



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA TELECOMUNICACIONES

**EVALUACIÓN DE LAS RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS
TEMPORALES Y DE DESPLAZAMIENTO EN LA BANDA DE
FRECUENCIA GSM-850 MHZ EN EL INTERIOR DE LA ESPOCH.**

Trabajo de titulación

TIPO: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR:

JEFFERSON MARCELO BECERRA PARRA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA TELECOMUNICACIONES

**EVALUACIÓN DE LAS RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS
TEMPORALES Y DE DESPLAZAMIENTO EN LA BANDA DE
FRECUENCIA GSM-850 MHZ EN EL INTERIOR DE LA ESPOCH.**

Trabajo de titulación

TIPO: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR: JEFFERSON MARCELO BECERRA PARRA.

DIRECTOR: ING. PEDRO SEVERO INFANTE MOREIRA.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Jefferson Marcelo Becerra Parra

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Jefferson Marcelo Becerra Parra, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 27 de marzo de 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jefferson Marcelo Becerra Parra', enclosed within a large, loopy blue oval scribble.

Jefferson Marcelo Becerra Parra
060441099-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRONICA

CARRERA TELECOMUNICACIONES

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo Proyecto de Investigación **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LAS RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS TEMPORALES Y DE DESPLAZAMIENTO EN LA BANDA DE FRECUENCIA GSM-850 MHZ DURANTE 5 DÍAS EN UN SECTOR DE RIOBAMBA**, realizado por el señor: **JEFFERSON MARCELO BECERRA PARRA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Alberto Leopoldo Arellano A. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2022 – 03 – 07
Ing. Pedro Severo Infante Moreira DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2022 – 03 – 07
Ing. Hugo Oswaldo Moreno Avilés MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2022 – 03 – 07

DEDICATORIA

A todos quienes ayudaron en la formación humana y profesional de mi persona.

Jefos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre, hermanas y todas las personas involucradas dentro de este proceso de fortalecimiento y aprendizaje.

Jefos.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	xviii

CAPITULO I

1	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1	Ondas Electromagnéticas.....	4
1.1.1	<i>Características de la Onda plana.</i>	4
1.1.2	<i>Espectro Electromagnético</i>	5
1.1.3	<i>Propagación de las ondas en el espacio.</i>	6
1.2	Propiedades de las ondas.....	7
1.2.1	<i>Reflexión y Refracción.</i>	7
1.2.2	<i>Absorción.</i>	9
1.2.3	<i>Difracción</i>	9
1.3	Tipos de radiación.....	10
1.3.1	<i>Radiación ionizante (RI)</i>	10
1.3.2	<i>Radiación no ionizante (RNI).</i>	11
1.3.3	<i>Zonas de Radiación no Ionizante.</i>	11
1.3.3.1	<i>Campo Cercano</i>	11
1.3.3.2	<i>Campo lejano</i>	11
1.4	Fuentes causantes de radiación no ionizante (RNI).	12
1.4.1	<i>Fuentes naturales causantes de radiación no ionizante (RNI).</i>	12
1.4.2	<i>Fuentes de radiación no ionizante (RNI) generadas por el hombre.</i>	13
1.5	Servicios de Telecomunicaciones en el Ecuador.....	13
1.5.1	<i>Telefonía móvil celular.</i>	13
1.6	Tecnología y Arquitectura del Sistema Global Para las Comunicaciones (GSM).....	14
1.6.1	<i>Arquitectura de la red GSM.</i>	14
1.6.1.1	<i>Equipo móvil o estación Móvil (MS).</i>	15
1.6.1.2	<i>Identificado de Usuario (SIM).</i>	15

1.6.1.3	<i>Subsistema de Estación Base (BSS)</i>	15
1.6.1.4	<i>Controlador de Estación Base (BSC)</i>	15
1.6.1.5	<i>Subsistema de red (NSS)</i>	16
1.6.2	<i>GSM y sus beneficios.</i>	16
1.7	Normativas Internacionales UIT e ICNIRP.	18
1.7.1	<i>Comisión Internacional de Protección Contra las Radiaciones no Ionizantes (ICNIRP)</i>	18
1.7.2	<i>Unión Internacional De Telecomunicaciones (UIT)</i>	20
1.7.2.1	<i>UIT-T K.52</i>	21
1.7.2.1	<i>UIT-T K.61</i>	21
1.7.3	<i>Ministerio De Telecomunicaciones y de La Sociedad de la Información (MINTEL).</i> 22	
1.7.4	<i>Agencia De Regulación Y Control De Las Telecomunicaciones (ARCOTEL).</i>	22
1.8	DOSÍMETRO EME Spy-200	23
1.8.1	<i>Descripción y características del equipo</i>	23
1.8.2	<i>Configuración del equipo.</i>	25
1.8.3	<i>Instrucciones de uso.</i>	28
1.8.4	<i>Software EME Spy Analysis.</i>	28
1.8.5	<i>Software EME Spy Analysis en tiempo real.</i>	29
1.8.6	<i>INSTALACIÓN DE LOS DRIVERS DEL USB.</i>	31
1.9	NARDA SRM-3006	31
1.9.1	<i>Descripción y características del equipo.</i>	31
1.9.2	<i>Configuración del equipo.</i>	33
1.9.3	<i>Instrucciones de uso.</i>	33
1.9.4	<i>Software NARDA 3006</i>	33
1.10	Aplicación Google Earth	34
1.10.1	<i>Descripción y características.</i>	34
1.10.2	<i>Instalación e Instrucciones de uso.</i>	34
1.11	Matlab.	35
1.12	Estadística paramétrica y no paramétrica.	35
1.12.1	<i>Estadística paramétrica</i>	35
1.12.2	<i>Estadística no paramétrica.</i>	36
1.13	Paquete estadístico para las ciencias sociales (SPSS).	36
 CAPITULO II		
2	MARCO METODOLÓGICO	37

2.1	Trazado de la ruta en la aplicación Google Earth.....	38
2.1.1	<i>Selección de puntos para las mediciones de intensidad de campo eléctrico temporal y de desplazamiento.</i>	39
2.1.2	<i>Selección de los horarios para realizar las mediciones de intensidad de campo eléctrico temporal y de desplazamiento.</i>	39
2.2	Obtención de mediciones en la banda GSM-850 MHz.	41
2.2.1	<i>Mediciones de intensidad de campo eléctrico temporal con el equipo NARDA SRM-3006....</i>	41
2.2.2	<i>Mediciones de intensidad de campo eléctrico de desplazamiento con el equipo dosimétrico EME Spy-200</i>	45
2.3	Extracción de los datos obtenidos por los equipos NARDA SRM-3006 Y EME Spy-200.....	48
2.3.1	<i>Extracción de mediciones del equipo Narda SRM-3006.</i>	48
2.3.2	<i>Extracción de mediciones del equipo EME Spy-200.</i>	49
2.4	Análisis estadístico de los datos mediante el uso del software SPSS.....	49
2.5	Exportación de los datos a MATLAB.....	51

CAPITULO III

3	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	53
3.1	Resultados de intensidad de campo eléctrico temporal obtenidos con el equipo NARDA SRM-3006.	53
3.2	RESULTADOS DE INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO DE DESPLAZAMIENTO OBTENIDOS CON EL EQUIPO EME SPY-200.	60
3.2.1	<i>Tablas comparativas entre intensidad de campo eléctrico temporal máximo y mínimo e intensidad de campo eléctrico de desplazamiento.</i>	80
3.2.2	<i>Tablas comparativas entre intensidad de campo eléctrico temporal promedio máximo, mínimo e intensidad de campo eléctrico de desplazamiento promedio.</i>	104
	CONCLUSIONES	112
	RECOMENDACIONES.....	113
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Canales de subida y bajada en la banda GSM-850 MHz.....	14
Tabla 2-1: Asignación de frecuencias en las bandas GSM-850 en el Ecuador.....	18
Tabla 3-1: Limite de Exposición Poblacional contra Radiaciones no ionizantes.	19
Tabla 4-1: Bandas predefinidas en el dispositivo EME Spy-200.	23
Tabla 5-1: Axial Isotropy con sus mínimos, máximos y desviación estándar.	27
Tabla 1-2: Escenarios seleccionados para la realización de mediciones en ESPOCH.	40
Tabla 1-3: LUNES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico, Emáximo y Emínimo.	54
Tabla 2-3: MARTES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico, Emáximo y Emínimo.	54
Tabla 3-3: MIÉRCOLES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico, Emáximo y Emínimo.	55
Tabla 4-3: JUEVES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico, Emáximo y Emínimo.	55
Tabla 5-3: VIERNES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico, Emáximo y Emínimo.	56
Tabla 6-3: Intensidad de campo eléctrico temporal Emáximopromedio y Emínimopromedio	56
Tabla 7-3: LUNES, mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico Einstantáneo.	61
Tabla 8-3: MARTES, mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico Einstantáneo.	61
Tabla 9-3: MIÉRCOLES, mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico Einstantáneo.	65
Tabla 10-3: JUEVES, mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico Einstantáneo.	67
Tabla 11-3: VIERNES, mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico Einstantáneo.	67
Tabla 12-3: Comparación del valor máximo alcanzado y el porcentaje límite establecido por el ICNIRP en el horario de 7:10am – 7:39am.	72

