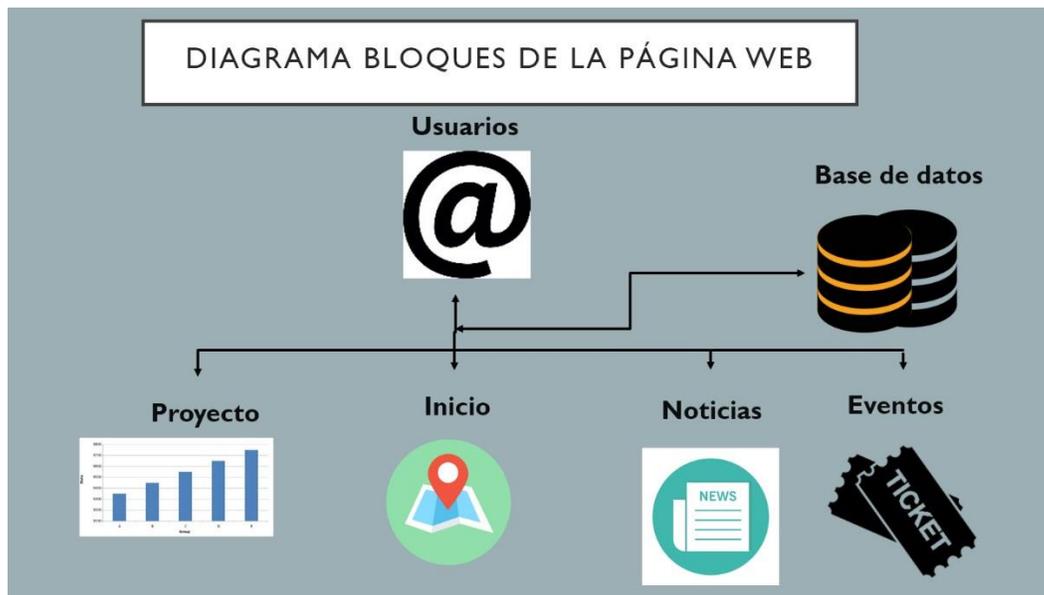


Figura 20. Diagrama a bloques de la página Web.

Teniendo el punto de vista de los ingenieros para ocupar la tecnología en el bien de la sociedad, teniendo que hacer un sistema practico y con la resolución de problemas cotidianos o con gran repercusión social, estos aspectos son los que nos ayudaran a darle una complejidad a nuestro sistema un trabajo que va mejorando continuamente, de acuerdo a la investigación y los alcances de nosotros como estudiantes.

Para el diseño del módulo Web y para la generación de archivos, los cuales constituirán la página Web, teniendo en cuenta los lenguajes de programación de JS y PHP, para los comando e instrucciones, se pueden ocupar estrategias para la resolución de problemas que nos ayudaran a darle forma y orden a los múltiples procesos que hacemos en el proyecto, se puede ocupar el método del árbol o diagrama a bloques.

Elementos para la página Web

- Imágenes

Las imágenes que se muestran al principio son los escudos de las escuelas por un lado está la del instituto politécnico nacional y por otro está la de la escuela superior de ingeniería mecánica, estos serán los que represente a simple vista de donde es la procedencia, a continuación, en cuadro 1, se muestra el código necesario para implementar las imágenes en el encabezado de la página Web.

- Menú

En menú principal se puede apreciar los siguientes campos u opciones que el usuario puede elegir: Inicio, Proyecto, Noticias, Eventos, Usuario, Registro e Inicio de Sesión de Usuario, estas son las opciones principales de la página Web. A continuación en el cuadro 2, se muestran las etiquetas HTML que se usan para crear el menú.

Cuadro 1. Código para las imágenes interactivas de la página Web.

```
alertSize();
function alertSize(){
    var myWidth = 0, myHeight = 0;
    if (typeof(window.innerWidth) == 'number') {
myWidth = window.innerWidth;
myHeight = window.innerHeight;
    }
else if( document.documentElement &&
(document.documentElement.ClientWidth ||
document.documentElement.ClientHeight)){
myWidth = document.documentElement.ClientWidth;
myHeight = document.documentElement.ClientHeight;
    }
else if (document.body &&
(document.body.ClientWidth || document.body.ClientHeight)) {
myWidth = document.body.ClientWidth;
myHeight = document.body.ClientHeight;
    }

    var form = document.getElementsByClassName("subConsulta")[0];
    var display;
    var display2;
    var reporte = document.getElementById("subreporte");
    var card_menu = document.getElementById
```

Cuadro 2. Código para el menú de la página Web.

```
menu>
    <div class="menu_bar">
        <a href="#"><span clas=""><i class="icon
iconunread"></i></span>Menu</a>
    </div>

    <nav id="ioMenu">

        <ul>
            <li><a href="index.php"><span clas=""><i class="icon
iconsignal"></i></span>Inicio</a></li>
            <li><a href="proyecto0.php"><span clas=""><i class="icon
icon-pencil"></i></span>Proyecto</a></li>

            <li><a href="noticias0.php"><span clas=""><i class="icon
icon-mobile"></i></span>Noticias</a></li>
            <li><a href="eventos0.php"><span clas=""><i class="icon
icon-note"></i></span>Eventos</a></li>
            <li><a href="login-buena/register.php"><span clas=""><i
class="icon icon-add-user"></i></span>Usuario</a> </li>
```

```
<li><a href="login-buena/login.php"><span clas=""><i class="icon iconlinkedin"></i></span> LOG </a></li>
</ul>
</nav>
</menu>
```

- Mapas

En la parte inferior de la página principal se encuentra un mapa del Instituto Politécnico Nacional de la unidad Zacatenco, en este se puede visualizar cuales son los puntos que emiten radiación electromagnética.

La figura 21 describe los mapas que son visibles dependiendo del tipo de usuario que utilice la página Web.

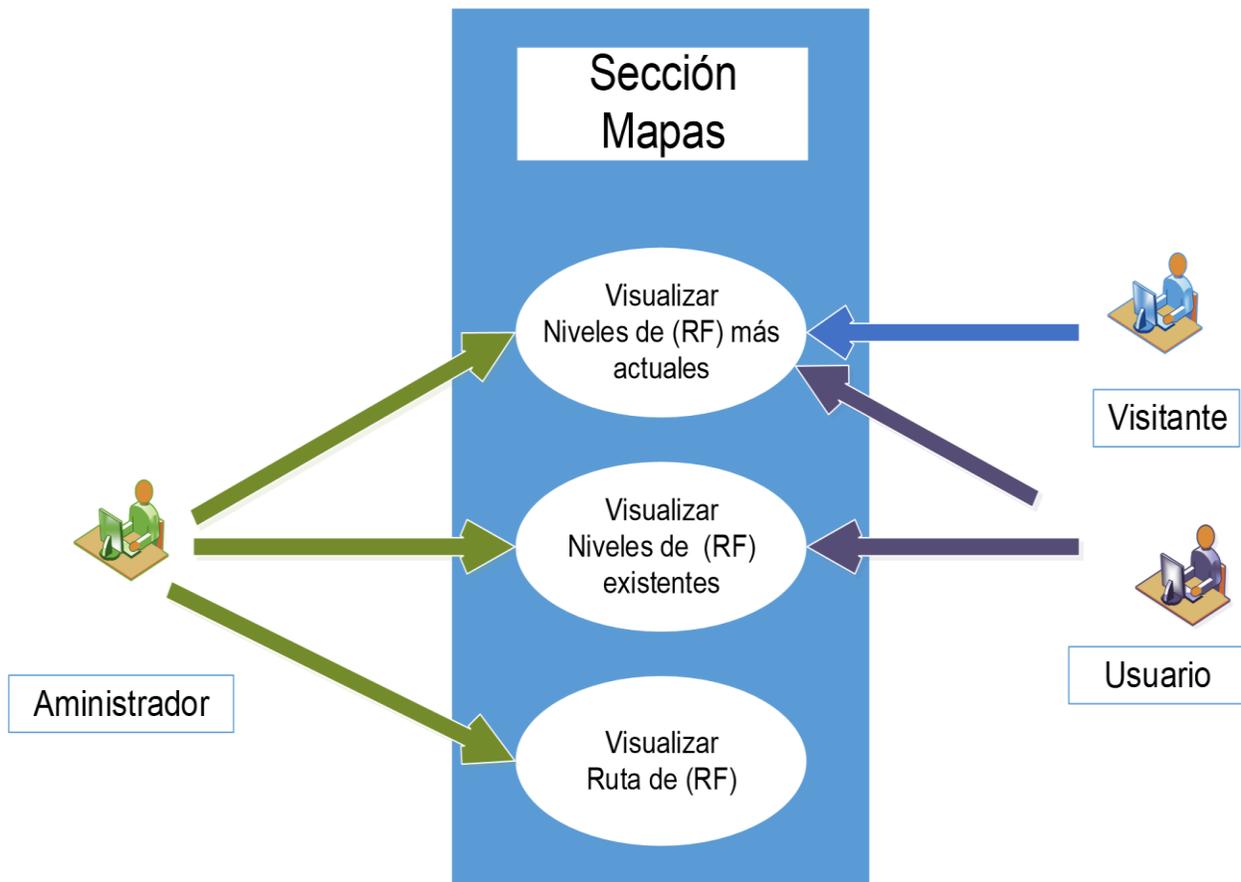


Figura 21. Diagrama de casos de uso de mapas.

Sección del proyecto

En este apartado se encontrará con información de dicho proyecto, pero no solo se tomará en cuenta la página en sí misma, sino que también abarcara información relevante para el usuario, como términos técnicos para que el usuario conozca sobre

estos temas y sea más fácil entender los conceptos que se presentaran más adelante y puedan comprender los parámetros que se ocupan al momento de representar los mapas, gráficas y tablas. También se incluirá información sobre la aplicación radiofrecuencia la cual estará a disposición de los usuarios para que puedan interactuar con ella, la página y hasta enlazar una comunicación entre dichos proyectos como se representa en la figura 22.

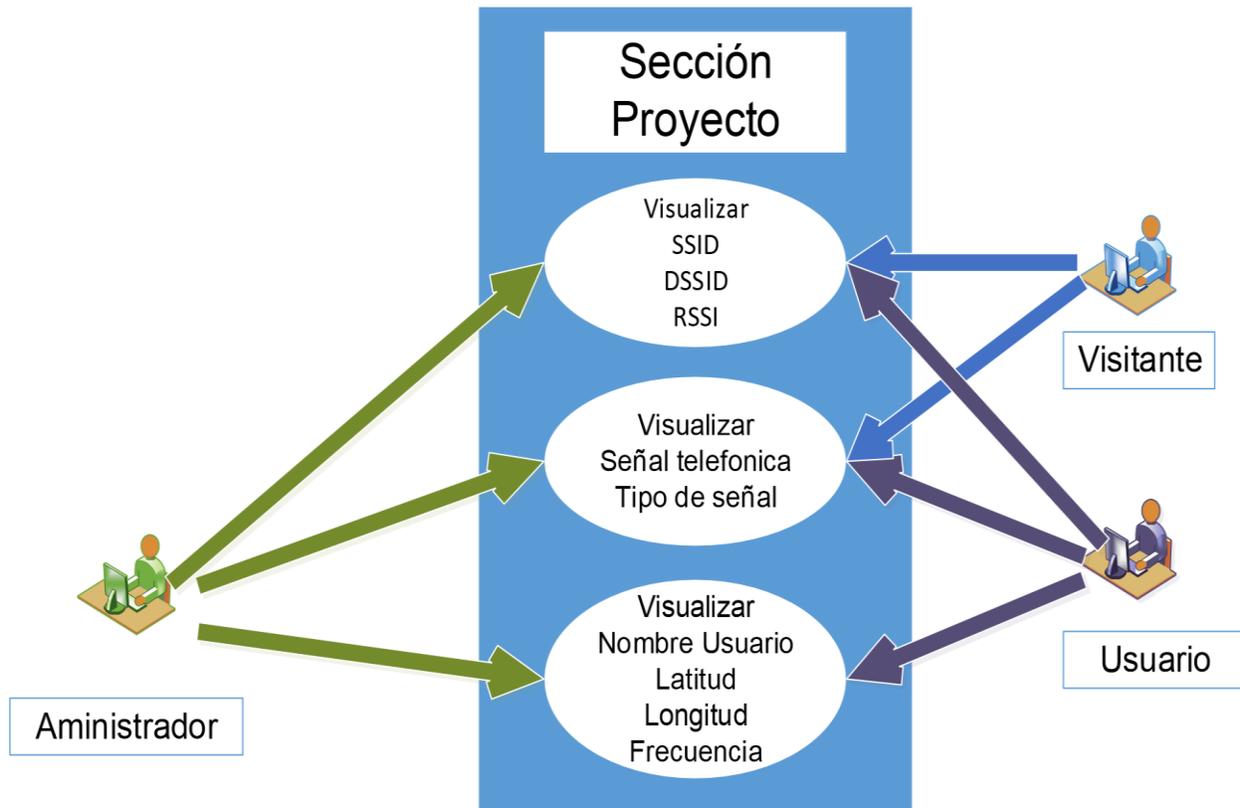


Figura 22. Diagrama de uso de Información.

Sección de noticias

En esta sección se podrá consultar las noticias más relevantes en cuanto al mundo de la ciencia y las radiaciones electromagnéticas, incluso noticias sobre la escuela o relevante para los alumnos y profesores, cabe resaltar que esta información puede variar o tener privilegios dependiendo del usuario que acceda a ella.

Sección de eventos

Se podrá consultar a través de una tabla que muestra el nombre, información, fecha e imagen de cada evento que se pueda realizar en la escuela, sus alrededores, o conferencias y eventos que pueden tratar sobre esta temática de las radiofrecuencias estos eventos pueden ser para los alumnos y/o profesores dependiendo del tipo de usuario que acceda a dicha sección.

Usuario o agregar usuario

Al ingresar el usuario, se da de alta en la base de datos con lo cual, se tiene acceso a nueva información y acciones que la página Web proporciona, así como ver mapas más dinámicos, acceso a todas las tablas, poder dar de alta o modificar las noticias o los eventos, entre otras cosas.

- A. Esta sección incluye una barra de menú que permite pasar a “Inicio”, “Login” por si se requiere cambiar de operación, aquí viene enlistado la información que se requiere al registrarse, como lo que es.
- B. Correo electrónico vigente y activo (ya que se requiere confirmación de validez).
- C. Nombre de usuario que será único e irrepetible.
- D. Seleccionar si será usuario Alumno o usuario Maestro.
- E. Contraseña de seguridad intermedia como mínimo.
- F. Confirmación de la contraseña.

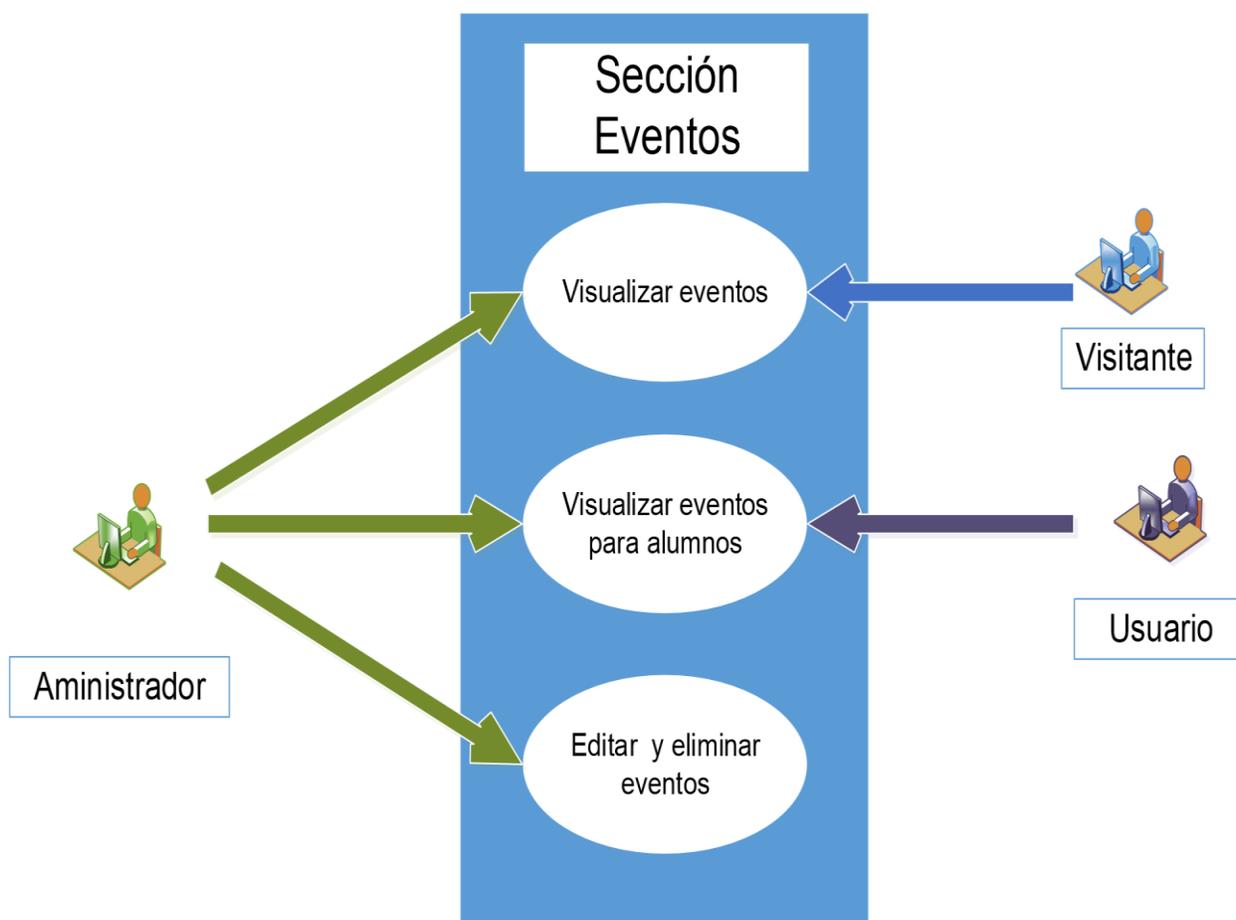


Figura 24. Diagrama de uso de Eventos.

A continuación, en cuadro 3, se representa la codificación necesaria para establecer la conexión a la base de datos.

Cuadro 3. Código para la conexión de la página Web con el servidor.

```
if($_SERVER['REQUEST_METHOD'] == 'POST'){  
  
    $usuario = $_POST['usuario'];  
    $clave = $_POST['clave'];  
    $validated = 1;  
    $tipo;          try{  
        $conexion = new  
PDO('mysql:host=localhost;dbname=id6256163_login_tuto',  
'id6256163_radiofrecuencia', 'crashrapidol');  
    }catch(PDOException $prueba_error){          echo "Error: " .  
$prueba_error->getMessage();          }  
}
```

Se tiene que hacer una consulta con el servidor para saber si hay conexión, y si no se mandará un mensaje de error, el siguiente código es necesario para realizar la consulta de la base de datos como se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Código para una consulta de la página Web con el servidor.

```
$statement = $conexion->prepare('  
    SELECT * FROM usuarios WHERE usuario = :usuario AND clave  
= :clave'  
);  
$statement->execute(array(  
    ':usuario' => $usuario,  
    ':clave' => $clave  
));  
$resultado = $statement->fetch();  
    if ($resultado  
!= false){  
    $statement = $conexion->prepare('SELECT *FROM usuarios  
WHERE usuario = :usuario AND validated = :validated');  
    $statement->execute(array(  
        ':usuario' => $usuario,  
        ':validated' => $validated,  
));
```

En esta parte se realiza la conexión con la base de datos y con la tabla correspondiente y se almacenan en variables la información del usuario, y también se verifica si hay un usuario del mismo nombre ya registrado. La forma de realizar la petición a la base de datos se muestra en el siguiente código en el cuadro 5:

Cuadro 5. Código para registrarse.

```
if($row = $statement->fetch(PDO::FETCH_ASSOC))
    {
        $tipo = $row['tipo'];
        $_SESSION['usuario'] = $usuario;
        if(strcmp($tipo,
' alumno') === 0)
header('Location:inicio1.php');
if(strcmp($tipo, 'maestro') === 0)
header('Location:inicio2.php');
    }
else{
    $error .= '<i>Necesitas validar tu
cuenta.</i>';
}
```

- Registro

Aquí se ingresa el usuario y correo para tener acceso al modo alumno o maestro según sea el caso, con el cual se tiene derecho a información nueva, tablas completas, opciones nuevas y configuraciones que te ayudaran a interactuar más con la página Web.

Esta sección incluye una barra de menú que permite pasar a “Inicio”, “Register” por si se requiere cambiar de operación, aquí viene enlistado la información que se te pedirá al querer ingresar, como lo que es

- Usuario o correo electrónico
- Contraseña

Esta información se puede guardar por si el usuario quiere ingresar de una manera más fácil.

- **Gráficas** cuando uno se registra como usuario tendrá la opción de visualizar dos graficas una de las señales en dB y la otra en Pw.

La grafica dB muestra las mediciones más altas y recientes en cada punto medido, la información que se muestra está en decibles.

La grafica Pw muestra las mediciones en potencia, para la representación se pasó cada señal a dB potencia a través de la formula $P_w = 10^{-10}$ y las suma todas en un solo punto específico.

3.2.2 Descripción de Mapas de Radiofrecuencia.

Los mapas de Radiofrecuencia se implementan en conjunto con la página Web, pues forman una parte integral del sistema, no obstante, cuentan con un grado de dificultad que hace posible su desarrollo de forma particular. En este apartado se detalla el diseño de los mapas siguiendo las etapas de la figura 25:

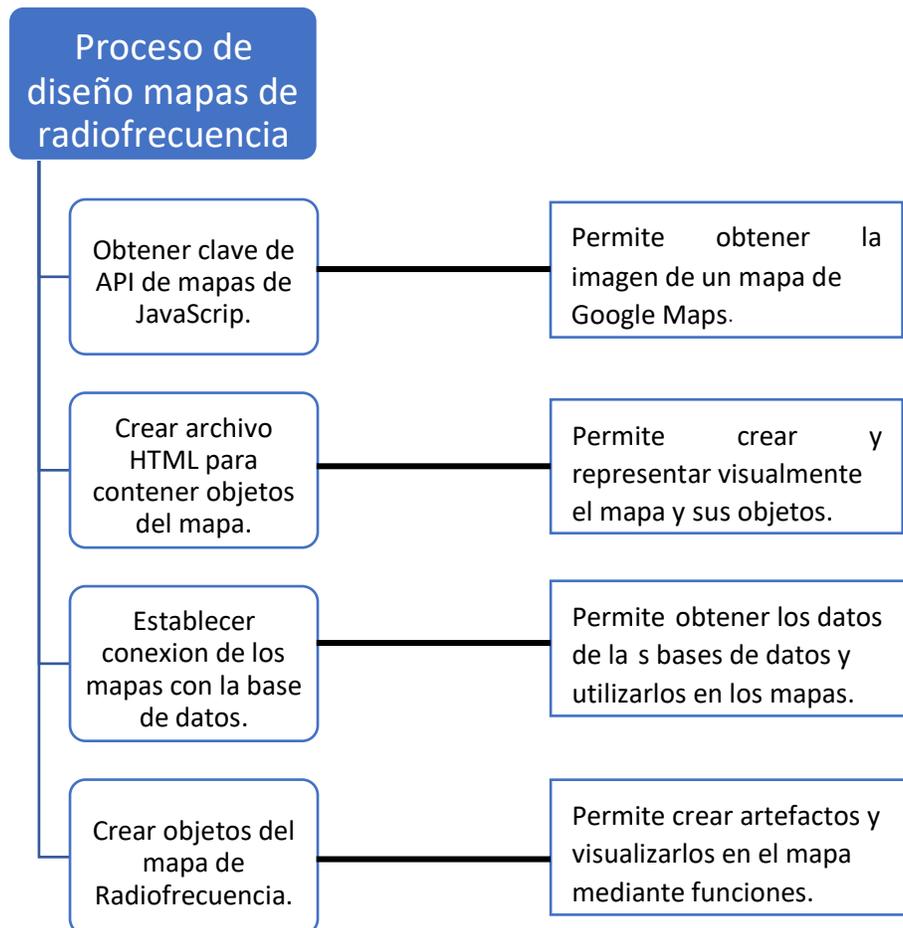


Figura 25. Proceso de diseño de los mapas de Radiofrecuencia.

- Obtener clave de API de mapas de JavaScript.

Previamente se han definido los requerimientos para obtener la clave para el uso de la API de JavaScript de Google Maps. Cumplidos los requisitos la clave debe solicitarse desde la plataforma de Google Maps, seleccionar el apartado consola que muestra la información y credenciales propias de las que se hace uso al tener una dirección electrónica afiliada a Google.

