



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**TÍTULO**

“ANÁLISIS Y MEDICIÓN DE LAS SEÑALES EMITIDAS POR LAS  
RADIACIONES NO IONIZANTES EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA  
EN EL ESPACIO CIRCUNDANTE A LAS ANTENAS SECTORIALES Y  
ESTACIONES DE RADIO BASE”.

**TRABAJO DE TITULACION PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

**DE:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**AUTORA**

**CEDEÑO GÓMEZ MARÍA JOSÉ**

**TUTOR**

**Ing Luis Miguel Amaya, MSc**

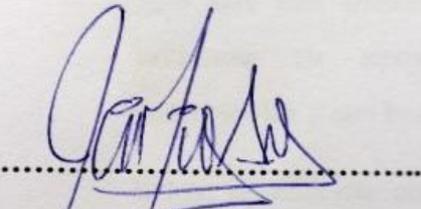
**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2018**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación denominado: “ANÁLISIS Y MEDICIÓN DE LAS SEÑALES EMITIDAS POR LAS RADIACIONES NO IONIZANTES EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA EN EL ESPACIO CIRCUNDANTE A LAS ANTENAS SECTORIALES Y ESTACIONES DE RADIO BASE”, elaborado por la egresada CEDEÑO GÓMEZ MARÍA JOSÉ, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante para que inicie los trámites legales correspondientes.

La libertad, enero del 2019



**Ing Luis Miguel Amaya, MSc**

## **DEDICATORIA**

Indudablemente mi trabajo de titulación se lo dedico a los seres que más amo, mis padres, José Cedeño y Nora Gómez quienes son la motivación diaria y el pilar fundamental de mi vida, quienes con esfuerzo y dedicación han logrado hacer de mí, una mujer de bien, que supieron darme las herramientas necesarias para poder lograr todo aquello que me proponía.

Hoy este gran logro se los dedico a ustedes quienes me acompañaron incondicionalmente en este largo camino sin importar las adversidades, gracias; por luchar por mí, por luchar conmigo, por ese amor tan perfecto que me brindan, por ser mi luz y mi guía, porque si algo sale mal ustedes estarán conmigo para brindarme su apoyo, por sus abrazos confortables y sus besos que me llenan el alma

Estoy agradecida con la vida por darme la bendición de ser su hija, porque sin importar nada ustedes estarán conmigo siempre,

LOS AMA INFINITAMENTE

María José Cedeño Gómez

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por la vida, por su amor puro e incondicional, por mantenerme en pie cuando todo parecía imposible, mi fe intacta en el transcurso de este largo camino me convenció de que nada hubiera sido posible sin su amor y misericordia

A mis padres, el motor de mi vida quienes me apoyaron incasablemente en este largo andar, quienes siempre tuvieron palabras de aliento e incluso de rigor para hacerme comprender que los sueños por mas locos e imposibles que parezcan solo se consiguen luchando y que nada es fácil en esta vida, gracias por confiar en mi incluso cuando ni yo misma lo hacía, por darme su hombro para llorar las derrotas y brindarme una sonrisa en los logros alcanzados, hoy todo lo conseguido es gracias a ustedes.

A mis amigas, por sus consejos por su apoyo y por todas las anécdotas inolvidables que nos llevamos de esta maravillosa etapa que compartimos juntas.

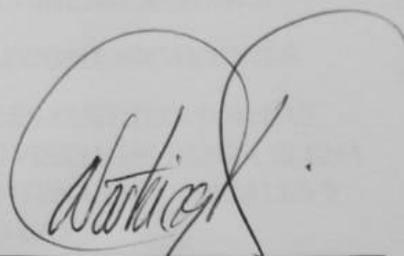
A mis docentes por la ayuda brindada, por sus enseñanzas; que iban más allá de impartir una materia, y poder forjar el camino para nuestra vida profesional, pero en especial a mi Tutor de trabajo de titulación por su paciencia, por confiar en mí y por ayudarme durante todo este trayecto.

María José Cedeño Gómez

**TRIBUNAL DE GRADO**



**Villao Santos Freddy, MSc  
DECANO DE FACULTAD**



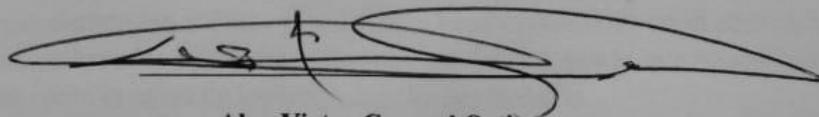
**Torres Guin Washington, Mgt.  
DIRECTOR(A) DE CARRERA**



**Ing. Luis Miguel Amaya, MSc  
PROFESOR TUTOR**



**Ing. Víctor Fuentes Dumes, Msc  
PROFESOR DE ÁREA**



**Abg. Victor Coronel Ortiz  
SECRETARIO GENERAL**

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÌNSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**  
**CARRERA DE ELECTRÒNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**“ANÁLISIS Y MEDICIÓN DE LAS SEÑALES EMITIDAS POR LAS  
RADIACIONES NO IONIZANTES EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA  
EN EL ESPACIO CIRCUNDANTE A LAS ANTENAS SECTORIALES Y  
ESTACIONES DE RADIO BASE”**

**RESUMEN**

Las radiaciones no ionizantes, son tipos de radiación del espectro electromagnético que no cuentan con la suficiente energía para ionizar la materia; generalmente son producidas por ondas de radiofrecuencia que emiten las antenas, entre otros dispositivos móviles. Con base a esta perspectiva, el presente trabajo se basó en el análisis y medición de las señales emitidas por las radiaciones no ionizantes en la Provincia de Santa Elena en el espacio circundante a las antenas sectoriales y estaciones de radio base, considerando que a pesar de que las radiaciones no ionizantes son de menor frecuencia que las radiaciones ionizantes, la exposición a estas durante largos periodos de tiempo, pueden provocar daños en la salud de los individuos. En este caso, se identificó como problemática de estudio, el incremento en el número de estaciones de radio bases y antenas sectoriales en la Provincia de Santa Elena, mismas que han sido instaladas en zonas y a distancias no recomendadas. Para llevar a cabo la investigación, se realizaron mediciones de radiofrecuencia en 40 estaciones bases ubicadas en los cantones La Libertad, Santa Elena y Salinas, mediante la utilización de los equipos HF-B3G Latnex y NARDA SRM 3006. Los resultados obtenidos de cada equipo de medición fueron analizados de forma individual con base a la recomendación UIT-T K52 y posteriormente contrarrestado entre sí, a fin de determinar si los niveles de radiación no ionizante exceden los niveles recomendados. En este caso, de acuerdo a las mediciones realizadas se logró determinar que en su mayoría los niveles de radiación no ionizante que emiten las antenas y estaciones base distribuidas en la provincia de Santa Elena, no exceden los límites máximos permitidos, por lo que no representan mayor riesgo para la salud de los habitantes de la provincia.

**Palabras claves:** radiación, radiación no ionizante, radios bases, antenas, mediciones de radiofrecuencia.

**STATE UNIVERSITY SANTA ELENA PENINSULA**  
**FACULTY OF SYSTEMS AND TELECOMMUNICATIONS**  
**ELECTRÒNICA AND TELECOMMUNICATIONS RACE**

“ANALYSIS AND MEASUREMENT OF SIGNALS ISSUED BY NON  
IONIZING RADIATIONS IN THE PROVINCE OF SANTA ELENA IN THE  
CIRCUNDATING SPACE TO SECTORAL ANTENNAS AND BASE RADIO  
STATIONS”

**ABSTRACT**

Non-ionizing radiation are types of radiation in the electromagnetic spectrum that do not have enough energy to ionize matter; they are usually produced by radio frequency waves that emit the antennas, among other mobile devices. Based on this perspective, the present work was based on the analysis and measurement of the signals emitted by the non-ionizing radiation in the Province of Santa Elena in the space surrounding the sector antennas and base radio stations, considering that despite the that non-ionizing radiation is less frequent than ionizing radiation, exposure to these for long periods of time can cause damage to the health of individuals. In this case, it was identified as a study problem, the increase in the number of base radio stations and sector antennas in the Province of Santa Elena, which have been installed in areas and distances not recommended. To carry out the research, radiofrequency measurements were taken at 40 base stations located in the cantons of La Libertad, Santa Elena and Salinas, using the HF-B3G Latnex and NARDA SRM 3006 equipment. The results obtained from each measurement equipment were analyzed individually on the basis of recommendation ITU-T K52 and subsequently contracted with each other, in order to determine if the levels of non-ionizing radiation exceed the recommended levels. In this case, according to the observations, it will be obtained, obtained, obtained, issued, broadcast, the antennas and the stations are distributed in the province of Santa Elena, the maximum permitted limits are not exceeded, so do not represent Greater risk to the health of the inhabitants of the province.

**Keywords:** radiation, non-ionizing radiation, radio bases, antennas, radiofrequency measurements.

## DECLARACIÓN

El contenido del presente Trabajo de titulación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

*María José Cedeño*  
.....  
María José Cedeño Gómez

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|  |      |
|--|------|
| PORTADA.....                                       | 1    |
| APROBACIÓN DEL TUTOR.....                          | II   |
| DEDICATORIA .....                                  | III  |
| AGRADECIMIENTO .....                               | IV   |
| TRIBUNAL DE GRADO .....                            | V    |
| RESUMEN.....                                       | VI   |
| ABSTRACT.....                                      | VII  |
| DECLARACIÓN .....                                  | VIII |
| ÍNDICE DE CONTENIDO.....                           | IX   |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                             | XI   |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                             | XII  |
| ÍNDICE DE ANEXOS.....                              | XIII |
| INTRODUCCIÓN .....                                 | 1    |
| CAPÍTULO I.....                                    | 3    |
| 1. MARCO REFERENCIAL.....                          | 3    |
| 1.1. Antecedentes .....                            | 3    |
| 1.2. Planteamiento del problema .....              | 5    |
| 1.3. Situación actual del problema .....           | 6    |
| 1.4. Justificación.....                            | 6    |
| 1.5. Objetivos .....                               | 7    |
| 1.6. Hipótesis.....                                | 8    |
| 1.7. Resultados esperados.....                     | 8    |
| CAPÍTULO II .....                                  | 10   |
| 2. MARCO TEÓRICO .....                             | 10   |
| 2.1. Antecedentes históricos .....                 | 10   |
| 2.2. Marco legal.....                              | 12   |
| 2.3. Bases teóricas .....                          | 15   |
| 2.4. Variables.....                                | 40   |
| 2.5. Métodos e instrumentos de investigación ..... | 40   |
| 2.6. Términos básicos .....                        | 42   |
| CAPÍTULO III.....                                  | 44   |

|  |    |
|--|----|
| 3. ANÁLISIS .....  | 44 |
| 3.1. Diagrama de procesos .....                            | 44 |
| 3.1.1. Selección de los puntos de medición .....           | 44 |
| 3.1.2. Configuración de instrumentos .....                 | 47 |
| 3.1.3. Trabajo de campo .....                              | 47 |
| 3.1.4. Análisis de los resultados .....                    | 50 |
| 3.2. Identificación de requerimientos .....                | 50 |
| 3.2.1. Equipo de medición HF-B3G Latnex .....              | 50 |
| 3.2.2. Equipo de medición NARDA SRM 300 .....              | 52 |
| CAPÍTULO IV .....  | 55 |
| 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....                            | 55 |
| 4.1. Análisis de resultados del equipo HF-B3G Latnex ..... | 55 |
| 4.2. Análisis de resultados del equipo NARDA SRM 300 ..... | 76 |
| 4.3. Comparativa con recomendación UIT-T K52 .....         | 78 |
| 4.4. Contraste de mediciones obtenidas .....               | 81 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                       | 88 |
| Conclusiones .....   | 88 |
| Recomendaciones .....                                      | 89 |
| BIBLIOGRAFÍA .....   | 90 |
| ANEXOS .....   | 93 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |           |
|--|-----------|
| Figura 1. Espectro radioeléctrico .....                                    | 15        |
| Figura 2. Ondas de radio .....   | 16        |
| Figura 3. Ondas infrarrojas .....  | 17        |
| Figura 4. Luz visible .....  | 17        |
| Figura 5. Luz ultravioleta .....   | 18        |
| Figura 6. Rayos X.....   | 18        |
| Figura 7. Rayos gamma.....   | 19        |
| Figura 8. Antenas de hilo .....  | 30        |
| Figura 9. Antena parabólica.....   | 30        |
| Figura 10. Antena plana .....  | 31        |
| Figura 11. Antena tipo reflector .....                                     | 32        |
| Figura 12. Antenas de tipo bocina .....                                    | 32        |
| Figura 13. Antena de tipo dipolo.....                                      | 33        |
| Figura 14. Elementos de los sistemas de telecomunicaciones .....           | 36        |
| Figura 15. Fases del proceso de medición .....                             | 44        |
| Figura 16. La Libertad .....   | 45        |
| <b>Figura 17. Salinas.....</b>   | <b>45</b> |
| Figura 18. Santa Elena.....  | 46        |
| Figura 19. Proyección de antenas sectoriales provincia de Santa Elena..... | 46        |
| Figura 20. Equipo HF-B3G.....  | 52        |
| Figura 21. Equipo NARDA SRM 3006 .....                                     | 54        |
| Figura 22. Variación porcentual punto 1 (La Libertad) .....                | 82        |
| Figura 23. Variación porcentual punto 12 (La Libertad) .....               | 83        |
| Figura 24. Variación porcentual punto 1 (Salinas) .....                    | 84        |
| Figura 25. Variación porcentual punto 7 (Salinas) .....                    | 85        |
| Figura 26. Variación porcentual punto 9 (Santa Elena).....                 | 86        |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 Distribución convencional del Espectro radioeléctrico .....      | 20 |
| Tabla 2 Espectro electromagnético de las radiaciones no ionizantes ..... | 24 |
| Tabla 3. Puntos de mediciones en Santa Elena .....                       | 48 |
| Tabla 4. Puntos de mediciones en Salinas .....                           | 48 |
| Tabla 5. Puntos de mediciones en La Libertad .....                       | 49 |
| Tabla 6 Valores de referencia (Límites máximos permitidos) .....         | 55 |
| Tabla 7 Mediciones punto 1 (La Libertad) .....                           | 56 |
| Tabla 8 Mediciones punto 2 (La Libertad) .....                           | 56 |
| Tabla 9 Mediciones punto 3 (La Libertad) .....                           | 57 |
| Tabla 10 Mediciones punto 4 (La Libertad) .....                          | 57 |
| Tabla 11 Mediciones punto 5 (La Libertad) .....                          | 58 |
| Tabla 12 Mediciones punto 6 (La Libertad) .....                          | 58 |
| Tabla 13 Mediciones punto 7 (La Libertad) .....                          | 59 |
| Tabla 14 Mediciones punto 8 (La Libertad) .....                          | 59 |
| Tabla 15 Mediciones punto 9 (La Libertad) .....                          | 60 |
| Tabla 16 Mediciones punto 10 (La Libertad) .....                         | 60 |
| Tabla 17 Mediciones punto 11 (La Libertad) .....                         | 61 |
| Tabla 18 Mediciones punto 12 (La Libertad) .....                         | 61 |
| Tabla 19 Mediciones punto 13 (La Libertad) .....                         | 62 |
| Tabla 20 Mediciones punto 14 (La Libertad) .....                         | 62 |
| Tabla 21 Mediciones punto 15 (La Libertad) .....                         | 63 |
| Tabla 22 Mediciones punto 16 (La Libertad) .....                         | 63 |
| Tabla 23 Mediciones punto 17 (La Libertad) .....                         | 64 |
| Tabla 24 Mediciones punto 1 (Santa Elena) .....                          | 64 |
| Tabla 25 Mediciones punto 2(Santa Elena) .....                           | 65 |
| Tabla 26 Mediciones punto 3 (Santa Elena) .....                          | 65 |
| Tabla 27 Mediciones punto 4 (Santa Elena) .....                          | 66 |
| Tabla 28 Mediciones punto 5 (Santa Elena) .....                          | 66 |
| Tabla 29 Mediciones punto 6 (Santa Elena) .....                          | 67 |
| Tabla 30 Mediciones punto 7 (Santa Elena) .....                          | 67 |
| Tabla 31 Mediciones punto 8 (Santa Elena) .....                          | 68 |
| Tabla 32 Mediciones punto 9 (Santa Elena) .....                          | 68 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 33 Mediciones punto 10 (Santa Elena).....  | 69 |
| Tabla 34 Mediciones punto 11 (Santa Elena).....  | 69 |
| Tabla 35 Mediciones punto 1 (Salinas).....   | 70 |
| Tabla 36 Mediciones punto 2 (Salinas).....   | 70 |
| Tabla 37 Mediciones punto 3 (Salinas).....   | 71 |
| Tabla 38 Mediciones punto 4 (Salinas).....   | 71 |
| Tabla 39 Mediciones punto 5 (Salinas).....   | 72 |
| Tabla 40 Mediciones punto 6 (Salinas).....   | 72 |
| Tabla 41 Mediciones punto 7 (Salinas).....   | 73 |
| Tabla 42 Mediciones punto 8 (Salinas).....   | 73 |
| Tabla 43 Mediciones punto 9 (Salinas).....   | 74 |
| Tabla 44 Mediciones punto 10 (Salinas).....  | 74 |
| Tabla 45 Mediciones punto 11 (Salinas).....  | 75 |
| Tabla 46 Mediciones punto 12 (Salinas).....  | 75 |
| Tabla 47 NARDA SRM 3006 1 .....  | 76 |
| Tabla 48 NARDA SRM 3006 2 .....  | 76 |
| Tabla 49 NARDA SRM 3006 3 .....  | 77 |
| Tabla 50 NARDA SRM 3006 4 .....  | 77 |
| Tabla 51 NARDA SRM 3006 5 .....  | 78 |
| Tabla 52 Niveles de referencia para exposición ocupacional y poblacional (valores eficaces sin perturbaciones) ..... | 79 |
| Tabla 52 Tabla de mediciones con equipos HF-B3G Y NARDA 300 SMR.....   | 82 |
| Tabla 53 Comparación de mediciones punto 1 (La Libertad) .....   | 83 |
| Tabla 54 Comparación de mediciones punto 12 (La Libertad).....   | 84 |
| Tabla 55 Comparación de mediciones punto 1 (Salinas).....  | 84 |
| Tabla 56 Comparacion de mediciones punto 7 (Salinas).....  | 85 |
| Tabla 57 Comparacion de mediciones punto 9(Santa Elena).....   | 86 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| Anexo 1. Mediciones in situ..... | 93 |
|----------------------------------|----|

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo vertiginoso de la industria de las telecomunicaciones a nivel global, provocado por la necesidad de los usuarios de mantenerse comunicados de forma constante y el aumento significativo de la demanda de dispositivos de telefonía móvil con redes inalámbricas, ha generado que las empresas pertenecientes al sector tengan la necesidad de incrementar la cantidad de instalaciones de estaciones base a fin de incrementar su cobertura y alcance, permitiendo de esta forma la comunicación móvil a largas distancias.

En este contexto, los diversos sistemas inmersos en las telecomunicaciones, proporcionan un determinado rango de alcance, lo que permite que los usuarios puedan mantener comunicaciones dentro de un establecimiento o inmediaciones cercanas, hasta permitir la comunicación de los usuarios con lugares remotos e incluso a nivel global, a través de las radiofrecuencias.

Sin embargo, el aumento desmedido de las estaciones base ha elevado inevitablemente la exposición de las personas a las radiaciones no ionizantes, lo que a su vez se asocia con posibles afectaciones a la salud de los individuos según su exposición en mayor o menor grado. Esto ha generado preocupación por parte de organismos internacionales, la cual ha procurado establecer políticas y normativas orientadas a evaluar y controlar los efectos de las radiaciones, entre dichas organizaciones se encuentra la Organización Mundial de la Salud (2016):

De conformidad con su función básica de “establecer normas, promover y seguir de cerca su aplicación en la práctica”, la OMS ha cooperado con otras siete organizaciones internacionales en la revisión y actualización de las normas internacionales básicas de seguridad de la radiación. La OMS adoptó las nuevas normas en 2012 y en la actualidad está prestando apoyo a su aplicación en los Estados Miembros de la Organización.

No obstante, a pesar de las normativas vigentes y regulaciones de organismos especializados, aún se evidencia un incumplimiento por parte de las empresas de

telecomunicaciones que en la mayoría de los casos, ejecuta la instalación de estaciones bases en zonas no adecuadas. Por lo tanto, el presente proyecto se centra en el análisis y medición de las señales emitidas por las radiaciones no ionizantes en la Provincia de Santa Elena en las áreas adyacentes a las antenas sectoriales. En este caso, el proyecto estará estructurado de la siguiente forma:

- En el capítulo 1 se plantean los antecedentes de estudio, se define el problema y los objetivos de investigación. Además, se determina la justificación para el desarrollo del trabajo y los resultados esperados del mismo.
- En el segundo capítulo se realiza una revisión teórica con relación a las variables relacionadas al tema de estudio; en este caso, se incluyeron teorías correspondientes a la radiación, la radiación no ionizante, la industria de telecomunicaciones y afectaciones a la salud de las personas provocadas por la radiación. Además, se presentan las bases conceptuales y bases legales que sustentan el desarrollo del mismo, y se definen las directrices metodológicas para establecer la investigación.
- En el tercer capítulo se presentan los parámetros a seguir para realizar el respectivo levantamiento de la información, además se describen los instrumentos y equipos a emplear.
- En el cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos del estudio de campo, en este caso las mediciones realizadas en el espacio circundante a las antenas sectoriales y estaciones de radio base.
- Finalmente, se presentan las respectivas conclusiones y recomendaciones, así como también la bibliografía y anexos correspondientes.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO REFERENCIAL

#### 1.1. Antecedentes

En las últimas dos décadas se han publicado más de 20.000 artículos relacionados directa e indirectamente con el tema de las RNI; esto debido al incremento en la demanda y uso de dispositivos móviles, como smartpconhones, tablets, entre otros, que requieren de tecnologías como antenas y estaciones de radio base. Estos estudios principalmente abarcan temas relacionados con el funcionamiento de dicha tecnología y los efectos que ejercen las radiaciones que emiten sobre la salud de las personas.

Citando a Knave (2015):

Al igual que cualquier forma de energía, la energía RNI tiene el potencial necesario para interactuar con los sistemas biológicos, y las consecuencias pueden ser irrelevantes, perjudiciales en diferentes grados o beneficiosas. En el caso de la radiofrecuencia (RF) y la radiación de microondas, el principal mecanismo de interacción es el calentamiento, pero en la región de baja frecuencia del espectro, los campos de alta intensidad pueden inducir corrientes en el cuerpo y por eso resulta peligrosos. (p. 4)

Tomando en consideración lo antes expuesto, las RNI, a pesar de ser consideradas ondas o señales de baja intensidad, incapaces de poder generar una alteración relevante en los organismos, resulta importante analizar sus niveles de impacto, especialmente cuando existen lugares donde se han masificado las implementaciones de antenas y estaciones de radio, debido al incremento de los niveles de radiaciones que se generan en conjunto, aspecto que es mucho más evidente en el presente tiempo, tomando en cuenta la masificación y desarrollo tecnológico como comunicativo que se ha manifestado, propio de la globalización y necesidades de comunicación e interacción de la sociedad.

Actualmente, en áreas donde se evidencia un crecimiento poblacional, comercial, empresarial e industrial, es posible identificar también un incremento en la implementación de antenas y estaciones de radio bases para ampliar la cobertura y mejorar la comunicación de los usuarios. No obstante, la falta de control y seguimiento ha generado que en muchas ocasiones dichas antenas y estaciones de radio base se ubiquen en áreas poco adecuadas, lo que podría significar un riesgo para la salud de las personas que habitan en zonas cercanas y se encuentran expuestas a las radiaciones no ionizantes que emiten estos dispositivos.

En el Ecuador es notable evidenciar el desarrollo comunicativo que se ha generado en las últimas décadas, reflejándose en el sinnúmero de antenas y estaciones de radios que se visualizan en las colinas, cerros, espacios independientes, edificios, incluso en las terrazas de viviendas comunes en la mayoría de las ciudades del país.

Particularmente dentro de la provincia de Santa Elena existen lugares donde se han instalado estaciones de radio bases y antenas con el fin de ofrecer servicios de comunicación, pero muchas de estas no se encuentran a una distancia recomendada de la ciudadanía, aspecto que empeora si se toma en consideración la falta de medición sobre los niveles de radiación que estas generan, y la falta de control constante.

Según un estudio Rojas (2014): ingeniero e intendente de Control Técnico Nacional del ARCOTEL aseguró que, “Ni siquiera alcanzamos los límites normados, eso puede tranquilizar a la ciudadanía”, porque “de las 3.000 radio bases medidas por las sondas, se detectó apenas un valor de 1.4 V/m de RNI”.

Los estudios sobre este tipo de instalaciones y las radiaciones que las mismas emiten dentro de la provincia se realizan anualmente por la ARCOTEL que es la entidad encargada de monitorear y supervisar el cumplimiento de las leyes y reglamentos dentro de las telecomunicaciones, sin embargo, no existe un informe acerca de la emisión de las RNI dentro de la ciudad.

## **1.2.Planteamiento del problema**

En la actualidad, la industria de las telecomunicaciones se ha establecido como uno de los sectores con mayor demanda y consumo a nivel mundial, esto es atribuido a la necesidad de las personas de mantenerse comunicados. Para su efecto, las empresas del sector ejecutan las instalaciones de estaciones de radio bases y antenas sectoriales, lo que facilita la transmisión de las radiofrecuencias que permiten la comunicación a través de los dispositivos digitales.

Sin embargo, la instalación de dichos sistemas en áreas con alta densidad poblacional o con alto nivel de concurrencia, da lugar a que las personas se encuentren expuestas a niveles de radiación no ionizante, razón por la cual resulta fundamental el control de los niveles de las señales que se emiten a fin de evitar el crecimiento exponencial de las mismas.

No obstante, el exponencial consumo y la significativa generación de ingresos en la industria de las telecomunicaciones, ha incidido en que en la mayoría de los casos no se ejecute un estricto control sobre la ubicación y el correcto funcionamiento de radios bases y antenas sectoriales, tal como se evidencia dentro de la provincia de Santa Elena, donde la inadecuada distribución de las antenas y estaciones base ha provocado una serie de complicaciones y efectos adversos asociados a las radiaciones no ionizantes.