Tabla 13-3: Comparación del valor máximo alcanzado y el porcentaje límite establecido por el ICNIRP en el horario de 11:10 am – 11:41am.	75
Tabla 14-3: Comparación del valor máximo alcanzado y el porcentaje límite establecido por el ICNIRP en el horario de 7:11pm – 7:42pm.	77
Tabla 15-3: Intensidad de campo eléctrico de desplazamiento Einstantáneopromedio.....	78
Tabla 16-3: LUNES, comparación de mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico Emáximo y Emínimo, y las mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico Einstantáneo.....	80
Tabla 17-3: MARTES, comparación de mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico Emáximo y Emínimo, y las mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico Einstantáneo.	85
Tabla 18-3: MIÉRCOLES, comparación de mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico Emáximo y Emínimo, y las mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico Einstantáneo.	90
Tabla 19-3: JUEVES, comparación de mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico Emáximo y Emínimo, y las mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico Einstantáneo.....	95
Tabla 20-3: VIERNES, comparación de mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico Emáximo y Emínimo, y las mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico Einstantáneo.	100
Tabla 21-3: Intensidad de campo eléctrico temporal Emáximopromedio y Emínimopromedio e intensidad de campo eléctrico de desplazamiento Einstantáneopromedio.	105

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Onda Electromagnética.....	4
Figura 2-1: Espectro Electromagnético	5
Figura 3-1: Tipos de Propagaciones de las Ondas Radioeléctricas	6
Figura 4-1: Reflexión.....	8
Figura 5-1: Reflexión y Refracción entre dos medios.	8
Figura 6-1: Orificio mayor a la longitud de onda.	9
Figura 7-1: Difracción con un orificio menor a la longitud de la onda.	10
Figura 8-1: Campo cercano y campo lejano.	12
Figura 9-1: Arquitectura red GSM.....	14
Figura 10-1: Asignación de bandas de frecuencia.	17
Figura 11-1: Zonas de Exposición de los Campos Electromagnéticos.....	20
Figura 12-1: Dosímetro EME Spy-200.....	24
Figura 13-1: Componentes del equipo EME Spy-200.....	25
Figura 14-1: Portátil HP.....	25
Figura 15-1: Pantalla de inicio del software EME Spy analysis.....	26
Figura 16-1: Ventana Histogram de EME Spy Analysis.	28
Figura 17-1: Ventana Field Vs Time Statics de EME Spy Analysis.	29
Figura 18-1: Graficador de los valores en tiempo real EME Spy analysis.....	29
Figura 19-1: Valores en tiempo real EME Spy analysis.....	30
Figura 20-1: Narda SRM-3006 y antena tree axial.....	32
Figura 21-1: Componentes del equipo Narda SRM-3006	32
Figura 22-1: Google Earth Pro.....	34
Figura 1-2: Ruta y ubicación de los puntos donde se realizó las mediciones.....	38
Figura 2-2: Media en tamaño a nivel de Sudamérica.	42
Figura 3-2: Código de imágenes y mediciones.....	42

Figura 4-2: Medición de RNI Temporal en el Punto 1 en la Facultad de Ciencias Pecuarias en la jornada de 7:00-8:00 am.	43
Figura 5-2: Medición de RNI Temporal en el Punto 2 en la Facultad de Agronomía en la jornada de 11:00-12:00 pm.....	44
Figura 6-2: Medición de RNI Temporal en el Punto 3 en la Facultad de Ciencias en la jornada de 07:00-08:00pm.....	44
Figura 7-2: Indicador de periodo, número de muestras y el tiempo total que tardó en terminar el recorrido.	45
Figura 8-2: Medición de RNI de desplazamiento en el Punto 1 en la Facultad de Ciencias Pecuarias en la jornada de 7:00am-8:00am.	46
Figura 9-2: Medición de RNI de desplazamiento en el Punto 2 en la Facultad de Agronomía en la jornada de 11:00pm-12:00.....	47
Figura 10-2: Medición de RNI de desplazamiento en el Punto 3 en la Facultad de Ciencias Pecuarias en la jornada de 07:00pm-08:00pm.....	47
Figura 11-2: Exportación de datos desde el software Narda SRM-3006.....	48
Figura 12-2: Hoja de cálculo en Microsoft Excel en el rango de frecuencia de 869 MHz a 894 MHz.....	48
Figura 13-2: Importación de las mediciones de RNI obtenidas y generación de la hoja de cálculo en Microsoft Excel.	49
Figura 14-2: Prueba de normalidad en el horario de 7:00am-8:00am, 11:00am-12:00 y 7:00-8:00pm.....	50
Figura 14-2: (Continuación).....	51
Figura 15-2: Exportación de datos a MATLAB y resultados de intensidad de campo eléctrico temporal máximo.....	52

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Trafico del campo eléctrico durante una semana en la banda de 850 MHz.	41
Gráfico 1-3: Resultados de intensidad de campo eléctrico temporal promedio en el horario de 7:11am-7:39am.....	57
Gráfico 2-3: Resultados de intensidad de campo eléctrico temporal promedio en el horario de 11:09am-11:36am.....	58
Gráfico 3-3: Resultados de intensidad de campo eléctrico temporal promedio en el horario de 7:10pm-7:38pm	59
Gráfico 4-3: RNI de desplazamiento durante el día lunes en el horario de 7:15am – 7:46am..	62
Gráfico 5-3: RNI de desplazamiento durante el día lunes en el horario de 11:10am – 11:41am	62
Gráfico 6-3: RNI de desplazamiento durante el día lunes en el horario de 7:11pm – 7:42pm.	62
Gráfico 7-3: RNI de desplazamiento durante el día martes en el horario de 7:10am – 7:39am	64
Gráfico 8-3: RNI de desplazamiento durante el día martes en el horario de 11:11am – 11:43am	64
Gráfico 9-3: RNI de desplazamiento durante el día martes en el horario de 7:12pm – 7:44pm	64
Gráfico 10-3: RNI de desplazamiento durante el día miércoles en el horario de 7:14am - 7:46am	65
Gráfico 11-3: RNI de desplazamiento durante el día miércoles en el horario de 11:09am –11:40am	66
Gráfico 12-3: RNI de desplazamiento durante el día miércoles en el horario de 7:12pm - 7:42pm	66
Gráfico 13-3: RNI de desplazamiento durante el día jueves en el horario de 7:20am – 7:52am	67
Gráfico 14-3: RNI de desplazamiento durante el día jueves en el horario de 11:08am – 11:41am	68
Gráfico 15-3: RNI de desplazamiento durante el día jueves en el horario de 7:09pm–7:39pm .	68
Gráfico 16-3: RNI de desplazamiento durante el día viernes en el horario de 7:07am–7:37am	69
Gráfico 17-3: RNI de desplazamiento durante el día viernes en el horario de 11:10am - 11:40am	70