A continuación, debe seguirse el siguiente proceso:

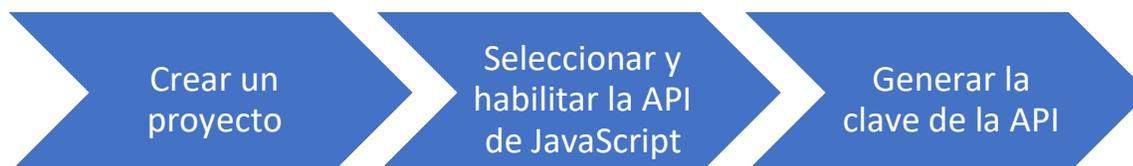


Figura 26. Proceso para obtener clave de la API de Javascript.

Si el proceso fue exitoso se mostrará en pantalla el siguiente recuadro:



Figura 27. Recuadro de clave obtenida.

Con esta clave es posible generar y mostrar los mapas de Google, así como hacer uso de sus funciones preestablecidas, sin embargo, como se mencionó en el subtema de requisitos para los mapas de radiofrecuencia este tipo de clave cuenta con las mayores restricciones, para obtener otros permisos es necesario registrar una cuenta bancaria. Con esta clave es suficiente para realizar el proyecto, posteriormente se analizará si es conveniente o necesario añadir permisos.

- **Crear archivo HTML para contener objetos del mapa**

Si bien crear un archivo HTML para los mapas de Radiofrecuencia es igual que cualquier otro archivo HTML, debe contener elementos que lo hacen más apropiado para contener las imágenes de los mapas de Radiofrecuencia.

- Contener pocas divisiones.**

En general los mapas se desarrollan para verse en pantalla completa, por tanto, introducir varias divisiones o **<div>** o cualquier otro recuadro reduce la visibilidad de los mapas. En los mapas de Google los recuadros que se traten de ubicar fuera del mapa están prohibidos y pueden generar un error al mostrar la imagen. Sin embargo, es posible declarar recuadros dentro del mapa al tratarlos como un objeto.

- Ser responsivo.**

Los mapas deben ser capaces de adaptarse a la resolución de la pantalla del usuario para que no se deformen ni se pierda la información que pretende mostrarse.

Para lograrlo se debe integrar una meta etiqueta en el archivo HTML llamada *viewport* [39] la cual contiene las propiedades para hacerlo responsivo. En la tabla 15 se establecen las características de esta etiqueta.

Tabla 15. Propiedades de responsividad para mapas

Propiedad	Definición
<meta> “viewport”	Elemento de vista, envía al navegador instrucciones sobre como controlar las dimensiones y la escala de la página.
width=device-width	Establece el ancho de la página para seguir el ancho de pantalla del dispositivo.
initial-scale=1.0	Establece el nivel de zoom inicial cuando la página se carga por primera vez con el navegador.

Otra ventaja de tener mapas responsivos es que pueden ser adjuntados en otro archivo HTML y no distorsionar la imagen ni los datos que contengan.

• **Establecer conexión de los mapas con la base de datos.**

Establecer una conexión con las bases de datos del sistema es una parte vital de los mapas de Radiofrecuencia pues nos va a permitir tener acceso a la información recopilada mediante la aplicación y puede plasmarse de forma visual en el mapa.

La conexión con la base de datos se puede lograr mediante un archivo **PHP** el cual nos enlazará con el servidor y AJAX que nos permitirá crear variables en XML que será posible ocupar en el archivo HTML.

a) Conexión con la base de datos.

Establecer una conexión con la base de datos es una parte fundamental del sistema por tanto se necesita tener cierto control y limitar el acceso a esos datos. Por tanto, la conexión a la base de datos se logrará bajo las siguientes condiciones:

Tabla 16. Condiciones para conexión a la base de datos para los mapas

Condición	Justificación
Conocer el ID del servidor	El ID del servidor es único y nos permite hacer uso de una parte de la memoria del servidor donde se guardan los archivos. Se da a conocer solo a los desarrolladores del sistema.
Estar registrado en la tabla de usuarios de la base de datos como <i>usuario maestro</i> .	La tabla de usuarios fue definida en el apartado Diseño de la base de datos . Los usuarios de tipo maestros están limitados a los desarrolladores del sistema ya que tienen acceso a cualquier parte del sistema.

Utilizar la contraseña establecida en la tabla de usuarios	Es una forma de control, ya que la contraseña es única y personal. En caso de que alguien ajeno al sistema conozca un usuario maestro, si no cuenta con la contraseña no podrá manipular la información.
Hacer referencia solo a la tabla de registros	Para evitar alterar otras tablas y puesto que en los mapas únicamente se desean mostrar la información de los registros, hacer referencia solo a la tabla de registros hace óptimo el sistema

b) Crear variables que puedan contener la información de la base de datos.

Las variables nos permiten manipular de manera más eficiente la información contenida en la base de datos. Además, una de las funciones del sistema que hacen necesario que la información sea clasificada para lograr hacer un mejor uso, por ejemplo, las coordenadas nos permiten ubicar un punto en el espacio, pero el mapa debe mostrar muchos puntos, si no se clasifican y se separan de otras variables la información no podrá mostrarse.

En la tabla 17 se muestra la relación entre las columnas de la tabla **registros** de la base de datos y las variables asignadas.

Tabla 17. Relación columnas y variables de la tabla registros.

Columna de la tabla registros	Variable asignada en formato XML
Id	Id
Usuario	Usuario
Tipo	Tipo
Fecha	Fecha
SSID	SSID
NSSID	NSSID
RSSI	RSSI
Frecuencia	Frecuencia
Latitud	Latitud
Longitud	Longitud
Mobile_signal	Mobile_signal
Mobile_type	Mobile_type

• Crear clases y objetos del mapa de Radiofrecuencia.

Debido a que JavaScript es un lenguaje orientado a objetos, es posible crear clases y objetos a los cuales se les puede asignar atributos en forma de variables.

Sin embargo, lo primero que debe hacer es establecer una relación tipo AJAX con el documento **PHP** que hace la conexión con la base de datos. Después cada variable definida en el documento **PHP** es tratada como un atributo en JS y se asigna a una variable.

Una vez creada la relación AJAX es posible utilizar la información de la base de datos y definir los objetos necesarios que se mostraran en el mapa.

- Objeto **Punto**: es un objeto que contiene la información de las coordenadas. Proviene de una clase predefinida **LatLong** como se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6 variables para latitud y longitud.

<u>Punto: Latlong</u>
Latitud: var Latitud Longitud: var Longitud

Este objeto nos permite ubicar una coordenada en el mapa mediante longitud y latitud.

- Objeto **Iconos**: es un objeto que contiene los tipos iconos que pueden mostrarse en el mapa como se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 7 elementos de iconos.

<u>Iconos</u>
Identificador, Nombre, Icono.

Este objeto nos llama iconos en forma de imagen desde una ubicación externa

- Objeto **Tipolcono**: es un objeto que nos permite seleccionar un icono del objeto iconos, mediante un identificador como se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 8 elementos de Tipolcono.

<u>Tipolcono</u>
Identificador, Icono.

Este objeto únicamente llama el icono sin su nombre.

Para este objeto debe predefinirse una función que contenga los rangos intensidad de potencia dentro de los cuales puede conocerse el tipo de icono.

- Objeto **Ventana**: es un objeto que permitirá mostrar una información de la base de datos. Puede ser llamada de una clase predefinida **Infowindow**. Las ventanas contienen información en forma de texto y se deben desplegar después de seleccionar un icono, como se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 9 elementos de ventana.

<u>Ventana: Infowindow</u>
Id, Usuario, Fecha, SSID, BSSID, RSSI, Mobile_type,

- Objeto **Marca**: es un objeto que nos permite mostrar una marca en el mapa. Proviene de una clase predefinida **Marker**. Las marcas necesitan de una coordenada conformada por latitud y longitud, para ubicarse dentro del mapa. Las coordenadas son tomadas de la base de datos, como se muestra en cuadro 10.

Cuadro 10 elementos de marca.

<u>Marca: Marker</u>
Map: var Map, Posición: var punto, Icono: var Tipolcono Ventana

Estos son algunos de los objetos principales que debe contener el sistema pues nos permiten plasmar la información de forma visible en el mapa.

3.2.3 Descripción de la aplicación móvil

Los sistemas de monitoreo se caracterizan por una serie de reglas y especificaciones implementadas para realizar los análisis correspondientes de una manera estándar. Una aplicación puede tener implementada dichas características que se traducen en el modelado y codificación de la interfaz de usuario y el procesamiento interno que permita obtener resultados satisfactorios.

El sistema de monitoreo debe funcionar bajo las siguientes condiciones de operabilidad:

- Versión de Android igual o superior a la 4.4.
- Tener servicios de red y localización.
- Estar registrado con una cuenta perteneciente al sistema Web planteado para el proyecto.
- Realizar las mediciones dentro del campus Zacatenco y en espacio abierto.

Los teléfonos inteligentes se caracterizan en ser accesibles, por esta razón se decidió desarrollar una aplicación que pueda utilizarse en teléfonos inteligentes.

La aplicación se compone de diferentes secciones, cada una debe contar con las herramientas necesarias para que el usuario pueda utilizar correctamente el software, a continuación, se listan las secciones de la aplicación móvil, también serán descritas utilizando diagramas de flujo.

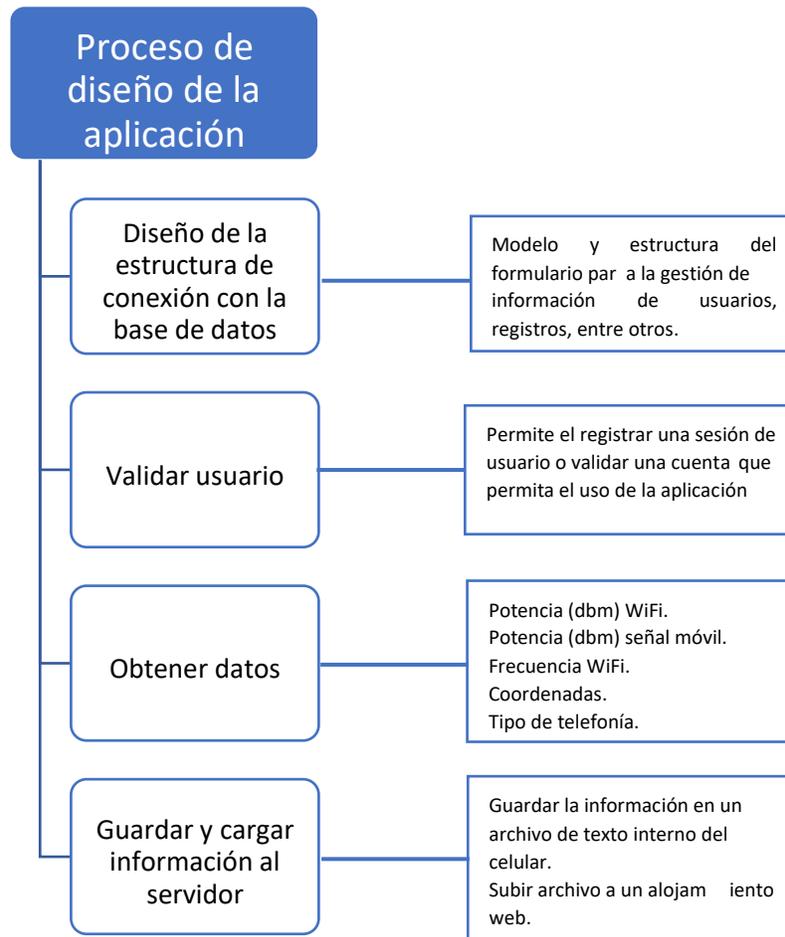


Figura 28. Diagrama modelo de la estructura de la aplicación.

La figura 28 muestra una breve descripción de las etapas más importantes de la aplicación, adicionalmente debe contener una función para medir la distancia entre coordenadas con tal de disminuir los errores generados por el GPS del teléfono inteligente que se utilice.

Validar usuario

Es necesario tener una herramienta que permita dividir la información que será mostrada posteriormente en el proyecto. El proyecto consta de dos tipos de usuarios (Alumno y Maestro) que tienen los mismos privilegios de la aplicación, pero sus datos serán tratados de diferente manera.

Por el momento, no se cuenta con un sistema asociado a la institución de la ESIME Zacatenco que permita asociar los correos con estudiantes y profesores por lo que nos limitaremos con seleccionar el tipo de usuario bajo la responsabilidad de la persona que use la aplicación.

El registro de usuarios cuenta con los siguientes campos:

- Nombre de usuario.
- Correo electrónico.
- Contraseña.
- Verificación de contraseña.
- Tipo de usuario.

Cada campo será registrado en una base de datos alojada en un servidor Web mediante un llamado a un archivo PHP en el que se encuentra la codificación necesaria para registrar los datos en la base de datos. Para comprender el llamado que hace la aplicación al documento PHP se explicará cada una como un sistema individual pero que en conjunto lograrán el objetivo deseado.

Adquirir información

En esta sección se presenta el diseño propuesto para la interfaz del monitoreo de señales de radiofrecuencia por medio de la aplicación móvil. También, se muestran los algoritmos que se utilizan para la recopilación de la información de las señales de radiofrecuencia. Los datos que se registran en la aplicación se obtienen por los siguientes métodos que ofrece Android Studio:

- Escaneo de señales de WiFi.
- Registro de señal de telefonía.
- Localización por medio de GPS.

Cada uno de estos apartados agrega información estadística que la aplicación irá registrando, a continuación, se presentan los lineamientos que se necesitan para utilizar sus servicios y como están implementados en el proyecto.

Escaneo de señales de Wi-Fi y de telefonía móvil

Para la obtención de las señales de puntos de acceso que se encuentren dentro del área visible del dispositivo con el que se realicen las mediciones, Android Studio proporciona una clase llamada *WifiManager* que permite el escaneo de estas señales.

Los pasos para utilizar sus funciones están enlistados a continuación, sin embargo, cabe aclarar que los pasos varían de acuerdo con la versión de API en la que se programe la aplicación, en este caso, será para la versión 24.

- Solicitar permisos de usuario. Ya que las últimas versiones de Android presentan un sistema más sofisticado para proteger los datos del dispositivo y la experiencia

del usuario, se necesita de la aprobación del mismo para poder utilizar la funcionalidad que proporciona el dispositivo.

- Registrar un *broadcast listener* para la verificación de los resultados obtenidos por la antena del celular cada vez que se solicite del servicio, lo que también proporciona un estado de éxito o falla.
- Comenzar el escaneo de señales usando *WifiManager.startScan()*. El resultado se obtiene mediante un método asíncrono que indica el fin del escaneo.
- Obtener los resultados usando *WifiManager.getScanResults()*. Los datos se almacenan en una lista que contienen información sobre la señal obtenida, como su frecuencia, su intensidad, entre otros.

La aplicación debe obtener la intensidad de la señal que reciba de la antena de radio base, así como la tecnología de telefonía con la que opere en función de su proveedor de chip. Esta información puede ser obtenida por una clase brindada por Android Studio llamada *TelephonyManager*.

La clase provee acceso a la información de los servicios del dispositivo móvil. En este caso, lo que interesa conocer en el momento de iniciar el escaneo es la intensidad de la señal de telefonía y el tipo de red móvil.

Para la API que se está utilizando, no se requiere de conversiones para los diferentes tipos de redes móviles, ya que anteriormente, el cálculo para obtener la intensidad de la señal de telefonía variaba si el teléfono inteligente operaba con una tecnología 2G, 3G o 4G. En este caso, el valor de la intensidad se obtiene por la Unidad Arbitraria de Fuerza (por sus siglas en inglés ASU), el cual representa un valor proporcional entero de la señal obtenida por teléfono inteligente.

A continuación, se explica el proceso para obtener la información de la señal de telefonía móvil:

- Solicitar los permisos de uso para la aplicación.
- Crear una variable *listener* que obtenga la información del teléfono inteligente cada vez que cambie su señal.
- Obtener la intensidad de la señal de telefonía en dbm y guardarla en una variable de tipo entero.

Para el registro del tipo de red de telefonía se utiliza la información proporcionada por la clase *TelephonyManager*. Dependiendo de la red a la que el celular se encuentre conectada se podrá conocer el tipo de red móvil que el dispositivo utilice.

La obtención de las coordenadas donde se registre el monitoreo es la parte esencial que dispondrá el proyecto para gestionar una información estadística de la información. El funcionamiento del sistema recae en un escaneo de señales cada cincuenta metros, los siguientes pasos describen el proceso para poder utilizar los servicios de geolocalización en el dispositivo móvil.

- Solicitar los permisos de uso de GPS para la aplicación.

- Registrar un *listener* de la clase *LocationManager*, proporcionada por Android Studio, para obtener los datos de localización.
- Definir las peticiones de actualización de datos tanto por el proveedor de GPS como de la red a la que se encuentre conectado el dispositivo móvil.
- Definir una distancia mínima para recibir las actualizaciones del sistema de GPS, en este caso, el mínimo propuesto es de un metro.
- Guardar las coordenadas de latitud y longitud obtenidas por el *listener* en el momento que se dé la petición de actualización de información.

Registro de usuario por documento PHP

La sección de registro de usuarios es la encargada de agregar nuevos usuarios al sistema. La información de los usuarios es recolectada mediante un formulario en HTML. Dicha información es enviada a una función de validación de datos para evitar errores por parte del usuario que se registra. A continuación, se enlistan los pasos que necesarios para la creación del archivo de registro por PHP.

- Recibir las variables de los campos de registro por el método POST, cada dato es almacenado en una variable distinta que se usaran para verificar registros existentes en la base de datos.
- Realizar una conexión a la base de datos mediante el servidor en el que se aloja.
- Si la conexión ha sido exitosa se procede a realizar un filtrado de la información con varias sentencias que determinaran el caso de los datos enviados para que así se genere una cadena aleatoria de tamaño determinado que sirve para la creación de una dirección Web, dicha dirección es la que utilizará el usuario para verificar la cuenta que registre.
- Dependiendo del caso, el archivo PHP generará un objeto de tipo JSON que es el dato que recibe la aplicación para determinar el mensaje correspondiente en la interfaz que el usuario puede ver.
- Por medio de echo (una construcción del lenguaje PHP que muestra las cadenas que se le indiquen) la aplicación recibirá la cadena correspondiente al caso en el que los datos se presenten con el algoritmo.
- Si la información se ha almacenado correctamente en la base de datos se envía un mensaje de validación al correo que el usuario ha registrado, este mensaje contiene una dirección URL con el código de activación generado anteriormente.
- La URL se envía por método el método GET ya que la que dirección que se crea es aleatoria y única para cualquier persona que haga un registro.

El siguiente diagrama de flujo muestra el funcionamiento y uso del archivo PHP.

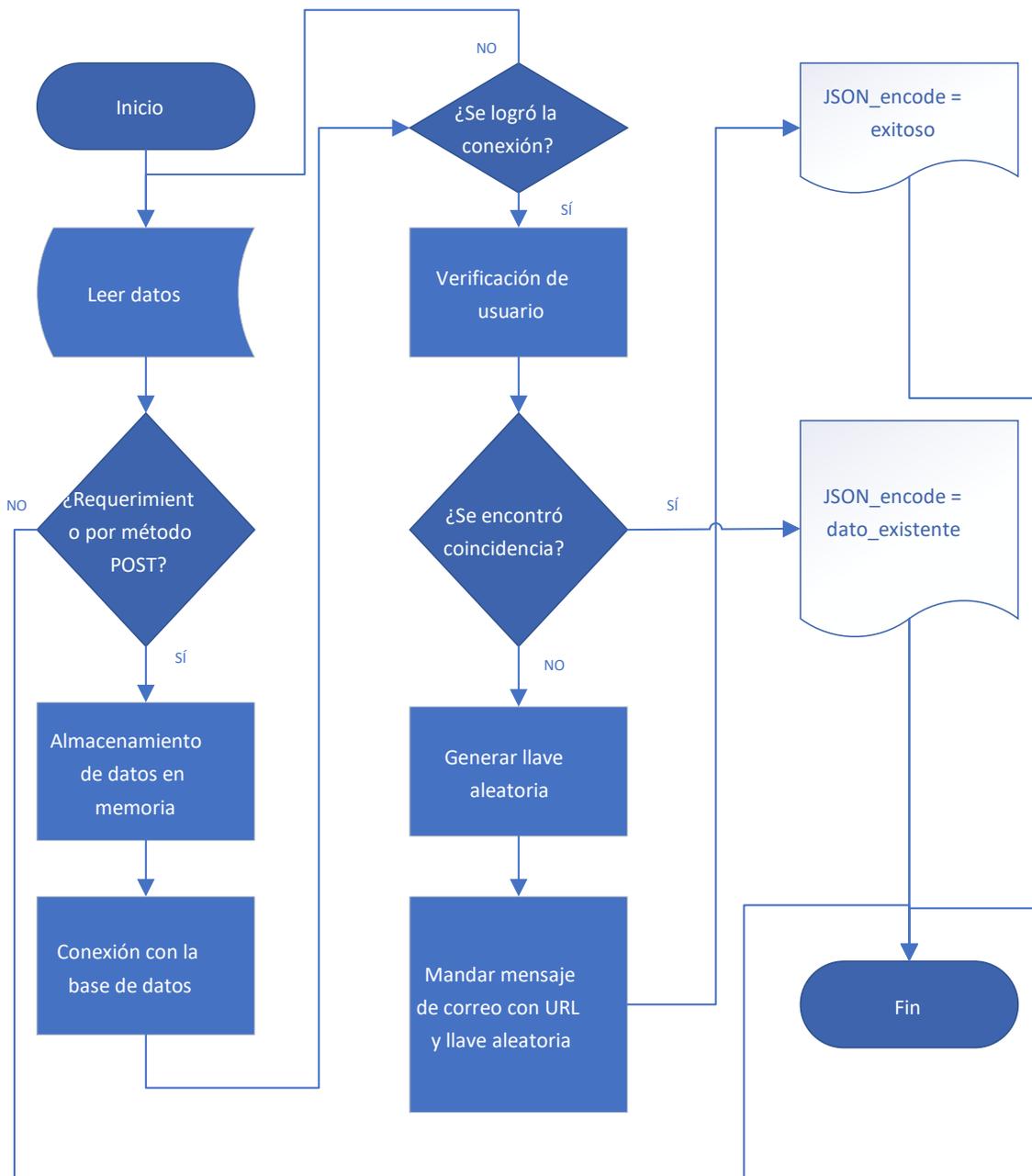


Figura 29. Diagrama de flujo del archivo PHP encargado de verificar el registro de usuario.

El documento PHP para el registro de usuario utiliza un método en específico para el recibimiento de variables externas que provienen de un formulario, en este caso, las variables deben ser recibidas por el método POST. La solicitud al servidor debe validarse como se muestra en la siguiente línea de código, en el cuadro 11:

Cuadro 11 recibir la variable por método POST.

```
if ($_SERVER['REQUEST_METHOD'] == 'POST')
```

Con la validación correspondiente, se deben almacenar las variables de registro que fueron enviadas desde el formulario y que serán las que se analizarán en la base de datos. A continuación, en el cuadro 12, se muestran las variables utilizadas para recibir la información del formulario de la aplicación.

Cuadro 12 almacenar variables del usuario.

```
$correo = $_POST['correo'];
$usuario = $_POST['usuario'];
$clave = $_POST['clave'];
$clave2 = $_POST['clave2'];
$type_user = $_POST['tipo'];
$response = array();
```

Una vez recibidos los datos de registro, es necesario realizar la conexión con la base de datos como se muestra en el cuadro 13:

Cuadro 13 realizar conexión con la base de datos.

```
try{ $conexion = new PDO('mysql:host=localhost;
dbname=id6256163_login_tuto',
'id6256163_radiofrecuencia',
'crashrapido1');
    } catch(PDOException
$prueba_error){
    $error= "Error: " . $prueba_error->getMessage();
    $response["success"] =
$error;
    echo
    json_encode($response);
}
```

La variable \$response guarda una cadena de error en la matriz “success”, de esta forma, json_encode puede mandar la variable de respuesta que recibirá la aplicación por el mismo nombre de la matriz.

Para validar los registros de usuario, se debe hacer una consulta con la base de datos, preguntando si existe alguna coincidencia obteniendo el número de filas en las que resulte ser cierto, de esta forma, si el número de filas es cero, se procede a insertar la información a la base de datos y mandar un correo de validación con la dirección aleatoria creada. El siguiente código del cuadro 14 se muestra la forma de realizar la consulta de la base de datos.