En este contexto, a pesar de que en Ecuador actualmente se encuentra en funcionamiento la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), actúa como ente regulador de la industria de las telecomunicaciones; se ha podido identificar con base a una investigación preliminar que dentro de la provincia no se cuenta con una agencia de esta entidad. Consecuentemente dentro de la provincia no se realiza un monitoreo y control regular sobre la distribución de radios bases y antenas sectoriales, impidiendo también que los habitantes puedan realizar sus quejas, consultas y sobre todo ser informados o capacitados sobre el riesgo asociado a este tipo de radiaciones.

Por lo tanto, con el presente proyecto de investigación, se pretende formalizar un análisis y medición de las radiaciones no ionizantes emitidas por las antenas sectoriales y estaciones de radio bases ubicadas en la provincia de Santa Elena, con la finalidad de obtener información real y actualizada sobre las condiciones actuales que permitan diagnosticar el estado de este tipo de radiaciones dentro de la provincia y establecer recomendaciones del caso.

### **1.3.Situación actual del problema**

La situación actual del problema se presenta en la provincia de Santa Elena, considerando que en los últimos años se ha evidenciado un incremento en el número de estaciones de radio bases y antenas sectoriales, mismas que han sido instaladas en zonas y a distancias no recomendadas. En este contexto, la falta de mediciones previas en el área, ha impedido establecer un diagnóstico sobre los niveles de radiación no ionizante a los cuales se encuentran expuestas las personas que habitan en la provincia.

### **1.4.Justificación**

Se justifica la actual investigación, dado a la importancia de determinar los niveles de radiaciones no ionizantes en el espacio circundante de las antenas sectoriales y estaciones de radio bases instaladas en la provincia de Santa Elena. Esto, considerando que este tipo de radiaciones a pesar de ser categorizadas como emisiones de baja o media frecuencia, podrían generar un efecto sobre la salud de las personas que se encuentran constantemente expuestas.

En este contexto, Vaquero (2014) refiere que los efectos sobre la salud de las personas, atribuidos a la exposición a radiaciones no ionizantes, pueden incluir desde conjuntivitis hasta irritaciones en la dermis o quemaduras, entre otras complicaciones, que dependerán principalmente del nivel y tiempo de exposición a estas radiaciones.

Cabe detallar a su vez, que la investigación se torna relevante de efectuar, dado a que el incremento de los sistemas de comunicaciones radio bases, antenas entre

otros han tenido un progresivo crecimiento en la última década, lo que conlleva a que se multipliquen los campos electromagnéticos irradiados y con esto la preocupación de la población por la repercusión que esto pueda tener. Por ello medir el nivel de radiación no ionizante en el medio en el que viven muchas personas y demás sistemas biológicos es fundamental.

Para el presente proyecto se compararan las radiaciones no ionizantes emitidas por radios bases y antenas sectoriales en la provincia de Santa Elena, los datos obtenidos con este análisis aportaran de manera significativa al estudio de las RNI dentro de la provincia, debido a que no existe un reporte de parte de la ARCOTEL que es el organismo encargado de la regulación y control de las telecomunicaciones que informe a la ciudadanía acerca del estado de las radiaciones no ionizantes dentro de la ciudad, debido a que se han buscado por varias fuentes, y es carente aquella información y especialmente actualizada.

Cabe acotar que para llevar a cabo el levantamiento de la información, el instrumento con el que se va a ejecutar las mediciones, es un medidor de radio frecuencia modelo HF-B3G de marca Latnex, el cual es una herramienta de fácil portabilidad y accesibilidad, económico en comparación con otros modelos, convirtiéndolo en un instrumento idóneo para futuras prácticas de campo que aportara en el laboratorio de comunicaciones inalámbricas de la UPSE.

## **1.5.Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar los niveles de radiaciones no ionizantes en el espacio circundante de antenas sectoriales y estaciones de radio bases instaladas en la provincia de Santa Elena.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Establecer los procedimientos técnicos de medición de radiaciones no ionizantes de acuerdo a la norma internacional de protección contra las RNI.

- Medir las señales emitidas por radiaciones no ionizantes en las radios bases y antenas sectoriales mediante la utilización de los equipos HF-B3G Latnex y NARDA SRM 3006.
- Contrastar las mediciones obtenidas de los equipos HF-B3G Latnex y el NARDA SRM 3006.
- Analizar los resultados de las mediciones obtenidas de acuerdo a la recomendación UIT-T K52.
- Comparar los niveles de señales transmitidas en las Radio Bases y antenas sectoriales con los niveles de exposición electromagnética de referencia mundial.

### **1.6.Hipótesis**

La hipótesis que se plantea para el presente trabajo investigativo es: “La realización de un estudio estadístico comparativo permitirá determinar las diferencias entre los niveles de señal de las radiaciones no ionizantes emitidas por las antenas sectoriales y estaciones de radio bases”.

### **1.7.Resultados esperados**

A través de la actual investigación, se pretende recabar información relevante que permita identificar las diferencias de los niveles de señal de las radiaciones no ionizantes emitidas por las antenas sectoriales y estaciones de radio bases en la provincia de Santa Elena, se determinará la aplicación de una investigación bibliográfica y de campo, debido a la necesidad de disponer en primera instancia, de referencias científicas y textuales sobre el impacto que genera este tipo de radiaciones en la sociedad, para posteriormente de la información primaria recabada, determinar los niveles de las radiaciones no ionizantes.

Por lo tanto, los resultados esperados a través del presente estudio, están orientados a generar información actualizada, esto principalmente porque dentro de la provincia de Santa Elena, no existe una dependencia de la ARCOTEL que mida de manera periódica los niveles de las radiaciones no ionizantes, esto por consiguiente ha incidido a que no se disponga información sobre el control de la correcta

ubicación y distribución de las antenas sectoriales y estaciones de radio base, lo que es un aspecto preocupante, si se toma en consideración que este tipo de radiación puede generar consecuencias perjudiciales para la ciudadanía

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes históricos**

A pesar del incremento de la instauración de antenas sectoriales y estaciones de radio base como parte del desarrollo comunicativo que se ha generado a nivel mundial, aún existen aspectos que han sido relegados a pesar de su importancia. Entre estos aspectos se encuentra la necesidad de realizar mediciones frecuentes de las radiaciones no ionizantes que se generan a partir de las señales de antenas y estaciones de radio; lo que deja al descubierto que en muchos casos priman ciertos intereses de carácter comercial frente a la salud de las personas que se ven expuestas a este tipo de radiaciones.

El análisis y medición de las señales emitidas por las radiaciones no ionizantes provenientes de las antenas sectoriales y estaciones de radio base se ha intensificado en los últimos años, debido a la falta de comprobación de dichos efectos generados no solo en las personas, sino que a nivel de todo sistema biológico, donde incluso se han efectuado investigaciones relacionando el efecto que generan los campos magnéticos con el cáncer, las afectaciones neurológicas y su incidencia en el proceso de reproducción.

Según un estudio efectuado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT, 2014) de España, acota que el ser humano en la mayoría de los entornos en los que habita, especialmente en aquellos de mayor concentración poblacional, comercial e industrial, está expuesto a niveles de radiación producto mismo del desarrollo de la sociedad, como el de la implementación de recursos y herramientas que facilitan el proceso de comunicación.

Con base a lo expuesto en el párrafo anterior, y tomando en consideración un previo sondeo previo efectuado sobre los efectos que generan las radiaciones no ionizantes en el ser humano, a pesar de ser consideradas fuentes de bajo impacto según la frecuencia de las antenas base sobre los organismos mismos, sin embargo a un

mayor y constante contacto, los principales efectos son afectaciones a los ojos, daños en la piel, erupciones, aumento de la temperatura corporal, y en el peor de los casos a mayor grado de radiación, cáncer de varios tipos.

Son varias las fuentes de radiación a las cuales se encuentra expuesto el ser humano, entre estas se pueden identificar las siguientes: tendidos eléctricos, campos magnéticos y campos eléctricos, algunos de los cuales a pesar de ser configurados con características de baja o media intensidad, tienen una incidencia directa e indirecta a corto, mediano y largo plazo según se explica a través del (INSHT, 2014), sin embargo, algunos resultados no terminan de convencer del todo a las grandes industrias y organizaciones que velan primero por sus intereses comerciales.

La fundamentación bajo la cual se basan quienes defienden la implementación de las antenas y estaciones de radio base, principalmente son las grandes corporaciones de comunicación en el mundo, acotan que los niveles de radiación están por debajo de los límites permitidos por la OMS, y que desde la creación de varios medios de comunicación y otros recursos de desarrollo, el ser humano ha estado expuesto a estas radiaciones.

Desde la perspectiva de Varga (2017), director del Instituto de Higiene de la Universidad de Heilderberg (Alemania):

Las emisoras de radiofrecuencias son peligrosas hasta tres kilómetros de distancia, y la influencia de este campo sobre el organismo puede afectar al sistema inmunológico, modificar la glucosa en la sangre o la información genética, así como aumentar las hormonas del estrés. Y es que el cuerpo humano, al igual que los árboles, hace de antena de las emisiones de radiofrecuencias.

Por lo tanto, a pesar de que existen cierta información que sustenta y justifica cada perspectiva sobre si afectan o no o qué medida las radiaciones no ionizantes a las personas, aún no se ha presentado un informe en el que se determine los niveles de

radiaciones no ionizantes a los cuales se encuentran expuestas las personas que residen en la provincia de Santa Elena. Por lo tanto, a través del presente proyecto se busca a más de medir los niveles de radiación de las antenas de radio y estaciones base en esta provincia, generar información relevante sobre las medidas que se pueden tomar, especialmente entre la población y entidades dentro del país, con el objetivo de llevar un mejor control y seguimiento de las posibles consecuencias que generan estas radiaciones que muchas veces quedan como un aspecto en segundo plano.

## **2.2.Marco legal**

Debido a los niveles de radiación a los cuales se encuentran expuestas las personas constantemente, aspectos asociados a la prevención de exposición y la implementación de mecanismos de control que se ha vuelto más necesario. Consecuentemente, tanto organismos de carácter internacional, como entidades locales han implementado recomendaciones, políticas y normativas orientadas a regular las exposiciones a radiaciones. A continuación, se presenta las principales bases legales con las cuales se sustenta el presente trabajo.

A nivel internacional, hoy por hoy se encuentra en operaciones la Comisión Internacional de Protección sobre Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP, 2018), la cual en cooperación con la OMS desarrolló una serie de recomendaciones con base a factores de prevención en salud por efectos asociados a las radiaciones no ionizantes. Dentro de su campo de acción, la ICNIRP ha establecido lo siguiente:

**Restricciones básicas:** Restricciones a la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos, que dependen principalmente del tiempo de exposición y los efectos que generan sobre la salud de las personas. Dependiendo de la frecuencia del campo, las cantidades físicas usadas para especificar estas restricciones son la densidad de corriente (J), la tasa de absorción específica de energía (SAR), y la densidad de potencia (S), Sólo la densidad de potencia en aire, fuera del cuerpo, puede ser rápidamente medida en individuos expuestos.

**Niveles de referencia:** Estos niveles son proporcionados para propósitos de evaluar en forma práctica las exposiciones para determinar si es probable que las restricciones básicas sean excedidas. Algunos niveles de referencia son derivadas de restricciones básicas relevantes usando técnicas de medición y/o computacionales, y algunas están basadas en percepciones y efectos indirectos adversos por la exposición a los CEM. Las cantidades derivadas son la intensidad de campo eléctrico (E), la intensidad de campo magnético (H), la densidad de flujo magnético (B), la densidad de potencia (S) y las corrientes que fluyen a través de las extremidades (IL). Las cantidades que están dirigidas a la percepción y otros efectos indirectos son las corrientes de contacto (IC) y, para campos pulsantes, la absorción de energía específica (SA). En cualquier situación de exposición particular, los valores medidos o calculados de cualquiera de estas cantidades pueden ser comparados con el nivel de referencia apropiado. Respetar los niveles de referencia asegurará que se respeten las restricciones básicas relevantes. Si los valores medidos o calculados exceden los niveles de referencia, no necesariamente son excedidas las restricciones básicas. Sin embargo, siempre que un nivel de referencia sea excedido, es necesario evaluar el cumplimiento de la restricción básica relevante y determinar si son necesarias medidas de protección adicionales.

Además de las regulaciones y recomendaciones establecidas por ICNIRP en conjunto con la OMS; en el Ecuador se encuentra vigente la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (Asamblea Nacional, 2015), en la cual se designa a la entidad encargada de gestionar y regular las actividades de la industria de las telecomunicaciones, en este caso es la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), y a su vez se definen en el artículo 24 y en el artículo 118, las obligaciones atribuidas a las empresas prestadoras de servicios de telecomunicaciones y las infracciones de segunda clase en las que no deben incurrir, están asociadas a la obligatoriedad de cumplir con las normas sobre radiaciones no ionizantes.

Así mismo, de manera complementaria el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), ha emitido el Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante Generadas por el Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico (2005), en el cual se establece lo siguiente:

### **INSTALACIÓN Y OPERACIÓN**

**Artículo 6.-** Nivel de exposición simultánea por efecto de múltiples fuentes.- Para el cálculo de nivel de exposición porcentual (exposición simultánea a múltiples fuentes), aun cuando los niveles de emisión de las distintas estaciones radioeléctricas fijas en una determinada zona de acceso, cumplan de manera individual con los límites señalados en la Tabla No. 1 del Anexo 1 del presente reglamento, se debe verificar que el nivel de exposición porcentual para campo eléctrico o magnético; sea menor a la unidad o menor al cien por ciento (100%). El cumplimiento de los límites de exposición se evaluará utilizando las ecuaciones dadas en la Recomendación UIT-T K.52, como se detalla en el Anexo 2 del presente reglamento.

**Artículo 7.-** Instalación de estaciones radioeléctricas fijas y coexistencia de antenas transmisoras.- En caso de que un concesionario requiera la instalación y operación de estaciones radioeléctricas fijas o emplazar sus antenas transmisoras sobre una misma infraestructura de soporte, dentro o en las cercanías de una zona de acceso, estará condicionada a:

- a) Que el nivel de exposición porcentual en dicha zona, sea menor o igual a la unidad, de conformidad con lo establecido en el artículo 6 del presente reglamento; y,
- b) Que los límites máximos de exposición por estación radioeléctrica fija cumplan con lo establecido en el artículo 5 del presente reglamento.

En este contexto, adicional a los parámetros de instalación y operación de estaciones base y antenas sectoriales, en el “Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante Generadas por el uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico” se establecen las directrices generales para la ejecución

de las mediciones, parámetros de control, los límites máximos de exposición a radiación no ionizantes permitidos, y disposiciones atribuidas a los concesionarios.

## 2.3. Bases teóricas

### 2.3.1. Espectro radioeléctrico

De acuerdo a lo establecido por Martín (2013):

Es la parte del espectro electromagnético utilizada para la propagación de las ondas electromagnéticas en los servicios de telecomunicaciones, como el de la radiodifusión y la televisión, entre otros. Siguiendo las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, los gobiernos y organismos oficiales se encargan de gestionar las frecuencias del espacio radioeléctrico, estableciendo cuáles son las aplicaciones que van a tener determinados rangos de frecuencia y longitudes de onda (p. 60).

El espectro de radio es la parte del espectro electromagnético que va desde 1 Hz hasta 3000 GHz (3 THz). En este caso, el espectro radioeléctrico da lugar a las telecomunicaciones a través de dispositivos inalámbricos; esto debido a que el espectro está conformado por ondas electromagnéticas que existentes en el espacio, que permiten la emisión y recepción de señales provenientes de radios, televisión, teléfonos celulares, entre otros.

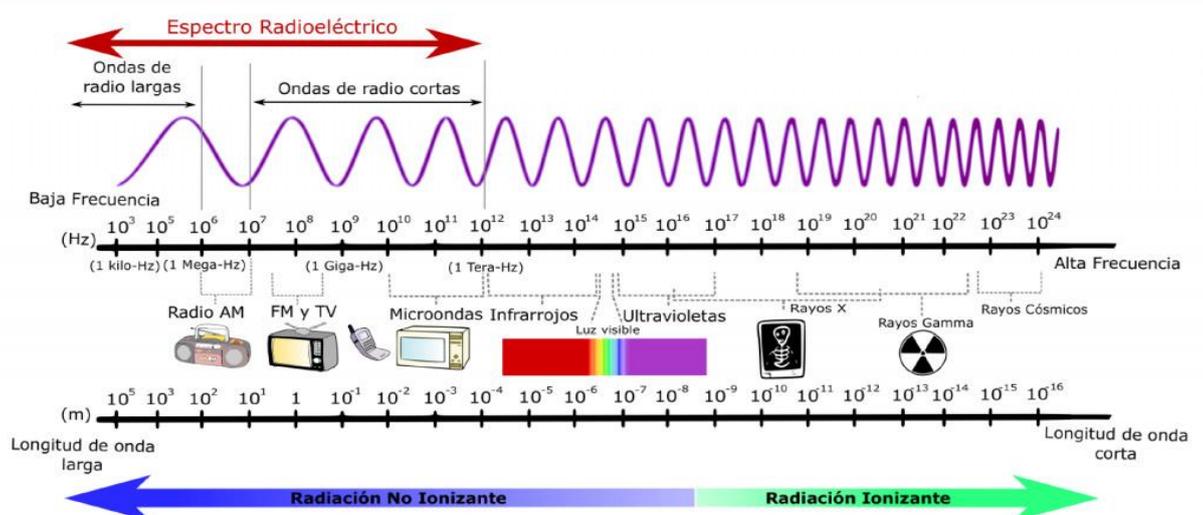


Figura 1. Espectro radioeléctrico

Fuentes: Esopo (2018)

El espectro se divide en diferentes bandas de frecuencia, y cada banda se ha asignado para una aplicación específica según el tipo de onda que se detallan a continuación:

- Ondas de radio: Son ondas de la porción del espectro electromagnético que se emiten a frecuencias más bajas que las microondas; generalmente pueden emitirse en frecuencias bajas de 3Hz o alcanzar frecuencias altas de 1 gigahertz ( $10^3\text{Hz}$ ). Se emplean generalmente para la transmisión inalámbrica de mensajes de sonido o información para la comunicación, así como para la navegación marítima y aérea.

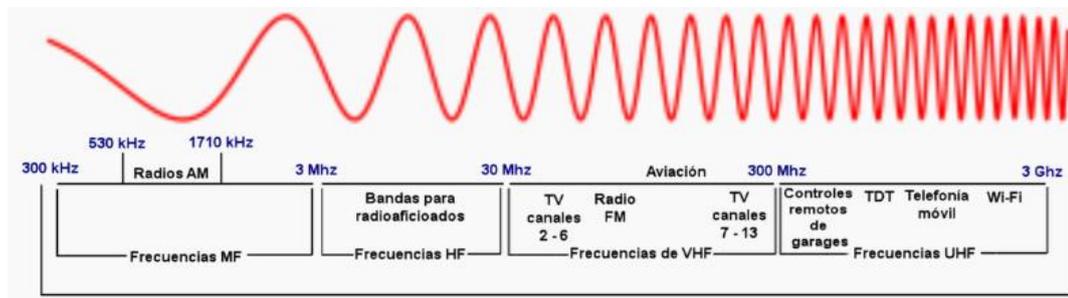


Figura 2. Ondas de radio

Fuente: Devis (2013)

- Ondas infrarrojas: Las ondas infrarrojas son un tipo de radiación del espectro electromagnético en la que las longitudes de onda se encuentran entre los 700 nanómetros (nm) a 1 milímetro (mm). Este tipo de onda son más largas que las ondas que genera la luz visible, pero más cortas que las de las ondas de radio. Por lo tanto, las frecuencias de IR son más altas que las de las microondas, pero más bajas que las de la luz visible, que van desde aproximadamente 300 GHz a 400 THz (Martín, 2013).

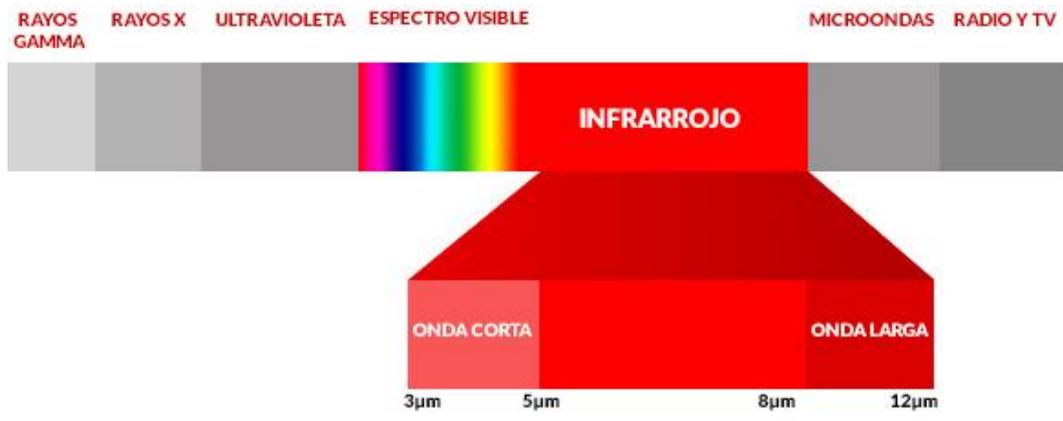


Figura 3. Ondas infrarrojas

Fuente: Gómez y Varela (2016)

- Luz visible: Es el tipo de radiación que puede ser percibida fácilmente por el ojo de las personas. Representa solo una pequeña parte del espectro electromagnético y tiene una longitud de onda entre 380 nm (azul) y 780 nm (rojo).

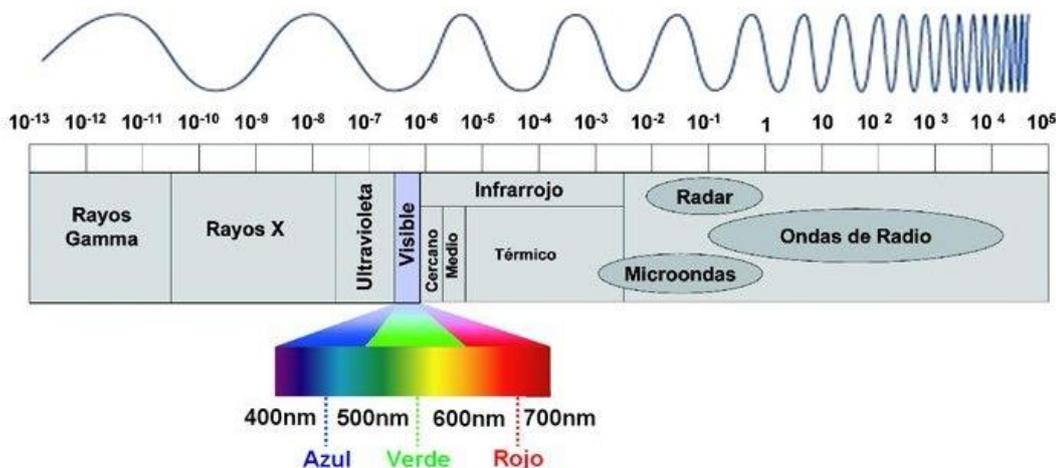


Figura 4. Luz visible

Fuente: Amaya (Amaya, 2016)

- Luz ultravioleta: La radiación ultravioleta (UV) proviene de fuentes naturales (como el sol) y fuentes artificiales (como luz negra, dispositivos de soldadura, láseres y equipos de bronceado). Tiene una longitud de onda más corta en comparación a la que presenta la luz visible y contiene más energía,

considerando que se emite en el rango de longitud de onda de 100 a 400 nanómetros (nm) (Martín, 2013).

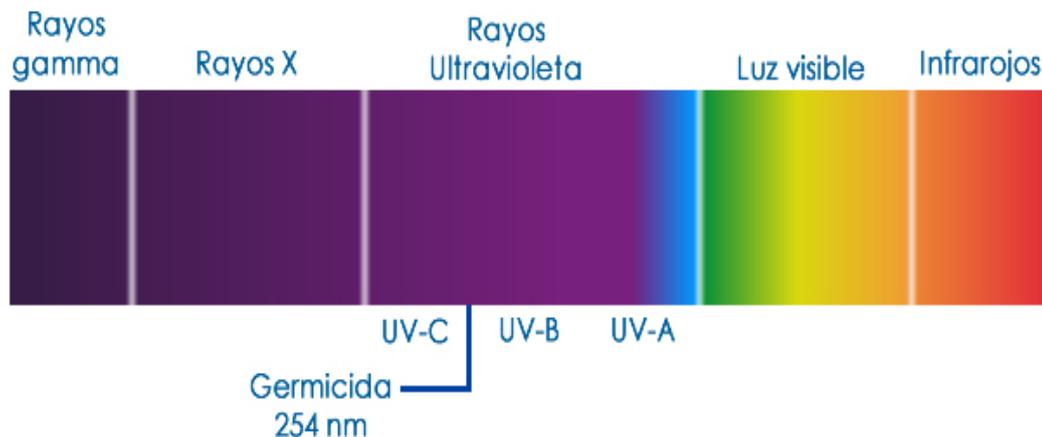


Figura 5. Luz ultravioleta

Fuente: Trojan UV (2018)

- Los rayos X: Son ondas electromagnéticas que se utilizan en muchas aplicaciones, incluidas la impresión de radiografías. Son parte del espectro electromagnético como luz visible, sin embargo tienen una longitud de onda muy corta que varía entre 0,01 nm y 10 nanómetros.