Gráfico 18-3: RNI de desplazamiento durante el día viernes en el horario de 7:13pm–7:43pm	70
Gráfico 19-3: RNI de desplazamiento durante el día martes en el horario de 7:10am – 7:39am	71
Gráfico 20-3: Intensidad de campo eléctrico instantáneo máximo en el horario de 7:10am – 7:39am.....	72
Gráfico 21-3: Porcentaje con respecto a los límites del ICNIRP en el horario de 7:10am – 7:39am	73
Gráfico 22-3: RNI de desplazamiento durante el día martes en el horario de 11:10am – 11:41am.	73
Gráfico 23-3: Intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo máximo en el horario de 11:10am-11:41am.....	74
Gráfico 24-3: Porcentaje con respecto a los límites del ICNIRP en el horario de 11:10am – 11:41am.....	75
Gráfico 25-3: RNI de desplazamiento durante el día martes en el horario de 7:11pm – 7:42pm	76
Gráfico 26-3: Intensidad de campo electrico de desplazamiento instantáneo máximo en el horario de 7:11pm - 7:42pm.....	76
Gráfico 27-3: Porcentaje con respecto a los límites del ICNIRP en el horario de 7:11pm – 7:42pm.	77
Gráfico 28-3: Análisis en tiempo de los resultados de intensidad de campo eléctrico instantáneo promedio de desplazamiento en los horarios de 7:12am-7:40am, 11:10am-11:37am y 7:11pm-7:42pm.	78
Gráfico 29-3: LUNES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:11am-7:39am y 7:12am-7:44am.82	
Gráfico 30-3: LUNES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 11:09am-11:36am y 11:10am- 11:41am.	83
Gráfico 31-3: LUNES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:10pm-7:38pm y 7:11pm-7:42pm.	84
Gráfico 32-3: MARTES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:11am-7:39am y 7:12am-7:44am.86	

Gráfico 33-3: MARTES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 11:09am-11:36am y 11:10am-11:41am.	87
Gráfico 34-3: MARTES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:10pm-7:38pm y 7:11pm-7:42pm.	88
Gráfico 35-3: MIERCOLES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:11am-7:39am y 7:12am-7:44am.	91
Gráfico 36-3: MIERCOLES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 11:09am-11:36am y 11:10am-11:41am.	92
Gráfico 37-3: MIERCOLES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:10pm-7:38pm y 7:11pm-7:42pm.	93
Gráfico 38-3: JUEVES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:11am-7:39am y 7:12am-7:44am.	96
Gráfico 39-3: JUEVES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 11:09am-11:36am y 11:10am-11:41am.	97
Gráfico 40-3: JUEVES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:10pm-7:38pm y 7:11pm-7:42pm.	98
Gráfico 41-3: VIERNES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:11am-7:39am y 7:12am-7:44am.	101
Gráfico 42-3: VIERNES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 11:09am-11:36am y 11:10am-11:41am.	102
Gráfico 43-3: VIERNES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:10pm-7:38pm y 7:11pm-7:42pm.	103

- Gráfico 44-3:**Resultados de intensidad de campo eléctrico temporal máximo promedio y mínimo promedio Vs intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo promedio en el horario de 7:11am-7:39am y 7:12am-7:44am.....106
- Gráfico 45-3:**Resultados de intensidad de campo eléctrico temporal máximo promedio y mínimo promedio Vs intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo promedio en el horario de 11:09am-11:36am y 11:10am-11:41am.....107
- Gráfico 46-3:**Resultados de intensidad de campo eléctrico temporal máximo promedio y mínimo promedio Vs intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo promedio en el horario de 7:10pm-7:38pm y 7:11pm-7:42pm..... 110

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo evaluar las radiaciones electromagnéticas temporales y de desplazamiento en la banda de frecuencia GSM-850 MHz en el interior de la ESPOCH. Para lo cual se trazó una ruta en donde se realizaron mediciones de intensidad de campo eléctrico temporal y de desplazamiento, en los horarios de 7:00-8:00am, 11:00-12:00pm y 7:00-8:00pm, durante 5 días consecutivos de lunes a viernes, utilizando el equipo Narda SRM-3006 que permitió las mediciones de intensidad de campo eléctrico temporales en 3 puntos dentro de la ruta trazada a una altura de 150cm y el equipo EME Spy-200 que permitió las mediciones de intensidad de campo eléctrico de desplazamiento, se colocó a 150 cm a la altura del hombro de una persona, mismo que procedió a movilizarse haciendo uso de una bicicleta, desplazándose a una velocidad aproximada de 5km/h. Se exportó los datos obtenidos de los equipos a MATLAB para obtener valores promedio de cada una de las mediciones. Con los resultados obtenidos se realizó tablas comparativas, determinando que la intensidad de campo eléctrico temporal máximo y mínimo es mayor a la intensidad de campo eléctrico de desplazamiento, sin embargo, todos estos valores son inferiores a los límites establecidos por la ICNIRP. Con las mediciones obtenidas en la banda GSM-850 MHz se determinó que la intensidad de campo eléctrico temporal máximo es superior a la intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo, sin embargo, la intensidad de campo eléctrico temporal mínimo e intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo tienen valores muy similares entre sí, en los resultados promedio de intensidad de campo eléctrico se obtuvieron los mismos resultados ya mencionados anteriormente. Se recomienda exportar los datos obtenidos de intensidad de campo eléctrico temporal y de desplazamiento al simulador SIM4LIFE para obtener la distribución de la SAR. **Palabras clave:** <RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS TEMPORALES> <INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO> <RADIACIONES NO IONIZANTES> <SISTEMA GLOBAL PARA LAS COMUNICACIONES MÓVILES (GSM)> <INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO (ICE)>.



2188-DBRA-UPT-2021

2021-11-30

SUMMARY

The objective of this degree work was to evaluate the electromagnetic radiation temporary and displacement in the GSM-850 MHz frequency band within the ESPOCH. A route was traced where field intensity measurements were made temporary and displacement electricity, during the hours of 7:00-8:00am, 11:00-12:00pm and 7:00-8:00 pm, during 5 consecutive days from Monday to Friday, using the Narda SRM-3006 equipment which allowed temporary electric field strength measurements at 3 points within the route traced at a height of 150cm and the EME Spy-200 equipment that allowed the measurements of displacement electric field intensity, it was placed 150 cm to the height of the shoulder of a person, who proceeded to mobilize using a bicycle, moving to a speed of approximately 5km/h. The data obtained from the equipment was exported to MATLAB in order to obtain average values of each of the measurements. With the results obtained, made comparative tables, determining that the intensity of the maximum temporary electric field and minimum is greater than the displacement electric field intensity, however, all these values are lower than the limits established by ICNIRP. With measurements obtained in the GSM-850 MHz band, it was determined that the temporary electric field intensity maximum is greater than the instantaneous displacement electric field intensity, however, the minimum temporary electric field intensity and electric field intensity of instant displacement have very similar values to each other, in the average results of electric field intensity the same results already mentioned were obtained previously. It is recommended to export the data obtained of the electric field intensity time and displacement to the SIM4LIFE simulator to obtain the distribution of the SAR.

Keywords: < TEMPORARY ELECTROMAGNETIC RADIATION> < ELECTRIC FIELD STRENGTH> < NON-IONIZING RADIATION)> <GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATION (GSM)> <INTENSITY OF ELECTRIC FIELD (ICE)>.



INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Riobamba se ha realizado un amplio estudio sobre radiaciones electromagnéticas temporales utilizando el equipo NARDA SRM-3000, sin embargo, no existe estudios de intensidad de campo eléctrico de desplazamiento generadas por las antenas transmisoras de telefonía celular, en especial en el área urbana donde se ubican la mayor cantidad de antenas. Debido a la falta de estudios e información de intensidad de campo eléctrico de desplazamiento en la ESPOCH se ha generado el escenario propicio para realizar esta investigación y su posterior evaluación.

En el interior de la ESPOCH ubicada en el cantón Riobamba provincia de Chimborazo se han realizado estudios relacionados a la temática propuesta, uno de ellos por el Ing. Luis Castillo en su tesis de grado, donde se han determinado los niveles de radiación (temporales) de campo eléctrico, campo magnético y densidad de potencia en la ciudad de Riobamba, para determinar los límites de radiación electromagnética no ionizante de acuerdo a las normas internacionales emitidas por la ICNIRP (International Committee on Non Ionising Radiation Protection) establecidas en 1998, los resultados obtenidos han demostrado que estaban muy por debajo de los límites permitidos referente a la exposición a corto plazo; sin embargo se desconoce que sucede con las radiaciones inferiores a los límites permitidos por la ICNIRP a largo plazo, actualmente en la ciudad de Riobamba los estudios realizados no se ha considerado la exposición bajo condiciones de desplazamiento. En este trabajo de titulación se va a considerar la evaluación de la intensidad de campo eléctrico temporal y de desplazamiento. Utilizando los equipos de medición EME Spy-200 y el Narda SRM-3006.

Justificación

En el presente proyecto de investigación, que se ha puesto a consideración se realizarán mediciones de Intensidad de campo eléctrico en la ruta trazada en la ciudad de Riobamba en el interior de la ESPOCH, específicamente en la banda de frecuencia GSM-850MHz para obtener los valores de la intensidad de campo eléctrico y determinar el comportamiento de las radiaciones de la intensidad de campo eléctrico temporales y de desplazamiento, utilizando el dosímetro personal EME Spy-200 y el Narda SRM-3006.