Registrar usuario mediante la aplicación móvil

Ya se ha visto la estructura del archivo PHP que se necesitará para hacer la conexión con la base de datos y, como se pudo observar, tal archivo imprimirá un objeto de tipo JSON, este tipo de datos son utilizados para la lectura de información proveniente de un

servidor Web que sea mostrada en la página (en este caso por el funcionamiento de echo).

Cuadro 14 consulta con las bases de datos.

```
$random_key = generate_random_key();
$stmt = $conexion->prepare('SELECT * FROM usuarios WHERE correo
= :correo');
$stmt->execute(array(':correo' => $correo));
$row_count = $stmt->fetchColumn();
if($row_count < 1)
    {
        $stmt = $conexion->prepare('SELECT * FROM usuarios
WHERE usuario = :usuario LIMIT 1');
        $stmt->execute(array(':usuario' => $usuario));
        $resultado = $stmt->fetch();
    }
if($resultado!=false){
    $error = "Usuario existente";
    $response["success"] = $error;
    echo json_encode($response);
}
else{
    $stmt = $conexion->prepare('INSERT INTO
usuarios (correo,usuario,clave,tipo,activation_key,validated) VALUES
(:correo, :usuario, :clave, :tipo, :activation_key, :validated)');
    $stmt->execute(array(
        ':correo' => $correo,
        ':usuario' => $usuario,
        ':clave' => $clave,
        ':tipo' => $type_user,
        ':activation_key' => $random_key,
        ':validated' => 0
    ));
    mail($correo,"radiofrecuenciaipn.000webhostapp.com - Activacion de la
cuenta",
        "Bienvenido a
radiofrecuenciaipn.000webhostapp.com!
        Gracias por registrarse en nuestro sitio.
Su cuenta ha sido creada, y debe ser activada antes de poder ser
utilizada.
        Para activar la cuenta, haga click en
el siguiente enlace o copielo en la
barra de direcciones del navegador:
        https://radiofrecuenciaipn.000webhostapp.com/loginbuena/activate.php?
activation=".$random_key);
    $response["success"] = 'listo';
    echo json_encode($response);
```

En la interfaz de registro antes de realizar alguna conexión con el servidor se validará el tamaño de la contraseña y si el correo introducido tiene el formato esperado. Para la lectura del objeto que imprime el archivo PHP, Android Studio implementa una clase llamada *JSONObject* con la que podemos recibir la cadena de texto que se almacenó o imprimió por medio del objeto de tipo JSON del archivo de registro PHP.

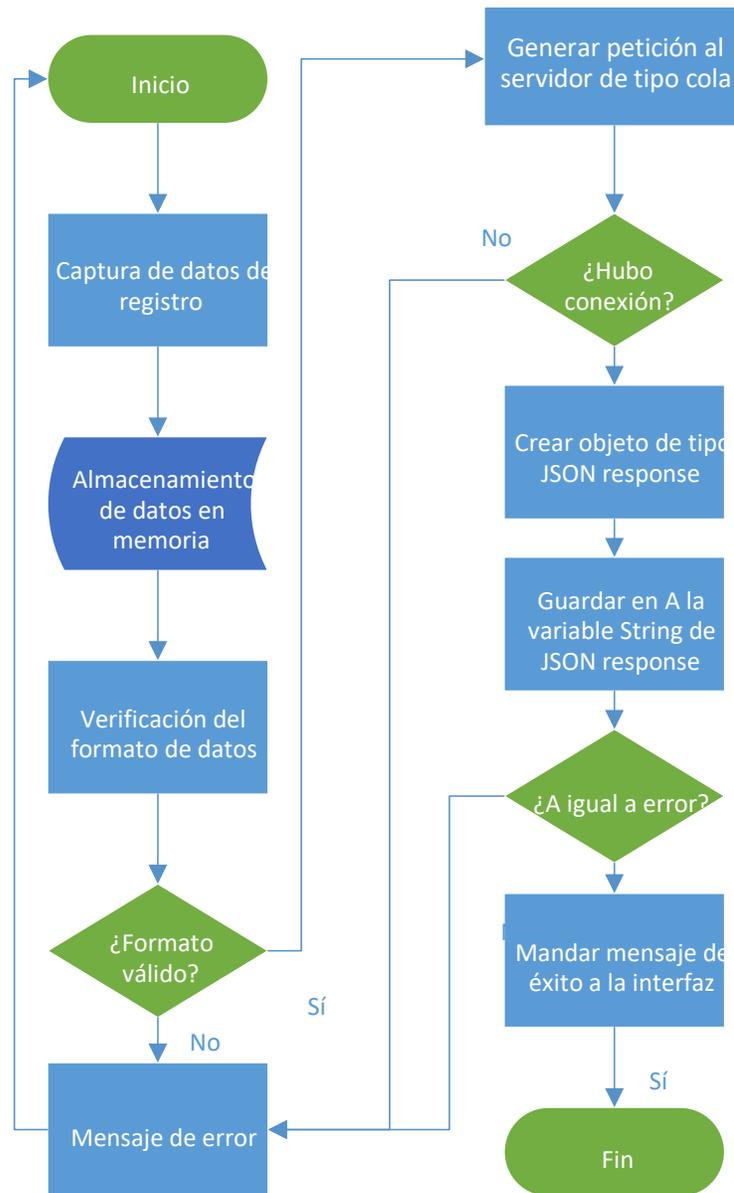


Figura 30. Diagrama de flujo del registro de usuario por la interfaz de la aplicación móvil.

Sin embargo, lo primero que se debe de hacer es la conexión de la aplicación al servidor donde se encuentra alojado nuestro archivo PHP que realiza todo el procedimiento

descrito anteriormente, para ello, se utilizó una librería de HTTP para Android llamada *Volley*. *Volley* es una librería que permite la conexión a un servidor para aplicaciones Android de una manera fácil y rápida. *Volley* está enfocado totalmente a realizar peticiones, enviando una serie de datos que validen dichas peticiones. La aplicación hace uso de peticiones generadas en cola, es decir, cada petición que recibe la clase que implementa la librería gestiona y optimiza la administración de las peticiones. La conexión se genera por medio del método POST y la dirección URL en la que se encuentra alojado el archivo PHP, es muy importante verificar que los métodos de envío sean los mismos tanto en la aplicación como en la recepción de datos del archivo o de otra forma no será posible establecer la conexión.

El siguiente diagrama de flujo representa el envío de datos por peticiones generadas con *Volley* y la lectura del objeto JSON (generado por el archivo PHP de registro) para mandar el aviso correspondiente al usuario por la interfaz de la aplicación.

Iniciar sesión en la aplicación móvil

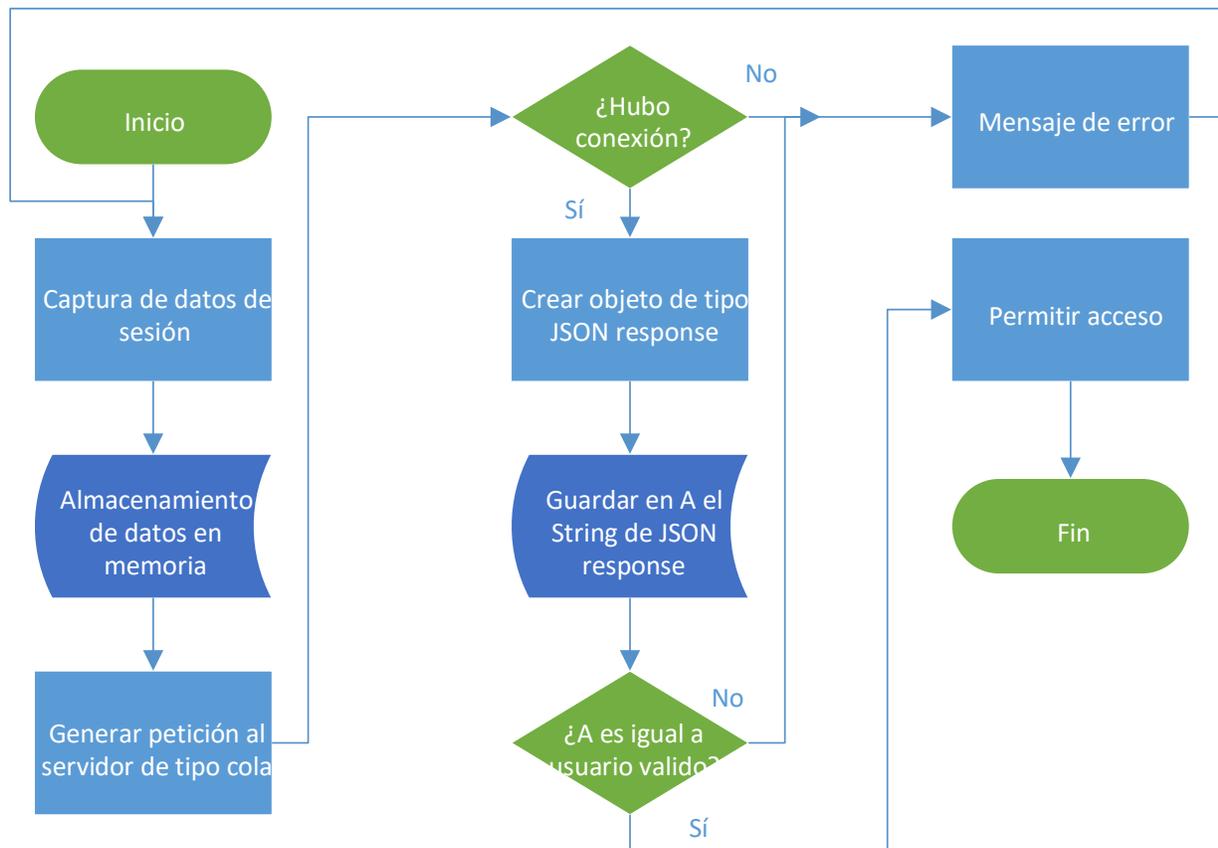


Figura 31. Diagrama de flujo del inicio de sesión en la aplicación móvil.

La filosofía del diseño que se implementa a la interfaz de registro es la misma que se utiliza con el inicio de sesión, las diferencias que presenta son los campos enviados por nuestra petición de conexión al servidor y la respuesta que se obtendrá en el objeto

JSON response. El funcionamiento del archivo de verificación PHP es la búsqueda de usuarios almacenados en la base de datos, sí la búsqueda de los registros resulta exitosa y no se encuentra una coincidencia entonces se pasará a la segunda etapa de verificación. En esta segunda etapa se utiliza un campo de validación que se almacena en la base de datos, esta variable de tipo booleana es un **false** siempre que se realice un registro en el sistema, sin embargo, el momento en el que el usuario se dirige a la URL generada por el archivo de registro PHP, la variable de validación cambia a **true**. Con este método de validación se puede tener un aseguramiento de que las cuentas ingresadas sean activas y puedan disponer de todas las funciones del software de la aplicación.

El proceso del sistema se observa en el siguiente diagrama de flujo.

3.2.4 Protocolo de medición

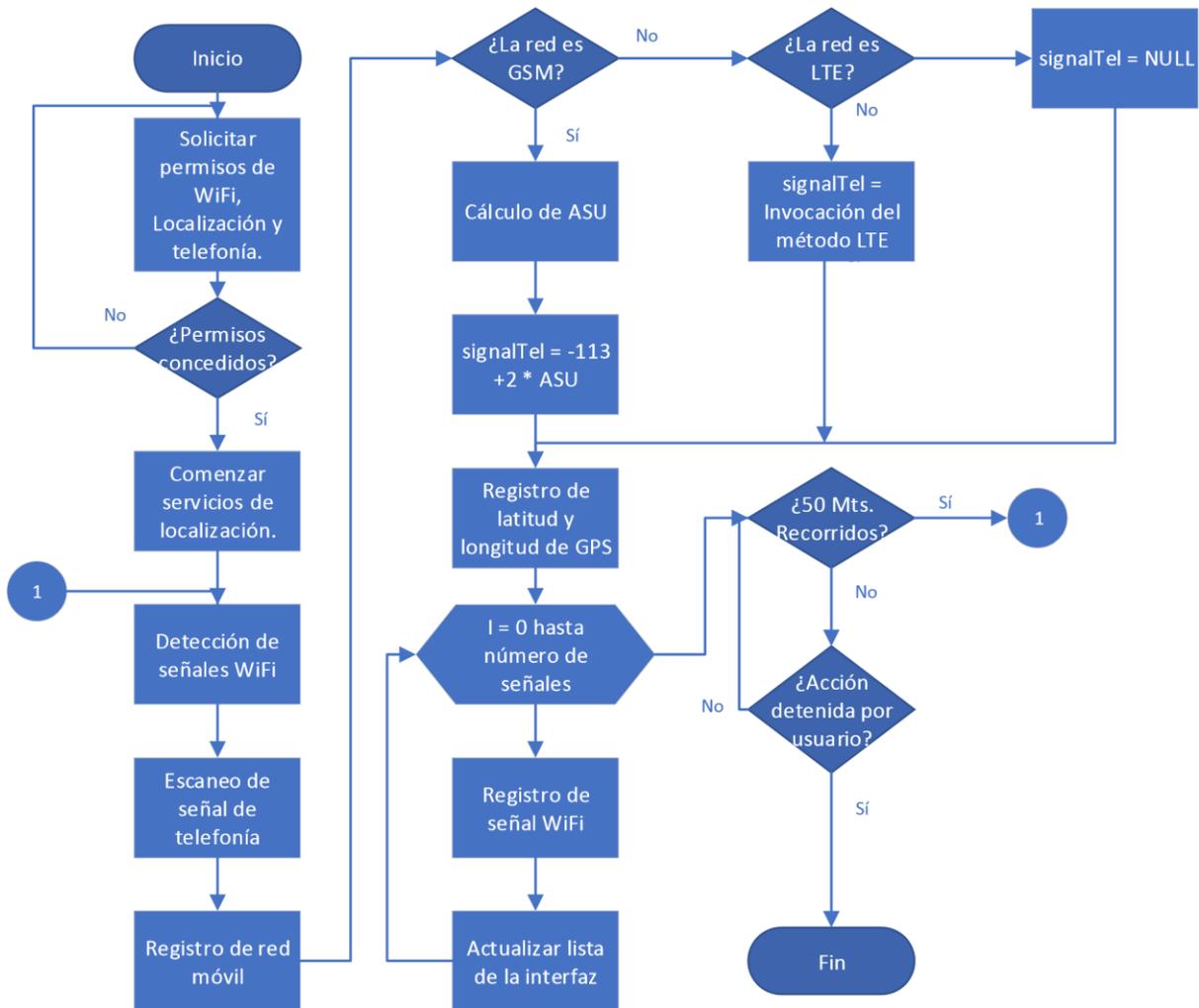


Figura 32. Diagrama de flujo del monitoreo de señales de radiofrecuencia en la aplicación.

Hasta ahora se han descrito las herramientas que se necesitan para obtener la información de señales de radiofrecuencia, sin embargo, para que los datos sean obtenidos en conjunto, se requiere de un modelo específico, el cual, se explicará ahora. El proceso de monitoreo de señales debe darse cada cincuenta metros, es decir, la aplicación debe ser capaz de registrar al menos un monitoreo apenas se inicie. En seguida, la contabilidad de los metros que se hayan recorrido desde ese primer punto de la medición debe comenzar hasta que se cumplan cincuenta metros, donde se dará el segundo monitoreo de señales, así hasta que el usuario complete el recorrido o detenga la medición. La localización por GPS determinará el monitoreo de señales de radiofrecuencia, el cual se explica en el siguiente diagrama de flujo.

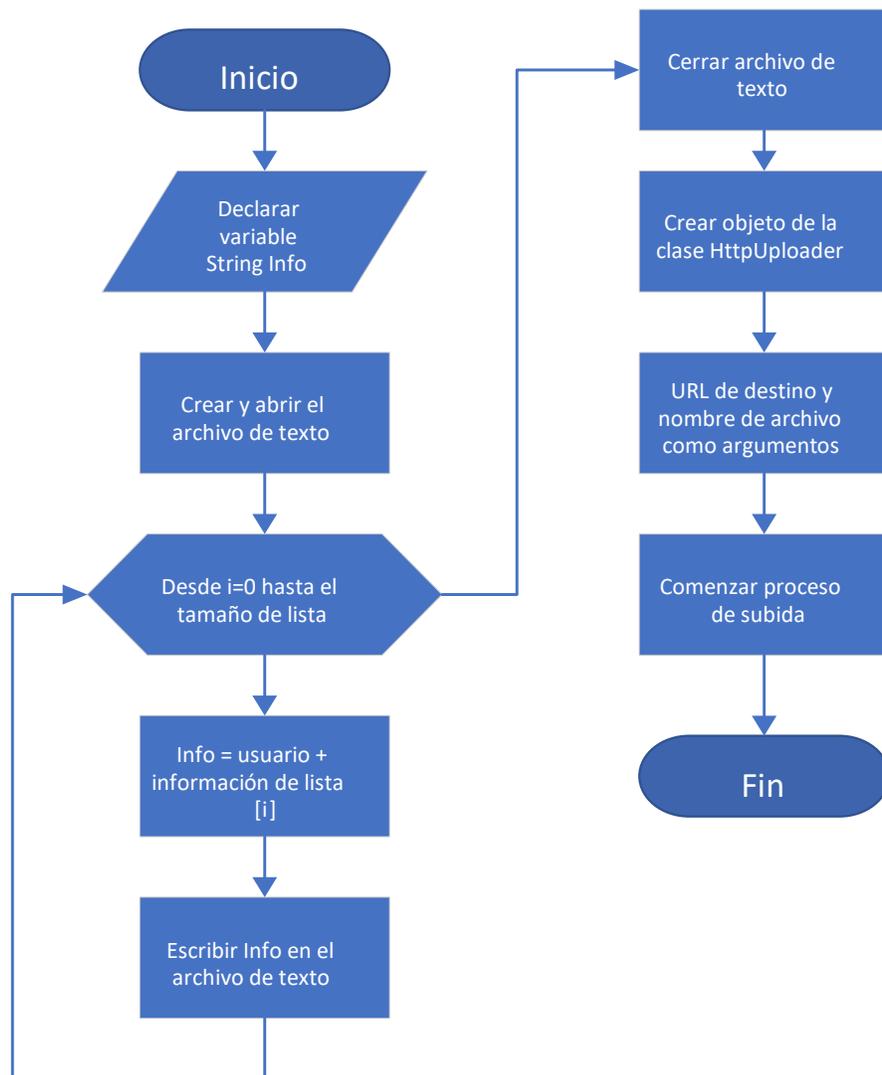


Figura 33. Diagrama de flujo del archivo de guardado de texto.

La invocación de métodos como LTE y el cálculo de ASU son proporcionados por clases internas de Android, utilizando el tipo de red móvil como atributo de entrada.

La aplicación guarda la información de cada señal en una lista desplegable de la interfaz, sin embargo, para que los datos recopilados sean parte de la base de datos se hace uso de un archivo de texto. El archivo de texto se genera y se guarda en la memoria interna del dispositivo en el cual se sobrescriben todos los datos almacenados en la lista que genera la aplicación.

Con la información guardada del monitoreo, la aplicación debe subir el archivo de texto al servidor donde se encuentra un archivo PHP que almacenará la información que este escrita en el archivo. Para esto, se utilizará una clase llamada *HttpFileUploader* [40] con la cual, se podrá establecer una relación cliente-servidor de la aplicación con un archivo PHP que se encargará de guardar el contenido del archivo de texto en la base de datos.

El proceso de transmisión del archivo debe realizarse en segundo plano para que no se interrumpan las tareas que se encuentren en el hilo principal, debemos recordar que el proceso de monitoreo sigue en curso, por lo que puede causar problemas si se realizan mediciones mientras se lleva a cabo la subida del archivo.

En la figura 33 se muestra el diagrama de flujo correspondiente.

3.3 Implementación

3.3.1 Programación de la aplicación móvil de Monitoreo de Radiofrecuencia

A continuación, se presenta el código XML que representa la interfaz de registro de usuario, así como la codificación de los campos y botones que conforman el formulario propuesto.

Interfaz de usuario de registro

Para generar una interfaz en XML, se necesita colocar contenedores que sujeten todos los objetos que se quieran programar. Existen diferentes tipos de contenedores, cada uno con características específicas, en este caso, se hará uso del llamado *LinearLayout*, contenedor que permite visualizar los objetos contenidos en una sola columna si el dispositivo se encuentra de manera horizontal o en una sola fila si se encuentra de manera vertical. Los objetos que contiene *LinearLayout* son *TextView*, *EditText*, *RadioButton* y *Button* para generar el formulario de registro con los campos solicitados.

El objeto *TextView* solo se encarga de visualizar un mensaje, en este caso, indicará el nombre de los campos que requieren ser llenados por el usuario. *EditText* se encarga de recibir la información que ingrese el usuario, en este caso, al tratarse de un formulario de registro, al campo de contraseña se le especificará una visualización de tipo *textPassword* para expresar la información de una manera más oculta. Los objetos *RadioButton* serán los encargados de señalar el tipo de usuario que intente registrarse en la aplicación, mientras que el *Button* será el que, por medio de una acción de toque, comience todo el proceso de registro de información del usuario. Para generar algunos

de estos elementos se utilizan las etiquetas XML que se muestran a continuación en el cuadro 15:

Cuadro 15 código del registro de los usuarios en la app.

```
<LinearLayout
xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="match_parent"
android:orientation="vertical"
android:background="@drawable/androidback"
tools:context=".Registro">

<Button      android:id="@+id/registro"
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="wrap_content"
android:layout_marginTop="16dp"
android:background="@drawable/boton_radio_esquina"
android:text="Registrar." />

</LinearLayout>
```

La figura 34 representa la interfaz final de registro en la aplicación móvil.

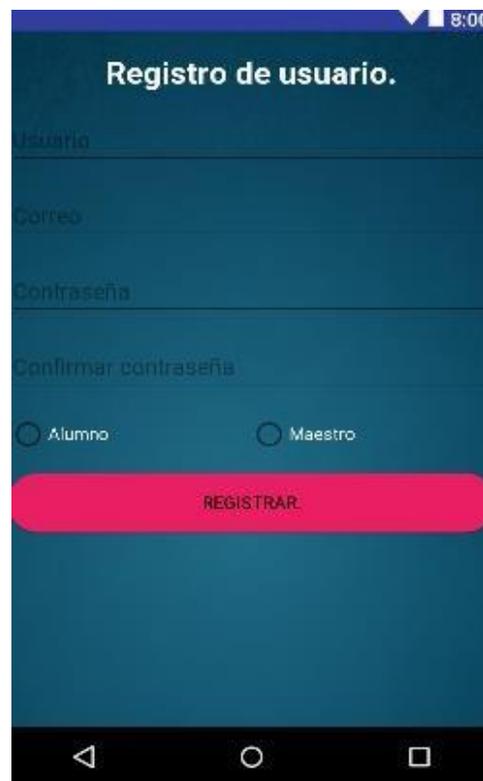


Figura 34. Interfaz de registro de usuario.

Acción del botón de registro

Cuando el botón es presionado, se iniciará el evento *onClick* donde se obtiene todos los datos de registro del formulario diseñado en la interfaz. El siguiente código representa la creación de un objeto de tipo JSON response, el cual recibirá la variable tipo *String* del archivo PHP, como se muestra en el cuadro 16.

Cuadro 16 creación de objeto JSON.

```
JSONObject jsonResponse = new JSONObject(response);  
String success = jsonResponse.getString("success");
```

Para realizar la conexión con el servidor se implementa una petición de tipo *queue* con ayuda de la clase *Volley* para mandar la información al servidor PHP, como se muestra a continuación en el cuadro 17:

La clase *RegisterRequest* implementa los métodos necesarios para completar la conexión, por lo que recibe como parámetros las variables del formulario que manda hacía una dirección URL donde se encuentra almacenado el archivo PHP de registro.

Dependiendo de la respuesta que se obtenga de JSON response, la variable *success* determinará si el registro ha sido exitoso o no, mandando un mensaje a la interfaz de la aplicación. En el cuadro 18 se muestra la forma de generar el mensaje a la interfaz de la aplicación.

Cuadro 17 petición al servidor.

```
RegisterRequest registerRequest = new RegisterRequest(correo, usuario,  
clave, clave2, tipo, respoListener);  
RequestQueue queue = Volley.newRequestQueue(Registro.this);  
queue.add(registerRequest);
```

Cuadro 18 código para generar mensaje.

```
if(success.equals("listo")){    progressDialog.dismiss();  
    AlertDialog.Builder builder = new  
AlertDialog.Builder(Registro.this);    builder.setMessage("Usuario  
registrado exitosamente. Por favor, verifique su cuenta en su  
correo.").setNegativeButton("Ok", null).create().show();
```

Implementación de inicio de sesión

La interfaz para iniciar sesión en la aplicación comparte similitudes con la del registro de usuario, ya que los objetos requeridos son los mismos, por lo tanto, se hablará de la codificación y acciones que generar la validación del usuario para comenzar el monitoreo de señales en la aplicación.