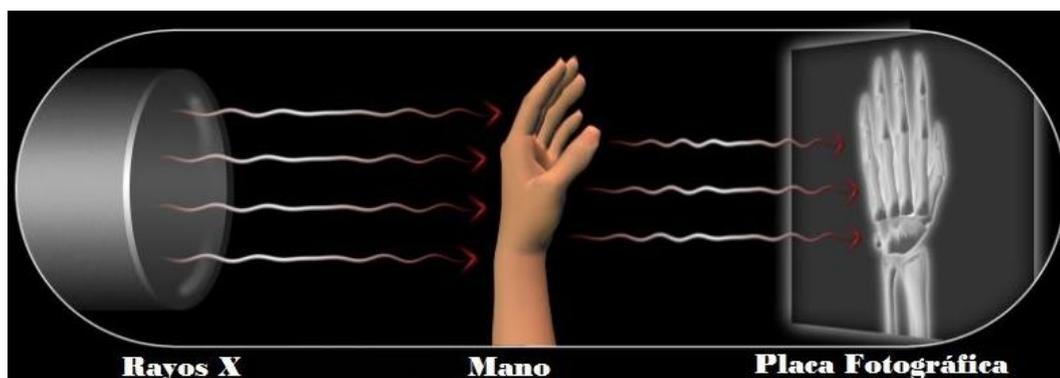


Figura 6. Rayos X

Fuente: Devis (2013)

- Los rayos gamma: consiste en energía electromagnética que se propaga en forma de ondas o quanta de energía. Estas radiaciones son generadas por fenómenos de descomposición que afectan a las transiciones nucleares,

también son producidos por la descomposición de materiales radiactivos (Martín, 2013).

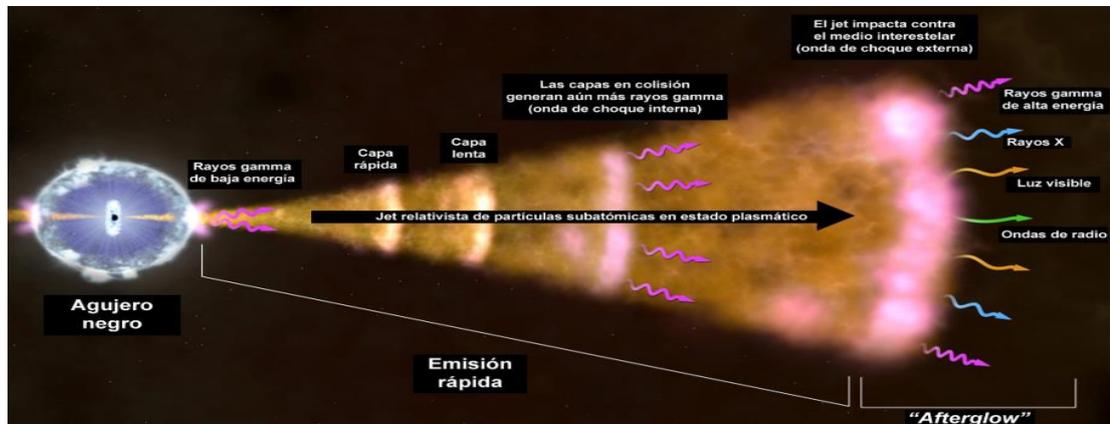


Figura 7. Rayos gamma

Fuente: Devis (2013)

En un contexto general, los diferentes tipos de onda que componen el espectro radioeléctrico se diferencian con base a la frecuencia y la longitud con la que se transmite la onda; y generalmente se representan en Hertzios (Hz). Referenciando el informe presentado por la Cámara de Infocomunicación y Tecnología de Costa Rica (2014), se procede a describir la distribución del espectro radioeléctrico:

Tabla 1

*Distribución convencional del Espectro radioeléctrico*

| Distribución convencional del Espectro Radioeléctrico |                         |                     |                     |   |   |
|---|-------------------------|---------------------|---------------------|---|---|
| Sigla   | Denominación            | Longitud de onda    | Gama de frecuencia  | Características   | Uso típico  |
| <b>VLF</b>  | Frecuencias muy bajas   | 30.000 m a 10.000 m | 10 KHz a 30 KHz     | Propagación por onda de tierra, atenuación débil. Características estables.   | Enlaces de radio a gran distancia   |
| <b>LF</b>   | Frecuencias bajas       | 10.000 m a 100 m.   | 30 KHz a 300 KHz    | Similar a la anterior pero de características menos estables  | Enlaces de radio a gran distancia, ayuda a la navegación aérea y marítima |
| <b>MF</b>   | Frecuencias medias      | 1.000 m. a 100 m.   | 300 KHz a 3 KHz     | Similar a la precedente pero con una absorción elevada durante el día. Prevalece la propagación ionosférica durante la noche. | Radiación AM y onda corta.  |
| <b>HF</b>   | Frecuencias altas       | 100 m a 10 M.       | 3 MHz a 30 MHz      | Prevalece propagación Ionosférica con fuertes variaciones estacionales y en las diferentes horas del día y de la noche.       | Comunicaciones de todo tipo a media y larga distancia                     |
| <b>VHF</b>  | Frecuencias Muy Altas   | 10 m. a 1 m.        | 30 MHz a 300 MHz    | Prevalece propagación directa, ocasionalmente propagación Ionosférica o Troposférica.   | Enlaces de radio a corta distancia, Televisión, Frecuencia Modulada       |
| <b>UHF</b>  | Frecuencias Ultra Altas | 1 m. a 10 cm.       | 300 MHz a 3 GHz     | Solamente propagación directa, posibilidad de enlaces por reflexión o a través de satélites artificiales.                     | Enlaces de radio, Ayuda a la navegación aérea, Televisión, WIFI           |
| <b>SHF</b>  | Frecuencias Superaltas  | 10 cm. a 1 cm.      | 3 GHz a 30 GHz      | Como la Precedente  | Enlaces de radio, Ayuda a la navegación aérea, Televisión, WIFI           |
| <b>EHF</b>  | Frecuencias ExtraAltas  | 1 cm. a 1 mm.       | 30 GHz a 300 GHz    | Como la Precedente  | Radar, enlaces de radio, Satélites  |
| <b>EHF</b>  | Frecuencias ExtraAltas  | 1 mm. a 0,1 mm.     | 300 GHz a 3.000 GHz | Como la Precedente  | Como la Precedente  |

Fuente: (Cámara de Infocomunicación y Tecnología, 2014)

Así mismo, referenciando a la Cámara de Infocomunicación y Tecnología de Costa Rica (2014) es importante destacar que existen tres categorías de propagación, las cuales son:

- Onda superficial 3000 KHz (LF y MF).

- Onda ionosférica: Va desde 3 MHz y 30 MHz (HF).
- Onda directa por encima de 30 MHz (VHF, UHF, SHF, etc.).

### **2.3.2. Radiación**

Según Barchers (2017), “La radiación es la transferencia del calor a través de ondas electromagnéticas. Estas son ondas que pueden trasladarse a través del espacio vacío o la materia. Estas ondas no necesitan moléculas a su alrededor para mover energía”. (p. 20)

La radiación es el proceso por el cual la energía se emite como partículas u ondas en el espacio. En general, puede tomar la forma de sonido, calor o luz; sin embargo, la mayoría de las personas generalmente lo utilizan para referirse a la radiación de las ondas electromagnéticas, que van desde las ondas de radio, a través del espectro de luz visible, y hasta las ondas gamma.

Al hablar de radiación, Cruz (2013), refiere que los defectos de la radiación se resumen en la interacción entre los átomos y moléculas con los que entra en contacto. En este contexto, uno de los descubrimientos más trascendentales de la física moderna se basa en que cuanto más corta es la longitud de onda de cualquier radiación de onda, más energía lleva cada unidad. Por lo tanto, los rayos X y los rayos gamma son enormemente más energéticos que la luz, debido a que penetran más lejos en todo tipo de materia y producen efectos más significativos. Además de las ondas, ahora se sabe que los átomos irradian una gran cantidad de partículas que emiten radiación.

Con base a esta perspectiva, es importante clasificar las diferentes formas de radiación según la cantidad de energía que contiene cada uno. En este caso, se agrupa en radiación ionizante y radiación no ionizante; en general, la energía de la radiación no ionizante (como la luz y las ondas de radio) es baja y no es suficiente para cambiar las propiedades químicas de una sustancia.

Por otro lado, la radiación ionizante es causada por átomos inestables que emiten energía para alcanzar un estado más estable, esto le permite eliminar electrones de un átomo para crear un ion cargado de energía. Este proceso de ionización a menudo da como resultado cambios químicos en los tejidos vivos, que pueden provocar lesiones en el organismo. La radiación ionizante generalmente se conoce como radiación dañina (Cruz, 2013).

Referenciando a Cruz (2013), en la categoría de radiación no ionizante se incluye a la radiación que se encuentra en el extremo inferior del espectro electromagnético (EM), provocada por ondas de radio, el calor y la luz visible; mientras que en la categoría de radiación ionizante, se encuentran los tipos de emisiones más severas, tales como: los rayos ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma, que se encuentran en el extremo superior del espectro EM.

### **2.3.3. Radiación no ionizante**

Según lo define la Unión General de Trabajadores de Cataluña (2015), “son aquellas radiaciones que no tienen bastante energía para ionizar la materia, y que están comprendidas en la porción del espectro electromagnético que va de 0 Hz hasta 1.660 THz”. (p. 9)

Desde esta perspectiva, si la energía transferida de la radiación al material es insuficiente para ionizar los átomos, o no puede arrancar un electrón de los átomos o moléculas, se dice que la radiación es no ionizante (RNI). En este caso, los electrones que pertenecen a átomos y moléculas solo serán llevados a un nivel de energía sucesivo (Unión General de Trabajadores de Cataluña, 2015).

Al respecto Knave (2015), refiere que la radiación no ionizante puede tener un origen natural, como la luz solar o descargas eléctricas de rayos; o puede ser causada por humanos, como la radiación de telecomunicaciones inalámbricas, aplicaciones industriales y científicas, el componente principal de este tipo de radiación son las ondas. En este caso, dentro de esta categoría se considera a los campos electromagnéticos dentro del rango de frecuencia que oscila en un rango de

0 Hz a 300 GHz. Los campos electromagnéticos se propagan como ondas (ondas electromagnéticas) correspondiente al dominio de la radio que difieren en la base de la frecuencia, por este motivo, las fuentes de ondas electromagnéticas incluidas en el rango de frecuencia 0-300 GHz, se dividen en cuatro categorías principales:

- Fuente de campos estáticos eléctricos o campos electromagnéticos con cero frecuencias (0 Hz).
- Fuentes de campos de baja frecuencia (hasta 300 Hz): generalmente se conocen como campos ELF (Frecuencia Extremadamente Baja), debido al sistema de producción, distribución y uso de electricidad (líneas eléctricas, cabinas de transformadores, electrodomésticos, entre otras).
- Fuentes de campos de radiofrecuencia: este tipo de fuentes generalmente se conocen como campos de RF (radiofrecuencia) y cuentan con un rango de frecuencia entre 100 kHz y 300 MHz. Este tipo de frecuencias se produce principalmente debido a los sistemas de radio y transpondedores de señales de TV.
- Fuentes de campos de micro wave: se conocen generalmente como microondas o MO, su rango de frecuencia oscila entre 300 MHz y 300 GHz, y se produce principalmente debido a sistemas celulares o enlaces de radio con frecuencias mucho más altas, que van desde 100 kHz a 300 GHz (Knaeve, 2015).

El espectro de radiación no ionizante tiene una nomenclatura que puede ser confusa si se analiza todo el espectro electromagnético; sin embargo, por convención se emplea para dividir los campos RNI en dos regiones principales: la región óptica y la región electromagnética convencional. La radiación óptica se subdivide a su vez en ultravioleta, visible e infrarroja que presentan distintos rangos de frecuencia. Referenciando el informe de la Unión General de Trabajadores de Cataluña (2015), a continuación, se presenta el espectro electromagnético de las radiaciones no ionizantes según las categorías de frecuencia:

Tabla 2

*Espectro electromagnético de las radiaciones no ionizantes*

| Región                   | RNI                 | Bandas de frecuencia |
|--------------------------|---------------------|----------------------|
| Campos electromagnéticos | Radiaciones ELF     | 0 Hz a 30 kHz        |
|                          | Radiofrecuencias RF | 30 KHz a 300 MHz     |
|                          | Microondas MO       | 300 MHz a 300 GHz    |
| Radiaciones ópticas      | Infrarojos          | 300 GHz a 400 THz    |
|                          | Visibles            | 400 THz a 750 THz    |
|                          | Ultravioletas       | 750 THz a 1.660 THz  |

Fuente: (Unión General de Trabajadores de Cataluña, 2015)

Referenciando a Pérez (2013), en los últimos años, la cantidad y variedad de fuentes de campos electromagnéticos han incrementado considerablemente. Las ondas electromagnéticas provocadas por sistemas fijos o por dispositivos móviles han generado un aumento en los niveles de radiaciones no ionizantes a los que se encuentran expuestas las personas. Por este motivo, existe mayor control y preocupación por parte de organismos que recomiendan la ejecución de mediciones del campo electromagnético, a fin de determinar si los niveles de radiación no ionizante se encuentran dentro de los rangos sugeridos.

En este contexto, el campo electromagnético se mide mediante antenas y dispositivos de dimensiones, cuyos rangos se determinan en comparación con la longitud de onda que funciona como un elemento de transición entre la propagación de campos en el espacio libre y la propagación en una estructura guía (cable coaxial o guía de onda); El poder que se propaga en esta estructura es proporcional a la densidad de potencia de la radiación que invierte la antena (la constante de proporcionalidad) y se puede medir utilizando el equipo apropiado (Pérez, 2013).

Pérez (2013), refiere que aunque las antenas pueden utilizarse en principio también en combinación con dispositivos de medición con detección directa; la aplicación típica de este involucra la utilización de un sensor que se combina con un dispositivo de acoplamiento de radiofrecuencia. Las antenas y sensores de uso más común en el campo proteccionista (stylus, loop, bicónica, logarítmica periódica, espiral cónica logarítmica, dipolo, trompeta) y el acoplamiento de radiofrecuencia

(receptores de radio, analizadores de espectro) permite cubrir una banda de frecuencia extendida hasta los GHz, para caracterizar completamente la señal medida, teniendo en cuenta no solo la amplitud sino también la frecuencia fundamental, el contenido espectral, y el tipo de modulación.

### *Efectos de la radiación no ionizante*

Según Knave (2015):

En los últimos años se ha acrecentado el interés por los efectos biológicos y posibles consecuencias para la salud de los campos eléctricos y magnéticos débiles de baja intensidad. Se han presentado estudios sobre los campos magnéticos y el cáncer, sobre la reproducción y sobre las reacciones neurológicas y de comportamiento. (p. 50)

A pesar de que la energía transportada por este tipo de radiación es muy baja, aún pueden generar un efecto biológico, causando un cambio en el sistema de los individuos. Sin embargo, según refiere Knave (2015) un efecto biológico no es siempre lo mismo que un riesgo biológico. Un efecto en un sistema biológico se convierte en un peligro solo cuando causa un cambio medible en la salud del individuo o en su desarrollo. Estos cambios inducidos en un organismo, en un tejido o en una célula pueden ser de tipo fisiológico, bioquímico o de comportamiento. Generalmente, la radiación no ionizante interactúa con los tejidos humanos a través de la generación de calor. Por lo tanto, los peligros asociados con este fenómeno dependen de la capacidad de la radiación para penetrar en el cuerpo humano y las características de absorción de los diferentes tejidos. Todas las radiaciones no ionizantes producen algún efecto en un sistema biológico, incluso si solo algunas pueden representar un riesgo real para la salud (Knave, 2015).

En este contexto, en la actualidad se evidencia una mayor preocupación por parte de las autoridades, organismos internacionales y la población en general sobre los efectos de las ondas de radio, microondas o de muy baja frecuencia, puesto que

representan la gran mayoría de las radiaciones electromagnéticas artificiales para los sistemas de telecomunicaciones.

Referenciando a Knave (2015), las radiaciones de baja frecuencia, radio y microondas tienen casi exclusivamente efectos térmicos. Si el aumento de la temperatura de la superficie es realmente un riesgo para los seres humanos, en la medida de exposición. A pesar de que el sistema de homeostasis térmica humana puede ser ineficiente si un factor externo condiciona excesivamente la temperatura corporal, es importante considerar los efectos que provoca la exposición continua a las radiaciones no ionizantes.

De acuerdo a la Unión General de Trabajadores de Cataluña (2015):

La interacción de los campos electromagnéticos de 0 Hz hasta 300 GHz con el organismo ocasiona efectos diferentes según la frecuencia. No obstante, estas radiaciones tienen en común, entre otros efectos, que inducen corrientes eléctricas a nuestro cuerpo, y que producen calentamiento de la materia, el cual es más evidente cuanto más energía y más frecuencia tiene la radiación.

La absorción de energía se mide como una tasa de absorción específica, prevista como un valor mediado en todo el cuerpo o en algunas partes de él. La cantidad física se conoce como SAR (índice de absorción específica) y su unidad de medida corresponde a la energía en vatios por unidad de peso en kg ( $SAR = W / kg$ ). El SAR para todo el cuerpo es una medida ampliamente aceptada para relacionar los efectos térmicos dañinos de la exposición a la radiofrecuencia y los estudios realizados coinciden en que un valor de SAR inferior a  $4 W / kg$  es seguro (Unión General de Trabajadores de Cataluña, 2015).

En este contexto, si la exposición es capaz de producir un aumento medible de la temperatura en la interacción con un sistema vivo, se conoce como efectos térmicos; mientras que si la exposición no es lo suficientemente intensa como para producir

un gradiente de temperatura significativo, se denomina efectos no térmicos. Referenciando a Knave (2015):

- Efectos térmicos: Debido a que el principal intercambiador de calor presente en el cuerpo humano es la sangre, estudios sugieren que los órganos menos vascularizados son órganos críticos con respecto a la exposición a la radiación, puesto que, si se calientan desde el exterior, no tienen forma de redistribuir el calor recibido a través de una adecuada circulación sanguínea.
- Efectos no térmicos: En particular, los efectos no térmicos se reportan en el sistema nervioso central, el sistema neurovegetativo, el sistema neuroendocrino y el sistema cardiovascular, en contraste con el conocimiento actual no demuestra una cierta asociación con la aparición de tumores.

#### **2.3.4. Estación base**

Citando Ramírez (2017):

Una estación base, es una infraestructura de telecomunicaciones, utilizada para facilitar la comunicación inalámbrica entre el dispositivo del suscriptor y la red del operador de telecomunicaciones. El dispositivo suscriptor puede ser un teléfono móvil, dispositivos inalámbricos de Internet, mientras que la red del operador podría ser una plataforma GSM, CDMA o TDMA.

Este tipo de infraestructura es un punto de acceso a redes de comunicación fija para Internet o red telefónica, generando así, la comunicación de varios dispositivos o terminales partiendo de una estación base. Cabe destacar que, dentro del contexto informático, la estación base se identifica como un transmisor/receptor de radio que sirve de conexión a un área de comunicación inalámbrica, así como también sirve de punto de conexión entre redes fijas como inalámbricas. Dentro del contexto de la informática, la estación base denominada en inglés como Base Transceiver Station (BTS), emplea bandas de frecuencia que las que generan el enlace para que las personas remitan o reciban mensajes o llamadas en sus dispositivos celulares.

Una estación base típica comprende un transceptor que maneja la transmisión y recepción de señales; envío y recepción de señales hacia o desde entidades de red más altas, un combinador que adopta varias transmisiones para que puedan enviarse a través de una sola antena, reduciendo así el número de antenas que se necesitan instalar, un amplificador de potencia que ayuda en la amplificación de la señal desde el transceptor para la transmisión a través de la antena, un dúplex que se utiliza para separar el envío y la recepción de señales hacia o desde la antena y una antena que es una parte externa de la estación base.

Por lo tanto, es posible determinar con base a lo anteriormente descrito, que una estación base consta León (2015) de:

- Antena que transmite la señal o mensaje de radio.
- Torre o mástil.
- Transceptores.
- Duplexores.
- Amplificadores.
- Planta eléctrica o baterías.
- Sistema de refrigeración.

Este tipo de estaciones por lo general son instalaciones fijas que cumplen la función de transmitir señales de baja frecuencia que se emiten en dos direcciones, su función principal es la de componer la comunicación entre una o varias radios o generar señales para teléfonos celulares, y debido a su baja potencia permiten en sí la conexión de:

- Teléfonos móviles o celulares.
- Computadoras portátiles.
- Dispositivos inalámbricos en general.

Los equipos que se emplean para la estación base, generalmente se alojan en un refugio que protege a los equipos de telecomunicaciones de condiciones externas como polvo, corrosión, óxido, robo, etc. El refugio además incluye un

acondicionador de aire que se utiliza para enfriar el espacio, un banco de baterías que suministra energía eléctrica y luces de seguridad al equipo.

La temperatura de la caja de protección en la estación base de telecomunicaciones durante la operación puede superar los 55 grados centígrados, lo que es considerado como una condición de operación que podría afectar los equipos electrónicos. Esto requiere la necesidad de un acondicionador de aire, especialmente en ambientes tropicales para mantener la temperatura del refugio a 25 grados centígrados a fin de prolongar la vida útil tanto del equipo BTS como las baterías.

Las estaciones bases cuentan con una herramienta de transmisión que se ejecuta tanto por cableado como por señales de radio, estas le permiten enlazarse a la central de conmutación de la telefonía móvil automática y que por consiguiente direcciona las llamadas y mensajes a los dispositivos de comunicación respectivos, sean estos fijos o móviles (León, 2015).

### **2.3.5. Antenas**

Para García (2010), “La antena es aquel dispositivo que permite la recepción y el envío de ondas electromagnéticas hacia un espacio libre. Por ejemplo, una antena transmisora, transforma voltajes en ondas electromagnéticas y la receptora realiza un proceso similar, pero al revés”. (p. 12)

Existen una variada cantidad de antenas que estarán determinadas por el uso que se les dé. Aquellas que deben expandir lo máximo que puedan la potencia radiada, tal es el caso de las centrales de los teléfonos móviles o de una emisora de radio general o aquellas que canalizan la potencia para no interferir otros servicios. Las antenas se caracterizan eléctricamente por observar algunas condiciones generales como ser el diagrama de radiación, el ancho de banda, la directividad, la ganancia, la polarización y la anchura de haz, entre las más importantes. En tanto, hay tres tipos básicos de antenas, la de hilo, las de apertura y las planas, según se detalla a continuación:

- **Antenas de hilo:** Las de hilo son aquellas cuyos elementos radiantes son conductores de hilo que ostentan una parte despreciable respecto a la longitud de onda de trabajo.

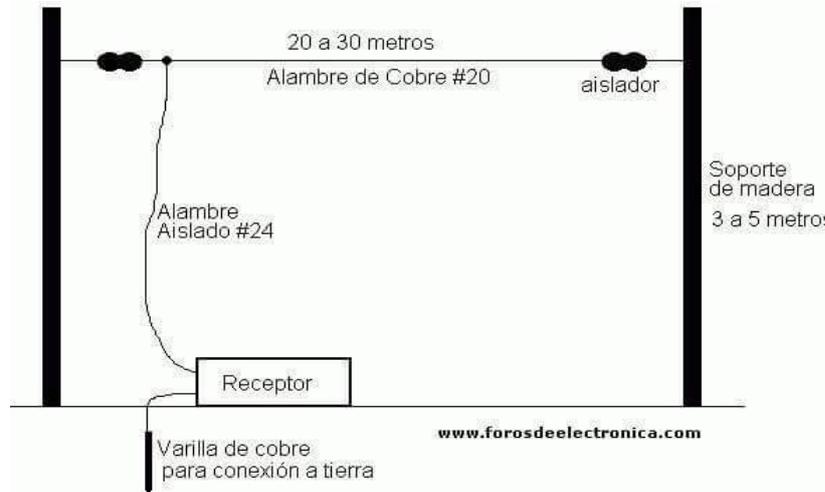


Figura 8. Antenas de hilo

Fuente: JIMDO (2018)

- **Antenas de apertura:** En el caso de las antenas de apertura, se diferencian porque superficies o aperturas para dirigir el haz electromagnético, de manera que concentran tanto la emisión como la recepción de su sistema radiante en una sola dirección. Un ejemplo básico de este tipo es la antena parabólica, ampliamente usada en enlaces radio terrestres como en aquellos por satélites.

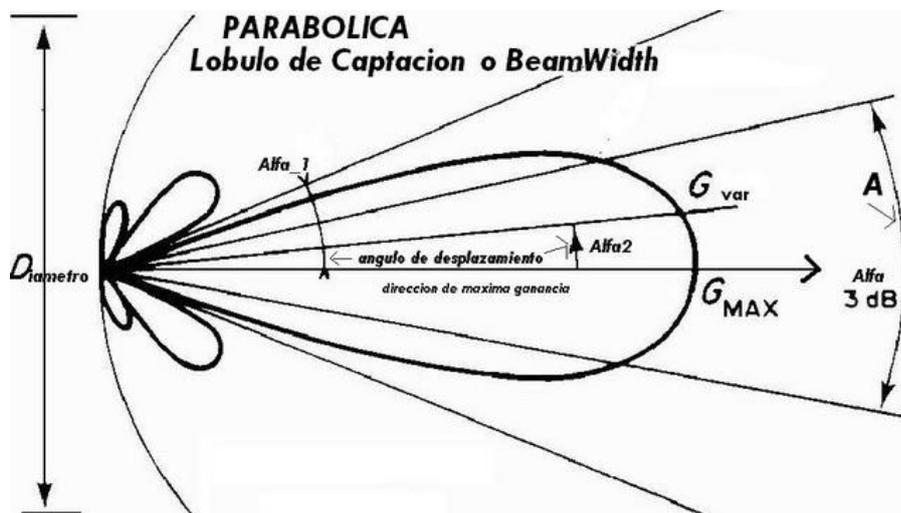


Figura 9. Antena parabólica

Fuente: Cortez (2018)

- **Antenas planas:** Finalmente, las planas, cuya particularidad radica en que son de apertura sintética, muy típicas de los radares que ostentan también el tipo de apertura sintética. Por otro lado, para conseguir tanto una buena transmisión como una buena recepción, será importantísimo el tipo de terreno sobre el cual transitarán las ondas electromagnéticas.

