



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

**“EFECTOS BIOLÓGICOS E IMPACTO AMBIENTAL DE LA
RADIACIÓN NO IONIZANTE EMITIDAS POR LAS BTS CON
SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES 4G EN LA CIUDAD DE
LOJA”.**

Tesis de grado previa a la obtención del
título de Ingeniero en Electrónica y
Telecomunicaciones.

AUTOR: DAVID ANDRÉS MEDINA GUADALIMA

DIRECTOR: ING. ANDY FABRICIO VEGA LEÓN, MG. SC.

LOJA – ECUADOR

2019

CERTIFICACIÓN

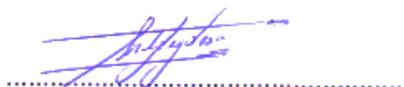
Ing. Andy Fabricio Vega León, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en **“EFECTOS BIOLÓGICOS E IMPACTO AMBIENTAL DE LA RADIACIÓN NO IONIZANTE EMITIDAS POR LAS BTS CON SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES 4G EN LA CIUDAD DE LOJA”**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**, realizado por el señor egresado: **David Andrés Medina Guadalima**, mismo que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, 01 de julio de 2019



Ing. Andy Fabricio Vega León, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo **DAVID ANDRÉS MEDINA GUADALIMA**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

FIRMA:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "David A. Medina G.", written in a cursive style.

Cédula: 1150323192

Fecha: Loja, 01 de julio de 2019

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, DAVID ANDRÉS MEDINA GUADALIMA, declaro ser autor de la tesis titulada: **“EFECTOS BIOLÓGICOS E IMPACTO AMBIENTAL DE LA RADIACIÓN NO IONIZANTE EMITIDAS POR LAS BTS CON SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES 4G EN LA CIUDAD DE LOJA”**, como requisito para optar al grado de: **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la reproducción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el R.D.I, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los seis días del mes de agosto del dos mil diecinueve.

Firma:



Autor: David Andrés Medina Guadalima

Cédula: 1150323192

Dirección: Loja (Av. Pablo Palacios y Luis Alfonso B.)

Celular: 0939079102

Correo electrónico: damedinag@unl.edu.ec

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Andy Fabricio Vega León, **Mg. Sc.**

Tribunal de Grado: Ing. John Jossimar Tucker Yépez, **Mg. Sc.**

Ing. Franklin Gustavo Jiménez Peralta, **Mg. Sc.**

Ing. Ángel José Ordoñez Mendieta, **Mg. Sc.**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis, a mi familia con mucho amor, en especial a mi madre Rosario, por su esfuerzo y apoyo constante que me brindó para culminar mi trabajo.

A mi hermana Andrea, mi ejemplo de superación para seguir adelante y no rendirme en estos cinco años de estudio.

A mi sobrino Matías, mi pequeño campeón, por toda la alegría y felicidad que me das porque cada día contigo es una aventura.

David Medina

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme el regalo de la vida, salud y una hermosa familia, que no cambio por nada. Por ser mi faro, mi luz, por darme fuerzas para continuar y por ayudarme a nunca perder la fe.

A mi familia por apoyarme día a día y ayudarme a sobrellevar momentos difíciles.

Le doy gracias a los docentes de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Loja, por su ardua enseñanza y sabios consejos brindados durante todo mi recorrido académico.

Mi gratitud especial a mi director de tesis, Ing. Andy Fabricio Vega León, quien, con su conocimiento, capacidad, orientación y apoyo hizo posible la culminación exitosa del presente trabajo.

David Medina

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA.....	III
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
1. TÍTULO.....	1
2. RESUMEN.....	2
3. INTRODUCCIÓN	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA	6
4.1. GENERALIDADES DE LAS COMUNICACIONES MÓVILES.....	6
4.1.1. ESPECTRO RADIOELÉCTRICO	6
4.2. TECNOLOGÍA 2.5G.....	8
4.2.1. ARQUITECTURA DE RED GPRS.....	9
4.3. TECNOLOGÍA 3G.....	10
4.3.1. ARQUITECTURA DE RED UMTS	10
4.4. TECNOLOGÍA 4G.....	12
4.4.1. ARQUITECTURA DE RED 4G	13
4.5. LA RADIACIÓN.....	15
4.5.1. CLASIFICACIÓN DE LA RADIACIÓN	16
4.5.1.1. RADIACIONES SEGÚN SU NATURALEZA.....	16
4.5.1.2. RADIACIONES SEGÚN SU EFECTO BIOLÓGICO	16
4.6. RADIACIONES IONIZANTES	17
4.6.1. TIPOS DE RADIACIÓN IONIZANTE	18

4.6.1.1.	PARTÍCULAS ALFA.....	18
4.6.1.2.	PARTÍCULAS BETA.....	18
4.6.1.3.	PARTÍCULAS GAMMA.....	18
4.6.1.4.	RAYOS X	19
4.6.1.5.	NEUTRONES.....	19
4.7.	RADIACIONES NO IONIZANTES.....	19
4.7.1.	TIPOS DE RADIACIÓN NO IONIZANTE	20
4.7.1.1.	RADIACIÓN ULTRAVIOLETA.....	20
4.7.1.2.	RADIACIÓN LUMINOSA (LUZ VISIBLE).....	20
4.7.1.3.	RADIACIÓN INFRARROJA.....	21
4.7.1.4.	MICROONDAS.....	21
4.7.1.5.	RADIACIONES LASER	21
4.8.	RADIACIÓN NO IONIZANTE EN SISTEMAS ELÉCTRICOS.....	22
4.9.	RADIACIÓN NO IONIZANTE EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES.....	23
4.9.1.	LÍMITES DE EXPOSICIÓN.....	25
4.9.2.	RESTRICCIONES BÁSICAS Y NIVELES DE REFERENCIA	26
4.10.	MECANISMOS DE ACCIÓN Y EFECTOS DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN EL SER HUMANO	28
4.11.	IMPACTO DE LA RADIACIÓN AL MEDIO AMBIENTE	35
4.11.1.	RADIACIÓN IONIZANTE Y MEDIO AMBIENTE.....	35
4.11.2.	RADIACIÓN NO IONIZANTE Y MEDIO AMBIENTE.....	35
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	40
5.1.	MATERIALES	40
5.1.1.	MEDIDOR SELECTIVO DE RADIACIÓN NARDA SRM – 3006	40
5.2.	MÉTODOS.....	43
5.2.1.	APLICACIÓN DE RECOMENDACIONES	44
5.2.2.	PROCESO DE EVALUACIÓN PARA LA MEDICIÓN DE RNI	47
5.2.3.	DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN.....	50

6. RESULTADOS	53
6.1. VALORES OBTENIDOS DE RADIACIÓN NO IONIZANTE.....	53
6.1.1. NODO LOJA CENTRO.....	53
6.1.2. NODO SAN AGUSTÍN.....	56
6.1.3. NODO CNT DEPARTAMENTO TÉCNICO	59
6.1.4. NODO JUAN DE SALINAS.....	62
6.1.5. NODO LA PAZ	65
6.1.6. NODO LAS PITAS.....	69
6.1.7. NODO IESS.....	72
6.1.8. NODO EL ROSAL	75
6.2. CÁLCULO DE NIVELES DE REFERENCIA PARA LAS BANDAS DE FRECUENCIA DE LA MEDICIÓN.....	79
6.3. CÁLCULO DE VALORES PROMEDIO	79
6.4. DETERMINACIÓN DE LOS MOMENTOS DEL DÍA EN LOS QUE EXISTE MAYOR EMISIÓN DE RNI.....	85
6.5. ILUSTRACIÓN Y COMPARACIÓN DE LOS VALORES LÍMITE DE REFERENCIA CON LOS VALORES OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN.....	87
6.6. ILUSTRACIÓN DE ESQUEMAS DE ZONAS.....	103
7. DISCUSIÓN	108
8. CONCLUSIONES	110
9. RECOMENDACIONES	112
10. BIBLIOGRAFÍA	113
11. ANEXOS	119
ANEXO 1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EQUIPO NARDA SRM 3006	119
ANEXO 2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ANTENA NARDA TRIAXIAL NO DIRECTIVA	122
ANEXO 3. MEDICIONES DE CAMPO DE RADIACIÓN NO IONIZANTE	124
ANEXO 4. FORMULARIO PARA INFORME TÉCNICO SUPERTEL	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características de transmisión en las distintas bandas de frecuencia, [5].	7
Figura 2. Arquitectura de red GPRS, [7].	9
Figura 3. Arquitectura de red UMTS, [7].	11
Figura 4. Arquitectura de red 4G, elementos que conforman la E-UTRAN, [12].	14
Figura 5. Arquitectura de red 4G, elementos que conforman la EPC, [12].	14
Figura 6. Comparativa de la arquitectura E-UTRAN y UTRAN, [12].	15
Figura 7. Reflexión, absorción y transmisión de una onda electromagnética al pasar de un medio a otro distinto, [26].	29
Figura 8. Transmisión de campos electromagnéticos debido a una línea de alta tensión, exposición a campo cercano (imagen a la derecha) y exposición a campo lejano (imagen a las izquierda), [26].	29
Figura 9. Medidor selectivo de frecuencia NARDA SRM 3006, [41].	40
Figura 10. Ejemplo de uso del equipo SRM 3006, [41].	41
Figura 11. Antena NARDA isotrópica de tres ejes, [41].	42
Figura 12. Vista de gráfico de barras en modo evaluación de seguridad del equipo SRM-3006, [41].	42
Figura 13. Ubicación en Google Earth de estaciones base 4G de la operadora CNT en la ciudad de Loja. Fuente: [Autor].	44
Figura 14. Pantalla principal del equipo, muestra los elementos para correcta calibración, [41].	49
Figura 15. Modo en el que se realizará las mediciones de radiación no ionizante de campo lejano, en cada BTS. Fuente: [Autor].	49
Figura 16. Ubicación física del personal que realiza las mediciones, vista aérea usando Google Earth para la estación base CNT Las Pitás. Fuente: [Autor].	50
Figura 17. Valores promedio de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia para la estación base “CNT Loja Centro”. Fuente: [Autor].	81
Figura 18. Valores promedio de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia para la estación base “CNT San Agustín”. Fuente: [Autor].	82
Figura 19. Valores promedio de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia para la estación base “CNT Departamento Técnico”. Fuente: [Autor].	82
Figura 20. Valores promedio de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia para la estación base “CNT Juan de Salinas”. Fuente: [Autor].	83
Figura 21. Valores promedio de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia para la estación base “CNT La Paz”. Fuente: [Autor].	83

Figura 22. Valores promedio de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia para la estación base “CNT Las Pitas”. Fuente: [Autor].	84
Figura 23. Valores promedio de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia para la estación base “CNT IESS”. Fuente: [Autor].	84
Figura 24. Valores promedio de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia para la estación base “CNT El Rosal”. Fuente: [Autor].	85
Figura 25. Valores de RNI contra momentos del día, muestran en que instantes existe la mayor emisión de campos electromagnéticos. Fuente: [Autor].	86
Figura 26. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 733-738 MHz. Fuente: [Autor].	87
Figura 27. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 738-743 MHz. Fuente: [Autor].	88
Figura 28. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 743-748 MHz. Fuente: [Autor].	88
Figura 29. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 788-793 MHz. Fuente: [Autor].	89
Figura 30. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 793-798 MHz. Fuente: [Autor].	89
Figura 31. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 798-803 MHz. Fuente: [Autor].	90
Figura 32. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 1710-1730 MHz. Fuente: [Autor].	90
Figura 33. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 1895-1910 MHz. Fuente: [Autor].	91
Figura 34. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 1975-1990 MHz. Fuente: [Autor].	91
Figura 35. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 2110-2130 MHz. Fuente: [Autor].	92
Figura 36. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 733-738 MHz. Fuente: [Autor].	92
Figura 37. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 738-743 MHz. Fuente: [Autor].	93
Figura 38. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 743-748 MHz. Fuente: [Autor].	93

Figura 39. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 788-793 MHz. Fuente: [Autor].	94
Figura 40. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 793-798 MHz. Fuente: [Autor].	94
Figura 41. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 798-803 MHz. Fuente: [Autor].	95
Figura 42. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 1710-1730 MHz. Fuente: [Autor].	95
Figura 43. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 1895-1910 MHz. Fuente: [Autor].	96
Figura 44. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 1975-1990 MHz. Fuente: [Autor].	96
Figura 45. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 2110-2130 MHz. Fuente: [Autor].	97
Figura 46. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 733-738 MHz. Fuente: [Autor].	97
Figura 47. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 738-743 MHz. Fuente: [Autor].	98
Figura 48. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 743-748 MHz. Fuente: [Autor].	98
Figura 49. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 788-793 MHz. Fuente: [Autor].	99
Figura 50. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 793-798 MHz. Fuente: [Autor].	99
Figura 51. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 798-803 MHz. Fuente: [Autor].	100
Figura 52. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 1710-1730 MHz. Fuente: [Autor].	100
Figura 53. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 1895-1910 MHz. Fuente: [Autor].	101
Figura 54. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 1975-1990 MHz. Fuente: [Autor].	101
Figura 55. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 2110-2130 MHz. Fuente: [Autor].	102

Figura 56. Esquema de zonas, muestra los puntos de medición de RNI para exposición poblacional en el nodo 1 "CNT Loja Centro". Fuente: [Autor].	103
Figura 57. Esquema de zonas, muestra los puntos de medición de RNI para exposición poblacional en el nodo 2 "CNT San Agustín". Fuente: [Autor].	104
Figura 58. Esquema de zonas, muestra los puntos de medición de RNI para exposición poblacional en el nodo 3 "CNT Departamento Técnico". Fuente: [Autor].	105
Figura 59. Esquema de zonas, muestra los puntos de medición de RNI para exposición poblacional en el nodo 4 "CNT Juan de Salinas". Fuente: [Autor].	105
Figura 60. Esquema de zonas, muestra los puntos de medición de RNI para exposición poblacional en el nodo 5 "CNT La Paz". Fuente: [Autor].	106
Figura 61. Esquema de zonas, muestra los puntos de medición de RNI para exposición poblacional en el nodo 6 "CNT Las Pitas". Fuente: [Autor].	106
Figura 62. Esquema de zonas, muestra los puntos de medición de RNI para exposición poblacional en el nodo 7 "CNT IESS". Fuente: [Autor].	107
Figura 63. Esquema de zonas, muestra los puntos de medición de RNI para exposición poblacional en el nodo 8 "CNT El Rosal". Fuente: [Autor].	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Bandas de frecuencia, [5].....	7
Tabla 2. Evolución 3GPP, [7].	11
Tabla 3. Smartphones que emiten la mayor cantidad de radiación (SAR), [22].....	24
Tabla 4. Smartphones que emiten la menor cantidad de radiación (SAR), [22].....	24
Tabla 5. Restricciones para exposiciones a campos eléctricos y magnéticos para frecuencias hasta los 10GHz, [25].	27
Tabla 6. Niveles de referencia para exposición ocupacional a campos eléctricos y magnéticos, [25].	28
Tabla 7. Niveles de referencia para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos, [25].	28
Tabla 8. Estudios de RF sobre telefonía móvil, base de datos OMS. [28]	30
Tabla 9. Fuentes de exposición laboral a campos magnéticos, [29].....	31
Tabla 10. Límites de exposición laboral a campos eléctricos y magnéticos en el intervalo de frecuencias mayores: 0 a 30 kHz, [29].	31
Tabla 11. Número de BTS por operador en la ciudad de Loja. Fuente: [ARCOTEL]. ..	43
Tabla 12. Coordenadas de ubicación de estaciones base 4G correspondientes al operador de telefonía móvil CNT. Fuente: [CNT].	43
Tabla 13. Elementos para calibración correcta del equipo, [41].	48
Tabla 14. Distribución de los puntos de medición de la estación base "Nodo Loja Centro" de la operadora CNT. Fuente: [Autor].	51
Tabla 15. Distribución de los puntos de medición de la estación base "Nodo San Agustín" de la operadora CNT. Fuente: [Autor].	51
Tabla 16. Distribución de los puntos de medición de la estación base "Nodo Departamento Técnico" de la operadora CNT. Fuente: [Autor].	51
Tabla 17. Distribución de los puntos de medición de la estación base "Nodo Juan de Salinas" de la operadora CNT. Fuente: [Autor].	52
Tabla 18. Distribución de los puntos de medición de la estación base "Nodo La Paz" de la operadora CNT. Fuente: [Autor].	52
Tabla 19. Distribución de los puntos de medición de la estación base "Nodo Las Pitas" de la operadora CNT. Fuente: [Autor].	52
Tabla 20. Distribución de los puntos de medición de la estación base "Nodo IESS" de la operadora CNT. Fuente: [Autor].....	52
Tabla 21. Distribución de los puntos de medición de la estación base "Nodo El Rosal" de la operadora CNT. Fuente: [Autor].	53

Tabla 22. Valores obtenidos de medición en nodo "Loja Centro" punto 1, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	53
Tabla 23. Valores obtenidos de medición en nodo "Loja Centro" punto 2, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	54
Tabla 24. Valores obtenidos de medición en nodo "Loja Centro" punto 3, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	54
Tabla 25. Valores obtenidos de medición en nodo "Loja Centro" punto 4, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	55
Tabla 26. Valores obtenidos de medición en nodo "Loja Centro" punto 5, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	55
Tabla 27. Valores obtenidos de medición en nodo "Loja Centro" punto 6, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	56
Tabla 28. Valores obtenidos de medición en nodo "San Agustín" punto 1, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	56
Tabla 29. Valores obtenidos de medición en nodo "San Agustín" punto 2, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	57
Tabla 30. Valores obtenidos de medición en nodo "San Agustín" punto 3, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	57
Tabla 31. Valores obtenidos de medición en nodo "San Agustín" punto 4, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	58
Tabla 32. Valores obtenidos de medición en nodo "San Agustín" punto 5, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	58
Tabla 33. Valores obtenidos de medición en nodo "San Agustín" punto 6, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	59
Tabla 34. Valores obtenidos de medición en nodo "CNT Departamento Técnico" punto 1, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	59
Tabla 35. Valores obtenidos de medición en nodo "CNT Departamento Técnico" punto 2, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	60
Tabla 36. Valores obtenidos de medición en nodo "CNT Departamento Técnico" punto 3, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	60
Tabla 37. Valores obtenidos de medición en nodo "CNT Departamento Técnico" punto 4, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	61
Tabla 38. Valores obtenidos de medición en nodo "CNT Departamento Técnico" punto 5, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	61

Tabla 39. Valores obtenidos de medición en nodo "CNT Departamento Técnico" punto 6, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	62
Tabla 40. Valores obtenidos de medición en nodo "Juan de Salinas" punto 1, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	62
Tabla 41. Valores obtenidos de medición en nodo "Juan de Salinas" punto 2, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	63
Tabla 42. Valores obtenidos de medición en nodo "Juan de Salinas" punto 3, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	63
Tabla 43. Valores obtenidos de medición en nodo "Juan de Salinas" punto 4, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	64
Tabla 44. Valores obtenidos de medición en nodo "Juan de Salinas" punto 5, estación base 4G, operador CNT. Fuente: Autor.	64
Tabla 45. Valores obtenidos de medición en nodo "Juan de Salinas" punto 6, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	65
Tabla 46. Valores obtenidos de medición en nodo "La Paz" punto 1, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	65
Tabla 47. Valores obtenidos de medición en nodo "La Paz" punto 2, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	66
Tabla 48. Valores obtenidos de medición en nodo "La Paz" punto 3, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	66
Tabla 49. Valores obtenidos de medición en nodo "La Paz" punto 4, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	67
Tabla 50. Valores obtenidos de medición en nodo "La Paz" punto 5, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	67
Tabla 51. Valores obtenidos de medición en nodo "La Paz" punto 6, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	68
Tabla 52. Valores obtenidos de medición en nodo "La Paz" punto 7, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	68
Tabla 53. Valores obtenidos de medición en nodo "La Pitas" punto 1, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	69
Tabla 54. Valores obtenidos de medición en nodo "La Pitas" punto 2, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	69
Tabla 55. Valores obtenidos de medición en nodo "La Pitas" punto 3, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].	70

Tabla 56. Valores obtenidos de medición en nodo "La Pitas" punto 4, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].....	70
Tabla 57. Valores obtenidos de medición en nodo "La Pitas" punto 5, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].....	71
Tabla 58. Valores obtenidos de medición en nodo "La Pitas" punto 6, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].....	71
Tabla 59. Valores obtenidos de medición en nodo "IESS" punto 1, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].....	72
Tabla 60. Valores obtenidos de medición en nodo "IESS" punto 2, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].....	72
Tabla 61. Valores obtenidos de medición en nodo "IESS" punto 3, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].....	73
Tabla 62. Valores obtenidos de medición en nodo "IESS" punto 4, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].....	73
Tabla 63. Valores obtenidos de medición en nodo "IESS" punto 5, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].....	74
Tabla 64. Valores obtenidos de medición en nodo "IESS" punto 6, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].....	74
Tabla 65. Valores obtenidos de medición en nodo "IESS" punto 7, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].....	75
Tabla 66. Valores obtenidos de medición en nodo "El Rosal" punto 1, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].....	75
Tabla 67. Valores obtenidos de medición en nodo "El Rosal" punto 2, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].....	76
Tabla 68. Valores obtenidos de medición en nodo "El Rosal" punto 3, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].....	76
Tabla 69. Valores obtenidos de medición en nodo "El Rosal" punto 4, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].....	77
Tabla 70. Valores obtenidos de medición en nodo "El Rosal" punto 5, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].....	77
Tabla 71. Valores obtenidos de medición en nodo "El Rosal" punto 6, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].....	78
Tabla 72. Límites máximos de exposición poblacional para las bandas de frecuencia que involucra 4G. Fuente: [Autor].	79

Tabla 73. Fórmulas para calcular los límites máximos de exposición poblacional, [25].	79
Tabla 74. Valores promedio a detalle obtenidos de radiación no ionizante, se muestra el sitio y la hora en la que se capturó dichos datos. Fuente: [Autor].....	80

1. TÍTULO

“EFECTOS BIOLÓGICOS E IMPACTO AMBIENTAL DE LA RADIACIÓN NO IONIZANTE EMITIDAS POR LAS BTS CON SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES 4G EN LA CIUDAD DE LOJA”

2. RESUMEN

En la presente tesis se realiza un análisis y evaluación de radiación no ionizante emitida por las estaciones base de telefonía móvil 4G, específicamente de la operadora CNT en la ciudad de Loja, como consecuencia de esta evaluación espectral se comparan valores de campos electromagnéticos y se concluye si podrían generar afección o no a la salud de las personas y el impacto generado al medio ambiente. Se presentan tres capítulos: en el primero se lleva a cabo una revisión de conceptos fundamentales sobre tecnologías de telefonía móvil, haciendo énfasis en su funcionamiento y arquitectura de red; el segundo capítulo pretende dar a conocer un enfoque más a fondo de la radiación en sistemas eléctricos y de telecomunicaciones, partiendo de definiciones de radiación, tipos de radiación, que permitan captar la diferencia entre ambos tipos y cual radiación es la emitida por las estaciones de telefonía móvil. También se muestran algunos estudios realizados a personas expuestas a radiación no ionizante y los posibles riesgos a la salud, así como los límites de referencia de exposición a campos electromagnéticos.

Continuando en el capítulo tres se explica porque existe riesgo de contaminación al medio ambiente de radiación no ionizante. Posteriormente se indica el dispositivo electrónico a utilizar, mismo que deberá tener certificación por la Comisión Internacional de Protección de Radiación no Ionizante (ICNIRP), seguidamente se plantea la metodología a utilizar que será de vital importancia al momento de realizar el proceso de evaluación de mediciones acorde a normas internacionales y cumpliendo con el órgano regulatorio del país, ARCOTEL.

Los resultados indican que los valores de radiación no ionizante están por debajo de los límites máximos establecidos por la ICNIRP, aquí se aprecia valores promedio de los parámetros de radiación no ionizante mediante el cual se determinó los momentos del día en donde existe mayor emisión de radiación, graficas que muestran comparaciones porcentuales de los niveles de referencia de radiación y esquemas de zonas que revelan cómo se tomaron las mediciones. Este trabajo aporta a la afirmación de que las estaciones base de la operadora CNT con tecnología 4G en la ciudad de Loja; no propician afección a la salud y no generan impacto adverso al medio ambiente, también se comprobó el cumplimiento con lo estipulado en las normas internacionales y nacionales vigentes en la actualidad.

ABSTRACT

The present thesis analyzes and evaluates the non-ionizing radiation emitted by 4G mobile phone base stations, specifically in CNT's operator in the city of Loja. As a consequence of this spectral evaluation, the values of the electromagnetic fields are compared to conclude if it can cause health problems and also the environmental impact. Three chapters are presented: the first one is carrying out a review of the fundamental concepts about mobile phone technologies, emphasizing in its operation and net architecture. The second chapter, pretend to show a more in-depth approach to radiation in electric and telecommunications systems. It starting from the definitions about radiation and types of radiations, which allows to receives the differences between the two types of radiation and which of them is emitted by phone mobile stations. Furthermore, it presents some studies done to people exposed to non-ionizing radiation, possible health hazards, as well as the exposure reference limits to electromagnetic fields.

The three chapter explains the reason why there are risk's pollution of non- ionizing radiation in the environment. Subsequently, the electronic device to use is indicated, which should have a certification emitted by International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Then the methodology is raise, which is vital important when developing the measurement evaluation process according to the international norms and comply with the regulatory bodies of the country, ARCOTEL.

The findings indicate that the values are below the maximum limits established by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), the average of the non-ionizing radiation's parameters through which was determined the moments where there is greater radiation's emission are shown. Furthermore, graphs where the percentage comparison about radiation reference levels and zone schemes that reveal how the measurements were taken. This work contributes to the asserts that of base stations of CNT operator with 4G technology in the city of Loja whose radiation's emissions is a type of non-ionizing, is not harmful to health and do not generate environmental impact. In addition, it was also found the compliance with the stipulated of current international and national norms.

3. INTRODUCCIÓN

El despliegue de las tecnologías de comunicación móvil 4G, implementada en la ciudad de Loja, ofrece cobertura a toda la ciudadanía mediante un gran número de infraestructuras de telecomunicaciones permitiendo conectividad móvil en todo momento. La estación base es necesaria para habilitar la comunicación con el teléfono móvil, incluidas llamadas y transferencia de datos, cada estación posee componentes electrónicos y antenas ubicadas en mástiles, techos, interior o exterior de edificios. Estas antenas emiten campos de ultra alta frecuencia (UHF) en el rango de cientos de MHz a varios GHz, claro está que la banda de frecuencia utilizada difiere entre las tecnologías (GSM, UMTS, CDMA2000, 4G) y entre los países. [1]

La exposición personal a los campos de alta frecuencia (HF) de las estaciones base es diferente a la de los teléfonos móviles, ya que la exposición a HF de los teléfonos móviles es mayoritariamente limitada en el tiempo y es mayor en la cabeza o en las partes cercanas donde se sostiene el teléfono, por el contrario, las estaciones base son una fuente de exposición continua a todo el cuerpo. Para verificar que la población en general no sufra riesgos a la salud se realizan evaluaciones de los niveles de exposición a través de mediciones de campo en el sitio de la estación base. [1]

Los campos de alta frecuencia tienen la capacidad de penetrar en el cuerpo humano (pero a mayor frecuencia, menor profundidad de penetración), el principal efecto es el aumento de temperatura en el tejido expuesto. El cuerpo humano se adapta a pequeños cambios de temperatura de igual forma que lo hace cuando se realiza ejercicio o actividades deportivas, debido a que el cuerpo puede regular su temperatura interna, Pero por encima de un cierto nivel, en función de la duración, la exposición a HF y el aumento de la temperatura que lo acompaña puede provocar graves efectos en la salud, como el golpe de calor y daño tisular. [1]

De todos los estudios realizados sobre efectos agudos y a largo plazo de la exposición a la insuficiencia cardíaca típica de las estaciones base, las investigaciones no han proporcionado evidencia concluyente de ningún efecto adverso para la salud relacionado. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha reconocido formalmente a la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP) para desarrollar normas basadas en evaluaciones de efectos biológicos que según se ha comprobado producen consecuencias para la salud, asegurando que las exposiciones

a campos electromagnéticos inferiores a los límites recomendados por la ICNIRP no producen ningún efecto dañino sobre la salud. [2]

La sociedad no cuenta con conocimientos sobre radiación no ionizante, y la mayoría tiene dudas sobre si están expuestos día a día a contaminación electromagnética que a futuro repercutirá en su salud. El presente trabajo de tesis pretende determinar los niveles de radiación que emite una estación base con tecnología 4G en la ciudad de Loja, siguiendo las recomendaciones de la ICNIRP para análisis y evaluación, con ello se logrará comprobar el cumplimiento de los límites de exposición a campos electromagnéticos y si existen efectos adversos tanto a la salud como al medio ambiente.

El objetivo general planteado para la presente investigación es el siguiente:

- Determinar y evaluar la existencia de radiación no ionizante generada por las estaciones base en los sistemas de comunicaciones móviles 4G y su influencia en la salud y el medio ambiente en la ciudad de Loja.

Los objetivos específicos se muestran a continuación:

- Analizar el número total de estaciones base instaladas en la ciudad de Loja.
- Determinar los niveles de radiación no ionizante que generan las estaciones base en la ciudad de Loja y realizar un análisis estadístico de las emisiones producidas por las BTS y determinar si se encuentran dentro del rango permitido.
- Realizar diagramas de radiación mediante los cuales se pueda determinar la cantidad de emisiones a las que la población se encuentra expuesta y de acuerdo a esto poder recomendar soluciones para el buen vivir de los habitantes y para mantener el medio ambiente libre de contaminación electromagnética.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. GENERALIDADES DE LAS COMUNICACIONES MÓVILES

Hoy en día miles de millones de ciudadanos en el mundo hacen uso de los teléfonos móviles, internet y otras tecnologías innovadoras, como la TV digital. En la sociedad de la información las comunicaciones móviles cumplen un papel muy importante debido a que las empresas utilizan estas tecnologías para reestructurar sus procedimientos de operación y mejorar su competitividad en el mercado global, siendo la movilidad en las comunicaciones y en la provisión de información uno de los elementos clave en las necesidades de la población, [3].

4.1.1. ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

El espectro radioeléctrico es considerado un bien de dominio público de competencia estatal y corresponde al gobierno la reglamentación de las condiciones de su gestión, así como la elaboración de los procedimientos para el respectivo otorgamiento de sus derechos de uso. Diferentes organismos regulan la armonización del uso del espectro en el ámbito internacional, algunos de los que poseen competencia son la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la Conferencia Europea de Administración Postales y de Telecomunicaciones (CEPT), la Unión Europea (UE) y el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI), [3].

El espectro radioeléctrico constituye un subconjunto de ondas electromagnéticas u ondas hertzianas fijadas convencionalmente por debajo de 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin necesidad de una guía artificial, [4]. A través del espectro radioeléctrico es posible brindar una variedad de servicios de telecomunicaciones y una amplia gama de aplicaciones para negocios, usos personales, industriales, científicos, médicos y culturales, tanto públicos como privados y tiene una importancia creciente para el desarrollo económico y social de los países, [5].

Formalmente y según la UIT el rango de frecuencias que comprende el espectro radioeléctrico es de 0 Hz a 3000 GHz. En la tabla 1 se presenta las bandas de frecuencia con su respectivo rango, [5].

Tabla 1. Bandas de frecuencia, [5].

Núm. de la banda	Símbolos (en inglés)	Nombre (en inglés)	Rango de frecuencias	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
4	VLF	Very low frequency	3 a 30 kHz	Ondas Miriamétricas	B.Mam
5	LF	Low frequency	30 a 300 kHz	Ondas Kilométricas	B.Km
6	MF	Medium frequency	300 a 3 000 kHz	Ondas Hectométricas	B.hm
7	HF	High frequency	3 a 30 MHz	Ondas Decamétricas	B.dam
8	VHF	Very high frequency	30 a 300 MHz	Ondas métricas	B.m
9	UHF	Ultra high frequency	300 a 3,000 MHz	Ondas decimétricas	B.dm
10	SHF	Super high frequency	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas	B.cm
11	EHF	Extremely high frequency	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas	B.mm
12			300 a 3,000 GHz	Ondas decimilimétricas	B.dmm

El rango teórico de frecuencias está limitado en la práctica. Inferior a los 9 kHz, frecuencias que tienen baja capacidad para transportar información y en ellas se producen interferencias considerables, por lo que no se suelen emplear. Por otra parte, las frecuencias más altas del espectro son poco exploradas. Por lo tanto, en la práctica, el espectro radioeléctrico se reduce a un recurso que comprende las frecuencias desde 9 kHz hasta 275 GHz, [5].

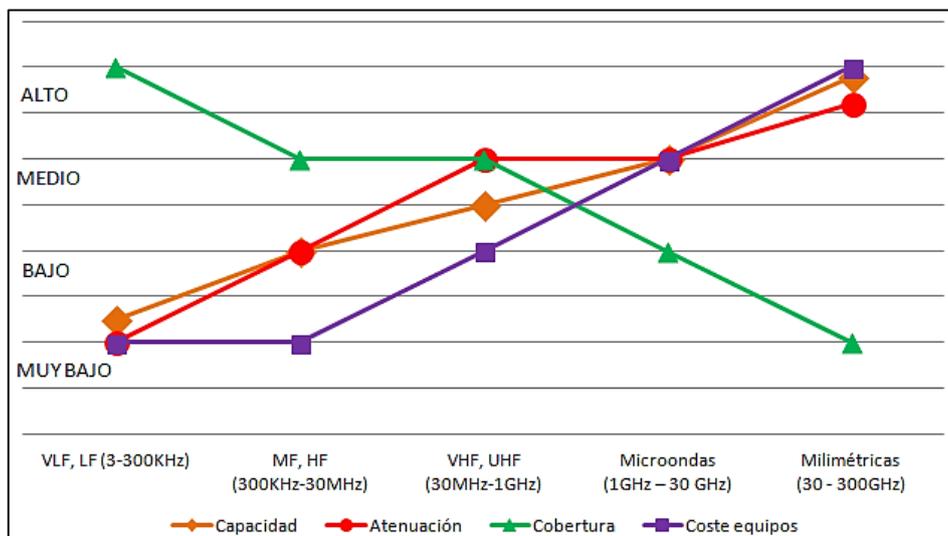


Figura 1. Características de transmisión en las distintas bandas de frecuencia, [5].

Son muchas las consideraciones a tener en cuenta a la hora de determinar el conjunto de frecuencias aptas para determinado servicio de radiocomunicación. La figura 1, muestra como varía la atenuación, la capacidad, la cobertura (alcance) y el coste de equipos con las diferentes bandas de frecuencia, [5].

De la figura 1, se concluye que a bajas frecuencias se tiene bajo coste en los equipos, mayor cobertura, baja atenuación, pero baja capacidad para transmitir información. En cambio, a elevadas frecuencias se tiene todo lo contrario. Los mecanismos en los que se propaga una onda, también dependen de la frecuencia de dicha onda, entre otros factores como ser las características eléctricas del terreno y de la atmósfera.

4.2. TECNOLOGÍA 2.5G

El término 2.5G se utiliza para referirse al conjunto de tecnologías que se encuentran entre 2G y 3G. Mayormente 2.5G quiere decir GPRS (General Packet Radio Service) o Servicio General de Paquetes Vía Radio, el cual es un servicio de las redes GSM que permite la conexión a internet con paquetes de datos, de forma que se puede aplicar una tarifa por datos transferidos y no según el tiempo de conexión, [6].

Las operadoras añaden a sus estaciones base dos nodos que se encargan de enrutar los paquetes de datos y conectarlos a internet. La modificación es sencilla y poco costosa, por lo que todas las operadoras dan cobertura GPRS, pero este sistema obliga a que el tráfico de datos circule sobre la red GSM, y habitualmente con menor prioridad que la información de voz. De las distintas configuraciones GPRS que existen, la mejor de ellas nos proporciona 80 kbps de bajada y 60 kbps de subida. Debido a la baja prioridad de los paquetes de datos, puede existir un retardo (lag) muy considerable, [6].

Otra tecnología que en ocasiones se denomina 2.5G es HSCSD (High-Speed Circuit-Switched Data) o Sistema de Transmisión de Datos a Alta Velocidad Mediante Circuitos Conmutados, es el sistema original con el que GSM transmitía datos, y utiliza la técnica de conmutación de circuitos. La máxima tasa de transferencia que alcanza es de 57.6 kbps, [6].

EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) o Tasas de Datos Mejoradas para la Evolución de GSM, es una mejora sobre GPRS. Aunque técnicamente es una tecnología 3G, su baja velocidad de transferencia hace que se le catalogue como 2.5G. Su ancho de banda depende del tipo de implementación, logrando alcanzar los 236.8 kbps, [6].

La última tecnología 2.5G que surgió fue CDMA2000 (Code Division Multiple Access) o Acceso Múltiple por División de Código. Al igual que EDGE, CDMA2000 es considerada una tecnología 3G. Sin embargo, su estándar principal, 1xRTT, que suele estar limitado a 144 kbps, y cuyo ancho de banda más frecuente es de unos 80 kbps, no se considera verdaderamente 3G. Esto permite que en algunos países se implante fuera de las frecuencias asignadas a 3G, [6].

4.2.1. ARQUITECTURA DE RED GPRS

GPRS es una red de conmutación de paquetes que utiliza los recursos principalmente de radio de la red GSM. Como se muestra en la figura 2 existen dos nuevos nodos en el núcleo de red y una nueva red IP para la arquitectura de red GPRS, [7].

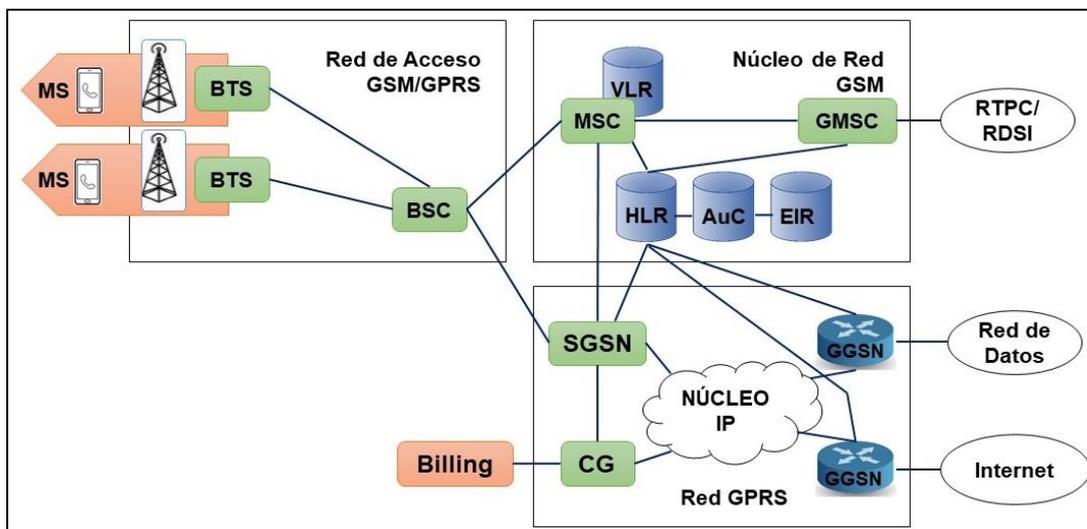


Figura 2. Arquitectura de red GPRS, [7].