La figura 35 muestra la interfaz de inicio de sesión para la aplicación.



Figura 35. Interfaz de inicio de sesión.

Cuando se llenan los campos del formulario y se presiona el botón “Iniciar Sesión”, se ejecuta la acción *onClick* del mismo, donde se tomarán los datos para validarse con los registros de usuarios. El código que se muestra a continuación en el cuadro 19 representa el cambio de *Activity* cuando la validación del usuario ha sido correcta:

Cuadro 19 código para validación de usuario.

```
progressDialog.dismiss();  
Intent intent = new Intent(MainActivity.this,  
com.example.shiga.pruebaapptesis.usuario.class);  
intent.putExtra("usuario", usuario);  
intent.setFlags(Intent.FLAG_ACTIVITY_NEW_TASK |  
Intent.FLAG_ACTIVITY_CLEAR_TASK);  
MainActivity.this.startActivity(intent);
```

Interfaz de monitoreo

El siguiente código describe la codificación en XML para la interfaz donde se lleva a cabo el registro de señales de WiFi y de telefonía móvil. Para representar la información correctamente al usuario, se utiliza un contenedor de tipo *LinearLayout* para administrar de manera ordenada los objetos que serán mencionados a continuación.

En la cabecera de la interfaz se tiene un *TextView* donde se representan los metros que se han recorrido con el teléfono inteligente.

Cuadro 20 código XML para interfaz.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<LinearLayout
xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="match_parent"      android:layout_margin="16dp"
android:orientation="vertical">
    <LinearLayout          android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="wrap_content"
android:gravity="center_vertical"
android:orientation="horizontal">
        <TextView          android:id="@+id/textStatus"

                android:layout_width="0dp"
android:layout_height="wrap_content"
android:layout_weight="1"          android:text="Status" />
        <Button          android:id="@+id/buttonScan"
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="40dp"          android:text="Calibrar GPS"
/>
        <Button          android:id="@+id/buttonCargar"
android:layout_width="1dp"
android:layout_height="wrap_content"
android:layout_weight="1"          android:text="Cargar archivos"
android:textSize="10sp" />
        <Button          android:id="@+id/buttonLeer"
android:layout_width="1dp"
android:layout_height="wrap_content"
android:layout_weight="1"          android:text="Parar" />
    </LinearLayout>    <LinearLayout
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="wrap_content"
android:gravity="center_vertical"
android:orientation="horizontal">
        </LinearLayout>    <ListView          android:id="@+id/list"
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="wrap_content"
android:layout_marginTop="20dp">
        </ListView>
</LinearLayout>
```

Debajo de este objeto se encuentran tres botones que controlan el funcionamiento del sistema con la aplicación. El primero es el botón encargado para calibrar el sistema de ubicación por GPS, el segundo botón se utiliza para iniciar el proceso de subida de la

información obtenida y finalmente el último botón permite el control sobre el inicio o pausa del monitoreo de señales.

Por último, se tiene un objeto *ListView*. Este objeto permite desplegar todos los elementos que sean añadidos a la lista por medio de un *Adapter*, el cual, convierte toda la información que se le añade y le dispone de un formato para que pueda ser mostrado al usuario. El siguiente código que se muestra en el cuadro 20 muestra la forma de crear la interfaz de monitoreo en la aplicación.

La figura 36 representa la interfaz final para el monitoreo de señales en la aplicación.

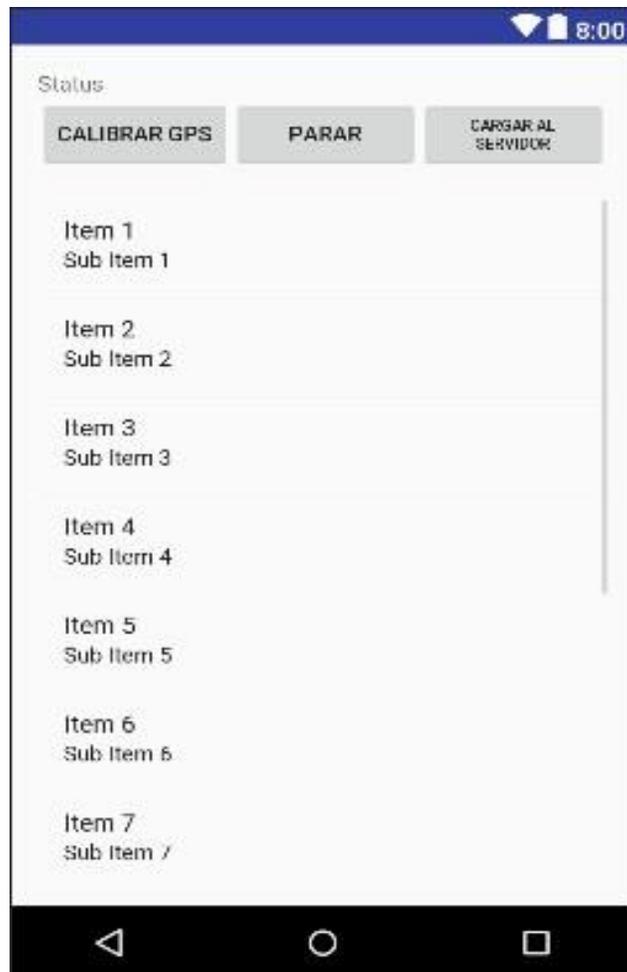


Figura 36. Interfaz de monitoreo de señales.

Codificación del sistema de monitoreo

A continuación, se explicará la codificación de la interfaz de monitoreo de señales de WiFi y señales de telefonía, así como la forma en que se obtiene la información y se muestra al usuario.

Cuando se permite el acceso de sesión en la aplicación, el usuario puede escoger en iniciar el monitoreo de señales al presionar un botón. Debido a la arquitectura de seguridad del sistema operativo Android se debe permitir el uso de las funcionalidades

del teléfono inteligente que se va a usar, como el servicio de WiFi, GPS e información del teléfono. Para esto, en el archivo principal de la aplicación conocido como “Android Manifest”, se deben colocar las siguientes etiquetas como se muestra en cuadro 21:

Cuadro 21 etiquetas para WiFi y GPS.

```
<uses-permission android:name="android.permission.INTERNET" />
<uses-permission android:name="android.permission.READ_PHONE_STATE" />
<uses-permission
android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION" />
<uses-permission
android:name="android.permission.ACCESS_NETWORK_STATE" />
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_WIFI_STATE"
/>
<uses-permission android:name="android.permission.CHANGE_WIFI_STATE"
/>
```

Sin embargo, se debe preguntar al usuario si permite el uso de estos servicios en su teléfono inteligente, por ejemplo, en el caso de los servicios de localización por GPS (que se puede obtener por el proveedor del chip del teléfono o vía internet) se debe realizar un condicionamiento para permitir que la aplicación funcione correctamente. Primero, se obtiene un valor de tipo entero que guarda el permiso del servicio de localización para la aplicación como se muestra en el cuadro 22:

Cuadro 22 pedir permiso para funcionamiento de app

```
int permissionCheck = ContextCompat.checkSelfPermission(this,
Manifest.permission.ACCESS_FINE_LOCATION);
```

Dependiendo del valor almacenado en la variable, se pregunta si la aplicación posee el permiso requerido para utilizar las funcionalidades de localización por GPS como se muestra en el cuadro 23.

Cuadro 23 comparación de la variable.

```
if (permissionCheck == PackageManager.PERMISSION_DENIED)
```

Una vez que el usuario haya aceptado (o activado externamente) los servicios de localización, comenzará el proceso de monitoreo de señales el cual, realizará una medición inicial y no se repetirá hasta haber recorrido una distancia de cincuenta metros desde el punto inicial de la primera medición. Debido a que el sistema de monitoreo está condicionado a los servicios de localización, se solicita una respuesta de actualización en los servicios de GPS y del proveedor de la red del teléfono inteligente como se muestra en el cuadro 24:

Cuadro 24 inicio de mediciones.

```
final LocationManager locationManager = (LocationManager)
getSystemService(Context.LOCATION_SERVICE);
```

```
locationManager.requestLocationUpdates(LocationManager.GPS_PROVIDER,  
0, 1, locationManager);  
locationManager.requestLocationUpdates(LocationManager.NETWORK_PROVIDE  
R, 0, 1, locationManager);
```

En estas líneas se crea un objeto de tipo *LocationManager* en donde se llamarán los métodos que proporciona la clase para utilizar los servicios de localización. A continuación, se llaman a las actualizaciones de coordenadas tanto por el proveedor de GPS y de red para asegurar el funcionamiento de la aplicación en caso de que alguno de los dos falle. Las actualizaciones se realizan en una distancia mínima de un metro.

El objeto que recibe como uno de los parámetros se llama *locationListener*, el cual se crea de la siguiente manera como se presenta a continuación en el cuadro 25:

Cuadro 25 comparación de variable.

```
final LocationListener locationManager = new LocationListener();
```

Este objeto posee un método conocido como “*onLocationChanged*” que es llamado cada vez que ocurre un cambio de ubicación del dispositivo móvil. Dentro de este método es donde se lleva el conteo de los metros recorridos, sin embargo, para mejorar los parámetros de medición y la precisión que maneja el uso de los servicios de GPS se toman las coordenadas de un primer punto en latitud y longitud como se muestra en el cuadro 26:

Cuadro 26 adquisición de valores de la latitud y longitud.

```
lat1 = locationManager.getLatitude();  
long1 = locationManager.getLongitude();
```

Estos valores son almacenados en variables globales que permanecerán sin ningún cambio en los próximos requerimientos de actualización de localización. De esta manera, en los siguientes cambios de ubicación se obtendrán otros dos valores de latitud y longitud, los cuales serán comparados con las variables globales almacenadas en la primera instancia pudiendo calcular la distancia que existe entre ambos puntos como se muestra en el cuadro 27:

Cuadro 26 cálculo de distancia entre dos puntos.

```
float[] distancia = new float[2];  
Location.distanceBetween(lat1, long1, lat2, long2, distancia);  
distanciaMetros = distancia[0];
```

Se crea un vector flotante para almacenar los resultados que se obtengan del método. La primera posición del vector almacena el valor en metros de la distancia entre ambos puntos. En cada actualización en la ubicación del dispositivo móvil se calculará un valor diferente de distancia, por lo que cuando la distancia se mayor o igual a cincuenta metros

se realizará el monitoreo de señales. Sin embargo, para una primera medición, el monitoreo se realizará sin tomar en cuenta la condición de distancia establecida.

Para iniciar los registros de señales de WiFi y de telefonía celular se llama a una función nombrada como *scanWifi* dentro del mismo método donde se cumplió la condición de distancia, es decir, dentro del método *onLocationChanged*.

En el algoritmo, al igual que sucedió con el objeto de *locationManager*, también se requiere crear un objeto de tipo *WifiManager* para poder utilizar los servicios del teléfono inteligente en conjunto con la antena WiFi del mismo dispositivo como se muestra en cuadro 28.

Cuadro 28 creación de objeto WifiManager

```
private WifiManager wifi; wifi = (WifiManager)
(AgregarMiembro.this).getApplic
ationContext().getSystemService(Context.WIFI_SERVICE);
```

Con el objeto *wifi* creado, se comienza el registro de las señales WiFi obtenidas en el momento por la antena del teléfono inteligente como se muestra en el cuadro 29.

Cuadro 29 objeto creado

```
wifi.startScan();
```

Los resultados obtenidos por la aplicación son almacenados en una lista. El tamaño de la lista indica el número de señales de WiFi que se registraron en el monitoreo, por lo que para cada una se debe describir y almacenar su información en una lista visual para el usuario. La captura de la información de cada señal se realiza de la siguiente manera como se muestra en el cuadro 30:

Cuadro 30 código para captura de información.

```
results = wifi.getScanResults(); for (int i=0; i<results.size(); i++)
{ muestra=""; network = getNetwrolClass(getApplicationContext());
muestra += "[WiFi:{SSID=" + results.get(i).SSID + " BSSID=" +
results.get(i).BSSID + " RSSI=" + results.get(i).level + "
FREQUENCY=" + results.get(i).frequency + "}}\n"; muestra +=
"[Localización:{ Latitud= " + latitude + " Longitud= " + longitud +
"}]\n";
muestra += "[Señal telefónica:{ Nivel= " +
String.valueOf(mSignalStrength) + " " + network + "}}\n"; informacion
= new Informacion(color, muestra); info_radiacion.add(informacion); }
```

En estas líneas de código se obtiene la información en una variable de tipo String que irá guardando en cadenas de texto los campos requeridos por el sistema. Como se mencionó, el ciclo iterativo for permitirá recorrer cada campo de la lista de señales de WiFi mientras se obtiene a la vez los datos de la fecha de medición, la intensidad de la

señal almacenada, la frecuencia de la misma, las coordenadas del punto donde se realizó la medición, entre otros. Toda la información es almacenada y actualizada en una lista que se presenta al usuario.

La forma en la que se obtiene el tipo de red telefónica es por medio de una variable de tipo String nombrada *network*, donde se llama a una función propia de la clase conocida como *getNetworkClass*. La función recibe como parámetros el contexto del entorno de la aplicación donde se requieren los servicios. La información del sistema está dada por la conectividad a la red, por lo que se desactiva la conexión por WiFi para restringir el tipo de conexión solo por telefonía móvil como se muestra en código del cuadro 31.

Cuadro 31 código desactivar WiFi.

```
wifi.setWifiEnabled(false);
```

A continuación, se declara un objeto de tipo *ConnectivityManager* para obtener la información de conexión. Como se desactivó la conexión por WiFi, los únicos casos que existen es que no exista un sistema de uso de datos para determinar el tipo de red al que se encuentra conectado el dispositivo, o que si lo haya. El tipo de red, dependiendo del tipo de conexión se obtiene de la siguiente manera como se muestra en cuadro 32:

Cuadro 32 código de Switch Case

```
switch (networkType) { case  
TelephonyManager.NETWORK_TYPE_IDEN:  
    return "2G"; case  
TelephonyManager.NETWORK_TYPE_TD_SCDMA:  
    return "3G"; case 19: //LTE_CA    return  
"4G";  
}
```

La función regresa el tipo de red en un formato de cadena que recibirá la variable *network*.

El último requerimiento de la aplicación es obtener la intensidad de la señal de telefonía, que es obtenida por una variable llamada *mSignalStrenght*. La variable se irá actualizando gracias a una clase propia de Android que permite recolectar información del estado del dispositivo móvil llamado *PhoneStateListener* como se muestra en código del cuadro 33.

Cuadro 33 actualización de información.

```
class MyPhoneStateListener extends PhoneStateListener {  
    public void onSignalStrengthsChanged(SignalStrength  
signalStrength) {  
super.onSignalStrengthsChanged(signalStrength);  
mSignalStrength = getDbm(signalStrength);    }  
}
```

Cada cambio en la intensidad de la señal se hace un llamado a la función *getDbm*. En esta función se realizan los cálculos para obtener la intensidad correcta de la señal de telefonía. Dependiendo del tipo de señal obtenida por el chip del dispositivo móvil se realizará un cálculo diferente para obtener la intensidad real de la señal como se muestra en el código del cuadro 34:

Cuadro 34 obtención de intensidad de una señal.

```
if (signalStrength.isGsm()) {
    if (getLteLevel(signalStrength) ==
        SIGNAL_STRENGTH_NONE_OR_UNKNOWN) {
        dBm = getGsmDbm(signalStrength);
    } else {
        dBm = getLteDbm(signalStrength);
    }
}
```

En esta parte, se verifica si se obtuvo algún nivel de señal de telefonía. Si la señal es desconocida se llama a la función *getGsmDbm*, en caso contrario, se opta por llamar a la función *getLteDbm*.

La primera función está orientada para redes de tipo GSM, donde se calcula el valor de la intensidad de la señal por medio del cálculo de nivel de ASU. Esta función es proporcionada por una biblioteca de código donde se obtiene el valor de la intensidad para redes 2G, 3G Y 4G. El cálculo de la intensidad se obtiene de la siguiente manera, como se muestra en cuadro 35:

Cuadro 35 cálculo de intensidad de una señal.

```
int level = signalStrength.getGsmSignalStrength(); int asu = level ==
99 ? SIGNAL_STRENGTH_NONE_OR_UNKNOWN : level; return -113 + 2 * asu;
```

La función *getLteDbm* obtiene la información de la señal por medio de la invocación de un método propio de la biblioteca de Android, por lo que solo es necesario invocar el método de la clase *getLteDbm* para obtener la intensidad de la señal por medio del tipo de señal que se obtuvo anteriormente, se muestra en el cuadro 36:

Cuadro 36 obtención de la información de una señal

```
Method methodGetLteDbm = SignalStrength.class.getMethod("getLteDbm");
return (Integer) methodGetLteDbm.invoke(signalStrength);
```

Con este último dato se obtiene toda la información referente a la primera señal de WiFi y de telefonía, la cual, se representará como el primer elemento de la lista desplegable del *ListView* que está programada en la interfaz del sistema de monitoreo.

Una vez actualizada toda la lista con las mediciones realizadas en el primer punto, el monitoreo de señales se repite hasta no haber alcanzado una distancia mayor o igual a cincuenta metros desde el primer punto de medición, de esta forma, el usuario podrá realizar el recorrido mientras recibe notificaciones de las señales que haya en el dispositivo móvil.

Sin embargo, el usuario tiene a su disposición tres opciones que controlan el manejo del sistema con la aplicación. Se tienen tres botones en la interfaz, el primero de ellos es el que permite calibrar el uso de los servicios de ubicación por GPS. Normalmente, la precisión en los servicios de localización es afectado por alteraciones atmosféricas como lluvias, tormentas eléctricas, entre otros, sin considerar los edificios que se encuentran en el área de medición que pueden provocar fenómenos ópticos que perjudiquen la precisión de las señales obtenidas. Para que los datos puedan ser manejados como información estadística, se necesita de esta función para reestablecer los puntos de localización donde se lleve a cabo el monitoreo.

El botón de calibración reestablece la distancia que se haya recorrido y se toma un nuevo punto inicial de medición. Finalmente, las actualizaciones se reestablecen, como se indica a continuación en el cuadro 37:

Cuadro 37 codificación del botón de calibración

```
buttonScan.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
@Override
    public void onClick(View view) {          lat1 = lat2;
long1 = long2;          distanciaMetros = 0;
textStatus.setText(String.format("%.2f",distanciaMetros) + " mts.");
}};
```

Las variables globales de latitud y longitud de las coordenadas son igualadas a las obtenidas en los cambios de ubicación por lo que al realizar el cálculo de distancia entre puntos será menos errático.

El segundo botón para o reanuda el monitoreo dependiendo de qué acción haya concebido a la otra. Con una variable de tipo booleana, se obtiene la acción a realizar por el botón, si la variable es verdadera quiere decir que el proceso de monitoreo debe ser pausado, en otro caso, el proceso debe ser reestablecido. La acción se controla de la siguiente manera como se muestra en el cuadro 38:

La variable *verificarUpdates* cambiará cada vez que la acción del botón sea llamada, por lo tanto, la condición “if” verificará el cambio que se requiera aplicar.

Para pausar el sistema de monitoreo basta con dejar de recibir actualizaciones en cambios de ubicación por GPS, debido a que la obtención de señales se encuentra acondicionado por la distancia recorrida. El siguiente código muestra la forma para remover las actualizaciones del objeto que se creó para administrar los servicios de localización como se muestra en el cuadro 39:

Cuadro 38 codificación del botón para reanudar el monitoreo.

```
verificarUpdates= !verificarUpdates;
if (verificarUpdates)
```

Cuadro 39 codificación del botón para remover las actualizaciones del monitoreo.

```
locationManager.removeUpdates(locationListener);
```

Para restaurar las actualizaciones de los servicios de GPS y, por lo tanto, comenzar con el sistema de monitoreo, basta con llamar de nuevo a las actualizaciones de localización como se muestra en el cuadro 40:

Cuadro 40 codificación del botón para reanudar el monitoreo.

```
locationManager.requestLocationUpdates(LocationManager.GPS_PROVIDER,
0, 1, locationListener);
locationManager.requestLocationUpdates(LocationManager.NETWORK_PROVIDER,
0, 1, locationListener);
```

Codificación para subir la información al servidor

Como se mencionó en el anterior apartado, la interfaz posee un tercer botón, la acción que le corresponde en función al sistema es la de cargar los datos obtenidos en el *ListView* al servidor.

El primer paso es guardar todos los elementos de la lista en un archivo de texto, por lo que se requiere generarlo en una memoria interna o externa del teléfono inteligente. Para la aplicación, el archivo se guarda en la memoria interna del dispositivo, el cual se realiza de la siguiente forma como se muestra en el cuadro 41:

Cuadro 41 guardar información.

```
FileOutputStream fos = openFileOutput("MEDICIONES.txt",
Context.MODE_PRIVATE); String info; for (int i = 0; i <
arrayList.size(); i++) { info = "Usuario: " + usuario + "\n" +
arrayList.get(i).toString(); fos.write(info.getBytes()); }
```

La variable “*fos*” se utiliza para generar el archivo de texto de nombre “MEDICIONES.txt” con un contexto privado para evitar que se escriba o se hagan lecturas del archivo de manera externa. Con el ciclo iterativo “for” se recorren todos los elementos de la lista y se obtiene la información de cada elemento como una cadena de texto que se guardara en la variable *info* junto con el nombre de usuario que se obtiene al iniciar sesión. Para escribir el contenido de la variable en el archivo de texto, se utiliza el método “*write*” de la variable “*fos*” mientras se codifica la información en una secuencia de bytes.

Una vez que se tiene el archivo de texto con la información escrita es momento de subirlo al servidor que hará uso de él. El método que se utiliza se basa en un funcionamiento

asíncrono, es decir, la tarea para cargar el archivo a servidor debe realizarse en un hilo secundario que no afecte el hilo principal de la interfaz de monitoreo para el usuario.

Se implementa una clase que hereda las propiedades y métodos de la clase *AsyncTask*. La clase se divide en cuatro etapas que se describirán a continuación.

- **onPreExecute.** Es el primer método que se llama en una clase asíncrona, se ejecuta antes de realizar las tareas principales de la clase. Las acciones que se realicen aquí deben ser cortas y que no saturen el proceso ni utilicen muchos recursos del sistema.
- **doInBackground.** Es el método principal de la clase asíncrona, es donde se ejecutan todas las tareas que se hayan establecido como hilo secundario de la aplicación. A diferencia de las demás etapas, este método es el único que no se ejecuta en el hilo de la interfaz del monitoreo. El método es llamado cuando termina *onPreExecute*.
- **onProgressUpdate.** Se utiliza para enseñar el progreso al usuario de la tarea que se está ejecutando en segundo plano. En este método lo recomendable es utilizar mensajes como alertas o barras de progreso que se muestren en la interfaz y el usuario pueda interpretar para que tenga una idea del estado del proceso.
- **onPostExecute.** Es el método que se ejecuta al finalizar *doInBackground*. Por lo general, se utiliza para señalar que la tarea en segundo plano ha finalizado.

Entendiendo los métodos que se heredan de la clase *AsyncTask* es posible explicar los procesos que se llevan a cabo para cargar el archivo al servidor e indicar al usuario que el proceso ha concluido.

En el método *onPreExecute* se declara e inicializa una barra de progreso para indicar que la carga del archivo ha comenzado. El objeto que se crea es un *ProgressDialog* que se muestra en la interfaz de monitoreo, la codificación se muestra a continuación en el cuadro 42:

Cuadro 42 tarea asíncrona para subir el archivo.

```
private ProgressDialog dialog = new  
ProgressDialog(AgregarMiembro.this); dialog.setMessage("Subiendo  
información obtenida..."); dialog.show();
```

En la primera línea, se declara la variable *dialog* que se utilizará para representar la barra de progreso. Se le adjunta un mensaje que el usuario verá y se inicia con el método *show* para mostrarse en la interfaz.

En el método *doInBackground* se crea una variable para utilizar un objeto *FileInputStream* para representar los ficheros del archivo de texto en un orden secuencial, es decir, byte por byte, que es un requerimiento para subirlo al servidor. Este proceso se realiza de la siguiente manera como se muestra en el cuadro 43:

Cuadro 43 tarea para subir el archivo.