Formulación del problema

¿Evaluar las intensidades de campo eléctrico temporales y de desplazamiento en el interior de la ESPOCH utilizando el dosímetro personal EME Spy-200 y el Narda SRM-3006?

Sistematización del problema

¿Cuáles son los factores por los que varían las intensidades de campo eléctrico temporales y de desplazamiento?

¿Cuál es el comportamiento de la intensidad del campo eléctrico obtenidas del dosímetro personal EME Spy-200 y el NARDA SRM-3006?

¿Cómo varía el comportamiento de las intensidades de campo eléctrico temporales y de desplazamiento en la banda de frecuencia GSM-850 MHZ?

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

Evaluar las radiaciones electromagnéticas temporales y de desplazamiento en la banda de frecuencia GSM-850 MHz en el interior de la ESPOCH.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el funcionamiento de los equipos de medición, dosímetro personal EME Spy-200 y el NARDA SRM-3006, para las mediciones de campo eléctrico de temporales y de desplazamiento, respectivamente.
- Seleccionar la ruta adecuada en el interior de la ESPOCH utilizando la aplicación Google Earth, para realizar las mediciones temporales y de desplazamiento.
- Realizar las mediciones temporales y de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico en la banda GSM-850 MHz en la ruta seleccionada, durante cinco días, utilizando los equipos EME Spy-200 y Narda SRM-3006
- Extraer los datos de la intensidad de campo eléctrico almacenados en los equipos de medición EME Spy-200 y Narda SRM-3006 y almacenarlos en una base de datos.
- Evaluar los datos almacenados en el numeral 4, para determinar el comportamiento de la Intensidad de campo eléctrico temporal y de desplazamiento.

- Realizar cuadros comparativos entre las intensidades de campo eléctrico temporales y de desplazamiento, basados en la normativa internacional ICNIRP.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Ondas Electromagnéticas

La combinación de campos eléctricos y magnéticos se define como radiación electromagnética, dichos campos se caracterizan por su longitud de onda, frecuencia y energía electromagnética. Son también conocidas como ondas electromagnéticas, capaces de viajar en el vacío o a través de cualquier otro medio con una velocidad igual a la de la luz. Los campos eléctricos y magnéticos son perpendiculares entre si y a la dirección de propagación, véase en la Figura 1-1. (Ordoñez, 2012, p. 17).

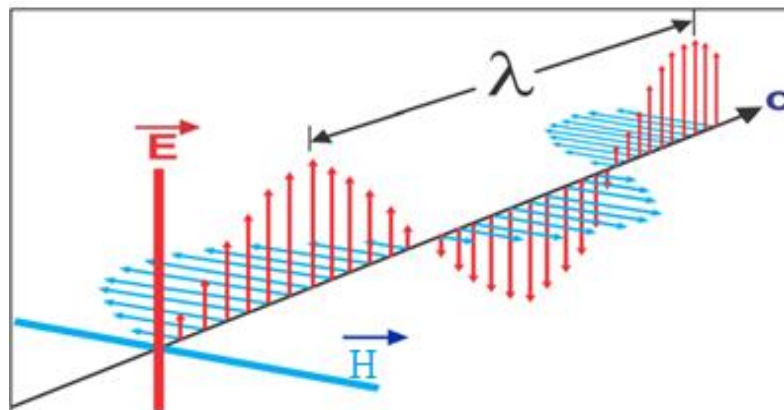


Figura 1-1: Onda Electromagnética.

Fuente: [Web]: <https://pixabay.com/es/ondas-electromagn%C3%A9ticas-1526374/>

Tanto el campo eléctrico (color rojo) y el campo magnético (color azul) forman un ángulo de 90°, es decir que son perpendiculares entre si y a la dirección de propagación (ver en la Figura 1-1).

1.1.1 Características de la Onda plana.

Según la (ICNIRP, 1998, p. 3) las características de onda plana, son:

- Los frentes de onda tienen una geometría plana.

- Los vectores **E** y **H** y la dirección de propagación son mutuamente perpendiculares.
- La fase de los campos **E** y **H** son las mismas, y el cociente de las amplitudes **E/H** es constante a través del espacio. En espacio libre, la relación **E/H** = 377 ohmios que es la impedancia característica del espacio libre.
- La densidad de potencia **S**, es decir la potencia por unidad de área normal a la dirección de propagación, está relacionada a los campos eléctricos y magnéticos.

1.1.2 Espectro Electromagnético

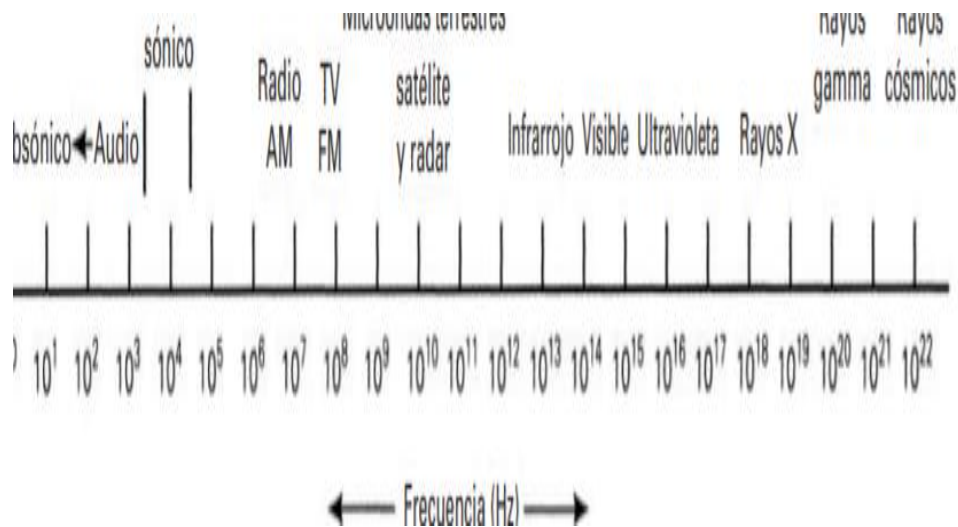


Figura 2-1: Espectro Electromagnético

Fuente: (Tomasi et al. 2003, p. 5)

La distribución del espectro electromagnético se muestra en la Figura. 2-1. Se puede ver que ese espectro de frecuencias va desde las subsónicas (unos cuantos hertz) hasta los rayos cósmicos (10²² Hz). El espectro de frecuencias luminosas se puede dividir en tres bandas generales:

- Infrarrojo: banda de longitudes de onda de luz demasiado grandes para que las vea el ojo humano.
- Visible: banda de longitudes de onda de luz a las que responde el ojo humano.
- Ultravioleta: banda de longitudes de onda de luz que son demasiado cortas para que las vea el ojo humano.

Cuando se manejan ondas electromagnéticas de mayor frecuencia, como las luminosas, se acostumbra usar unidades de longitud de onda y no de frecuencia. La longitud de onda depende de la frecuencia de la onda y de la velocidad de la luz. La relación matemática correspondiente se muestra en la ecuación (1) (Tomasi, 2003, p. 425):

$$\lambda = c/f \tag{1}$$

en donde:

λ = longitud de onda (metros)

c = velocidad de la luz (metros / segundo)

f = frecuencia (hertz).