Los elementos de la red se describen a continuación:

- Dos nodos de soporte en el núcleo de red: el primero el nodo SGSN (Serving GPRS Support Node) o Nodo de soporte para servicio GPRS que es el enlace con la red GSM, encargado de recibir los paquetes de datos de las estaciones móviles y con el soporte de las bases de datos de GSM (HLR, VLR, EIR, AUC) gestiona las funciones de: autenticación, registro, control de acceso, movilidad y recolección de información para tasación del uso de la interfaz aérea. El segundo nodo llamado GGSN (Gateway GPRS Support Node) o Nodo de soporte para puerta de enlace para GPRS es el enlace con las redes de datos y contiene la información de enrutamiento de las estaciones móviles registradas, también recoge información para tasación del uso de redes de datos externas. El CG

(Charging Gateway) o Pasarela de tarificación, se encarga de transferir información de tasación desde SGSN y GGSN al sistema de facturación. [7]

Existen tres clases de dispositivos móviles teniendo en cuenta la posibilidad de usar servicios GSM y GPRS simultáneamente se describen a continuación:

- Clase A: Estos dispositivos pueden utilizar de manera simultánea servicios GPRS (datos) y GSM (voz o sms).
- Clase B: Sólo es posible conectarse a uno de los dos servicios en cada momento.
- Clase C: El terminal solo puede estar registrado a una de las redes. El cambio entre GSM y GPRS debe realizarse de forma manual, [7].

4.3. TECNOLOGÍA 3G

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) o Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles, también llamado WCDMA por el tipo de modulación de radio empleada, es la tecnología 3G y la evolución de las redes GSM/GPRS para poder proveer al abonado servicios de mayor calidad como: videollamada y visualización de películas/series (streaming) en el terminal móvil, [8].

Ofrece velocidades de datos de canal de hasta 14.4 Mbps de bajada y 5.8 Mbps de subida. Basada en la familia de estándares IMT-2000 de la UIT. Se creó 3GPP (The 3rd Generation Partnership Project) para producir especificaciones técnicas para sistemas 3G basados en IMT-2000. 3G hace uso de espectro común en todo el mundo que va desde: 1920 a 1980 MHz y 2110 a 2170 MHz, [7].

Existen dos versiones de la tecnología 3G, que se describen a continuación:

- CDMA 2000(1X): Primera evolución de CDMA, trabaja sobre el mismo espectro a 1.25 MHz y permite obtener velocidades de hasta 144 Kbps.
- UMTS: Utiliza WCDMA en la interfaz área, utiliza un espectro de 5MHz.

4.3.1. ARQUITECTURA DE RED UMTS

Existen dos componentes fundamentales dentro de la arquitectura de red UMTS mostrada en la figura 3: la red de acceso UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) o Red de Acceso de Radio Terrestre Universal y el núcleo de la red, [7].

- Red de acceso UTRAN: establece las conexiones entre las estaciones móviles y el resto de la red, compuesta de:
 - RNC (Radio Network Controller): controla los recursos de radio, asigna frecuencias, controla los niveles de potencia y la gestión de códigos.
 - BTS node: Sirve una celda específica y es controlado por el RNC.
- Núcleo de la red (Core Network): mantiene la estructura de una red núcleo GSM con capacidades GPRS. Por tanto, es una red habilitada para servicios de voz y datos.

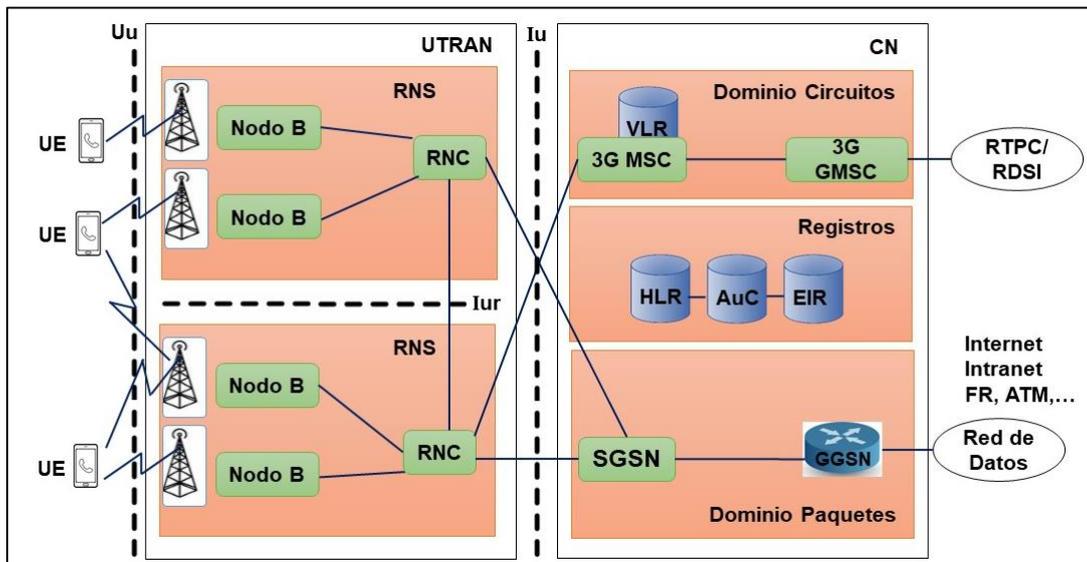


Figura 3. Arquitectura de red UMTS, [7].

Tabla 2. Evolución 3GPP, [7].

2G	Phase 1 (1992) a Release 96 (1997): GSM
2.5 G	Rel. 97 (1998): GPRS Rel. 98 (1998): EDGE
3 G	Rel. 99 (2000): UMTS/WCDMA
3.5 G	Rel. 5 (2002): HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) Rel. 6 (2005): HSUPA (High Speed Uplink Packet Access)
3.9 G	Rel. 7 (2007): HSPA+ (Evolved High Speed Packet Acces) IMS (IP Multimedia Subsystem) MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) Rel. 8 (2008): LTE (Long Term Evolution) Rel. 9 (2009): Interoperabilidad LTE/WiMAX
4G	Rel. 10 (2011): LTE Avanzada

4.4. TECNOLOGÍA 4G

La tecnología 4G es la generación de redes inalámbricas que reemplazó a las redes de tercera generación, para ir más allá de las limitaciones y los problemas de 3G, [9].

La UIT pretendía que el término 4G solo convenía usarse para sistemas que cumplieran con los requisitos de IMT-Advanced. LTE no lo hizo y tampoco WiMAX 1.0 móvil (IEEE 802.16e). Debido a esto la comunidad de ingenieros llegó a describir a estos sistemas como 3.9G, sin embargo, estas consideraciones no impidieron que el mercado describiera a LTE y WiMAX 1.0 móvil como tecnologías 4G. Para diciembre de 2010 la UIT admitió el uso de 4G para describir no solo LTE y WiMAX 1.0 móvil, sino para cualquier otra tecnología con un rendimiento sustancialmente mejor que los sistemas 3G, [10].

La red 4G teóricamente tiene una mayor velocidad de transferencia de datos a través de redes 3G. Con la cantidad adecuada de espectro y buena ingeniería de red, 4G LTE es muy rápida, la red basada en la Evolución a Largo Plazo (LTE) tiene el potencial de alcanzar 100 Mbps, mientras que la red WiMAX puede llegar a 70 Mbps, [11].

WiMAX, LTE y HSPA+ son todas versiones de 4G, WiMAX, la red 4G LTE soporta el acceso global, la portabilidad del servicio y los servicios móviles escalables. Es compatible con el sistema móvil basado en IP: alta velocidad, alta capacidad y bajo costo por bit. La red 4G LTE es muy rápida y 10 veces más rápida que la red 3G. Ofrece una calidad de voz extremadamente alta. Es muy rápida al descargar archivos de gran tamaño a través de una red inalámbrica, [11].

Las redes 4G ofrecen mayor cobertura que los otros sistemas, tales como Wi-Fi, que obliga a los usuarios a depender de puntos de acceso en cada área que visiten. Uno de los mayores inconvenientes de las redes Wi-Fi es la seguridad en línea. Esto es especialmente cierto para los dispositivos móviles, las redes 4G presentan total privacidad, seguridad y protección. Esto es especialmente beneficioso para los establecimientos corporativos y las personas de negocios, que tienen información confidencial en sus redes y en sus dispositivos móviles, [11].

La tecnología 4G brinda a los usuarios muchas opciones para elegir. Muchos operadores de telefonía móvil ofrecen ofertas especiales de introducción para nuevos clientes, que resultan ser muy razonables para ellos, conmutación ininterrumpida y una variedad de calidad de mejor eficiencia espectral, servicios

impulsados por el servicio, mejor programación y técnicas de control de admisión de llamadas, [11].

La tecnología 4G usa muchas antenas y transmisores. Lo cual se considera como una desventaja ya que resulta en una duración de la batería mucho menor en el dispositivo móvil, y se necesitaría usar dispositivos móviles más grandes con más energía de batería para poder estar en línea durante más tiempo, [11].

Los usuarios se verían obligados a usar conectividad 3G o Wi-Fi en las áreas que aún no cuentan con cobertura de red móvil 4G. La tecnología 4G equivale a una infraestructura costosa para la operación. Esto se materializa en los eNodeB y principalmente en los EPC (Puertas de enlace o enrutadores). 4G es óptimo para velocidades de datos, pero no precisamente es el mejor para servicios de voz, [11].

4.4.1. ARQUITECTURA DE RED 4G

La arquitectura de 4G es la Evolved Packet System (EPS). La EPS es una evolución de la arquitectura de GPRS con una arquitectura simplificada y una red todo IP (all IP network, AIPN), [12].

La Core Network se componen por los siguientes elementos:

- MME (Mobility Management Entity): nodo principal de control que tiene asignadas multitud de funciones como el tracking del equipo de usuario (UE), paging entre otras.
- SGW (Serving Gateway): se encarga de gestionar la movilidad y se localiza en la frontera entre el Radio Access Network (RAN) y la Core Network (CN).
- PDN-GW (Packet Data Network - Gateway): permite dar servicio y conectividad con redes de paquetes externas.
- PCRF (Policy and Charging Rules Function): encargado de la tarificación.

En la parte de radio E-UTRAN, el sistema está conformado por:

- UE (User Equipment): es el terminal de usuario.
- eNodeB (Evolved Node B): estación que se encarga de proporcionar la interfaz radio.

La interfaz entre la eNodeB y la Core Network se realiza mediante el protocolo S1-U para los datos de usuario y S1-MME para información de control (handover, paging,

mensajes Non-Access Stratum). También hay conexión directa entre diferentes eNodeB mediante la interfaz X2.

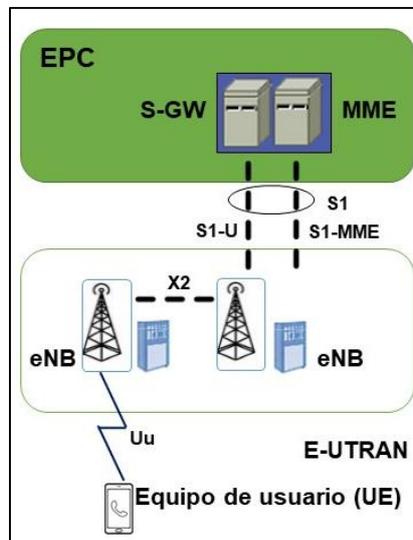


Figura 4. Arquitectura de red 4G, elementos que conforman la E-UTRAN, [12].

En la red troncal, el PGW (Packet Data Network Gateway) está conectado con el SGW mediante la interfaz S5 si es del mismo operador o S8 si es de un operador diferente. En esta interfaz se implementa el protocolo GTP-U (GPRS Tunnelling Protocol-User) para transportar datos del PGW al SGW. También existe el túnel GTP-C el cual transporta información de control, [12].

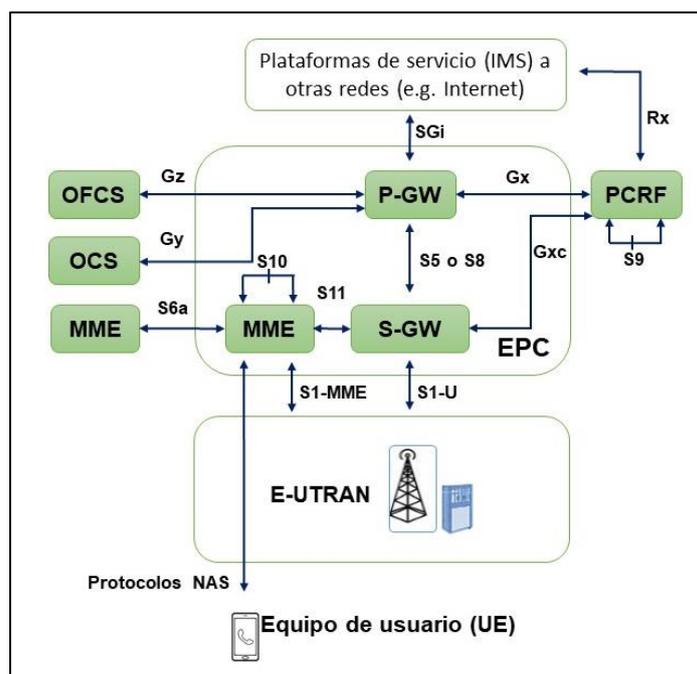


Figura 5. Arquitectura de red 4G, elementos que conforman la EPC, [12].

En la EPC existe una entidad llamada Home Subscriber Service (HSS), que reúne funcionalidades de los sistemas predecesores como el Home Location Register (HLR) y el Authentication Center (AuC). El HSS está conectado con el MME para el mantenimiento y gestión de la información o la autorización de acceso a la red LTE entre otras. La interfaz S6a se utiliza para conectar el MME con el HSS, utiliza el protocolo Diameter orientado a conexión (como TCP) y que es una evolución del protocolo RADIUS, [12].

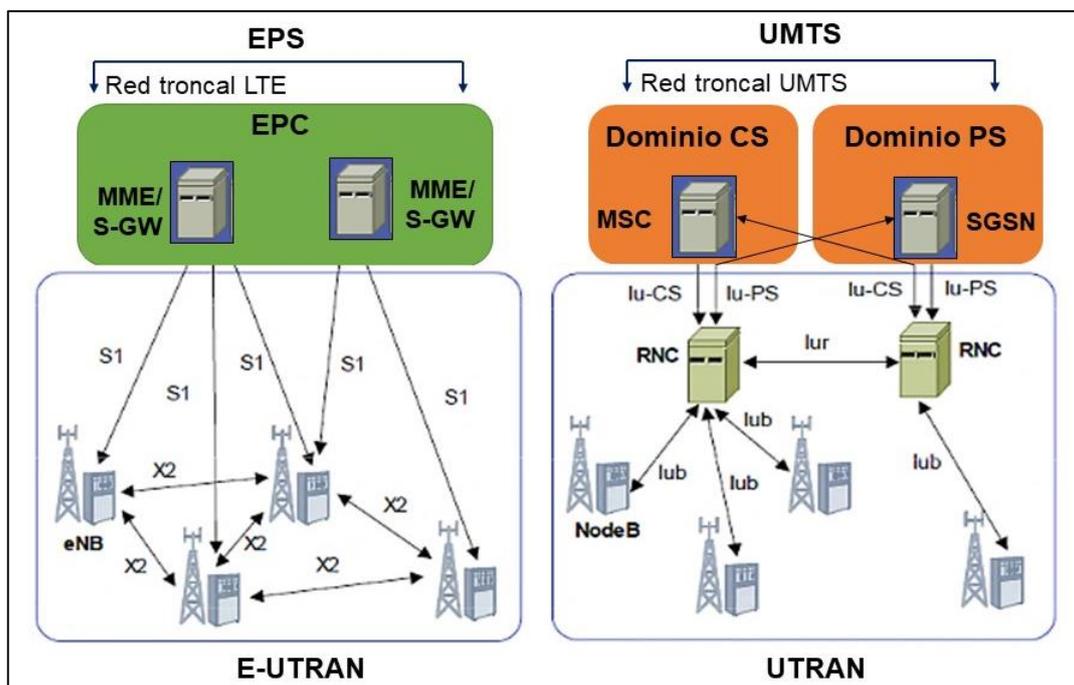


Figura 6. Comparativa de la arquitectura E-UTRAN y UTRAN, [12].

4.5. LA RADIACIÓN

La radiación es energía proveniente de átomos inestables sometidos a desintegración radiactiva o puede ser producida por máquinas. La radiación se desplaza desde la fuente en forma de ondas de energía o partículas energizadas, [13].

La radiación es la emisión, propagación y transferencia de energía en cualquier medio en forma de ondas electromagnéticas o partículas, [14].

Las radiaciones poseen una doble naturaleza, ondulatoria y corpuscular simultáneamente (dualidad onda-partícula), de modo que las radiaciones

electromagnéticas no poseen masa; solo energía. En cambio, las radiaciones corpusculares son formas de energía que se propagan asociadas a la masa, [15].

Todo ser vivo ha convivido con la radiación desde sus orígenes. Sin la radiación del sol no habría existido vida en la tierra y sin la radiación infrarroja no se podría obtener el calor que el cuerpo necesita. El ser humano ha sido capaz de desarrollar distintas máquinas que utilizan fuentes naturales de radiación, utilizamos la radiación cuando: escuchamos la radio, hablamos por un dispositivo móvil, calentamos un desayuno en el microondas o al hacernos una radiografía. Cuanto mayor es la frecuencia de la radiación electromagnética, mayor será su energía, [14].

4.5.1. CLASIFICACIÓN DE LA RADIACIÓN

La radiación se pueden clasificar según su naturaleza y efecto biológico, [15].

4.5.1.1. RADIACIONES SEGÚN SU NATURALEZA

Dentro de esta clasificación la radiación se subdivide en dos clases:

- **Radiación electromagnética:** Propagación ondulatoria de energía eléctrica y magnética cuyas intensidades varían en planos perpendiculares. Poseen las mismas velocidades en el vacío ($c=300000$ km/s) y se diferencian por sus longitudes de onda o frecuencia. Entre las radiaciones electromagnéticas encontramos las radiaciones ionizantes y las radiaciones ópticas, [15].
- **Radiaciones corpusculares:** Propagación de partículas subatómicas (núcleos de helio, electrones, protones, neutrones, etc.) la velocidad a la que se propaga este tipo de radiación es inferior a las radiaciones electromagnéticas. Las radiaciones corpusculares más usuales son: radiación alfa, beta y cósmica, [15].

4.5.1.2. RADIACIONES SEGÚN SU EFECTO BIOLÓGICO

Por su efecto biológico, las radiaciones se pueden clasificar en dos tipos: radiaciones ionizantes o de alta energía y radiaciones no ionizantes o de baja energía, [15].

- **Radiaciones ionizantes o de alta energía:** Pueden ser corpusculares constituidas por partículas subatómicas, radiaciones alfa, beta y rayos cósmicos. También las radiaciones electromagnéticas como los rayos gamma y los rayos X. Este tipo de radiación al incidir sobre el tejido pierden parte de la energía,

separando electrones de los átomos sobre los que inciden y transformándolos en iones, [15].

- **Radiaciones no ionizantes o de baja energía:** No son capaces de ionizar los átomos, por lo que el efecto biológico es menor, actuando más bien a través del efecto térmico, mecánico y fotoquímico en los tejidos. Las radiaciones no ionizantes también son del tipo electromagnético y engloba las radiaciones ópticas (ultravioleta, luz visible e infrarroja) y los campos electromagnéticos (microondas y radiofrecuencias), [15].

4.6. RADIACIONES IONIZANTES

La radiación ionizante está en todas partes. Llega desde el espacio exterior en forma de rayos cósmicos. Está en el aire en forma de emisiones del radón radiactivo y su progenie. Los isótopos radiactivos que se originan de forma natural entran y permanecen en todos los seres vivos. Es inevitable. De hecho, todas las especies del planeta han evolucionado en presencia de la radiación ionizante. Aunque los seres humanos expuestos a dosis pequeñas de radiación pueden no presentar de inmediato ningún efecto biológico aparente, no hay duda de que la radiación ionizante, cuando se administra en cantidades suficientes, puede causar daños, [16].

La radiación ionizante consiste en partículas, incluidos los fotones, que causan la separación de electrones de átomos y moléculas. Pero algunos tipos de radiación de energía relativamente baja, como la luz ultravioleta, sólo puede originar ionización en determinadas circunstancias. Para distinguir estos tipos de radiación de la radiación que siempre causa ionización, se establece un límite energético inferior arbitrario para la radiación ionizante, que se suele situar en torno a 10 kiloelectronvoltios (keV), [16].

La radiación ionizante directa consta de partículas cargadas, que son los electrones energéticos (llamados a veces negatrones), los positrones, los protones, las partículas alfa, los mesones cargados, los muones y los iones pesados (átomos ionizados). Este tipo de radiación ionizante interactúa con la materia sobre todo mediante la fuerza de Coulomb, que les hace repeler o atraer electrones de átomos y moléculas en función de sus cargas, [16].

La radiación ionizante indirecta es producida por partículas sin carga. Los tipos más comunes de radiación ionizante indirecta son los generados por fotones con energía superior a 10 keV (rayos X y rayos gamma) y todos los neutrones, [16].

4.6.1. TIPOS DE RADIACIÓN IONIZANTE

4.6.1.1. PARTÍCULAS ALFA

Una partícula alfa es un conjunto de dos protones y dos neutrones estrechamente unidos, idéntica a una partícula de helio emitidas por la desintegración de átomos de elementos pesados (uranio, radio, radón, plutonio, etc.), [16], [17].

Debido a su masa no puede recorrer más que un par de centímetros en el aire, y no puede atravesar una hoja de papel, ni la epidermis. Son núcleos de helio cargados positivamente; tienen energía muy elevada pero muy baja capacidad de penetración. Por el contrario, si se introduce en el cuerpo humano una sustancia emisora de radiación alfa, ésta libera toda su energía hacia las células circundantes proporcionando una dosis interna al tejido sensible, [17].

4.6.1.2. PARTÍCULAS BETA

Una partícula beta es un electrón o positrón muy energético. Los radionucleidos emisores beta pueden ser de peso atómico alto o bajo, [16]. La radiación beta (-) se compone por partículas de masa similar a la del electrón, lo que da lugar a un mayor poder de penetración. No obstante, la radiación beta se detiene en algunos metros de aire o unos centímetros del agua, y es retenida por una lámina de aluminio, el cristal de una ventana, una prenda de ropa o tejido subcutáneo. Pero, pueden dañar la piel desnuda y si entrará en el cuerpo dicha partícula irradiaría los tejidos internos, [17].

La radiación beta (+) es la emisión de un positrón, partícula igual al electrón, pero con carga positiva, como resultado de la transformación de un protón en un neutrón y un positrón, esta radiación tiene un nivel de energía menor que las radiaciones alfa y una capacidad de penetración mayor y son absorbidas por una lámina de metal, [17].

4.6.1.3. PARTÍCULAS GAMMA

Es la radiación electromagnética emitida por un núcleo cuando experimenta una transición de un estado de energía más alto a uno más bajo, el número de protones y neutrones no varía en esta transición, [16].

Poseen un poder de penetración considerable, aunque tienen menor nivel de energía que las radiaciones alfa y beta. En el aire llega muy lejos, y para detenerla se usa barreras de materiales densos, como el plomo o el hormigón lo que dificulta su absorción

por los apantallamientos. Desde el momento en el que la radiación gamma entra en una sustancia, su intensidad empieza a disminuir debido a que en su camino va chocando con distintos átomos. En el caso de los seres vivos, de esa interacción con las células pueden derivarse daños en la piel o en los tejidos internos, [17].

4.6.1.4. RAYOS X

Los rayos X son una radiación electromagnética idénticos a los rayos gamma. La distinción entre rayos X y rayos gamma radica en su origen. Mientras que los rayos gamma se originan en el núcleo atómico, los rayos X resultan de interacciones entre electrones ya que se producen artificialmente en un tubo de vacío a partir de un material que no tiene radiactividad propia. Los sistemas de rayos X producen rayos X mediante la aceleración de electrones que circulan a través de una gran diferencia de potencial eléctrico, de muchos kV o MV. Los electrones son después frenados rápidamente en un material denso y resistente al calor, como el tungsteno (W), [16], [17].

4.6.1.5. NEUTRONES

Es radiación generada durante la reacción nuclear (emisión de partículas sin carga, de alta energía). Los neutrones tienen mayor capacidad de penetración que los rayos gamma, y sólo puede detenerlos una gruesa barrera de hormigón, agua o parafina. Por ello, en las aplicaciones civiles, la generación de la radiación de neutrones se limita al interior de los reactores nucleares, [17]. Los reactores nucleares son los que generan neutrones con mayor abundancia, pero los aceleradores de partículas y las fuentes especiales de neutrones, denominadas fuentes (α , n), también pueden producir neutrones, [16].

4.7. RADIACIONES NO IONIZANTES

Los campos electromagnéticos son fenómenos naturales; las galaxias, el sol, las estrellas emiten radiación de baja densidad, y en la atmósfera existen cargas eléctricas que generan campos magnéticos a los que estamos sometidos permanentemente, y que se hacen mucho más intensos, por ejemplo, durante las tormentas eléctricas, [17].

Pero a estos campos eléctricos y magnéticos naturales se han unido en el último siglo un amplio número de campos artificiales, creados por maquinaria industrial, líneas eléctricas, electrodomésticos, etc. que nos exponen a diario a una radiación adicional. Si bien, con alguna excepción, toda esta radiación artificial es mucho más débil que los

campos electromagnéticos naturales, en muchas profesiones del sector electrónico, ferroviario y de telecomunicaciones la exposición es extendida, [17].

En el rango de las radiofrecuencias y microondas, la principal manifestación de las emisiones no ionizantes en tejidos vivos es el efecto térmico, aumento de la temperatura, que será de mayor o menor intensidad según la absorción del tejido, o material, a las diferentes frecuencias como en el caso del horno microondas en el ámbito doméstico, o de los terminales de telefonía móvil. A frecuencias más bajas, como la frecuencia industrial típica de las líneas de transporte eléctrico o de los electrodomésticos, las emisiones no ionizantes provocan efectos no térmicos, [18].

4.7.1. TIPOS DE RADIACIÓN NO IONIZANTE

4.7.1.1. RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

Este tipo de radiación se sitúa en la zona del espectro electromagnético inmediatamente inferior en energía y frecuencia que la radiación X e inmediatamente superior a la luz visible. Sus longitudes de onda están comprendidas entre 10nm (límite con los rayos X) y 400 nm (límite con la luz visible), [17].

- **Región A (UV-A):** radiaciones ultravioleta larga o próxima, cuya longitud de onda va de 380 a 320 nm (380nm límite superior para la percepción visual del color violeta). Es la radiación que con más intensidad llega a la tierra y puede penetrar hasta la dermis, [15].
- **Región B (UV-B):** radiación ultravioleta media con una longitud de onda de 320 a 280 nm, utilizada para la aplicación del efecto fotoquímico, considerada biológicamente dañina, ya que se absorbe en la epidermis, [15].
- **Región C (UV-C):** radiación ultravioleta lejana, con una longitud de onda de 280 a 200 nm presenta el máximo de energía y de los efectos germicidas, por lo que se usa en los procesos de esterilización. Tiene cierta capacidad ionizante, pero sus efectos radican sólo a los tejidos más externos del organismo, la mayor parte de ellas son absorbidas por la atmósfera y alcanzan la superficie terrestre en poca cantidad, [15].

4.7.1.2. RADIACIÓN LUMINOSA (LUZ VISIBLE)

El espectro de la luz visible abarca las longitudes de onda desde 400 nm (violeta) hasta 780nm (rojo) pasando sucesivamente por colores azul, verde, amarillo y naranja. Su

principal fuente es el sol y también podemos encontrar radiación luminosa en lámparas incandescentes, arcos eléctricos, tubos fluorescentes, lámparas de descarga y antorchas de plasma, [17]. Generalmente no provoca efectos graves, un destello intenso provoca manchas en el campo visual por alteración del pigmento de la retina, [15].

4.7.1.3. RADIACIÓN INFRARROJA

Comprende la región de longitudes de onda entre los 780 nm (límite con el color rojo) y 1 mm (solapamiento con las microondas), es decir, abarca la parte del espectro desde la luz visible hasta las longitudes microondas. Son radiaciones fundamentalmente caloríficas y completamente invisibles. La radiación infrarroja se encuentra en el sol, cuerpos incandescentes, determinadas superficies muy calientes y sistemas IR activos como radares. Biológicamente podría existir riesgo de quemaduras en la piel y en los ojos podrían causar lesiones corneales, eritemas, quemaduras en los ojos, así como cataratas u opacidades, [17].

4.7.1.4. MICROONDAS

Son las radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda entre 1 mm y un 1m, aproximadamente (o frecuencias entre 300 MHz y 300 GHz). Esta radiación se produce en estaciones de radio, emisoras de radio, televisión, instalaciones de radar, sistemas de telecomunicación, hornos microondas, equipos de RF utilizados en procesos como soldadura, fusión, etc, [17].

Sus efectos biológicos dependen de la capacidad de absorción de la materia y de las intensidades de los campos eléctricos y magnéticos que se producen en su interior. El efecto principal es el aumento de la temperatura corporal. Los efectos biológicos exactos de las microondas de bajos niveles no son conocidos, [17].

4.7.1.5. RADIACIONES LASER

La denominación responde a un acrónimo: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (o amplificación de luz por emisión de radiación estimulada). Se definen como dispositivos que producen o amplifican radiación electromagnética en el intervalo de longitudes de onda 200 nm y 1 nm, esencialmente por el fenómeno de emisión estimulada controlada. Estas radiaciones se diferencian de las demás en que son monocromáticas (intervalo muy estrecho de longitudes de onda), son coherentes (el conjunto de radiaciones emitidas coincide en frecuencia y en fase) y direccionales (haz

perfectamente definido y dirigido). Existen láseres que pueden emitir varias longitudes de onda simultáneamente. Unos emiten de forma continua (láseres continuos) y otros por impulsos (láseres pulsantes), [17].

La radiación láser son rayos de haces paralelos y dirigidos. Se utiliza en la industria, medicina (tratamientos dermatológicos, oculares, cirugía, odontología) y en comunicaciones. En el material que se recibe el haz, la energía absorbida se transforma en calor, por lo que causa un efecto térmico. Los órganos críticos son los ojos y, en menor medida, la piel (eritemas, quemaduras), [15].

4.8. RADIACIÓN NO IONIZANTE EN SISTEMAS ELÉCTRICOS

La exposición a los campos electromagnéticos depende de la potencia de la fuente, pero, más en específico, de la distancia a la que se encuentre. La potencia de una línea de alta tensión es muy elevada, pero al estar alejada, el campo que rodea a quien está debajo de ella es mínimo comparado con el que ocasiona un teléfono móvil.

Diversos experimentos realizados a cultivos y animales, sometiéndolos a campos electromagnéticos elevados, han demostrado que no hay presencia de efecto alguno. Por otro lado, estudios minuciosos llevados a cabo durante años analizaron a personas (trabajadores en líneas eléctricas, telefonistas, técnicos de sonido, radiotelegrafistas) que por alguna razón estuvieron en contacto con radiación no ionizante intensa durante horas, el resultado de dicho estudio reveló que ninguno de estos grupos presenta mayor incidencia de cáncer que la población general, [19]. Estudios epidemiológicos sobre la leucemia infantil y la exposición residencial a las líneas de alta tensión parecen indicar un aumento de los riesgos. Se ha calculado que cada año en Suecia hay dos casos de leucemia infantil por estar bajo líneas de fuerza motriz o en su proximidad en un radio de hasta 300 metros, [20].

La Comisión Nacional de Protección Radiológica de Inglaterra, dio a conocer un estudio que demuestra que la exposición a campos electromagnéticos puede producir una severa pérdida de memoria. El experimento se efectuó en 48 ratones expuestos a campos magnéticos que emiten las líneas de energía, resultando en fallas en la memoria de corto plazo además de dificultades para aprender destrezas, los científicos británicos consideran que dichos resultados pueden aplicarse a humanos, pero al mismo tiempo relativizan su hallazgo dado que los ratones fueron sometidos a poderosísimos campos magnéticos. La Academia de Ciencias de los EE.UU. en un informe publicado en 1996

señala que no hay evidencias concluyentes de que los campos electromagnéticos jueguen un rol en el desarrollo de cáncer en los humanos, [20].

4.9. RADIACIÓN NO IONIZANTE EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

La exposición externa a radiaciones no ionizantes de las estaciones de telecomunicaciones, es medida en términos del campo eléctrico (V/m), campo magnético (A/m) y densidad de potencia (W/m²). La exposición interna para radiofrecuencias se mide a través de la tasa de absorción específica SAR (W/kg), [21].

La radiación emitida por las estaciones fijas genera exposición al cuerpo entero, provocando niveles de exposición relativamente pequeños. En el caso de las estaciones base, las radiaciones no ionizantes normalmente están por debajo de los límites permisibles y generalmente es exposición involuntaria. Los máximos niveles de exposición producidos en ambientes poblacionales para estaciones bases de telefonía móvil son del orden de 5 V/m (1.5 % de los límites ICNIRP poblacionales), [21].

La radiación emitida por teléfonos móviles, provoca una exposición localizada en la cabeza. Para distancias menores que 1cm puede ser cientos de V/m. De acuerdo con cálculos realizados, los valores máximos del campo eléctrico a distancias de 2 y 3cm de la cabeza fueron de 400 V/m (424,4 W/m²) para un teléfono móvil de 2W a 900 MHz, 200 V/m para teléfonos de 1W a 1800 MHz y parte de la potencia absorbida por la cabeza es aproximadamente el 40% de la potencia emitida, [21].

En cuanto a la exposición interna, un estudio publicado en la *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* en 2009; revela que individuos expuestos a SAR de 4 W/kg por 15 a 20 minutos, el promedio de incremento de temperatura fue de 0,2 a 0,5°C considerado aceptable para gente sana. De la misma forma, con modelos de teléfonos móviles se pudo encontrar que para potencias promedio temporal de 0,25 W en la banda de 900 MHz el SAR era aproximadamente 1,6 W/kg y predecía un máximo incremento de temperatura del cerebro de 0,1 °C, pero dependerá también de la forma del tejido. En el caso de tejidos en forma de película se ha evaluado niveles de SAR de hasta 2,28 W/kg y el incremento de la temperatura llegó a 0,25 °C. Pero en experimentos realizados para personas que realizan una llamada de 30 minutos se encontró que la ausencia de propagación del calor por convección debido a la sola presencia del teléfono causa un incremento de temperatura (0,9 °C) que es mayor que el incremento de temperatura por el SAR (0,1 °C), [21]. A continuación, se muestra una tabla con

información de exposición a radiofrecuencias, con los valores de tasa de absorción específica (SAR) para teléfonos móviles.

Tabla 3. Smartphones que emiten la mayor cantidad de radiación (SAR), [22].

Marca teléfono móvil	Modelo	SAR Máximo (W/kg)
Xiaomi	Mi A1	1,75
OnePlus	5T	1,68
Xiaomi	Mi Max 3	1,58
OnePlus	6T	1,55
HTC	U12 life	1,48
Xiaomi	Mi Mix 3	1,45
Google	Pixel 3 XL	1,39
OnePlus	5	1,39
Apple	IPhone 7	1,38
Sony	Xperia XZ1 Compact	1,36
HTC	Desire 12/12 +	1,34
Google	Pixel 3	1,33
OnePlus	6	1,33
Apple	Iphone 8	1,32
Xiaomi	Redmi Note 5	1,29
ZTE	AXON 7 mini	1,29

Tabla 4. Smartphones que emiten la menor cantidad de radiación (SAR), [22].

Marca Teléfono móvil	Modelo	SAR Máximo (W/kg)
Samsung	Galaxy Note 8	0,17
ZTE	Axon Elite	0,17
Nokia	6	0,21
Nokia	8	0,22
Nokia	2	0,24
Samsung	Galaxy A8	0,24
LG	G7 ThinQ	0,24
Nokia	7.1	0,26
Samsung	Galaxy S8+	0,26
Samsung	Galaxy S7 Edge	0,26
HTC	U11 life	0,28
LG	Q6/Q6+	0,28
Nokia	5.1	0,29
Samsung	Galaxy S9+	0,29
Motorola	Moto g5 plus	0,30
Motorola	Moto Z	0,30

Los datos mostrados en las tablas 3 y 4, son obtenidas de la base de datos de la Oficina Alemana de Protección de Radiación (Bundesamt für Strahlenschutz). La tasa de absorción específica (SAR) utilizada como medida de ingesta de energía, cuyo valor no debe exceder los 2 W/kg para excluir efectos en la salud. Este máximo es recomendado

por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP), y la Comisión Alemana de Protección Radiológica (SSK) desde 1998 y 1999 hasta la actualidad, [23].

Los fabricantes determinan los valores de SAR de acuerdo con los estándares de medición europeos EN 62209-1 para el caso de llamadas telefónicas en el oído y EN 62209-2 para el caso de operación con el teléfono celular en el cuerpo). El estándar EN 62209-2 permitía diferentes distancias de medición de hasta 2,5 cm en 2016, pero dado que en el diario vivir la distancia de uso del dispositivo móvil es menor, la Comisión de los Estados Unidos determinó una distancia más pequeña y uniforme de 0,5cm para exposición de SAR en el cuerpo. Por lo tanto, los fabricantes de teléfonos móviles deben cumplir con estas recomendaciones para brindar niveles seguros de radiación en el uso de sus teléfonos, [23].

Los límites de exposición del público en general y de los trabajadores a las emisiones electromagnéticas de estaciones radioeléctricas son propuestos por los organismos científicos, como la Comisión Internacional de Protección contra Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) de la Organización Mundial de la Salud (OMS) o el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC) de la Unión Europea, sobre la base del conocimiento científico y se someten a revisiones periódicas tanto por esos organismos como por los Comités o Agencias científicas de los distintos países, [24].

4.9.1. LÍMITES DE EXPOSICIÓN

La población expuesta ocupacionalmente consiste de adultos que generalmente están expuestos bajo condiciones conocidas y que son entrenados para estar conscientes del riesgo potencial, así como para que tomen las protecciones adecuadas. En contraste, el público en general comprende individuos de todas las edades y de estados de salud variables, también se incluyen grupos particularmente susceptibles. En muchos casos el público no es consciente de su exposición a los campos electromagnéticos, más aún no se puede esperar que tomen las precauciones razonables para evitar su exposición. Son estas consideraciones que soportan la adopción de restricciones más estrictas a la exposición del público que para la exposición de la población expuesta ocupacionalmente, [25].

4.9.2. RESTRICCIONES BÁSICAS Y NIVELES DE REFERENCIA

Las restricciones en los efectos de la exposición son basadas en los efectos sobre la salud ya establecidos y son llamadas restricciones básicas. Dependientes de la frecuencia, las cantidades físicas usadas para especificar las restricciones básicas de la exposición a los campos electromagnéticos, son la densidad de corriente, la tasa de absorción específica y la densidad de potencia, [25].