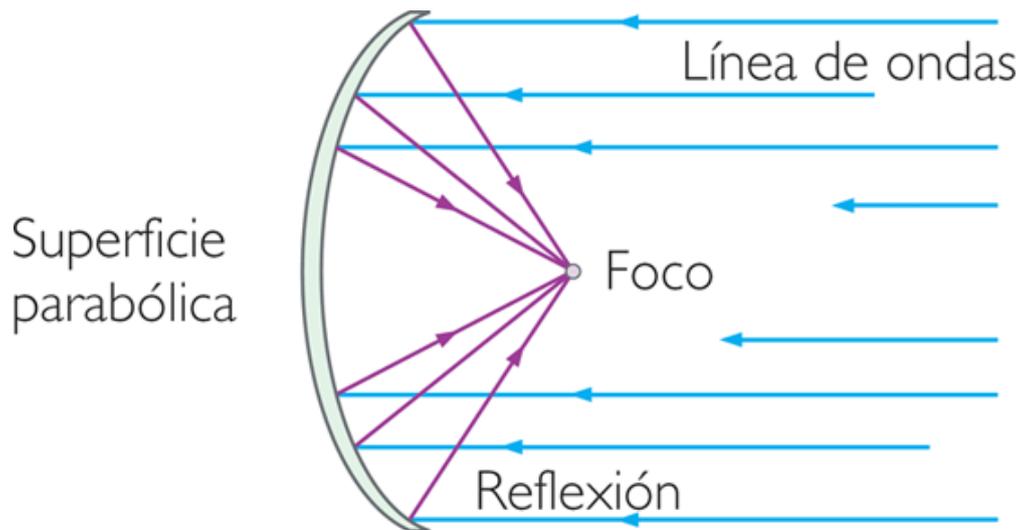


*Figura 10.* Antena plana

Fuente: Cortez (2018)

Así mismo, referenciando a Alba y Martín (2012), las antenas se emplean en varios sistemas y en diferentes formas, como en radio y televisión, comunicaciones de radio punto a punto; por lo que el tamaño y la forma de las antenas está de acuerdo con el tamaño de la longitud de onda de la señal. En este caso, además de la clasificación básica antes descrita, existe una amplia variedad de antenas, entre las cuales se encuentran las antenas de tipo reflector, de tipo bocina y tipo dipolo, que se describen a continuación:

- **Antena tipo reflector:** Consiste en una antena primaria que posee una superficie reflectante. Con esta disposición, es útil irradiar energía EM en la dirección deseada, pero no es posible colimar la energía en la dirección de avance. Los reflectores de antena pueden existir como un dispositivo independiente para redirigir la energía de radiofrecuencia (RF) o pueden integrarse como parte de un conjunto de antena.



*Figura 11.* Antena tipo reflector

Fuente: Cortez (2018)

- **Antena tipo bocina:** Una antena de bocina se utiliza para la transmisión y recepción de señales de microondas. Deriva su nombre del aspecto acampanado característico, donde la parte abocinada puede ser cuadrada, rectangular o cónica, por lo que se puede decir que la antena se asemeja a un cuerno acústico. La máxima radiación y respuesta se corresponde con el eje del cuerno; en este caso, se alimenta con una guía de ondas.



*Figura 12.* Antenas de tipo bocina

Fuente: Direct Industry (2018)

- **Antena tipo dipolo:** Una antena dipolo es un conductor eléctrico recto que mide  $1/2$  longitud de onda de extremo a extremo y está conectado en el centro a una línea de alimentación de radiofrecuencia (RF). Esta antena,

también llamada doblote, es uno de los tipos más simples de antena y constituye el principal elemento de radiación e recepción de RF en varios tipos sofisticados de antenas. El dipolo es intrínsecamente una antena balanceada, porque es bilateralmente simétrica (Alba & Martín, 2012).

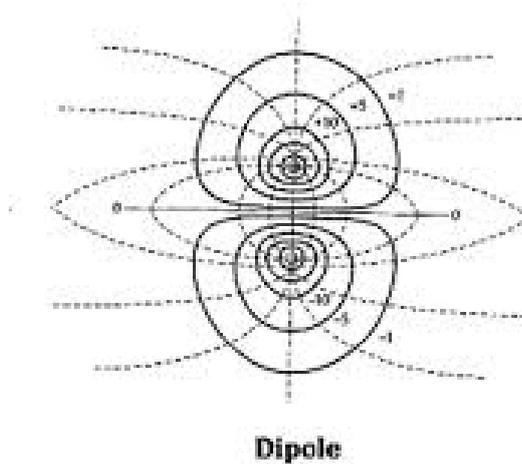


Figura 13. Antena de tipo dipolo

Fuente: Alba y Martín (2012)

### ***Antenas de recepción y transmisión***

Cuando el transmisor ha emitido una onda portadora, la cual ha sido modulada por la señal, la onda que se genera como resultado se lleva a una antena; que en este caso se define como un dispositivo que permite la propagación de la onda portadora que ha sido modulada al espacio a manera de ondas electromagnéticas, es decir actúa como un elemento conductor de onda que recepta una señal que posteriormente se radia al espacio libre.

Cabe destacar que para que la conductividad de la antena sea eficaz, esta debe ser apta para el tipo de frecuencia que se pretende irradiar; las antenas de transmisión por lo general poseen longitudes de  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , o  $\frac{1}{8}$  de la longitud de onda que se encargan de transmitir. Con base a esta perspectiva, existen parámetros específicos que permiten caracterizar a las antenas:

- Densidad de potencia radiada: Este parámetro se establece como la potencia por unidad de superficie que se emite en una dirección; dichas unidades se miden como watios por metro cuadrado, y pueden calcularse con base a los valores eficaces de los campos E y B.
- Directividad: Se establece como la relación que existe entre la densidad de potencia radiada en una dirección, a una distancia; y la densidad de potencia radiada a la misma distancia, así como también a la potencia total radiada.
- Ganancia: Se establece como la relación que existe entre la densidad de potencia radiada en una dirección y la densidad de potencia que radiaría una antena; así como también la distancia y potencia que se recepta en la antena.
- Polarización: La polarización, también llamada polarización de onda, es una expresión de la orientación de las líneas de flujo eléctrico en un campo electromagnético (campo EM). La polarización puede ser constante, es decir, existe en una orientación particular en todo momento, o puede rotar con cada ciclo de onda.
- Impedancia: Se establece como la relación que se genera entre la tensión y la corriente en sus terminales de entrada; generalmente es completa. En este caso, la parte real de la impedancia se define como resistencia de antena, y la parte imaginaria se reconoce como reactancia de antena.

Como es posible determinar, existen varios tipos de antenas, cuya función principal está basada en la recepción de la información que es remitida desde otros dispositivos, las variaciones entre estos dispositivos son evidente, según los requerimientos y funcionalidades que se busquen en su aplicación dentro del entorno.

### **2.3.6. Sistema de telecomunicación**

Citando a Ramírez (2017), “Un sistema de telecomunicaciones es una colección de nodos y enlaces para habilitar las telecomunicaciones. La telecomunicación es la comunicación a distancia utilizando señales eléctricas u ondas electromagnéticas”.

Con base a lo anteriormente expuesto, la telecomunicación es la comunicación a distancia utilizando señales eléctricas u ondas electromagnéticas, lo que ha permitido desde hace mucho tiempo atrás, hasta la actualidad, hacer que mundo evolucionen, los correos electrónicos, las llamadas telefónicas, los mensajes de textos, la visualización de páginas web, descarga de documentos y archivos, etc. Entro los ejemplos más destacables de los sistemas de telecomunicaciones destacan:

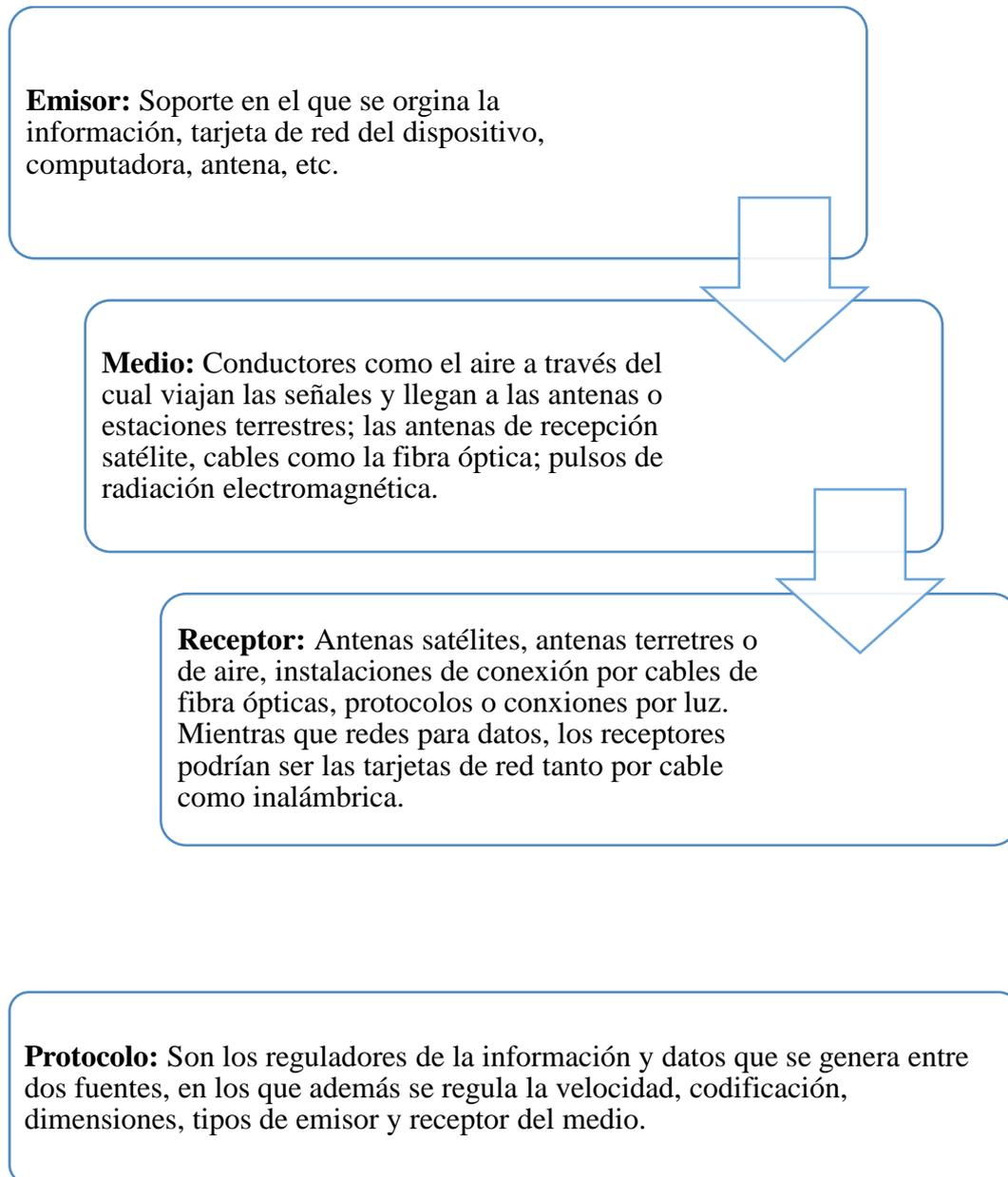
- Sistemas de radiodifusión.
- Redes informáticas.
- Internet.

Cabe destacar que sin sistemas de telecomunicación el mundo se detendría, los aviones y las embarcaciones deben poder comunicarse con los controladores de tránsito aéreo y los servicios de tránsito de embarcaciones, respectivamente. El navegador GPS en el automóvil necesita información actualizada sobre el tráfico para sugerir la mejor ruta. El comercio en los mercados de valores de todo el mundo requiere de sistemas de telecomunicaciones sólidos y rápidos. Lo mismo se puede decir acerca de las compras en línea que se han popularizado actualmente.

En lo que respecta a los elementos de un sistema de telecomunicación, según expone Gallardo (2015), son los siguientes:

- Emisor.
- Receptor.
- Medio.
- Protocolo.

De manera gráfica se describen dichos elementos:



*Figura 14.* Elementos de los sistemas de telecomunicaciones

En el caso de una red telefónica, los mensajes consistirán en audio y datos. Particularmente sobre los protocolos, estos especifican cómo cada tipo de sistema de telecomunicaciones maneja los mensajes. Por ejemplo, GSM y 3G son protocolos para comunicaciones de teléfonos móviles, y TCP / IP es un protocolo para comunicaciones a través de Internet.

Existen dos tipos principales de redes de telecomunicaciones según Huidrobo (2017), y estas se pueden distinguir desde el punto de vista de su alcance geográfico, las cuales son:

1. Redes de área local.
2. Redes de área amplia.

Desde la perspectiva de Wayne (2016), “Si bien los primeros sistemas de telecomunicaciones se construyeron sin computadoras, casi todos los sistemas que utilizan hoy en día están computarizados de alguna manera” (p. 467).

Una red de computadoras es un sistema de computadoras y dispositivos periféricos que están conectados electrónicamente. Estas computadoras conectadas pueden comunicarse entre sí, lo que significa que pueden compartir información. Cada computadora tiene su propia dirección de red, por lo que puede ser identificada de manera única entre todas las computadoras en una red. Las redes de computadoras pueden transportar diferentes tipos de datos y soportar diferentes aplicaciones.

Las computadoras se conectan mediante varios tipos de canales de comunicación. Estos incluyen conexiones cableadas e inalámbricas. Las conexiones cableadas consisten en un cable físico real, como cable de cobre o fibra óptica. Las conexiones inalámbricas no utilizan un cable físico, sino que transfieren datos mediante ondas a una parte particular del espectro electromagnético.

La transferencia de archivos entre computadoras individuales se puede realizar usando medios físicos, como discos duros externos, pen drive, etc. pero una red de computadoras hace posible la transferencia de datos entre computadoras sin tener que usar medios físicos (Carvajal, 2017). Algunas de las ventajas de las redes informáticas son:

- Compartición de archivos.
- Conexión compartida a internet
- Compartir dispositivos periféricos.
- Mejora de la eficiencia de costos

- Mayor capacidad de almacenamiento.

La red en sí misma también puede realizar tareas que son difíciles de efectuarse para una sola computadora. Estos servicios de red se han vuelto cada vez más importantes a medida que se conectan muchos tipos diferentes de dispositivos entre sí, y más en la actualidad donde las conexiones se han maximizado por el nivel de acciones comunicacionales generadas, así como por el desarrollo de las actividades de carácter comercial que mueve al mundo.

### **Enlaces de telecomunicaciones**

Desde el punto de vista de Millán (2014):

Los enlaces de telecomunicaciones en otras palabras, es la forma por la cual se transmiten las señales de radio (RF) desde una estación o terminal que se encuentre instaurado en tierra sobre una base o plataforma fija o en móvil, como por ejemplo las antenas satélites.

Los enlaces de telecomunicaciones pueden implementarse con diversos medios de comunicación, con una variedad correspondiente de características. La característica principal de un medio es su velocidad de transmisión potencial, también conocida como capacidad de canal, que para fines de transmisión de datos se expresa en bits por segundo (bps). Una medida alternativa de la capacidad del canal de transmisión es el ancho de banda, el rango de frecuencias de señal que se puede transmitir a través del canal.

Se emplean seis medios potenciales para implementar enlaces de telecomunicaciones:

1. **Par trenzado:** Medio de comunicación que consiste en un par de cables.
2. **Cable coaxial:** Medio de comunicaciones que consiste en un conductor central relativamente grueso protegido por varias capas de aislamiento y el segundo conductor justo debajo de la cubierta del cable.

3. **Cable de fibra óptica:** Consta de muchas hebras de vidrio puro con un núcleo de datos en el medio, rodeado por un revestimiento reflectante y una funda protectora
4. **Microondas terrestres:** Telecomunicaciones de larga distancia por medio de señales de microondas que viajan sobre la superficie de la tierra.
5. **Transmisión por satélite:** Forma de transmisión de microondas en la cual la señal es transmitida por una estación terrena a un satélite que retransmite la señal a la estación receptora.
6. **Transmisión de radio:** Transmite voz o datos por aire utilizando una banda de frecuencia más baja que las microondas.

Tres de los medios de transmisión anteriores se clasifican como medios guiados, en los que la señal se mueve a lo largo de una ruta encerrada. Los medios guiados que requieren cableado particularmente son:

1. Par trenzado.
2. Cable coaxial.
3. Cable de fibra óptica.

Tres de los medios de transferencia que se detallan anteriormente, se clasifican como medios inalámbricos: la señal se transmite (se difunde en muchas direcciones) a través del aire o el espacio y se recibe mediante una antena, específicamente son:

1. Microondas terrestres.
2. Transmisión por satélite.
3. Transmisión de radio.

Cabe destacar que aún existen y se mantienen las líneas en los sistemas telefónicos del mundo bajo un formato analógico, es decir, las señales que se transmiten como ondas continuas. Sin embargo, la globalización, los avances en los dispositivos o soportes a través de los cuales llegan las señales respectivas, han facilitado el proceso de cambio de estos formatos, lo cual no solo se evidencia como un aspecto formal de mejora, sino que han representado importantes avances y optimización de recursos como el tiempo para la gestión y mejora de los procesos comunicacionales y comerciales como tal.

## **2.4. Variables**

Se procederá a realizar la medición y respectivo análisis de las señales de los campos electromagnéticos emitidos por radios bases y antenas sectoriales en un rango de en un rango de 50MHz a 3GHz, en la provincia de Santa Elena, particularmente en el espacio circundante a las antenas sectoriales y estaciones de radio base.

### **2.4.1. Variable independiente (causa)**

Análisis comparativo de las radiaciones no ionizantes emitidas por antenas sectoriales y estaciones de radio base.

### **2.4.2. Variable dependiente (efecto)**

Niveles de señal de las radiaciones no ionizantes en la provincia de Santa Elena en el espacio circundante a las antenas sectoriales y estaciones base.

## **2.5. Métodos e instrumentos de investigación**

### **2.5.1. Tipo de estudio**

En lo que respecta al tipo de estudio que se aplicará al presente análisis, se determina que este será un tipo de estudio descriptivo, de campo y bibliográfico:

#### **Descriptivo**

Según Naghi (2013), “la investigación descriptiva es una forma de estudio para saber quién, dónde, cuándo, cómo y por qué del sujeto de estudio. La información obtenida en un estudio descriptivo, explica perfectamente a una organización sobre el consumidor, objetos, conceptos y cuentas”. (p. 91).

El estudio descriptivo se aplicará debido a que a través de este, es posible recabar información a profundidad sobre el objeto de estudio, identificando el donde, porque, como y cuando se genera lo indagado, que en este caso, serán analizadas

las radiaciones no ionizantes que generan las antenas sectores y estaciones de radio base en la provincia de Santa Elena.

### **De campo**

El estudio de campo se determina aplicar, dado a que será necesario hacer un recorrido sobre los sectores dentro de la provincia de Santa Elena, donde se encuentran instauradas las antenas sectoriales y estaciones de radio base, esto para proceder con la medición y análisis de las señales emitidas por las radiaciones no ionizantes apoyados con los instrumentos de medición respectivos, con lo que será posible disponer datos sobre los campos electromagnéticos, la intensidad y frecuencia de estos en cada uno de los puntos analizados, considerando para esto, las referencias estándares normalizadas (Navarro, 2017).

### **Bibliográfico**

Tipo de estudio bibliográfico, debido a que se consideraran varios referentes expuestos en libros, revistas de especialidades, artículos científicos, etc., donde se tomaran como guía, aspectos como, la forma correcta de realizar las mediciones, niveles permitidos de radiaciones no ionizantes según su ubicación, entre varios aspectos más, que servirán para establecer el análisis respectivo de esta investigación (Méndez, 2017).

#### **2.5.2. Métodos de la investigación**

En cuanto a los métodos de investigación, se determina la aplicación de los siguientes:

#### **Método científico**

El método científico se considera en este estudio, debido a que toda la información que se logre obtener de las mediciones sobre los niveles de radiaciones no ionizantes que emiten las antenas sectoriales y estaciones de radios base en la provincia de Santa Elena, será contrastada con información dentro de la bibliografía y otras investigaciones similares, con lo cual será posible efectuar un análisis

pertinente y determinar la incidencia de dichas radiaciones sobre la población de la provincia (Cegarra, 2014).

### **Método inductivo-deductivo**

Citando a Bernal (2016):

Este es un método de inferencia en la lógica y relaciones con el estudio de hechos particulares, aunque es deductivo en un sentido (parte de lo general a lo particular) e inductivo en sentido que va de lo particular a lo general (p. 56)

Se determina aplicar el método inductivo-deductivo, debido a que a la necesidad en primera instancia de contar con datos de referencias (datos generales), para con base a dichos establecer conclusiones generales y viceversa, en otras palabras, la importancia de estos métodos y la aplicación al presente estudio, se determina desde el punto de vista en el cual, se logrará hacer las mediciones y análisis respectivos sobre las radiaciones no ionizantes que emiten las antenas sectoriales y estaciones de radio base en la provincia de Santa Elena.

### **2.6.Términos básicos**

Hz: hertzios.

RNI: Radiaciones no Ionizantes.

MCS: Software profesional de análisis de espectral.

CEM: Campos electromagnéticos.

ELF: Frecuencias extremadamente bajas.

SUPERTEL: Superintendencia de Telecomunicaciones.

CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad.

ICNIRP: Comisión Internacional sobre No Ionizante Protección Radiológica.

IRPA: Asociación Internacional para la protección contra la Radiación.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

VLF: Frecuencia muy baja.

LF: Baja Frecuencia.

HF: Altas Frecuencia.

VHF: Muy Alta Frecuencia.

UHF: Ultra Alta Frecuencia.

SHF: Súper Alta Frecuencia

EHF: Extremadamente Alta Frecuencia.

RF: Radio Frecuencia.

MO: Radiaciones microondas.

UV: Radiaciones ultravioleta.

FM: Frecuencia modulada.

AM: Amplitud modulada.

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS

#### 3.1. Diagrama de procesos

Para llevar a cabo el levantamiento de la información, se procede a definir el proceso, puntos de referencia, los instrumentos, equipos y requerimientos necesarios para realizar las mediciones de señales emitidas por radiaciones no ionizantes en la provincia de Santa Elena. Dichos lineamientos, deberán ser considerados al momento de realizar las pruebas de campo, a fin de evitar posibles errores que pudieran afectar los resultados.

#### Fases del proceso de medición

El proceso de medición de radiación no ionizante en la provincia de Santa Elena constará de cuatro fases que se presentan a continuación:

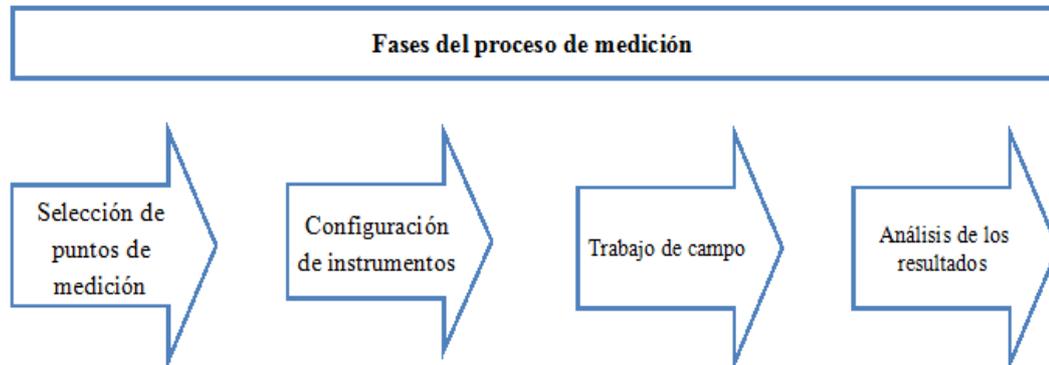


Figura 15. Fases del proceso de medición

#### 3.1.1. Selección de los puntos de medición

En esta primera fase, se procedió a seleccionar los puntos de referencia en la provincia de Santa Elena donde se llevarán a cabo las mediciones. En este caso, se considera un total de 40 antenas sectoriales y estaciones de radio base que se encuentran distribuidas en los cantones La Libertad, Salinas y Santa Elena, según se muestra a continuación:

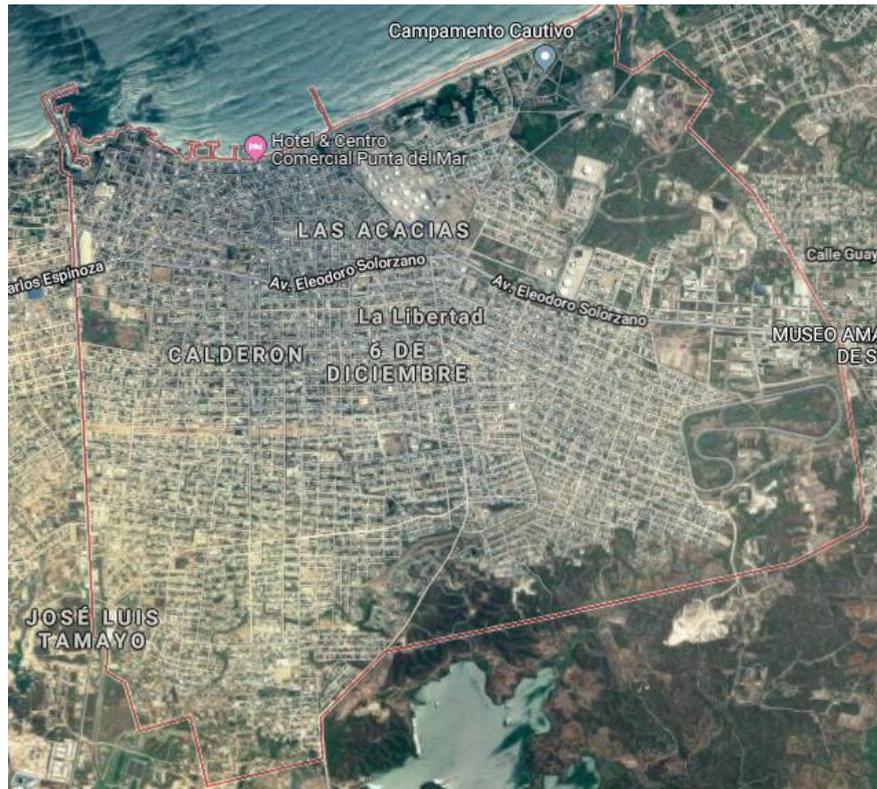


Figura 16. La Libertad  
Fuente: (Google Maps, 2018)



Figura 17. Salinas  
Fuente: (Google Maps, 2018)