1.1.3 Propagación de las ondas en el espacio.

Los modos de propagación de una onda electromagnética dependen de su frecuencia y de las características eléctricas del terreno subyacente y de la atmósfera, considerando la antena de la izquierda como transmisora y el de la derecha como receptora tenemos (ver Figura 3-1) (Ordoñez, 2012, p. 19):

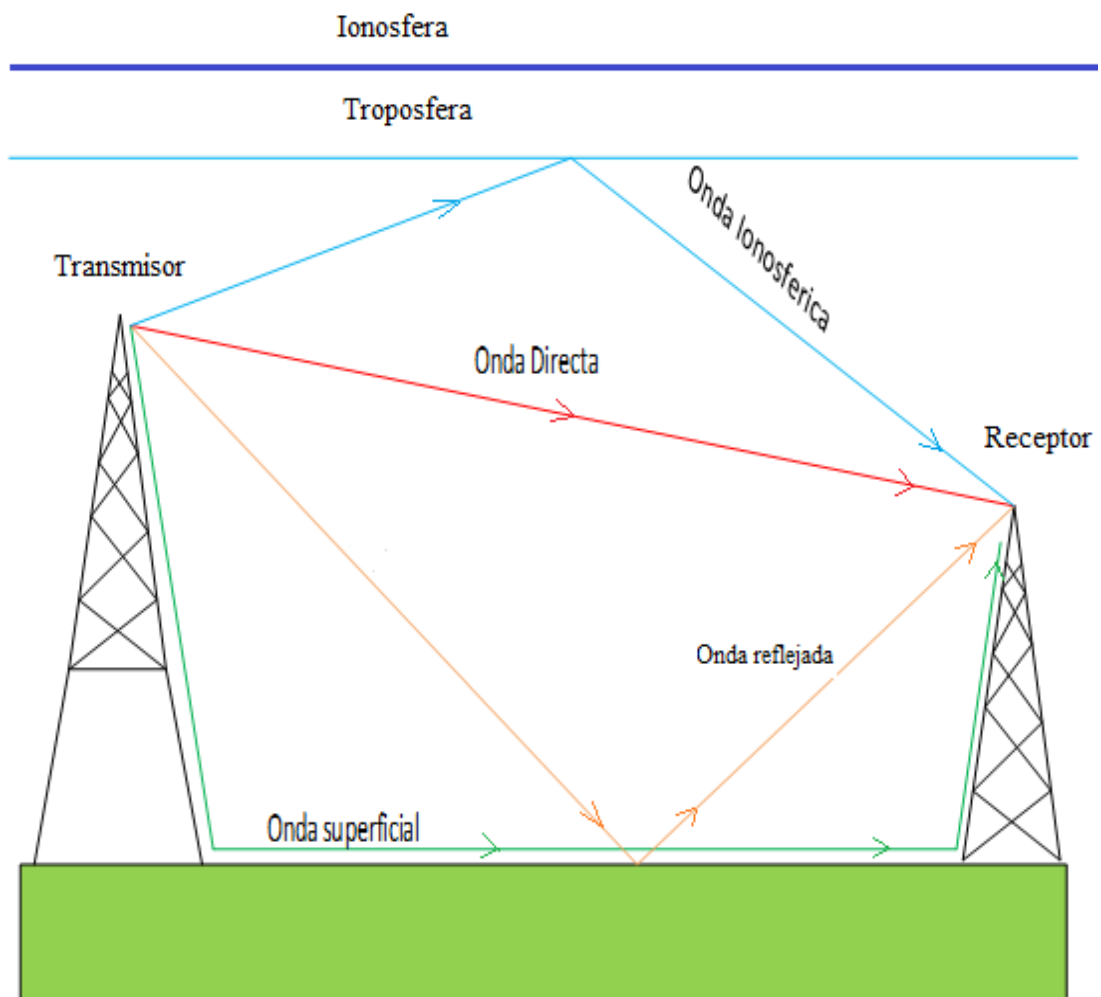


Figura 3-1: Tipos de Propagaciones de las Ondas Radioeléctricas

Realizado por: Becerra, J, 2020

- Onda de superficie: Para frecuencias inferiores a 30 MHz, con largos alcances y gran estabilidad de las señales. Las características del suelo influyen de forma notable en la propagación.

- Onda ionosférica: Para frecuencias comprendidas entre 3 y 30 MHz. La propagación se produce por reflexión de las ondas en la ionosfera (capa ionizada de la atmósfera). Grandes alcances, pero cierto grado de inestabilidad en las señales.
- Onda espacial:

Para frecuencias superiores a 30 MHz. La propagación se realiza a través de las capas bajas de la atmósfera terrestre (troposfera) y eventualmente puede tomar parte el suelo.

Onda estable, aunque limitada aproximadamente al campo de visión directa, pudiendo ser afectada por desvanecimientos de señal.

Se distinguen tres submodos:

- Onda directa, que enlaza transmisor con receptor.
- Onda reflejada, que conecta el transmisor y el receptor a través de una reflexión en el terreno subyacente.
- Ondas de multitrayecto, que alcanzan el receptor tras sufrir reflexiones en capas fronteras de estratos troposféricos.
- Onda de dispersión troposférica:

La propagación se basa en reflexiones ocasionadas por discontinuidades debidas a variaciones turbulentas de las constantes físicas de la troposfera (concretamente del índice de refracción, provocando una reflexión dispersiva).

Pérdidas muy elevadas, sujeto a desvanecimientos profundos. El medio de transmisión influye en la propagación de las ondas electromagnéticas mediante fenómenos físicos como reflexión, refracción, difracción, dispersión o absorción, entre otros. Sus efectos dependen del medio (tipo de terreno, condiciones y capas de la atmósfera), así como de la frecuencia y de la polarización de la onda emitida. Por ejemplo, a partir de ciertas altas frecuencias las ondas pueden atravesar las capas de la atmósfera, dando lugar a comunicaciones con el espacio exterior empleando satélites espaciales para comunicaciones. (Ordoñez, 2012, p. 20).

1.2 Propiedades de las ondas.

1.2.1 Reflexión y Refracción.

La reflexión refiere al choque de la onda electromagnética con la frontera entre dos medios y parte o toda la potencia de la onda no se propaga en el medio si no que es reflejada en dirección opuesta al segundo medio como se muestra en la Figura 4-1 en donde el frente de onda incidente

choca con el medio 2 con un ángulo incidencia θ_i ; este frente de onda es reflejado en su totalidad con un cambio de dirección llamado θ_r . (Vila, 2005, pp. 18-19).

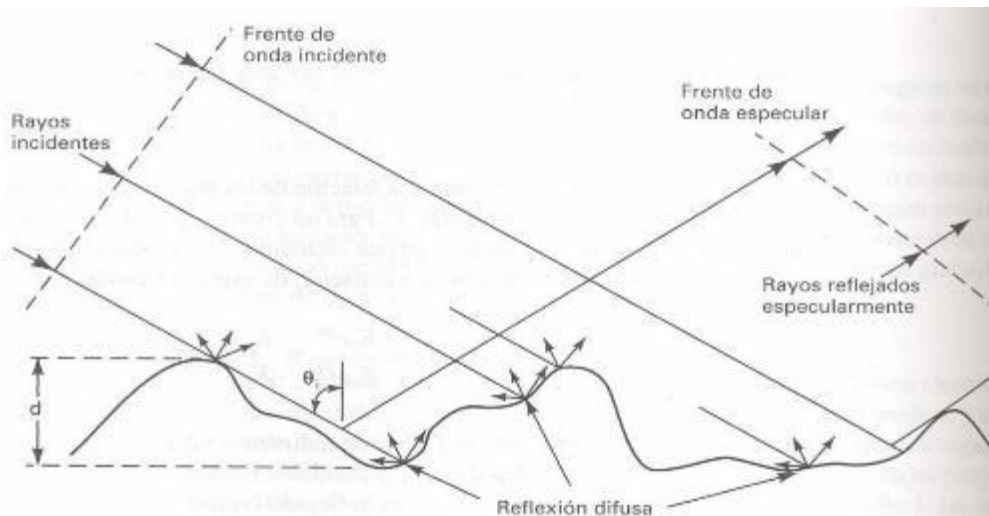


Figura 4-1: Reflexión.
Fuente: (Vila, 2005, p. 18)

La refracción se refiere al cambio de dirección de un rayo al pasar en dirección oblicua de un medio a otro con distinta velocidad de propagación. La velocidad a la que se propaga una onda electromagnética es inversamente proporcional a la densidad del medio en el que lo hace. Por lo tanto, hay refracción siempre que una onda de radio pasa de un medio a otro con distinta densidad como se muestra en la Figura 5-1. (Vila, 2005, pp. 16-17).