Los niveles de referencia de la exposición son proveídos para comparación con valores medidos de cantidades físicas. El cumplimiento con todos los niveles de referencia dados en estas recomendaciones asegurará el cumplimiento de las restricciones básicas. Si los valores medidos son más altos que los niveles de referencia, no necesariamente implica que las restricciones básicas son excedidas, pero si es necesario un análisis más detallado para evaluar el cumplimiento de las restricciones básicas, [25].

Dentro de la justificación general de los factores de seguridad existe información insuficiente sobre los efectos biológicos producidos en personas y en animales de experimento debido a la exposición a campos electromagnéticos como para proporcionar factores de seguridad estrictos para todos los rangos de frecuencia y todas las modulaciones. Adicionalmente, parte de la incertidumbre con respecto al factor de seguridad apropiado proviene de la falta de conocimiento concerniente a la apropiada dosimetría. Las siguientes variables se consideraron para determinar los factores de seguridad para campos de alta frecuencia, [25]:

- Efectos debido a la exposición a campos electromagnéticos bajo condiciones ambientales adversas (temperaturas altas, etc.), y/o niveles de actividad altos.
- La sensibilidad térmica potencialmente más alta en ciertos grupos de la población tales como las personas frágiles y/o ancianas, los infantes y los niños pequeños, y gente con enfermedades o que están tomando medicinas que comprometen su tolerancia térmica.

Los siguientes factores adicionales se toman en cuenta para la obtención de los niveles de referencia para campos de alta frecuencia, [25]:

- La absorción de la energía electromagnética varía según el tamaño y la orientación del campo.

- Se puede producir una mayor absorción localizada de la energía, debido a la reflexión, concentración y dispersión del campo incidente.

Diferentes bases científicas fueron usadas en el desarrollo de las restricciones básicas para varios rangos de frecuencia, [25]:

- Entre 1 Hz y 10 MHz, las restricciones básicas están dadas en términos de la densidad de corriente, para prevenir daños funcionales en el sistema nervioso.
- Entre 100 kHz y 10 GHz, las restricciones básicas son proveídas en términos de la tasa de absorción específica para prevenir el estrés térmico de todo el cuerpo y un calentamiento localizado excesivo en los tejidos.
- En el rango de 100 kHz y 100 MHz, las restricciones son proveídas en términos de la densidad de corriente y la tasa de absorción específica.
- Entre 10 y 300 GHz, las restricciones son proveídas en términos de la densidad de potencia para prevenir el calentamiento excesivo en los tejidos o cerca de la superficie del cuerpo.

Tabla 5. Restricciones para exposiciones a campos eléctricos y magnéticos para frecuencias hasta los 10GHz, [25].

Rango de frecuencias para Exposición ocupacional	Densidad de corriente para cabeza y tronco (mA m⁻²)	SAR promedio en todo el cuerpo (W/kg)	SAR promedio cabeza y tronco (W/kg)	SAR localizado extremidades (W/kg)
Hasta 1 Hz	40	–	–	–
1 – 4 Hz	40 / f	–	–	–
4 Hz – 1 KHz	10	–	–	–
1 – 100 kHz	F/100	–	–	–
100 KHz– 10 MHz	F/100	0,4	10	20
10 MHz– 10GHz	–	0,4	10	20
Rango de frecuencias para Exposición poblacional	Densidad de corriente para cabeza y tronco (mA m⁻²)	SAR promedio en todo el cuerpo (W/kg)	SAR promedio cabeza y tronco (W/kg)	SAR localizado extremidades (W/kg)
Hasta 1 Hz	8	–	–	–
1 – 4 Hz	8 / f	–	–	–
4 Hz– 1 KHz	2	–	–	–
1 – 100 kHz	F/500	–	–	–
100 KHz– 10 MHz	F/500	0,08	2	4
10 MHz– 10GHz	–	0,08	2	4

Los niveles de referencia son obtenidos, cuando es apropiado, a partir de las restricciones básicas mediante el uso de modelos matemáticos y por extrapolación de

los resultados de las investigaciones de laboratorio en frecuencias específicas. Para el caso de campos de baja frecuencia, se desarrollaron diversos modelos de medición y de cómputo para derivar los niveles de referencia de intensidad de campo a partir de las restricciones básicas, [25].

Tabla 6. Niveles de referencia para exposición ocupacional a campos eléctricos y magnéticos, [25].

Rango de frecuencias	Intensidad de Campo Eléctrico (V/m)	Intensidad de Campo Magnético (A/m)	Densidad de Potencia (W/m ²)
Hasta 1 Hz	-	$1,63 \times 10^5$	–
1 – 8 Hz	20000	$1,63 \times 10^5 / f^2$	–
8 – 25 Hz	20000	$2 \times 10^4 / f$	–
0,025 – 0,82 kHz	$500 / f$	$20 / f$	–
0,82 – 65 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	$3f^{0,5}$	$0,008f^{0,5}$	$f / 40$
2 – 300 GHz	137	0,36	50

Tabla 7. Niveles de referencia para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos, [25].

Rango de frecuencias	Intensidad de Campo Eléctrico (V/m)	Intensidad de Campo Magnético (A/m)	Densidad de Potencia (W/m ²)
Hasta 1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$	–
1 – 8 Hz	10000	$3,2 \times 10^4 / f^2$	–
8 – 25 Hz	10000	$4000 / f$	–
0,025 – 0,8 kHz	$250 / f$	$4 / f$	–
0,8 – 3 kHz	$250 / f$	5	–
3 – 150 kHz	87	5	–
0,15 – 1 MHz	87	$0,73 / f$	–
1 – 10 MHz	$87 / f^{0,5}$	$0,73 / f$	–
10 – 400 MHz	28	0,073	2
400 – 2000 MHz	$1,375f^{0,5}$	$0,0037f^{0,5}$	$f / 200$
2 – 3 GHz	61	0,16	10

4.10. MECANISMOS DE ACCIÓN Y EFECTOS DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN EL SER HUMANO

Las ondas electromagnéticas, al igual que la luz, viajan en línea recta y cuando chocan con un objeto pueden producirse tres efectos: transmitirse a través del objeto, reflejarse o absorberse. La energía se atenúa conforme el objeto se aleja de la fuente, esto significa que una persona recibirá menos exposición cuanto más lejos se encuentre de una línea de energía eléctrica, de una antena de telecomunicaciones, de un radar o de cualquier otra fuente de energía electromagnética, [26].

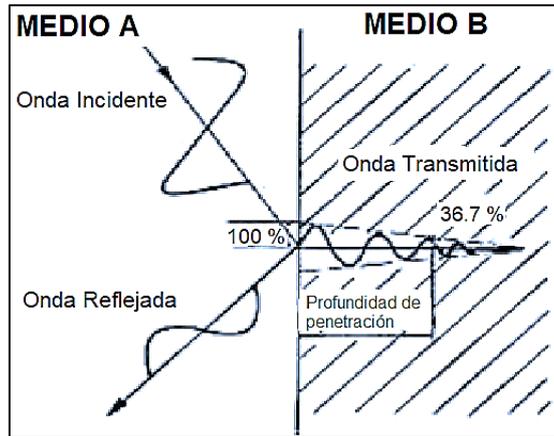


Figura 7. Reflexión, absorción y transmisión de una onda electromagnética al pasar de un medio a otro distinto, [26].

Las características físicas de la propagación dependen en gran parte del medio que atraviesa la onda, en especial lo que respecta a la velocidad de propagación de longitud de onda. Ambos parámetros disminuyen cuando estas radiaciones entran en medios materiales y en especial biológicos. Los efectos de la exposición externa a campos electromagnéticos en el cuerpo humano y células dependen principalmente de la frecuencia y de la magnitud o fuerza de los CEM (campos electromagnéticos).

A bajas frecuencias, los CEM pasan a través del cuerpo humano mientras que en radiofrecuencia los campos son parcialmente absorbidos y penetran una pequeña profundidad en el tejido. Los campos eléctricos de baja frecuencia influyen la distribución de las cargas eléctricas en la superficie de los tejidos conductores y causan flujo de corrientes eléctricas en el cuerpo humano, [26].

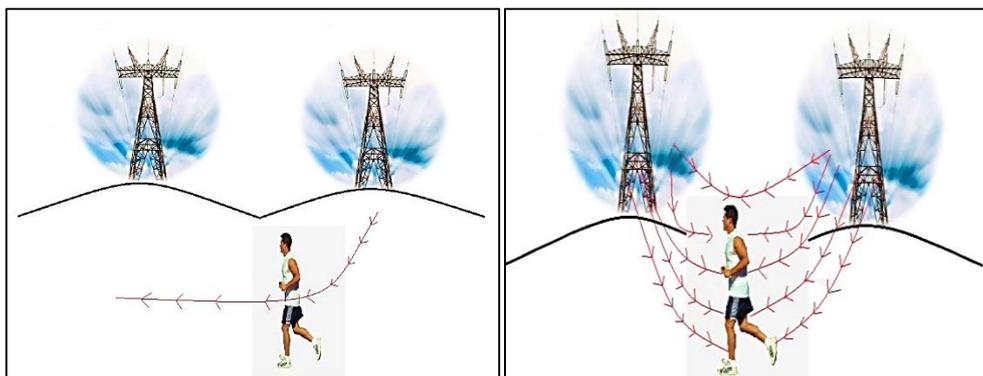


Figura 8. Transmisión de campos electromagnéticos debido a una línea de alta tensión, exposición a campo cercano (imagen a la derecha) y exposición a campo lejano (imagen a las izquierda), [26].

En radiofrecuencia, los campos solo penetran una corta distancia dentro del cuerpo. La energía de estos campos se absorbe y se transforma en el movimiento de las moléculas,

la fricción entre las moléculas que se mueven rápidamente produce un aumento de la temperatura. Este efecto es el utilizado en aplicaciones domésticas, como calentar alimentos en hornos de microondas y en muchas aplicaciones industriales. Los niveles de campos de RF a los que una persona normalmente está expuesta en nuestro entorno de vida son mucho más bajos que los necesarios para producir calentamiento significativo, [27].

Las investigaciones sobre campos electromagnéticos y sus efectos iniciaron en el año de 1950. De la base de datos de la OMS, para RF existen alrededor de 900 estudios, que incluyen estudios epidemiológicos (realizados en poblaciones de seres humanos), en seres humanos (estudios de laboratorios en personas voluntarias), in situ, in vivo e in vitro (cultivo de células, tejidos, soluciones ADN, ARN, enzimas, etc.); de las cuales más del 50% están referidas a la telefonía móvil. En la tabla 8, se muestra un detalle de estos estudios de RF, [28].

Tabla 8. Estudios de RF sobre telefonía móvil, base de datos OMS. [28]

Tipo de investigación	Total de estudios	Estudios en curso para telefonía móvil	Estudios concluidos para telefonía móvil
1. Ingeniería y Física	78	22	67
2. Epidemiología	119	24	63
3. En seres humanos/provocación	113	22	91
4. In Situ	1	0	1
5. In Vitro	211	31	116
6. In Vivo	343	24	125
7. Revisión de Literatura	22	0	14
8. Estudios en Plantas	6	0	3
9. Cálculos Teóricos	19	0	11
TOTAL	912	105	491

La exposición a los campos eléctricos y magnéticos normalmente produce una absorción de energía insignificante y un incremento no mensurable de temperatura en el cuerpo. La absorción de los campos electromagnéticos en los tejidos es medida como una Tasa de Absorción Específica (SAR) dentro una masa de tejido dada. La unidad de la SAR se expresa en vatios por kilogramo (W/Kg) o en milivatio por gramo (mW/g). El SAR es la cantidad utilizada para medir la dosis de los campos de RF aproximadamente entre 1 MHz y 10 GHz. Se necesita un SAR de por lo menos 4 W/Kg para producir efectos adversos a la salud conocidos, en personas expuestas a los campos de RF en este rango de frecuencia, [26].

Tabla 9. Fuentes de exposición laboral a campos magnéticos, [29].

Fuente	Densidad de flujo magnético (mT)	Distancia (m)
PVD	Hasta $2,8 \times 10^{-4}$	0,3
Líneas de alta tensión	Hasta 0,4	Debajo la línea
Centrales eléctricas	Hasta 0,27	1
Arcos de soldadura (0-50 Hz)	0,1-5,8	0-0,8
Calentador de inducción (50-10 KHz)	0,9-65	0,1-1
Horno de colada de 50 Hz	0,2-8	0,5-1
Horno de arco de 50 Hz	Hasta 1	2
Agitador de inducción de 10 Hz	0,2-0,3	2
Soldadura con electroescoria a 50 Hz	0,5-1,7	0,2-0,9
Equipo terapéutico	1-16	1

Las pruebas existentes indican que la mayoría de los efectos comprobados de la exposición a campos eléctricos y magnéticos en la gama de frecuencias de 0 a 30 kHz se deben a respuestas agudas a la carga superficial y a la densidad de corriente inducida. Las personas pueden percibir los efectos de la carga superficial oscilante inducida en sus cuerpos por los campos eléctricos de ELF (pero no por los campos magnéticos); estos efectos se vuelven molestos si son lo bastante intensos, [29].

Tabla 10. Límites de exposición laboral a campos eléctricos y magnéticos en el intervalo de frecuencias mayores: 0 a 30 kHz, [29].

País/Referencia	Gama de frecuencia	Campo Eléctrico (V/m)	Campo Magnético (A/m)
Internacional (IRPA 1990)	50/60 Hz	10.000	398
EE.UU. (IEEE 1991)	3 – 30 KHz	614	163
EE.UU. (ACGIH 1993)	1 – 100 Hz	25.000	60/f
	100 – 4.000 Hz	$2,5 \times 10^6 / f$	60/f
	4 – 30 KHz	625	60/f
Alemania (1996)	50/60 Hz	10.000	1.600
Reino Unido (NRPB 1993)	1 – 24 Hz	25.000	64.000/f
	24-600 Hz	$6 \times 10^5 / f$	64.000/f
	600 – 1.000 Hz	1.000	64.000/f
	1 – 30 KHz	1.000	64

En cuanto a los posibles efectos en la salud humana, los resultados notificados de varios estudios in vitro por la OMS y la NRPB 1993, indican cambios metabólicos, tales como alteraciones de la actividad enzimática y el metabolismo proteico, y disminución de la citotoxicidad linfocítica en diversas cepas de células expuestas a campos eléctricos y corrientes de ELF y VLF aplicados directamente al cultivo celular, [29].

Entre las posibles áreas de interacción biológica que presentan numerosas implicaciones para la salud y acerca de las cuales tenemos un conocimiento limitado están las siguientes: posibles cambios en los niveles nocturnos de melatonina en la glándula pineal y alteraciones de los ritmos circadianos inducidos en animales por exposición a campos eléctricos o magnéticos de ELF, y posibles efectos de los campos magnéticos de ELF sobre los procesos de desarrollo y carcinogénesis, [29].

Casi todas las normas con límites comprendidos en la gama de >0-30 kHz se basan en la necesidad de mantener los campos y corrientes eléctricos inducidos dentro de niveles seguros. Normalmente las densidades de corriente inducidas están restringidas a menos de 10 mA/m², [29].

Los estudios en humanos y en animales indican que los campos de RF pueden causar efectos biológicos nocivos debido al calentamiento excesivo de los tejidos internos. Los sensores térmicos corporales están situados en la piel y no detectan fácilmente el calentamiento de zonas profundas del cuerpo. Por lo tanto, los trabajadores pueden absorber cantidades significativas de energía de RF sin percatarse inmediatamente de la presencia de campos de fuga. Existen notificaciones de que personal expuesto a campos de RF producidos por equipos de radar, calentadores y selladores de RF, torres emisoras de radio y televisión ha experimentado una sensación de calentamiento algún tiempo después de haber estado expuesto, [29].

Apenas existen pruebas de que la radiación de RF pueda desencadenar cáncer en humanos. No obstante, en un estudio se sugiere que puede actuar como promotor del cáncer en animales (Szmigielski y cols. 1988). Los estudios epidemiológicos de personal expuesto a campos de RF son escasos y por lo general de ámbito limitado (Silverman 1990; NCRP 1986; OMS 1981). En la antigua Unión Soviética y en países del Este de Europa se han realizado varios estudios de trabajadores expuestos en el lugar de trabajo (Roberts y Michaelson 1985), sin bien estos estudios no son concluyentes en cuanto a los efectos para la salud, [29].

Evaluaciones y estudios epidemiológicos en operarios de equipos de sellado por RF en Europa (Kolmodin-Hedman y cols. 1988; Bini y cols. 1986) han dado como resultado la posible presentación de los siguientes problemas específicos:

- Quemaduras por RF o por contacto con superficies calientes.
- Entumecimiento (es decir, parestesia) de manos y dedos, perturbación o alteración de la sensibilidad táctil.

- Irritación ocular (posiblemente a causa de vapores emanados de material que contenía vinilo).
- Calentamiento y malestar significativos en las piernas (debido quizá al flujo de corriente a tierra a través de las piernas).

La norma C95.1 establecida en 1991 por la IEEE especifica unos valores límite de exposición laboral (en ambiente controlado) de 0,4 W/kg para la SAR media sobre la totalidad del cuerpo de una persona y de 8 W/kg para la SAR máxima administrada a cada gramo de tejido durante 6 minutos o más. Los valores de exposición correspondientes para el público en general (en ambiente no controlado) son de 0,08 W/kg para la SAR sobre todo el cuerpo y de 1,6 W/kg para la SAR máxima. La corriente del cuerpo a tierra no deberá exceder de 100 mA en un ambiente controlado ni de 45 mA en un ambiente no controlado, [29].

La revista *“Estableciendo un diálogo sobre riesgos de campos electromagnéticos”* publicada en Ginebra, Suiza en 2002 por el Departamento de Protección de Radiación, Salud Ambiental y Humana junto con la Organización Mundial de la Salud, concluye que el conocimiento científico acerca los efectos en la salud de los campos electromagnéticos se basan en estudios epidemiológicos, animales e in vitro. De los muchos resultados que van desde defectos reproductivos hasta enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas, hay evidencia de leucemia infantil. En 2001 un grupo experto de la Agencia Internacional para la Investigación de Cáncer de la OMS (IARC) revisó los estudios relacionados con la carcinogenicidad de campos eléctricos y magnéticos estáticos de frecuencia extremadamente baja (ELF), en la cual consideraron que la información era insuficiente e inconsistente. Aunque la IARC clasificó a los campos magnéticos de ELF como posible carcinogénico para los humanos, sigue siendo posible que exista otras explicaciones para dicha asociación observada a los campos magnéticos de ELF y la leucemia infantil, [27].

En lo que concierne a los campos de alta frecuencia, la revista mencionada anteriormente sugiere que la exposición a campos de RF de bajo nivel (como los emitidos por los teléfonos móviles y sus estaciones base) no causa efectos adversos a la salud, también señala que se necesitan estudios rigurosos que tomaran años para llegar a nuevas conclusiones acerca del tema tratado, [27].

Un artículo publicado en 2013 por la Organización Mundial de la Salud, sobre “Riesgos para la salud asociados con los teléfonos móviles y estaciones base” menciona que la

investigación realizada se centra en áreas de: cáncer, interferencia electromagnética, accidentes de tráfico y otros efectos a la salud. En lo referente al cáncer, los campos de RF han sido clasificados por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer como posibles carcinogénicos para los humanos (Grupo 2B), mencionando que los estudios realizados hasta la fecha no proporcionan ninguna indicación de que la exposición ambiental a los campos de RF, como las estaciones base, aumente el riesgo de cáncer o cualquier otra enfermedad, [30].

La OMS, han informado también en su artículo sobre los efectos generados al usar teléfonos móviles como: cambios en la actividad cerebral y patrones de sueño, en el cual señalan que dichos efectos son menores en la salud y que se continúa realizando investigaciones para evaluar el impacto en la salud de los campos de RF, [30].

A finales de 2014, la Organización Mundial de la Salud publica un artículo llamado “Campos electromagnéticos y salud pública: teléfonos móviles” en el cual manifiesta que los teléfonos móviles son transmisores de radiofrecuencia de baja potencia que opera a 450 y 2700 MHz con potencias máximas de 0.1 a 2 Watts. La potencia disminuye rápidamente a medida que aumenta la distancia del teléfono, por tanto, una persona que use un teléfono móvil a una distancia de 30 a 40cm de su cuerpo tendrá una exposición mucho menor que alguien que sostenga el teléfono en su cabeza. Los efectos en la salud a corto plazo son el calentamiento de la piel y otros tejidos superficiales que absorben la mayor parte de la energía, lo que produce un aumento insignificante de la temperatura en el cerebro o en cualquier órgano del cuerpo. Para los efectos a largo plazo la OMS manifiesta que, si bien no se ha establecido un mayor riesgo de tumores cerebrales, el creciente uso de teléfonos móviles y la falta de datos para el uso de teléfonos móviles durante 15 años justifican una investigación adicional sobre su uso y el riesgo de cáncer cerebral. La OMS promueve nuevas investigaciones que en futuros años muestren resultados de salud en niños y adolescentes, [31].

4.11. IMPACTO DE LA RADIACIÓN AL MEDIO AMBIENTE

4.11.1. RADIACIÓN IONIZANTE Y MEDIO AMBIENTE

En cuanto a la radiación ionizante el Comité Científico de las Naciones Unidas para el estudio de Efectos de Radiaciones Ionizantes (UNSCEAR) examina periódicamente los efectos de dichas radiaciones al medio ambiente, [32].

Las evaluaciones científicas consideran que las plantas, los animales y otros organismos vivos eran parte del entorno en que se dispersaban los radionucleidos (isótopos inestables que se desintegran emitiendo radiaciones alfa, beta y gamma). Más tarde se consideró que son recursos que al contaminarse podían propiciar la exposición del hombre a las radiaciones, puesto que algunas plantas y animales son eslabones de las cadenas alimentarias y representan vías para la transferencia de radionucleidos a los seres humanos. Las evaluaciones reflejaban la posición generalmente aceptada de que se debería dar prioridad a la evaluación de las consecuencias para el ser humano, una de las especies mamíferas más radiosensibles; así como a la creación de una base sólida para la protección de la sanidad humana, [32].

Todos los organismos vivos existen y sobreviven en entornos donde están sujetos, en mayor o menor grado, a radiaciones debidas a fuentes naturales. Por lo general en zonas limitadas, se producen aumentos adicionales de exposiciones a las radiaciones, ya sea a causa de descargas controladas de desechos radiactivos al aire, la tierra o los sistemas acuáticos, o de liberaciones accidentales. En la mayoría de los casos, estas radiaciones adicionales no han tenido ningún efecto aparente en las plantas y animales silvestres. Sin embargo, a raíz de accidentes graves, se han observado daños tanto en organismos individuales como en poblaciones, y podrían producirse efectos prolongados en comunidades y ecosistemas a causa del continuo aumento de la irradiación crónica, [32].

4.11.2. RADIACIÓN NO IONIZANTE Y MEDIO AMBIENTE

En cuanto a radiación no ionizante, según un estudio de la Universidad de Cantabria la única marca que genera la RNI es el impacto visual, al ubicar demasiadas torres de telecomunicaciones en edificios y demás zonas de una ciudad determinada, [33]. Otro estudio realizado en el Perú, afirma que en dicho país el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC) regula los límites máximos permisibles de las emisiones de RNI de las actividades de telecomunicaciones en el rango de 9 kHz a 300

GHz, así mismo cuenta con Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para RNI, en dicho país las normas establecen regulaciones sobre las estaciones base de comunicaciones móviles, tomando en cuenta no solo niveles de RNI, sino el impacto de ruidos, el impacto sobre el paisaje, seguridad de la infraestructura, impacto sobre el entorno urbano y la participación ciudadana, [28].

Un estudio publicado en 2014 por la revista Nature sobre “El ruido electromagnético antropogénico altera la orientación de la brújula magnética en un ave migratoria” pone en manifiesto lo siguiente: investigadores alemanes demuestran que las aves migratorias no pueden usar su brújula magnética interna cuando están expuestas al ruido electromagnético urbano. Los petirrojos europeos (*Erithacus rubecula*) fueron sometidos a ruido electromagnético presente en cabañas de madera sin apantallamiento en el campus de la Universidad de Oldenburg, perdiendo sus capacidades de orientación. Luego protegieron las cabañas con láminas de aluminio para atenuar el ruido electromagnético en el rango de 50 KHz a 5MHz aproximadamente y las capacidades de orientación de las aves volvieron. Las aves se mostraron sensibles a campos de baja intensidad como las interferencias electromagnéticas de las ondas de radio AM. Por tanto, dicho estudio afirma que los efectos de los campos electromagnéticos, aunque sean débiles interrumpen el funcionamiento del sistema sensorial completo de un vertebrado superior sano, [34], [35].

Uno de los taxones más estudiados ha sido el de las abejas melíferas debida a su importancia en la agricultura. Las pérdidas de las abejas se han registrado desde hace más de un siglo, a partir del año 2000 se registraron síntomas como el “Síndrome de colapso de la colmena”. Este síndrome afecta a las abejas obreras, que en el momento de abandonar la colmena no retornan, la reina se encuentra viva y activa dentro la colmena junto con abejas inmaduras y abundancia de miel, de tal modo que la colonia puede sobrevivir por un tiempo muy corto, pero sin la población de abejas obreras la colonia se vuelve insostenible y se extingue, [36].

En un primer momento se sospechó que factores como el ácaro, los pesticidas, los virus, las prácticas agrícolas, el monocultivo y factores de cambio climático podían ser los responsables de este síndrome. Las abejas poseen cristales de magnetita en sus células de grasa corporal y presentan remanencia magnética que son partes activas del sistema de magnetorrecepción. Las infraestructuras de telecomunicaciones introducen campos electromagnéticos artificiales que desorientan a las abejas, entre otros insectos, que no encuentran la forma de volver a sus colmenas. En 2003 se realizó una encuesta

a apicultores austriacos, de 25 apicultores que tenían antenas de telefonía móvil cerca de sus colmenas, el 37,5% observaron una alta agresividad, el 25% una gran tendencia a crear enjambres, y el 62,5% la desaparición de colonias. Un apicultor que recibía directamente el haz de la radiación en sus colmenas observó que las abejas morían sin razón. También existe el comportamiento agresivo de las abejas frente a los campos electromagnéticos de líneas de alta tensión. En dos estudios financiados por la NASA, los autores no encontraron diferencias en la mortalidad ni en el consumo de azúcares, tampoco variación en la orientación de vuelo o la memoria en abejas que fueron irradiadas con microondas, [36].

Los resultados obtenidos hasta el 2015 son controversiales y se da la necesidad urgente de comprender la interacción entre la influencia de las radiaciones electromagnéticas (debido a los teléfonos móviles) y la biología de la abeja, de este modo elaborar una estrategia de conservación para intentar paliar los efectos nocivos sobre ellas, ya que las abejas son esenciales para el éxito de la agricultura. De las cien especies de cultivos que proporcionan el 90% de la comida mundial, más del 70% se polinizan gracias a las abejas y en Europa cerca de un 84% de los cultivos vegetales comerciales y un 80% de las plantas en estado salvaje dependen de la polinización de las abejas según la Comisión Europea. Además de tener un rol importante en la economía mundial, se ha valorado su polinización en alrededor de 153 mil millones de euros en el año 2005, y la Unión Europea de Apicultores estima un valor de 22 mil millones de euros en ganancias anuales. Por tanto, la extinción de las abejas podría suponer una catástrofe medioambiental a gran escala, [36].

En mayo de 2015, se realizó un llamamiento internacional firmado por más de 190 científicos de 39 países, líderes en sus áreas de investigación y con más de 2000 publicaciones en el campo de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes, la ONU retomó este llamado solicitando a la OMS su intervención en el problema de la extinción de las abejas que supone una crisis de salud mundial y ambiental, [37].

En 2004, investigaciones se realizaron con la mosca del vinagre, al exponerla a la radiación de un teléfono móvil (900 MHz) durante los primeros 2-5 días de vida adulta, la capacidad reproductiva de la especie decreció un 50-60% en condiciones de radiación modulada (emisión generada cuando se habla por teléfono) y un 15-20% con radiación no modulada (emisión con el teléfono en silencio), el descenso de la capacidad se produjo en ambos sexos, aunque afectó más a las hembras. Los resultados de esta investigación indican que la radiación afecta al desarrollo gonadal de los insectos de

una forma no térmica. Los autores de dicho estudio concluyeron que las radiofrecuencias, específicamente de GSM, son altamente bioactivas y provocan significativas alteraciones en las funciones fisiológicas de los organismos vivos, por lo que recomiendan una prudente evitación. Las ondas pulsadas (en ráfagas) así como determinadas modulaciones a baja frecuencia, han mostrado ser las más activas desde el punto de vista biológico, [38].

En otra investigación realizada con campos electromagnéticos de baja frecuencia, huevos y larvas de la mosca de vinagre, expuestas a un campo alterno de 11 militeslas con una frecuencia de 50 Hz durante un tiempo variable, se observó cambios en el desarrollo en un gran número de moscas adultas con anormalidades debido a fallos en el ADN, [38].

Experimentos con otros dípteros, expusieron huevos del mosquito *Anopheles Gambiae* a campos magnéticos elevados de 9 y 14 T en periodos sensibles de desarrollo fetal, la media de tiempo de eclosión sufrió un retraso que incrementó de forma no lineal con el aumento del campo magnético al que se sometieron. Tras exponer cromosomas gigantes de *Acricotopus Lucidus* (mosquito) a una radiación de microondas de varias frecuencias con una densidad de potencia menor a 6 mW/cm² observaron alteraciones de la estructura cromosómica, [38].

Algunos testimonios de personas y de observaciones anecdóticas indican que las moscas y arañas, entre otros insectos desaparecen de las áreas de influencia de las antenas de telefonía móvil, donde se reciben los niveles más altos de la radiación, se desconoce si se produce un abandono del área o bien la muerte de las especies que viven en la zona, tampoco se sabe si el motivo es por el deterioro de la calidad del habitat o por la falta de recursos alimenticios, [38].

Un estudio realizado sobre “Efectos de la radiación electromagnética de radiofrecuencia (RF-EMF) en el desarrollo de la abeja reina y el éxito de apareamiento”, manifiesta que expusieron las abejas a la radiación de un dispositivo de telefonía móvil (banda GSM a 900 MHz) durante todas las etapas de su desarrollo pre-adulto, proporcionando evidencia de que la radiación de los teléfonos móviles pueden alterar el desarrollo de pupas, no se ha manifestado ningún deterioro adicional en la edad adulta, [39].

Existe una teoría que establece que la presencia de ciertas longitudes de onda de campos electromagnéticos puede resonar con algunos tejidos de las abejas. Esta resonancia perturbaría la capacidad de la abeja para encontrar el camino de regreso a

la colmena. Pero en el mundo de la ciencia existe una división acerca de esta información. Ya que la pérdida de la abeja no está ocurriendo proporcionalmente al aumento constante del teléfono celular y otras transmisiones electromagnéticas. Así también, los investigadores sostienen que la pérdida de abejas también se produjo en áreas sin recepción de teléfonos celulares, además de que muchas colmenas situadas cerca de torres celulares, radio y líneas de transmisión aún prosperan sin perturbaciones, por ello algunos investigadores llegaron a la conclusión de que los campos electromagnéticos producidos por nuestras tecnologías no son una amenaza para la telefonía móvil, [40].

Por otra parte, estudios de 2013 han encontrado que las señales de los teléfonos móviles celulares repelen a las abejas o que las abejas actúan de manera errática alrededor de los teléfonos móviles, como si dichas señales las confundieran. Después de mantener un teléfono móvil por un mes a lado de una colmena, realizando llamadas de 15 minutos por día. Se dieron cuenta que la cantidad de abejas dentro de la colmena disminuyó en un 50% y que los huevos tampoco se transformaron en larvas. Según estos resultados puede haber una afección clara entre la radiación de los teléfonos móviles y el sistema de navegación de las abejas melíferas, [40].

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. MATERIALES

En el presente trabajo, se ha optado por el equipo medidor de radiación no ionizante de banda ancha isotrópico SRM-3006. Para la selección del equipo se tomaron las siguientes consideraciones:

- La norma UIT- K.61 recomienda optar por un dispositivo medidor de banda ancha para realizar las mediciones de campo, el equipo debe poseer certificación internacional de la ICNIRP.
- ARCOTEL, actual ente regulatorio del país menciona en su reglamento 01-01-CONATEL 2005 el uso del presente equipo, además de ser el único órgano en poseer el dispositivo para fines de evaluación de seguridad de radiaciones no ionizantes.

5.1.1. MEDIDOR SELECTIVO DE RADIACIÓN NARDA SRM – 3006

El SRM-3006 es un sistema de medición selectivo de frecuencia para análisis de seguridad y mediciones ambientales en campos electromagnéticos de alta frecuencia en el rango de frecuencias de 9 kHz a 6 GHz. Debido a que las señales con frecuencias de esta magnitud son muy difíciles de muestrear digitalmente, el SRM-3006 usa una combinación de procesamiento de señales analógicas y digitales. Es ideal para medir valores absolutos y límites de campos electromagnéticos de alta frecuencia, como los debidos a radiodifusión (AM, FM), TV (analógica, DVB-T), BOS (Tetra), telecomunicaciones móviles (GSM, UMTS, LTE), radar, y comunicaciones inalámbricas (WiMax, WLAN), [41].



Figura 9. Medidor selectivo de frecuencia NARDA SRM 3006, [41].

En entornos de campo desconocidos, como los que se encuentran alrededor de los llamados sitios compartidos, donde varios proveedores de servicios de telefonía móvil comparten un sitio de antena común, el SRM-3006 muestra el nivel de campo total, así como las contribuciones realizadas por los servicios individuales, ya sea como absolutos valores o como porcentaje del nivel límite permitido. Cada servicio se puede resolver a través de sus canales individuales y la contribución de cada canal a la emisión de campo global se puede medir utilizando el SRM-3006. De la misma manera, el valor se puede integrar en la banda de frecuencia del servicio y el valor total mostrado, de nuevo como un valor absoluto o en términos del valor límite relevante. El SRM-3006 también incluye naturalmente todas las funciones típicas de un analizador de espectro y, como tal, puede aplicarse universalmente. Una ventaja adicional es la alta velocidad de medición en anchos de banda de resolución pequeña (RBW), [41].



Figura 10. Ejemplo de uso del equipo SRM 3006, [41].

La principal tarea del equipo es medir la intensidad de campo, para ello el equipo completo de medición consiste en la unidad básica con una antena montada directamente en ella. También incluye un cable de 1,5m de longitud en todos los conjuntos de sistemas de medición de intensidad de campo. La antena debe colocarse con exactitud y sin interrupciones para realizar mediciones de precisión, de igual manera se puede agregar un trípode opcional con un soporte de antena adecuado al equipo de medición, [41].



Figura 11. Antena NARDA isotrópica de tres ejes, [41].

El SRM-3006 es un medidor de campo que ha sido especialmente diseñado para su uso al aire libre y en lugares de medición difíciles de alcanzar o incómodos. Por lo tanto, las funciones del dispositivo se han adaptado para garantizar la facilidad de manejo en situaciones prácticas. Algunas de las características más destacadas son, [41]:

- Práctico tamaño y peso ligero a pesar de una amplia gama de funciones.
- Los agarres antideslizantes de forma ergonómica garantizan que el dispositivo se pueda sostener de forma segura y que todos los controles se puedan alcanzar fácilmente durante la medición.
- Ajuste adicional para colocar una correa de muñeca en el lado izquierdo del dispositivo.
- La pantalla LCD grande y clara con retroiluminación es fácil de leer bajo diversas condiciones de iluminación.
- El teclado de aluminio asegura un funcionamiento confiable en condiciones pobres o cuando usando guantes.
- Recargable rápido, sin complicaciones.

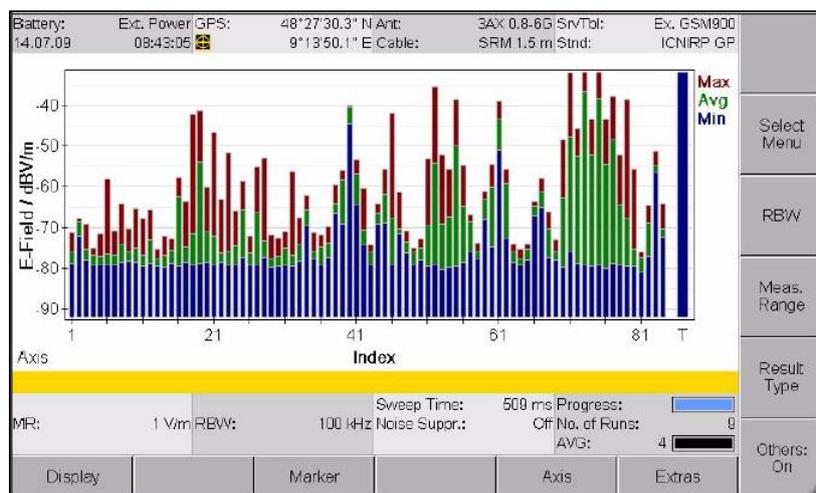


Figura 12. Vista de gráfico de barras en modo evaluación de seguridad del equipo SRM-3006, [41].

El equipo NARDA SRM-3006 incluye una antena de tres ejes que permite mediciones isotrópicas rápidas y simples con la determinación automática de los tres componentes de campo a medir en el rango de frecuencias de tecnologías de última generación inalámbrica y de telefonía móvil. La antena NARDA está equipada con un cable de control además del conductor de RF, esto se conecta a la unidad básica mediante un conector de múltiples clavijas y transfiere los parámetros de antena (tipo, número de serie, fecha de calibración, lista de factores de antena, etc.) para poder usar dichos datos posteriormente, [41].

5.2. MÉTODOS

Para el desarrollo de las mediciones de radiación no ionizante, primeramente, se realizó la recolección de información dentro de la ciudad de Loja. Particularmente se indagó en el número de estaciones base que funcionan actualmente con tecnología 4G para cada operador de telefonía móvil en la ciudad de Loja; CNT, Claro y Movistar.

Tabla 11. Número de BTS por operador en la ciudad de Loja. Fuente: [ARCOTEL].

LOJA	Tecnología 4G
CNT	8
CLARO (CONECEL)	38
MOVISTAR (OTECCEL)	14

Las estaciones base 4G de telefonía móvil se encuentran distribuidas en distintos puntos para brindar cobertura a la mayor parte de la ciudad, a continuación, se muestra las coordenadas (latitud y longitud) para cada BTS del operador CNT, en las cuales se realizó las mediciones de RNI.

Tabla 12. Coordenadas de ubicación de estaciones base 4G correspondientes al operador de telefonía móvil CNT. Fuente: [CNT].