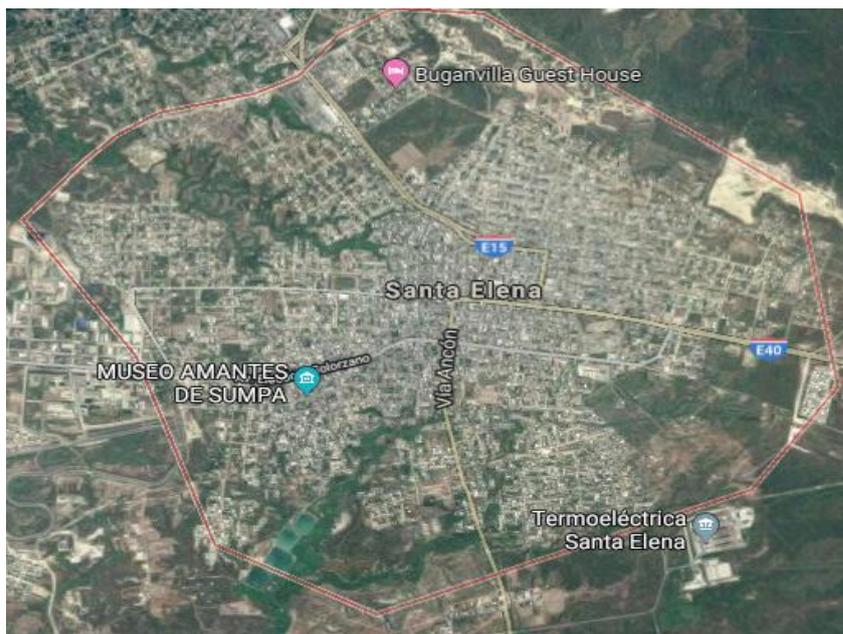


Figura 18. Santa Elena  
 Fuente: (Google Maps, 2018)

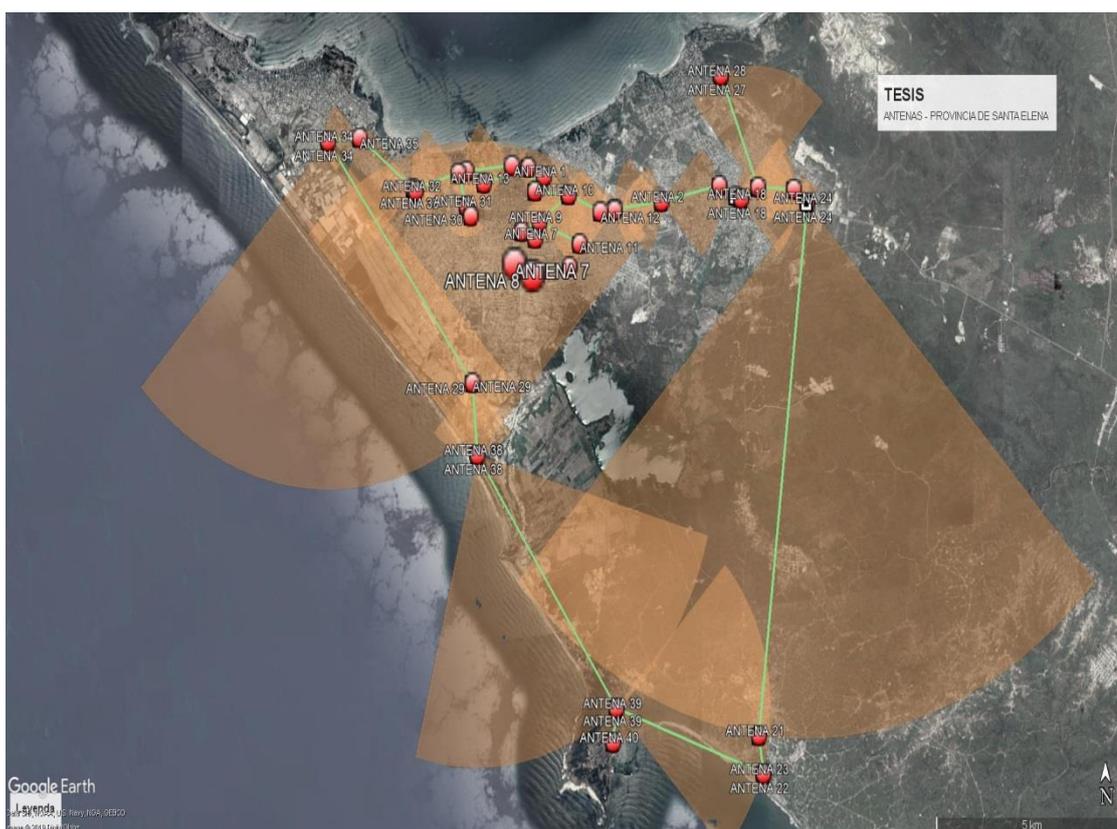


Figura 19. Proyección de antenas sectoriales provincia de Santa Elena  
 Fuente: (Google Earth, 2018)

### **3.1.2. Configuración de instrumentos**

Habiendo seleccionado los puntos de medición a considerar en la provincia de Santa Elena, en la segunda fase se procedió a realizar la configuración de los instrumentos de medición. Cabe destacar que, para garantizar la óptima obtención de resultados, se consideró los niveles de referencia establecidos en la norma internacional de protección contra las RNI. En este caso, utilizaron los equipos HF-B3G Latnex y NARDA SRM 300 por lo que fue necesario realizar la calibración del equipo con base a las recomendaciones del fabricante, según los pasos que se describen a continuación:

- Paso 1: se procedió a seleccionar las unidades de medida, en este caso se trabajó con mediciones de  $\text{mW}/\text{m}^2$  (microwatts por metro cuadrado). Esta es una unidad de medida mucho menos sensible, que evitará que las lecturas salten constantemente.
- Paso 2: se seleccionó la frecuencia de muestreo, para este efecto se trabajó con una muestra de 1.5 veces por segundo.
- Paso 3: se procedió a seleccionar el valor de visualización; en este caso se trabajó con el modo de máximo instantáneo (MAX), con el que se refleja el valor instantáneo más alto medido.
- Paso 4: se realizó la calibración considerando el rango de frecuencia: 50MHz ~ 3GHz.
- Paso 4: una vez calibrado el equipo, se procedió a realizar las mediciones en las áreas de referencia previamente seleccionadas.
- Paso 5: la visualización de los datos registrados se realizó con base a las recomendaciones del fabricante según el instructivo del equipo.

### **3.1.3. Trabajo de campo**

La tercera fase del estudio se basa en el trabajo de campo, el cual se realizó durante un período de un mes en los tres cantones que conforman la provincia de Santa Elena. En este caso, las mediciones se iniciaron el 10 de diciembre del 2018 y se

extendieron hasta el 10 de enero del 2019. A continuación, se presentan los puntos de referencia de mediciones distribuidos por cada cantón:

Tabla 3.

*Puntos de mediciones en Santa Elena*

| <b>DATOS DE MEDICIÓN (CANTÓN SANTA ELENA)</b> |                |                 |                                    |
|---|----------------|-----------------|------------------------------------|
| <b>REFERENCIA</b>                             | <b>LATITUD</b> | <b>LONGITUD</b> | <b>DIRECCIÓN</b>                   |
| Punto 1                                       | 2°13'43.7"S    | 80°51'33.0"W    | Calle 9 de Octubre, Santa Elena    |
| Punto 2                                       | 2°13'41.9"S    | 80°51'37.5"W    | Pichincha, Santa Elena             |
| Punto 3                                       | 2°13'35.1      | 80°51'51.3"W    | Calle 18 de Agosto, Santa Elena    |
| Punto 4                                       | 2°19'29.6"S    | 80°51'18.0"W    | Ancón , Calle Principal            |
| Punto 5                                       | 2°19'54.3"S    | 80°51'14.2"W    | Ancón, Calle Principal             |
| Punto 6                                       | 2°19'54.3"S    | 80°51'14.2"W    | Ancón , Calle Principal            |
| Punto 7                                       | 2°13'46.3"S    | 80°50'37.6"W    | Santa Elena, Vía A La Costa        |
| Punto 8                                       | 2°13'37.6"S    | 80°50'48.7"W    | Calle 13 , Santa Elena             |
| Punto 9                                       | 2°13'36.2"S    | 80°51'18.9"W    | Calle Virgilio Drouet, Santa Elena |
| Punto 10                                      | 2°12'24.3"S    | 80°51'50.1"W    | E15, Ballenita                     |
| Punto 11                                      | 2°12'24.3"S    | 80°51'50.1"W    | E15, Ballenita                     |

Fuente: (Google Maps, 2018)

Tabla 4.

*Puntos de mediciones en Salinas*

| <b>DATOS DE MEDICIÓN (CANTÓN SALINAS)</b> |                |                 |   |
|---|----------------|-----------------|---|
| <b>REFERENCIA</b>                         | <b>LATITUD</b> | <b>LONGITUD</b> | <b>DIRECCIÓN</b>                        |
| Punto 1                                   | 2°15'42.3"S    | 80°55'19.3"W    | Vía Punta Carnero, Salinas              |
| Punto 2                                   | 2°13'54.7"S    | 80°55'20.8"W    | Calle 35, Av. 21, Salinas               |
| Punto 3                                   | 2°13'48.3"S    | 80°55'24.3"W    | Calle 35 , Av. Carlos Espinoza, Salinas |
| Punto 4                                   | 2°13'38.5"S    | 80°56'07.2"W    | Calle 69, Av. Carlos Espinoza, Salinas  |
| Punto 5                                   | 2°13'37.1"S    | 80°56'09.2"W    | Av. 69, Salinas                         |
| Punto 6                                   | 2°13'06.4"S    | 80°57'21.1"W    | Salinas                                 |
| Punto 7                                   | 2°13'04.2"S    | 80°56'54.3"W    | Av. Carlos Espinoza                     |
| Punto 8                                   | 2°13'27.1"S    | 80°55'31.2"W    | Salinas                                 |
| Punto 9                                   | 2°13'25.7"S    | 80°55'24.3"W    | Salinas                                 |
| Punto 10                                  | 2°16'28.8"S    | 80°55'15.2"W    | Punta Carnero                           |
| Punto 11                                  | 2°19'12.1"S    | 80°53'18.0"W    | Anconcito                               |
| Punto 12                                  | 2°19'34.1"S    | 80°53'20.8"W    | Anconcito                               |

Fuente: (Google Maps, 2018)

Tabla 5.  
Puntos de mediciones en La Libertad

| <b>DATOS DE MEDICIÓN (CANTÓN LA LIBERTAD)</b> |                |                 |                                     |
|---|----------------|-----------------|-------------------------------------|
| <b>REFERENCIA</b>                             | <b>LATITUD</b> | <b>LONGITUD</b> | <b>DIRECCIÓN</b>                    |
| Punto 1                                       | 2°13'29.1"S    | 80°54'19.0"W    | Calle 25 AVA, La Libertad           |
| Punto 2                                       | 2°13'45.6      | 80°52'40.0"W    | Av. Eleodoro Solorzano La Libertad  |
| Punto 3                                       | 2°13'50.2"S    | 80°53'19.3"W    | Av. Eleodoro Solorzano La Libertad  |
| Punto 4                                       | 2°13'51.1"S    | 80°53'19.6"W    | Av Eleodoro Solorzano La Libertad   |
| Punto 5                                       | 2°14'25.4"S    | 80°54'43.9"W    | Av. 18 La Libertad                  |
| Punto 6                                       | 2°14'33.1"S    | 80°54'28.9"W    | Barrio 11 de diciembre, La Libertad |
| Punto 7                                       | 2°14'09.3"S    | 80°54'26.5"W    | La Libertad                         |
| Punto 8                                       | 2°14'04.9"S    | 80°54'37.9"W    | La Libertad                         |
| Punto 9                                       | 2°13'58.6"S    | 80°54'22.8"W    | Calle 23, La Libertad               |
| Punto 10                                      | 2°13'41.1"S    | 80°53'58.2"W    | Av. 15, La Libertad                 |
| Punto 11                                      | 2°14'12.7"S    | 80°53'49.0"W    | Ernesto González, La Libertad       |
| Punto 12                                      | 2°13'52.1"S    | 80°53'31.4"W    | General Enriquez Gallo, La Libertad |
| Punto 13                                      | 2°13'33.6"S    | 80°55'09.6"W    | Av. Onceava, La Libertad            |
| Punto 14                                      | 2°13'38.7"S    | 80°54'26.6"W    | Calle 21, La Libertad               |
| Punto 15                                      | 2°13'22.1"S    | 80°54'46.0"W    | Diagonal B, La Libertad             |
| Punto 16                                      | 2°14'27.6"S    | 80°53'57.6"W    | San Vicente, La Libertad            |
| Punto 17                                      | 2°13'23.3"S    | 80°54'32.3"W    | Calle Robles Bodero, La Libertad    |

Fuente: (Google Maps, 2018)

### **3.1.4. Análisis de los resultados**

La cuarta fase del estudio se basó en el análisis de los resultados obtenidos de las mediciones in situ; en este caso, se recopilaron los registros almacenados en los equipos HF-B3G Latnex y NARDA SRM 3006, y se presentaron en tablas para una mejor comprensión. Cabe destacar que el análisis se realizó con base a la recomendación UIT-T K52; posteriormente se llevó a cabo una comparación de resultados y se determinaron las respectivas conclusiones y recomendaciones del caso.

### **3.2. Identificación de requerimientos**

A continuación, se procederá a describir de forma explícita los requerimientos y especificaciones de los equipos empleados para llevar a cabo las mediciones en la provincia de Santa Elena:

#### **3.2.1. Equipo de medición HF-B3G Latnex**

El equipo HF-B3G del fabricante Latnex, permite realizar las mediciones y monitoreo de los niveles de radiación electromagnética de RF que emiten las radios bases y antenas sectoriales. Este dispositivo posee un rango de medición de 50MHz a 3GHz, cuenta con sensores de triple eje y registros de memoria (Max y AVG. De acuerdo a información publicada por la empresa Latnex (2018), el equipo presenta las siguientes especificaciones generales:

- Tipo de pantalla: cristal líquido (LCD), lectura máxima de 4-1 / 2 dígitos 19999
- Método de medición: digital, medición triaxial
- Característica direccional: Isotrópica, triaxial
- Selección del rango de medición: un rango continuo
- Resolución de la pantalla: 0. 1mV / m, 0.1μA / m, 0.001μW / m<sup>2</sup>, 0.001μW / cm<sup>2</sup>
- Tiempo de configuración: típicamente 1.5s (0 a 90% del valor de medición)
- Frecuencia de muestreo: 1.5 veces por segundo

- Alarma audible: Timbre
- Unidades: mV / m, V / m,  $\mu$ A / m, mA / m,  $\mu$ W / m<sup>2</sup>, mW / m<sup>2</sup>,  $\mu$ W / cm<sup>2</sup>
- Valor de visualización: valor medido instantáneo, valor máximo, valor promedio o valor promedio máximo.
- Función de alarma: umbral ajustable con ON / OFF
- Factor de calibración CAL: ajustable.
- Memoria de datos manual y almacenamiento de lectura: 200 conjuntos de datos.
- Vida de la batería: Aproximado 15 horas.
- Baterías: 9V NEDA 1604, IEC 6F22 o JIS 006P
- Batería incluida: 9V batería x 1
- Apagado automático: tiempo predeterminado 15 minutos. Umbral ajustable de 0 ~ 99 minutos.
- Rango de temperatura de funcionamiento: 0 ° C a + 50 ° C
- Rango de humedad de funcionamiento: 25% a 75% RH
- Rango de temperaturas de almacenamiento: -10 ° C a + 60 ° C
- Rango de humedad de almacenamiento: 0% a 80% RH
- Dimensiones: 60 (L) \* 60 (W) \* 195 (H) mm. (6.3 x 2.36 x 7.69) pulgadas
- Peso (incluida la batería): Aprox.200g. (.044 libras)



*Figura 20.* Equipo HF-B3G

Fuente: (LATNEX, 2018)

### **3.2.2. Equipo de medición NARDA SRM 3006**

El equipo NARDA SRM 3006, es un sistema de medición completo que cuenta con una unidad base y una antena que se emplea para mediciones rápidas, no direccionales en el rango de la tecnología inalámbrica de última generación. Este equipo combina las características de análisis de un analizador de espectro con la simplicidad de un conjunto de medición de banda ancha. Fue desarrollado especialmente para evaluar la seguridad en campos electromagnéticos.

A diferencia de un analizador de espectro adaptado, el equipo NARDA SRM 300 proporciona modos de operación adaptados a cada aplicación para medir canales de transmisión individuales y servicios separados como radio analógica o digital (TV, DVB-T, DAB), radio celular (GSM, UMTS, LTE), o inalámbrica (WLAN, WiMAX). En este caso, los resultados se muestran en una tabla como valores separados y como un valor total. La pantalla está en intensidad de campo, densidad de potencia o ponderada directamente como un porcentaje del valor límite

permitido. De acuerdo a información publicada por la empresa Test Solution (2017), el equipo presenta las siguientes especificaciones generales:

- Dimensiones: 213 x 297x 77 mm (unidad básica)
- Peso con antena: 3300g
- Pantalla a color: TFT-LCD de 7 pulgadas, 800 x 480 píxeles
- Rango de frecuencia: 9 kHz a 6 GHz
- Rango de temperatura: -10 ° a + 50 ° C
- Tiempo de funcionamiento de la batería: 3 horas +/- 15 minutos
- Antena activa: antena de campo magnético de un solo eje de 9 kHz a 300 MHz; se emplea para mediciones precisas de campo magnético cercano en transmisores de radio/TV y planta industrial.
- Antena activa para campo eléctrico: antena de campo de un solo eje de 9 kHz a 300 MHz; se emplea para mediciones de campo eléctrico de precisión en transmisores de radio / TV y plantas industriales.
- Antena de campo universal: antena de campo eléctrico uniaxial (eje único) de 27 MHz a 3 GHz; para mediciones de precisión en el rango de telefonía celular.
- Antena SRM para el campo de servicios móviles: antena de campo E de tres ejes (isotrópica) de 420 MHz a 6 GHz; para mediciones rápidas y no direccionales en el rango de la tecnología inalámbrica de última generación.
- Antena SRM universal: antena de campo E de tres ejes (isotrópica) de 27 MHz a 3 GHz; para mediciones rápidas y no direccionales.
- Antena de campo magnético SRM: antena de campo H (isotrópica) de tres ejes de 9 kHz a 250 MHz; para mediciones rápidas, no direccionales de campo magnético de campo cercano en transmisores de radio/TV y plantas industriales.
- Permite realizar mediciones conforme a las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP).
- Cuenta con ajustes predefinidos para la presentación de los resultados de forma rápida.

- Modos de operación: LTE y UMTS.
- Permite la correlación de resultados.
- Cuenta con GPS y grabadora de voz integrados.



*Figura 21.* Equipo NARDA SRM 3006

Fuente: (Test Solution, 2017)

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan los resultados de las mediciones realizadas con los equipos HF-B3G Latnex y NARDA SRM 3006; así mismo se realiza el respectivo contraste de resultados de ambas mediciones y la comparativa con los niveles de radiaciones no ionizantes recomendados por la UIT-T K52 con lo que se podrá determinar si los niveles de RNI en la provincia de Santa Elena exceden los máximos permitidos.

#### 4.1. Análisis de resultados del equipo HF-B3G Latnex

Para realizar el análisis respectivo se tomó como referencia los límites máximos de exposición a radiaciones no ionizantes por estación radio base fija establecidos por la ARCOTEL, mismos que se basan en los niveles recomendados por la UIT-TK, considerando el nivel de exposición poblacional en rangos de frecuencia de 400-2000 MHz que son: campo eléctrico ( $1,375 f$ ), magnético ( $0,0037 f$ ) y densidad de potencia ( $f/200$ ), cuya formulación corresponde a los siguientes límites máximos de referencia:

Tabla 6

*Valores de referencia (Límites máximos permitidos)*

| FRECUENCIAS | CAMPO ELECTRICO<br>(V/M) | CAMPO MAGNETICO<br>(A/M) | DENSIDAD DE POTENCIA<br>(W/m <sup>2</sup> ) |
|-------------|--------------------------|--------------------------|---|
| 880 Mhz     | 40,78909                 | 0,10975974               | 4,4   |
| 875 Mhz     | 40,67304                 | 0,109                    | 3,97  |

Fuente: (ARCOTEL, 2005)

A continuación, se procede a analizar los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en los puntos seleccionados de los cantones La Libertad, Santa Elena y Salinas, en los ejes de coordenadas X, Y, Z y el área correspondiente al eje XYZ:

## Mediciones (Cantón La Libertad)

Tabla 7

Mediciones punto 1 (La Libertad)

| LATITUD                                  | 2°13'29.1"S | LONGITUD  | 80°54'19.0"W |           |
|--|-------------|-----------|--------------|-----------|
| Frecuencia (880 MHz)                     | EJE X       | EJE Y     | EJE Z        | EJE XYZ   |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 4,287E-1    | 3,681E-1  | 3,381E-1     | 6,5885E-1 |
| Campo Magnético (A/m)                    | 1,3822E-3   | 1,4477E-3 | 1,3605E-3    | 2,372E-4  |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 6,335E-4    | 7,902E-4  | 6,978E-4     | 1,2299E-3 |

Fuente: Mediciones in situ

En este caso, se observó que los niveles de exposición de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia registrados en el punto 1 de evaluación en el cantón La Libertad, se encuentran dentro de los límites permitidos, puesto que en el eje XYZ alcanzan los 0,65885 (V/m); 0,0002372 (A/m); y 0,002299 (W/m<sup>2</sup>) respectivamente.

Tabla 8

Mediciones punto 2 (La Libertad)

| LATITUD                                  | 2°13'45.6"S | LONGITUD   | 80°52'40.0"W |            |
|--|-------------|------------|--------------|------------|
| Frecuencia (880 MHz)                     | EJE X       | EJE Y      | EJE Z        | EJE XYZ    |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 9,662E-1    | 6,194E-1   | 6,072E-1     | 1298,4E-3  |
| Campo Magnético (A/m)                    | 2,563E-3    | 1,9812E-1  | 1,5615E-1    | 3,515E-3   |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 0,02216E-4  | 0,02162E-4 | 0,08498E-4   | 0,03211E-4 |

Fuente: Mediciones in situ

Los valores obtenidos de las mediciones realizadas en el punto 2, demostraron que los niveles de radiación no ionizante se encuentran dentro de los rangos permitidos, considerando que los valores registrados en el eje XYZ del campo eléctrico (0,001298 V/m), campo magnético (0,003515 W/m<sup>2</sup>) y la densidad de potencia son inferiores a los límites máximos de exposición.

Tabla 9  
 Mediciones punto 3 (La Libertad)

| LATITUD                                  | 2°13'50.2"S | LONGITUD | 80°53'19.3"W |           |
|--|-------------|----------|--------------|-----------|
| Frecuencia (880 MHz)                     | EJE X       | EJE Y    | EJE Z        | EJE XYZ   |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 4,745E-1    | 5,987E-1 | 4,755E-1     | 9,425E-1  |
| Campo Magnético (A/m)                    | 6,486E-1    | 6,545E-1 | 5,519E-1     | 1,0962E-1 |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 5,465E-4    | 5,675E-4 | 5,084E-4     | 9,327E-4  |

Fuente: Mediciones in situ

En el punto 3 del cantón La Libertad, los valores obtenidos a partir de las mediciones realizadas, demostraron que en el eje XYZ el campo eléctrico (0,9425 V/m), el campo magnético (0,10962 A/m) y la densidad de potencia (0,0009327 W/m<sup>2</sup>) se encuentran dentro de los niveles permitidos por la ARCOTEL.

Tabla 10  
 Mediciones punto 4 (La Libertad)

| LATITUD                                  | 2°13'51.1"S | LONGITUD   | 80°53'19.6"W |          |
|--|-------------|------------|--------------|----------|
| Frecuencia (880 MHz)                     | EJE X       | EJE Y      | EJE Z        | EJE XYZ  |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 2,893E-3    | 3,45790E-3 | 2,678E-3     | 2,678E-3 |
| Campo Magnético (A/m)                    | 6,345E-3    | 6,4009E-3  | 6,0044E-3    | 8,400E-3 |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 5,3433E-4   | 5,3000E-3  | 5,08E-3      | 9,341E-4 |

Fuente: Mediciones in situ

En el punto 4 correspondiente a la Avenida Eleodoro Solórzano del cantón La Libertad, los valores obtenidos en el eje XYZ del campo eléctrico fueron de 0,002678 V/m; en el caso del campo magnético fue de 0,008400 A/m y la densidad de potencia fue de 0,0009341 W/m<sup>2</sup>. Estos resultados demuestran que las emisiones de RNI se encuentran dentro de los niveles permitidos.

Tabla 11  
 Mediciones punto 5 (La Libertad)

| <b>LATITUD</b>                           | 2°14'25.4"S  | <b>LONGITUD</b> | 80°54'43.9"W |                |
|--|--------------|-----------------|--------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b> | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 7,4877E-1    | 7,922E-1        | 6,557E-1     | 1,3609         |
| Campo Magnético (A/m)                    | 2,405E-3     | 2,511E-3        | 1918,3E-3    | 3,970E-3       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,7245E-3    | 1,7679E-3       | 1,0279E-3    | 1,3873E-3      |

Fuente: Mediciones in situ

En la Avenida 18 del cantón La Libertad, los valores obtenidos con relación a las emisiones del campo eléctrico fueron de 1,3609, mientras que el campo magnético (0,003970 A/m) y la densidad de potencia (0,0013873 W/m<sup>2</sup>) dentro de los rangos aceptados. Por lo que se puede decir que los niveles de RNI registrados en el punto 5, se encuentran dentro de los máximos establecidos.

Tabla 12  
 Mediciones punto 6 (La Libertad)

| <b>LATITUD</b>                           | 2°14'33.1"S  | <b>LONGITUD</b> | 80°54'28.9"W |                |
|--|--------------|-----------------|--------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b> | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 9,984E-1     | 2,133E-3        | 8,017E-1     | 2,133E-3       |
| Campo Magnético (A/m)                    | 5,657E-3     | 2,590E-3        | 4,557E-3     | 2,127E-3       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,1788E-5    | 1,1377E-3       | 0.02426E-4   | 1,9088E-3      |

Fuente: Mediciones in situ

Los resultados de medición obtenidos del punto 6 en el cantón La Libertad, en cuanto al campo eléctrico (0,002133 V/m), el campo magnético (0,002127 A/m) y la densidad de potencia (0,0019088 W/m<sup>2</sup>), se encuentran dentro de los niveles máximos de exposición recomendados por ARCOTEL para la población en general, por lo que no supone riesgo para la salud de las personas.