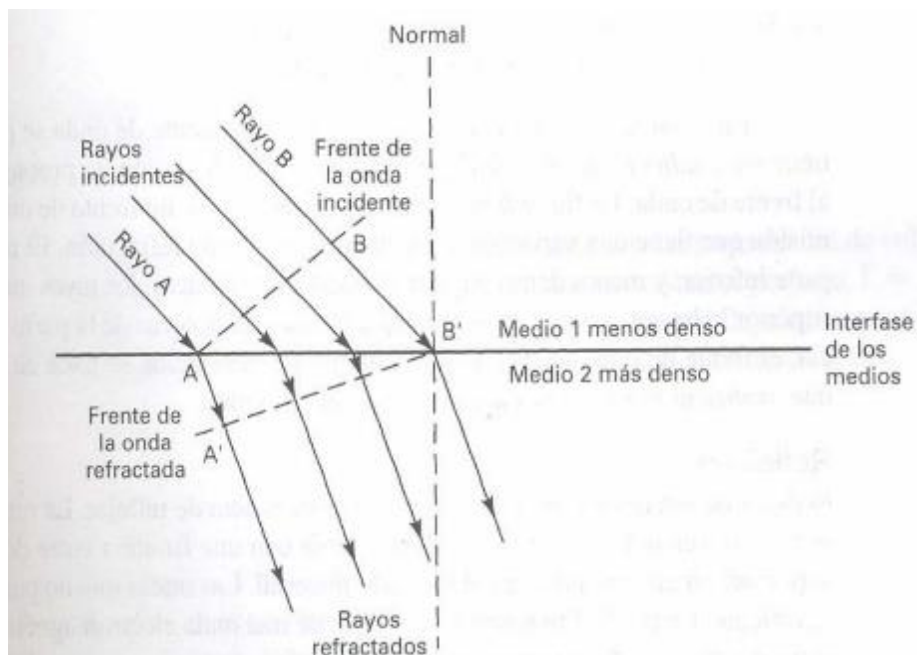


Figura 2-1: Reflexión y Refracción entre dos medios.
Fuente: (Vila, 2005, p. 17).

En la figura 5-1 se muestra como el rayo A se propaga del medio 1 al medio 2 siendo el medio 1 menos denso que el 2. El rayo A proviene del medio 1 con menos densidad experimenta un cambio de dirección al propagarse dentro del medio 2.

El ángulo de incidencia es llamado al ángulo que forma la onda incidente y la normal y el ángulo de refracción es el formado por la onda propagada en el medio y la normal, así, el índice de refracción no es más que la relación entre la velocidad de propagación de la luz en el espacio vacío y la velocidad de propagación de la luz en el determinado material. (Vila, 2005, p. 17)

1.2.2 Absorción.

Las ondas electromagnéticas son absorbidas en el aire debido a la existencia de átomos y moléculas de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas que absorben parte de la energía de la onda. Esto provoca una disminución de potencia y por ende de intensidad de campo eléctrico y densidad de potencia. Las pérdidas por absorción dependen también del clima, en caso de neblina o lluvia la energía de la onda se absorbe en mayor cantidad. (Vila, 2005, p. 11).

1.2.3 Difracción.

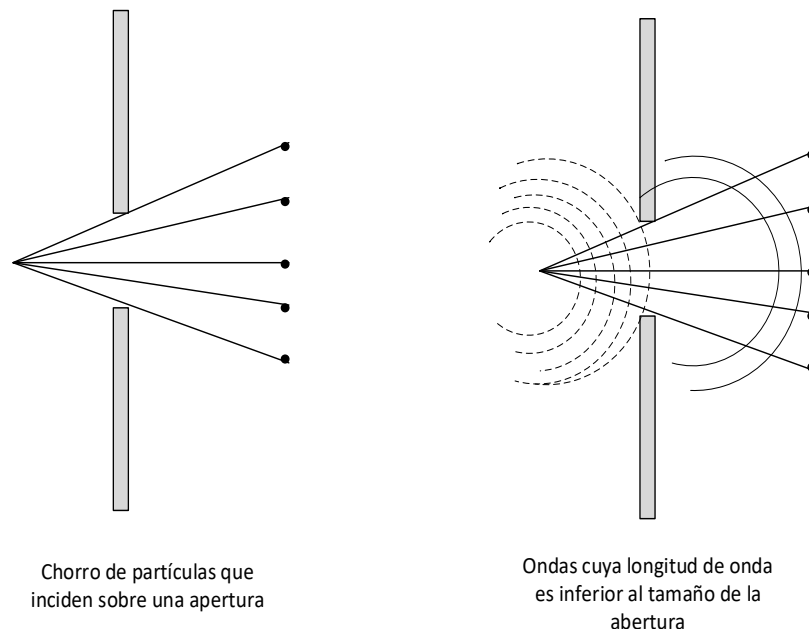


Figura 3-1: Orificio mayor a la longitud de onda.

Fuente: (Vila, 2005, p. 25).

La difracción es el fenómeno que permite que las ondas luminosas o de radio se propaguen en torno a las esquinas. Cuando un frente de onda pasa cerca de un obstáculo o discontinuidad cuyas dimensiones sean del tamaño comparable a una longitud de onda, no se puede usar el

análisis geométrico. En estos casos se debe usar el principio de Huygens. En los casos en el que el frente de onda es considerado plano y finito, es incompleta la anulación en direcciones aleatorias. En consecuencia, el frente de onda se reparte hacia fuera, o se dispersa a lo que en este caso se le llama difracción.

En la Figura 6-1 se puede observar que el tamaño del orificio es mayor a la longitud de la onda por lo tanto no hay difracción.

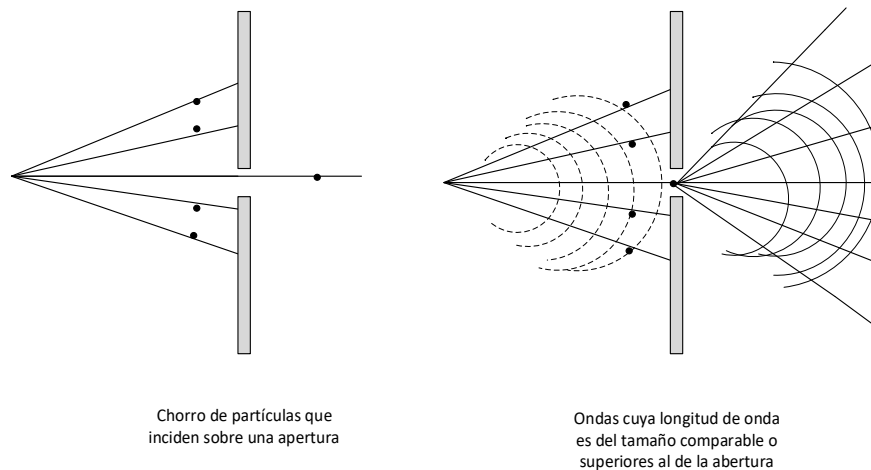


Figura 4-1: Difracción con un orificio menor a la longitud de la onda.
Fuente: (Vila, 2005, p. 26)

En la Figura 7-1 se puede observar que el orificio tiene las mismas dimensiones que la longitud de la onda por lo tanto al impactar con este se comporta como una nueva fuente generadora de ondas. (Vila, 2005, pp. 18-19).

1.3 Tipos de radiación.

1.3.1 Radiación ionizante (RI).

La radiación ionizante es un tipo de energía liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas (rayos gamma o rayos X) o partículas (partículas alfa y beta o neutrones). La desintegración espontánea de los átomos se denomina radiactividad, y la energía excedente emitida es una forma de radiación ionizante. Las radiaciones ionizantes son la energía necesaria para soltar electrones que se encuentran en los átomos, dicha energía se encarga de provocar ionización y además es capaz de llegar a romper enlaces químicos de ciertas moléculas orgánicas. (OMS, 2016).

1.3.2 *Radiación no ionizante (RNI).*

La porción del espectro electromagnético cuya energía es incapaz de romper las uniones atómicas de la materia sobre la que incide se define como radiación no ionizante, conformada por la luz visible, radiación infrarroja, radiofrecuencia (Horno microondas, teléfonos móviles, Tv y radio FM), frecuencia intermedia (Dispositivos de soldadura) y radiaciones de frecuencia más bajas (Líneas eléctricas), abarcando el espectro de frecuencia desde los 0Hz hasta los 300GHz. (Fustel. A, 2011, p. 10).

1.3.3 *Zonas de Radiación no Ionizante.*

Las antenas de los servicios de telecomunicaciones irradian ondas no ionizantes dentro de las cuales se debe tomar en cuenta:

1.3.3.1 *Campo cercano.*

En esta zona los campos eléctricos y magnéticos varían considerablemente alrededor de la antena. Su relación es bastante compleja, por lo que el cálculo directo entre componentes no es posible. Si la zona a validar se encuentra a una distancia menor de tres longitudes de onda, se considerará dentro de la zona de campo cercano $R \leq 3\lambda$ (ver Figura 8-1). (Castillo, 2013, p. 35).

Según la (ICNIRP, 1998, p. 3), la situación en el campo cercano es más complicada ya que los máximos y mínimos de los campos **E** y **H** no ocurren en los mismos puntos a lo largo de la dirección de propagación tal como es en la región de campo lejano. En la región de campo cercano, la estructura del campo electromagnético puede ser altamente no homogénea y habrá variaciones substanciales de la impedancia de onda plana de 377 ohmios, es decir podría haber campos eléctricos puros en algunas regiones y campos magnéticos puros en otras.