Operador: CNT Sistema: 4G	Coordenadas		
	Sitio	Latitud	Longitud
	LOJA - CENTRO	3°59'46.57"S	79°12'2.66"O
	LOJA – EL ROSAL	4° 1'18.77"S	79°12'1.48"O
	LOJA - LAS PITAS	3°58'11.21"S	79°12'26.57"O
	LOJA - IESS	3°59'6.86"S	79°12'19.91"O

LOJA – DEPARTAMENTO TÉCNICO	4° 0'11.81"S	79°12'16.67"O
LOJA - SAN AGUSTÍN	4° 0'0.58"S	79°12'4.50"O
LOJA - LA PAZ	3°57'19.37"S	79°12'49.03"O
LOJA – JUAN DE SALINAS	3°59'29.76"S	79°12'17.01"O

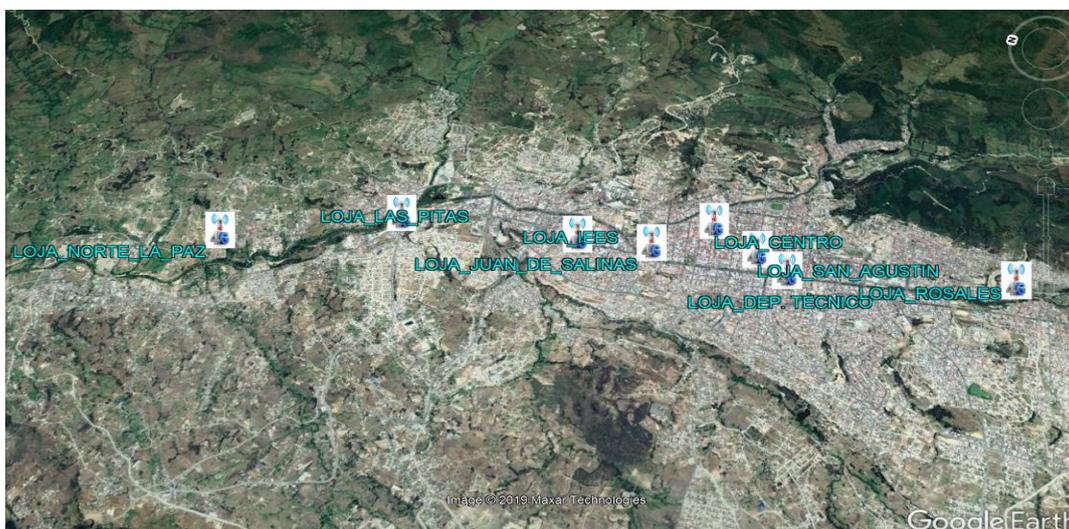


Figura 13. Ubicación en Google Earth de estaciones base 4G de la operadora CNT en la ciudad de Loja.
Fuente: [Autor].

5.2.1. APLICACIÓN DE RECOMENDACIONES

En el desarrollo del presente trabajo, para las mediciones de radiación no ionizante en las BTS con tecnología 4G en la ciudad de Loja, se hizo uso de algunas normas internacionales las cuales nos brindan información acerca de cómo se deben realizar las medidas e instrumentación necesaria para la RNI. Las recomendaciones más importantes son las de los siguientes organismos: Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP), Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) y el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC).

- **Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP)**

Este organismo reconocido por la Organización Mundial de la Salud (OMS), en su documento “*Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos*” tiene como objetivo establecer recomendaciones para limitar la exposición a los campos electromagnéticos para brindar protección contra los

efectos adversos o no a la salud de las personas expuestas. Las recomendaciones cubren todo el rango de frecuencias variables en el tiempo hasta los 300 GHz.

Estudios sobre efectos directos e indirectos de los CEM son descritos; los efectos directos son el resultado de la interacción directa de los campos con el cuerpo, los efectos indirectos envuelven la interacción con un objeto a un potencial eléctrico diferente del cuerpo. Resultados de estudios de laboratorio y epidemiológicos, criterios básicos de exposición y niveles de referencia para evaluación práctica del peligro son discutidos y las recomendaciones presentadas se aplican a la exposición ocupacional y poblacional.

Para establecer los límites de exposición, la ICINRP reconoce la necesidad de reconciliar diferentes opiniones de científicos. La validez de los reportes científicos tiene que ser considerada y las extrapolaciones de experimentos en animales a efectos en los seres humanos tienen que ser realizadas. Las restricciones en estas recomendaciones fueron basadas solamente en datos científicos, el conocimiento disponible a la fecha, sin embargo, se debe indicar que dichas restricciones proveen un adecuado nivel de protección de la exposición a CEM variables en el tiempo.

- **Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)**

Es una organización intergubernamental de la familia de las Naciones Unidas que se encarga de la reglamentación, normalización y desarrollo de las telecomunicaciones en el mundo incluida la gestión internacional del espectro de frecuencias radioeléctricas y de la órbita de satélites geoestacionarios.

Actualmente abarca tres sectores fundamentales:

- UIT-R: Radiocomunicaciones
- UIT-T: Normalización
- UIT-D: Desarrollo

El enfoque para el presente trabajo se hará en la recomendación de la serie K que trata sobre protección contra las interferencias, específicamente en la recomendación UIT-T K.52 e UIT-K.61.

- **UIT-T K.52**

Tiene como finalidad facilitar el cumplimiento por las instalaciones de telecomunicaciones de los límites de seguridad cuando existe exposición de las personas a campos electromagnéticos producidos por equipos de telecomunicaciones

en la gama de frecuencias de 9 kHz a 300 kHz. Presenta orientación general, un método de cálculo y un procedimiento de evaluación de las instalaciones, [42].

- **UIT-T K.61**

Enfocada en las directrices sobre la medición y la predicción numérica de los campos electromagnéticos para comprobar que las instalaciones de telecomunicaciones cumplan los límites de exposición de las personas. Esta recomendación ayuda a los operadores de telecomunicaciones a verificar el cumplimiento de las normas relativas a la exposición de las personas a los campos electromagnéticos formuladas por las autoridades locales o nacionales, [43].

También define las herramientas, los métodos y los procedimientos que pueden utilizarse para evaluar el cumplimiento de los límites de exposición. La conformidad con las normas relativas a la exposición de las personas a la radiofrecuencia puede determinarse midiendo la intensidad de campo electromagnético, siempre que se utilicen instrumentos debidamente calibrados y se exprese correctamente la incertidumbre de la medición, [43].

Esta recomendación es importante en el desarrollo del presente trabajo ya que indica el equipamiento correcto que se debe utilizar para las mediciones, en la cual señala que con dispositivos de banda ancha es posible realizar mediciones selectivas en frecuencias en bandas amplias utilizando una pequeña antena de banda ancha (bicónica, de bocina, etc.) o con dispositivos de banda estrecha normalmente con antenas que poseen un factor de antena plano en una gama de espectro limitada, [43].

En lo referente a la directividad de la antena, la recomendación menciona que la respuesta de la antena puede ser isótropa o directiva, en el caso de dispositivos isótropos la respuesta debe ser independiente de la dirección del campo electromagnético incidente. Cuando el dispositivo es directivo, la respuesta será dependiente de dicha dirección. En la región de campo lejano, es posible medir la componente de campo eléctrico o la componente de campo magnético y determinar la densidad de potencia equivalente. Sin embargo, se prefiere normalmente los dispositivos de medición de la componente de campo eléctrico, [43].

- **Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC)**

El Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC) desarrolla estándares europeos para la ingeniería eléctrica. El comité representa los intereses de 33 países miembros y 13 países miembros afiliados para el mercado europeo.

CENELEC está comprometido a satisfacer las necesidades de la industria europea y otras partes interesadas en el mercado en las áreas de normalización y evaluación de la conformidad en las áreas de electricidad, electrónica y tecnologías asociadas. Así como también a liderar el mejoramiento de todos los aspectos de la calidad del producto, la seguridad del producto, la calidad del servicio y la seguridad de los servicios en las áreas de electricidad, electrónica y tecnologías asociadas, incluida la protección del medio ambiente, la accesibilidad y la innovación, y de esta manera contribuir al bienestar de la sociedad.

- **CENELEC EN 50400**

El presente trabajo se orienta en la recomendación CENELEC 50400 porque define dentro del entorno operativo, los métodos para evaluar el valor del índice de exposición total o para establecer si el índice de exposición total es menor o igual a uno en áreas relevantes donde el público en general tiene acceso. Esta norma especifica alturas recomendables para realizar las mediciones de radiación no ionizante; las cuales son a 110, 150 y 170 cm de altura.

5.2.2. PROCESO DE EVALUACIÓN PARA LA MEDICIÓN DE RNI

El proceso de evaluación para realizar las mediciones de manera correcta está enfocado por: el área poblacional donde se ubicarán los puntos críticos para realizar las mediciones, esta área abarca: edificaciones, centros de salud, hospitales, etc. Se debe considerar la hora de exposición poblacional y ocupacional para tomar mediciones alrededor de la BTS, en diferentes momentos durante el día teniendo en cuenta también la hora de mayor tráfico de comunicaciones.

Se usa un protocolo de medición para realizar las mediciones de la RNI en cada estación base de telefonía móvil, los pasos a seguir son los siguientes:

1. Obtener la ubicación exacta de la estación base a monitorear (latitud y longitud).
2. Verificar el correcto funcionamiento del equipo a utilizar. A continuación, se muestra los parámetros a calibrar en el equipo Narda SRM 3006.

Tabla 13. Elementos para calibración correcta del equipo, [41].

No.	Elemento	Descripción
1	Batería	El equipo debe estar al 100% de carga, antes de realizar cualquier medición.
2	GPS	El GPS deberá ser calibrado para detectar automáticamente coordenadas en el punto exacto de la medición.
3	Antena	Si la antena está correctamente acoplada nos indicará en la pantalla el modelo utilizado, en este caso antena triaxial omnidireccional.
4	Tabla de servicio/Estándar	En este punto se debe calibrar la banda de frecuencias para telefonía móvil junto con el estándar ICNIRP.
5	Rango Máximo	Es la sensibilidad del sistema, se lo calibra para evitar sobrecarga de señales que estén fuera de la banda de frecuencias de los servicios que se está midiendo. En este punto también se verifica que la unidad de medición este calibrada correctamente para campo eléctrico V/m, campo magnético A/m y para densidad de potencia W/m ² .
6	Ancho de Banda	La resolución del ancho de banda (RBW) determina la capacidad para distinguir entre señales que tienen la misma amplitud, pero diferentes frecuencias. Este valor se configura automáticamente cuando detecta el rango de frecuencia de LTE.
7	Tiempo de barrido	La duración de cada ciclo de medida se dará automáticamente de acuerdo a los slots de tiempo de tiempo para LTE.

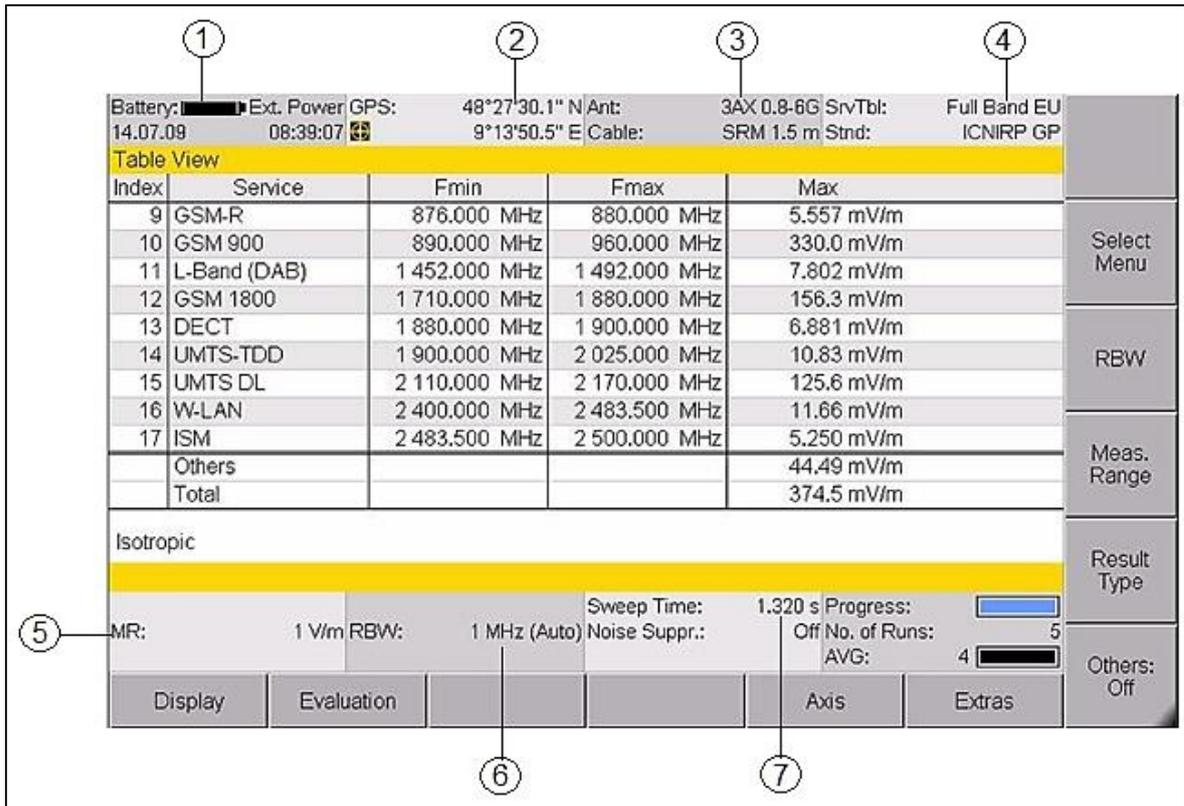


Figura 14. Pantalla principal del equipo, muestra los elementos para correcta calibración, [41].

3. Seleccionar los puntos alrededor de la estación base, en los que se harán las mediciones. Estos puntos se determinan de acuerdo al número y orientación de antenas en la BTS. Se realizan 6 mediciones a diferentes distancias de la BTS, procurando que estas sean en dirección del lóbulo principal de la antena.

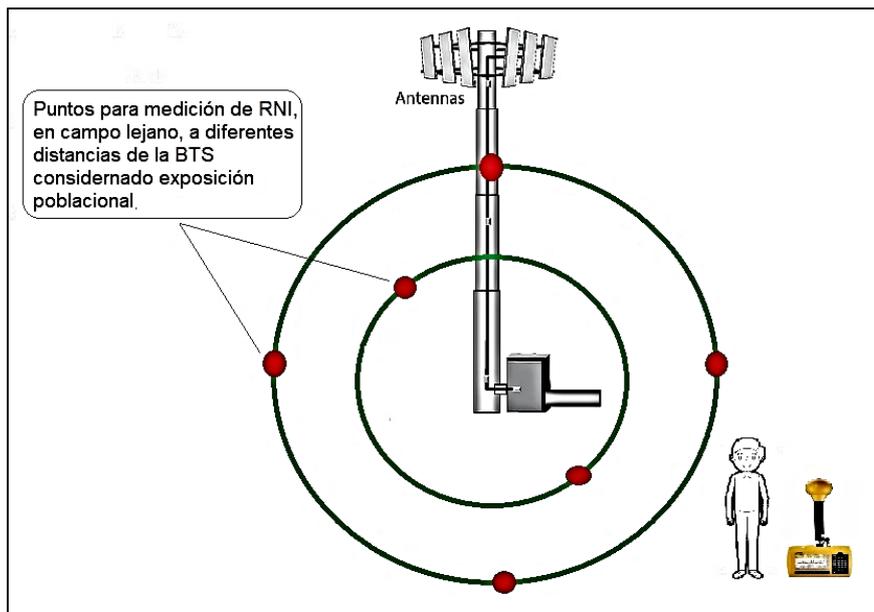


Figura 15. Modo en el que se realizará las mediciones de radiación no ionizante de campo lejano, en cada BTS. Fuente: [Autor].

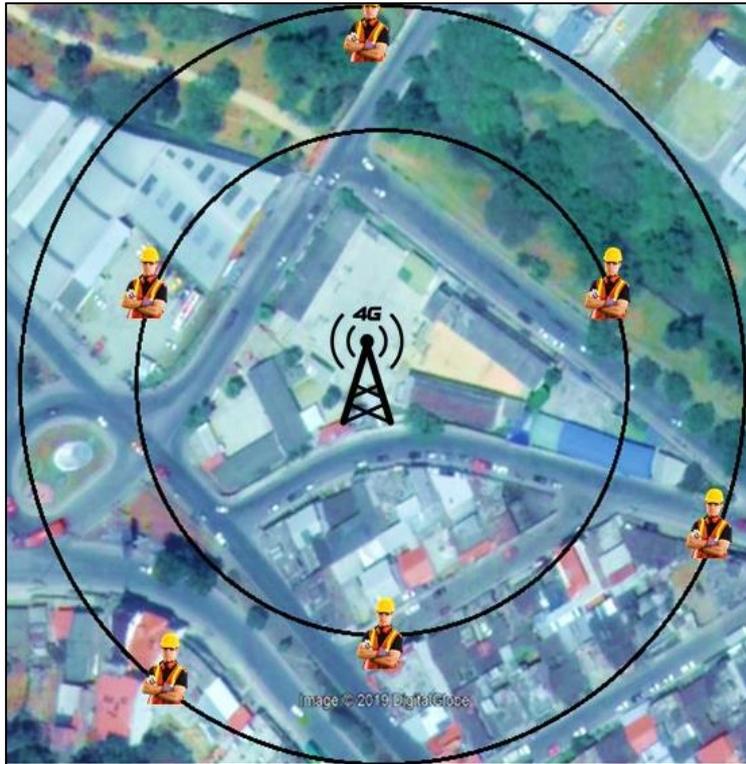


Figura 16. Ubicación física del personal que realiza las mediciones, vista aérea usando Google Earth para la estación base CNT Las Pitás. Fuente: [Autor].

4. A continuación, se procede a realizar las mediciones de campo eléctrico, al momento de medir no se debe interferir entre la fuente radiante y el sensor del equipo de medición. Es importante apagar cualquier dispositivo electrónico cercano ya que puede causar interferencia en la medición. Se considerará un intervalo de tiempo específico para cada medición.
5. Si en los resultados las mediciones superan el 50% del límite máximo permitido de emisión de radiación no ionizante, se debe realizar medidas adicionales, caso contrario se determinará que la estación de telecomunicaciones cumple con los niveles de referencia de la ICNIRP.

5.2.3. DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN

Como se mencionó anteriormente en el proceso de evaluación, en el área poblacional se ubicaron los puntos críticos para realizar las mediciones, abarcando todo tipo de edificaciones alrededor de la estación base. A continuación, se explica el proceso realizado:

- Se tomaron 6 puntos para la medición de RNI alrededor de cada BTS del operador CNT, existentes en la ciudad de Loja.

- Las mediciones de RNI se efectuaron en horarios de 7h00 a 17h00, para obtener la mayor cantidad de muestras posibles en horas de menor y mayor tráfico. Para cada BTS se efectúa la medición durante un intervalo de 6 minutos por punto.
- Se efectuaron medidas de campo eléctrico, campo magnético y densidad de potencia en cada BTS de CNT, cuyo rango de frecuencias están concesionadas para 4G en la banda de 700 MHz (733-748 MHz up-link y 788-803 MHz down-link). Para AWS las frecuencias están concesionadas en la banda de 1710-1730 MHz up-link y 2110-2130 MHz down-link.

Tabla 14. Distribución de los puntos de medición de la estación base "Nodo Loja Centro" de la operadora CNT. Fuente: [Autor].

Punto de medición	Ubicación		
	Latitud	Longitud	Altitud
Punto 1	3°59'45,9" S	79°12'00,7" O	2078 m
Punto 2	3°59'49,0" S	79°12'00,4" O	2081 m
Punto 3	3°59'54,0" S	79°12'01,1" O	2089 m
Punto 4	3°59'52,7" S	79°12'05,7" O	2100 m
Punto 5	3°59'48,4" S	79°12'07,5" O	2082 m
Punto 6	3°59'41,8" S	79°12'07,0" O	2083 m

Tabla 15. Distribución de los puntos de medición de la estación base "Nodo San Agustín" de la operadora CNT. Fuente: [Autor].

Punto de medición	Ubicación		
	Latitud	Longitud	Altitud
Punto 1	4°0'01,1" S	79°12'06,5" O	2093 m
Punto 2	4°0'06,5" S	79°12'05,2" O	2093 m
Punto 3	4°0'04,7" S	79°12'01,5" O	2093 m
Punto 4	4°0'02,1" S	79°11'59,5" O	2084 m
Punto 5	3°59'59,0" S	79°12'01,2" O	2086 m
Punto 6	3°59'57,2" S	79°12'05,3" O	2098 m

Tabla 16. Distribución de los puntos de medición de la estación base "Nodo Departamento Técnico" de la operadora CNT. Fuente: [Autor].

Punto de medición	Ubicación		
	Latitud	Longitud	Altitud
Punto 1	4°0'08,8" S	79°12'12,4" O	2083 m
Punto 2	4°0'13,4" S	79°12'11,8" O	2108 m
Punto 3	4°0'14,1" S	79°12'16,1" O	2090 m
Punto 4	4°0'13,3" S	79°12'20,1" O	2098 m
Punto 5	4°0'10,3" S	79°12'19,6" O	2090 m
Punto 6	4°0'08,7" S	79°12'16,5" O	2097 m

Tabla 17. Distribución de los puntos de medición de la estación base "Nodo Juan de Salinas" de la operadora CNT. Fuente: [Autor].

Punto de medición	Ubicación		
	Latitud	Longitud	Altitud
Punto 1	3°59'30,4" S	79°12'18,7" O	2073 m
Punto 2	3°59'32,8" S	79°12'16,1" O	2071 m
Punto 3	3°59'29,9" S	79°12'12,6" O	2067 m
Punto 4	3°59'24,3" S	79°12'15,0" O	2067 m
Punto 5	3°59'24,6" S	79°12'18,3" O	2066 m
Punto 6	3°59'27,6" S	79°12'19,8" O	2069 m

Tabla 18. Distribución de los puntos de medición de la estación base "Nodo La Paz" de la operadora CNT. Fuente: [Autor].

Punto de medición	Ubicación		
	Latitud	Longitud	Altitud
Punto 1	3°57'18,8" S	79°12'45,5" O	2075 m
Punto 2	3°57'21,1" S	79°12'46,0" O	2062 m
Punto 3	3°57'23,8" S	79°12'46,4" O	2050 m
Punto 4	3°57'24,9" S	79°12'49,8" O	2045 m
Punto 5	3°57'21,6" S	79°12'52,8" O	2047 m
Punto 6	3°57'15,9" S	79°12'47,7" O	2071 m
Punto 7	3°57'17,3" S	79°12'51,1" O	2055 m

Tabla 19. Distribución de los puntos de medición de la estación base "Nodo Las Pitas" de la operadora CNT. Fuente: [Autor].

Punto de medición	Ubicación		
	Latitud	Longitud	Altitud
Punto 1	3°58'09,5" S	79°12'23,4" O	2049 m
Punto 2	3°58'07,2" S	79°12'26,2" O	2047 m
Punto 3	3°58'09,6" S	79°12'28,7" O	2054 m
Punto 4	3°58'13,0" S	79°12'28,4" O	2060 m
Punto 5	3°58'13,7" S	79°12'26,5" O	2061 m
Punto 6	3°58'12,4" S	79°12'22,1" O	2051 m

Tabla 20. Distribución de los puntos de medición de la estación base "Nodo IESS" de la operadora CNT. Fuente: [Autor].

Punto de medición	Ubicación		
	Latitud	Longitud	Altitud
Punto 1	3°59'02,7" S	79°12'18,0" O	2068 m
Punto 2	3°59'04,4" S	79°12'22,0" O	2069 m

Punto 3	3°59'07,3" S	79°12'21,9" O	2060 m
Punto 4	3°59'10,4" S	79°12'18,1" O	2065 m
Punto 5	3°59'08,8" S	79°12'15,7" O	2058 m
Punto 6	3°59'06,2" S	79°12'14,3" O	2063 m
Punto 7	3°59'04,3" S	79°12'15,8" O	2059 m

Tabla 21. Distribución de los puntos de medición de la estación base "Nodo El Rosal" de la operadora CNT. Fuente: [Autor].

Punto de medición	Ubicación		
	Latitud	Longitud	Altitud
Punto 1	4°1'21,0" S	79°12'01,8" O	2140 m
Punto 2	4°1'22,0" S	79°11'59,5" O	2159 m
Punto 3	4°1'20,4" S	79°11'58,8" O	2159 m
Punto 4	4°1'17,9" S	79°11'58,5" O	2154 m
Punto 5	4°1'16,3" S	79°12'01,0" O	2148 m
Punto 6	4°1'15,8" S	79°12'03,2" O	2137 m

6. RESULTADOS

6.1. VALORES OBTENIDOS DE RADIACIÓN NO IONIZANTE

Las mediciones de RNI se realizaron acorde con las recomendaciones citadas anteriormente, en las cuales se recomienda que, para frecuencias entre 100 kHz a 10 GHz, el periodo de tiempo en el que se debe realizar la medición será de 6 minutos. El procedimiento de medición se efectuó en todas las estaciones base del operador CNT.

A continuación, se muestra detalladamente los valores obtenidos de campo eléctrico, campo magnético y densidad de potencia, así como la hora en la que se realizaron dichas mediciones.

6.1.1. NODO LOJA CENTRO

Tabla 22. Valores obtenidos de medición en nodo "Loja Centro" punto 1, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 1				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
7:43 a.m.	733 - 738	0,005455	0,00001447	0,00000007894
	738 - 743	0,004995	0,00001325	0,00000006618

	743 - 748	0,007906	0,00002097	0,0000001658
	788 - 793	0,2755	0,0007307	0,0002013
	793 - 798	0,2236	0,0005932	0,0001326
	798 - 803	0,243	0,0006445	0,0001566
	1710 - 1730	0,008401	0,00002228	0,0000001872
	1895 - 1910	0,008119	0,00002154	0,0000001748
	1975 - 1990	0,2724	0,0007225	0,0001968
	2110 - 2130	0,3274	0,0008685	0,0002844

Tabla 23. Valores obtenidos de medición en nodo "Loja Centro" punto 2, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 2				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
7:54 a.m. 	733 - 738	0,005674	0,00001505	0,0000000854
	738 - 743	0,005087	0,00001349	0,00000006864
	743 - 748	0,005125	0,0000136	0,00000006968
	788 - 793	0,2929	0,0007769	0,0002276
	793 - 798	0,3854	0,001022	0,000394
	798 - 803	0,2683	0,0007116	0,0001909
	1710 - 1730	0,008485	0,00002251	0,000000191
	1895 - 1910	0,008187	0,00002172	0,0000001778
	1975 - 1990	0,1233	0,000327	0,00004032
	2110 - 2130	0,05037	0,0001336	0,000006729

Tabla 24. Valores obtenidos de medición en nodo "Loja Centro" punto 3, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 3				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
8:04 a.m.	733 - 738	0,005105	0,00001354	0,00000006914
	738 - 743	0,005182	0,00001375	0,00000007124
	743 - 748	0,005178	0,00001373	0,00000007112
	788 - 793	0,2094	0,0005553	0,0001163

	793 - 798	0,2351	0,0006235	0,0001466
	798 - 803	0,2643	0,000701	0,0001853
	1710 - 1730	0,009523	0,00002526	0,0000002406
	1895 - 1910	0,00859	0,00002279	0,0000001957
	1975 - 1990	0,4653	0,001234	0,0005744
	2110 - 2130	0,184	0,000488	0,00008978

Tabla 25. Valores obtenidos de medición en nodo "Loja Centro" punto 4, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 4				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
8:25 a.m. 	733 - 738	0,005276	0,00001399	0,00000007383
	738 - 743	0,005423	0,00001438	0,000000078
	743 - 748	0,004981	0,00001321	0,00000006582
	788 - 793	0,06495	0,0001723	0,00001119
	793 - 798	0,06713	0,0001781	0,00001195
	798 - 803	0,05381	0,0001427	0,000007681
	1710 - 1730	0,008505	0,00002256	0,0000001919
	1895 - 1910	0,008392	0,00002226	0,0000001868
	1975 - 1990	0,1366	0,0003624	0,00004952
	2110 - 2130	0,1077	0,0002856	0,00003075

Tabla 26. Valores obtenidos de medición en nodo "Loja Centro" punto 5, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 5				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
8:40 a.m.	733 - 738	0,005613	0,00001489	0,00000008358
	738 - 743	0,005502	0,00001459	0,00000008029
	743 - 748	0,005055	0,00001341	0,00000006779
	788 - 793	0,5405	0,001434	0,0007749

	793 - 798	0,5731	0,00152	0,0008711
	798 - 803	0,5143	0,001364	0,0007016
	1710 - 1730	0,008438	0,00002238	0,0000001888
	1895 - 1910	0,008287	0,00002198	0,0000001822
	1975 - 1990	2,505	0,006644	0,01664
	2110 - 2130	1,275	0,003383	0,004314

Tabla 27. Valores obtenidos de medición en nodo "Loja Centro" punto 6, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 6				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
9:23 a.m. 	733 - 738	0,00525	0,00001392	0,0000000731
	738 - 743	0,005122	0,00001359	0,00000006959
	743 - 748	0,005075	0,00001346	0,00000006831
	788 - 793	0,03047	0,00008083	0,000002463
	793 - 798	0,03137	0,00008321	0,00000261
	798 - 803	0,0342	0,00009072	0,000003103
	1710 - 1730	0,008775	0,00002328	0,0000002043
	1895 - 1910	0,008534	0,00002264	0,0000001932
	1975 - 1990	0,7247	0,001922	0,001393
	2110 - 2130	0,3141	0,0008332	0,0002617

6.1.2. NODO SAN AGUSTÍN

Tabla 28. Valores obtenidos de medición en nodo "San Agustín" punto 1, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 1				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
9:40 a.m.	733 - 738	0,005912	0,00001568	0,0000000927
	738 - 743	0,005453	0,00001446	0,00000007887

	743 - 748	0,005014	0,0000133	0,00000006669
	788 - 793	0,00578	0,00001533	0,00000008863
	793 - 798	0,005629	0,00001493	0,00000008404
	798 - 803	0,005935	0,00001574	0,00000009343
	1710 - 1730	0,01982	0,00005257	0,000001042
	1895 - 1910	0,008571	0,00002273	0,0000001949
	1975 - 1990	1,161	0,003079	0,003574
	2110 - 2130	0,2489	0,0006602	0,0001643

Tabla 29. Valores obtenidos de medición en nodo "San Agustín" punto 2, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 2				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
9:50 a.m. 	733 - 738	0,005507	0,00001461	0,00000008045
	738 - 743	0,005532	0,00001468	0,00000008119
	743 - 748	0,005316	0,0000141	0,00000007497
	788 - 793	0,005771	0,00001531	0,00000008835
	793 - 798	0,005829	0,00001546	0,00000009011
	798 - 803	0,005537	0,00001469	0,00000008132
	1710 - 1730	0,008778	0,00002328	0,0000002044
	1895 - 1910	0,009033	0,00002396	0,0000002164
	1975 - 1990	0,1067	0,0002831	0,00003021
	2110 - 2130	0,06657	0,0001766	0,00001175

Tabla 30. Valores obtenidos de medición en nodo "San Agustín" punto 3, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 3				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
10:00 a.m.	733 - 738	0,005621	0,00001491	0,0000000838
	738 - 743	0,005296	0,00001405	0,00000007441
	743 - 748	0,00493	0,00001308	0,00000006447
	788 - 793	0,005439	0,00001443	0,00000007846

	793 - 798	0,005446	0,00001445	0,00000007869
	798 - 803	0,004848	0,00001286	0,00000006234
	1710 - 1730	0,008775	0,00002328	0,0000002042
	1895 - 1910	0,008399	0,00002228	0,0000001871
	1975 - 1990	0,2108	0,000559	0,0001178
	2110 - 2130	0,6663	0,001767	0,001178

Tabla 31. Valores obtenidos de medición en nodo "San Agustín" punto 4, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 4				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
10:07 a.m. 	733 - 738	0,005474	0,00001452	0,00000007947
	738 - 743	0,005488	0,00001456	0,00000007989
	743 - 748	0,005764	0,00001529	0,00000008814
	788 - 793	0,01413	0,00003749	0,0000005299
	793 - 798	0,01673	0,00004437	0,0000007421
	798 - 803	0,01305	0,00003461	0,0000004516
	1710 - 1730	0,00888	0,00002355	0,0000002092
	1895 - 1910	0,008553	0,00002269	0,0000001941
	1975 - 1990	0,4116	0,001092	0,0004493
	2110 - 2130	0,9538	0,00253	0,002413

Tabla 32. Valores obtenidos de medición en nodo "San Agustín" punto 5, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 5				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
10:18 a.m.	733 - 738	0,005473	0,00001452	0,00000007945
	738 - 743	0,005472	0,00001452	0,00000007943
	743 - 748	0,005309	0,00001408	0,00000007477
	788 - 793	0,006796	0,00001803	0,0000001225

	793 - 798	0,007077	0,00001877	0,0000001328
	798 - 803	0,007177	0,00001904	0,0000001366
	1710 - 1730	0,00865	0,00002294	0,0000001985
	1895 - 1910	0,008837	0,00002344	0,0000002071
	1975 - 1990	1,215	0,003223	0,003917
	2110 - 2130	0,6038	0,001602	0,0009672

Tabla 33. Valores obtenidos de medición en nodo "San Agustín" punto 6, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 6				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
10:33 a.m. 	733 - 738	0,005284	0,00001402	0,00000007405
	738 - 743	0,005447	0,00001445	0,00000007871
	743 - 748	0,005382	0,00001428	0,00000007683
	788 - 793	0,05409	0,0001435	0,000007762
	793 - 798	0,06281	0,0001666	0,00001046
	798 - 803	0,05392	0,000143	0,000007713
	1710 - 1730	0,008838	0,00002344	0,0000002072
	1895 - 1910	0,008737	0,00002318	0,0000002025
	1975 - 1990	1,735	0,004603	0,007986
	2110 - 2130	0,9479	0,002514	0,002383

6.1.3. NODO CNT DEPARTAMENTO TÉCNICO

Tabla 34. Valores obtenidos de medición en nodo "CNT Departamento Técnico" punto 1, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 1				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
10:52 a.m.	733 - 738	0,005598	0,00001485	0,00000008313
	738 - 743	0,00609	0,00001615	0,00000009837

	743 - 748	0,005462	0,00001449	0,00000007912
	788 - 793	0,006803	0,00001804	0,0000001227
	793 - 798	0,007695	0,00002041	0,0000001571
	798 - 803	0,007613	0,00002019	0,0000001537
	1710 - 1730	0,008732	0,00002316	0,0000002023
	1895 - 1910	0,01019	0,00002704	0,0000002756
	1975 - 1990	0,6396	0,001697	0,001085
	2110 - 2130	0,5366	0,001423	0,0007637

Tabla 35. Valores obtenidos de medición en nodo "CNT Departamento Técnico" punto 2, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 2				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
11:10 a.m. 	733 - 738	0,005483	0,00001454	0,00000007974
	738 - 743	0,00583	0,00001546	0,00000009016
	743 - 748	0,005665	0,00001503	0,00000008514
	788 - 793	0,0196	0,00005199	0,000001019
	793 - 798	0,01633	0,00004333	0,0000007077
	798 - 803	0,01106	0,00002934	0,0000003246
	1710 - 1730	0,008712	0,00002311	0,0000002013
	1895 - 1910	0,008498	0,00002254	0,0000001916
	1975 - 1990	1,436	0,003808	0,005468
	2110 - 2130	0,6088	0,001615	0,0009831

Tabla 36. Valores obtenidos de medición en nodo "CNT Departamento Técnico" punto 3, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 3				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
11:19 a.m.	733 - 738	0,005528	0,00001466	0,00000008107
	738 - 743	0,005733	0,00001521	0,00000008717
	743 - 748	0,005338	0,00001416	0,00000007558
	788 - 793	0,01807	0,00004794	0,0000008663

	793 - 798	0,01754	0,00004653	0,0000008161
	798 - 803	0,01898	0,00005036	0,000000956
	1710 - 1730	0,008704	0,00002309	0,000000201
	1895 - 1910	0,008619	0,00002286	0,000000197
	1975 - 1990	1,069	0,002835	0,003029
	2110 - 2130	0,1779	0,0004719	0,00008395

Tabla 37. Valores obtenidos de medición en nodo "CNT Departamento Técnico" punto 4, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 4				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
11:26 a.m. 	733 - 738	0,006456	0,00001712	0,0000001106
	738 - 743	0,005962	0,00001582	0,00000009429
	743 - 748	0,005172	0,00001372	0,00000007094
	788 - 793	0,009735	0,00002582	0,0000002514
	793 - 798	0,01129	0,00002995	0,0000003382
	798 - 803	0,01148	0,00003044	0,0000003493
	1710 - 1730	0,008873	0,00002354	0,0000002088
	1895 - 1910	0,009069	0,00002406	0,0000002182
	1975 - 1990	0,3759	0,0009971	0,0003748
	2110 - 2130	0,193	0,0005121	0,00009885

Tabla 38. Valores obtenidos de medición en nodo "CNT Departamento Técnico" punto 5, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 5				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
11:42 a.m.	733 - 738	0,005733	0,00001521	0,00000008718
	738 - 743	0,005559	0,00001475	0,00000008197
	743 - 748	0,005332	0,00001414	0,00000007541
	788 - 793	0,008517	0,00002259	0,0000001924

	793 - 798	0,01005	0,00002666	0,0000002679
	798 - 803	0,008422	0,00002234	0,0000001881
	1710 - 1730	0,00899	0,00002385	0,0000002144
	1895 - 1910	0,008869	0,00002353	0,0000002086
	1975 - 1990	0,9489	0,002517	0,002389
	2110 - 2130	0,2794	0,000741	0,000207

Tabla 39. Valores obtenidos de medición en nodo "CNT Departamento Técnico" punto 6, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 6				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
11:50 a.m. 	733 - 738	0,005789	0,00001536	0,00000008891
	738 - 743	0,005917	0,0000157	0,00000009287
	743 - 748	0,005694	0,0000151	0,00000008601
	788 - 793	0,01469	0,00003896	0,0000005723
	793 - 798	0,01624	0,00004308	0,0000006997
	798 - 803	0,01396	0,00003704	0,0000005172
	1710 - 1730	0,009268	0,00002458	0,0000002279
	1895 - 1910	0,008836	0,00002344	0,0000002071
	1975 - 1990	0,7889	0,002093	0,001651
	2110 - 2130	0,4461	0,001183	0,0005278

6.1.4. NODO JUAN DE SALINAS

Tabla 40. Valores obtenidos de medición en nodo "Juan de Salinas" punto 1, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 1				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
12:16 p.m.	733 - 738	0,005769	0,0000153	0,00000008828
	738 - 743	0,00609	0,00001615	0,00000009838

	743 - 748	0,005372	0,00001425	0,00000007656
	788 - 793	0,01835	0,00004866	0,0000008927
	793 - 798	0,01989	0,00005276	0,000001049
	798 - 803	0,0183	0,00004854	0,0000008881
	1710 - 1730	0,01146	0,00003039	0,0000003481
	1895 - 1910	0,008688	0,00002305	0,0000002002
	1975 - 1990	0,04705	0,0001248	0,000005872
	2110 - 2130	0,0195	0,00005174	0,000001009

Tabla 41. Valores obtenidos de medición en nodo "Juan de Salinas" punto 2, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 2				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
12:24 p.m. 	733 - 738	0,005776	0,00001532	0,00000008851
	738 - 743	0,005532	0,00001467	0,00000008117
	743 - 748	0,005422	0,00001438	0,00000007797
	788 - 793	0,01873	0,00004968	0,0000009305
	793 - 798	0,02007	0,00005324	0,000001069
	798 - 803	0,01769	0,00004693	0,0000008304
	1710 - 1730	0,008887	0,00002357	0,0000002095
	1895 - 1910	0,008752	0,00002321	0,0000002032
	1975 - 1990	0,07072	0,0001876	0,00001327
	2110 - 2130	0,02162	0,00005736	0,00000124

Tabla 42. Valores obtenidos de medición en nodo "Juan de Salinas" punto 3, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 3				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
12:31 p.m.	733 - 738	0,005721	0,00001518	0,00000008683
	738 - 743	0,005765	0,00001529	0,00000008815
	743 - 748	0,01058	0,00002807	0,000000297
	788 - 793	0,01783	0,00004731	0,0000008437

	793 - 798	0,01677	0,00004449	0,000000746
	798 - 803	0,009248	0,00002453	0,0000002268
	1710 - 1730	0,008922	0,00002367	0,0000002112
	1895 - 1910	0,01244	0,000033	0,0000004105
	1975 - 1990	0,0411	0,000109	0,000004481
	2110 - 2130	0,01794	0,0000476	0,000000854

Tabla 43. Valores obtenidos de medición en nodo "Juan de Salinas" punto 4, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 4				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S(W/m ²)
12:40 a.m. 	733 - 738	0,05465	0,000145	0,000007922
	738 - 743	0,02762	0,00007326	0,000002024
	743 - 748	0,05228	0,0001387	0,00000725
	788 - 793	0,0134	0,00003553	0,000000476
	793 - 798	0,01561	0,00004141	0,0000006464
	798 - 803	0,01218	0,0000323	0,0000003933
	1710 - 1730	0,009109	0,00002416	0,0000002201
	1895 - 1910	0,01325	0,00003515	0,0000004659
	1975 - 1990	0,04023	0,0001067	0,000004293
	2110 - 2130	0,02025	0,00005373	0,000001088

Tabla 44. Valores obtenidos de medición en nodo "Juan de Salinas" punto 5, estación base 4G, operador CNT. Fuente: Autor.