```
FileInputStream direccion =  
getApplicationContext().openFileInput("MEDICIONES.txt");
```

Una vez declarado el objeto del fichero, se utiliza la clase *HttpFileUploader*, proporcionada por la página InsideOut [40] para subir el archivo como se muestra en el cuadro 44:

Cuadro 44 subir el archivo

```
HttpFileUploader uploader = new  
HttpFileUploader("https://radiofrecuenciaipn.000webhostapp.com/loginbu  
ena/archivos.php", "MEDICIONES.txt"); uploader.doStart(direccion);
```

Se crea un objeto de la clase que recibe como parámetros la dirección del servidor donde se almacena el documento PHP que trabajará con el archivo de texto y como segundo parámetro, el nombre con el que se almacenó el archivo. Finalmente, se utiliza el método *doStart* para iniciar el proceso de carga al servidor, recibiendo como parámetro el fichero del archivo de texto, es decir, la variable "direccion" que se creó como objeto *FileInputStream*.

3.3.2 Programación de los mapas de Radiofrecuencia.

A continuación, se presenta fragmentos del código utilizado para crear los mapas de Radio frecuencia.

Conexión con la base de datos.

Lo primero que debe implementarse respecto a los mapas es la conexión con el servidor pues es de donde obtendremos la mayor parte de la información que se presentara de forma visual en el mapa. El código completo puede revisarse en el **Anexo 1. Código para conexión de mapas con la base de datos.**

Para crear la conexión con la base de datos es necesario generar un archivo **PHP**. Enseguida se pueden generar las variables que contendrán los permisos de acceso a la base de dato como se muestra en el cuadro 45.

Cuadro 45 declaración de variables.

```
//Se crean variables que contengan los Permisos de Acceso  
$servername = "NombreDelServidor";  
$dbname = "NombredelaBasedeDatos";  
$username = "UsuarioMaestro"; $password = "XXXX";
```

Posteriormente pueden crearse la conexión mediante una variable a la cual se le asigna una función predefinida para MySQL llamada *mysqli_connect* `mysqli_connect()`,

la cual recibe la información de contendidas en las variables previamente definidas, como muestra el siguiente cuadro 46.

Cuadro 46 declaración de variables.

```
// Establece la Conexión con la base de datos
$connection=mysqli_connect ($servername, $username,
$password,$dbname); if (!$connection) { die('Not connected : ' .
mysqli_error()); }
```

Es necesaria la condición porque nos imprimirá en pantalla un mensaje de que no se ha realizado la conexión en caso de que ocurra algún error y en caso de que el error sea de parte del servidor de MySQL la función `mysqli_error()`, nos imprimirá el error que ocurre y el número de la línea de código donde se detectó el error.

Si la conexión se logra es necesario definir la información que queremos obtener, para ello se define una variable que nos permite ingresar una cadena de caracteres que puede ser interpretada desde la base de datos como una instrucción, el recuadro siguiente muestra un ejemplo en cuadro 47.

Cuadro 47 código de consultas.

```
// Selecciona todas las columnas de la tabla $query = "SELECT * FROM
registros";
if(!$result = mysqli_query($connection, $query)) die();
```

Para este caso se definió una variable llamada `$query` a la cual se le asigna una cadena que es una instrucción para obtener toda la información de la tabla **registros**. Así mismo se pueden definir otras instrucciones que pueden ser interpretadas por la base de datos. La instrucción es enviada al servidor utilizando la función `mysqli_query($connection, $query)`, a la cual se le asignan los permisos de acceso y la instrucción que debe leerse en la base de datos.

Luego de establecer la conexión debe generarse un archivo XML, sin embargo, existen diferencias entre gramática que utiliza PHP y XML que si no se estandarizan pueden generar errores de código, así que se genera una función que pueda cambiar esas diferencias y ser leídas de forma correcta en XML. El siguiente fragmento muestra la función `parseToXML()`, como se muestra en el cuadro 48.

Cuadro 48 función parseToXML.

```
function parseToXML($htmlStr)
{
$xmlStr=str_replace('<','&lt;',$htmlStr);
$xmlStr=str_replace('>','&gt;',$xmlStr);
$xmlStr=str_replace('"','&quot;',$xmlStr);
$xmlStr=str_replace("'",'&#39;',$xmlStr);
$xmlStr=str_replace("&","&amp;",$xmlStr); return $xmlStr; }
```

La función recibe un parámetro que se mostrara como una cadena en un archivo html pero reemplaza cierto campos de la cadena utilizando la función `str_replace()` y los guarda en una variable de cadena en XML `xmlStr` para al final devolverla en el formato correcto.

Una vez establecida la gramática correcta se debe generar un archivo XML, con la función `echo` se puede definir la versión del archivo y también se puede generar un espacio donde se imprimirá la información recopilada de la base de datos mediante el parámetro `<markers>`, como se muestra en el cuadro 49.

Cuadro 49 Inicialización de un archivo XML

```
// Inicia un archivo XML  
echo "<?xml version='1.0' ?>";  
echo '<markers>';
```

Para conseguir la información de la tabla registros, se debe realizar un recorrido por cada columna y fila y guardarla en una variable que permita mostrar la información en el archivo XML. Para guardar la información de forma correcta se crean tantas variables como columnas tenga la tabla, en este caso las variables se tienen el mismo nombre que las columnas para que sean más fáciles de identificar como se muestra en el cuadro 50.

Cuadro 50 realización de iteraciones a través de las columnas de la tabla

```
//Realiza iteraciones a través de las columnas de la tabla  
$ind=0; while ($row = @mysqli_fetch_assoc($result)){  
    // Agregar nodos al documento XML echo '<marker ' ; echo 'id="' .  
$row['id'] . '" ' ; echo 'usuario="' . parseToXML($row['usuario']) .  
'" ' ; echo 'tipo="' . parseToXML($row['tipo']) . '" ' ; echo  
'fecha="' . ($row['fecha']) . '" ' ; echo 'SSID="' .  
parseToXML($row['SSID']) . '" ' ;  
  
    echo 'BSSID="' . parseToXML($row['BSSID']) . '" ' ; echo 'RSSI="' .  
($row['RSSI']) . '" ' ; echo 'FRECUENCIA="' . ($row['FRECUENCIA']) .  
'" ' ; echo 'latitud="' . $row['latitud'] . '" ' ; echo 'longitud="'  
 . $row['longitud'] . '" ' ; echo 'mobile_signal="' .  
$row['mobile_signal'] . '" ' ; echo 'mobile_type="' .  
parseToXML($row['mobile_type']) . '" ' ; echo '</>';  
    $ind = $ind + 1;  
}  
// Finaliza el archivo XML echo '</markers>';
```

La función `parseToXML ()` nos permite imprimir la información de la tabla en la gramática de XML, podría no ser necesaria en algunos casos como cuando el contenido son numéricos, pero si el contenido son caracteres alfanuméricos la probabilidad de encontrar caracteres no compatibles con XML se eleva, por ello esta función nos permite corregir estos errores.

Finalmente, si la implementación del código es correcta el archivo XML generado se muestra de la siguiente forma desde el navegador:

This XML file does not appear to have any style information associated with it. The document tree is shown below.

```
▼<markers>
  <marker id="1" usuario="marco" tipo="alumno" fecha="2018-08-03 20:22:48" SSID="INFINITUMJSUZ_5" BSSID="84:47:
  mobile_signal="-106" mobile_type="4G"/>
  <marker id="2" usuario="marco" tipo="alumno" fecha="2018-08-03 20:22:48" SSID="INFINITUM740E8F" BSSID="30:91:
  mobile_signal="-106" mobile_type="4G"/>
  <marker id="3" usuario="marco" tipo="alumno" fecha="2018-08-03 20:22:48" SSID="INFINITUMJSUZ_2.4" BSSID="84:4
  mobile_signal="-106" mobile_type="4G"/>
  <marker id="4" usuario="marco" tipo="alumno" fecha="2018-08-03 20:22:48" SSID="INFINITUM7294_2.4" BSSID="d4:6
  mobile_signal="-106" mobile_type="4G"/>
  <marker id="5" usuario="marco" tipo="alumno" fecha="2018-08-03 20:22:48" SSID="INFINITUM7294_5" BSSID="d4:63:
  mobile_signal="-106" mobile_type="4G"/>
  <marker id="8" usuario="marco" tipo="alumno" fecha="2018-08-03 20:22:48" SSID="INFINITUM5kmu" BSSID="00:0c:43
  mobile_signal="-106" mobile_type="4G"/>
  <marker id="9" usuario="marco" tipo="alumno" fecha="2018-08-03 20:22:48" SSID="cambio_wifi_por_cerveza" BSSID
  mobile signal="-106" mobile type="4G"/>
```

Figura 37. Fragmento del archivo XML

Implementación de los mapas de Radiofrecuencia.

Una vez establecida la conexión con la base de datos es posible hacer uso de la información que contiene y luego representarla de forma visual en mapas, esto facilita su interpretación. EL código completo se encuentra en el **Anexo 2. Código para los mapas de Radiofrecuencia.**

A continuación, se detallan fragmentos del código para crear los mapas.

Los mapas son implementados dentro de un archivo **HTML**. Como se definió previamente los mapas tienen que ser responsivos, esto se logra mediante un meta-elemento llamado `viewport`. Como lo muestra el cuadro 51.

Cuadro 51 elemento viewport.

```
<meta name="viewport" content="initial-scale=1.0, user-scalable=no"/>
```

Este meta-elemento contiene propiedades para definir su escala inicial y que se adapta a la resolución de la pantalla del dispositivo.

Lo siguiente es crear un contenedor donde se almacene la imagen del mapa, como se muestra en el cuadro 52.

Cuadro 52 elemento viewport.

```
//Contenedor del mapa  
<div id="map"></div>
```

Se puede notar que el contenedor contiene una clave que permite ingresar al contenedor y aplicar las modificaciones que necesitemos

La siguiente parte es crear un script que permita introducir código en JavaScript e interpretarlo.

Dentro del script primero definimos las variables globales y la función del mapa que contiene todos los elementos que se mostraran en el cuadro 53.

Cuadro 53 declaración de variables globales.

```
//Variables globales var circulos; var map;  
//Funcion principal. Contiene todos los elementos del mapa function  
initMap() {}
```

Dentro de la función principal el primer elemento que debe definirse es el mapa esto se logra al invocarlo desde los documentos de Google Maps. Para llamarlo se tiene que definir un objeto desde la clase **Map** contenida en los documentos de Google mediante la función `google.maps.Map(document.getElementById('map'))`, como se muestra en el cuadro

54.

Cuadro 54 definición de objeto mapa

```
map = new google.maps.Map(document.getElementById('map'), {  
center: new google.maps.LatLng(19.498889, -99.135),  
mapTypeId: 'roadmap', zoom: 16 });
```

Como puede verse en el recuadro el objeto **map** contiene los los siguientes atributos:

- **center:** especifica las coordenadas del centro del mapa. Para nuestro caso las coordenadas son aproximadas al edificio 5 de ESIME Zacatenco ya que se encuentra prácticamente en medio del campus Zacatenco del IPN.
- **mapTypeId:** es un atributo utilizado para establecer el tipo de mapa que vamos a visualizar. En este proyecto se utiliza un mapa de caminos pues nos muestra los pasillos y los edificios disponibles en el área, además es más fácil de reconocer.
- **Zoom:** este atributo nos permite acercar o alejarnos del mapa en el eje Z o de altura. Es decir que mientras más alejado, el área que veremos será mayor y más general, pero menos detallada y entre más cerca sea el área de visión será menor. Utilizar un Zoom de 16 nos permite apreciar toda el área de ESIME Zacatenco.

Ya que los iconos que se mostraran en el mapa son propios para el proyecto, tienen que ser llamados desde una localidad externa, para ello se necesita crear dos variables una con la dirección de la carpeta contenedora y otra que funcionara como un objeto que contendrá a los iconos como se muestra en el cuadro 55.

Cuadro 55 extracción de un icono.

```
//permite obtener un icono de una carpeta externa
var iconBase = 'images/';

var icons = { iV:{
                nombre:'Intensidad Baja',
                icono:iconBase+'iv.png'
            },
            iM:{
                nombre:'Intensidad Media',
                icono:iconBase+'im.png'
            },
            iR:{
                nombre:'Intensidad Alta',
                icono: iconBase+'ir.png'
            }
        }
    };
```

Como puede notarse **iconBase** contiene la dirección de la carpeta contenedora e **icons** es el objeto que contiene a los iconos, este objeto contiene los atributos para el nombre del icono y la dirección propia del objeto. Pero también contiene un identificador que nos permite clasificar cada icono por separado.

Hasta este punto los parámetros eran más generales, sin embargo, de aquí en adelante el tratamiento es más concreto ya que ahora se trabaja con la información almacenada en la base de datos.

Lo primero que se debe lograr es obtener los datos de la base de datos, pero para eso ya definimos un archivo en **PHP** que se encarga de hacer la conexión y obtener la información guardándola en un archivo **XML**, así que utilizamos este archivo como intermediario para conocer los datos. Para establecer la relación con el archivo **XML** utilizamos la siguiente función mostrada en el cuadro 56.

Cuadro 56 conexión de PHP

```
// Establece la relacion con el archivo PHP
downloadUrl('DBconexionMAPA0.php', function(data){}
```

La función recibe como parámetros la dirección del archivo **XML** definido como **PHP** y una función data que esta predefinida en Google, la cual solamente recibe los datos de en formato XML del archivo. Dentro de esta función se deben definir una variable para asegurar la responsividad con **XML** como se muestra en cuadro 57.

Cuadro 57 responsabilidad con XML

```
var xml = data.responseXML;
```

También se debe definir un apuntador para obtener la información contenida en el archivo como se muestra en el cuadro 58.

Cuadro 58 definición de apuntador

```
var markers = xml.documentElement.getElementsByTagName('marker');  
Array.prototype.forEach.call(markers, function(markerElem) {
```

Con el apuntador es posible separar la información en datos y almacenarlos en variables con las que podemos trabajar, como se muestra en el cuadro 59.

Cuadro 59 conversión de variables a datos.

```
//convertir en variables los datos           var id =  
markerElem.getAttribute('id');               var usuario =  
markerElem.getAttribute('usuario');          var tipo =  
markerElem.getAttribute('tipo');             var fecha =  
markerElem.getAttribute('fecha');            var SSID =  
markerElem.getAttribute('SSID');            var BSSID =  
markerElem.getAttribute('BSSID');           var RSSI =  
markerElem.getAttribute('RSSI');  
    var FRECUENCIA = markerElem.getAttribute('FRECUENCIA');  
var mobile_signal = markerElem.getAttribute('mobile_signal');  
var mobile_type = markerElem.getAttribute('mobile_type');           var  
latitud=markerElem.getAttribute('latitud');           var  
longitud=markerElem.getAttribute('longitud');
```

Ahora que tenemos variables que podemos utilizar, es posible crear el objeto punto que utiliza las coordenadas como atributos para localizar puntos en el mapa como se observa en el cuadro 60.

Cuadro 60 creación de objeto punto.

```
//variable punto que contiene las coordenadas           var  
point = new google.maps.LatLng(  
    parseFloat(latitud),  
    parseFloat(longitud));
```

También es posible crear el objeto Tipolcono que permite elegir el icono que se va a representar en un punto del mapa, mediante un identificador como se observa en el cuadro 61.

Cuadro 61 creación de objeto TipIcono.

```
tipoIcono=icons.identificador.icono;
```

El tipo de icono es decidido mediante un rango de intensidad de potencia:

- 0 dBm a -35 dBm intensidad de potencia alta.
- -35 dBm a -70 dBm intensidad de potencia media.
- -70 a -120 dBm intensidad de potencia baja.

Un objeto que debe establecerse es el que define la información mostrada en el mapa generalmente conocido como cuadro de leyendas.

Para este caso se define el objeto de leyenda como muestra el cuadro 62.

```
// genera un cuadro de definiciones o leyendas  
var legend = document.getElementById('Definiciones');
```

Este objeto contiene un recuadro que ha sido declarado al inicio del documento y que contiene a los siguientes recuadros que muestran las definiciones de los artefactos dentro del mapa como se muestra en el cuadro 63:

Cuadro 63 cuadro de definiciones.

```
<div id="Definiciones"><h3>Definiciones</h3>//Contenedores  
<div class="CajaVerde">-120dBm o menor Intensidad Baja.</div><br>  
<div class="CajaAmarilla">-70dBm a -120dBm Intensidad  
Media.</div><br>  
<div class="CajaRoja">-35 dBm o mayor Intensidad Alta.</div><br>  
</div>
```

La forma en que se visualiza el recuadro de leyendas está en la figura 38:



Figura 38. Leyenda de la intensidad de radiación mostrada en el mapa.

Para posicionar el recuadro de leyendas dentro del mapa se utiliza la siguiente función del cuadro 64:

Cuadro 64 posición del contenedor

```
//controla la posición del contenedor de definiciones  
map.controls[google.maps.ControlPosition.LEFT_TOP].push(Definiciones );  
});
```

Es una función predefinida por Google Maps y mediante el comando **LEFT_TOP** se logra que el recuadro se ubique en la parte superior izquierda.

Esta es la forma en que se implantan los mapas de radiofrecuencia, sin embargo, estos están contenidos dentro de la página Web de Radiofrecuencia IPN que se define previamente. Dentro de la página los mapas plasmados en un recuadro dentro y es en ese punto donde puede apreciarse una vista más general de los mapas.

Para representar en el mapa el tipo de icono correcto se implementa la siguiente función del cuadro 65:

Cuadro 65 definición del color del icono

```
//funcion para definir color de icono if (dBmPotencia<=-70)  
tipoIcono=icons.iV.icono;  
  
if ((dBmPotencia <=-35)&&(dBmPotencia > -70))tipoIcono=icons.iM.icono;  
  
if (dBmPotencia >-35) tipoIcono=icons.iR.icono;
```

Para representar el icono seleccionado se tiene que utilizar el objeto **Marca** que se define a continuación en el cuadro 66.

Cuadro 66 código para la variable Marker

```
//variable Marker que colocara iconos en el mapa var  
marker = new google.maps.Marker({ map: map,  
position: point, icon:tipoIcono  
});
```

Como se puede ver el objeto **marker** recibe los siguientes atributos:

- **Map:** este atributo recibe la clave del contenedor del mapa que nos permite colocar artefactos dentro del mapa.
- **Position:** este atributo recibe las coordenadas del punto donde se ubicará el icono.
- **-icon:** es el atributo que establece que icono colocar en ese punto del mapa.

En este objeto se puede agregar una función que desplegara una ventana en la cual se puede mostrar información relevante para el usuario.

La figura 39 muestra la forma en cómo se muestran los iconos en el mapa



Figura 39. Vista de los iconos en el mapa de Radiofrecuencia.

Para lograr desplegar la ventana es necesario definir un objeto que contenga la información que se desea mostrar. El cuadro 67 muestra cómo implementar este objeto.

Cuadro 66 implementación de objeto para ventana.

```
//agrega una función para mostrar una ventana
marker.addListener('click',
function() {

    infoWindow.setContent( infowincontent)
    ; infoWindow.open(map, marker);

    ...
}
```

El fragmento previo nos muestra un evento que se agrega al objeto **marker**. Este evento se activa al hacer *click* sobre la marca y entonces despliega la ventana de información que es definida previamente mediante la siguiente instrucción como se muestra en el cuadro 68.

Cuadro 68 evento en objeto Maker.

```
var infoWindow = new google.maps.InfoWindow;
```

A este objeto se debe cargar información al incorporar otro objeto con los datos que se desean mostrar a continuación en el cuadro 69 se muestra el código.

Cuadro 69 impresión de elementos