1.3.3.2 *Campo lejano*

El campo lejano es la onda de radio real. Se propaga a través del espacio a una velocidad de solo unos 300 millones de metros por segundo, que es la velocidad de la luz o casi 186,400 millas por segundo. Los campos **E** y **H** se apoyan y regeneran entre sí a medida que su fuerza disminuye inversamente como el cuadrado de la distancia ($1/r^2$). Maxwell describió este fenómeno en sus ecuaciones. (Frenzel, 2012).

Se menciona en (Castillo, 2013, p. 35) que el campo lejano es la región alejada de la antena donde la distribución angular de los campos es independiente de la distancia. El campo electromagnético radiado tiene un carácter de onda plana y los campos eléctricos y magnéticos son ortogonales entre sí, relacionándose de forma sencilla a través de la impedancia del medio (Figura 8-1). Si la zona a validar se encuentra a una distancia mayor de tres longitudes de onda, se considerará dentro de la zona de campo lejano $R > 3\lambda$.

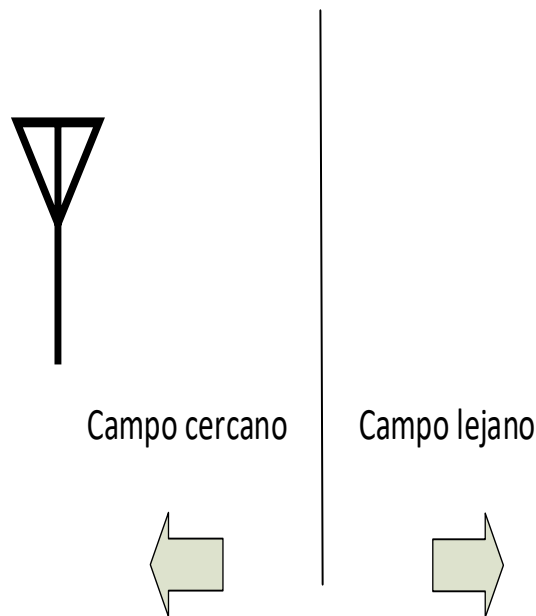


Figura 8-1: Campo cercano y campo lejano.
Realizado por: Becerra, J, 2021

1.4 Fuentes causantes de radiación no ionizante (RNI).

La radiación electromagnética es generada de dos maneras: de manera natural y por mano del hombre como se describe a continuación:

1.4.1 Fuentes naturales causantes de radiación no ionizante (RNI).

La radiación natural proviene de muchas fuentes, como los más de 60 materiales radiactivos naturales presentes en el suelo, el agua y el aire. El radón es un gas natural que emana de las rocas y la tierra y es la principal fuente de radiación natural. Diariamente inhalamos e ingerimos radionúclidos presentes en el aire, los alimentos y el agua. Asimismo, estamos expuestos a la radiación natural de los rayos cósmicos, especialmente a gran altura. Por término medio, el 80% de la dosis anual de radiación de fondo que recibe una persona procede de fuentes de radiación

naturales, terrestres y cósmicas. Los niveles de la radiación de fondo varían geográficamente debido a diferencias geológicas. En determinadas zonas la exposición puede ser más de 200 veces mayor que la media mundial. (OMS, 2016).

1.4.2 Fuentes de radiación no ionizante (RNI) generadas por el hombre.

La radiación producida por medios artificiales en forma de rayos X fue desarrollada a finales de la década de 1800. Los experimentos de Roentgen demostraron que los rayos X son capaces de generar imágenes del esqueleto en una lámina fotográfica. Durante el siglo XX, la aplicación de la radiación al ámbito de la medicina, la industria, la agricultura y la investigación se difundió con rapidez. (OMS, 2016, p. 14).

1.5 Servicios de Telecomunicaciones en el Ecuador.

En la resolución 12-09 creada por el Directorio de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, se menciona el Art 261, numeral 10, “*Señala que el Estado central tendrá competencias exclusivas sobre el espectro radioeléctrico y el régimen general de comunicaciones y telecomunicaciones*”. La Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT) crea la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), como la entidad encargada de la administración y control del espectro radioeléctrico desde los 3 KHz hasta los 3000 GHz los cuales usan como medio de propagación al aire, convirtiéndolas en fuentes generadoras de RNI, entre las cuales tenemos radio AM - FM, televisión y telefonía móvil celular. (ARCOTEL, 2017, pp. 1-23).

1.5.1 Telefonía móvil celular.

La ARCOTEL ha asignado la prestación de Roaming Nacional a tres empresas, las mismas que brindan servicios de telefonía móvil celular, operando con tecnologías 2G, 3G y 4G, mismas que trabajan dentro de las bandas de frecuencia detalladas en las Tabla 1-1, en estas se muestra la distribución de frecuencias para las bandas de 850 MHz respectivamente. (Còrdova, J, 2016, pp. 268-274).

En la Tabla 1-1 se observa la separación espectral para GSM-850 es de 45MHz, de esta forma evitamos interferencias y solapamiento entre los canales.

Tabla 1-1: Canales de subida y bajada en la banda GSM-850 MHz.

BANDA DE FRECUENCIAS (MHz)	CANAL DE SUBIDA (MHz)	CANA DE BAJADA (MHz)
GSM-850	824,0 – 849,0	869,0 – 894,0

Realizado por: Becerra, J, 2021

1.6 Tecnología y Arquitectura del Sistema Global Para las Comunicaciones (GSM)

Se plantea el desarrollo de un nuevo sistema inalámbrico móvil capaz de brindar soporte a nuevos servicios, compatibilidad con la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) y eficiencia espectral, en 1982 se forma un grupo de trabajo para desarrollar GSM, su evolución viene marcada en tres etapas, etapa 1 se producen sus especificaciones, etapa 2 compatibilidad con fax y servicios de datos y etapa 3 mejora en la codificación de voz se implementa servicios de transmisión de datos EDGE Y GPRS. GSM tiene una tasa de transferencia de 9.6 Kbps. (Pachòn, 2004, p. 15).

1.6.1 Arquitectura de la red GSM.

La arquitectura GSM se divide en: MS, SIM, BSS, BSC y NSS, como muestra la Figura 9-1. (Henao, 2004, pp, 19-21).

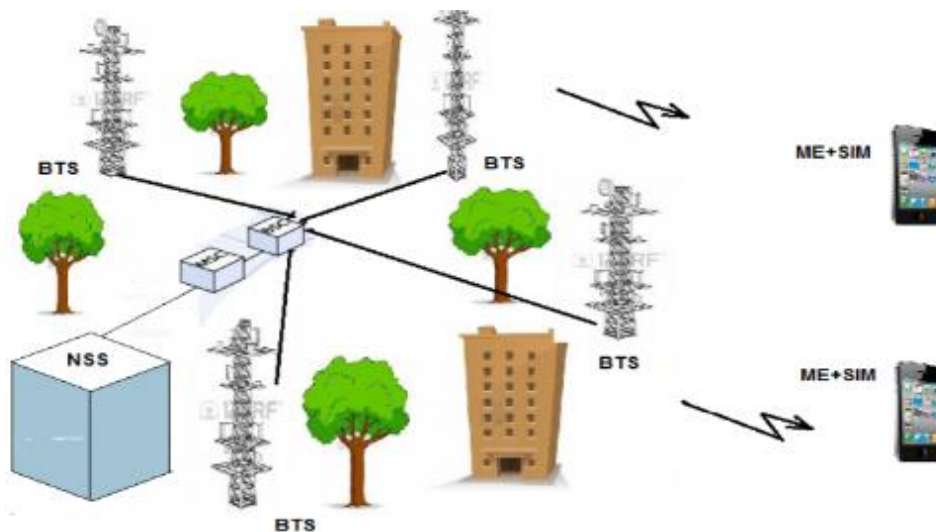


Figura 9-1: Arquitectura red GSM

Fuente: (Henao, 2014, pp. 19)

1.6.1.1 *Equipo móvil o Estación Móvil (MS)*

- Este se divide en dos módulos: ME (Mobile Equipment): que es el equipo móvil en sí, está identificado por la Identidad Internacional del Equipo Móvil (International Mobile Equipment Identity IMEI) número de 15 cifras y utilizado por el Registro de Identidad de Equipo (Equipment Identity Register EIR).
- El equipo móvil tiene la función Dual Band, en la que el equipo móvil puede transmitir en dos bandas de frecuencias: GSM 900 (europeo) y DCS1800/PCS1900 (americana)
- El equipo puede conectarse por Dual Mode: El cual es capaz de conectarse a redes de tecnología distinta: GSM y DECT.