PUNTO 5				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
12:50 a.m.	733 - 738	0,005501	0,00001459	0,00000008028
	738 - 743	0,005795	0,00001537	0,00000008906
	743 - 748	0,005462	0,00001449	0,00000007914
	788 - 793	0,02827	0,00007498	0,00000212

	793 - 798	0,03085	0,00008184	0,000002525
	798 - 803	0,03069	0,0000814	0,000002498
	1710 - 1730	0,008902	0,00002361	0,0000002102
	1895 - 1910	0,008906	0,00002362	0,0000002104
	1975 - 1990	0,08104	0,000215	0,00001742
	2110 - 2130	0,0307	0,00008143	0,000002499

Tabla 45. Valores obtenidos de medición en nodo "Juan de Salinas" punto 6, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 6				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
1:00 p.m. 	733 - 738	0,00633	0,00001679	0,0000001063
	738 - 743	0,00583	0,00001546	0,00000009016
	743 - 748	0,005559	0,00001474	0,00000008196
	788 - 793	0,02188	0,00005805	0,00000127
	793 - 798	0,01861	0,00004936	0,0000009185
	798 - 803	0,01803	0,00004784	0,0000008628
	1710 - 1730	0,01826	0,00004842	0,000000884
	1895 - 1910	0,009109	0,00002416	0,0000002201
	1975 - 1990	0,07295	0,0001935	0,00001412
	2110 - 2130	0,02218	0,0000588	0,000001305

6.1.5. NODO LA PAZ

Tabla 46. Valores obtenidos de medición en nodo "La Paz" punto 1, estación base 4G, operador CNT. Fuente: [Autor].

PUNTO 1				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
2:55 p.m.	733 - 738	0,005262	0,00001396	0,00000007346
	738 - 743	0,005499	0,00001459	0,0000000802

	743 - 748	0,005052	0,0000134	0,00000006771
	788 - 793	0,02283	0,00006055	0,000001382
	793 - 798	0,02203	0,00005843	0,000001287
	798 - 803	0,02199	0,00005834	0,000001283
	1710 - 1730	0,008665	0,00002298	0,0000001992
	1895 - 1910	0,008571	0,00002274	0,0000001949
	1975 - 1990	0,2876	0,000763	0,0002195
	2110 - 2130	0,2506	0,0006648	0,0001666

Tabla 47. Valores obtenidos de medición en nodo "La Paz" punto 2, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 2				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
3:02 p.m. 	733 - 738	0,005465	0,0000145	0,00000007922
	738 - 743	0,005349	0,00001419	0,00000007588
	743 - 748	0,005148	0,00001365	0,00000007029
	788 - 793	0,02395	0,00006354	0,000001522
	793 - 798	0,02409	0,00006391	0,00000154
	798 - 803	0,01914	0,00005077	0,0000009717
	1710 - 1730	0,008745	0,0000232	0,0000002029
	1895 - 1910	0,0087	0,00002308	0,0000002008
	1975 - 1990	0,1406	0,000373	0,00005244
	2110 - 2130	0,07261	0,0001926	0,00001398

Tabla 48. Valores obtenidos de medición en nodo "La Paz" punto 3, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 3				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
3:12 p.m.	733 - 738	0,005405	0,00001434	0,0000000775
	738 - 743	0,005679	0,00001506	0,00000008556
	743 - 748	0,005092	0,00001351	0,00000006877
	788 - 793	0,008483	0,0000225	0,0000001909

	793 - 798	0,006647	0,00001763	0,0000001172
	798 - 803	0,006714	0,00001781	0,0000001196
	1710 - 1730	0,008454	0,00002243	0,0000001896
	1895 - 1910	0,008286	0,00002198	0,0000001821
	1975 - 1990	0,2999	0,0007956	0,0002386
	2110 - 2130	0,1426	0,0003784	0,00005397

Tabla 49. Valores obtenidos de medición en nodo "La Paz" punto 4, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 4				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
3:20 p.m. 	733 - 738	0,005473	0,00001452	0,00000007945
	738 - 743	0,00529	0,00001403	0,00000007424
	743 - 748	0,005163	0,0000137	0,00000007072
	788 - 793	0,006833	0,00001812	0,0000001238
	793 - 798	0,007257	0,00001925	0,0000001397
	798 - 803	0,006187	0,00001641	0,0000001015
	1710 - 1730	0,008699	0,00002307	0,0000002007
	1895 - 1910	0,008802	0,00002335	0,0000002055
	1975 - 1990	0,3689	0,0009784	0,0003609
	2110 - 2130	0,1184	0,000314	0,00003718

Tabla 50. Valores obtenidos de medición en nodo "La Paz" punto 5, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 5				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
3:28 p.m.	733 - 738	0,005742	0,00001523	0,00000008746
	738 - 743	0,005583	0,00001481	0,00000008267
	743 - 748	0,005393	0,0000143	0,00000007714
	788 - 793	0,005414	0,00001436	0,00000007774

	793 - 798	0,005669	0,00001504	0,00000008523
	798 - 803	0,005026	0,00001333	0,00000006702
	1710 - 1730	0,008577	0,00002275	0,0000001951
	1895 - 1910	0,008686	0,00002304	0,0000002001
	1975 - 1990	0,1463	0,000388	0,00005677
	2110 - 2130	0,04596	0,0001219	0,000005604

Tabla 51. Valores obtenidos de medición en nodo "La Paz" punto 6, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 6				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
3:37 p.m. 	733 - 738	0,0056	0,00001485	0,00000008318
	738 - 743	0,005742	0,00001523	0,00000008746
	743 - 748	0,005473	0,00001452	0,00000007945
	788 - 793	0,01376	0,0000365	0,0000005021
	793 - 798	0,01013	0,00002688	0,0000002724
	798 - 803	0,008756	0,00002323	0,0000002034
	1710 - 1730	0,008747	0,0000232	0,000000203
	1895 - 1910	0,008677	0,00002302	0,0000001997
	1975 - 1990	0,3669	0,0009731	0,000357
	2110 - 2130	0,1879	0,0004983	0,00009362

Tabla 52. Valores obtenidos de medición en nodo "La Paz" punto 7, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 7				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
3:44 p.m.	733 - 738	0,005623	0,00001492	0,00000008387
	738 - 743	0,005632	0,00001494	0,00000008414
	743 - 748	0,00506	0,00001342	0,0000000679
	788 - 793	0,005495	0,00001458	0,00000008009

	793 - 798	0,005527	0,00001466	0,00000008103
	798 - 803	0,005091	0,0000135	0,00000006874
	1710 - 1730	0,008629	0,00002289	0,0000001975
	1895 - 1910	0,008913	0,00002364	0,0000002107
	1975 - 1990	0,1921	0,0005096	0,00009789
	2110 - 2130	0,07905	0,0002097	0,00001658

6.1.6. NODO LAS PITAS

Tabla 53. Valores obtenidos de medición en nodo "La Pitas" punto 1, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 1				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
3:57 p.m. 	733 - 738	0,005643	0,00001497	0,00000008447
	738 - 743	0,005643	0,00001497	0,00000008448
	743 - 748	0,005256	0,00001394	0,00000007327
	788 - 793	0,2444	0,0006482	0,0001584
	793 - 798	0,3706	0,000983	0,0003643
	798 - 803	0,3254	0,0008633	0,0002809
	1710 - 1730	0,008785	0,0000233	0,0000002047
	1895 - 1910	0,008623	0,00002287	0,0000001972
	1975 - 1990	0,2911	0,0007723	0,0002248
	2110 - 2130	0,1682	0,0004463	0,00007508

Tabla 54. Valores obtenidos de medición en nodo "La Pitas" punto 2, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 2				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
4:05 p.m.	733 - 738	0,005786	0,00001535	0,0000000888
	738 - 743	0,005627	0,00001493	0,000000084

	743 - 748	0,005669	0,00001504	0,00000008523
	788 - 793	0,3	0,0007958	0,0002387
	793 - 798	0,3373	0,0008946	0,0003017
	798 - 803	0,3158	0,0008376	0,0002645
	1710 - 1730	0,00896	0,00002377	0,000000213
	1895 - 1910	0,008404	0,00002229	0,0000001873
	1975 - 1990	0,5864	0,001556	0,0009122
	2110 - 2130	0,3658	0,0009703	0,0003549

Tabla 55. Valores obtenidos de medición en nodo "La Pitas" punto 3, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 3				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
4:14 p.m. 	733 - 738	0,005418	0,00001437	0,00000007785
	738 - 743	0,005366	0,00001423	0,00000007638
	743 - 748	0,00519	0,00001377	0,00000007145
	788 - 793	0,2369	0,0006285	0,0001489
	793 - 798	0,271	0,0007187	0,0001947
	798 - 803	0,3546	0,0009405	0,0003335
	1710 - 1730	0,008775	0,00002328	0,0000002042
	1895 - 1910	0,008788	0,00002331	0,0000002049
	1975 - 1990	0,5004	0,001327	0,0006642
	2110 - 2130	0,21	0,0005571	0,000117

Tabla 56. Valores obtenidos de medición en nodo "La Pitas" punto 4, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 4				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
4:22 p.m.	733 - 738	0,005582	0,00001481	0,00000008264
	738 - 743	0,00562	0,00001491	0,00000008378
	743 - 748	0,005661	0,00001502	0,00000008501
	788 - 793	0,8174	0,002168	0,001772

	793 - 798	0,9053	0,002401	0,002174
	798 - 803	0,8115	0,002152	0,001747
	1710 - 1730	0,008924	0,00002367	0,0000002113
	1895 - 1910	0,008323	0,00002208	0,0000001838
	1975 - 1990	0,9513	0,002523	0,002401
	2110 - 2130	0,8632	0,00229	0,001977

Tabla 57. Valores obtenidos de medición en nodo "La Pitas" punto 5, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 5				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
4:30 p.m. 	733 - 738	0,005609	0,00001488	0,00000008346
	738 - 743	0,005589	0,00001482	0,00000008285
	743 - 748	0,005372	0,00001425	0,00000007654
	788 - 793	0,2062	0,000547	0,0001128
	793 - 798	0,2044	0,0005421	0,0001108
	798 - 803	0,2527	0,0006702	0,0001693
	1710 - 1730	0,008841	0,00002345	0,0000002073
	1895 - 1910	0,008656	0,00002296	0,0000001988
	1975 - 1990	0,4325	0,001147	0,0004962
	2110 - 2130	0,3384	0,0008977	0,0003038

Tabla 58. Valores obtenidos de medición en nodo "La Pitas" punto 6, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 6				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
4:40 p.m.	733 - 738	0,005694	0,0000151	0,00000008601
	738 - 743	0,005644	0,00001497	0,0000000845
	743 - 748	0,005191	0,00001377	0,00000007148
	788 - 793	0,5913	0,001568	0,0009273

	793 - 798	0,5713	0,001515	0,0008657
	798 - 803	0,6047	0,001604	0,0009699
	1710 - 1730	0,008889	0,00002358	0,0000002096
	1895 - 1910	0,008688	0,00002305	0,0000002002
	1975 - 1990	0,6574	0,001744	0,001146
	2110 - 2130	0,4055	0,001076	0,0004362

6.1.7. NODO IESS

Tabla 59. Valores obtenidos de medición en nodo "IESS" punto 1, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 1				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
4:56 p.m. 	733 - 738	0,005242	0,0000139	0,00000007288
	738 - 743	0,005639	0,00001496	0,00000008435
	743 - 748	0,005178	0,00001373	0,00000007111
	788 - 793	0,9284	0,002463	0,002286
	793 - 798	0,9657	0,002562	0,002474
	798 - 803	0,7383	0,001958	0,001446
	1710 - 1730	0,008779	0,00002329	0,0000002045
	1895 - 1910	0,008878	0,00002355	0,0000002091
	1975 - 1990	0,3852	0,001022	0,0003937
	2110 - 2130	0,2255	0,0005982	0,0001349

Tabla 60. Valores obtenidos de medición en nodo "IESS" punto 2, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 2				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
5:05 p.m.	733 - 738	0,00548	0,00001454	0,00000007967
	738 - 743	0,005436	0,00001442	0,00000007838

	743 - 748	0,005001	0,00001326	0,00000006633
	788 - 793	0,4926	0,001307	0,0006438
	793 - 798	0,4959	0,001315	0,0006523
	798 - 803	0,3957	0,00105	0,0004153
	1710 - 1730	0,008852	0,00002348	0,0000002078
	1895 - 1910	0,009066	0,00002405	0,000000218
	1975 - 1990	0,5143	0,001364	0,0007017
	2110 - 2130	0,1317	0,0003493	0,000046

Tabla 61. Valores obtenidos de medición en nodo "IESS" punto 3, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 3				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
5:11 p.m. 	733 - 738	0,005427	0,0000144	0,00000007813
	738 - 743	0,005642	0,00001497	0,00000008444
	743 - 748	0,005077	0,00001347	0,00000006838
	788 - 793	0,607	0,00161	0,0009773
	793 - 798	0,6359	0,001687	0,001073
	798 - 803	0,5567	0,001477	0,0008219
	1710 - 1730	0,008835	0,00002344	0,0000002071
	1895 - 1910	0,008598	0,00002281	0,0000001961
	1975 - 1990	0,8735	0,002317	0,002024
	2110 - 2130	0,202	0,0005357	0,0001082

Tabla 62. Valores obtenidos de medición en nodo "IESS" punto 4, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 4				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
5:20 p.m.	733 - 738	0,00542	0,00001438	0,00000007792
	738 - 743	0,005643	0,00001497	0,00000008448
	743 - 748	0,005291	0,00001404	0,00000007426
	788 - 793	0,398	0,001056	0,0004201

	793 - 798	0,4259	0,00113	0,0004813
	798 - 803	0,3598	0,0009544	0,0003434
	1710 - 1730	0,008902	0,00002361	0,0000002102
	1895 - 1910	0,008892	0,00002359	0,0000002097
	1975 - 1990	0,2366	0,0006277	0,0001485
	2110 - 2130	0,1364	0,0003617	0,00004932

Tabla 63. Valores obtenidos de medición en nodo "IESS" punto 5, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 5				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
09:58 a.m. 	733 - 738	0,00565	0,00001499	0,00000008468
	738 - 743	0,005533	0,00001468	0,0000000812
	743 - 748	0,005272	0,00001398	0,00000007371
	788 - 793	0,3572	0,0009475	0,0003384
	793 - 798	0,3213	0,0008524	0,0002739
	798 - 803	0,3419	0,0009071	0,0003102
	1710 - 1730	0,009058	0,00002403	0,0000002176
	1895 - 1910	0,008656	0,00002296	0,0000001987
	1975 - 1990	0,5391	0,00143	0,000771
	2110 - 2130	0,4384	0,001163	0,0005098

Tabla 64. Valores obtenidos de medición en nodo "IESS" punto 6, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 6				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
10:05 a.m.	733 - 738	0,005626	0,00001492	0,00000008397
	738 - 743	0,00592	0,0000157	0,00000009296
	743 - 748	0,005249	0,00001392	0,00000007308
	788 - 793	0,5947	0,001578	0,0009382

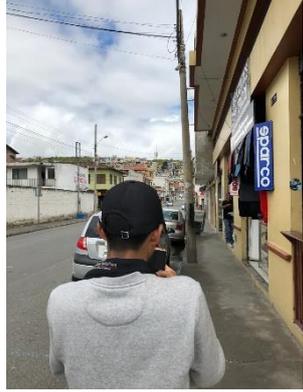
	793 - 798	0,6063	0,001608	0,000975
	798 - 803	0,495	0,001313	0,0006501
	1710 - 1730	0,008971	0,0000238	0,0000002135
	1895 - 1910	0,008741	0,00002319	0,0000002027
	1975 - 1990	1,154	0,003061	0,003532
	2110 - 2130	0,5205	0,001381	0,0007187

Tabla 65. Valores obtenidos de medición en nodo "IESS" punto 7, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 7				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
10:30 a.m. 	733 - 738	0,005296	0,00001405	0,0000000744
	738 - 743	0,005498	0,00001458	0,00000008018
	743 - 748	0,01142	0,0000303	0,0000003461
	788 - 793	0,05476	0,0001453	0,000007954
	793 - 798	0,05878	0,0001559	0,000009166
	798 - 803	0,05071	0,0001345	0,00000682
	1710 - 1730	0,008809	0,00002337	0,0000002058
	1895 - 1910	0,008812	0,00002337	0,000000206
	1975 - 1990	0,1286	0,0003411	0,00004387
	2110 - 2130	0,08347	0,0002214	0,00001848

6.1.8. NODO EL ROSAL

Tabla 66. Valores obtenidos de medición en nodo "El Rosal" punto 1, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 1				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
10:50 a.m.	733 - 738	0,005382	0,00001427	0,00000007682
	738 - 743	0,00557	0,00001478	0,00000008231

	743 - 748	0,005216	0,00001384	0,00000007217
	788 - 793	0,007186	0,00001906	0,000000137
	793 - 798	0,006723	0,00001783	0,0000001199
	798 - 803	0,006357	0,00001686	0,0000001072
	1710 - 1730	0,01094	0,00002902	0,0000003174
	1895 - 1910	0,008553	0,00002269	0,0000001941
	1975 - 1990	1,525	0,004046	0,006173
	2110 - 2130	0,01353	0,00003589	0,0000004857

Tabla 67. Valores obtenidos de medición en nodo "El Rosal" punto 2, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 2				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
10:56 a.m. 	733 - 738	0,005409	0,00001435	0,00000007761
	738 - 743	0,005569	0,00001477	0,00000008225
	743 - 748	0,005175	0,00001373	0,00000007103
	788 - 793	0,01613	0,00004279	0,0000006902
	793 - 798	0,0202	0,00005358	0,000001082
	798 - 803	0,01504	0,0000399	0,0000006003
	1710 - 1730	0,009244	0,00002452	0,0000002267
	1895 - 1910	0,008686	0,00002304	0,0000002001
	1975 - 1990	0,7475	0,001983	0,001482
	2110 - 2130	0,01312	0,0000348	0,0000004567

Tabla 68. Valores obtenidos de medición en nodo "El Rosal" punto 3, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 3				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
11:06 a.m.	733 - 738	0,0058	0,00001538	0,00000008923
	738 - 743	0,005536	0,00001469	0,00000008131
	743 - 748	0,005087	0,00001349	0,00000006865
	788 - 793	0,01589	0,00004216	0,00000067

	793 - 798	0,01858	0,00004929	0,0000009158
	798 - 803	0,01685	0,00004469	0,0000007531
	1710 - 1730	0,008876	0,00002355	0,000000209
	1895 - 1910	0,008679	0,00002302	0,0000001998
	1975 - 1990	0,1178	0,0003124	0,0000368
	2110 - 2130	0,01421	0,00003768	0,0000005353

Tabla 69. Valores obtenidos de medición en nodo "El Rosal" punto 4, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 4				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
11:15 a.m. 	733 - 738	0,005873	0,00001558	0,00000009149
	738 - 743	0,006054	0,00001606	0,00000009721
	743 - 748	0,005384	0,00001428	0,00000007688
	788 - 793	0,01046	0,00002774	0,0000002901
	793 - 798	0,01044	0,00002769	0,0000002891
	798 - 803	0,01088	0,00002885	0,0000003139
	1710 - 1730	0,00894	0,00002372	0,000000212
	1895 - 1910	0,008903	0,00002361	0,0000002102
	1975 - 1990	0,4579	0,001215	0,0005561
	2110 - 2130	0,01347	0,00003572	0,0000004809

Tabla 70. Valores obtenidos de medición en nodo "El Rosal" punto 5, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 5				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
11:23 a.m.	733 - 738	0,006383	0,00001693	0,0000001081
	738 - 743	0,005449	0,00001445	0,00000007877
	743 - 748	0,005459	0,00001448	0,00000007905
	788 - 793	0,04093	0,0001086	0,000004443

	793 - 798	0,03845	0,000102	0,000003922
	798 - 803	0,04296	0,000114	0,000004895
	1710 - 1730	0,009272	0,00002459	0,000000228
	1895 - 1910	0,009013	0,00002391	0,0000002155
	1975 - 1990	0,4054	0,001075	0,0004359
	2110 - 2130	0,01349	0,00003578	0,0000004827

Tabla 71. Valores obtenidos de medición en nodo "El Rosal" punto 6, estación base 4G, operador CNT.
Fuente: [Autor].

PUNTO 6				
Hora de medición	Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m²)
11:30 a.m. 	733 - 738	0,00626	0,0000166	0,0000001039
	738 - 743	0,00554	0,00001469	0,0000000814
	743 - 748	0,005463	0,00001449	0,00000007917
	788 - 793	0,01419	0,00003765	0,0000005344
	793 - 798	0,01549	0,0000411	0,0000006368
	798 - 803	0,01523	0,00004039	0,000000615
	1710 - 1730	0,008928	0,00002368	0,0000002114
	1895 - 1910	0,008601	0,00002282	0,0000001962
	1975 - 1990	1,866	0,004949	0,009232
	2110 - 2130	0,01468	0,00003894	0,0000005717

6.2. CÁLCULO DE NIVELES DE REFERENCIA PARA LAS BANDAS DE FRECUENCIA DE LA MEDICIÓN

Tabla 72. Límites máximos de exposición poblacional para las bandas de frecuencia que involucra 4G.
Fuente: [Autor].

LÍMITES MÁXIMOS DE EXPOSICIÓN POBLACIONAL			
Rango de frecuencias (MHz)	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
CNT LTE UL 733 - 738	37,35	0,101	3,69
CNT LTE UL 738 - 743	37,48	0,101	3,72
CNT LTE UL 743 - 748	37,61	0,101	3,74
CNT LTE DL 788 - 793	38,72	0,104	3,97
CNT LTE DL 793 - 798	38,84	0,105	3,99
CNT LTE DL 798 - 803	38,96	0,105	4,02
CNT LTE AWS UL 1710 - 1730	57,19	0,154	8,65
CNT LTE UL 1895 - 1910	60,09	0,162	9,55
CNT LTE DL 1975 - 1990	61,34	0,165	9,95
CNT LTE AWS DL 2110 - 2130	63,46	0,171	10,65

Las frecuencias concesionadas para la operadora CNT con tecnología 4G, van desde los 733 MHz a los 2130 MHz dependiendo de la banda LTE. En la Tabla 72, se indican los valores límites calculados para el máximo de exposición poblacional por estación radioeléctrica fija, tomando las fórmulas para los niveles de referencia establecidos por la ICNIRP (Ver Tabla 73).

Tabla 73. Fórmulas para calcular los límites máximos de exposición poblacional, [25].

Frecuencia	Campo eléctrico, E (V/m)	Campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia, S (W/m ²)
400 – 2000 MHz	$1,375 * f^{0,5}$	$0,0037 * f^{0,5}$	$f/200$
2 – 3 GHz	61	0,16	10

6.3. CÁLCULO DE VALORES PROMEDIO

Para el cálculo de valores promedio se tomó la información de campo eléctrico, campo magnético y densidad de potencia de las ocho estaciones base de CNT en cada hora de la medición. La tabla 74, muestra a detalle los valores promedio de radiación no ionizante.

Tabla 74. Valores promedio a detalle obtenidos de radiación no ionizante, se muestra el sitio y la hora en la que se capturó dichos datos. Fuente: [Autor]

NODO	Hora	E [V/m]	H [A/m]	S [W/m ²]
CNT LOJA CENTRO	07:54 a.m	0,1376776	0,00036519	9,72E-05
CNT LOJA CENTRO	07:54 a.m	0,1152828	0,00030575	8,60E-05
CNT LOJA CENTRO	08:04 a.m	0,1391678	0,00036909	0,0001113
CNT LOJA CENTRO	08:25 a.m	0,0462767	0,00012275	1,12E-05
CNT LOJA CENTRO	08:40 a.m	0,5440795	0,00144323	2,33E-03
CNT LOJA CENTRO	09:23 a.m	0,1167596	0,00030969	1,66E-04
CNT SAN AGUSTÍN	09:40 a.m	0,1472014	0,000390394	3,74E-04
CNT SAN AGUSTÍN	09:50 a.m	0,0224573	0,000059579	4,29E-06
CNT IESS	09: 58 a.m	0,2032069	0,00053906	0,0002204
CNT SAN AGUSTÍN	10:00 a.m	0,0925854	0,000245534	1,30E-04
CNT IESS	10: 05 a.m	0,3405007	0,00090325	0,00068147
CNT SAN AGUSTÍN	10:07 a.m	0,1443469	0,000382908	0,00028647
CNT SAN AGUSTÍN	10:18 a.m	0,1873591	0,000497034	0,00048852
CNT IESS	10: 30 a.m	0,0416155	0,00011039	8,72E-06
CNT SAN AGUSTÍN	10:33 a.m	0,2887408	0,000765947	0,00103956
CNT EL ROSAL	10:50 a.m	0,1594457	0,00042302	0,0006746
CNT DEP. TÉC.	10:52 a.m	0,1234383	0,0003274	0,00018499
CNT EL ROSAL	10:56 a.m	0,0846073	0,00022445	0,00014855
CNT EL ROSAL	11:06 a.m	0,0217308	5,76E-05	4,03E-06
CNT DEP. TÉC.	11:10 a.m	0,2125978	0,0005638	0,00064538
CNT EL ROSAL	11:15 a.m	0,0538304	0,00014283	5,58E-05
CNT DEP. TÉC.	11:19 a.m	0,1335412	0,0003542	0,00031162
CNT EL ROSAL	11:23 a.m	0,0576806	0,00015297	4,50E-05
CNT DEP. TÉC.	11:26 a.m	0,0636937	0,000169	4,75E-05
CNT EL ROSAL	11:30 a.m	0,1960382	0,00051994	9,24E-04
CNT DEP. TÉC.	11:42 a.m	0,1289772	0,0003421	0,00025973
CNT DEP. TÉC.	11:50 a.m	0,1315394	0,0003489	0,00021813
CNT JUAN DE SALINAS	12:16 p.m	0,0160469	0,000042564	1,05E-06
CNT JUAN DE SALINAS	12:24 p.m	0,0183199	0,000048596	1,80E-06
CNT JUAN DE SALINAS	12:31 p.m	0,0146316	0,000038814	8,25E-07
CNT JUAN DE SALINAS	12:40 p.m	0,0258579	0,000068594	2,48E-06
CNT JUAN DE SALINAS	12:50 p.m	0,0236116	0,000062633	2,77E-06
CNT JUAN DE SALINAS	1:00 p.m	0,0198738	0,000052712	1,99E-06
CNT LA PAZ	2:55 p.m	0,0638099	0,000169279	3,91E-05
CNT LA PAZ	3:02 p.m	0,0313797	0,000083244	7,11E-06
CNT LA PAZ	3:12 p.m	0,049726	0,000131926	2,94E-05
CNT LA PAZ	3:20 p.m	0,0541004	0,000143485	3,99E-05
CNT LA PAZ	3:28 p.m	0,024235	0,000064276	6,32E-06
CNT LA PAZ	3:37 p.m	0,0621685	1,64883E-05	4,52E-05
CNT LA PAZ	3:44 p.m	0,032112	0,000085185	1,15E-05

CNT LAS PITAS	3:57 p.m	0,143365	0,00038032	1,10E-04
CNT LAS PITAS	4:05 p.m	0,1939746	0,00051457	2,07E-04
CNT LAS PITAS	4:14 p.m	0,1606437	0,00042608	1,46E-04
CNT LAS PITAS	4:22 p.m	0,438281	0,00116245	1,01E-03
CNT LAS PITAS	4:30 p.m	0,1468267	0,00038944	1,19E-04
CNT LAS PITAS	4:40 p.m	0,2864306	0,00075975	4,35E-04
CNT IESS	4:56 p.m	0,3276816	0,00086926	6,74E-04
CNT IESS	5:05 p.m	0,2064035	0,00054751	2,46E-04
CNT IESS	5:11 p.m	0,2908679	0,00077158	5,01E-04
CNT IESS	5:20 p.m	0,1590848	0,00042204	1,44E-04

A continuación, se realiza una representación en diagrama de barras para observar los valores pico de valores promedios. La gráfica siguiente muestra los valores promedios de intensidad de campo eléctrico, campo magnético y densidad de potencia para todos los puntos en los que se tomó la medición para el nodo 1 “CNT Loja Centro”. Al analizar la figura 17 se identifica que en el punto de medición 5 se obtiene el promedio más alto de campo eléctrico con un valor de 0,544 V/m, en tanto que para campo magnético y densidad de potencia los valores promedio están en unidades de milésimas y centenas de milésimas.

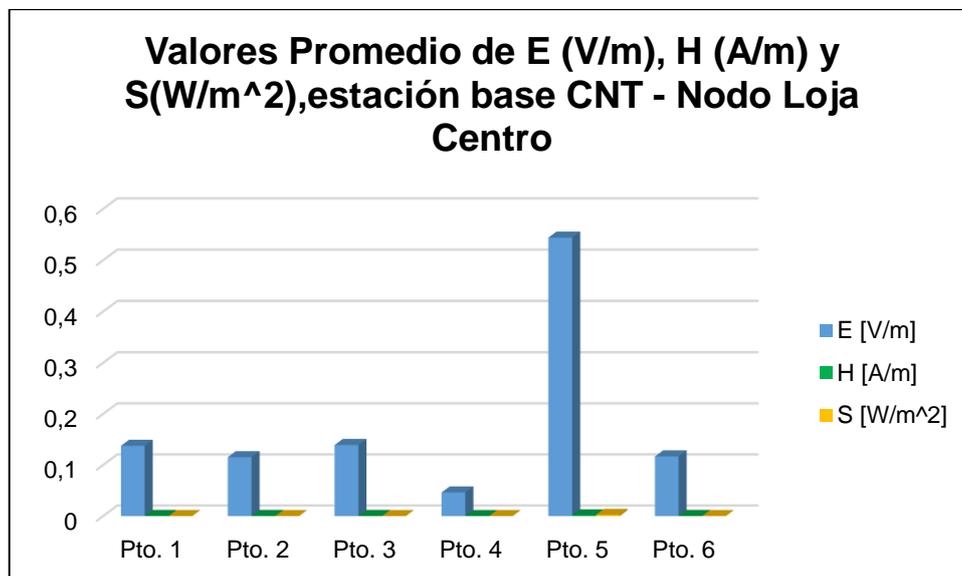


Figura 17. Valores promedio de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia para la estación base “CNT Loja Centro”. Fuente: [Autor].

En el nodo 2 “CNT San Agustín”, al analizar la figura 18 se identifica que en el punto de medición 6 se obtiene el promedio más alto de campo eléctrico con un valor de 0,289 V/m, en tanto que para campo magnético y densidad de potencia los valores promedio están en unidades de milésimas y centenas de milésimas.

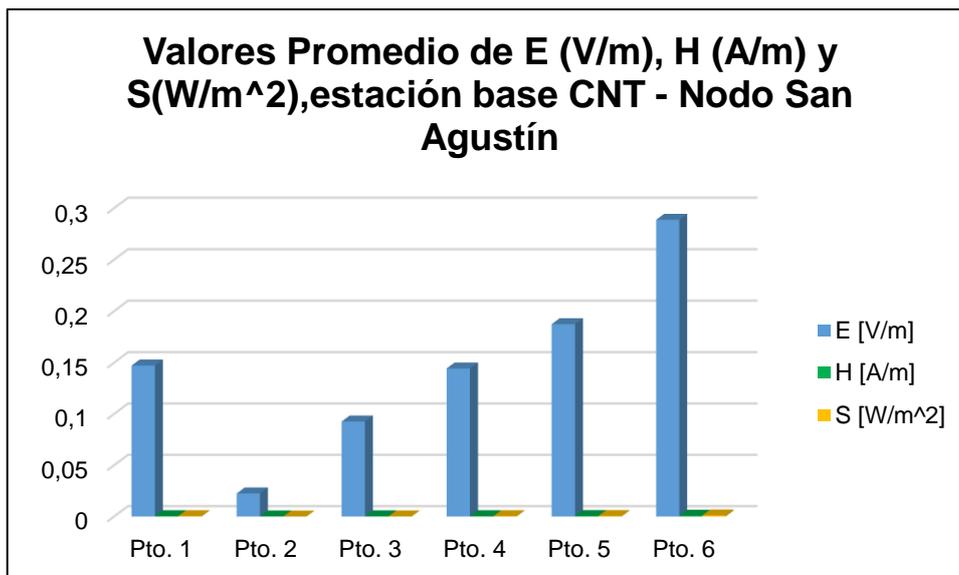


Figura 18. Valores promedio de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia para la estación base “CNT San Agustín”. Fuente: [Autor].

En el nodo 3 “CNT Departamento Técnico”, al analizar la figura 19 se identifica que en el punto de medición 2 se obtiene el promedio más alto de campo eléctrico con un valor de 0,213 V/m, en tanto que para campo magnético y densidad de potencia los valores promedio están en unidades de milésimas y centenas de milésimas.

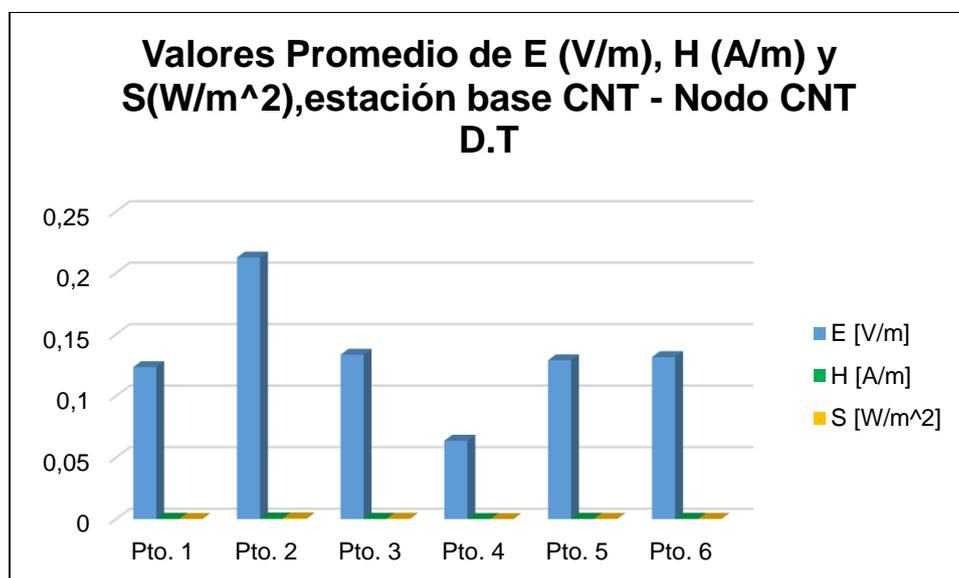


Figura 19. Valores promedio de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia para la estación base “CNT Departamento Técnico”. Fuente: [Autor].

En el nodo 4 “CNT Juan de Salinas”, al analizar la figura 20 se identifica que en el punto de medición 4 se obtiene el promedio más alto de campo eléctrico con un valor de

0,0259 V/m, en tanto que para campo magnético y densidad de potencia los valores promedio están en unidades de milésimas y centenas de milésimas.

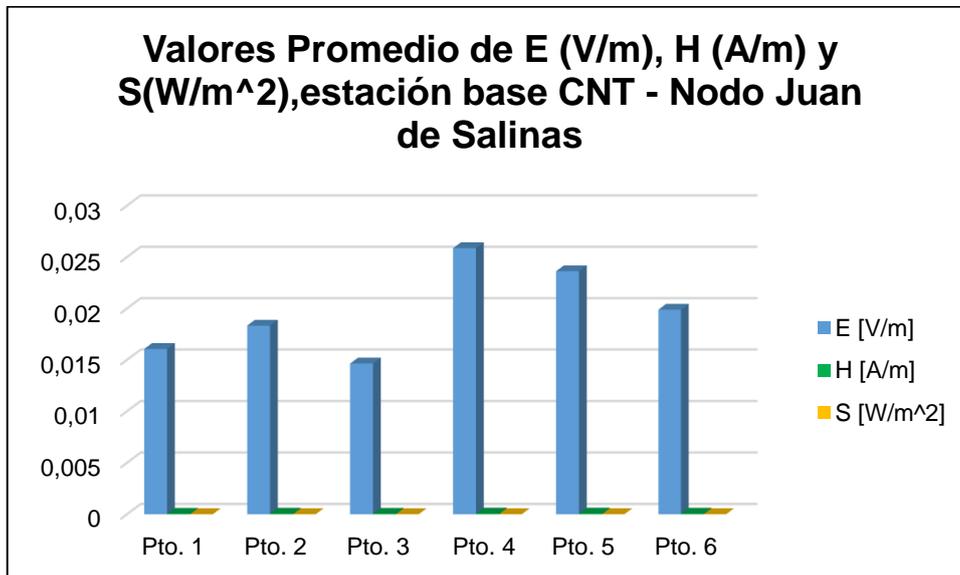


Figura 20. Valores promedio de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia para la estación base “CNT Juan de Salinas”. Fuente: [Autor].

En el nodo 5 “CNT La Paz”, al analizar la figura 21 se identifica que en el punto de medición 1 se obtiene el promedio más alto de campo eléctrico con un valor de 0,0638 V/m, en tanto que para campo magnético y densidad de potencia los valores promedio están en unidades de milésimas y centenas de milésimas.