```
var mostrarSSID = document.createElement('text');
mostrarSSID.textContent = "SSID: "+SSID
infoWinContent.appendChild(mostrarSSID);
infoWinContent.appendChild(document.createElement('br'));
```

Aquí el objeto `mostrarSSID` contiene los datos en forma de texto y se almacena en una función predefinida `infoWinContent.appendChild(mostrarSSID)`.

3.3.3 Análisis y procesamiento de la información a través de modelos matemáticos

El sistema de monitoreo al recibir la información del medio a través de la aplicación, se presenta la intensidad en unidades de decibeles (dBm), la cual para tener un valor de cuanta intensidad total llega a un punto específico, se requiere pasar a unidades de potencia (Watts) para poder hacer la suma de las intensidades captadas y representarlas en el módulo Web, a continuación, se muestra cual es la fórmula que se utilizó para este proceso.

$$W = \frac{10^{\frac{dBm}{10}}}{1000}$$

Para regresar la suma de los watts (W) a decibeles (dBm) se aplica otra fórmula que es la que se muestra a continuación.

$$dBm = 10 \log_{10}(W * 1000)$$

De esta forma es que se regresa un valor total en decibeles en un punto, cambiando de unidades sumando y regresando a las unidades correspondientes.

Cuando se tiene la intensidad en potencia se puede cambiar a densidad de potencia (W/m^2), para tener el área se utilizó 20 cm^2 que es el área que un dispositivo móvil utiliza en promedio se requiere pasar a metros (m) y se obtiene un área de 0.002 m^2 y aplicar la siguiente fórmula.

La densidad de potencia (W/m^2) la podemos expresar en intensidad de voltaje (V/m) que es una unidad establecida para la intensidad en las radiaciones electromagnéticas, de esta manera tener estos valores en diferentes unidades y realizar comparaciones. La fórmula que se muestra a continuación es para pasar de densidad de potencia a intensidad de voltaje (V/m).

$$\frac{W}{m^2} = \frac{W}{0.002} \quad \frac{V}{m} = \sqrt{\frac{W}{m^2}} \quad (377)$$

Capítulo 4. Pruebas y resultados del sistema

Este capítulo presenta los resultados finales que se obtuvieron a lo largo de las pruebas que se realizaron en todo el desarrollo del sistema, tanto para la información de monitoreo obtenida en distintos dispositivos móviles como la forma en que se representaron los datos obtenidos en la página Web.

La primera parte del capítulo está enfocada plenamente a la aplicación. Se observan los resultados de mediciones obtenidas en varios dispositivos al mismo tiempo para evaluar la variación que se presentan entre dispositivos de diferente gama o hardware. Además, se describen los resultados obtenidos de las mediciones realizadas desde el mes de agosto hasta noviembre para concluir el lapso de tiempo donde se detectó más intensidad del campo eléctrico que se muestran en forma de gráficas de barras en la página Web.

4.1 Pruebas y resultados de la aplicación móvil

Diferencia entre dispositivos

Las mediciones que realiza la aplicación pueden cambiar dependiendo del dispositivo móvil en que se realiza el monitoreo, esto debido a la diferente arquitectura del hardware que compone al teléfono inteligente como el chip que utiliza del proveedor de servicios de telefonía y la antena del dispositivo con la que capta las señales de WiFi.

Las pruebas de medición se realizaron en cuatro dispositivos distintos comenzando el monitoreo al mismo tiempo para comprobar la intensidad con la que se recibían las señales de WiFi y de telefonía móvil. De antemano, las diferencias en las mediciones en señales de telefonía móvil son más claras de definir puesto que dependen del chip y el proveedor que utilice los servicios de red y telefonía para cada teléfono inteligente.

Los resultados que se obtuvieron por dispositivo se pueden apreciar en la tabla 18:

Tabla 18. Resultado de mediciones con distintos teléfonos inteligentes

Dispositivo	Versión de sistema operativo Android	Usuario	Número de mediciones registradas	Medición RSSI más alta	Medición RSSI más baja	Intensidad de señal de telefonía	Hora de medición
Moto G ⁴ Plus	7.0	Marco	13	-33 dbm	-92 dbm	-102 dbm	18:29:39
Galaxy S9+	8.0.0	Carlos	8	-43 dbm	-82 dbm	-112 dbm	18:29:22
Galaxy J7	6.0.1	Karen Terrero	7	-28 dbm	-89 dbm	-97 dbm	18:29:30
HTC 10	7.0	Brandon	6	-33 dbm	-85 dbm	-97 dbm	18:29:26

La última fila de tabla 18 indica la hora en la que se registraron las señales debe notarse que la captura de datos es inmediata y que no existe una gran variación entre el tiempo de registro de los diferentes teléfonos inteligentes que captaron las señales de radiofrecuencia.

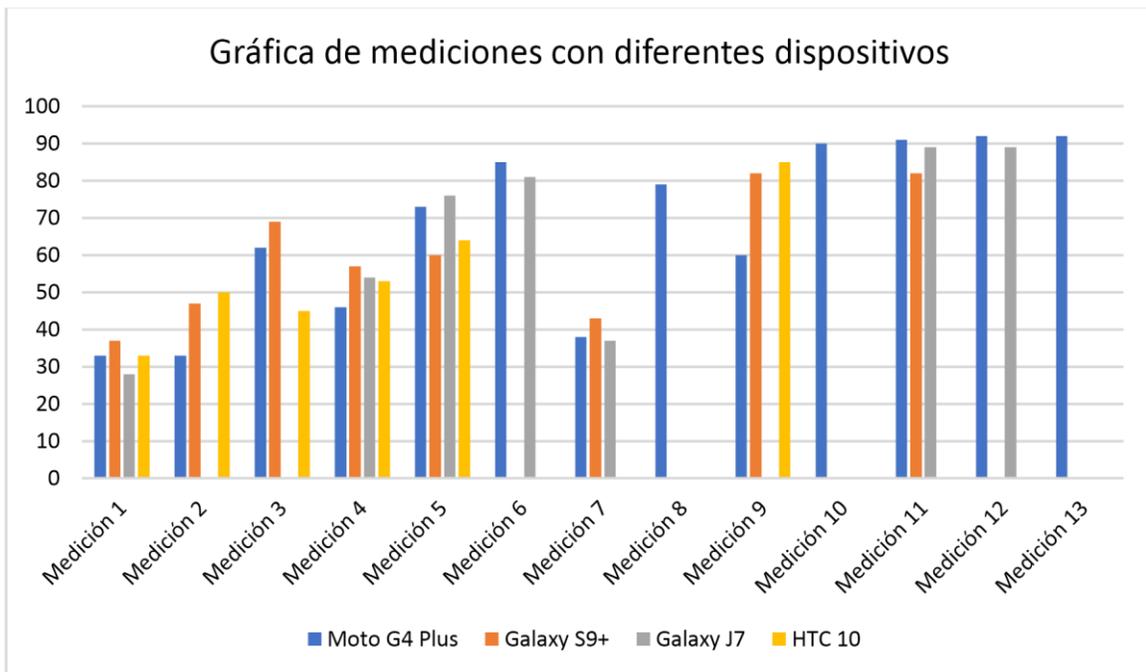


Figura 40. Gráfica de mediciones con diferentes dispositivos

Nota: Los niveles de intensidad (RSSI) están dados en decibeles (dbm) negativos.

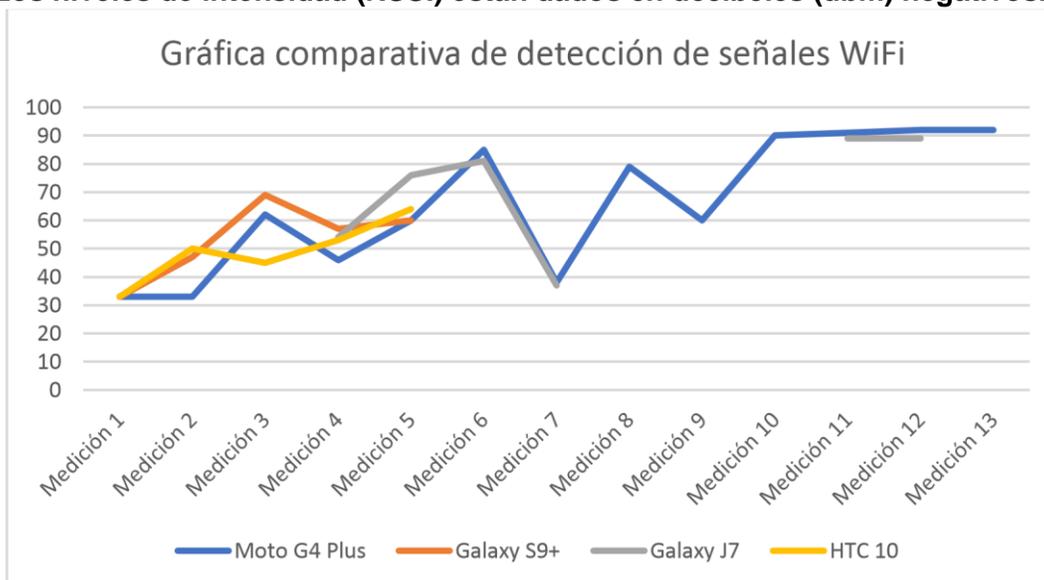


Figura 41. Gráfica comparativa de detección de señales WiFi

La figura 40 representa los niveles de intensidad con la que los dispositivos captan las señales de radiofrecuencia emitidas por los puntos de acceso WiFi en un punto. Como

se puede observar en la figura 40 la aplicación funciona correctamente en diferentes teléfonos inteligentes, sin embargo, existen algunas diferencias como el número de señales que son captadas por el dispositivo.

Puede apreciarse que el dispositivo Moto G4 plus fue el que registró un número mayor de señales de WiFi en comparación con los otros dispositivos. En contra parte, modelos como HTC 10 registró la menor cantidad de señales. A pesar de lo anterior, los niveles de intensidad de cada señal fueron muy cercanos entre sí por cada dispositivo.

En la figura 41 se puede notar una gráfica que muestra que el comportamiento de detección de señales en los cuatro teléfonos inteligentes es muy similar. Para enfatizar las diferencias entre los dispositivos de medición se calcula la densidad de potencia e intensidad de campo eléctrico total que detecta cada uno utilizando el modelo matemático propuesto del **apartado 3.3.3**.

Para el Motorola G4 Plus:

Densidad de potencia

$$= \frac{2 * 10^{-33} + 10^{-62} + 10^{-46} + 10^{-73} + 10^{-85} + 10^{-38} + 10^{-79} + 10^{-60} + 10^{-90} + 10^{-91} + 2 * 10^{-92}}{1000} \\ = \frac{\phantom{2 * 10^{-33} + 10^{-62} + 10^{-46} + 10^{-73} + 10^{-85} + 10^{-38} + 10^{-79} + 10^{-60} + 10^{-90} + 10^{-91} + 2 * 10^{-92}}}{0.002 \text{ m}^2} \\ = 0.000593841 \text{ Watts/m}^2$$

$$\text{Intensidad de campo eléctrico} = \sqrt{\left(0.000593841 \frac{\text{Watts}}{\text{m}^2}\right) * 377} = 0.473157646 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Para el Galaxy S9+:

$$\text{Densidad de potencia} = \frac{10^{-37} + 10^{-47} + 10^{-69} + 10^{-57} + 10^{-60} + 10^{-43} + 10^{-82} + 10^{-82}}{1000} \\ = \frac{\phantom{10^{-37} + 10^{-47} + 10^{-69} + 10^{-57} + 10^{-60} + 10^{-43} + 10^{-82} + 10^{-82}}}{0.002 \text{ m}^2} \\ = 0.00013637 \text{ Watts/m}^2$$

$$\text{Intensidad de campo eléctrico} = \sqrt{\left(0.00013637 \frac{\text{Watts}}{\text{m}^2}\right) + 377} \\ = 0.22673742 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Para el Galaxy J7:

$$Densidad\ de\ potencia = \frac{\frac{28}{10} + \frac{54}{10} + \frac{76}{10} + \frac{81}{10} + \frac{37}{10} + \frac{89}{10} + \frac{89}{10}}{1000} \\ = 0.00089422\ Watts/m^2$$

$$Intensidad\ de\ campo\ eléctrico = \sqrt{\left(0.00089422 \frac{Watts}{m^2}\right) * 377} = \\ 0.58062053 \frac{V}{m}$$

Para el HTC 10

$$Densidad\ de\ potencia = \frac{\frac{33}{10} + \frac{50}{10} + \frac{45}{10} + \frac{53}{10} + \frac{64}{10} + \frac{85}{10}}{1000} \\ = 0.00027411\ Watts/m^2$$

$$Intensidad\ de\ campo\ eléctrico = \sqrt{\left(0.00027411 \frac{Watts}{m^2}\right) * 377} = 0.32146549 \frac{V}{m}$$

Con los datos obtenidos en densidad de potencia e intensidad de campo eléctrico se puede obtener la varianza y desviación estándar que existen entre los datos obtenidos por los dispositivos para saber qué tan dispersos se encuentran los resultados unos de otros.

$$Varianza\ de\ la\ densidad\ de\ potencia\ total = 8.6224 \times 10^{-8}$$

$$Desviación\ estándar\ de\ la\ densidad\ de\ potencia\ total = 0.000339065$$

$$Varianza\ de\ la\ intensidad\ de\ campo\ eléctrico\ total = 0.018540606$$

$$Desviación\ estándar\ de\ la\ intensidad\ de\ campo\ eléctrico\ total = 0.157228522$$

Los resultados que se obtienen de los cálculos anteriores demuestran que a pesar del diferente hardware que componen a los dispositivos se puede realizar un monitoreo confiable con la mayoría de los dispositivos inteligentes en el mercado, siempre y cuando cumplan con los requerimientos establecidos en el apartado 3.1.

4.2 Resultados del monitoreo del sistema de radiofrecuencia IPN

El monitoreo de señales de radiofrecuencia se delimitó en un área determinada del campus Zacatenco para tener un control sobre los datos recibidos en la aplicación móvil con tal de obtener información para un análisis estadístico a futuro, la figura 42 muestra la ruta asignada que los usuarios deben seguir para realizar mediciones de radiofrecuencia.

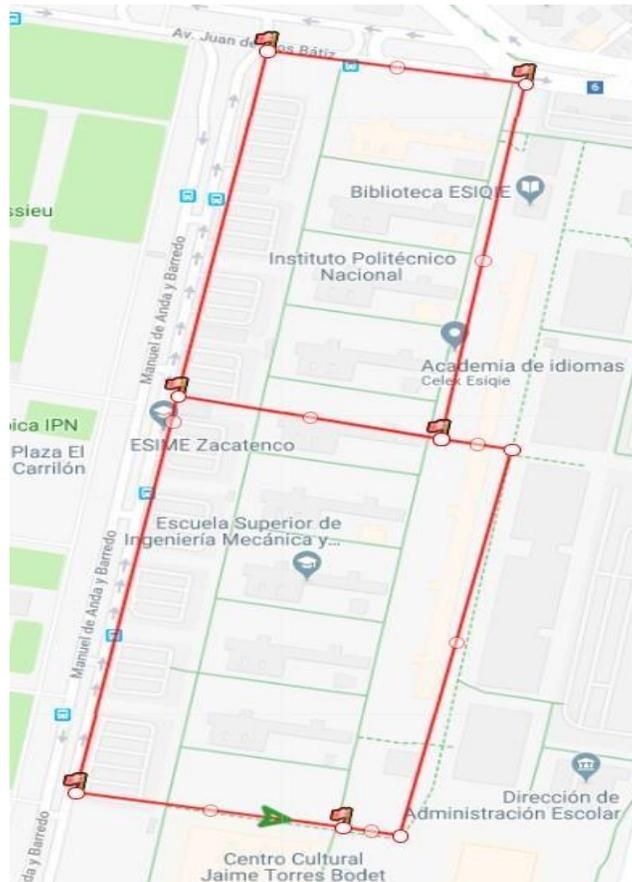


Figura 42. Mapa de ruta para monitoreo

Se establecieron dos horarios para recorrer la ruta y monitorear las señales:

- Turno matutino: De seis de la mañana a doce de la tarde.
- Turno vespertino: Doce de la tarde a cinco de la tarde.

Las mediciones se realizaron de forma constante durante esos horarios a lo largo de cuatro meses iniciando en agosto y concluyendo en noviembre. Los datos recopilados sumaron al final de esos cuatro meses un total de **13529** registros de señales WiFi y telefonía móvil. A continuación, se presenta un análisis de la información.

Primero se dividieron el total de registros entre los meses en que fueron realizadas las mediciones. La tabla 19, muestra el número de mediciones realizadas en cada mes, la densidad de potencia total registrada en cada mes, así como la intensidad de campo eléctrico.

Tabla 19. Registro de monitoreo mensual

Mes	Número de registros	Densidad de potencia total ($\frac{W}{m^2}$)	Intensidad de capo eléctrico total ($\frac{V}{m}$)
Agosto	1683	0.000544992	0.453279
Septiembre	2397	0.001469	0.74421
Octubre	8355	0.0008914	0.5797
Noviembre	1094	0.0002924	0.332023

En la figura 43 se muestra gráficamente los niveles de intensidad de campo eléctrico total registrados mensualmente.

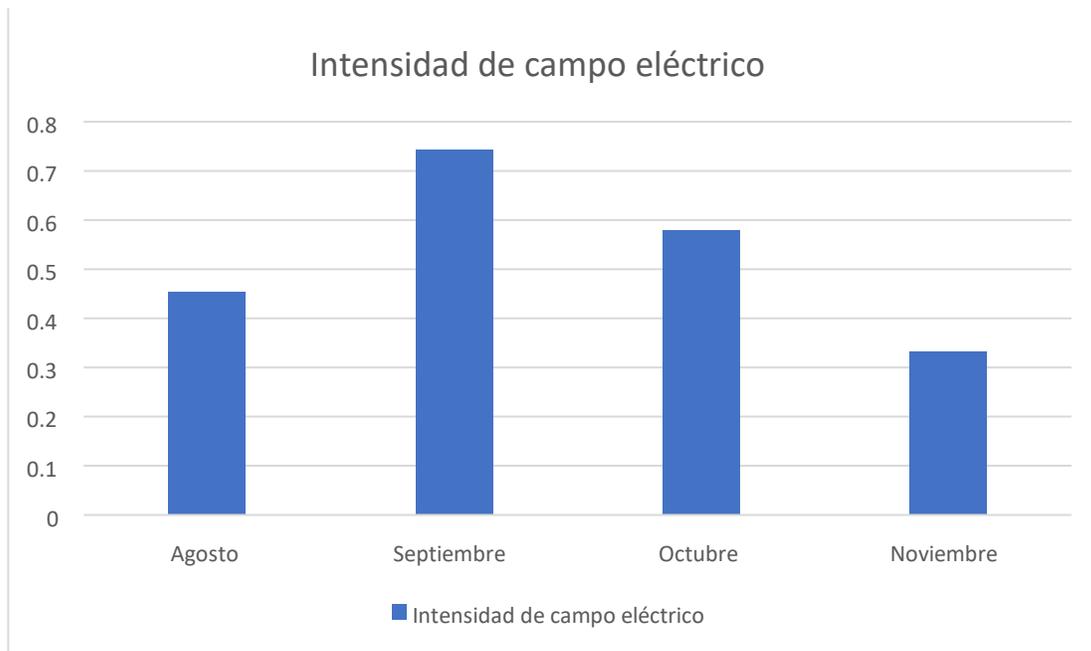


Figura 43. Gráfica de intensidad de campo eléctrico total mensual

Como se aprecia en la figura 43 durante el mes de septiembre se registró una mayor concentración de intensidad de campo eléctrico, de igual forma durante este mes se registró el mayor nivel de densidad de potencia, por tanto, se realizó un análisis semanal del mes de septiembre, cuya información de intensidad de campo eléctrico se detalla en la tabla 20.

Con base en los datos de la tabla 20 se puede notar que el número de registros obtenidos en el mes de octubre fue mayor a los captados en el mes de septiembre, sin embargo, también puede percibirse una mayor concentración de campo eléctrico y densidad de potencia en el mes de septiembre provocado por señales WiFi y telefonía móvil. La figura 44 representa los datos de intensidad de campo eléctrico registrados en el mes de septiembre.

Tabla 20. Registro de monitoreo semanal durante el mes de septiembre

Septiembre	Número de registros	Densidad de potencia total ($\frac{W}{m^2}$)	Intensidad de campo eléctrico total ($\frac{V}{m}$)
Primera semana	70	0.0011169	0.6489
Segunda semana	1230	0.0001625	0.2475
Tercera semana	1097	0.0001896	0.2673

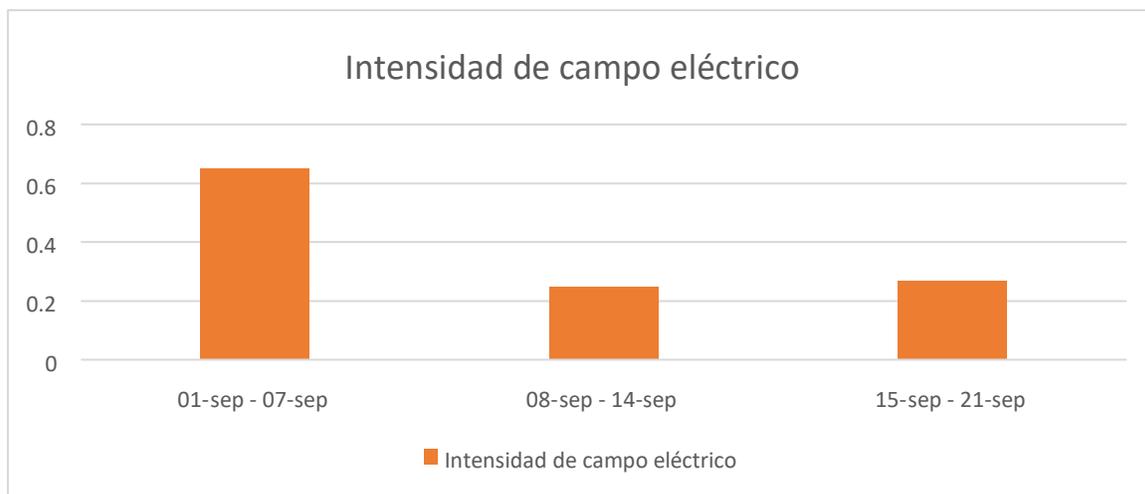


Figura 44. Monitoreo semanal de la intensidad de campo eléctrico del mes de septiembre

Con la figura 44 se aprecia que la primera semana del mes de septiembre se obtuvo una mayor concentración de campo eléctrico.

Con los registros de las mediciones del mes de septiembre, se puede comprobar el registro más alto de concentración de intensidad eléctrica en un punto en específico, como se observa en la figura 45, el punto con coordenadas 19.499735, -99.134163 presentó una alta convergencia de señales de radiofrecuencia muy altas.



Figura 45. Punto de interés con mayor concentración de intensidad eléctrica en el mes de septiembre

Una segunda forma de ver los resultados del monitoreo de señales es al separar la información de acuerdo con el horario en el que fueron obtenidos. Como se mencionó al comienzo de esta sección, los principales turnos donde se obtuvieron datos de las señales de radiofrecuencia dentro de ESIME Zacateco son el matutino y vespertino.

El número de registros realizados en todos los turnos de monitoreo los presenta la tabla 22:

Tabla 22. Monitoreo de radiofrecuencia por turnos.

Turno de monitoreo	Número de registros	Densidad de potencia total ($\frac{W}{m^2}$)	Intensidad de campo eléctrico total ($\frac{V}{m}$)
Matutino	4889	0.001020	0.620154
Vespertino	8409	0.001686	0.797356
Nocturno	231	0.000491	0.4304

Como puede observarse en la tabla 22, el número de registros que se realizaron durante el turno nocturno fue de 231 los que son muy pocos comparados con los del turno matutino y vespertino. Otro dato importante es que la densidad de potencia detectada durante el turno nocturno es menos del doble que el matutino y menos del triple que en el vespertino y la intensidad del campo eléctrico es al menos 1.5 veces menor durante el turno nocturno. Sin embargo, como ya se mencionó en la primera parte de este

apartado las mediciones no se realizaron constantemente durante el horario de la noche por lo que realizar un análisis más profundo de este caso no puede ser completamente fiable.

En la tabla 22, muestra la información más importante acerca de las mediciones realizadas en los turnos de monitoreo. Es notorio que el número de registros en el turno vespertino es mayor que en el turno matutino de igual forma la intensidad de potencia es más alta durante la tarde al igual que la intensidad de campo eléctrico. De manera visual la información queda plasmada como en la figura 46:

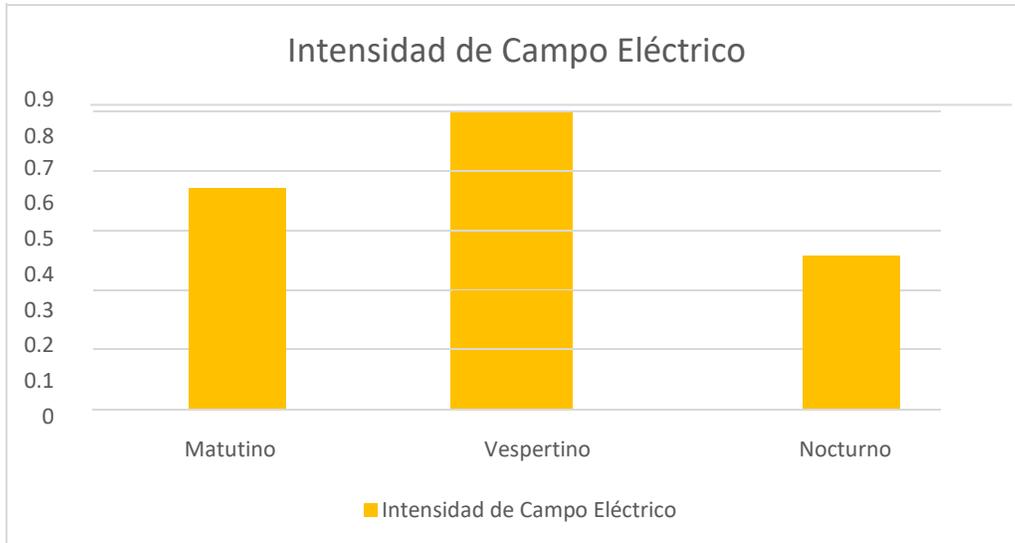


Figura 46. Intensidad de Campo Eléctrico por turno

Tomando en cuenta la figura 44, se puede determinar la hora en que se realizaron más registros.

La tabla 23, muestra las horas en que se realizaron el mayor número de mediciones:

Tabla 23. Registros captados en el turno matutino por horas

Horario de monitoreo	Número de registros	Densidad de potencia total ($\frac{W}{m^2}$)	Intensidad de campo eléctrico total ($\frac{V}{m}$)
13:00:00 – 13:59:59.	1749	0.000350	0.363618
14:00:00 - 14:59:59.	105	0.000651	0.495679
15:00:00 - 15:59:59.	442	3.876848×10^{-5}	0.120895
16:00:00 - 16:59:59.	325	2.836108×10^{-5}	0.103402
17:00:00 - 17:59:59.	2529	0.000245	0.304112
18:00:00 - 18:59:59.	3259	0.000371	0.374357

La grafica correspondiente a la intensidad de campo eléctrico se muestra en la figura 47.

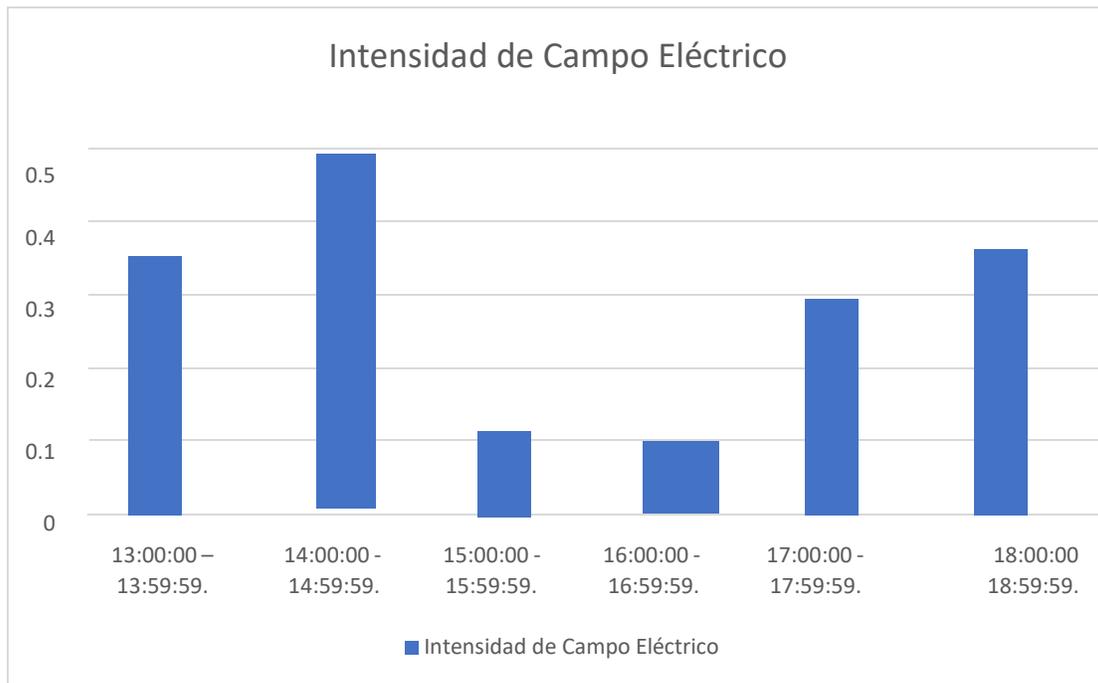


Figura 47. Intensidad de Campo eléctrico por hora en el turno matutino.

Con los datos de la tabla 23, se conoce que el mayor número de registros de información se realizó durante las 6 pm de la tarde con 3259, sin embargo, debe notarse también que la mayor densidad de potencia captada ocurrió durante las 2 pm; aun cuando solo se realizaron 105 registros, con un nivel de $0.000651 \frac{W}{m^2}$, de igual forma la figura 45 nos deja ver que el mayor nivel de intensidad de Campo eléctrico durante el turno vespertino se registró en esa misma hora.

La figura 48, muestra el principal punto donde se registra una mayor intensidad de potencia y campo eléctrico durante las 2 pm.

Puede notarse en la figura 46 que el punto con la coordenada (lat:19.499735, long: -99.134163) el cual señala un lugar cercano al edificio 5 de ESIME, registra la mayor intensidad de potencia radiada durante las 2 pm.

Nota: la mayoría de las gráficas que se mostraron, en este apartado se muestran en la página Web, pero con diferente formato.

Haciendo un análisis general de los 4 meses de monitoreo se pueden ubicar los puntos donde se registran las intensidades de potencia más altas. La figura 49 señala los puntos que registraron la intensidad de potencia más alta.

Las coordenadas de los puntos con alta intensidad de potencia mostrados en la figura 50, tienen como coordenadas **LatLng(19.500380 , -99.134040)** que corresponden al edificio 5 de ESIME Zacatenco y el otro punto sus coordenadas son **LatLng(19.499735 , -99.134163)** las cuales ubican al edificio 4 de ESIME Zacatenco.



Figura 48. Punto de mayor intensidad de campo eléctrico y densidad de potencia durante las 2 pm.



Figura 49. Puntos con intensidad de potencia más alta.

Una vista más amplia del mapa de ESIME Zacatenco como la figura 50, nos deja ver que la mayoría de las intensidades de potencia en los puntos de medición se encuentran en un rango medio, seguido muy de cerca por las intensidades bajas.

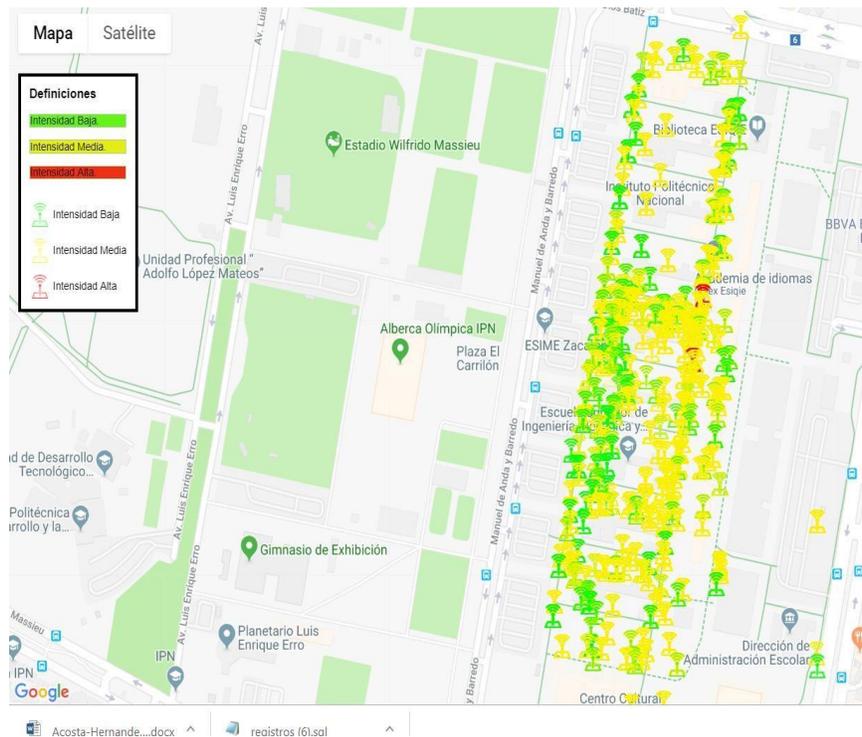


Figura 50. Vista general de los puntos de medición dentro de ESIME Zacatenco.

Tomando en cuenta los resultados mostrados puede concluirse que número de señales que convergen en un punto incrementan la densidad de potencia radiada en ese lugar y ocurre igual para la intensidad del campo eléctrico, pero el factor que tiene una mayor relevancia es la intensidad de esas señales

4.3 Costo del proyecto

El costo del proyecto se compone del conjunto de herramientas y servicios que fueron utilizados a lo largo del desarrollo del sistema, además de los costos que se requieran en un futuro para ampliar los alcances del proyecto, como mantenimiento y migración a software más robusto para manejar grandes cantidades de información.

Costo del equipo físico (hardware) de desarrollo

La tabla 24 describe el precio de los dispositivos y equipo utilizado para el desarrollo de la aplicación móvil y el sistema Web de monitoreo de señales de radiofrecuencia.

Tabla 24. Costos del equipo de desarrollo

Equipo	Características	Costo por equipo	Unidades requeridas	Total
--------	-----------------	------------------	---------------------	-------

Teléfono inteligente	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño de RAM 2.00 GB. • Tamaño de ROM 32.00 GB • Sistema operativo Android 7.0. • Conectividad 4G LTE, Bluetooth 4.1, Wi-Fi 802.11n (2.4, 5GHz). 	\$6,500.00	4	\$26,000.00
Renta de computadoras portátiles de medio rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Procesador: Intel Core i57200, 2.5-.2.7 GHz. • Tamaño de RAM: 8.00 GB. • Sistema operativo Windows 10 Home Single Language, 64 bits. • Disco duro: 1 Tb. 	\$14,400.00	3	\$43,200.00
TOTAL				\$69,200.00

Costo del software de desarrollo

La implementación de API de **Google Maps** en el sistema Web cuenta con un límite de uso gratuito para los usuarios que accedan al sitio. Dado que el proyecto está orientado a la consulta de información de interés público, Google sólo permite un total de 25,000 visitas después de validar una tarjeta de crédito. El costo más allá del límite será de USD 0.50 por cada 1000 cargas al día, aproximadamente 10.0848 MXN al momento en que se redacta este apartado.

Además, el costo de licencias para el uso legal de software como Visual Studio Code para la implementación de código del sistema y SublimeText sumaron un costo total de \$2,500.00 al año.

Costo de servicios

El proyecto puede cotizarse con base a las tarifas de energía consumida durante 8 horas de trabajo diario a lo largo de un año y por el sueldo anual para cada ingeniero con perfil de la carrera de Comunicaciones y Electrónica especializados en Sistemas computacionales con habilidades y/o perfil de los siguientes puntos:

- Desarrollador Web con conocimientos en HTML5, JavaScript y PHP.
- Programador Java junior con conocimiento en desarrollo Android.
- SYSDBA con conocimiento en bases de datos MySQL.

De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (CFE), las cuotas por cargo de consumo intermedio de energía por hora son de \$0.956. La tabla 25 muestra los gastos gastados por los servicios necesarios para el desarrollo del sistema de monitoreo de señales de radiofrecuencia.

Tabla 25. Tabla de costos de los servicios requeridos

Servicio / Perfil	Costo / Sueldo mínimo de servicio anual por persona	Recursos	Total
Servicio doméstico de energía	\$2,569.72	1	\$2,569.72
Renta de oficina/establecimiento	\$120,000.00	1	\$120,000.00
Asesorías de especialistas	\$40,000.00	3	\$120,000.00
Desarrollador Web, Programador	\$108,000.00	3	\$324,000.00
Total			\$566,569.72

Costo total del proyecto

Tabla 26. Costo total del proyecto

Grupo	Costo
Costo del equipo físico (hardware) de desarrollo.	69,200.00
Costo del software de desarrollo.	\$2,510.08
Costo de servicios.	\$566,569.72
Costo total del proyecto.	\$638,279.8

La tabla 26 muestra el costo total del proyecto con base a las estimaciones de trabajo realizado durante un año.

La planeación del proyecto constó del uso de software libre y gratuito para el desarrollo Web, sin embargo, debido a que el sistema de monitoreo contará con una red de servicios para una comunidad, la información almacenada en las bases de datos y el servidor gratuito proporcionado por **000webhost** tiene que migrar a plataformas que se ajusten al tamaño de datos que requiera el avance del sistema.

Conclusiones

Se logró desarrollar una aplicación para teléfonos inteligentes con sistema operativo Android a partir de la versión 4.4 la cual permite adquirir información sobre las señales de radiofrecuencia que emiten puntos de acceso WiFi y estaciones de telefonía celular. Durante el periodo de pruebas de la aplicación pudo comprobarse que la información obtenida del monitoreo no presenta grandes diferencias provocadas por el hardware de los teléfonos inteligentes esto es debido a que las antenas que captan las señales de radiofrecuencia dentro de los teléfonos inteligentes han sido construidas bajo un estándar que se adapta a la norma 802.11.

Se creó una base de datos capaz de almacenar la información obtenida por la aplicación móvil y que además registre los usuarios que hagan uso del sistema de monitoreo. Actualmente la base de datos cuenta con una tabla de registros con más de trece mil mediciones obtenidas mediante la aplicación móvil. La base de datos también cuenta con una tabla de usuarios que contiene tres usuarios de tipo alumno que aportan mediciones sobre las señales de radiofrecuencia en el campus ESIME Zacatenco y que además tienen acceso al sistema de monitoreo de manera limitada. Así mismo existen hasta el momento tres usuarios de tipo maestro capaces de administrar todo el sistema de monitoreo.

Se desarrolló un módulo Web que presenta información al usuario sobre los niveles de radiofrecuencia en ESIME Zacatenco. Utilizando mapas se representan los lugares donde se realizaron mediciones para el monitoreo de señales de radiofrecuencia, se colocan iconos diferentes colores que indican los niveles de intensidad registrados y que además despliegan información como la potencia en Watts, la densidad de potencia, la intensidad de campo eléctrico y el número de señales que convergen en un punto de medición. La información completa obtenida de los puntos de medición se expresa en distintas tablas dentro del módulo Web y se actualizan después de almacenar registros en la base de datos. Los datos sobre la potencia e intensidad de campo eléctrico también son procesados y expuestos en distintas gráficas para facilitar su estudio y análisis.

Se implementó un módulo Web con el cual se emiten notificaciones a los usuarios registrados (sean alumnos o maestros) cuando los niveles de intensidad de potencia, densidad de potencia o intensidad de campo eléctrico en un punto son muy altos. Las notificaciones llegan a los correos electrónicos de los usuarios registrados en la base de datos.

Después de implementar conjuntamente todos los módulos y bases de datos con la aplicación para teléfonos inteligentes, el sistema creado hace posible adquirir información sobre la intensidad de ondas de radiofrecuencia generada por los puntos de acceso WiFi y bases de telefonía móvil que convergen en el área de la unidad Zacatenco del IPN. La información se administra mediante tecnología Web y los datos son rápidamente procesados para mostrar resultados que tanto usuarios como a visitantes del sitio Web pueden entender y de ser requerido utilizar. Los resultados que arrojan los

datos recabados durante cuatro meses demuestran que el sistema funciona y opera correctamente.

Con los datos recopilados a lo largo de cuatro meses se observó que a pesar de que en un punto se concentre una mayor cantidad de señales de radiofrecuencia, lo que importa realmente es la intensidad de potencia que se percibe, al igual que el campo eléctrico que generan.

Otro dato importante que reflejan los resultados del monitoreo es que los mayores niveles de radiación de radiofrecuencia se registraron durante el mes de septiembre. Al realizar un recuento histórico, las fechas son después del inicio de semestre, sin embargo, coinciden con las fechas de segunda reinscripción lo que sugiere después de esas fechas la población estudiantil dentro de ESIME unidad Zacatenco aumento, lo que también incremento el número de señales de radiofrecuencia emitida.

Mediante las vistas de los mapas se puede apreciar que en la mayoría de los puntos donde se realizaron mediciones existen potencias de radiación intensidad media o baja, existen pocos puntos con un rango alto de intensidad de potencia. En los mapas se ubican dos puntos en los cuales se tiene una concentración de intensidad de potencia alta, uno en el edificio 5 y otro en el edificio 4.

Los resultados también muestran que existe una gran diferencia entre el número de registros entre los turnos matutino y vespertino, pues en la tarde el número de registros fue poco menos que el doble para los de la mañana. De forma similar la intensidad de campo eléctrico y la intensidad de potencia son mayores para el turno vespertino. Principalmente durante las 14:00 horas, la intensidad de potencia registrada fue la más alta, esto puede deberse a que es un punto de intersección para los alumnos del turno matutino y los alumnos del turno vespertino y que no es un horario de clase común, en realidad es más utilizado para socializar o ingerir alimentos.

Finalmente, la información no muestra ningún dato que deba alarmar a la población de ESIME Zacatenco pues si bien existe lugares donde la potencia de radiación entra en el rango alto, aún se encuentra por debajo de los límites establecidos por la instituciones como la ICNIRP, es un caso similar para la intensidad de campo eléctrico y la densidad de potencia, sin embargo estos resultados pueden deberse a que el campus cuenta con bastantes áreas abiertas y a que se trata de una institución educativa donde los servicios de WiFi y telefonía móvil son más controlados y restringidos que en áreas densamente pobladas como zonas residenciales o empresariales.

Alcance y trabajo a futuro

Actualmente el sistema monitorea señales de radiofrecuencia que oscilen en una banda de frecuencia de 2.4 GHz y 5GHz para WiFi y bandas de telefonía móvil (2G, 3G y 4G), sin embargo, el sistema de monitoreo puede mejorar si se le implementa antenas y sensores, que detecten otro rango de frecuencias, de esta manera obtener más

información del medio para ser procesada por medio de sistemas eléctricos o mecánicos, que realicen un procesamiento previo a la información, ya que en un futuro se contara con el Internet de las cosas y con la telefonía de 5G las radiaciones aumentaran de manera significativa.

Las bajas frecuencias son muy importantes en el sector de la industria automotriz para los procesos de manufactura, en los cuales por circunstancias de la herramienta o del material, estos llegan a generar campos electromagnéticos muy grandes y que presenten un peligro para los trabajadores de la industria.

Por otra parte, el sistema puede clasificar las frecuencias de las señales de telefonía móvil con el fin de monitorear lugares donde se presenten estaciones radio base o incluso espacios públicos aledaños a industrias de telefonía para saber si cumplen con las normas de seguridad establecidas, o bien para saber en qué lugares tiene alcance de cobertura las compañías dependiendo de la banda y frecuencia que se puede clasificar en una tabla.

El proyecto puede ser utilizado como herramienta para futuros trabajos para los investigadores y los alumnos de maestría para realizar proyectos en los cuales pueden ser enfocados en diferentes aspectos como lo que es salud, medio ambiente, seguridad, o en sector industrial.

Si el proyecto se pone al alcance de toda la comunidad estudiantil de la ESIME Zacatenco se deberá migrar la información actualmente almacenada en la base de datos a un gestor especializado para el manejo de macro-datos (big data) que se espera alcanzar con los registros que se realicen al día, además, el servidor y procesos de mantenimiento para actualizar y mejorar el proceso de la información deberán ser tomados en cuenta.

Anexos

Anexo 1. Código para conexión de mapas con la base de datos.