Tabla 13  
 Mediciones punto 7 (La Libertad)

| <b>LATITUD</b>                           | 2°14'09.3"S  | <b>LONGITUD</b> | 80°54'26.5"W |                |
|--|--------------|-----------------|--------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b> | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 5,393E-1     | 5,897E-1        | 7,442E-1     | 12,68E-1       |
| Campo Magnético (A/m)                    | 1,8454E-3    | 2,011E-3        | 1,9748E-3    | 3,368E-3       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 0,00128E-3   | 0,00152E-3      | 0,00147E-3   | 0,00248        |

Fuente: Mediciones in situ

Los valores obtenidos en el punto 7 del cantón La Libertad, en cuanto al campo eléctrico (1,268 V/m), el campo magnético (0.003368 A/m) y la densidad de potencia (0,00248 W/m<sup>2</sup>), se encuentran por debajo de los niveles recomendados; por lo que se determina que existe cumplimiento de los límites establecidas por ARCOTEL y la UIT-TK en cuanto a los niveles de exposición a la RNI.

Tabla 14  
 Mediciones punto 8 (La Libertad)

| <b>LATITUD</b>                           | 2°14'04.9"S  | <b>LONGITUD</b> | 80°54'37.9"W |                |
|--|--------------|-----------------|--------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b> | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 6,6442       | 1323.0E-3       | 5,678E-3     | 8,688E--3      |
| Campo Magnético (A/m)                    | 1,7088E-2    | 3,509E-3        | 1,5061E-3    | 2,305E-2       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 139,47E-3    | 110.08E-3       | 4,643E-3     | 8,552E-5       |

Fuente: Mediciones in situ

Las mediciones realizadas en el punto 8 del cantón La Libertad, mostraron que el campo eléctrico (0,008688 V/m), el campo magnético (0,0230 A/m) y la densidad de potencia (0,00008552 W/m<sup>2</sup>) se encuentran dentro de los límites recomendados por ARCOTEL.

Tabla 15

Mediciones punto 9 (La Libertad)

| <b>LATITUD</b>                           | 2°13'58.6"S  | <b>LONGITUD</b> | 80°54'22.8"W |                |
|--|--------------|-----------------|--------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b> | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 9,087E-1     | 2,270E-1        | 1,974E-1     | 9,572E-1       |
| Campo Magnético (A/m)                    | 2,539E-3     | 6.201E-4        | 5,236E-4     | 2,539E-3       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 2,190E-3     | 1.3668E-4       | 1,0336E-4    | 2,197E-3       |

Fuente: Mediciones in situ

En cuanto a los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en la Calle 23 del cantón La Libertad, se identificó que los niveles de emisiones del campo eléctrico alcanzaron los 0,9572 V/m; el campo magnético con valores de 0,002539 A/m; y la densidad de potencia de 0,002197 W/m<sup>2</sup> presentan niveles de referencia permitidos por la ARCOTEL.

Tabla 16

Mediciones punto 10 (La Libertad)

| <b>LATITUD</b>                           | 2°13'41.1"S  | <b>LONGITUD</b> | 80°53'58.2"W |                |
|--|--------------|-----------------|--------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b> | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 1,850E-1     | 2,783E-3        | 1,852E-1     | 3,478E-1       |
| Campo Magnético (A/m)                    | 1,6085E-3    | 1,7621E-3       | 1,3714E-3    | 2,670E-3       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 8,441E-2     | 1,9907E-3       | 1,7524E-3    | 8,445E-3       |

Fuente: Mediciones in situ

Los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en el punto 10 del cantón La Libertad, fueron los siguientes: campo eléctrico (0,3478 V/m), campo magnético (0,002670 A/m), y la densidad de potencia de (0,008445 W/m<sup>2</sup>), es decir que las emisiones registradas en el sector de la Avenida 15 se encuentran dentro de los niveles de exposición recomendados.

Tabla 17  
 Mediciones punto 11 (La Libertad)

| <b>LATITUD</b>                           | 2°14'12.7"S  |              | <b>LONGITUD</b> | 80°53'49.0"W   |  |
|--|--------------|--------------|-----------------|----------------|--|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b> | <b>EJE Y</b> | <b>EJE Z</b>    | <b>EJE XYZ</b> |  |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 5,054E-1     | 5,929E-1     | 5,036E-1        | 9,277E-1       |  |
| Campo Magnético (A/m)                    | 1,3406E-3    | 2,461E-3     | 1,338E-3        | 1,5727E-6      |  |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 6,775E-4     | 9,324E-4     | 6,727E-4        | 1,3346E-3      |  |

Fuente: Mediciones in situ

En cuanto a los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en el punto 11, se identificó que el campo eléctrico (0,9277 V/M), el campo magnético (0,000001573 A/M) y la densidad de potencia (0,0013346 W/m<sup>2</sup>), se encuentran dentro de los niveles permitidos, por lo que no representa mayor riesgo para la salud de la población que se encuentra expuesta a las RNI de este sector.

Tabla 18  
 Mediciones punto 12 (La Libertad)

| <b>LATITUD</b>                           | 2°13'52.1"S  |              | <b>LONGITUD</b> | 80°53'31.4"W   |  |
|--|--------------|--------------|-----------------|----------------|--|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b> | <b>EJE Y</b> | <b>EJE Z</b>    | <b>EJE XYZ</b> |  |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 7,060E-1     | 5,047E-1     | 6,642E-1        | 9,524E-1       |  |
| Campo Magnético (A/m)                    | 1,7618E-3    | 3,638E-3     | 5,297E-3        | 17292E-3       |  |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 2,924E-4     | 1,2654E-3    | 4,452E-4        | 3,324E-3       |  |

Fuente: Mediciones in situ

Las mediciones realizadas en el punto 12 correspondiente al sector General Enríquez Gallo del cantón La Libertad, mostraron niveles de emisión del campo eléctrico en el eje XYZ que alcanzó 0,9524 (V/m), en cuanto al campo magnético los valores registrados fueron de 0,0017292 A/m y en la densidad de potencia alcanzó los 0,003324. W/m<sup>2</sup> Estos valores se encuentran dentro de los límites permitidos por ARCOTEL.

Tabla 19  
 Mediciones punto 13 (La Libertad)

| <b>LATITUD</b>                           | <b>2°13'33.6"S</b> |              | <b>LONGITUD</b> | <b>80°55'09.6"W</b> |  |
|--|--------------------|--------------|-----------------|---------------------|--|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b>       | <b>EJE Y</b> | <b>EJE Z</b>    | <b>EJE XYZ</b>      |  |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 6,655              | 2,660        | 8,660E-1        | 7,219               |  |
| Campo Magnético (A/m)                    | 1,1748E-1          | 7,056E-3     | 2,297E-3        | 1,914E-2            |  |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,1748E-4          | 1,8768E-5    | 1,9893E-3       | 1,1898E-4           |  |

Fuente: Mediciones in situ

Las mediciones realizadas en el punto 13, en cuanto al campo eléctrico se evidenció que los niveles emitidos por la estación base se encuentran dentro de los niveles recomendados por ARCOTEL, alcanzando una emisión de 7,219 (V/m); en cuanto al campo magnético, los niveles obtenidos de 0,01914 (A/m) y la densidad de potencia 0,00011898 (W/m<sup>2</sup>), también se encuentra dentro de los rangos permitidos, por lo que se puede decir que la población que habita cerca de este sector no se encuentran expuestos a niveles peligrosos de RNI.

Tabla 20  
 Mediciones punto 14 (La Libertad)

| <b>LATITUD</b>                           | <b>2°13'38.7"S</b> |              | <b>LONGITUD</b> | <b>80°54'26.6"W</b> |  |
|--|--------------------|--------------|-----------------|---------------------|--|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b>       | <b>EJE Y</b> | <b>EJE Z</b>    | <b>EJE XYZ</b>      |  |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 8,7493E-1          | 7,249E-1     | 6,786E-1        | 1,3234E-3           |  |
| Campo Magnético (A/m)                    | 2,321E-3           | 1,9228E-3    | 1,8000E-3       | 3,510E-3            |  |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 2,030E-3           | 1,3938E-3    | 1,2215E-3       | 2,749E-3            |  |

Fuente: Mediciones in situ

En lo que respecta a las mediciones realizadas en la Calle 21 del cantón La Libertad, se identificó que las emisiones del campo eléctrico (0,0012234 V/M), las emisiones del campo magnético (0,003510 A/M) , y la densidad de potencia (0,002749 W/m<sup>2</sup>) se encuentran dentro de los niveles de exposición permitidos por la ARCOTEL para la población en general.

Tabla 21  
 Mediciones punto 15 (La Libertad)

| <b>LATITUD</b>                           | 2°13'22.1"S  |              | <b>LONGITUD</b> | 80°54'46.0"W   |  |
|--|--------------|--------------|-----------------|----------------|--|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b> | <b>EJE Y</b> | <b>EJE Z</b>    | <b>EJE XYZ</b> |  |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 2,596E-1     | 2,504E-1     | 2,043E-1        | 4,145E-1       |  |
| Campo Magnético (A/m)                    | 1,0995       | 6,886E-1     | 6,642E-1        | 5,419E-3       |  |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,7876E-4    | 1,6631E-4    | 1,1071E-4       | 2,681E-4       |  |

Fuente: Mediciones in situ

Las mediciones realizadas en el punto 15 del cantón La Libertad, presentaron los siguientes niveles en el eje XYZ: campo eléctrico 0,4145 (V/m), el campo magnético alcanzó niveles de 0,5419 (A/m) y la densidad de potencia de 0,0002681 (W/m<sup>2</sup>), se encuentran dentro de los niveles recomendados por la ARCOTEL y la UIT-TK.

Tabla 22  
 Mediciones punto 16 (La Libertad)

| <b>LATITUD</b>                           | 2°14'27.6"S  |              | <b>LONGITUD</b> | 80°53'57.6"W   |  |
|--|--------------|--------------|-----------------|----------------|--|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b> | <b>EJE Y</b> | <b>EJE Z</b>    | <b>EJE XYZ</b> |  |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 4,02E-2      | 6,027E-1     | 4,784E-1        | 4,913E-1       |  |
| Campo Magnético (A/m)                    | 1,2844E-3    | 1,1440E-3    | 1,2690E-3       | 2,137E-3       |  |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 6,219E-4     | 4,934E-4     | 6,071E-4        | 9,994E-4       |  |

Fuente: Mediciones in situ

Los resultados obtenidos en el punto 16 del cantón La Libertad, correspondiente al sector de San Vicente; mostraron que las emisiones del campo eléctrico se encuentran en 0,4913 (V/M), las emisiones del campo magnético alcanzaron los 0,002137 (A/M); y la densidad de potencia alcanzó los 0,0009994 (W/m<sup>2</sup>), por lo que se determina que se encuentran dentro de los límites permitidos.

Tabla 23

*Mediciones punto 17 (La Libertad)*

| <b>LATITUD</b>                           | <b>2°13'23.3"S</b> |              | <b>LONGITUD</b> | <b>80°54'32.3"W</b> |  |
|--|--------------------|--------------|-----------------|---------------------|--|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b>       | <b>EJE Y</b> | <b>EJE Z</b>    | <b>EJE XYZ</b>      |  |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 4,02E-2            | 6,027E-1     | 4,784E-1        | 4,913E-1            |  |
| Campo Magnético (A/m)                    | 1,2844E-3          | 1,1440E-3    | 1,2690E-3       | 2,137E-3            |  |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 6,219E-4           | 4,934E-4     | 6,071E-4        | 9,994E-4            |  |

Fuente: Mediciones in situ

En cuanto a las mediciones realizadas en la calle Robles Bodero del cantón La Libertad, presentaron los siguientes valores correspondientes al eje XYZ: campo eléctrico (0,4913 V/m), campo magnético (0,002137 A/m), densidad de potencia (0,0009994 W/m<sup>2</sup>), es decir los niveles de emisión de radiación no ionizante se encuentran dentro de los límites recomendados por la ARCOTEL.

Con base a estos resultados, es posible determinar que dentro del cantón La Libertad, las antenas y estaciones base analizadas se encuentran dentro de los límites máximos de exposición a RNI para la población; por lo que no representa riesgos para la salud de las personas que residen cerca de dichos sectores.

### **Mediciones (Cantón Santa Elena)**

Tabla 24

*Mediciones punto 1 (Santa Elena)*

| <b>LATITUD</b>                           | <b>2°13'43.7"S</b> |              | <b>LONGITUD</b> | <b>80°51'33.0"W</b> |  |
|--|--------------------|--------------|-----------------|---------------------|--|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b>       | <b>EJE Y</b> | <b>EJE Z</b>    | <b>EJE XYZ</b>      |  |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 1,245E-3           | 2,212E-3     | 8,903E-1        | 3,105E-3            |  |
| Campo Magnético (A/m)                    | 5,21E-3            | 5,920E-3     | 2,362E-3        | 8,235E-3            |  |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,231E-5           | 1,011E-5     | 0,0204E-4       | 1,3089E-5           |  |

Fuente: Mediciones in situ

En las mediciones realizadas en el punto 1, correspondiente a la estación base ubicada en la calle 9 de octubre del cantón de Santa Elena; se identificó que las emisiones del campo eléctrico alcanzaron niveles de 0,003105 (V/m), las emisiones

del campo magnético alcanzaron valores de 0,008235 (A/m) y la densidad de potencia alcanzó niveles de 0,000013089 (W/m<sup>2</sup>), por lo que se encuentran dentro de los niveles recomendados.

Tabla 25  
Mediciones punto 2(Santa Elena)

| <b>LATITUD</b>                           | <b>2°13'41.9"S</b> | <b>LONGITUD</b> | <b>80°51'37.5"W</b> |                |
|--|--------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b>       | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b>        | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 2,178E-3           | 2,132E-3        | 1,0793              | 3,5510E-3      |
| Campo Magnético (A/m)                    | 7,501E-4           | 8,824E-4        | 6,708E-4            | 1,3384E-4      |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,4924E-3          | 2,065E-6        | 1,1936E-3           | 2,814E-6       |

Fuente: Mediciones in situ

Las mediciones que se realizaron en el sector Pichincha del cantón Santa Elena, proporcionaron los siguientes valores: campo eléctrico 0,0035510 V/m; campo magnético 0,00013384 A/m; densidad de potencia 0,000002814 W/m<sup>2</sup>. Por lo tanto, es posible determinar que las emisiones de RNI en este sector se encuentran muy por debajo de los límites máximos de exposición recomendados por la ARCOTEL.

Tabla 26  
Mediciones punto 3 (Santa Elena)

| <b>LATITUD</b>                           | <b>2°13'35.1"S</b> | <b>LONGITUD</b> | <b>80°51'51.3"W</b> |                |
|--|--------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b>       | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b>        | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 6,781E-1           | 6,580E-1        | 6,850E-1            | 1,1282E-1      |
| Campo Magnético (A/m)                    | 1,9692E-3          | 1,7607E-3       | 1,4605E-3           | 3,018E-2       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,4620E-3          | 1,1688E-3       | 8,041E-2            | 2,037E-3       |

Fuente: Mediciones in situ

En cuanto a las mediciones realizadas en el punto 3 del cantón Santa Elena, se registraron emisiones del campo eléctrico que alcanzaron los 0,11282 (V/m); campo magnético 0,03018 (A/m); y una densidad de potencia de 0,002037 (W/m<sup>2</sup>),

es decir se encuentra dentro de los límites máximos de exposición permitidos por ARCOTEL y la UIT-TK.

Tabla 27  
*Mediciones punto 4 (Santa Elena)*

| <b>LATITUD</b>                           | 2°19'29.6"S  | <b>LONGITUD</b> | 80°51'18.0"W |                |
|--|--------------|-----------------|--------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b> | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 4,102E-1     | 3,25E-3         | 5,793E-1     | 7,28E-1        |
| Campo Magnético (A/m)                    | 1,2005e-3    | 2,258e-3        | 1,287E-3     | 1,2877E-3      |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,2800E-2    | 1,2004E-3       | 1,278E-3     | 1,281E-3       |

Fuente: Mediciones in situ

Los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en el sector de Ancón del cantón Santa Elena, evidenciaron un campo eléctrico de 0,728 (V/m); un campo magnético de 0,0012877 (A/m); y una densidad de potencia de 0,001281 (W/m<sup>2</sup>), por lo que se determina que dichas emisiones se encuentran dentro de los límites permitidos.

Tabla 28  
*Mediciones punto 5 (Santa Elena)*

| <b>LATITUD</b>                           | 2°19'54.3"S  | <b>LONGITUD</b> | 80°51'14.2"W |                |
|--|--------------|-----------------|--------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b> | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 2,754        | 6,797           | 5,393        | 9,103E-3       |
| Campo Magnético (A/m)                    | 7,305E-3     | 1,8029E-2       | 1,4305E-2    | 2,415E-2       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 2,012E-3     | 1,2254E-3       | 7,715E-3     | 1,4520E-4      |

Fuente: Mediciones in situ

Las mediciones realizadas en el punto 5 del cantón Santa Elena, presentaron campos eléctricos de 0,009103 (V/m); campos magnéticos de 0,02415 (A/m); y densidad de potencia de 0,00014520 (W/m<sup>2</sup>), por lo que se evidencia que los niveles de emisiones del campo eléctrico, el campo magnético y la densidad de potencia se encuentran dentro de los límites máximos de exposición.

Tabla 29

*Mediciones punto 6 (Santa Elena)*

| <b>LATITUD</b>                           | 2°19'54.0"S  | <b>LONGITUD</b> | 80°51'14.2"W |                |
|--|--------------|-----------------|--------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b> | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 2,541        | 4,282           | 4,201        | 6,100E-3       |
| Campo Magnético (A/m)                    | 4,2005E-3    | 2,2001E-2       | 1,8740E-2    | 1,2093E-2      |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,2087E-3    | 1,0002E-3       | 4,1200E-3    | 1,2479E-4      |

Fuente: Mediciones in situ

Los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en el sector de Ancón donde se encuentran ubicadas tres estaciones base, mostraron niveles del campo eléctrico que alcanzaron los 0,006100 (V/m), campo magnético 0,012093 (A/m), y la densidad de potencia de 0,00012479 (W/m<sup>2</sup>). En este caso, al igual que en el punto 5 de medición, se identificó que los niveles de emisiones de RNI se encuentran dentro de los límites recomendados.

Tabla 30

*Mediciones punto 7 (Santa Elena)*

| <b>LATITUD</b>                           | 2°13'46.3"S  | <b>LONGITUD</b> | 80°50'37.6"W |                |
|--|--------------|-----------------|--------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b> | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 1,2800E-3    | 2,4789E-3       | 2,143E-2     | 2,241E-3       |
| Campo Magnético (A/m)                    | 1,287E-5     | 2,5700E-3       | 1,2710E-3    | 1,2800E-3      |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,5858E-3    | 1,7000E-3       | 1,5022E-3    | 2,4500E-3      |

Fuente: Mediciones in situ

En cuanto a las mediciones realizadas en el punto 7 del cantón Santa Elena, se registró niveles de campo eléctrico correspondiente a 0,002241 (V/m), niveles de campo magnético de 0,0012800 (A/m), y una densidad de potencia de 0,0024500 (W/m<sup>2</sup>), por lo que se determina que los niveles de emisión de RNI en este sector se encuentran dentro de los límites recomendados.

Tabla 31

*Mediciones punto 8 (Santa Elena)*

| <b>LATITUD</b>                           | <b>2°13'37.6"S</b> | <b>LONGITUD</b> | <b>80°50'48.7"W</b> |                |
|--|--------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b>       | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b>        | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 9,984E-1           | 1,7180          | 8,017E-1            | 2,133          |
| Campo Magnético (A/m)                    | 2,590E-3           | 4,557E-3        | 2,127E-3            | 5,657E-3       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,1377E-3          | 2,426E-3        | 1,9088E-3           | 1,1788E-3      |

Fuente: Mediciones in situ

Las mediciones realizadas en la calle 13 del cantón Santa Elena, mostraron niveles de emisión del campo eléctrico de 2,133 (V/m); niveles de campo magnético (0,005657 A/m) y densidad de potencia (0,0011788 W/m<sup>2</sup>). Con base a estos resultados se puede determinar que los niveles de emisiones se encuentran dentro de los rangos de RNI permitida.

Tabla 32

*Mediciones punto 9 (Santa Elena)*

| <b>LATITUD</b>                           | <b>2°13'36.2"S</b> | <b>LONGITUD</b> | <b>80°51'18.9"W</b> |                |
|--|--------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b>       | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b>        | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 1,2007E-3          | 1,5009E-3       | 1,781E-3            | 1,2779E-3      |
| Campo Magnético (A/m)                    | 2,472E-3           | 1,2702E-3       | 1,2007E-3           | 1,211E-3       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,701E-4           | 1,2500E-3       | 1,0023E-3           | 1,5700E-3      |

Fuente: Mediciones in situ

En la calle Virgilio Drouet del cantón Santa Elena, los niveles de emisión del campo eléctrico alcanzaron los 0,0012779 (V/m); en cuanto al campo magnético los niveles de emisión registrados fueron de 0,001211 (A/m); mientras que la densidad de potencia fue de 0,0015700 (W/m<sup>2</sup>). Por lo tanto, se determina que estos niveles se encuentran dentro de los límites recomendados por ARCOTEL.

Tabla 33  
 Mediciones punto 10 (Santa Elena)

| <b>LATITUD</b>                           | 2°12'24.3"S  | <b>LONGITUD</b> | 80°51'50.1"W |                |
|--|--------------|-----------------|--------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b> | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 1,775E-2     | 1.54E-3         | 0,6001E-3    | 7,88E-3        |
| Campo Magnético (A/m)                    | 2,0078E-3    | 2,096E-3        | 4,220E-3     | 1,200E-3       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,2587E-3    | 1,2003E-3       | 0,00287E-3   | 0,1247E-3      |

Fuente: Mediciones in situ

Los resultados obtenidos del punto 10 del cantón Santa Elena, mostraron niveles de emisión del campo eléctrico de 0,00788 (V/m); los niveles de emisión del campo magnético correspondientes a 0,001200 (A/m); y una densidad de potencia de 0,0001247 (W/m<sup>2</sup>). Estos resultados se encuentran dentro de los límites máximos de exposición para la población.

Tabla 34  
 Mediciones punto 11 (Santa Elena)

| <b>LATITUD</b>                           | 2°12'24.3"S  | <b>LONGITUD</b> | 80°51'50.1"W |                |
|--|--------------|-----------------|--------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b> | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 1,58E-2      | 1,001E-3        | 1,571E-3     | 7,47E-3        |
| Campo Magnético (A/m)                    | 2,120E-3     | 2,17E-3         | 2,458E-3     | 1,101E-3       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,0258E-3    | 1,102E-3        | 1,72E-3      | 1,2369E-3      |

Fuente: Mediciones in situ

En cuanto a las mediciones realizadas en el punto 11 del cantón Santa Elena, se mostraron niveles de campo eléctrico correspondientes a 0,00747 (V/m); niveles de campo magnético de 0,001101 (A/m); y una densidad de potencia de 0,0012369 (W/m<sup>2</sup>). En este caso, los niveles de emisiones obtenidos en la frecuencia 880 MHz, se encuentran dentro de los límites de exposición permitidos para la población en general.

### Mediciones (Cantón Salinas)

Tabla 35

Mediciones punto 1 (Salinas)

| <b>LATITUD</b>                           | <b>2°15'42.3"S</b> | <b>LONGITUD</b> | <b>80°55'19.3"W</b> |                |
|--|--------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| <b>Frecuencia (875 MHz)</b>              | <b>EJE X</b>       | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b>        | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 9,107E-1           | 9,649E-1        | 8,615E-1            | 9,888E-1       |
| Campo Magnético (A/m)                    | 2,242E-3           | 2,308E-3        | 1,9316E-3           | 2,872E-3       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,8358E-3          | 2,008E-3        | 1,4066E-3           | 3,099E-3       |

Fuente: Mediciones in situ

De los resultados obtenidos de la investigación efectuada en el cantón Salinas, particularmente en el punto 1, es posible determinar que los niveles del campo eléctrico cumplen con las recomendaciones establecidas, tomando en consideración que dentro del eje XYZ los resultados reflejaron valores que van desde 0,9888 (V/m); 0,002872 (A/m); y 0,003099 (W/m<sup>2</sup>).

Tabla 36

Mediciones punto 2 (Salinas)

| <b>LATITUD</b>                           | <b>2°13'54.7"S</b> | <b>LONGITUD</b> | <b>80°55'20.8"W</b> |                |
|--|--------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b>       | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b>        | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 9,008E-1           | 9,008E-1        | 6,254E-1            | 1,4414         |
| Campo Magnético (A/m)                    | 3,923E-3           | 2,596E-3        | 1,6589E-3           | 4,988E-3       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 5,802E-3           | 2,541E-3        | 1,0375E-3           | 6,419E-3       |

Fuente: Mediciones in situ

En cuanto al punto 2, los resultados también reflejaron que los límites del campo eléctrico, campo magnético y densidad de potencia no representan riesgo para la salud de la población, esto particularmente porque los resultados en el eje XYZ no se encuentra cercano a los límites máximos de exposición impuestos por la ARCOTEL.

Tabla 37  
 Mediciones punto 3 (Salinas)

| LATITUD                                  | 2°13'55.2"S | LONGITUD  | 80°55'24.3"W |           |
|--|-------------|-----------|--------------|-----------|
| Frecuencia (880 MHz)                     | EJE X       | EJE Y     | EJE Z        | EJE XYZ   |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 8,287E-1    | 7,180E-1  | 4,909E-1     | 1201,1E-1 |
| Campo Magnético (A/m)                    | 2,198E-3    | 2,098E-3  | 1,6305E-3    | 3,186E-3  |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,2912E-3   | 1,5878E-3 | 1,0023E-3    | 2,330E-3  |

Fuente: Mediciones in situ

Respecto a las mediciones efectuadas dentro del punto 3, el campo eléctrico fue de 0,12011 (V/m); en cuanto campo magnético reflejó un resultado de 0,003186 (A/m) y la densidad de potencia por un valor de 0,002330 (W/m<sup>2</sup>) determinándose que dichos niveles que se encuentran dentro de los rangos del RNI establecidos.