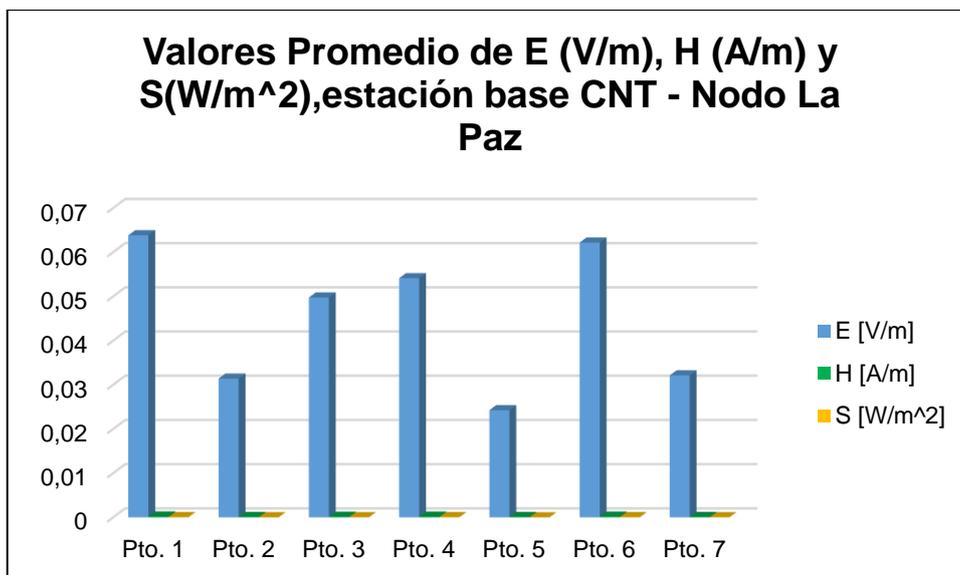


Figura 21. Valores promedio de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia para la estación base “CNT La Paz”. Fuente: [Autor].

En el nodo 6 “CNT Las Pitas”, al analizar la figura 22 se identifica que en el punto de medición 4 se obtiene el promedio más alto de campo eléctrico con un valor de 0,438 V/m, en tanto que para campo magnético y densidad de potencia los valores promedio están en unidades de milésimas y centenas de milésimas.

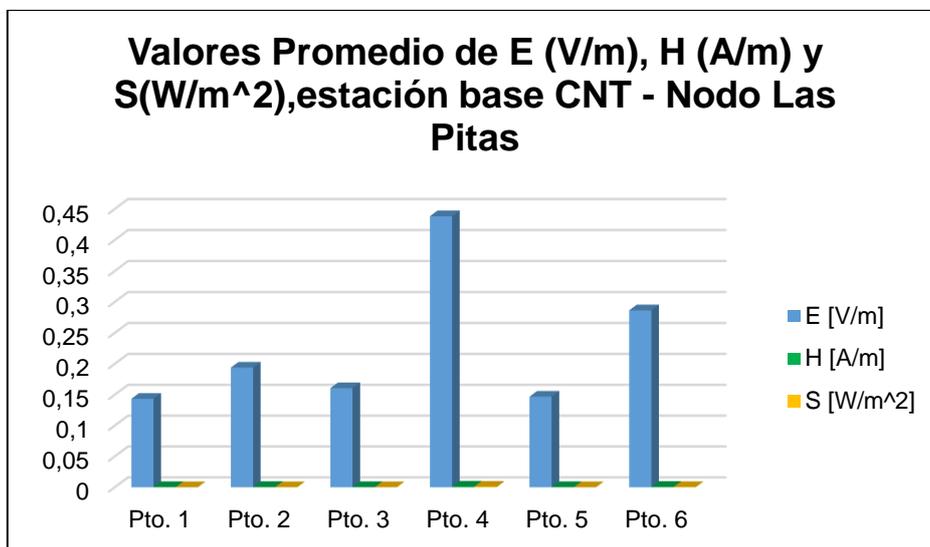


Figura 22. Valores promedio de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia para la estación base “CNT Las Pitas”. Fuente: [Autor].

En el nodo 7 “CNT IESS”, al analizar la figura 23 se identifica que en el punto de medición 6 se obtiene el promedio máximo de campo eléctrico con un valor de 0,341 V/m, en tanto que para campo magnético y densidad de potencia los valores promedio están en unidades de milésimas y centenas de milésimas.

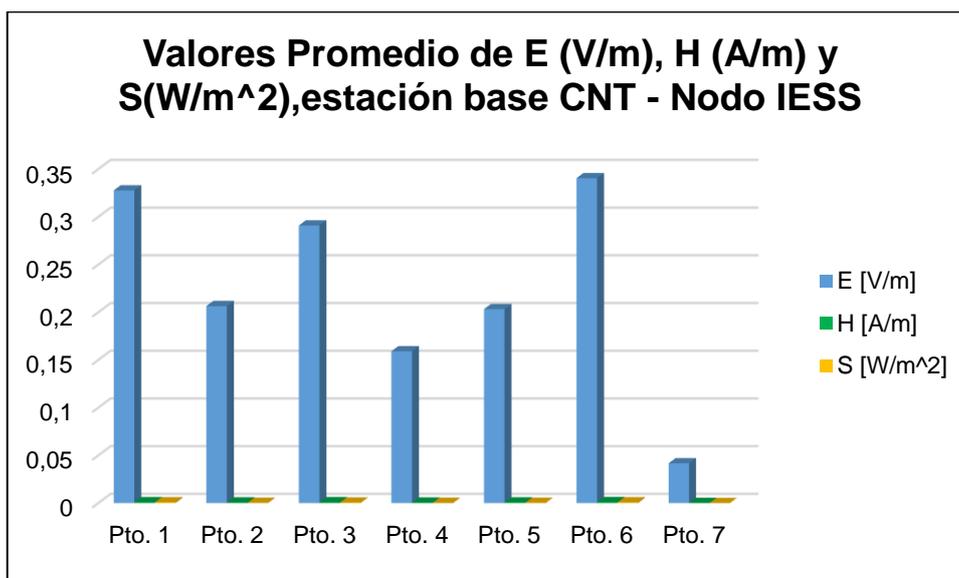


Figura 23. Valores promedio de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia para la estación base “CNT IESS”. Fuente: [Autor].

En el nodo 8 “CNT El Rosal”, al analizar la figura 24 se identifica que en el punto de medición 6 se obtiene el promedio máximo de campo eléctrico con un valor de 0,196 V/m, en tanto que para campo magnético y densidad de potencia los valores promedio están en unidades de milésimas y centenas de milésimas.

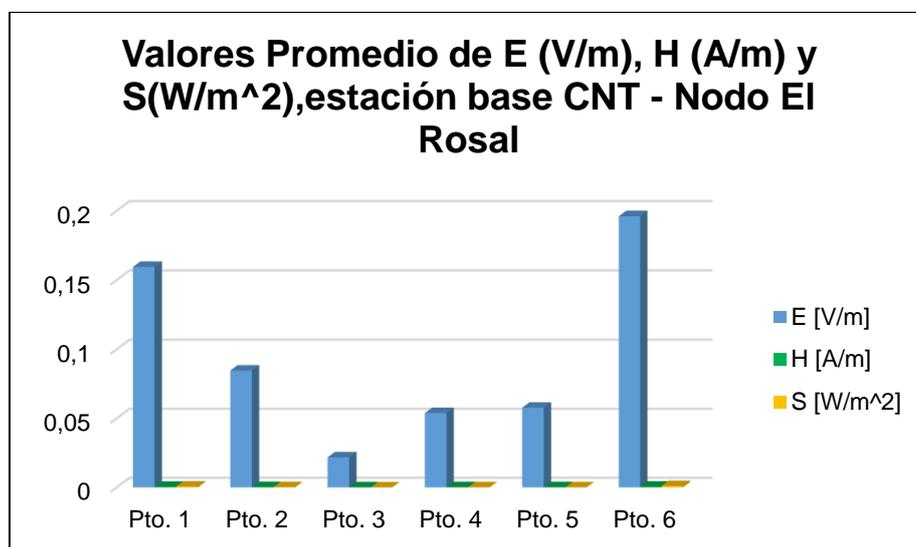


Figura 24. Valores promedio de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia para la estación base “CNT El Rosal”. Fuente: [Autor].

6.4. DETERMINACIÓN DE LOS MOMENTOS DEL DÍA EN LOS QUE EXISTE MAYOR EMISIÓN DE RNI

Los valores promedio de intensidad de campo eléctrico, magnético y densidad de potencia, son usados para la determinación de la mayor emisión de radiación no ionizante dentro del tiempo evaluado. En la figura 25, se observa que a las 8:40 am tenemos el valor promedio más alto de campo eléctrico con 0,54 V/m seguido de 0.438 V/m a las 4:22 pm. También se puede decir que a las 10:00 am y 5:00 pm las emisiones de campo eléctrico se encuentran por encima de 0,3 V/m. Para el medio día las emisiones de campo eléctrico se encuentran por debajo de 0,1 V/m, y desde las 4:00 pm empieza a subir dicho valor. Los valores de estas radiaciones evidencian que las emisiones totales producidas durante todo el día por una estación base que emplea tecnología 4G se encuentran por debajo de los 0,6 V/m, para valores promedio de campo eléctrico que es la unidad que más relevancia dado que en el campo magnético y la densidad de potencia sus valores permanecen en unidades de milésimas y centenas de milésimas. El horario de mayor emisión de RNI se genera debido al aumento tráfico de llamadas y transferencia de datos de varios usuarios dentro de la cobertura de la estación base usando redes 4G.

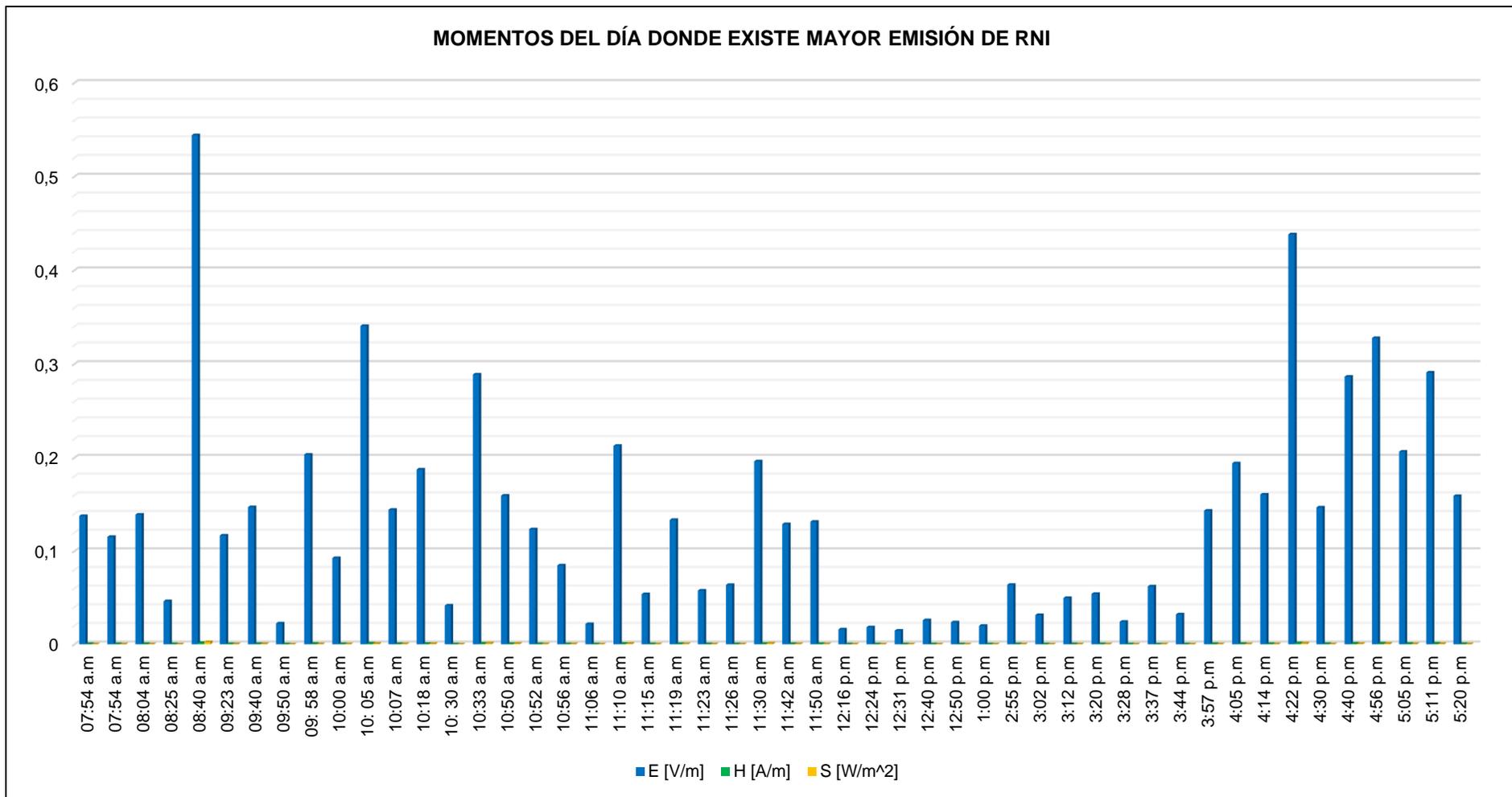


Figura 25. Valores de RNI contra momentos del día, muestran en que instantes existe la mayor emisión de campos electromagnéticos. Fuente: [Autor].

6.5. ILUSTRACIÓN Y COMPARACIÓN DE LOS VALORES LÍMITE DE REFERENCIA CON LOS VALORES OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN

Para determinar si las emisiones de radiación no ionizante cumplen con las normativas establecidas por los órganos reguladores del país e instituciones internacionales se realiza la siguiente comparación de los valores límite de referencia para campo eléctrico, magnético y densidad de potencia versus los valores obtenidos en la medición. En la figura 26 se demuestra que los valores obtenidos en la medición para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 733-738 MHz concesionada a CNT LTE UL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,05465 V/m correspondiendo solamente al 0,146% del valor límite.

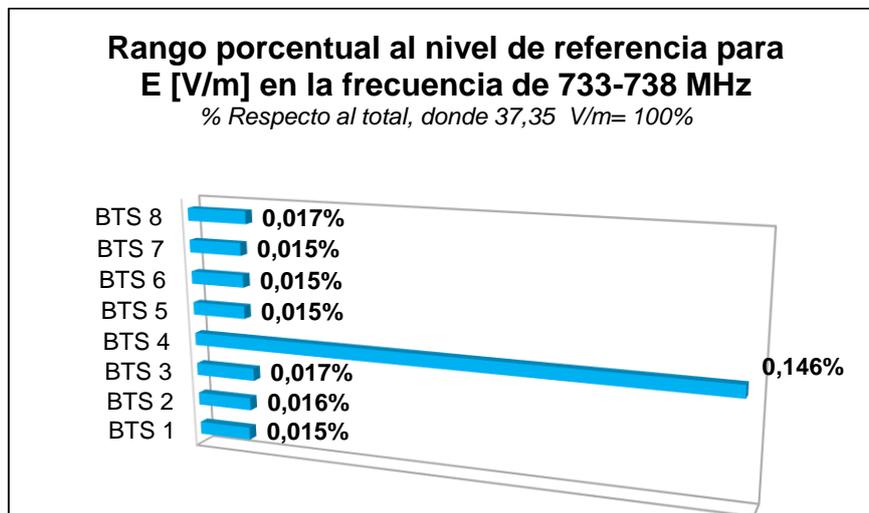


Figura 26. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 733-738 MHz. Fuente: [Autor].

En la figura 27 se demuestra que los valores obtenidos en la medición para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 738-743 MHz concesionada a CNT LTE UL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,02762 V/m correspondiendo solamente al 0,074% del valor límite.

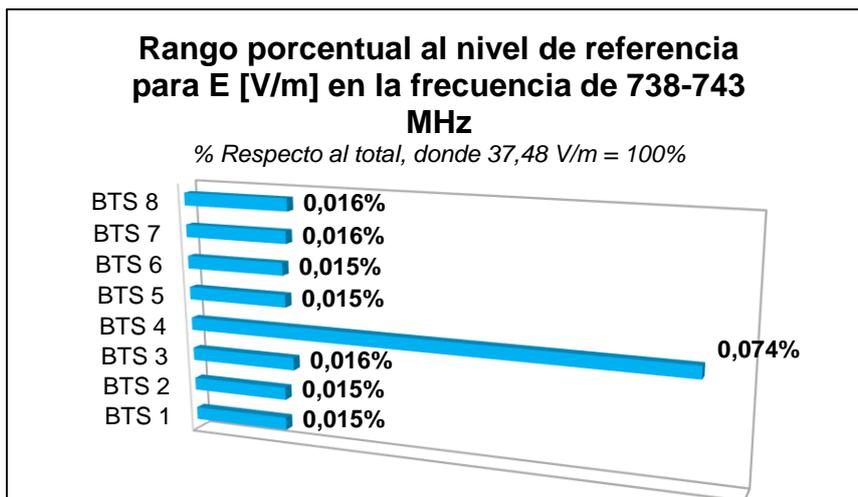


Figura 27. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 738-743 MHz. Fuente: [Autor].

En la figura 28 se demuestra que los valores obtenidos en la medición para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 743-748 MHz concesionada a CNT LTE UL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,05228 V/m correspondiendo solamente al 0,139% del valor límite.

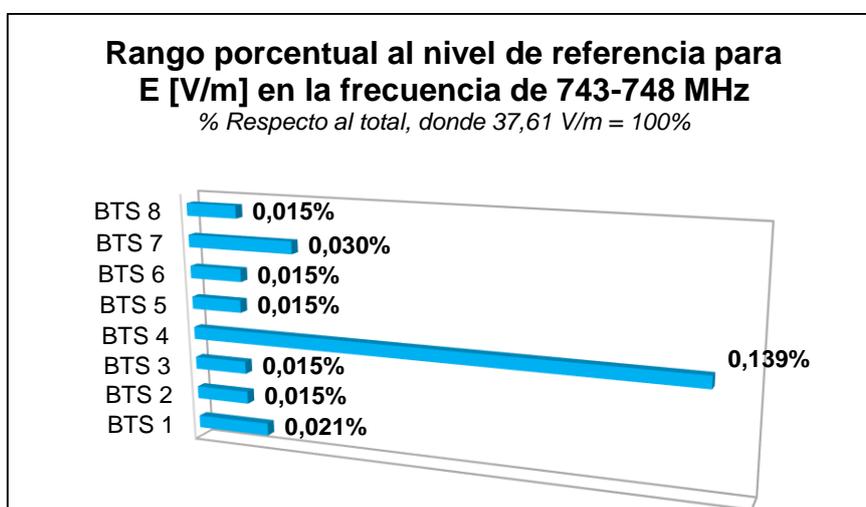


Figura 28. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 743-748 MHz. Fuente: [Autor].

En la figura 29 se demuestra que los valores obtenidos en la medición para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 788-793 MHz concesionada a CNT LTE DL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,9284 V/m correspondiendo solamente al 2,398% del valor límite.

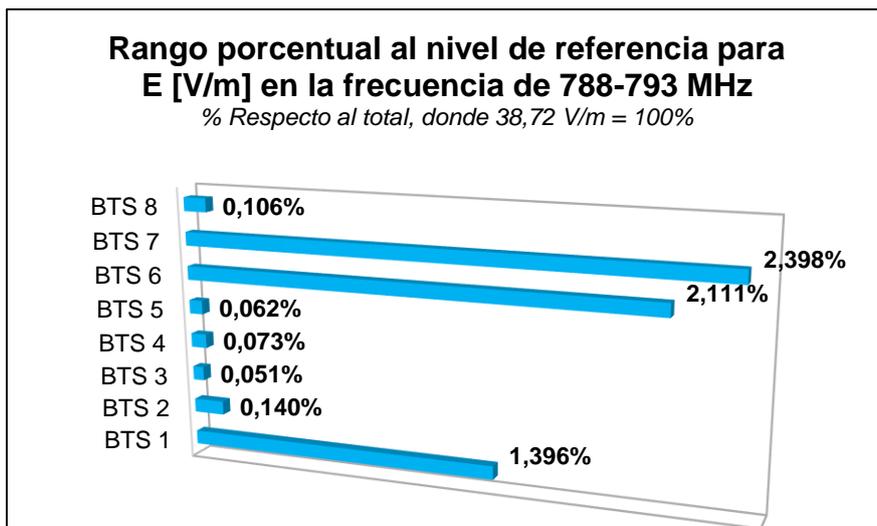


Figura 29. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 788-793 MHz. Fuente: [Autor].

En la figura 30 se demuestra que los valores obtenidos en la medición para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 793-798 MHz concesionada a CNT LTE DL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,9657 V/m correspondiendo solamente al 2,486% del valor límite.

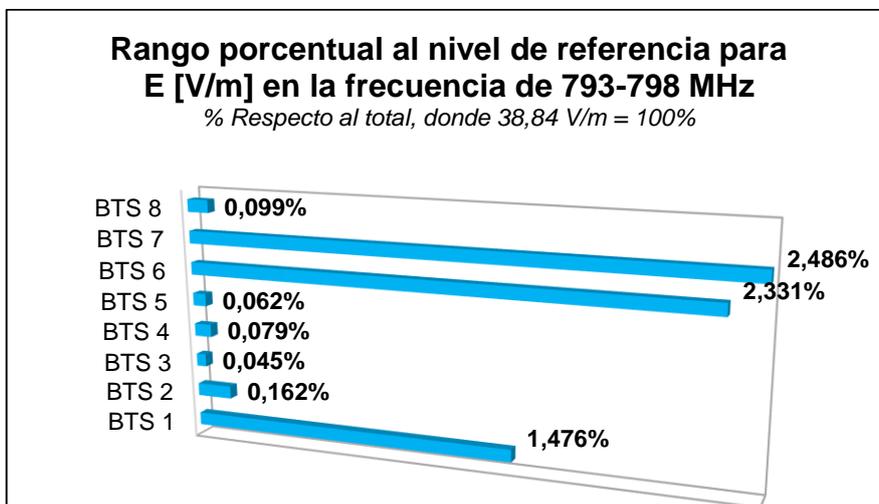


Figura 30. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 793-798 MHz. Fuente: [Autor].

En la figura 31 se demuestra que los valores obtenidos en la medición para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 798-803 MHz concesionada a CNT LTE DL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,8115 V/m correspondiendo solamente al 2,083% del valor límite.

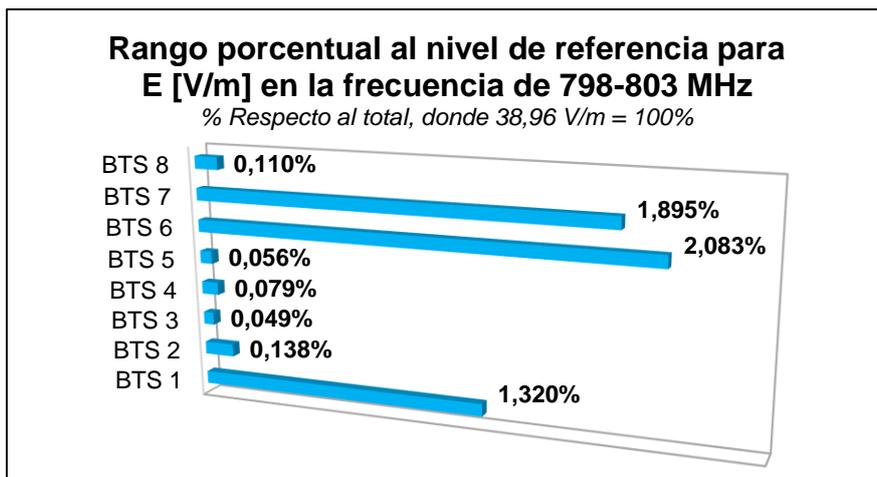


Figura 31. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 798-803 MHz. Fuente: [Autor].

En la figura 32 se demuestra que los valores obtenidos en la medición para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 1710-1730 MHz concesionada a CNT LTE AWS UL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,01982 V/m correspondiendo solamente al 0,035% del valor límite.

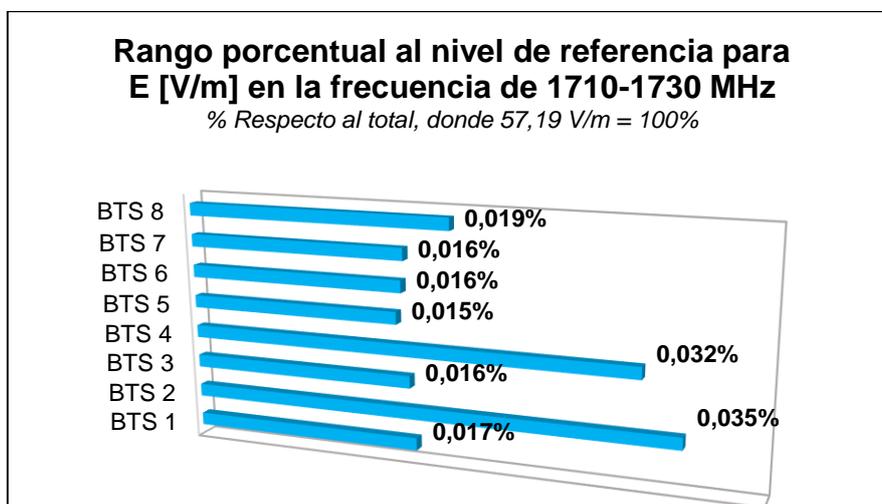


Figura 32. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 1710-1730 MHz. Fuente: [Autor].

En la figura 33 se demuestra que los valores obtenidos en la medición para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 1895-1910 MHz concesionada a CNT LTE UL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,01325 V/m correspondiendo solamente al 0,022% del valor límite.

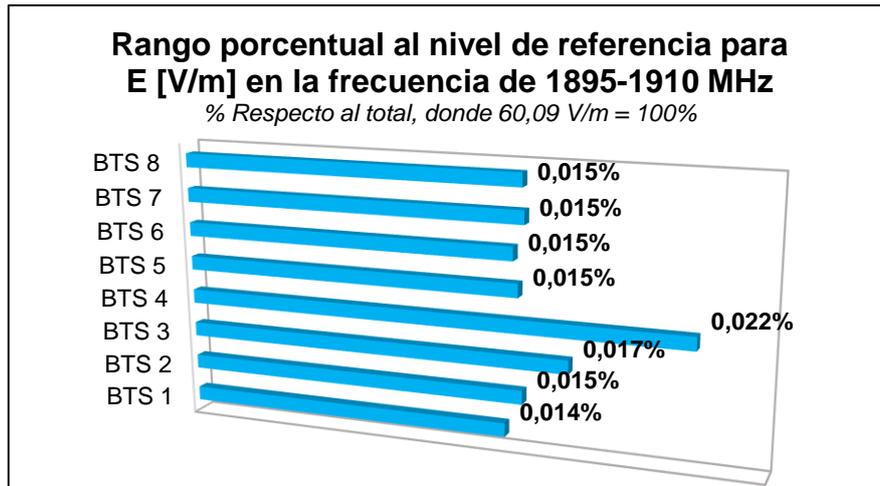


Figura 33. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 1895-1910 MHz. Fuente: [Autor].

En la figura 34 se demuestra que los valores obtenidos en la medición para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 1975-1990 MHz concesionada a CNT LTE DL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 2,505 V/m correspondiendo solamente al 4,08% del valor límite.

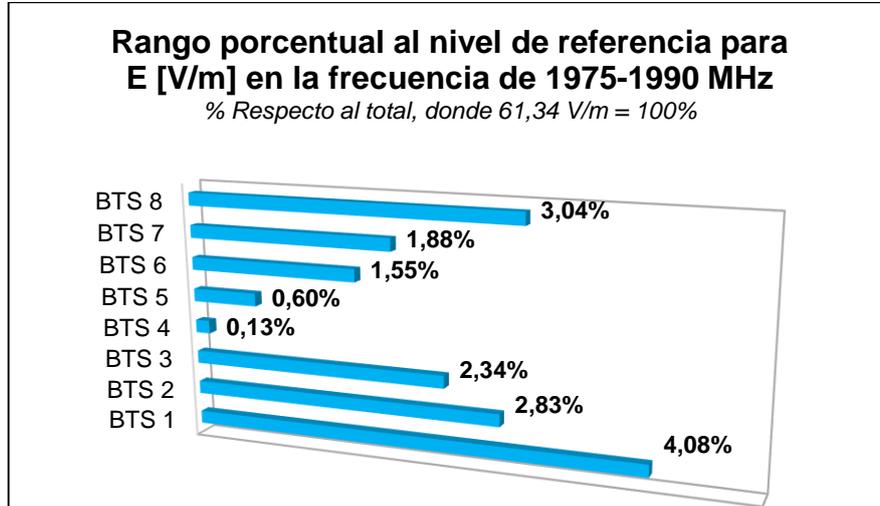


Figura 34. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 1975-1990 MHz. Fuente: [Autor].

En la figura 35 se demuestra que los valores obtenidos en la medición para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 2110-2130 MHz concesionada a CNT LTE AWS DL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 1,275 V/m correspondiendo solamente al 2,09% del valor límite.

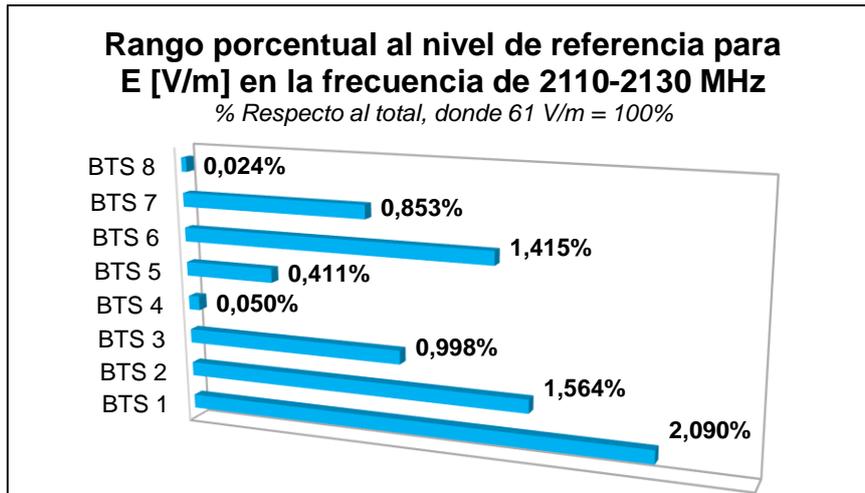


Figura 35. Rango porcentual al nivel de referencia para campo eléctrico en la banda de frecuencia de 2110-2130 MHz. Fuente: [Autor].

Para los valores concernientes al campo magnético, la figura 36 indica que los valores obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 733-738 MHz concesionada a CNT LTE UL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,000145 A/m correspondiendo solamente el 0,144% del valor límite.

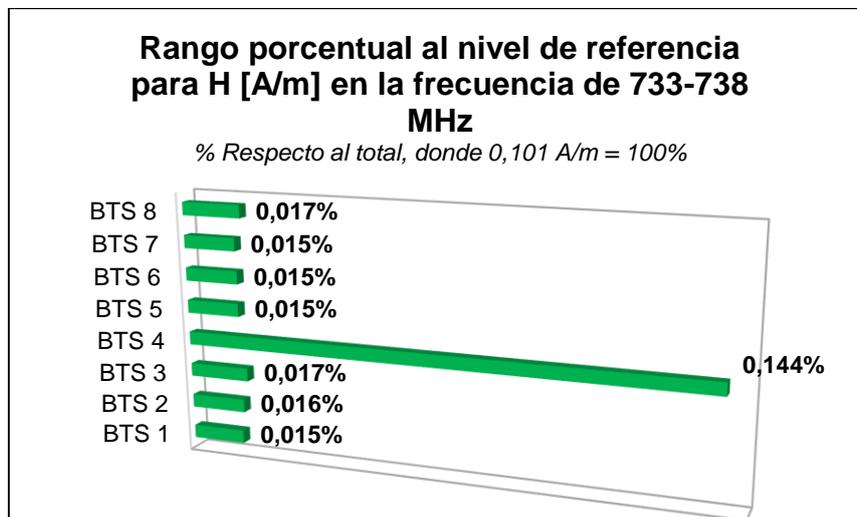


Figura 36. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 733-738 MHz. Fuente: [Autor].

La figura 37 indica que los valores de campo magnético obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 738-743 MHz concesionada a CNT LTE UL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,00007326 A/m correspondiendo solamente el 0,073% del valor límite.

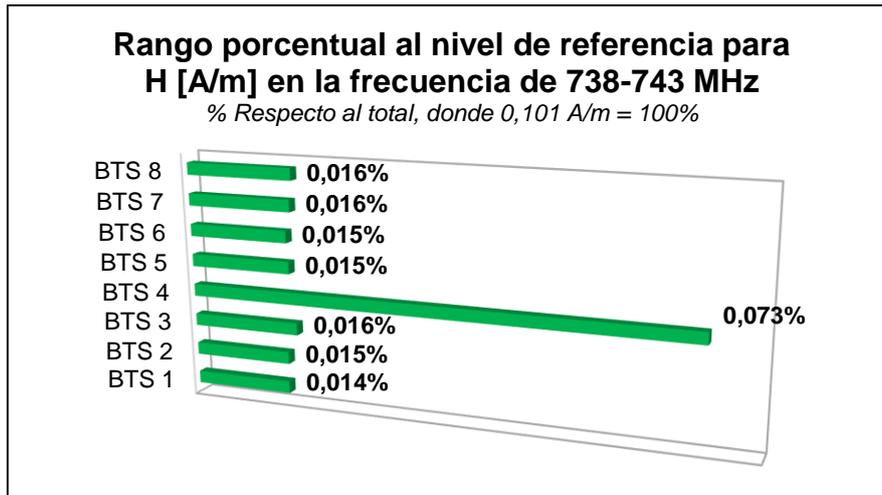


Figura 37. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 738-743 MHz. Fuente: [Autor].

La figura 38 indica que los valores de campo magnético obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 743-748 MHz concesionada a CNT LTE UL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,0001387 A/m correspondiendo solamente el 0,137% del valor límite.

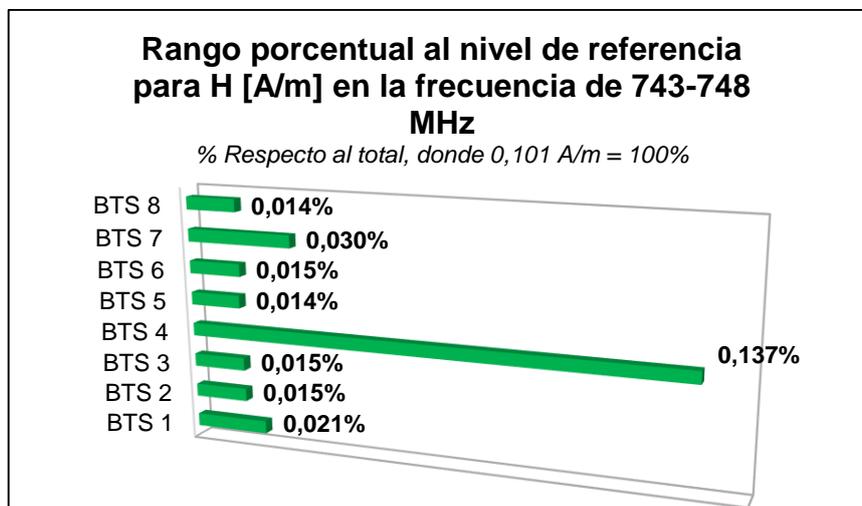


Figura 38. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 743-748 MHz. Fuente: [Autor].

La figura 39 indica que los valores de campo magnético obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 788-793 MHz concesionada a CNT LTE DL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,002463 A/m correspondiendo solamente el 2,368% del valor límite.

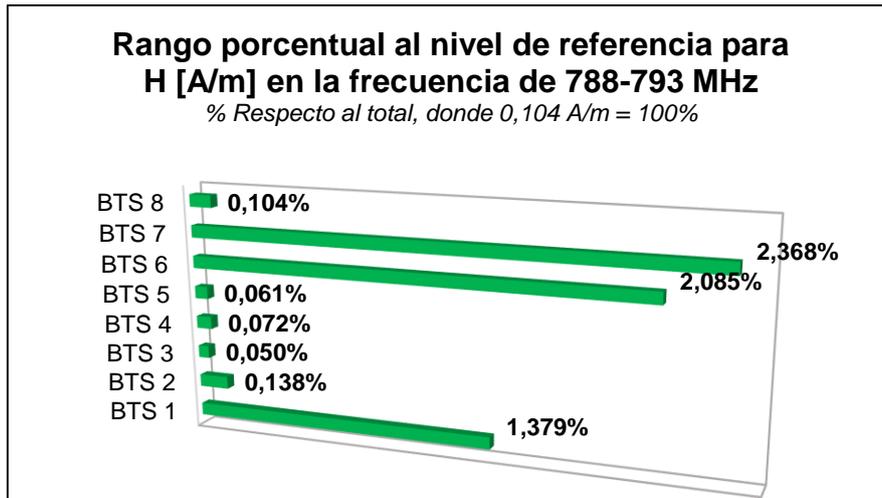


Figura 39. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 788-793 MHz. Fuente: [Autor].

La figura 40 indica que los valores de campo magnético obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 793-798MHz concesionada a CNT LTE DL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,002562 A/m correspondiendo solamente el 2,44% del valor límite.

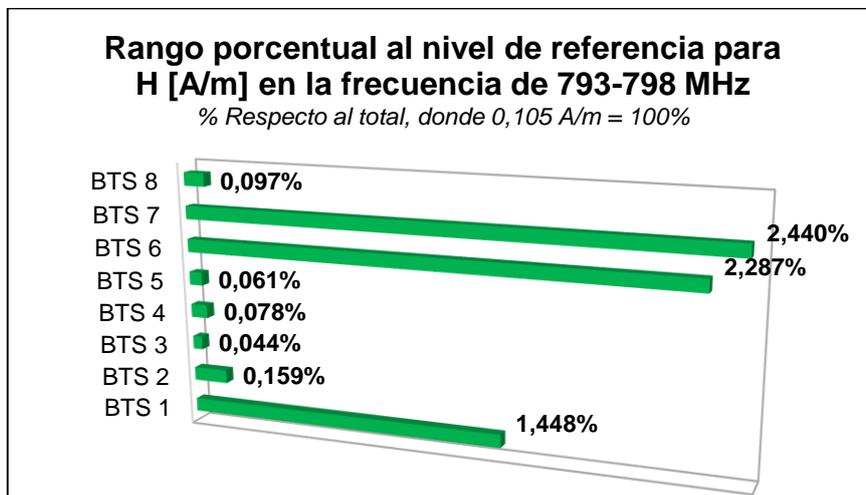


Figura 40. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 793-798 MHz. Fuente: [Autor].

La figura 41 indica que los valores de campo magnético obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 798-803 MHz concesionada a CNT LTE DL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,002152 A/m correspondiendo solamente el 2,05% del valor límite.