```
<?php
//Se crean variables que contengan los Permisos de Acceso
$servername = "XXXX";
$dbname = "XXXX";
$username = "XXXX";
$password = "XXXX";
//Se crea una función que permita la escritura en XML function
parseToXML($htmlStr)
{
$xmlStr=str_replace('<','&lt;',$htmlStr);
$xmlStr=str_replace('>','&gt;',$xmlStr);
$xmlStr=str_replace('"','&quot;',$xmlStr);
$xmlStr=str_replace("'",'&#39;',$xmlStr);
$xmlStr=str_replace('&','&amp;',$xmlStr); return $xmlStr;
}
// Establece la Conexión con la base de datos
$conection=mysqli_connect ($servername, $username, $password,$dbname); if
(!$conection) die('Not connected : ' . mysqli_error());
// Selecciona todas las columnas de la tabla $query = "SELECT * FROM
registros";
if(!$result = mysqli_query($conection, $query)) die(); header("Content-
type: text/xml");
// Inicia un archivo XML echo "<?xml version='1.0' ?>"; echo '<markers>';
$ind=0;
//Realiza iteraciones a través de las columnas de la tabla while ($row =
@mysqli_fetch_assoc($result)){
// Add to XML document node echo '<marker ' ;
echo 'id="' . $row['id'] . '" ' ;
echo 'usuario="' . parseToXML($row['usuario']) . '" ' ; echo 'tipo="'
. parseToXML($row['tipo']) . '" ' ; echo 'fecha="' . ($row['fecha']) .
'" ' ; echo 'SSID="' . parseToXML($row['SSID']) . '" ' ; echo 'BSSID="'
. parseToXML($row['BSSID']) . '" ' ; echo 'RSSI="' . ($row['RSSI']) . '"
' ;
echo 'FRECUENCIA="' . ($row['FRECUENCIA']) . '" ' ; echo 'latitud="' .
$row['latitud'] . '" ' ; echo 'longitud="' . $row['longitud'] . '" ' ;
echo 'mobile_signal="' . $row['mobile_signal'] . '" ' ; echo
'mobile_type="' . parseToXML($row['mobile_type']) . '" ' ; echo '>';
$ind = $ind + 1;
} echo '</markers>';
?>
```

```

<!DOCTYPE html >
<head>
  <metaname="viewport" content="initial-scale=1.0, user-scalable=yes"/>
  <meta http-equiv="content-type" content="text/html; charset=UTF-8"/>
  <title>Mapa Radiacion Electromagnetica</title>
  <style>//establece estilos para el contenido del mapa
    #map {
      height: 100%;
    }
    html, body {
      height: 100%;
      margin: 0;
padding: 0;
    }
    #floating-panel {
      position: absolute;
      top: 10px;
left: 25%;
      z-index: 5;
      background-color: #fff;
      padding: 5px;
      border: 1px
solid #999;
      text-align: center;
      font-family: 'Roboto', 'sans-serif';
      line-height: 30px;
padding-left: 10px; }
    #Definiciones {
      font-family: Arial, sans-serif;
      background: #fff;
padding: 10px;
      margin: 10px;
      border: 3px solid #000;
    }
    #Definiciones h3 {
      margin-top: 0;
    }
    #Definiciones img {
      vertical-align: middle;
    }
    .Degradacion
    .CajaAmarilla,
    .CajaRoja,
    .CajaVerde
    {
      background: #64F41A;
      border:1px solid #b2ce96;
    }
    .CajaAmarilla{

```

```

background: #E4ED14;          border:1px solid #b2ce96;
    }          .CajaRoja{          background: #ED3114;
border:1px solid #b2ce96;    }
    .Degradacion{
        background: linear-gradient(50deg, white, green, yellow,
red);}
    </style>
</head>
<body>
    </div>
    <div id="map"></div> //Contenedor del mapa
        <div id="Definiciones"><h3>Definiciones</h3>//Contenedores
            <div class="CajaVerde">Intensidad Baja.</div><br>
            <div class="CajaAmarilla">Intensidad Media.</div><br>
            <div class="CajaRoja">Intensidad Alta.</div><br>
        </div>
    </div>    <script>          var circulos;          var map;
var op;
        function initMap(){ //crea la imagen del mapa          map =
new google.maps.Map(document.getElementById('map'),{
center: new google.maps.LatLng(19.498889, -99.135),
mapTypeId: 'roadmap',          zoom: 16  });
        //Variable para generar una ventana de informacion
var infoWindow = new google.maps.InfoWindow;          //permite
obtener un icono de una carpeta externa          var iconBase =
'images/';          var icons = {
bandera:          {
    nombre:'Punto de medicion',icono: iconBase+'bandera-roja.png'
    },iV:{
    nombre:'Intensidad Baja', icono: iconBase+'iv.png'    },
iM:{ nombre:'Intensidad Media', icono: iconBase+'im.png'
    },          iR:{
nombre:'Intensidad Alta',          icono:
iconBase+'ir.png' }    };
        // Establece la relacion con el archivo PHP
downloadUrl('DBconexionMAPA0.php', function(data){          var xml =
data.responseXML;
    var markers =
xml.documentElement.getElementsByTagName('marker');
    Array.prototype.forEach.call(markers, function(markerElem){
        //convertir en variables los datos          var id =
markerElem.getAttribute('id');          var usuario =

```

```

markerElem.getAttribute('usuario');          var tipo =
markerElem.getAttribute('tipo');             var fecha =
markerElem.getAttribute('fecha');           var SSID =
markerElem.getAttribute('SSID');            var BSSID =
markerElem.getAttribute('BSSID');           var RSSI =
markerElem.getAttribute('RSSI');            var FRECUENCIA =
markerElem.getAttribute('FRECUENCIA');      var mobile_signal =
markerElem.getAttribute('mobile_signal');   var mobile_type =
markerElem.getAttribute('mobile_type');     var
latitud=markerElem.getAttribute('latitud'); var
longitud=markerElem.getAttribute('longitud');

    //variable punto que contiene las coordenadas
var point = new google.maps.LatLng(
parseFloat(latitud),                          parseFloat(longitud));
    //permite crear un DIV para una ventana de informacion
var infowincontent = document.createElement('div');
    //permite crear un texto tipo STRONG
    var strong = document.createElement('strong');
    //permite crear un texto                                var text =
document.createElement('text');                //toma informacion de las
variables para mostrarla en una ventana
strong.textContent = id
infowincontent.appendChild(strong);

infowincontent.appendChild(document.createElement('br'));

    text.textContent = "usuario: " + usuario
infowincontent.appendChild(text);

infowincontent.appendChild(document.createElement('br'));

    var mostrartipo = document.createElement('text');
mostrartipo.textContent = "Tipo: " + tipo
infowincontent.appendChild(mostrartipo);

infowincontent.appendChild(document.createElement('br'));

    var mostrarfecha = document.createElement('text');
mostrarfecha.textContent = "Fecha: " + fecha
infowincontent.appendChild(mostrarfecha);
infowincontent.appendChild(document.createElement('br'));
    var mostrarSSID = document.createElement('text');
mostrarSSID.textContent = "SSID: " + SSID
infowincontent.appendChild(mostrarSSID);
    infowincontent.appendChild(document.createElement('br'));

```

```

    var mostrarBSSID = document.createElement('text');
mostrarBSSID.textContent = "BSSID:" + BSSID
infowincontent.appendChild(mostrarBSSID);
infowincontent.appendChild(document.createElement('br'));
    var mostrarRSSI = document.createElement('text');
mostrarRSSI.textContent = "RSSI: " + RSSI
infowincontent.appendChild(mostrarRSSI);
    infowincontent.appendChild(document.createElement('br'));
    var mostrarFRECUENCIA = document.createElement('text');
mostrarFRECUENCIA.textContent = "FRECUENCIA: " + FRECUENCIA
infowincontent.appendChild(mostrarFRECUENCIA);
infowincontent.appendChild(document.createElement('br'));
    var mostrarMS = document.createElement('text');
mostrarMS.textContent = "Señal movil: " + mobile_signal
infowincontent.appendChild(mostrarMS);
infowincontent.appendChild(document.createElement('br'));
    var mostrarMT = document.createElement('text');
mostrarMT.textContent = "Tipo de Red: " + mobile_type
infowincontent.appendChild(mostrarMT);
infowincontent.appendChild(document.createElement('br'));
    //se establece un rango de colores
var
color;
    var tipoIcono;
    var radio=Math.abs(Math.round(RSSI))-30;
if (RSSI<=-90) {
    tipoIcono=icons.iV.icono;
color='#2EFE2E';//color verde;}
    if ((RSSI <=-65)&&(RSSI > -90)){
tipoIcono=icons.iM.icono;
    color='#FFFF00';//color
amarillo;
    }
    if (RSSI > -65){
tipoIcono=icons.iR.icono;
    color='#FF0000';//color
rojo;
    }
//variable Marker que colocara iconos en el mapa
var marker = new google.maps.Marker({
    map: map,
position: point,
    icon:tipoIcono
});
//agrega una función para mostrar una ventana
marker.addListener('click', function(){
infoWindow.setContent(infowincontent);
infoWindow.open(map, marker);
});

```

```

//Permite mostrar círculos en el mapa                                circulos=new
google.maps.Circle({                                                strokeColor: '#14EBED',
strokeOpacity: 0.4,                                                  strokeWeight: 1,
fillColor: color,                                                    fillOpacity: 0.35,
center:new google.maps.LatLng(latitud, longitud),
map: map,                                                            visible: op,                                radius: radio
});
});
// genera un cuadro de definiciones o leyendas                        var
legend = document.getElementById('Definiciones');                    //ciclo
iterativo para conocer el contenido de icons                        for (var key
in icons){                                                            var type = icons[key];                    var
name = type.nombre;                                                  var icon = type.icono;
var div = document.createElement('div');
div.innerHTML = '<img src="" + icon + ""> ' + name;
legend.appendChild(div);
}
//controla la posición del contenedor de definiciones
map.controls[google.maps.ControlPosition.LEFT_TOP].push(Definiciones);
});
}
function downloadUrl(url, callback){                                  var request =
window.ActiveXObject ?                                              new
ActiveXObject('Microsoft.XMLHTTP') :
new XMLHttpRequest;
request.onreadystatechange = function(){                              if
(request.readyState == 4) {
request.onreadystatechange = doNothing;
callback(request, request.status);
}
};
request.open('GET', url, true);                                      request.send(null);
}
function doNothing() {}
</script>
<script async defer // Llama y valida la API de JavaScript
src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?API_KEY=AIzaSyBxPjF3-
9JQnkIxfPBg-mNGTSf53LxOFA&callback=initMap"> </script>
</body> </html>

```

Anexo 3. Código para la página principal de Radiofrecuencia IPN.