Tabla 38  
 Mediciones punto 4 (Salinas)

| LATITUD                                  | 2°13'38.5"S | LONGITUD  | 80°56'07.2"W |           |
|--|-------------|-----------|--------------|-----------|
| Frecuencia (880 MHz)                     | EJE X       | EJE Y     | EJE Z        | EJE XYZ   |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 1,8900      | 2,469     | 9,585E-3     | 3,628E-3  |
| Campo Magnético (A/m)                    | 2,542E-3    | 6,549E-3  | 8,785E-3     | 1,1249E-2 |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 2,910E-2    | 1,6170E-2 | 2,437E-3     | 3,338E-2  |

Fuente: Mediciones in situ

En el punto 4, los niveles de emisión del campo eléctrico alcanzaron los 0,003628 (V/m), en cuanto al campo magnético se obtuvo 0,011249 (A/m) de registro; mientras que la densidad de potencia alcanzó 0,03338 (W/m<sup>2</sup>); con lo que es posible determinar que se encuentran dentro de los niveles máximos de exposición según lo establecido por la ARCOTEL y la UIT-TK.

Tabla 39  
 Mediciones punto 5 (Salinas)

| <b>LATITUD</b>                           | <b>2°13'37.1"S</b> | <b>LONGITUD</b> | <b>80°56'09.2"W</b> |                |
|--|--------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b>       | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b>        | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 8,752E-1           | 8,196E-1        | 6,829E-1            | 1,3711 E-2     |
| Campo Magnético (A/m)                    | 2,251              | 2,539           | 1,8350E-3           | 3,858E-2       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,910E-3           | 2,431           | 1,2695E-3           | 3,343E-3       |

Fuente: Mediciones in situ

En el punto 5 las mediciones reflejaron dentro del eje XYZ los siguientes valores: campo eléctrico de 00,13711 (V/m); el campo magnético 00,3858 (A/m); y la densidad de potencia de 000,3343(W/m<sup>2</sup>); por ello, con base a estos datos, se determina los niveles de RNI emitidas en el sector se encuentran dentro de los límites permitidos.

Tabla 40  
 Mediciones punto 6 (Salinas)

| <b>LATITUD</b>                           | <b>2°13'06.3"S</b> | <b>LONGITUD</b> | <b>80°57'21.1"W</b> |                |
|--|--------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b>       | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b>        | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 5,300E-1           | 4,97E-1         | 2,001E-1            | 5,47E-1        |
| Campo Magnético (A/m)                    | 6,17E-3            | 1,589E-3        | 1,0678E-3           | 1,687E-3       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,354E-3           | 1,289E-3        | 1,0004E-3           | 2,200E-4       |

Fuente: Mediciones in situ

En este apartado el campo eléctrico presentó valores por 0,547 (V/m); mientras el campo magnético reflejó 0,001687 (A/m); la densidad de potencia por 0,0002200 (W/m<sup>2</sup>) por lo que es posible determinar de igual manera, que los niveles de emisión de radiación no ionizante se encuentran dentro de los límites máximos de exposición para la población según las recomendaciones de la ARCOTEL y la UIT-TK.

Tabla 41  
 Mediciones punto 7 (Salinas)

| <b>LATITUD</b>                           | 2°13'04.2"S  | <b>LONGITUD</b> | 80°56'54.3"W |                |
|--|--------------|-----------------|--------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b> | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 4,177E-1     | 4,390E-1        | 4,801E-1     | 7,467E-1       |
| Campo Magnético (A/m)                    | 1,1080E-3    | 1,1645E-3       | 1,2735E-3    | 2,051E-2       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 6,114E-1     | 9,216E-1        | 4,628E-1     | 5,112E-1       |

Fuente: Mediciones in situ

Las mediciones en el punto 7, reflejaron resultados del campo eléctrico por 0,7467 (V/m); el campo magnético presentó un resultado de 2,051 (A/m); y la densidad de potencia reflejó niveles de RNI por 0,5112 (W/m<sup>2</sup>) determinándose que encuentran dentro de los niveles establecidos, por lo que no representan riesgo para la población que se encuentra expuesta a estas emisiones.

Tabla 42  
 Mediciones punto 8 (Salinas)

| <b>LATITUD</b>                           | 2°13'27.1"S  | <b>LONGITUD</b> | 80°55'31.2"W |                |
|--|--------------|-----------------|--------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b> | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 3,281        | 8,361E-1        | 6,069E-1     | 3,440          |
| Campo Magnético (A/m)                    | 9,560E-3     | 2,218E-3        | 1,6098E-3    | 9,124E-3       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 3,445E-2     | 3,246E-2        | 2,068E-3     | 4,738E-2       |

Fuente: Mediciones in situ

Dentro del XYZ del punto 8, el campo eléctrico reflejó resultados por 3,400 (V/m); el campo magnético, presentó resultados por 0,009124 (A/m); y la densidad de potencia alcanzó niveles de 0,04738 (W/m<sup>2</sup>). Por lo que se puede determinar que estos valores se encuentran dentro de los límites máximos permitidos.

Tabla 43  
 Mediciones punto 9 (Salinas)

| LATITUD                                  | 2°13'25.7"S | LONGITUD | 80°55'24.3"W |          |
|--|-------------|----------|--------------|----------|
| Frecuencia (880 MHz)                     | EJE X       | EJE Y    | EJE Z        | EJE XYZ  |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 9,632E-1    | 9179E-1  | 6,998E-1     | 1,9033   |
| Campo Magnético (A/m)                    | 2,555       | 2,435    | 1,8562E-3    | 3.988E-3 |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 2,461E-6    | 2,235E-6 | 1,2990E-3    | 3,569E-6 |

Fuente: Mediciones in situ

En lo que respecta a las mediciones del punto 9, el eje XYZ reflejó resultados del campo eléctrico por 1,9033 (A/m); en el campo magnético el resultado fue de 3,988 (V/m); y la densidad de potencia reflejó 0,000003569(W/m<sup>2</sup>), es decir por debajo de los rangos de RNI permitidos.

Tabla 44  
 Mediciones punto 10 (Salinas)

| LATITUD                                  | 2°16'28.8"S | LONGITUD  | 80°55'15.2"W |           |
|--|-------------|-----------|--------------|-----------|
| Frecuencia (880 MHz)                     | EJE X       | EJE Y     | EJE Z        | EJE XYZ   |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 6,44        | 1,3230E-3 | 5,678        | 8,688E-3  |
| Campo Magnético (A/m)                    | 1,7088E-2   | 3,509E-3  | 1,5061E-2    | 2,305E-3  |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,1008E-1   | 4,643E-3  | 8,552E-2     | 1,3947E-1 |

Fuente: Mediciones in situ

En cuanto al punto 10, el eje XYZ con relación al campo eléctrico reflejó niveles por 0,008688 (V/m); el campo magnético 0,002305 (A/m); mientras que la densidad de potencia reflejó resultados por 0,13947 (W/m<sup>2</sup>), lo que permite determinar que son niveles que se encuentran dentro de los límites recomendados por ARCOTEL.

Tabla 45  
 Mediciones punto 11 (Salinas)

| <b>LATITUD</b>                           | <b>2°19'12.1"S</b> | <b>LONGITUD</b> | <b>80°53'18.0"W</b> |                |
|--|--------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b>       | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b>        | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 7.381E-1           | 6,252E-1        | 5,559E-1            | 1,1157E-1      |
| Campo Magnético (A/m)                    | 6,789E             | 2,851E-3        | 2,299E-3            | 7,219E-3       |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,7221E-1          | 1,9934E-1       | 6,515E-3            | 1,7348E-1      |

Fuente: Mediciones in situ

En penúltimo punto de salinas, reflejó en el campo eléctrico 0,11157 (V/m); el campo magnético por su parte presentó el siguiente resultado 0,007219 (A/m); mientras que la densidad de potencia reflejó niveles por 0,17348 (W/m<sup>2</sup>) con estos datos, se logra determinar que estos resultados reflejan niveles de RNI aceptados por la ARCOTEL y la UIT-TK.

Tabla 46  
 Mediciones punto 12 (Salinas)

| <b>LATITUD</b>                           | <b>2°19'34.1"S</b> | <b>LONGITUD</b> | <b>80°53'20.8"W</b> |                |
|--|--------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| <b>Frecuencia (880 MHz)</b>              | <b>EJE X</b>       | <b>EJE Y</b>    | <b>EJE Z</b>        | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 1,2407E-           | 1,80E-2         | 1,250E-1            | 4,257E-3       |
| Campo Magnético (A/m)                    | 2,147E-3           | 3,00E-3         | 2,017E-3            | 2,14E-3        |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,741E-3           | 1,20E-3         | 1,2E-3              | 1,2411E-3      |

Fuente: Mediciones in situ

Finalmente, de la medición efectuada en el punto 12 del cantón Salinas con el equipo HF-B3G Latnex, permitió determinar que en el eje XYZ el campo eléctrico presenta niveles por 0,004257 (V/m); el campo magnético 0,00214 (A/m); mientras que la densidad de potencia, reflejó resultados por 0,0012411 (W/m<sup>2</sup>), lo que permite determinar existen los niveles de referencia permitidos por la ARCOTEL.

#### 4.2. Análisis de resultados del equipo NARDA SRM 3006

Se procede a presentar los resultados obtenidos a través del equipo NARDA SRM 3006, información que se presentará a través de tablas con su respectiva interpretación:

Tabla 47  
NARDA SRM 3006 1

| LATITUD                                  | 2°13'29.1"S |            | LONGITUD   | 80°54'19.0"W |  |
|--|-------------|------------|------------|--------------|--|
| Frecuencia (880 mhz)                     | EJE X       | EJE Y      | EJE Z      | EJE XYZ      |  |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 4,1720E-01  | 3,7400E-01 | 3,3110E-01 | 6,7410E-01   |  |
| Campo Magnético (A/m)                    | 1,3370E-03  | 1,4610E-03 | 1,3030E-03 | 2,4409E-04   |  |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 6,2936E-04  | 8,0220E-04 | 7,0556E-04 | 1,2010E-03   |  |

La primera medición efectuada con los equipos NARDA SRM 3006 permiten determinar que el campo eléctrico (V/m) en el eje XYZ particularmente del campo eléctrico 0,67410 presenta límites de referencia permitidos, tomando en consideración lo expuesto por la ICNIRP, establece como permisible un rango de gamas de frecuencias para un público general de entre (400-2000). Así mismo, la intensidad del campo magnético con 0,00024409 (A/m); y la densidad de potencia con 0,0012010 (W/m<sup>2</sup>) son límites permitidos según lo establecido por la ARCOTEL.

Tabla 48  
NARDA SRM 3006 2

| LATITUD                                  | 2°13'52.1"S |            | LONGITUD   | 80°53'31.4"W |  |
|--|-------------|------------|------------|--------------|--|
| Frecuencia (880 mhz)                     | EJE X       | EJE Y      | EJE Z      | EJE XYZ      |  |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 6,8710E-01  | 5,0010E-01 | 6,7900E-01 | 9,6610E-01   |  |
| Campo Magnético (A/m)                    | 1,7710E-03  | 3,5980E-03 | 5,2111E-03 | 1,7690E-03   |  |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 2,8840E-04  | 1,2550E-03 | 4,4470E-04 | 3,3000E-03   |  |

Fuente: Mediciones in situ

En lo que respecta a la segunda medición efectuada con NARDA 3006, el campo eléctrico presentó resultados por 0,96610(V/m); cuanto al campo magnético fue 0,0017690 (A/m); mientras que la densidad de potencia fue de 0,0033000 (W/m<sup>2</sup>), determinándose que dichos valores se encuentran dentro de los límites permitidos.

Tabla 49  
*NARDA SRM 3006 3*

| <b>LATITUD</b>                           | <b>2°13'04.2"S</b> |              | <b>LONGITUD</b> | <b>80°56'54.3"W</b> |  |
|--|--------------------|--------------|-----------------|---------------------|--|
| <b>Frecuencia (880 mhz)</b>              | <b>EJE X</b>       | <b>EJE Y</b> | <b>EJE Z</b>    | <b>EJE XYZ</b>      |  |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 4,1477E-01         | 4,2010E-01   | 4,8789E-01      | 7,3890E-01          |  |
| Campo Magnético (A/m)                    | 1,1141E-03         | 1,1578E-03   | 1,2787E-03      | 2,1510E-03          |  |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 6,1777E-01         | 9,2026E-01   | 4,6630E-01      | 5,1470E-01          |  |

Fuente: Mediciones in situ

La tercera medición, permitió determinar a su vez que el campo eléctrico presenta niveles por 0,73890 (V/m); el campo magnético presenta resultados por 0,0021510 (A/m), mientras que la densidad de potencia es de 0,51470 (W/m<sup>2</sup>), resultados cuyos niveles se encuentran dentro de los límites recomendados por la ARCOTEL dentro del país.

Tabla 50  
*NARDA SRM 3006 4*

| <b>LATITUD</b>                           | <b>2°15'42.3"S</b> |              | <b>LONGITUD</b> | <b>80°55'19.3"W</b> |  |
|--|--------------------|--------------|-----------------|---------------------|--|
| <b>Frecuencia (880 mhz)</b>              | <b>EJE X</b>       | <b>EJE Y</b> | <b>EJE Z</b>    | <b>EJE XYZ</b>      |  |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 9,2580E-01         | 9,5420E-01   | 8,5597E-01      | 9,8789E-01          |  |
| Campo Magnético (A/m)                    | 2,2740E-03         | 2,3170E-03   | 1,9247E-03      | 2,8780E-03          |  |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,8780E-03         | 2,0120E-03   | 1,4150E-03      | 3,1450E-03          |  |

Fuente: Mediciones in situ

En esta medición, el resultado en el campo magnético presentó 0,98789 (V/m); el campo magnético presenta resultados por 0,0028780 (A/m), mientras que la densidad de potencia es de 0,0031450 (W/m<sup>2</sup>), con estos resultados obtenidos, al igual que la medición anterior se determina que se encuentra dentro de los niveles recomendados por la ARCOTEL dentro del país.

Tabla 51  
 NARDA SRM 3006 5

| LATITUD                                  | 2°13'36.2"S | LONGITUD   | 80°51'18.9"W |            |
|--|-------------|------------|--------------|------------|
| Frecuencia (880 mhz)                     | EJE X       | EJE Y      | EJE Z        | EJE XYZ    |
| Campo Eléctrico (V/m)                    | 1,2007E-03  | 1,5309E-03 | 1,7810E-03   | 1,2779E-03 |
| Campo Magnético (A/m)                    | 2,4720E-03  | 1,2702E-03 | 1,2007E-03   | 1,2110E-03 |
| Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,7010E-04  | 1,2500E-03 | 1,0023E-03   | 1,5700E-03 |

Fuente: Mediciones in situ

La medición final con el NARDA SRM 3006, reflejó resultados sobre el campo eléctrico de 0,0012779 (V/m); el campo magnético presenta resultados por 0,0012110 (A/m), en cuanto a la densidad de potencia fue de 0,0015700 (W/m<sup>2</sup>), con estos resultados afirman que los niveles de exposición son permitidos por la ARCOTEL para la población en general.

#### **4.3.Comparativa con recomendación UIT-T K52**

Según la recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicación con relación a la UIT-T K.52 que se preparó como un documento de referencia en el que se encuentra estipulado recomendaciones a través de las cuales se acuerda el cumplimiento que deben seguir las instalaciones de telecomunicaciones respecto a los límites de seguridad, se presenta a continuación la tabla referente a los niveles de exposición ocupacional y población según ICNIRP (International Commisión on Non Ionizing Radiation Protection):

Tabla 52

Niveles de referencia para exposición ocupacional y poblacional (valores eficaces sin perturbaciones)

| Tipos de exposición       | Gama de frecuencias | Intensidad de campo eléctrico (V/m) | Intensidad de campo magnético (A/m) | Densidad de potencia de onda plana equivalente Seq (W/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| <b>Ocupacional</b>        | Hasta 1Hz           | -                                   | $2 \times 10^5$                     | -  |
|                           | 1-8 Hz              | 20.000                              | $2 \times 10^5 / f^2$               | -  |
|                           | 8-25 Hz             | 20.000                              | $2 \times 10^4 / f$                 | -  |
|                           | 0.025-0.82 Hz       | 500/f                               | 20/f                                | -  |
|                           | 0.265 kHz           | 610                                 | 24.4                                | -  |
|                           | 0.065-1 Mhz         | 610                                 | 1.6/f                               | -  |
|                           | 1-10 Mhz            | 610/f                               | 1.6/f                               | -  |
|                           | 10-400 Mhz          | 61                                  | 0.16                                | 10   |
|                           | 400-2000 MHz        | $3f^{1/2}$                          | $0.008f^{1/2}$                      | f/40   |
|                           | 2-300 GHz           | 137                                 | 0.36                                | 50   |
| <b>Público en general</b> | Hasta 1Hz           | -                                   | $2 \times 10^4$                     | -  |
|                           | 1-8 Hz              | 10.000                              | $10 \times 10^4 / f^2$              | -  |
|                           | 0-25 Hz             | 10.000                              | 5000/f                              | -  |
|                           | 0.025-0.8 kHz       | 250/f                               | 4/f                                 | -  |
|                           | 0.8-3 kHz           | 250/f                               | 5                                   | -  |
|                           | 3-150-1 kHz         | 87                                  | 5                                   | -  |
|                           | 0.15-1 MHz          | 87                                  | 0.73/f                              | -  |
|                           | 1-10 MHz            | $87/f^{1/2}$                        | 0.73/f                              | -  |
|                           | 10-400 MHz          | 28                                  | 0.073                               | 2  |
|                           | 400-2000 MHz        | $1.375f^{1/2}$                      | $0.0037f^{1/2}$                     | f/200  |
| 2-300 GHz                 | 61                  | 0.16                                | 10                                  |  |

En este caso, los valores a considerar con base a la aplicación de las fórmulas son los siguientes, según el rango de frecuencia:

- Frecuencia de 880 MhZ: campo eléctrico (4,078909), campo magnético (0,10975974), densidad de potencia (4,4).
- Frecuencia de 875 MhZ: campo eléctrico (4,067,304), campo magnético (0,109447), densidad de potencia (3,97).

Partiendo de los datos referenciales de la tabla se procede a realizar en contraste, una comparativa y análisis con los datos obtenidos de las mediciones efectuadas con los equipos SHF –B3G LatneX y el NARDA 300 SMR:

Tabla 53

Tabla de mediciones con equipos HF-B3G Y NARDA 3006 SMR

| MEDICIONES HF-B3G LatneX      |           |           |           |           | MEDICIONES 3006 SMR           |            |            |            |            |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Punto 1 (La Libertad)</b>  |           |           |           |           | <b>Punto 1 (La Libertad)</b>  |            |            |            |            |
| Frecuencia (880 mhz)          | EJE X     | EJE Y     | EJE Z     | EJE XYZ   | Frecuencia (880 mhz)          | EJE X      | EJE Y      | EJE Z      | EJE XYZ    |
| Campo Eléctrico (V/M)         | 4,287E-01 | 3,681E-01 | 3,381E-01 | 6,589E-01 | Campo Eléctrico (V/M)         | 4,1720E-01 | 3,7400E-01 | 3,3110E-01 | 6,7410E-01 |
| Campo Magnético (A/M)         | 1,382E-03 | 1,448E-03 | 1,361E-03 | 2,372E-04 | Campo Magnético (A/M)         | 1,3370E-03 | 1,4610E-03 | 1,3030E-03 | 2,4409E-04 |
| Densidad de Potencia          | 6,335E-04 | 7,902E-04 | 6,978E-04 | 1,230E-03 | Densidad de Potencia          | 6,2936E-04 | 8,0220E-04 | 7,0556E-04 | 1,2010E-03 |
| <b>Punto 12 (La Libertad)</b> |           |           |           |           | <b>Punto 12 (La Libertad)</b> |            |            |            |            |
| Frecuencia (880 mhz)          | EJE X     | EJE Y     | EJE Z     | EJE XYZ   | Frecuencia (880 mhz)          | EJE X      | EJE Y      | EJE Z      | EJE XYZ    |
| Campo Eléctrico (V/M)         | 7,060E-01 | 5,047E-01 | 6,642E-01 | 9,524E-01 | Campo Eléctrico (V/M)         | 6,8710E-01 | 5,0010E-01 | 6,7900E-01 | 9,6610E-01 |
| Campo Magnético (A/M)         | 1,762E-03 | 3,638E-03 | 5,297E-03 | 1,729E-03 | Campo Magnético (A/M)         | 1,7710E-03 | 3,5980E-03 | 5,2111E-03 | 1,7690E-03 |
| Densidad de Potencia          | 2,924E-04 | 1,265E-03 | 4,452E-04 | 3,324E-03 | Densidad de Potencia          | 2,8840E-04 | 1,2550E-03 | 4,4470E-04 | 3,3000E-03 |
| <b>Punto 7 (Salinas)</b>      |           |           |           |           | <b>Punto 7 (Salinas)</b>      |            |            |            |            |
| Frecuencia (880 mhz)          | EJE X     | EJE Y     | EJE Z     | EJE XYZ   | Frecuencia (880 mhz)          | EJE X      | EJE Y      | EJE Z      | EJE XYZ    |
| Campo Eléctrico (V/M)         | 4,177E-01 | 4,390E-01 | 4,801E-01 | 7,467E-01 | Campo Eléctrico (V/M)         | 4,1477E-01 | 4,2010E-01 | 4,8789E-01 | 7,3890E-01 |
| Campo Magnético (A/M)         | 1,108E-03 | 1,165E-03 | 1,274E-03 | 2,051E-03 | Campo Magnético (A/M)         | 1,1141E-03 | 1,1578E-03 | 1,2787E-03 | 2,1510E-03 |
| Densidad de Potencia          | 6,114E-01 | 9,216E-01 | 4,628E-01 | 5,112E-01 | Densidad de Potencia          | 6,1777E-01 | 9,2026E-01 | 4,6630E-01 | 5,1470E-01 |
| <b>Punto 1 (Salinas)</b>      |           |           |           |           | <b>Punto 1 (Salinas)</b>      |            |            |            |            |
| Frecuencia (875 mhz)          | EJE X     | EJE Y     | EJE Z     | EJE XYZ   | Frecuencia (875 mhz)          | EJE X      | EJE Y      | EJE Z      | EJE XYZ    |
| Campo Eléctrico (V/M)         | 9,107E-01 | 9,649E-01 | 8,615E-01 | 9,888E-01 | Campo Eléctrico (V/M)         | 9,2580E-01 | 9,5420E-01 | 8,5597E-01 | 9,8789E-01 |
| Campo Magnético (A/M)         | 2,242E-03 | 2,308E-03 | 1,932E-03 | 2,872E-03 | Campo Magnético (A/M)         | 2,2740E-03 | 2,3170E-03 | 1,9247E-03 | 2,8780E-03 |
| Densidad de Potencia          | 1,836E-03 | 2,008E-03 | 1,407E-03 | 3,099E-03 | Densidad de Potencia          | 1,8780E-03 | 2,0120E-03 | 1,4150E-03 | 3,1450E-03 |
| <b>Punto 9 (Santa Elena)</b>  |           |           |           |           | <b>Punto 9 (Santa Elena)</b>  |            |            |            |            |
| Frecuencia (880 mhz)          | EJE X     | EJE Y     | EJE Z     | EJE XYZ   | Frecuencia (880 mhz)          | EJE X      | EJE Y      | EJE Z      | EJE XYZ    |
| Campo Eléctrico (V/M)         | 1,21E-03  | 1,58E-03  | 1,78E-03  | 1,28E-03  | Campo Eléctrico (V/M)         | 1,2007E-03 | 1,5309E-03 | 1,7810E-03 | 1,2779E-03 |
| Campo Magnético (A/M)         | 2,47E-03  | 1,27E-03  | 1,20E-03  | 1,25E-03  | Campo Magnético (A/M)         | 2,4720E-03 | 1,2702E-03 | 1,2007E-03 | 1,2110E-03 |
| Densidad de Potencia          | 1,70E-04  | 1,28E-03  | 1,08E-03  | 1,58E-03  | Densidad de Potencia          | 1,7010E-04 | 1,2500E-03 | 1,0023E-03 | 1,5700E-03 |

Los resultados obtenidos de las mediciones realizadas tanto con HF-B3G Latnex y el equipo NARDA SRM 3006 en referencia a los niveles permitidos de exposición ocupacional y poblacional, permiten determinar que:

En el punto 1 (La Libertad), el campo eléctrico (V/M) con ambos instrumentos reflejó niveles recomendados de RNI considerando que en la referencia el rango de aceptabilidad es de hasta  $1.375f^{1/2}$ , de igual manera en el campo magnético (A/m) y densidad de potencia, los valores identificadas constan dentro de las referencias permitidas de RNI a las que se puedan exponer las personas.

Del punto 12 (La Libertad) en el eje XYZ, los niveles obtenidos de los campos eléctrico en HF-B3G LatneX (0,19524) y 300 SMR (0,196610), determinándose que ambos resultados están dentro de los niveles permitidos de RNI; en cuanto al campo magnético (A/m) los valores obtenidos se encuentran entre (0,001729) y (0,0017690), al igual que en la densidad de potencia, los valores reflejaron niveles aceptables según la ARCOTEL y la UIT-TK.

Del punto 1 (Salinas) los resultados obtenidos del campo eléctrico, campo magnético y densidad de potencia resultan acordes a la referencia de la tabla poblacional, mientras que en el punto 9 (Santa Elena), los niveles identificados en el campo eléctrico, el campo magnético y densidad de potencia, se identifican dentro del rango aceptado.