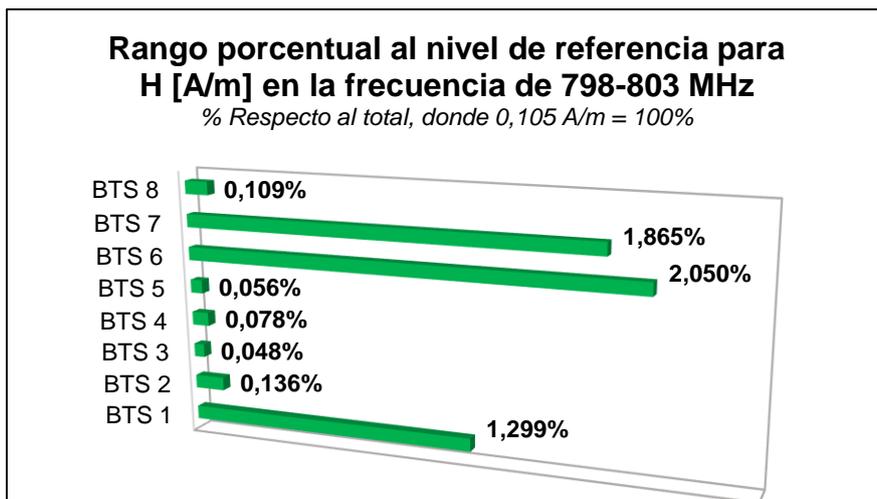


Figura 41. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 798-803 MHz. Fuente: [Autor].

La figura 42 indica que los valores de campo magnético obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 1710-1730 MHz concesionada a CNT LTE AWS UL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,00005257 A/m correspondiendo solamente el 0,034% del valor límite.

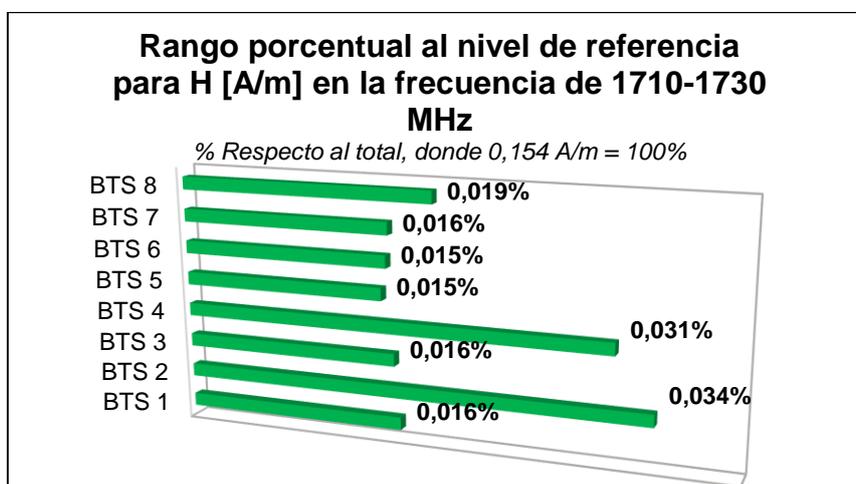


Figura 42. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 1710-1730 MHz. Fuente: [Autor].

La figura 43 indica que los valores de campo magnético obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 1895-1910 MHz concesionada a CNT LTE UL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,00003515 A/m correspondiendo solamente el 0,022% del valor límite.

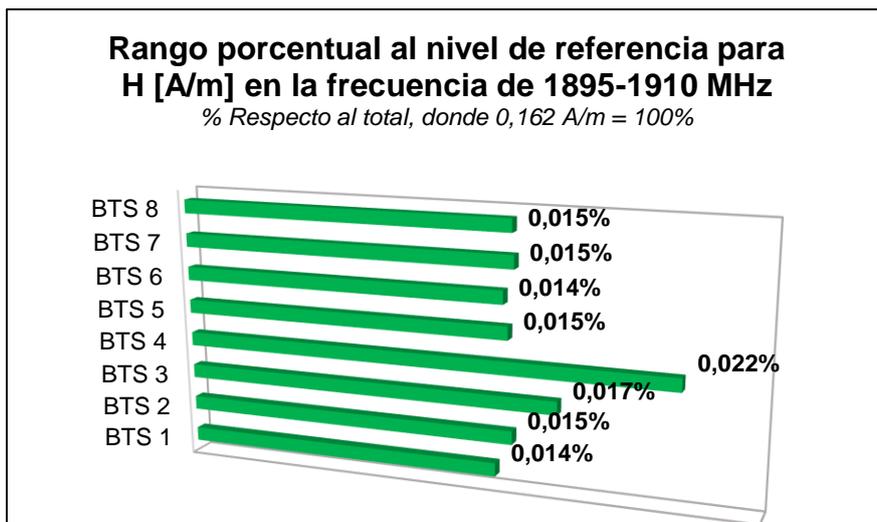


Figura 43. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 1895-1910 MHz. Fuente: [Autor].

La figura 44 indica que los valores de campo magnético obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 1975-1990 MHz concesionada a CNT LTE DL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,006644 A/m correspondiendo solamente el 4,027% del valor límite.

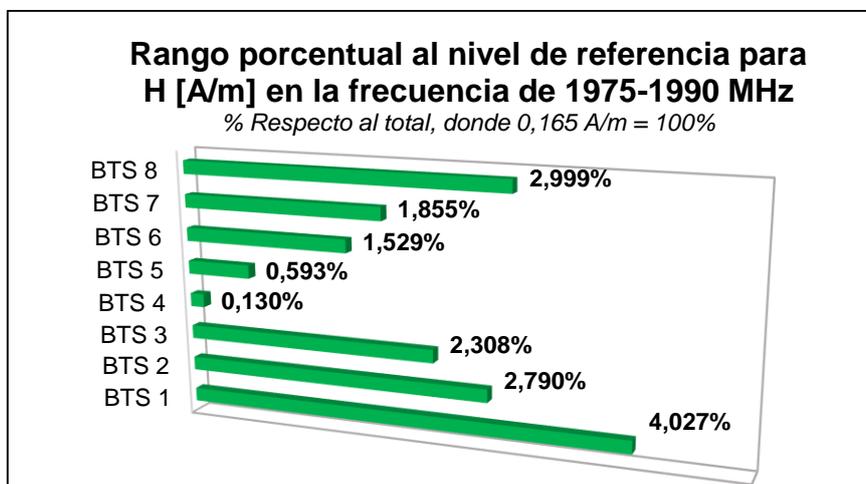


Figura 44. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 1975-1990 MHz. Fuente: [Autor].

La figura 45 indica que los valores de campo magnético obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 2110-2130 MHz concesionada a CNT LTE AWS DL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,003383 A/m correspondiendo solamente el 2,114% del valor límite.

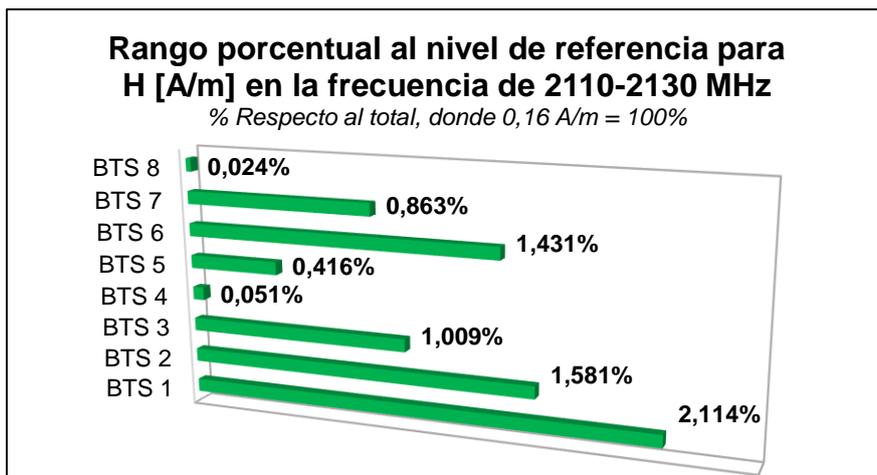


Figura 45. Rango porcentual al nivel de referencia para campo magnético en la banda de frecuencia de 2110-2130 MHz. Fuente: [Autor].

Finalmente, a continuación, se muestra los valores referentes a la densidad de potencia, la figura 46 indica que los valores obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 733-738 MHz concesionada a CNT LTE UL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a $0,000007922 \text{ W/m}^2$ correspondiendo solamente el 0,000215% del valor límite.

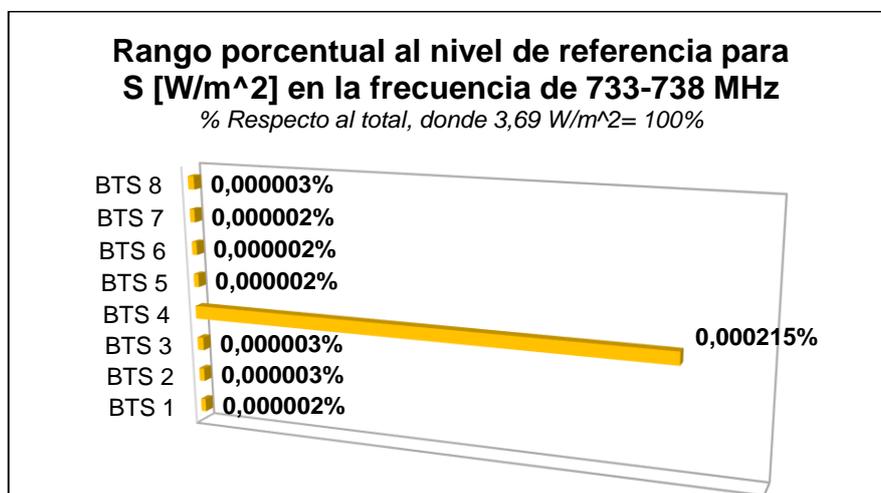


Figura 46. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 733-738 MHz. Fuente: [Autor].

La figura 47 indica que los valores de densidad de potencia obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 738-743 MHz concesionada a CNT LTE UL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a $0,000002024 \text{ W/m}^2$ correspondiendo solamente el 0,000054% del valor límite.

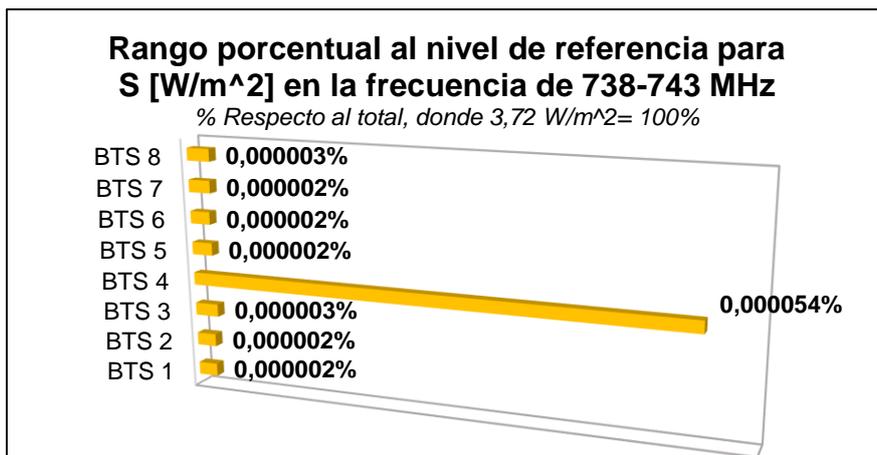


Figura 47. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 738-743 MHz. Fuente: [Autor].

La figura 48 indica que los valores de densidad de potencia obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 743-748 MHz concesionada a CNT LTE UL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,00000725 W/m² correspondiendo solamente el 0,000194% del valor límite.

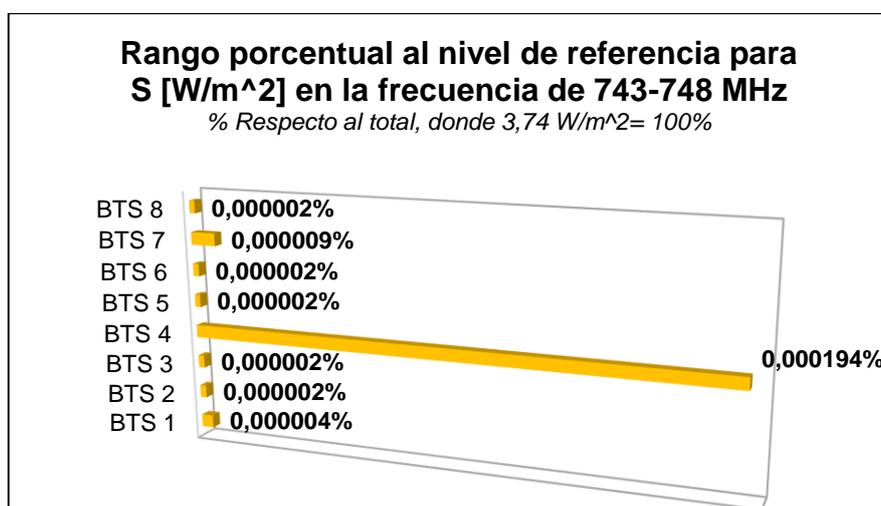


Figura 48. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 743-748 MHz. Fuente: [Autor].

La figura 49 indica que los valores de densidad de potencia obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 788-793 MHz concesionada a CNT LTE DL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,002286 W/m² correspondiendo solamente el 0,0576% del valor límite.

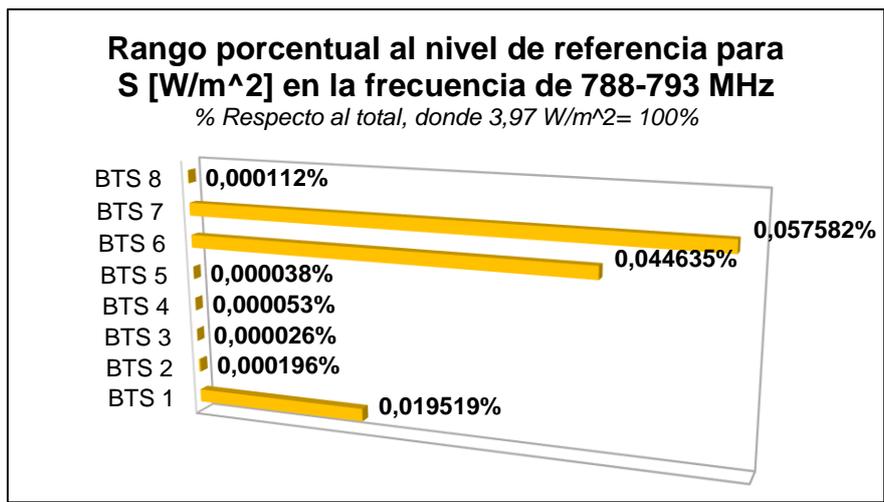


Figura 49. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 788-793 MHz. Fuente: [Autor].

La figura 50 indica que los valores de densidad de potencia obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 793-798 MHz concesionada a CNT LTE DL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,002474 W/m² correspondiendo solamente el 0,062% del valor límite.

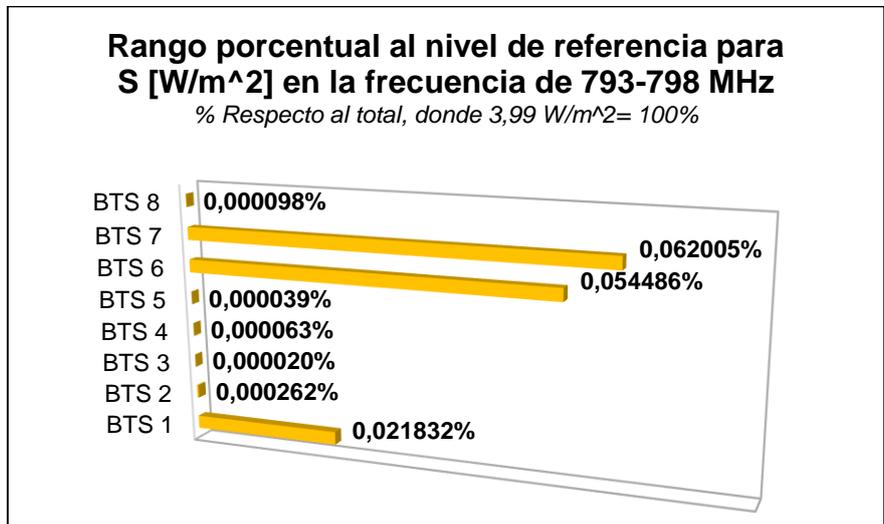


Figura 50. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 793-798 MHz. Fuente: [Autor].

La figura 51 indica que los valores de densidad de potencia obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 798-803 MHz concesionada a CNT LTE DL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,001747 W/m² correspondiendo solamente el 0,043% del valor límite.

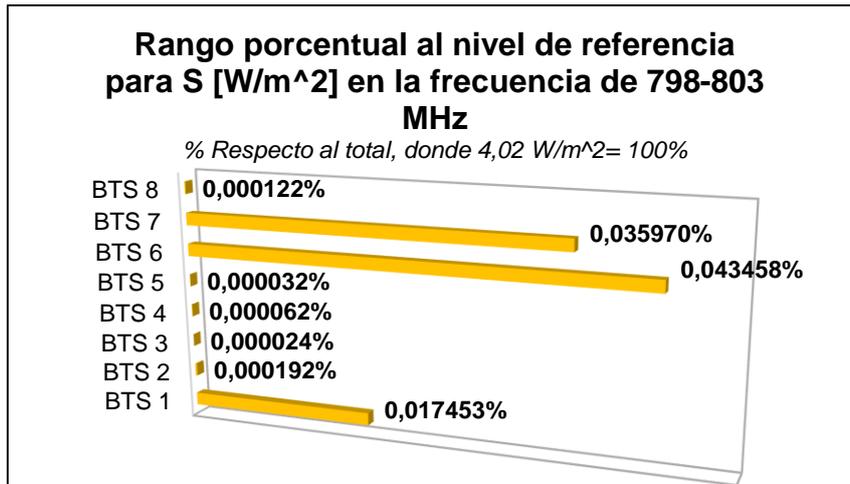


Figura 51. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 798-803 MHz. Fuente: [Autor].

La figura 52 indica que los valores de densidad de potencia obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 1710-1730 MHz concesionada a CNT LTE AWS UL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,000001042 W/m² correspondiendo solamente el 0,000012% del valor límite.

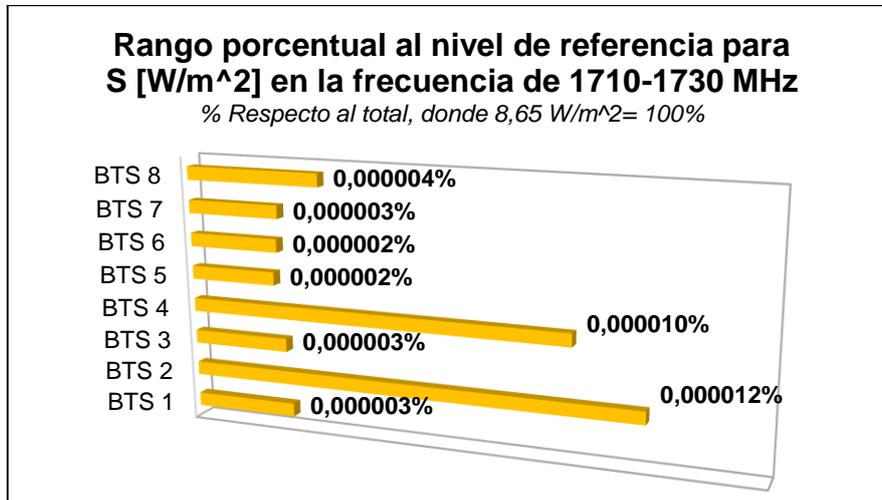


Figura 52. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 1710-1730 MHz. Fuente: [Autor].

La figura 53 indica que los valores de densidad de potencia obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 1895-1910 MHz concesionada a CNT LTE UL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,0000004659 W/m² correspondiendo solamente el 0,000005% del valor límite.

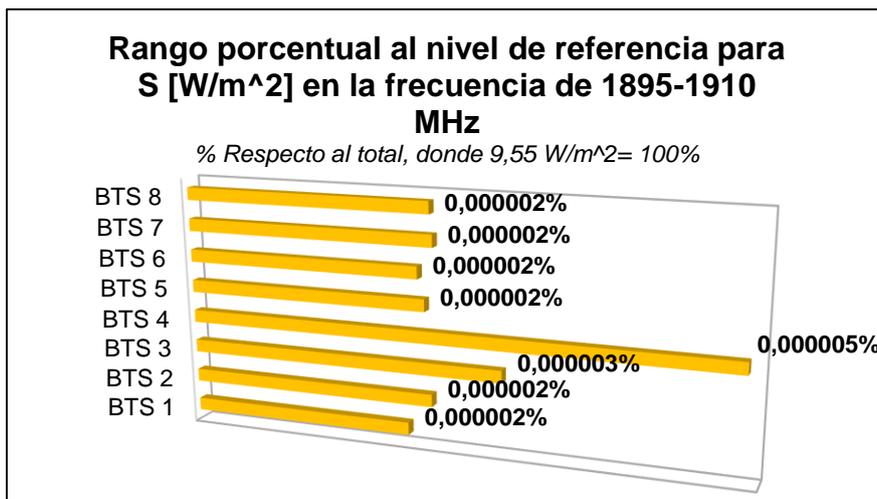


Figura 53. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 1895-1910 MHz. Fuente: [Autor].

La figura 54 indica que los valores de densidad de potencia obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 1975-1990 MHz concesionada a CNT LTE DL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,01664 W/m² correspondiendo solamente el 0,167% del valor límite.

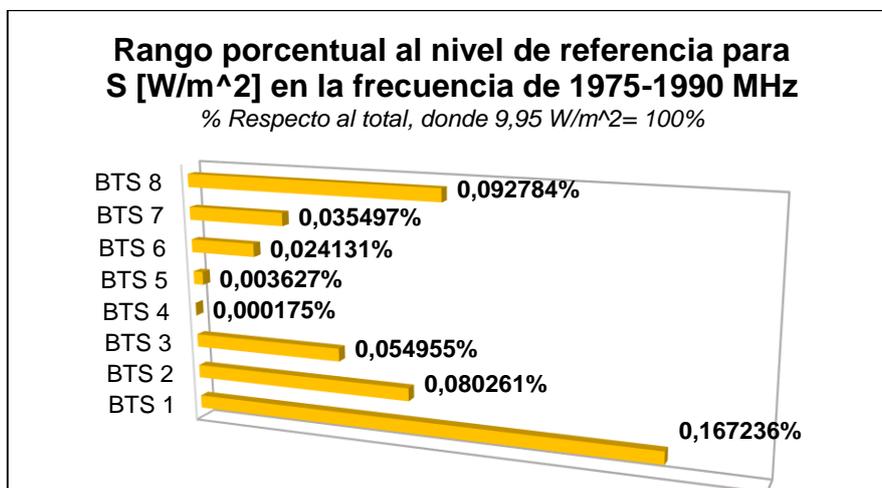


Figura 54. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 1975-1990 MHz. Fuente: [Autor].

La figura 55 indica que los valores de densidad de potencia obtenidos en la medición en la banda de frecuencia de 2110-2130 MHz concesionada a CNT LTE AWS DL para telefonía móvil, se encuentran por debajo de los valores límites de exposición poblacional establecidos por la ICNIRP debido a que la mayor emisión equivale a 0,004314 W/m² correspondiendo solamente el 0,043% del valor límite.

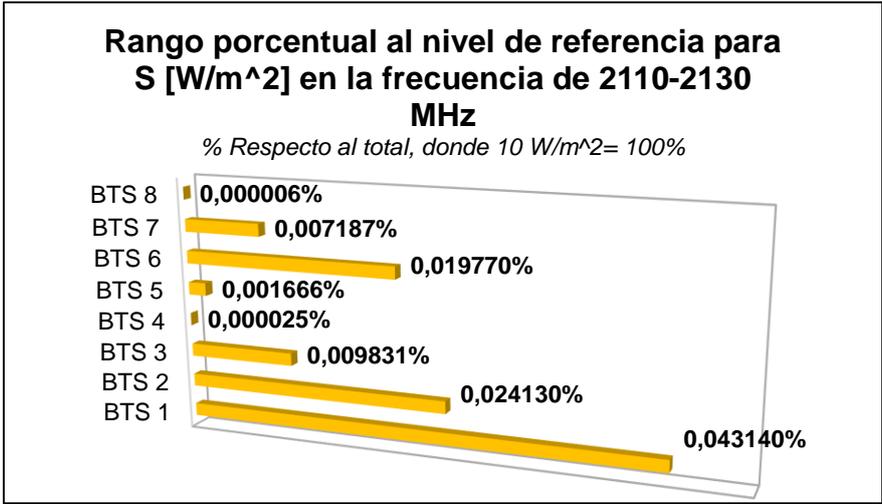


Figura 55. Rango porcentual al nivel de referencia para densidad de potencia en la banda de frecuencia de 2110-2130 MHz. Fuente: [Autor].

6.6. ILUSTRACIÓN DE ESQUEMAS DE ZONAS

En este apartado se muestra los esquemas de zonas en las cuales se representan los puntos de medición alrededor de la BTS y las zonas delimitadas a las que la población se encuentra expuesta.

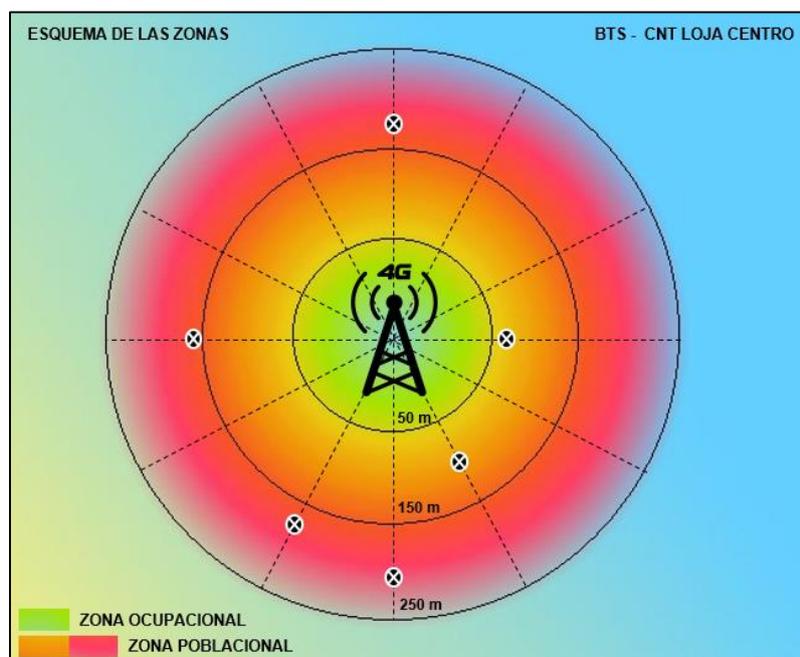


Figura 56. Esquema de zonas, muestra los puntos de medición de RNI para exposición poblacional en el nodo 1 "CNT Loja Centro". Fuente: [Autor].

En la figura 56 se ubicaron seis puntos de medición, las distancias recomendadas por ARCOTEL para realizar las mediciones van desde 50 a 250m, debido a que los valores más altos de radiación se encuentran a esa distancia de la antena. Las mediciones se realizaron a una altura de 1.50 m que es la estatura promedio de una persona (de acuerdo a la fuente datos mundial) y a una distancia de 64,18 m para el punto más cercano a la BTS y 231,56 m para el más lejano. La zona sombreada de color verde se la conoce como zona ocupacional, es decir la zona a la que están expuestos los trabajadores y técnicos que den mantenimiento a la BTS, la zona de color naranja y rojo muestra la radiación de campos eléctricos y magnéticos, así como de densidad de potencia emitida por la BTS a la que está expuesta la población en general. De los resultados, la emisión de radiación no ionizante de esta estación base se encuentra dentro los valores límites admisibles por la ICNIRP, por lo tanto, no generaría efecto alguno en la salud del ser humano.

La figura 57, muestra el esquema de zonas para el nodo CNT San Agustín, aquí se ubicaron de igual forma seis puntos de medición, teniendo una distancia de 63,68 m el más cercano a la BTS y 183,80 m el más lejano. Con los analizado en el apartado 7.4 la emisión de radiación no ionizante de esta estación base se encuentra dentro los valores límites admisibles por la ICNIRP, por lo tanto, no existe efecto alguno en la salud del ser humano.

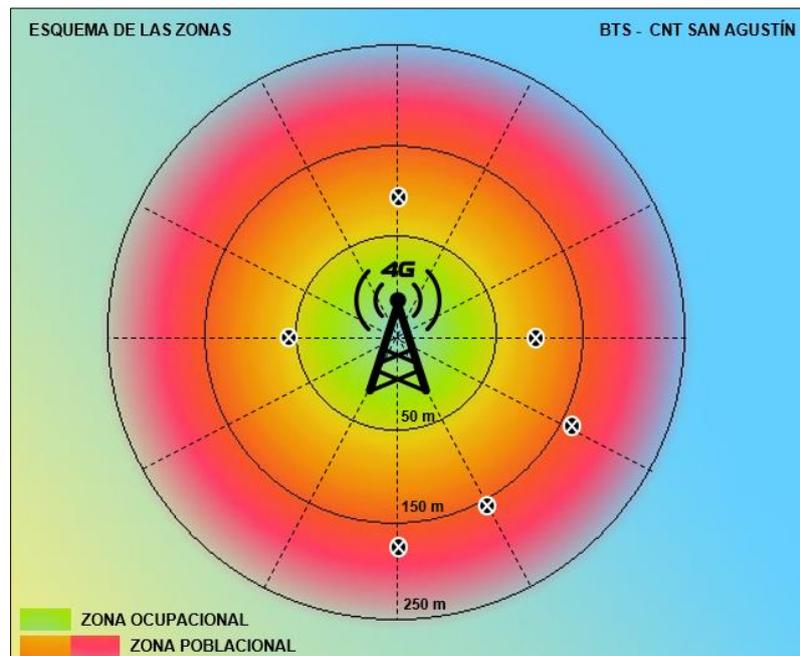


Figura 57. Esquema de zonas, muestra los puntos de medición de RNI para exposición poblacional en el nodo 2 "CNT San Agustín". Fuente: [Autor].

La figura 58, muestra el esquema de zonas para el nodo CNT Departamento Técnico, donde se ubicaron seis puntos de medición, teniendo una distancia de 72,65 m el más cercano a la BTS y 160,51 m el más lejano. De los resultados, la emisión de radiación no ionizante de esta estación base se encuentra dentro los valores límites admisibles por la ICNIRP, por lo tanto, no causaría efecto alguno en la salud del ser humano.

La figura 59, muestra el esquema de zonas para el nodo CNT Juan de Salinas, donde se ubicaron seis puntos de medición, teniendo una distancia de 55,38 m el más cercano a la BTS y 178,96 m el más lejano. De los resultados, la emisión de radiación no ionizante de esta estación base se encuentra dentro los valores límites admisibles por la ICNIRP, por lo tanto, no causaría efecto alguno en la salud del ser humano.

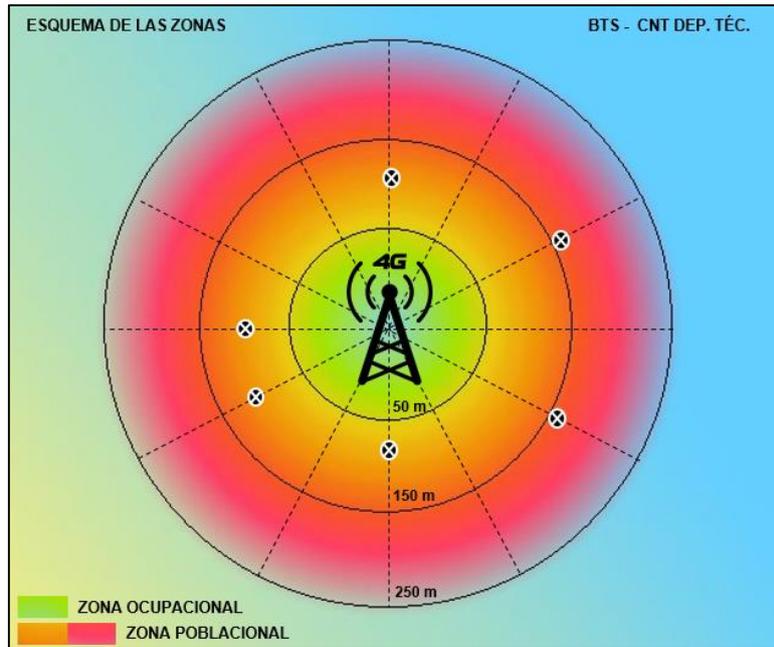


Figura 58. Esquema de zonas, muestra los puntos de medición de RNI para exposición poblacional en el nodo 3 "CNT Departamento Técnico". Fuente: [Autor].

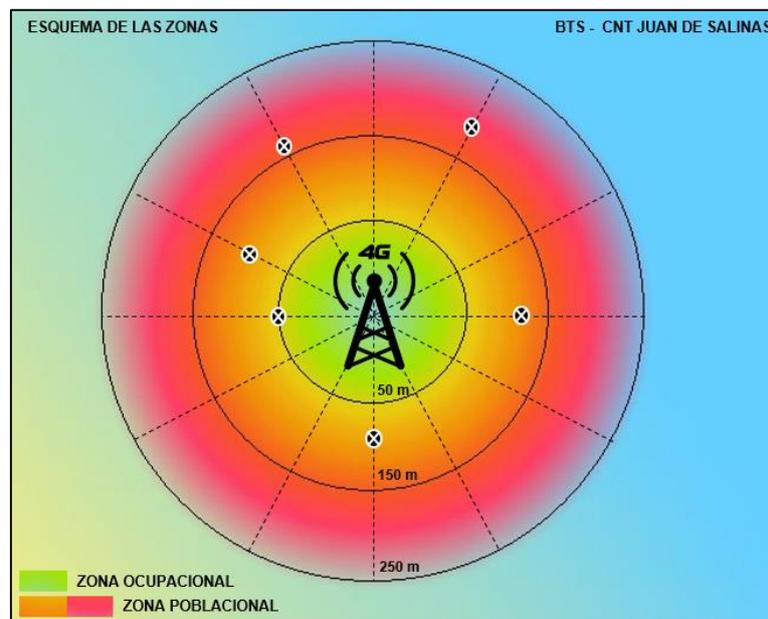


Figura 59. Esquema de zonas, muestra los puntos de medición de RNI para exposición poblacional en el nodo 4 "CNT Juan de Salinas". Fuente: [Autor].

La figura 60, muestra el esquema de zonas para el nodo CNT La Paz, para esta BTS debido a que estaba en un terreno alto y no había fácil acceso se tomaron siete puntos de medición, teniendo una distancia de 88,23 m el más cercano a la BTS y 170,07 m el más lejano. De los resultados, la emisión de radiación no ionizante de esta estación

base se encuentra dentro los valores límites admisibles por la ICNIRP, por lo tanto, no causaría efecto alguno en la salud del ser humano.

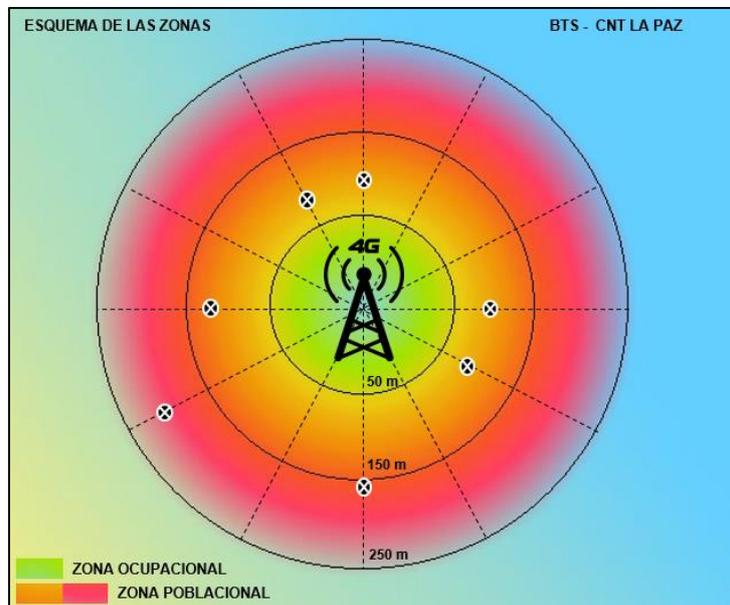


Figura 60. Esquema de zonas, muestra los puntos de medición de RNI para exposición poblacional en el nodo 5 "CNT La Paz". Fuente: [Autor].

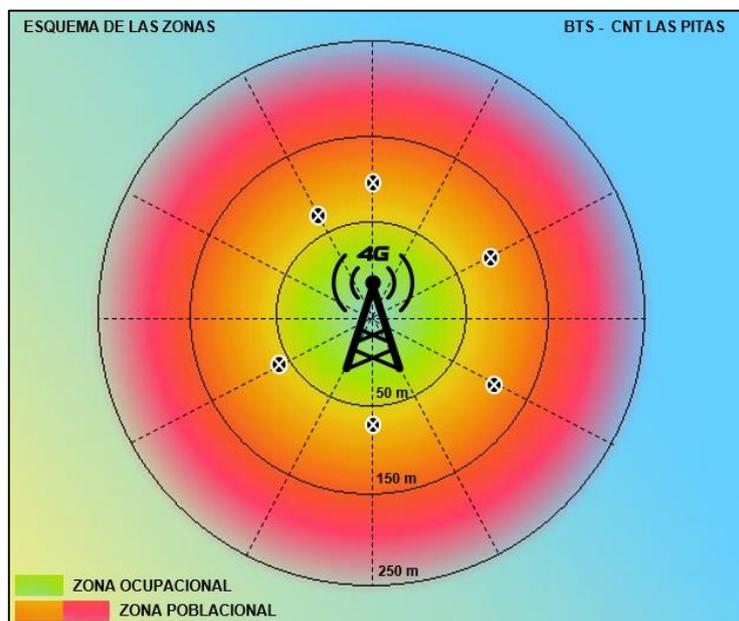


Figura 61. Esquema de zonas, muestra los puntos de medición de RNI para exposición poblacional en el nodo 6 "CNT Las Pitas". Fuente: [Autor].

La figura 6, muestra el esquema de zonas para el nodo CNT Las Pitas, se tomaron seis puntos de medición puntos de medición, teniendo una distancia de 75,85 m el más cercano a la BTS y 134,81 m el más lejano. De los resultados, la emisión de radiación

no ionizante de esta estación base se encuentra dentro los valores límites admisibles por la ICNIRP, por lo tanto, no causaría efecto alguno en la salud del ser humano.

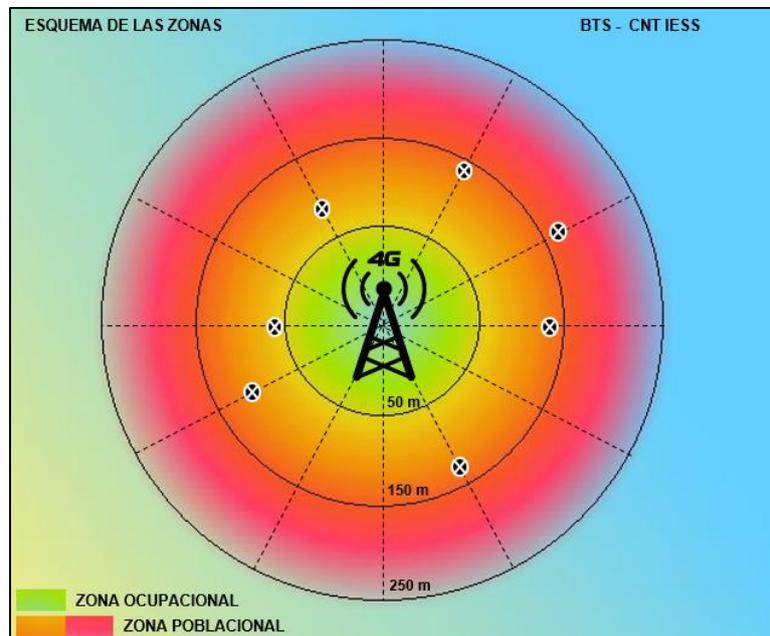


Figura 62. Esquema de zonas, muestra los puntos de medición de RNI para exposición poblacional en el nodo 7 "CNT IESS". Fuente: [Autor].