```
<?php session_start();
if($_SESSION['usuario'] == null || $_SESSION['usuario'] == '')
header('location: index.php'); echo "Sesión abierta: Usuario ",
$_SESSION['usuario']; ?>
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <meta charset="utf-8" />
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <title>Inicio - IPN</title>
  <link rel="shortcut icon" type="img/ico" href="img/IPN.ico"/>
<meta name="viewport" content="width=device-width, initialscale=1">
  <link rel="stylesheet" type="text/css" media="screen"
href="css/inicio2.css" />

  <link rel="stylesheet" type="text/css" media="screen"
href="css/bootstrap.min.css" />
  <script src="js/jquery-3.3.1.min.js"></script>
  <script src="js/bootstrap.min.js"></script>
  <script src="js/main.js"></script>
</head>
<body>

  <header>
    <section0 class="main row">
      <article class="col-xs-12 col-sm-3 col-md-3 collg-
2">
        
      </article>
      <article1 class="col-xs-12 col-sm-6
colmd-6 col-lg-8">
        <br>
        <h1>Instituto Politécnico Nacional</h1>
        <h2>Radiación Electromagnética</h2>
      </article1>
      <article2 class="col-xs-12 col-sm-3 col-md-3 col-lg-2">
        
      </article2>
    </section0>
  </header>
  <menu>
  <div class="menu_bar">
```

```

        <a href="#"><span clas=""><i class="icon
iconunread"></i></span>Menu</a>
    </div>
    <nav id="ioMenu">
        <ul>
            <li><a href="inicio2.php"><span clas=""><i class="icon
icon-signal"></i></span>Inicio</a></li>
            <li><a href="proyecto2.php"><span clas=""><i class="icon
icon-pencil"></i></span>Proyecto</a></li>

            <li><a href="noticias2.php"><span clas=""><i class="icon
icon-mobile"></i></span>Noticias</a></li>
            <li><a href="eventos2.php"><span clas=""><i class="icon
icon-note"></i></span>Eventos</a></li>
            <li><a href="frontend/cerrar.php"><span clas=""><i
class="icon icon-text"></i></span>Salir</a></li>
        </ul>

        </nav>
    </menu>

    <article class="col-xs-12 col-sm-12 col-md-12 col-lg-12">
        <section class="main row">

            <p><h2>
                Las Radiaciones electromagnéticas están
                presentes todo el día,                          cúidate y protégete
                para que TU tengas otro día...!!
            </h2>

            </p>
        </section>
        <!-- <section1 class="main row">
            <article2 class="col-xs-12 col-sm-12 col-md-12
col-lg-12"> -->
            <div class="slideshow">
                <div class="slider">
                    <div >
                        <figure></figure>
                        <section class="caption">
                            <h1>IPN</h1>
                            <h2>Instituto Politécnico
Nacional</h2>
                        </section>
                    </div>
                </div>
            </div>

```

```

alt=""></figure>
<figure>
  <h1>IPN</h1>
  <h2>Instituto Politécnico
Nacional</h2>
</section>
</div>
<div>
alt=""></figure>
<figure>
  <h1>IPN</h1>
  <h2>Instituto Politécnico
Nacional</h2>
</section>
</div>
</div>
<div class="paginacion">
</div>
<div class="left">
</div>
<div class="right">
</div>
</div>
</div>
<!-- </article2>
</section1> -->
<br>
<br>
</article>
<section2 class="main row">
  <article3 class="col-xs-12 col-sm-12 col-md-12
col-lg-12">
  <br>
  <h1> <p>Características </p></h1>
  <br>
  <?php
include("proyecto/conexion.php");          try {
  $var=$_SESSION["usuario"];
  $conn->setAttribute(PDO::ATTR_ERRMODE,
PDO::ERRMODE_EXCEPTION);
  $stmt = $conn->prepare("SELECT * FROM usuarios ");
  $stmt->execute();

```

```

                $stmt->setFetchMode(PDO::FETCH_ASSOC);
while ($row = $stmt->fetch()) {
    $row['usuario']
                $co = $row['correo'];

                }

} catch(PDOException $e) {
    echo "Error: " . $e-
    >getMessage();
    }
    $conn = null;
    ?>
    <?php
include("proyecto/conexion.php");
    try {
        $conn->setAttribute(PDO::ATTR_ERRMODE,
PDO::ERRMODE_EXCEPTION);
        $stmt = $conn->prepare("SELECT * FROM registros WHERE
date(fecha)=(SELECT max(date(fecha)) FROM registros)");
        $stmt->execute();

        $stmt->setFetchMode(PDO::FETCH_ASSOC);
        $var=$_SESSION["usuario"];

// $correo = $conn->prepare("SELECT correo FROM usuarios WHERE
usuario=$var ");
// $correo->execute();
// $correo->setFetchMode(PDO::FETCH_ASSOC);
    $r = 0;
    ?>

    <?php while ($row = $stmt->fetch()) {
if($r >= $row['RSSI'])
                $r = $row['RSSI'];
                }
                if($r < 90)
                {
                    $destino="";
                    // $correo="";
                    $contenido = "Estimado usuario, hay
niveles muy altos en el campus Zacatenco, mantenga precaución";

                }
                echo $r, " ", $co;
                ?>

```

```

                <?php } catch(PDOException $e) {                    echo
"Error: " . $e->getMessage();
    }
    $conn = null;
    ?>

    <p>Lo que se muestra a continuación es un mapa
del Instituto Politécnico Nacional de la unidad Zacatenco, en este
se puede visualizar cuales son los puntos que emiten Radiación
electromagnética.

    <br>
    Las banderas que se muestran a continuación
son los puntos claves de los cuales se pueden tomar referencia,
incluye una ruta de donde uno puede se puede apreciar la unión de
todos los puntos.

    </p>
</article3>
<article4 class="col-xs-12 col-sm-12 col-md-12
collg-12">
    <a href="opcion2.php">Si quieres cambiar de mapa da
click</A> <BR> <BR> <BR>
    <?php        try {
                $mapa = $_POST["mapa"];                    if ($mapa == null)
                {
                    $mapa = "mapa1";                }
                $fecha=strftime( "Ultima Actualizacion %d/%m/20%y a las
%H:%M PM", time() );                    if($mapa == "mapa1"){
echo "El mapa que se muestra a continuación contiene los ultimos
registros";
                ?>
                <div class="card mb-3">
                <div class="card-header">
                <i class="fa fa-area-chart"></i> Ultimos Registros</div>
                <iframe src="MAPA1.html" width="automated" height="750"
frameborder="0" style="border:0" allowfullscreen></iframe>
                <a href="MAPA1.html"></a>
                <link href="avance(revisen)/MAPA1.html">
                <div class="card-footer small text-muted"> <?php echo
$fecha; ?> </div>                    </div> <?php }                    if($mapa ==
"mapa2"){

```

```
        echo "El mapa que se muestra a continuación contiene los
registros de la mañana";
```

```
    ?>
```

```
        <div class="card mb-3">
```

```
            <div class="card-header">
```

```
                <i class="fa fa-area-chart"></i> Registros de la
Mañana</div>
```

```
                <iframe src="MAPAMAÑANA.html" width="automated"
height="750" frameborder="0" style="border:0"
allowfullscreen></iframe>
```

```
                <a href="MAPAMAÑANA.html"></a>
```

```
                <link href="avance(revisen)/MAPAMAÑANA.html">
```

```
                <div class="card-footer small text-muted"><?php echo
$fecha; ?></div> </div> <?php } if($mapa ==
"mapa3"){ echo "El mapa que se muestra a continuación
contiene los registros de la tarde";
```

```
    ?>
```

```
        <div class="card mb-3">
```

```
            <div class="card-header">
```

```
                <i class="fa fa-area-chart"></i> Registros de la
Tarde</div>
```

```
                <iframe src="MAPATARDE.html" width="automated"
height="750" frameborder="0" style="border:0"
allowfullscreen></iframe>
```

```
                <a href="MAPATARDE.html"></a>
```

```
                <link href="avance(revisen)/MAPATARDE.html">
```

```
                <div class="card-footer small text-muted"><?php echo
$fecha; ?></div> </div> <?php } if($mapa ==
"mapa4"){ echo "El mapa que se muestra a continuación
contiene los registros de la noche";
```

```
    ?>
```

```
        <div class="card mb-3">
```

```
            <div class="card-header">
```

```
                <i class="fa fa-area-chart"></i> Registros de la
Noche</div>
```

```
                <iframe src="MAPANOCHE.html" width="automated"
height="750" frameborder="0" style="border:0"
allowfullscreen></iframe>
```

```
                <a href="MAPANOCHE.html"></a>
```

```
                <link href="avance(revisen)/MAPANOCHE.html">
```

```
                <div class="card-footer small text-muted"><?php echo
$fecha; ?></div> </div> <?php } if($mapa ==
"mapa5"){ echo "El mapa que se muestra a continuación
contiene una ruta segura para los usuarios";
```

```
    ?>
```

```
        <div class="card mb-3">
```

```

        <div class="card-header">
            <i class="fa fa-area-chart"></i> Mapa de la Ruta Segura
        </div>

        <iframe src="MAPA2.html" width="automated" height="750"
        frameborder="0" style="border:0" allowfullscreen></iframe>
        <a href="MAPA2.html"></a>
        <link href="avance(revisen)/MAPA2.html">
        <div class="card-footer small text-muted"><?php echo
        $fecha; ?></div>
        </div> <?php }
        } catch(PDOException $e) {
            echo "Error: " . $e->getMessage();
        }
        $conn = null;
        ?>

        </article4>
    </section2>

    <section3>
        <article5 class="col-xs-12 col-sm-12 col-md-6
col-lg-6">

            INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
            D.R. Instituto Politécnico Nacional (IPN), Av. Luis
            Enrique Erro S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zacatenco,
            Delegación Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México; México
            2009-2013.

        </article5>
    </section3>
    <script>
    alertSize();
    function alertSize(){
    var myWidth = 0, myHeight = 0;
    if
    (typeof(window.innerWidth) == 'number') {
    myWidth = window.innerWidth;
    myHeight =
    window.innerHeight;
    }else if( document.documentElement &&
    ( document.documentElement.ClientWidth ||
    document.documentElement.ClientWidth)){
    myWidth
    = document.documentElement.ClientWidth;
    myHeight
    = document.documentElement.ClientHeight;
    }else if (document.body &&

```

```

document.getElementsByClassName("subConsulta")[0];
var display; var vara =
document.getElementsByClassName("sub")[0];
display = form.style.display; display2 =
reporte.style.display; if(display ==
"none"){ form.style.display = "block";
form.style.display = "block";
form.style.display = "block";

}else{
form.style.display = "none";
}

function displayMenu() { var display;
var left = document.getElementsByClassName("left")[0];
var right = document.getElementsByClassName("right")[0];
var card_menu = document.getElementById("card_menu");
display = card_menu.style.display; if
(display == "none") {
card_menu.style.display = "block";
left.style.display = "none";
right.style.display = "none";
}else{
card_menu.style.display = "none";
left.style.display = "block";
right.style.display = "block";
} } function
displayFormContact(status){ var sesion =
document.getElementsByClassName('sesion_form')[0];
var sesion_boton =
document.getElementById('sesion_button');
sesion.style.display = status; if(status
== "block"){ sesion_boton.style.display
= "none"; }else{
sesion_boton.style.display = "block";
}
}
}

```

```

document.getElementsByClassName("subConsulta")[0];
var display; var vara =
document.getElementsByClassName("sub")[0];
display = form.style.display; display2 =
reporte.style.display; if(display ==
"none"){ form.style.display = "block";
form.style.display = "block";
form.style.display = "block";

}else{
form.style.display = "none";
}
}

function displayMenu() { var display;
var left = document.getElementsByClassName("left")[0];
var right = document.getElementsByClassName("right")[0];
var card_menu = document.getElementById("card_menu");
display = card_menu.style.display; if
(display == "none") {
card_menu.style.display = "block";
left.style.display = "none";
right.style.display = "none";
}else{
card_menu.style.display = "none";
left.style.display = "block";
right.style.display = "block";
}
}

function
displayFormContact(status){ var sesion =
document.getElementsByClassName('sesion_form')[0];
var sesion_boton =
document.getElementById('sesion_boton');
sesion.style.display = status; if(status
=="block"){ sesion_boton.style.display
= "none"; }else{
sesion_boton.style.display = "block";
}
}
}

```

Glosario

1. **Radiofrecuencia:** Porción menos energética del espectro de electromagnético con frecuencias situadas entre los 3 hercios y 300 gigahercios.
2. **WIFI:** Tecnología que permite la comunicación entre dispositivos electrónicos que trabajen con la norma 802.11.
3. **Web:** Termino utilizado para referirse a una página digital que es capaz de contener información electrónica y puede ser visualizada a través de un navegador Web.
4. **Router:** Dispositivo que permite la comunicación entre ordenadores que se encuentren conectados a una red.
5. **Extrapolación:** Es un proceso científico y lógico que se basa en los hechos e investigaciones actuales con el fin de suponer acontecimientos que puedan ocurrir en un futuro.
6. **GPS:** Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System) que proporciona datos de ubicación geográfica por medio de una red de satélites que calculan la posición tridimensional.
7. **NFC:** Tecnología Inalámbrica de Corto Alcance (Near Field Communication) es una tecnología inalámbrica que trabaja con una banda de frecuencia alrededor de los 13.56 Megahercios para permitir una comunicación instantánea entre dispositivos de telefonía móvil.
8. **Bluetooth:** Es un protocolo de comunicaciones para bajo consumo que permite la rápida conectividad punto a punto entre dos dispositivos electrónicos que se encuentren en un área cercana.
9. **DBi:** Ganancia de antena medida en decibeles y relación logarítmica entre la potencia de emisión en comparación con una antena isotrópica.
10. **Sistema NMT:** Tecnología Móvil Nórdica es una tecnología analógica que trabaja con dos frecuencias distintas (450 y 900) y que es considerado como el primer sistema del mundo de telefonía móvil.
11. **API:** Interfaz de Programación de Aplicaciones, es el conjunto de rutinas, métodos y funciones que están contenidas en bibliotecas de programación para que sean utilizadas por otros medios informáticos.
12. **JavaScript:** Lenguaje de programación interpretado que trabaja para servicios Web y HTML.
13. **PHP:** Procesador de hipertexto, es un lenguaje de programación que está orientado al servidor y se utiliza como una fuerte herramienta para la creación de páginas Web dinámicas.
14. **URL:** Localizador Uniforme de Recursos, es un identificador de dirección para determinar los recursos dentro del entorno de Internet para obtener los servicios que se hayan localizado.
15. **xhtml:** Es una forma de escribir HTML en forma de etiquetas XML.
16. **Script:** Conjunto de instrucciones simples que realiza una tarea computacional específica y que es almacenado en un archivo de texto plano.
17. **SQLite:** Sistema de ordenamiento de bases de datos relacionales contenido en una librería en lenguaje C.
18. **Framework:** Área de diseño y trabajo donde se realiza la interfaz del sistema.

19. **IDE:** Entorno de Desarrollo Integrado, es una aplicación que proporciona la mayoría de las herramientas de desarrollo para implementar en un sistema de software flexible para el programador.
20. **Radiotelefonía:** Sistema de telecomunicación que permite los medios necesarios para establecer una constante comunicación entre dispositivos telefónicos.
21. **Ethernet:** Tipo de comunicación de área local (LAN) que trabaja bajo la norma 802.3.
22. **HSDPA:** Tecnología 3G optimizada que se caracteriza por basarse en conexiones minis.
23. **xDSL:** Es una técnica de transmisión de datos entre dispositivos que utilicen las redes de telefonía con frecuencias muy altas para acceder a los servicios de datos por medio de ADSL.
24. **HFC:** Híbrido de fibra coaxial, es un término que describe la arquitectura necesaria para establecer una conexión a internet de banda ancha por medio de redes de televisión por cable.
25. **FTTx:** Tecnología de telecomunicaciones que determina el alcance de fibra óptica dependiendo de la zona donde se implemente.

Bibliografía.

- [1] OMS, “Los campos electromagnéticos y la salud pública”, Nota descriptiva N°204, Mayo 2006, Consultado en Junio 2018, (<http://www.who.int/pehemf/publications/facts/fs304/es/>).
- [2] Instituto Federal de Telecomunicaciones, “Aumenta acceso a servicios de telecomunicaciones en México”, Comunicado 53/2018, 11 Julio 2018, (<http://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es/aumenta-accesoservicios-de-telecomunicaciones-en-mexico-comunicado-532018>).
- [3] OMS, “El Proyecto Internacional CEM”, Campos electromagnéticos (CEM), 1996, Consultado en Junio 2018, (<http://www.who.int/peh-emf/project/es/>).
- [4] Meliá Miralles, Joaquín, “Magnitudes y leyes”, Fundamentos físicos de la teledetección: leyes y principios, Unidad de teledetección. Departamento de Termodinámica, Facultad de físicas, Unidad de Valencia, Consultado en septiembre 2018.
- [5] Wikipedia, “Diagrama del espectro electromagnético, mostrando el tipo, longitud de onda con ejemplos, frecuencia y temperatura de emisión de cuerpo negro”, Espectro Electromagnético, Septiembre 2018, (https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagnetico).
- [6] Fontal Bernardo, “El espectro electromagnético y sus aplicaciones”, Departamento de química, Facultad de ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, Diciembre 2015, Venezuela.
- [7] Castilla y Leon, “Guía de radiaciones Ionizantes y No Ionizantes”, Secretaria de Salud Laboral, Valladolid, España, Deposito legal VA-xxx-2006.
- [8] Perez Vega, Constantino, “Radiaciones ionizantes y no ionizantes en el medio ambiente”, Departamento de Ingeniería de comunicaciones, Universidad de Cantabria, Cantabria, España, Consultado Septiembre 2018.
- [9] Alfred O. Hero, “El espectro de Radiofrecuencia”, Enciclopedia Britanica, Reino Unido 21 de enero de 2014, Consultado por Wikipedia 2015.
- [10] Universidad de las Américas de Puebla, “Capitulo 1: Conceptos de Radiofrecuencia”, Dirección de Bibliotecas, Santa Catarina Mártir, San Andrés Cholula, Puebla México, Consultado Septiembre 2018, (http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/nocedal_d_jm/capitulo1.pdf).
- [11] Uso Inteligente de las nuevas tecnologías, “Rango de señal de una antena de telefonía móvil”, ¿Qué es el WIFI?, Septiembre 2018, (<http://www.escuelasinwifi.com/que-es-wifi>).
- [12] UNAM, FES Cuahutitlan, “Bases de datos”, Encuentro FCA-FESC, 30 Marzo 2016 Consultado, Junio 2018, (<http://docencia.fca.unam.mx/CAACS/index.php/areas/base-dedatos>).
- [13] Perez Valdes Damian, “¿Qué son las bases de datos?”, Maestros del Web, 26 de Octubre de 2007, Consultado en Agosto 2018, (<http://www.maestrosdelweb.com/que-son-lasbases-de-datos>).
- [14] Google Developers, “Construye cualquier cosa con Google”, Home, Consultado Septiembre 2018, (<https://developers.google.com>).
- [15] Google Maps Platform, “Google Apis”, Los productos, Consultado Septiembre 2018, (<https://developers.google.com/maps/get-started/>).
- [16] Android Developers, “Arquitectura de la plataforma” Consultado en Septiembre 2018, (<https://developer.android.com/guide/platform/?hl=es-419>).

- [17] Android Studio Developers, "Ejecutar apps en el emulador de Android", 28 de Septiembre de 2018, (<https://developer.android.com/studio/run/emulator?hl=es-419>).
- [18] Wikipedia: enciclopedia libre, "Telegrafo", El telegrafo, consulta agosto 2018, (<https://es.wikipedia.org/wiki/Tel%C3%A9grafo>).
- [19]Ciro Corzo Salazar, Pérez Cerón Adriana, "El celular" , Historia de la tecnología celular (Capítulo I), Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo, Septiembre 2018.
- [20]Wikipedia: enciclopedia Libre, "Crowdsensing", La vigilancia Colectiva Móvil, consulta Octubre 2018, (<https://en.wikipedia.org/wiki/Crowdsensing>).
- [21]OMS, "El Proyecto Internacional CEM", Campos electromagnéticos (CEM), 1996, Consultado en Junio 2018, (<https://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs304/es/>).
- [22]Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), "Estadísticas a propósito del día mundial contra el cáncer", Aguascalientes, Ags. 1 de Febrero del 2017.
- [23]Monitoreo continuo de campos electromagnéticos "Sistema de monitoreo continuo" Consultado en Noviembre 2018, (<https://www.ursec.gub.uy/inicio/informaciontecnica/telecomunicaciones/telecomunicaciones-rni/radiaciones-monitoreo/>). [24] Agencia Nacional del Espectro "Inicio" Consultado en Noviembre 2018 (<https://www.ane.gov.co/index.php>).
- [25]Agencia Nacional del Espectro "Normatividad", "Mapa", Consultado en Agosto 2018 (<https://www.ane.gov.co/index.php/site-map?s=87E3D69C581FF3CF8C72CC5C3142565E29A3FD22>).
- [26]ICNIRP, CEM guidelines, Health Physics 74, 494-522, "Niveles de referencia para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos (valores rms no perturbados)", 1998, (<https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>).
- [27]Gobierno de Cataluña, "Gobernanza radioeléctrica", Proyecto, Septiembre 2015, (<http://governancaradioelectrica.gencat.cat/>).
- [28]Stacenko L., Ageeva Anna, "Monitoring of levels of electromagnetic radiation from base station antennas", International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), 2015, Rusia.
- [29]N. Ionut, , "Electromagnetic Pollution in Urban Areas", International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE 2014), 16-18 October, Iasi, 2014, Romania.
- [30]N. Djuric¹, M. Prsa², V. Bajovic³ and K. Kasas-Lazetic "Serbian Remote Monitoring System for Electromagnetic Environmental Pollution", TELSIKS, 2011, Serbia.
- [31]S. Sagar, B. Struchen, V. Finta, M. Eeftens, "Use of portable exposimeters to monitor radiofrequency electromagnetic field exposure in the everyday environment", Environmental Research, 150 (2016), 289-298, Elsevier 2016.
- [32]A. Linhares, A. Pires, A. Martins, "Measurement of RF Field Strength in Home Environments from a Nearby Base Station and Wireless Devices", 2017 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC)
- [33]Consejo Mexicano de Radiología e Imagen (CMRI), "Listado de Conferencias de Radiofrecuencia por el Consejo Mexicano de Radiología e Imagen", Consultado en Septiembre 2018, (<https://www.cmri.org.mx/cursospdf.php>).
- [34]Wikipedia: enciclopedia libre, "Extensible Markup Language", consultado Octubre 2018, (https://es.wikipedia.org/wiki/Extensible_Markup_Language).
- [35]Wikipedia: Enciclopedia Libre, "Sistema Geodésico Mundial", consulta Octubre 2018, (https://en.wikipedia.org/wiki/World_Geodetic_System).

- [36]Google Maps Platform, “Terminos de servicio de Google Cloud Plataform”, Documentación, Consultado Octubre 2018, (<https://developers.google.com/maps/getstarted/>).
- [37]Google Maps Platform, “Términos y condiciones adicionales para la prueba gratuita de Google Cloud Platform”, Documentacion, Consultado Octubre 2018, (<https://cloud.google.com/terms/free-trial/>).
- [38]Android Developers, “Paneles de control”, consultado Octubre 2018, (<https://developer.android.com/about/dashboards/?hl=es-419>).
- [39]w3school: el sitio de desarrollo Web más grande del mundo, “Diseño Web Responsivo - El Viewport”, consultado en Noviembre 2018, (https://www.w3schools.com/css/css_rwd_viewport.asp).
- [40]Insideout, “Subiendo archivos con Android y PHP”, 19 de Julio de 2011, Jaime Mulero, consultado Agosto 2018, (<http://www.insdout.com/tutoriales/tutorial-subiendo-archivoscon-android-php.htm>).