#### **4.4. Contraste de mediciones obtenidas**

Para llevar a cabo la comparación de las mediciones obtenidas con la aplicación de los equipos HF-B3G Latnex y el equipo NARDA SRM 3006 se seleccionaron cinco puntos de referencia, de los cuales se obtuvo lo siguiente:

Tabla 54

Comparación de mediciones punto 1 (La Libertad)

| <b>MEDICIONES HF-B3G LatneX</b>          |              |              |              |                |
|--|--------------|--------------|--------------|----------------|
|  | <b>Eje X</b> | <b>Eje Y</b> | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo eléctrico (V/m)                    | 4,287E-01    | 3,681E-01    | 3,381E-01    | 6,589E-01      |
| Campo magnético (A/m)                    | 1,382E-03    | 1,448E-03    | 1,361E-03    | 2,372E-04      |
| Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 6,335E-04    | 7,902E-04    | 6,978E-04    | 1,230E-03      |
| <b>MEDICIONES NARDA 3006 SMR</b>         |              |              |              |                |
| Campo eléctrico (V/m)                    | 4,1720E-01   | 3,7400E-01   | 3,3110E-01   | 6,7410E-01     |
| Campo magnético (A/m)                    | 1,3370E-03   | 1,4610E-03   | 1,3030E-03   | 2,4409E-04     |
| Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 6,2936E-04   | 8,0220E-04   | 7,0556E-04   | 1,2010E-03     |
| <b>PORCENTAJE DE DIFERENCIA</b>          |              |              |              |                |
| Campo eléctrico (V/m)                    | 2,72%        | -1,59%       | 2,09%        | -2,29%         |
| Campo magnético (A/m)                    | 3,32%        | -0,91%       | 4,32%        | -2,86%         |
| Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 0,66%        | -1,51%       | -1,11%       | 2,38%          |

Fuente: Mediciones in situ

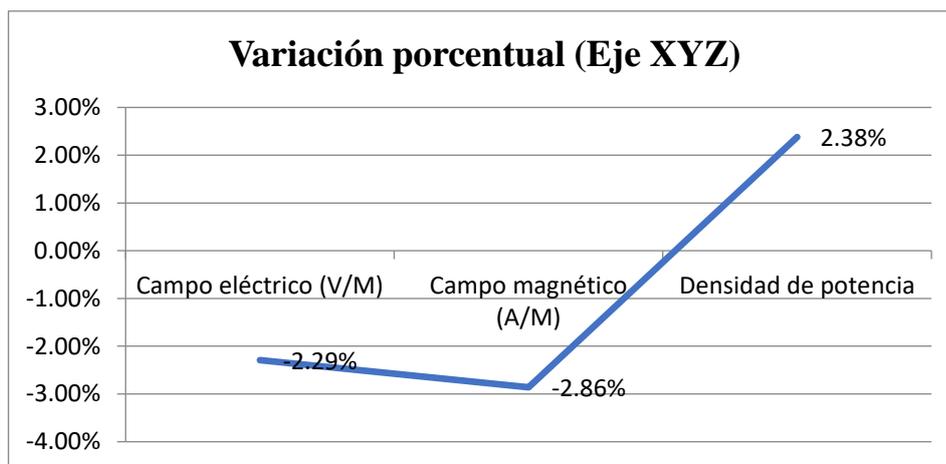


Figura 22. Variación porcentual punto 1 (La Libertad)

De acuerdo a las mediciones realizadas en el punto 1 del cantón La Libertad (Calle 25, Avenida A), fue posible identificar que los resultados obtenidos de los tres componentes ortogonales (x, y, z) con la utilización del equipo HF-B3G Latnex fueron inferiores a nivel de campo eléctrico (-2.29%) y a nivel de campo magnético (-2.86%) a los resultados obtenidos con la utilización del equipo NARDA 300 SRM; sin embargo la densidad de potencia de la radiaciones no ionizantes fue superior en 2.38% en el caso de los registros obtenidos con HF-B3G Latnex.

Tabla 55

Comparación de mediciones punto 12 (La Libertad)

| <b>MEDICIONES HF-B3G LatneX</b>          |              |              |              |                |
|--|--------------|--------------|--------------|----------------|
|  | <b>Eje X</b> | <b>Eje Y</b> | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo eléctrico (V/m)                    | 7,060E-01    | 5,047E-01    | 6,642E-01    | 9,524E-01      |
| Campo magnético (A/m)                    | 1,762E-03    | 3,638E-03    | 5,297E-03    | 1,729E-03      |
| Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 2,924E-04    | 1,265E-03    | 4,452E-04    | 3,324E-03      |
| <b>MEDICIONES NARDA 3006 SMR</b>         |              |              |              |                |
| Campo eléctrico (V/m)                    | 6,8710E-01   | 5,0010E-01   | 6,7900E-01   | 9,6610E-01     |
| Campo magnético (A/m)                    | 1,7710E-03   | 3,5980E-03   | 5,2111E-03   | 1,7690E-03     |
| Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 2,8840E-04   | 1,2550E-03   | 4,4470E-04   | 3,3000E-03     |
| <b>PORCENTAJE DE DIFERENCIA</b>          |              |              |              |                |
| Campo eléctrico (V/m)                    | 2,71%        | 0,92%        | -2,20%       | -1,43%         |
| Campo magnético (A/m)                    | -0,52%       | 1,11%        | 1,63%        | -2,28%         |
| Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> ) | 1,38%        | 0,83%        | 0,11%        | 0,72%          |

Fuente: Mediciones in situ

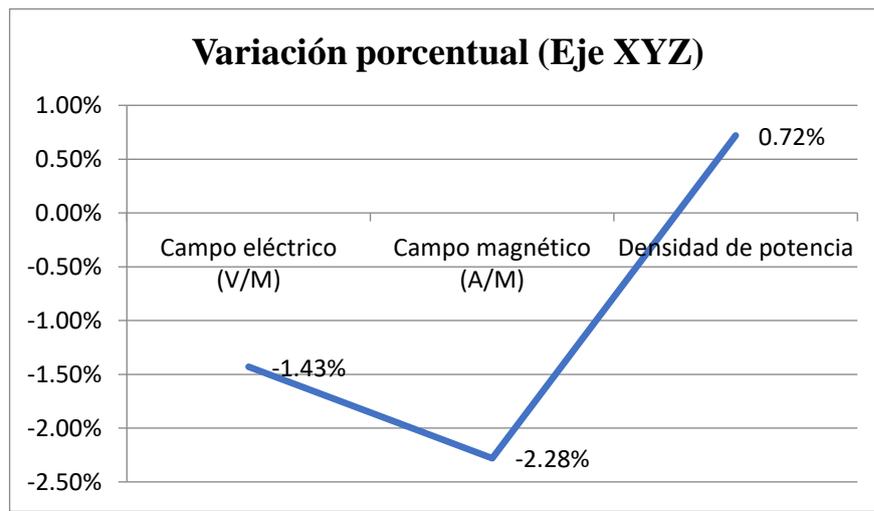


Figura 23. Variación porcentual punto 12 (La Libertad)

En el caso de las mediciones que se realizaron en el punto 12 del cantón La Libertad (General Enriquez Gallo), se identificó que los niveles registrados con el equipo HF-B3G Latnex en cuanto al campo eléctrico fueron inferiores en -1.43% y las mediciones del campo magnético fueron menores en -2.28% en comparación a los resultados obtenidos de las mediciones realizadas con el equipo NARDA. En cuanto a la densidad de potencia, los resultados del eje xyz obtenidos con HF-B3G fueron de 3.324E-03 es decir un 0.72% mayor a los registros del equipo NARDA.

Tabla 56  
Comparación de mediciones punto 1(Salinas)

| <b>MEDICIONES HF-B3G LatneX</b>  |              |              |              |                |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
|                                  | <b>Eje X</b> | <b>Eje Y</b> | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo eléctrico (V/m)            | 9,107E-01    | 9,649E-01    | 8,615E-01    | 9,888E-01      |
| Campo magnético (A/m)            | 2,242E-03    | 2,308E-03    | 1,932E-03    | 2,872E-03      |
| Densidad de potencia (W/m2)      | 1,836E-03    | 2,008E-03    | 1,407E-03    | 3,099E-03      |
| <b>MEDICIONES NARDA 3006 SMR</b> |              |              |              |                |
| Campo eléctrico (V/m)            | 9,2580E-01   | 9,5420E-01   | 8,5597E-01   | 9,8789E-01     |
| Campo magnético (A/m)            | 2,2740E-03   | 2,3170E-03   | 1,9247E-03   | 2,8780E-03     |
| Densidad de potencia (W/m2)      | 1,8780E-03   | 2,0120E-03   | 1,4150E-03   | 3,1450E-03     |
| <b>PORCENTAJE DE DIFERENCIA</b>  |              |              |              |                |
| Campo eléctrico (V/m)            | -1,64%       | 1,12%        | 0,64%        | 0,09%          |
| Campo magnético (A/m)            | -1,42%       | -0,39%       | 0,36%        | -0,21%         |
| Densidad de potencia (W/m2)      | -2,27%       | -0,20%       | -0,60%       | -1,47%         |

Fuente: Mediciones in situ

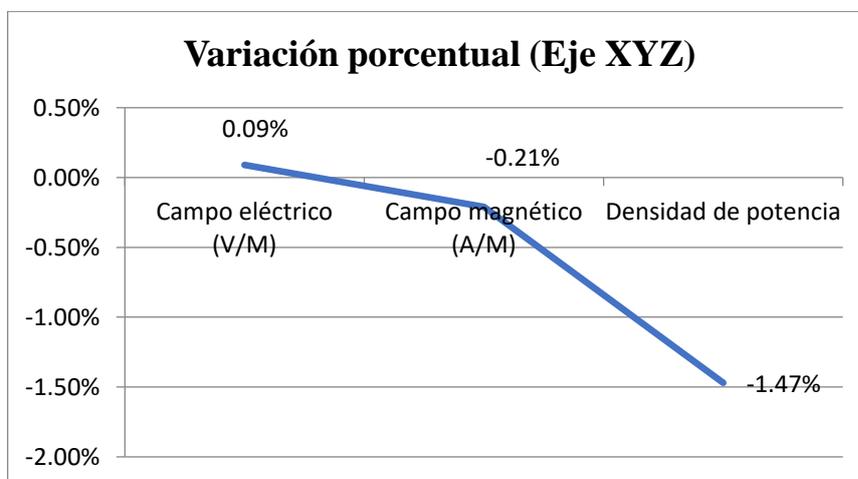


Figura 24. Variación porcentual punto 1 (Salinas)

Para establecer la comparativa de los resultados obtenidos en los tres cantones de la provincia, se consideró las mediciones del punto 1 del cantón Salinas (Vía Punta Carnero), donde se registró un campo eléctrico del eje xyz correspondiente a 9.888E-01 es decir un 0.09% más que el V/m registrado con el equipo NARDA. En contraposición, los valores obtenidos del campo magnético (-0.21%) y la densidad

de potencia (-1.47%) fue moderadamente menor a los valores registrados con NARDA 300 SMR.

Tabla 57  
Comparación de mediciones punto 7 (Salinas)

| <b>MEDICIONES HF-B3G LatneX</b>  |              |              |              |                |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
|                                  | <b>Eje X</b> | <b>Eje Y</b> | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo eléctrico (V/m)            | 4,177E-01    | 4,390E-01    | 4,801E-01    | 7,467E-01      |
| Campo magnético (A/m)            | 1,108E-03    | 1,165E-03    | 1,274E-03    | 2,051E-03      |
| Densidad de potencia (W/m2)      | 6,114E-01    | 9,216E-01    | 4,628E-01    | 5,112E-01      |
| <b>MEDICIONES NARDA 3006 SMR</b> |              |              |              |                |
| Campo eléctrico (V/m)            | 4,1477E-01   | 4,2010E-01   | 4,8789E-01   | 7,3890E-01     |
| Campo magnético (A/m)            | 1,1141E-03   | 1,1578E-03   | 1,2787E-03   | 2,1510E-03     |
| Densidad de potencia (W/m2)      | 6,1777E-01   | 9,2026E-01   | 4,6630E-01   | 5,1470E-01     |
| <b>PORCENTAJE DE DIFERENCIA</b>  |              |              |              |                |
| Campo eléctrico (V/m)            | 0,70%        | 4,40%        | -1,61%       | 1,05%          |
| Campo magnético (A/m)            | -0,55%       | 0,58%        | -0,41%       | -4,76%         |
| Densidad de potencia (W/m2)      | -1,04%       | 0,15%        | -0,75%       | -0,68%         |

Fuente: Mediciones in situ

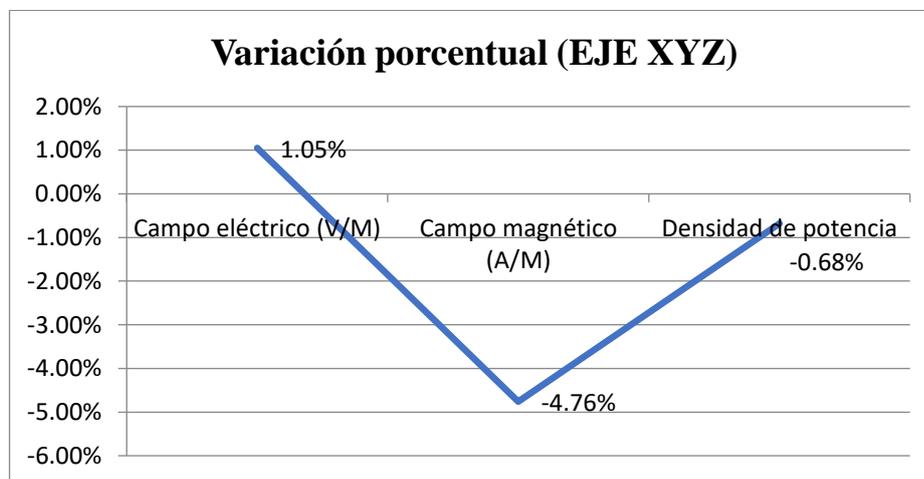


Figura 25. Variación porcentual punto 7 (Salinas)

Las mediciones realizadas en el punto 7 del cantón Salinas (Av. Carlos Espinoza), demostraron que las frecuencias del campo eléctrico registradas en los componentes ortogonales (x, y, z) con el equipo HF-B3G Latnex, fueron superiores en un 1.05% a los valores registrados con el equipo NARDA; mientras que los valores del campo

magnético (-4.76%) y la densidad de potencia (-0.68%), fueron menores en comparación a los valores obtenidos con NARDA 300 SRM de 2.1510E-03 (A/M) y 5.1470E-01 en densidad de potencia.

Tabla 58

Comparación de mediciones punto 9(Santa Elena)

| <b>MEDICIONES HF-B3G LatneX</b>  |              |              |              |                |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
|                                  | <b>Eje X</b> | <b>Eje Y</b> | <b>EJE Z</b> | <b>EJE XYZ</b> |
| Campo eléctrico (V/m)            | 1,21E-03     | 1,58E-03     | 1,78E-03     | 1,28E-03       |
| Campo magnético (A/m)            | 2,47E-03     | 1,27E-03     | 1,20E-03     | 1,25E-03       |
| Densidad de potencia (W/m2)      | 1,70E-04     | 1,28E-03     | 1,08E-03     | 1,58E-03       |
| <b>MEDICIONES NARDA 3006 SMR</b> |              |              |              |                |
| Campo eléctrico (V/m)            | 1,2007E-03   | 1,5309E-03   | 1,7810E-03   | 1,2779E-03     |
| Campo magnético (A/m)            | 2,4720E-03   | 1,2702E-03   | 1,2007E-03   | 1,2110E-03     |
| Densidad de potencia (W/m2)      | 1,7010E-04   | 1,2500E-03   | 1,0023E-03   | 1,5700E-03     |
| <b>PORCENTAJE DE DIFERENCIA</b>  |              |              |              |                |
| Campo eléctrico (V/m)            | 1,16%        | 3,04%        | 0,17%        | 0,08%          |
| Campo magnético (A/m)            | 0,08%        | 0,31%        | 0,06%        | 2,97%          |
| Densidad de potencia (W/m2)      | -0,18%       | 2,29%        | 7,32%        | 0,50%          |

Fuente: Mediciones in situ

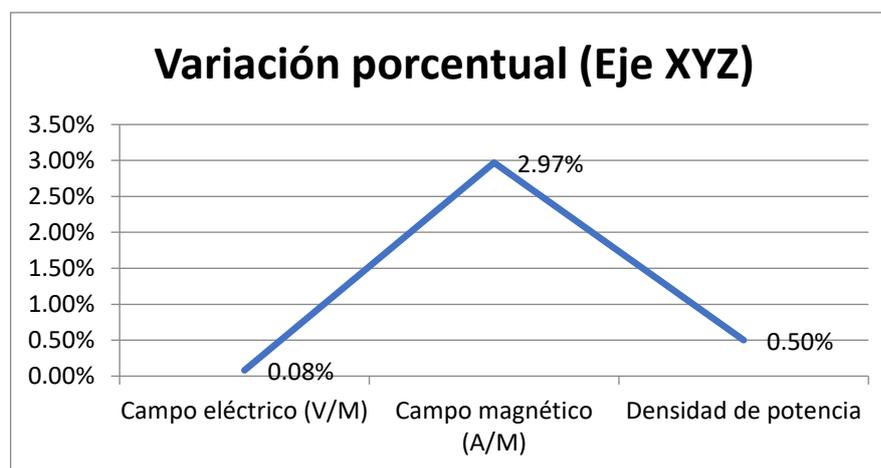


Figura 26. Variación porcentual punto 9 (Santa Elena)

Finalmente, se realizó la comparación de los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en el punto 9 del cantón Santa Elena (Calle Virgilio Drouet), en los que se obtuvo que las frecuencias registradas en cuanto al campo eléctrico (0.08%), el

campo magnético (2.97%) y la densidad de potencia (0.50%) registradas con el equipo HF-B3G Latnex fueron superiores a los valores obtenidos con la utilización del equipo NARDA 300 SRM.

En este contexto, en términos generales, los resultados obtenidos de las mediciones realizadas con HF-B3G Latnex y NARDA 300 SRM no mostraron una diferencia significativa, puesto que a nivel de variación porcentual los valores no excedieron los 5 puntos porcentuales. Cabe destacar que con el equipo HF-B3G las evaluaciones se realizaron tomando como base un rango de medición de 50MHz a 3Ghz, puesto que el equipo no ofrece la frecuencia específica de las antenas; mientras que los registros obtenidos con el equipo NARDA se registraron en frecuencias de 875 MhZ a 880 Mhz.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Con base a las mediciones realizadas de los niveles de radiación no ionizante en la provincia de Santa Elena, fue posible identificar que las emisiones de antenas y estaciones base que se encuentran distribuidas en los diferentes cantones de la provincia, se encuentran dentro de los límites de exposición establecidos por la ARCOTEL, ICNIRP y las recomendaciones de la UIT-TK52.
- Se identificó que del total de antenas y estaciones base analizadas con el equipo los niveles de emisiones RNI registrados con los equipos HF-B3G Latnex y NARDA 300 SRM no representan riesgos para la salud de las personas que residen o laboran en las áreas circundantes. Consecuentemente se puede determinar que las empresas propietarias de dichas antenas y estaciones base, cumplen con las disposiciones establecidas.
- Para proporcionar mayor respaldo a las mediciones obtenidas con el equipo HF-B3G Latnex, se realizaron mediciones con el equipo NARDA 300 SRM en cinco puntos de medición seleccionados (2 puntos de medición en el cantón La Libertad, 2 puntos de medición en el cantón de Salinas y 1 punto de medición en el cantón Santa Elena), esto permitió contrastar los resultados obtenidos de ambas mediciones; dichos resultados evidenciaron variaciones mínimas a nivel porcentual, en cuanto a los registros obtenidos con el equipo HF-B3G Latnex y los registros obtenidos con NARDA 300 SRM.
- El equipo de medición HF-B3G Latnex no ofrece la frecuencia específica de las antenas, a diferencia del equipo NARDA 300 SRM, por lo que se puede determinar que éste último ofrece información más precisa para el desarrollo de mediciones de las RNI.

## Recomendaciones

- Según los resultados obtenidos de las mediciones de las RNI en la provincia de Santa Elena, se recomienda la importancia de un constante control y seguimiento sobre la instalación que se genera de las antenas sectoriales y estaciones de radio base; esto tomando en consideración los pocos o nulos informes en la provincia de Santa Elena, así como la carencia de una agencia de un ente regulatorio. En este caso, a través de un constante seguimiento, se logrará disponer de información mucha más actualidad sobre el estado de las RNI.
- Se recomienda efectuar pruebas del funcionamiento de los instrumentos con los que se realicen las mediciones de las RNI, con el objetivo de asegurar que se obtengan datos fiables para futuras evaluaciones y controles, dado a que a que con futuros estudios se podrá determinar el incremento o reducción de los niveles de radiación en la provincia.
- Se recomienda efectuar una campaña de socialización entre los habitantes de la provincia de Santa Elena, con la finalidad de concienciar sobre la importancia de evitar una alta exposición a las RNI que puede generarse a través de diversos dispositivos, como una medida de contribución a la salud y bienestar social por parte de la UPSE y autora del presente estudio.
- Se recomienda que la Universidad Estatal de la Península de Santa Elena, adquiera equipos de medición más económicos como el HF-B3G Latnex (valorado en \$300) a fin de facilitar a los estudiantes el acceso a dichos equipos de fácil uso. Por otra parte, el equipo que actualmente posee la institución NARDA 300 SRM (valorado en \$51,000) podría ser utilizado para proyectos puntuales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alba, J., & Martín, J. (2012). *Instalaciones de distribución de TV y radio*. Madrid: Editex.
- Amaya, J. (2016). *Espectro electromagnético o de luz*. Buenos Aires: Ciencias, salud y medioambiente.
- Asamblea Nacional. (2015). *Ley Orgánica de Telecomunicaciones*. Quito: Registro Oficial.
- Barchers, S. (2017). *Conservación de la energía*. Huntington Beach: Teacher Created Materials.
- Bernal, C. (2016). *Metodología de la investigación*. México D.F.: Pearson Educación.
- Cabezas, J., & Sánchez, E. (2013). *Infraestructuras comunes*. Madrid: Parainfo.
- Cámara de Infocomunicación y Tecnología. (2014). *Distribución convencional del Espectro radioeléctrico*. San José: INFOCOM.
- Carvajal, F. (2017). *Instalación, configuración de servicios de transferencia de archivos*. Madrid: EDITORIAL CEP.
- Cegarra, J. (2014). *La investigación científica y tecnológica*. Madrid: Diaz de Santos.
- Consejo Nacional de Telecomunicaciones. (2005). *Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante Generadas por el Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico*. Quito: CONATEL.
- Cortez, A. (20 de julio de 2018). *Antena Parabólica: Información y Diseño (Calculos)*. Obtenido de Antena Parabólica: <http://tica970322.blogspot.com/2017/10/antena-parabolica-informacion-y-diseno.html>
- Cruz, V. (2013). *La telefonía móvil y su salud*. Lima: Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones.
- Direct Industry. (20 de julio de 2018). *Antenas de radio*. Obtenido de Direct Industry: <http://www.directindustry.es/prod/mvg/product-12128-1444361.html>
- El Telégrafo. (2014). *Radiaciones no-ionizantes se mantienen bajo control*. Quito: El Telégrafo.
- Esopo. (20 de julio de 2018). *Espectro electromagnético*. Obtenido de Esopo: <https://iie.fing.edu.uy/proyectos/esopo/eem/>

- Gallardo, S. (2015). *Elementos de sistemas de telecomunicaciones*. Madrid: Parainfo.
- García, A. (2010). *Cálculo de Antenas*. México D.F. : Marcombo.
- Gómez, I., & Varela, C. (28 de noviembre de 2016). *Ondas infrarrojas*. Obtenido de Redes Locais: <http://ivangomezredeslocais.blogspot.com/2016/11/ondas-infrarrojas.html>
- Google Maps. (14 de diciembre de 2018). *Provincia de Santa Elena*. Obtenido de Google Maps: <https://www.google.com.ec/maps/place/Santa+Elena/@-2.2280533,-80.8785798,7524m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x902e0905f243c473:0x60d1451681204ecf!8m2!3d-2.2268901!4d-80.8593845?hl=es-419>
- Huidobro, M. (2017). *Redes y servicios de telecomunicaciones*. Madrid: Parainfo.
- ICNIRP. (2018). *Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz)*. Berlín: Comisión Internacional de Protección sobre Radiaciones No Ionizantes .
- INSHT. (2014). *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo .
- JIMDO. (23 de julio de 2018). *Antena vertical multibanda*. Obtenido de JIMDO: <https://ea5fmh.jimdo.com/antenas/>
- Knave, B. (2015). *Radiaciones no ionizantes*. Madrid: INSHT.
- LATNEX. (14 de diciembre de 2018). *Equipo HF-B3G*. Obtenido de LATNEX: [https://cdn.shopify.com/s/files/1/0990/3264/files/HF-B3G\\_Manual.pdf?8682259729379613319](https://cdn.shopify.com/s/files/1/0990/3264/files/HF-B3G_Manual.pdf?8682259729379613319)
- León, S. (2015). *Infraestructura para una BTS de telefonía móvil*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Martín, J. (2013). *Infraestructuras comunes de telecomunicaciones en viviendas y edificios*. Madrid: Editex.
- Méndez, A. (2017). *La investigación en la era de la información*. México D.F.: UNAM.
- Millán, J. (2014). *Configuración de infraestructuras de sistemas de telecomunicaciones*. Madrid: Ediciones Parainfo.
- Naghi, M. (2013). *Metodología de la investigación*. México, D.F.: Editorial Limusa.
- Navarro, R. (2017). *La investigación de campo como base para la reflexión docente*. Madrid: Palibrio.

- Organización Mundial de la Salud. (29 de abril de 2016). *Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección*. Obtenido de OMS: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>
- Pérez, C. (2013). *Radiaciones ionizantes y no ionizantes en el medio ambiente*. Cantabria: Universidad de Cantabria.
- Ramírez, R. (2017). *Gestión de proyectos de instalaciones de telecomunicaciones*. Madrid: Parainfo.
- Ramírez, R. (2017). *Gestión de proyectos de instalaciones de telecomunicaciones*. Madrid: Ediciones Paraninfo.
- Test Solution. (2017). *NARDA SRM 3006*. Berkshire: Test Solution.
- Trojan UV. (20 de julio de 2018). *Introducción a la desinfección por UV*. Obtenido de Trojan UV: <https://www.trojanuv.com/es/uv-basics/>
- Unión General de Trabajadores de Cataluña. (2015). *Radiaciones no ionizantes*. Cataluña: Secretaria de Medi Ambient i Salut Laboral de la UGT de Catalunya.
- Vaquero, J. (2014). *Ondas Ionizantes y no ionizantes*. Madrid: Ideaspropias .
- Varga, A. (2017). *Riesgo en el entorno altas frecuencias*. Madrid: Vivo Sano.
- Wayne, T. (2016). *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. México D.F.: Prentice Hall.

## ANEXOS

### Anexo 1. Mediciones in situ