La figura 62, muestra el esquema de zonas para el nodo CNT IESS, para esta BTS se tomaron siete puntos de medición, teniendo una distancia de 62,75 m el más cercano a la BTS y 164,29 m el más lejano. De los resultados, la emisión de radiación no ionizante de esta estación base se encuentra dentro los valores límites admisibles por la ICNIRP, por lo tanto, no causaría efecto alguno en la salud del ser humano.

Finalmente, la figura 63 representa el nodo CNT El Rosal donde se tomaron seis puntos de medición, teniendo una distancia de 68,64 m el más cercano a la BTS y 113,89 m el más lejano. De los resultados, la emisión de radiación no ionizante de esta estación base se encuentra dentro los valores límites admisibles por la ICNIRP, por lo tanto, no causaría efecto alguno en la salud del ser humano.

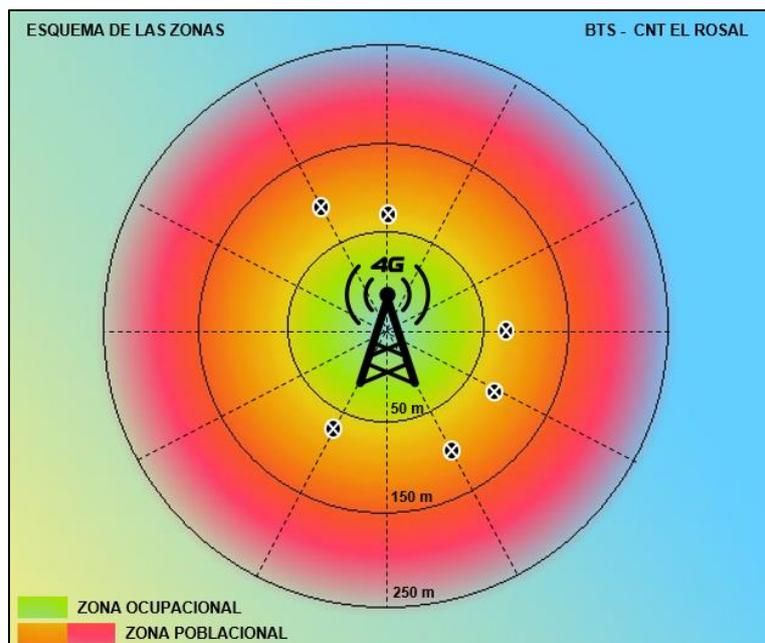


Figura 63. Esquema de zonas, muestra los puntos de medición de RNI para exposición poblacional en el nodo 8 "CNT El Rosal". Fuente: [Autor].

7. DISCUSIÓN

Los procesos estadísticos y porcentuales efectuados en el presente trabajo con los valores de campos electromagnéticos obtenidos mediante el equipo NARDA SRM 3006, permitieron determinar la cantidad de emisiones de radiación no ionizante a la que la población en general se encuentra expuesta día a día en la ciudad de Loja. La evaluación de la radiación no ionizante se realizó únicamente en las BTS del operador CNT debido a que la prestación del equipo por parte de ARCOTEL fue solamente por cuatro días (03 al 06 de abril de 2019) y realizar mediciones en 60 BTS era un gran número, además de ello por la facilidad de obtener información importante acerca de la tecnología 4G en la ciudad de Loja dado que CNT es una empresa pública. Las mediciones realizadas cubren el espectro desde los 733 MHz a 2130 MHz para telefonía móvil 4G LTE, correspondiente a la banda de ultra alta frecuencia (UHF), cuya longitud de onda va de 1m a 100mm. A través del análisis de resultados, el mayor tráfico de las comunicaciones móviles (llamadas telefónicas y transferencia de datos) que manejan las estaciones base de CNT arroja un valor promedio de campo eléctrico radiado de 0,54 V/m. Aunque la emisión de radiación no ionizante aumenta a mayor frecuencia de operación, este aumento es minúsculo, cuyo valor es similar a la radiación emitida por una BTS que opera a 700 MHz.

En la ciudad de Loja, las estaciones base de CNT instaladas cumplen con límites internacionales recomendados por la Comisión Internacional contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) y los límites establecidos en Ecuador por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL). Los valores máximos medidos para campo eléctrico, campo magnético y densidad de potencia, están en el orden de 4,08%, 4,027% y 0,062% respectivamente para las recomendaciones límite. Los límites mencionados protegen a las personas de tal modo que el aumento de temperatura luego de exposición a la radiación de una BTS no supere el 1°C.

La tecnología 4G hace uso de microceldas, para dar mayor cobertura en donde el tráfico de datos es elevado. Debido al diseño de estas antenas los valores más altos de radiación se encuentran a distancias de 50 y 250m, es importante explicar que la exposición de una persona a la radiación no ionizante es en relación a la antena y no a la torre que la soporta, los teléfonos móviles y estaciones base son básicamente radios bidireccionales y la radiación que emiten provoca la exposición a las personas en la cercanía. Los resultados comparativos de los valores límite de referencia y los valores de la medición real permiten llegar a la afirmación de que la radiación que recibe una persona que vive o labora cerca de una estación base no causará riesgos a su salud.

Los campos electromagnéticos que emite una estación base de telefonía móvil en la banda GSM de acuerdo a los estudios revisados causa efectos de pérdida de capacidades de orientación y extinción en las colmenas de abejas. También las aves y otros insectos son sensibles a campos de ELF como el de las emisiones de radiodifusión AM y campos magnéticos de líneas de alta tensión. Pero debido a la controversia de que no en todos los lugares donde existe una antena de telefonía móvil ocurre esto, no se puede asegurar al 100% que los campos electromagnéticos emitidos por las estaciones base 4G sean peligrosas para el medio ambiente.

8. CONCLUSIONES

- La ciudad de Loja cuenta con un total de 60 estaciones base correspondientes a las operadoras Claro, Movistar y CNT según la base de datos de ARCOTEL sobre Servicio Móvil Avanzado hasta septiembre del año 2018, que brindan cobertura de telefonía móvil 4G a toda la ciudadanía.
- Las mediciones de radiación no ionizante se realizaron específicamente en las estaciones base del operador CNT, las ocho BTS funcionan actualmente con tecnología 4G LTE en la banda de 700 MHz, 1900 MHz y LTE AWS en la banda de 1700 y 2100 MHz.
- Con el equipo NARDA SRM 3006 y una antena triaxial isotrópica, se efectuaron las mediciones de campo eléctrico, campo magnético y densidad de potencia alrededor de cada estación base; a distancias desde 50 m a 250 m y a una altura de 1.50 m para exposición poblacional. El SRM 3006 es el equipo recomendado por ARCOTEL para realizar mediciones de RNI en todo el país porque permite capturar valores de campo con exactitud debido a su rango de frecuencias de 9 KHz a 6 GHz que cubre la banda de operación de 4G.
- Se aplicó varias normas internacionales para el correcto desarrollo de las mediciones de RNI y cálculo de niveles de exposición porcentual, la principal recomendación empleada fue de la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP) que manifiesta los niveles de referencia para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos. También se empleó la norma UIT-T K.52 y K.61 que establece los límites de seguridad cuando existe exposición de personas a campos electromagnéticos producidos por equipos de telecomunicaciones, además que ayudó con toda la información acerca de las herramientas y el equipamiento necesario que se debe utilizar para efectuar las mediciones.
- Del análisis de los valores promedio se obtuvo 0,544 V/m para campo eléctrico, 0,00144 A/m para campo magnético y 0,0023 W/m² para densidad de potencia que corresponden a los valores de emisión más alta de RNI en las estaciones base de CNT con tecnología 4G. La mayor emisión de radiación no ionizante de acuerdo a las muestras tomadas se da en horas de la mañana desde las 8h00 a 10h00 y en horas de la tarde desde las 17h00. También se concluye que para la frecuencia de 2100 MHz la radiación aumenta en comparación a la banda de 700 MHz.

- Del análisis porcentual de los valores medidos respecto a los límites de radiación no ionizante establecidos por el ICNIRP se concluye que el valor más alto emitido de campo eléctrico ocupa solo el 4,08% del valor límite, para campo magnético el 4,027% del valor límite y para la densidad de potencia un 0.062% del valor límite. Todas las mediciones de RNI fueron tomadas desde puntos físicos que intersecan una línea de 30 grados alrededor de la BTS formando una circunferencia que comprende al diagrama de radiación de las antenas ubicadas en la torre, de acuerdo a lo estipulado en la normativa ARCOTEL vigente en el país.
- En base a todos los resultados analizados y discutidos, el presente trabajo demuestra que las emisiones de campos electromagnéticos se encuentran por debajo del 50% del límite de exposición establecido por el ICNIRP, con lo cual se afirma que existe el cumplimiento de emisión de RNI por parte de la operadora CNT. Por lo tanto, queda demostrado que la radiación emitida por una estación base de telefonía móvil con tecnología 4G; no causará efectos biológicos adversos en las personas expuestas a esta radiación.
- Investigaciones demuestran que existen efectos en el medio ambiente, los animales perjudicados ante la emisión de los campos electromagnéticos son las aves, abejas y algunos insectos. Pero cabe mencionar que algunos de los estudios examinados en la presente tesis, muestran que los campos de ELF son los más perjudiciales, por lo tanto, no se puede confirmar con total veracidad que una estación de telefonía móvil con tecnología 4G en la ciudad de Loja cause impacto al medio ambiente.

9. RECOMENDACIONES

- Para la correcta realización de las mediciones de radiación no ionizante, se recomienda: seleccionar el equipo adecuado junto con la antena que se adapte mejor al servicio inalámbrico que se desee medir para obtener resultados más precisos, sin olvidar que el equipo tiene que estar certificado por instituciones internacionales, también al momento de realizar las mediciones de RNI no llevar consigo ningún aparato electrónico, para evitar interferencias y poder capturar valores precisos en la medición.
- Hoy en día siguen surgiendo nuevas tecnologías inalámbricas que se están implementando en ciudades y entornos de hogares, esto lleva a que las personas se encuentren expuestas a campos electromagnéticos de distintas fuentes, se recomienda como trabajos futuros se realicen mediciones periódicas de radiación no ionizante con el fin de evaluar y controlar que los niveles se encuentren por debajo de límite de referencia; de esta manera se podrá descartar efectos adversos en la salud de las personas.
- Se recomienda brindar charlas informativas acerca de la radiación no ionizante que emiten las estaciones base de telefonía celular, debido a que mucha gente asume falsas ideas acerca de la existencia de contaminación electromagnética a la salud, y en varias ocasiones se niegan a conceder permiso de arrendamiento de una infraestructura de telecomunicaciones cerca de sus hogares. Con esto se logrará que toda la ciudadanía viva en completa armonía usando las nuevas tecnologías.
- El país actualmente solo cuenta con un reglamento de protección de emisiones de radiación no ionizante, emitido por ARCOTEL. Se recomienda la creación de una normativa acerca de la Protección del Medio Ambiente en lo que concierne a instalación de infraestructuras de telecomunicaciones, en el cual especifique de manera explícita el impacto que deberá tener al paisaje, seguridad de la infraestructura, impacto al entorno urbano, entre otros.
- Se recomienda impulsar el desarrollo de nuevas investigaciones sobre los campos electromagnéticos emitidos por diferentes servicios como: radiodifusión, televisión, telefonía móvil y redes WLAN y su consecuencia en el medio ambiente de la ciudad de Loja o en el país, que den lugar a nuevos resultados que aporten con evidencia real el impacto ambiental generado por las nuevas tecnologías.

10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ICNIRP, «BASE STATIONS High Frequency,» [En línea]. Available: <https://www.icnirp.org/en/applications/base-stations/index.html>. [Último acceso: 22 Diciembre 2018].
- [2] Organización Mundial de la Salud, «Campos electromagnéticos, Normas y directrices,» [En línea]. Available: <https://www.who.int/peh-emf/standards/es/>. [Último acceso: 22 Diciembre 2018].
- [3] O. S. Roig, J. L. Valenzuela González y R. A. Comes, Principios de comunicaciones móviles, Primera ed., Barcelona: EDITIONS UPC, 2003.
- [4] ARCOTEL, «Espectro Radioeléctrico,» [En línea]. Available: <http://www.arcotel.gob.ec/espectro-radioelectrico-2/>. [Último acceso: 25 Diciembre 2018].
- [5] Esopo, «Espectro Radioeléctrico,» [En línea]. Available: <https://iie.fing.edu.uy/proyectos/esopo/espectro-radioelectrico/>. [Último acceso: 25 Diciembre 2018].
- [6] J. Canela Vicente, «Redes de telefonía móvil: 2.5G,» 11 2007. [En línea]. Available: <https://www.javiercanela.com/2007/11/10/redes-de-telefonía-movil-25g/>. [Último acceso: 25 Diciembre 2018].
- [7] Á. Gallón Rendón y J. E. Plazas Pemberthy, «Telefonía Móvil,» Octubre 2016. [En línea]. Available: [http://dtm.unicauca.edu.co/pregrado/conmutacion/transp/5.3A_-TelefoníaMovil_\(Generaciones\).pdf](http://dtm.unicauca.edu.co/pregrado/conmutacion/transp/5.3A_-TelefoníaMovil_(Generaciones).pdf). [Último acceso: 25 Diciembre 2018].
- [8] movilfacil, «UMTS (3G y 3.5G),» Abril 2011. [En línea]. Available: <https://movilfacil.wordpress.com/2011/04/18/umts-3g-y-35g/>. [Último acceso: 25 Diciembre 2018].

- [9] A. D y J. Rajput, «Wireless Evolution with 4G Technologies,» Octubre 2012. [En línea]. Available: https://www.ijareeie.com/upload/october/14_Wireless.pdf. [Último acceso: 26 Diciembre 2018].
- [10] C. Cox, An introduction to LTE : LTE, LTE-advanced, SAE and 4G mobile communications, UK: John Wiley & Sons Ltd, 2012.
- [11] E. Soffar, «Usos de la tecnología 4G, características, ventajas y desventajas,» Junio 2017. [En línea]. Available: <https://www.online-sciences.com/technology/4g-technology-uses-features-advantages-and-disadvantages/>. [Último acceso: 26 Diciembre 2018].
- [12] R. Sánchez Mínguez, «Arquitectura 4G,» Septiembre 2016. [En línea]. Available: <http://rubensm.com/arquitectura-4g/>. [Último acceso: 26 Diciembre 2018].
- [13] EPA, «Información básica sobre la radiación,» [En línea]. Available: <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-la-radiacion>. [Último acceso: 04 Enero 2019].
- [14] CSN, «Las Radiaciones,» [En línea]. Available: <https://www.csn.es/las-radiaciones>. [Último acceso: 04 Enero 2019].
- [15] F. d. E. d. C. d. Andalucía, «RADIACIONES,» Septiembre 2009. [En línea]. Available: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd5396.pdf>. [Último acceso: 04 Enero 2019].
- [16] J. M. Stellman, «RADIACIONES IONIZANTES,» de ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO, Madrid, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2001.
- [17] C. Castilla y León, Guía de Radiaciones ionizantes y no ionizantes, Secretaría de Salud Laboral, 2006.
- [18] L. D. Bonilla Guatatocha, «MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA RADIACIÓN NO IONIZANTE,» 2016.
- [19] R. Cubedo, «Líneas de alta tensión y riesgo de cáncer,» 2005. [En línea]. Available:

<https://www.elmundo.es/elmundosalud/2005/01/20/oncodudasypreguntas/1106228484.html>. [Último acceso: 19 Enero 2019].

- [20] L. Fernández, «Redes de Alta Tensión,» [En línea]. Available: <http://www.ambiente-ecologico.com/revist40/lferna40.htm>. [Último acceso: 19 Enero 2019].
- [21] V. M. Cruz, «Riesgo para la salud por radiaciones no ionizantes de las redes de telecomunicaciones en el Perú,» 2009. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342009000100017. [Último acceso: 19 Enero 2019].
- [22] moneycontrol, «High radiation emitting mobiles: 12 out of top 15 high SAR value phones made by Chinese firms,» 23 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.moneycontrol.com/news/technology/high-radiation-emitting-mobiles-12-out-of-top-15-high-sar-value-phones-made-by-chinese-firms-2897631.html>. [Último acceso: 12 Junio 2019].
- [23] Bundesamt für Strahlenschutz, «Spezifische Absorptionsraten (SAR) von Handys,» 11 Diciembre 2018. [En línea]. Available: <http://www.bfs.de/DE/themen/emf/mobilfunk/schutz/vorsorge/sar-handly.html?nn=6046838>. [Último acceso: 14 Junio 2019].
- [24] FEMP, «Límites de exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencia,» 2012. [En línea]. Available: https://www.upct.es/estudios/grado/5051/documentos/salidas_profesionales/Limites%20radiofrecuencias.pdf. [Último acceso: 19 Enero 2019].
- [25] ICNIRP, «RECOMENDACIONES PARA LIMITAR LA EXPOSICIÓN A CAMPOS ELÉCTRICOS, MAGNETICOS Y ELECTROMAGNÉTICO,» [En línea]. Available: <http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdlesp.pdf>. [Último acceso: 19 ENERO 2019].
- [26] M. C. Troya Mosquera y J. Zabalda Niño, «INFLUENCIA EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN EXPUESTA A RADIACIONES NO IONIZATES CON FRECUENCIAS COMPRENDIAS ENTRE 0 HZ A 300 GHZ, REVISIÓN DOCUMENTAL,» 2007. [En línea]. Available:

<https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/enfermeria/tesis40.pdf>. [Último acceso: 15 Febrero 2019].

- [27] RADIATION AND ENVIRONMENTAL HEALTH DEPARTMENT OF PROTECTION OF THE HUMAN ENVIRONMENT WORLD HEALTH ORGANIZATION, «ELECTROMAGNETIC FIELDS AND PUBLIC HEALTH,» ESTABLISHING A DIALOGUE ON RISKS FROM ELECTROMAGNETIC FIELDS, p. 64, 2002.
- [28] V. Cruz Ornetta, «La Telefonía Móvil y su Salud,» Lima.
- [29] B. Knave, «RADIACIONES NO IONIZANTES,» de ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO, Madrid, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2001.
- [30] World Health Organization, «What are the health risks associated with mobile phones and their base stations?,» 20 Septiembre 2013. [En línea]. Available: <https://www.who.int/features/qa/30/en/>. [Último acceso: 14 Junio 2019].
- [31] World Health Organization, «Electromagnetic fields and public health: mobile phones,» 8 Octubre 2014. [En línea]. Available: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/electromagnetic-fields-and-public-health-mobile-phones>. [Último acceso: 15 Junio 2019].
- [32] L. Gordon, «Radiación y medio ambiente: Evaluación de los efectos en las plantas y los animales,» [En línea]. Available: https://www.iaea.org/sites/default/files/39102681720_es.pdf. [Último acceso: 20 Febrero 2019].
- [33] C. Pérez Vega, «Radiaciones ionizantes y no ionizantes en el medio ambiente».
- [34] S. Engels, N.-L. Schneider, N. Lefeldt, C. M. Hein, M. Zapka, A. Michalik, D. Elbers, A. Kittel, P. Hore y H. Mouritsen, «Anthropogenic electromagnetic noise disrupts magnetic compass orientation in a migratory bird,» NATURE, 15 Mayo 2014. [En línea]. Available: <https://www.nature.com/articles/nature13290>. [Último acceso: 01 Agosto 2019].

- [35] TENDENCIAS CIENTÍFICAS, «Las ondas de los dispositivos electrónicos desorientan a las aves migratorias,» 13 Mayo 2014. [En línea]. Available: https://www.tendencias21.net/Las-ondas-de-los-dispositivos-electronicos-desorientan-a-las-aves-migratorias_a33771.html. [Último acceso: 01 Agosto 2019].
- [36] N. OCAÑA DE NOVA, «La contaminación electromagnética y la crisis del sector apícola,» 23 Noviembre 2015. [En línea]. Available: <https://toxamb.wordpress.com/2015/11/23/efectos-de-la-contaminacion-por-campos-electromagneticos/>. [Último acceso: 02 Agosto 2019].
- [37] LA VANGUARDIA, «La contaminación electromagnética como causa de desaparición de las abejas,» 17 Junio 2015. [En línea]. Available: <https://www.lavanguardia.com/vida/20150617/54432354414/la-contaminacion-electromagnetica-como-causa-de-desaparicion-de-las-abejas.html>. [Último acceso: 02 Agosto 2019].
- [38] A. Balmori, «Efectos de las radiaciones electromagnéticas de la telefonía móvil sobre los insectos,» Enero 2006. [En línea]. Available: <http://www.avaate.org/IMG/pdf/insectos396.pdf>. [Último acceso: 02 Agosto 2019].
- [39] R. Odemer y F. Odemer, «Efectos de la radiación electromagnética de radiofrecuencia (RF-EMF) en el desarrollo de la abeja reina y el éxito de apareamiento,» 15 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719301718>. [Último acceso: 02 Agosto 2019].
- [40] ABEJAS PARA TODA LA VIDA, «CAUSA #4: WiFi y radiación electromagnética,» [En línea].
- [41] Narda Safety Test Solutions GmbH, SRM-3006 Selective Radiation Meter Operating Manual, Alemania, 2010.
- [42] UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, «SERIE K.52: PROTECCIÓN CONTRA LAS INTERFERENCIAS,» Ginebra, 2000.

[43] UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, «SERIE K.61: PROTECCIÓN CONTRA LAS INTERFERENCIAS,» Ginebra, 2003.

11. ANEXOS

ANEXO 1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EQUIPO NARDA SRM 3006

Electric and Magnetic Field Measurement



SRM-3006 Selective Radiation Meter

Measurement Functions

Detection of Narda Measurement Antennas	Automatic consideration of antenna parameters after antenna is plugged in: antenna type, serial number, calibration date, and antenna factors (see below) Automatic limitation of the frequency range according to the frequency range of the connected antenna.
Antenna Factors	Used for display in field strength units Saved in all Narda antennas during calibration Antenna factor lists for antennas from other manufacturers can be saved (these lists defined using the PC configuration software <i>SRM Tools</i> or <i>SRM TS</i>)
Detection of Narda Cables	Automatic consideration of cable parameters after cable is plugged in: cable type, serial number, calibration date, and loss factors (see below) Automatic limitation of the frequency range according to the frequency range of the connected cable
Cable Loss Factors	Used for compensation of the power level display Saved in all Narda cables during calibration Cable loss lists for cables from other manufacturers can be saved (these lists defined using the PC configuration software <i>SRM Tools</i> included in delivery)
Units with antenna without antenna	% of the standard, V/m, A/m, W/m ² , mW/cm ² , dBVm, dBmV/m, dBA/m, dBµV/m dBV/m, dBmV/m, dBµV/m, dBm
Isotropic Measurements	Automatic switching of the antenna axes, when using Narda's triaxial measurement antenna, followed by computation of the isotropic result Sequential measurements, using single-axis antennas with subsequent computation of the isotropic result are supported Both results are directly displayed as a spectrum curve or as numerical values
Weighted Display	In % of the standard for the following human safety standards: ICNIRP, IEEE, FCC, BGV B11, BImSchV, Safety Code 6 Updating for new human safety standards can be made using the PC configuration software "SRM tools" included in delivery
Correlation of Results with Telecom Services	Definition and editing of service tables in the PC configuration software <i>SRM Tools</i> or <i>SRM TS</i> i.e., lists of frequency bands (upper and lower limit frequency, name for defined frequency band) Storage of service tables in the basic unit Use of the service tables for automatic correlation of measurement results with defined services based on frequency (marker functions, peak table evaluation function, Safety Evaluation mode)
Setups	Complete device configurations can be saved in the basic unit; up- and downloadable using <i>SRM Tools</i> or <i>SRM TS</i> Software
Memory Modes	Result stored as: SPECTRUM in Spectrum Analysis mode (SPEC), TABLE in Safety Evaluation mode (SAFETY), VALUES for Level Recorder (LEVEL) and Scope (SCOPE)
Memory Capacity	128 MB
Hold	"Freezes" the display; the measurement continues in the background



SRM-3006 Selective Radiation Meter

Specifications

Basic Unit SRM-3006		
Frequency Range	9 kHz to 6 GHz	
Modes	Spectrum Analysis Level Recorder Safety Evaluation SCOPE UMTS P-CPICH Demodulation	
RF FEATURES		
Frequency	Resolution Bandwidths (RBW)	See specifications for each mode
	Phase Noise (SSB)	10 kHz carrier spacing < -70 dBc (1 Hz) 300 kHz carrier spacing < -100 dBc (1 Hz)
	Reference Frequency	Initial Deviation < 1.0 ppm Aging < 5.0 ppm over 15 years Thermal Drift < 1.5 ppm (within specified operating temperature range)
Amplitude	Measurement Range Setting (MR)	-30 dBm to +20 dBm (in steps of 1 dB)
	Display Range	1 dB above the measurement range
	Maximum RF Power Level	+27 dBm
	Maximum DC Voltage	50 V
	Intrinsic Noise	<MR -100 dB for RBW = 1 kHz and $f \leq 30$ MHz <MR -96 dB for RBW = 1 kHz and $f \leq 2$ GHz <MR -95 dB for RBW = 1 kHz and $f \leq 4$ GHz <MR -90 dB for RBW = 1 kHz and $f \leq 6$ GHz
	RF Attenuation	0 to 50 dB in steps of 1 dB (coupled with measurement range)
	2nd Order Intermodulation Products	≤ -40 dBc for two signals of level 6 dB below MR and a spectral line spacing of more than 1 MHz
	3rd Order Intermodulation Products	≤ -60 dBc for two signals of level 6 dB below MR and a spectral line spacing of more than 1 MHz
	Extended Level Measurement Uncertainty	< 1.1 dB for the entire frequency band (within the temperature range from 15°C to 30°C) < ± 1.2 dB SA and SE Modes only
	Spurious Responses (input-related)	< -60 dBc or MR -60 dB (whichever is worse)
RF Input	Type	N Connector, 50 Ω
	Return Loss	>12 dB for 1 kHz RBW, $f \leq 4.5$ GHz and MR ≥ -28 dBm >10 dB for 1 kHz RBW, $f > 4.5$ GHz and MR ≥ -28 dBm



GENERAL SPECIFICATIONS		
Operating Temperature Range	-10°C to +50°C during normal operation 0°C to +40°C when charging	
Compliance	Climatic	
	Storage	1K3 (IEC 60721-3) extended to -10°C to +50°C
	Transport	2K4 (IEC 60721-3) restricted to -30°C to +70°C due to display
	Operating	7K2 (IEC 60721-3) extended to -10°C to +50°C
	Mechanical	
	Storage	1M2 (IEC 60721-3)
	Transport	2M3 (IEC 60721-3)
	Operating	7M3 (IEC 60721-3)
	ESD and EMC	EN 61326-1 : 2006
	Safety	EN 61010-1 : 2004
EU Guidelines	2003/11/EG 06.02.2003 (PBDE and OBDE) 2002/95/EG 27.01.2003 (RoHS) 2002/96/EG 27.01.2003 (WEEE)	
CE (European Community)	Yes	
Air Humidity (Operating Range)	<29 g/m ³ (<93% at +30°C)	
Weight	6.2 lbs. (2.8 kg) including rechargeable cell	
Dimensions	11.7 x 8.4 x 3.1 inches (297 x 213 x 77 mm)	
Display	Type	Color Display, TFT-LCD
	Size, Resolution	7 inch, (152 x 91 mm), 800 x 480 pixels
Interface	Optical 115.2 kbaud USB (2.0), Earphone	
Power Supply	Rechargeable Cell	Lithium-Ion rechargeable battery - typical 2.5 hour operating time Charged using external power supply
	External Power Supply (12 V DC / 2.5 A)	AC/DC adapter (DIN 45323) Input: 9-15V
Recommended Calibration Interval	24 months	
LEVEL RECORDER MODE		
Measurement Principle	Selective level measurement at a fixed frequency setting	
Detection	Peak RMS (Integration time = 480 ms), observation time selectable from, 480 ms up to 30 minutes	
Filter Type	Steep cutoff channel filter	
Resolution Bandwidth RBW (-6 dB)	40 kHz to 32 MHz (10 steps per decade)	
Video Bandwidth (VBW)	4 Hz to 32 MHz (depending on the selected RBW)	
Measurement Range Setting (MR)	Set individually from a list or using the "MR Search" function for determining the optimal measurement range at a given time	
Result Type	Peak ACT: Displays the current (actual) value Peak MAX: Maximum hold function RMS ACT: Average over a defined time (0.48 seconds to 30 minutes) RMS MAX: Maximum hold function for the averaged values – with RMS detector only SAVG: Spatial averaging (option) in Value display mode	
Time Averaging	Selectable from 0.96 seconds up to 30 minutes (0.96 s; 1.2 s; 2.4 s; 3.6 s; 6 s; 12 s; 18 s; 30 s; 1 min; 2 min; 3 min; 5 min; 6 min; 10 min; 15 min; 20 min; 30 min)	
Axis	Measurement in the direction of the X, Y, and Z axis (separate measurement in one direction using an isotropic / three-axis measuring antenna)	
Noise Suppression	Identifies whether measured values are above the device noise floor by setting a threshold (selectable at 0, 3, 6, 10, 15, or 20 dB relative to device noise floor). Measurement values below the threshold are shown as the absolute threshold value marked with "<" (less than threshold). Only applies to the numerical result display (Value).	

ANEXO 2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ANTENA NARDA TRIAXIAL NO DIRECTIVA



Electric and Magnetic Field Measurement

SRM-3006 Selective Radiation Meter

Antenna Uncertainty^a

THREE AXIS E-FIELD ANTENNA (supplied antenna)			
Intrinsic Noise Display in conjunction with the SRM basic unit (separate measurement of a single axis) ^{a, b}	25 $\mu\text{V/m}$ at 900 MHz with 1 kHz resolution bandwidth (RBW) 40 $\mu\text{V/m}$ at 2.1 GHz with 1 kHz resolution bandwidth (RBW)		
Intrinsic Noise Display in conjunction with the SRM basic unit (for isotropic result) ^a	40 $\mu\text{V/m}$ at 900 MHz with 1 kHz resolution bandwidth (RBW) 70 $\mu\text{V/m}$ at 2.1 GHz with 1 kHz resolution bandwidth (RBW)		
Measurement Range Limit (for single CW signal)	300 V/m, 1000 V/m for $f \leq 110$ MHz		
Max. Measurement Range (in conjunction with the SRM basic unit) ^a	200 V/m (without restrictions for total span of 27 MHz to 3 GHz)		
Damage / Overload Level	≥ 1000 V/m		
Extended Measurement Uncertainty ^b (in conjunction with SRM basic unit and 1.5 m RF cable)	Frequency Range	Single Axis Measurement with Isotropic Antenna	Isotropic Measurement
	27-85 MHz	+2.4 / -3.3 dB	+3.2 / -4.7 dB
	85-900 MHz	+2.4 / -3.4 dB	+2.5 / -3.6 dB
	900-1400 MHz	+2.3 / -3.1 dB	+2.5 / -3.4 dB
	1400-1600 MHz	+2.3 / -3.1 dB	+2.6 / -3.8 dB
	1600-1800 MHz	+1.8 / -2.3 dB	+2.2 / -3.0 dB
	1800-2200 MHz	+1.8 / -2.3 dB	+2.4 / -3.3 dB
	2200-2700 MHz	+1.9 / -2.4 dB	+2.7 / -3.8 dB
2700-3000 MHz	+1.9 / -2.4 dB	+3.3 / -5.3 dB	
Calibration Uncertainty	< 1.5 dB		

THREE AXIS E-FIELD ANTENNA 3502/01			
Intrinsic Noise Display in conjunction with the SRM basic unit (separate measurement of a single axis) ^a	33 $\mu\text{V}/\text{m}$ at 900 MHz with 1 kHz resolution bandwidth (RBW) 25 $\mu\text{V}/\text{m}$ at 2.1 GHz with 1 kHz resolution bandwidth (RBW)		
Intrinsic Noise Display in conjunction with the SRM basic unit (for isotropic result) ^a	60 $\mu\text{V}/\text{m}$ at 900 MHz with 1 kHz resolution bandwidth (RBW) 43 $\mu\text{V}/\text{m}$ at 2.1 GHz with 1 kHz resolution bandwidth (RBW)		
Measurement Range Limit (for single CW signal)	200 V/m		
Max. Measurement Range (in conjunction with the SRM basic unit) ^a	160 V/m (without restrictions for total span of 420 MHz to 6 GHz)		
Extended Measurement Uncertainty ^b (in conjunction with SRM basic unit and 1.5 m RF cable)	Frequency Range	Single Axis Measurement with Isotropic Antenna	Isotropic Measurement
	420-750 MHz	+2.1 / -2.9 dB	+2.6 / -3.8 dB
	> 750-1600 MHz	+2.0 / -2.7 dB	+2.2 / -2.9 dB
	> 1600-2000 MHz	+1.7 / -2.2 dB	+1.9 / -2.4 dB
	> 2000-4000 MHz	+1.7 / -2.2 dB	+2.0 / -2.6 dB
	> 4000-4500 MHz	+1.8 / -2.3 dB	+2.2 / -3.0 dB
	> 4500-5000 MHz	+1.9 / -2.5 dB	+2.5 / -3.5 dB
Calibration Uncertainty	< 1.5 dB		
THREE AXIS H-FIELD ANTENNA 3581/02			
Intrinsic Noise Display in conjunction with the SRM basic unit (separate measurement of a single axis) ^a	0.3 $\mu\text{A}/\text{m}$ with 1 kHz resolution bandwidth (RBW)		
Intrinsic Noise Display in conjunction with the SRM basic unit (for isotropic result) ^a	0.8 $\mu\text{A}/\text{m}$ with 1 kHz resolution bandwidth (RBW)		
Extended Measurement Uncertainty ^{a, b}	Frequency Range	Single Axis Measurement with Isotropic Antenna	Isotropic Measurement
	0.3-30 MHz	2.1 dB	2.4 dB
	30-60 MHz	2.2 dB	2.5 dB
	60-250 MHz	2.3 dB	3.2 dB
Calibration Uncertainty	< 1.5 dB		

narda Safety Test Solutions an  communications company USA • Germany • Italy
 USA TEL: (1) 631 231-1700 • FAX: (1) 631 231-1711 • E-MAIL: NardaSTS@L-3COM.com • www.narda-sts.us

ANEXO 3. MEDICIONES DE CAMPO DE RADIACIÓN NO IONIZANTE







ANEXO 4. FORMULARIO PARA INFORME TÉCNICO SUPERTEL

Sitio: Nodo - San Agustín
 Dirección: Azuay y Bolívar

Fecha: 03/Abril/2012

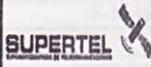
 FORMULARIO PARA EL INFORME TECNICO DE INSPECCION DE EMISIONES RNI		RNI-I1-4					
		IN-IRS-	FECHA: 03-07-2012				
10) TABLA DE VALORES MEDIDOS PARA LA EMISION:							
UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION	FRECUENCIAS DE OPERACIÓN (MHz)			CAMPO ELECTRICO E(V/m)	CAMPO MAGNETIC O H (A/m)	DENSIDAD DE POTENCIA S (W/m ²)	OBSERVACIONES
	LATITUD	LONGITUD	ALTURA				
Pto. 1	3°59'59,4"	79°12'9,6"					2486,1/2487,1/2488,1
Pto. 2	4°0'6,4"	79°12'5,2"					2489,1/2490,1/2491,1
Pto. 3	4°0'4,6"	79°12'1,5"					2492,1/2493,1/2494,1
Pto. 4	4°0'2,1"	79°11'59,6"					2495,1/2496,1/2497,1
Pto. 5	3°59'59"	79°12'1,2"					2498,1/2499,1/2500,1
Pto. 6	3°59'57,2"	79°12'5,3"					2501,1/2502,1/2503,1
11) TABLA DE VALORES MEDIDOS PARA LA INMISION:							
UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION	FRECUENCIAS DE OPERACIÓN (MHz)		CAMPO ELECTRICO E(V/m)	CAMPO MAGNETIC O H (A/m)	CAMPO ELECTRICO LIMITE EI(V/m)	CAMPO MAGNETIC O LIMITE HI (A/m)	OBSERVACIONES
	FRECUENCIA MINIMA	FRECUENCIA MAXIMA					
Pto. 1							
Pto. 2							
Pto. 3							
Pto. 4							
Pto. 5							
Pto. 6							
Pto. 7							
Pto. 8							
Pto. 9							

OBSERVACIONES GENERALES

Sitio: Nodo IESS

Dirección: Av. Cuxibamba e Ibarra.

Fecha: 04/Abril/2019

 FORMULARIO PARA EL INFORME TECNICO DE INSPECCION DE EMISIONES RNI		RNI-1-4					
		IN-IRS-					
		FECHA: 03-07-2012					
10) TABLA DE VALORES MEDIDOS PARA LA EMISION :							
UBICACION DEL PUNTO DE MEDICION	FRECUENCIAS DE OPERACION (MHz)			CAMPO ELECTRICO E(V/m)	CAMPO MAGNETICO OH (A/m)	DENSIDAD DE POTENCIAS (W/m ²)	OBSERVACIONES
	LATITUD	LONGITUD	ALTURA				
Pto. 1	3°59'2,5"	79°12'18,0"					2613.1 / 2614.1 / 2615.1
Pto. 2	3°59'4,5"	79°12'22,1"					2616.1 / 2617.1 / 2618.1
Pto. 3	3°59'8,0"	79°12'21,5"					2619.1 / 2620.1 / 2621.1
Pto. 4	3°59'10,4"	79°12'18,2"					2622.1 / 2623.1 / 2624.1
Pto. 5	3°59'8,8"	79°12'15,7"					2625.1 / 2626.1 / 2627.1
Pto. 6	3°59'6,1"	79°12'14,5"					2628.1 / 2629.1 / 2630.1
11) TABLA DE VALORES MEDIDOS PARA LA INMISION:							
UBICACION DEL PUNTO DE MEDICION	FRECUENCIAS DE OPERACION (MHz)		CAMPO ELECTRICO E(V/m)	CAMPO MAGNETICO OH (A/m)	CAMPO ELECTRICO LIMITE EI(V/m)	CAMPO MAGNETICO LIMITE HI (A/m)	OBSERVACIONES
	FRECUENCIA MINIMA	FRECUENCIA MAXIMA					
Pto. 1							
Pto. 2							
Pto. 3							
Pto. 4							
Pto. 5							
Pto. 6							
Pto. 7							
Pto. 8							
Pto. 9							

OBSERVACIONES GENERALES