1.6.1.2 *Identificador de Usuario (SIM)*

El identificador de usuario contiene:

- El Identificador de usuario IMSI (International Mobile Subscriber Identity).
- Directorio de Usuario (Libreta de direcciones).
- Mensajes Cortos (SMS) recibidos y guardados por el usuario.
- Contraseña para restringir el uso del SIM.

1.6.1.3 *Subsistema de Estación Base (BSS)*

Controla la interface de radio, y se divide en: BTS (Base Transceiver Station): Puede haber una o más por BSS, contiene los transmisores / receptores que sirven a una celda. Sus principales funciones son:

- Realizar la Interfaz física entre los ME y BSC.
- Gestión de Diversidad de Antenas.
- Salto de Frecuencias (FH Frequency Hopping).
- Control Dinámico de Potencia.
- Gestión de algoritmos de Clave.
- Monitorización de la conexión.

1.6.1.4 *Controlador de Estación Base (BSC)*

Gobierna los recursos de radio para las BTS que están conectadas a la BSC.

- Gestiona y configura el canal de radio: Realiza la elección de la celda y canal.
- Gestión de los handover. (Transferencia de la comunicación de una celda a otra).

- Transcodificación de canales radio (16 ó 8kbps) a canales a 64kbps.

1.6.1.5 *Subsistema de red (NSS)*

- Permite la interconexión entre BSS y con otras redes públicas.
- Gestiona las funciones de base de datos necesarias para:

La identificación de usuarios y terminales, la localización de los terminales y conducción de llamadas, El Billing o facturación.

- Este subsistema está formado por:

El Centro de conmutación móvil (MSC Mobile Switching Center).

El Registro de localización de Casa (HLR Home Location Register).

El registro de localización de Visitante (VLR Visitor Location Register).

El Centro de Autenticación (AuC Authentication Center).

El Registro de Identidad de Equipo (EIR Equipment Identity Register).

El Centro de Operación y Mantenimiento (OMC Operation and Maintenance Center).

1.6.2 *GSM y sus beneficios.*

El Sistema Global para las Comunicaciones (GSM) tiene buena aceptación debido a que brinda una mejor calidad de voz y con la ayuda del estándar Internacional Uniforme, es posible utilizar un solo número y dispositivo móvil en todo el mundo, beneficios que implementa GSM, soporta Roaming Internacional, es la capacidad que tiene un dispositivo móvil de conectarse a otra red GSM al cambiar de zona sin que pierda la señal, en comparación con otras tecnologías brinda un mejor servicio de voz y agregó protocolos de seguridad para brindar un mayor nivel de confidencialidad al usuario. (Santos. M, 2017, p. 13).

Número de canal absoluto de radiofrecuencia (ARFCN). El ARFCN ayuda a identificar por donde se transmite y recibe los datos, posee dos canales separados por 45 MHz uno de subida (UPLINK) y otro de bajada (DOWNLIK), los canales ARFCN van del 0-1023 con separaciones de 200KHz y cada uno soporta hasta 8 usuarios, dichos usuarios ocupan un único slot de tiempo por trama. Esto permite al móvil conectarse con la antena transmisora o receptora de GSM para transmitir o recibir datos en frecuencias de subida y bajada diferentes. (Hernández, 2003, pp. 86-89).

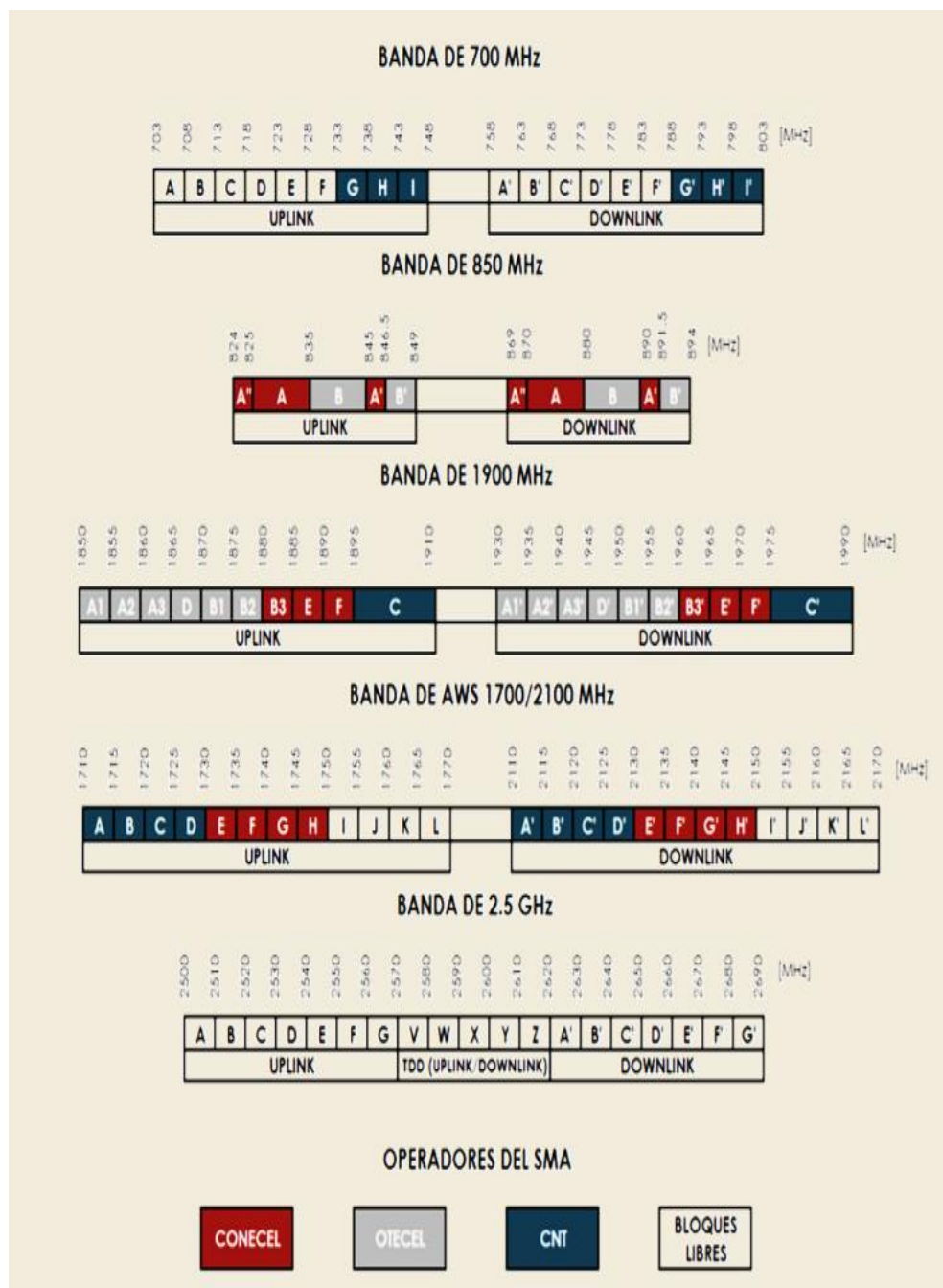


Figura 10-1: Asignación de bandas de frecuencia.
Fuente: (ARCOTEL 2018, p. 11)

La asignación para los canales de GSM-850 va desde 128 a 251, mientras su frecuencia de UPLINK, DOWNLINK y la separación de el mismo se puede observar en la Tabla 2-1. Cabe mencionar que CNT no tiene frecuencias asignadas en la banda de 850 MHz como se observa en la Figura 10-1. (ARCOTEL, 2018, p. 4).

En la Figura 10-1 se puede observar las bandas asignadas a los diferentes proveedores de servicio de telecomunicaciones como las bandas disponibles y por asignar dentro de ellos

Tabla 2-1: Asignación de frecuencias en las bandas GSM-850 en el Ecuador.

OPERADORA	RANGO DE FRECUENCIA
OTECEL S.A	835 - 845 MHz
	846,5 - 849 MHz
	880 - 890 MHz
	891,5 - 894 MHz
CONECEL S.A	824 - 835 MHz
	845 - 846.5 MHz
	869 a 880 MHz
	890 a 891.5 MHz

Fuente: (AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES, 2012, pp. 68-76). *Plan Nacional de Frecuencias.*)

1.7 Normativas Internacionales UIT e ICNIRP.

Todas las entidades públicas y privadas que brindan servicios de telecomunicaciones y a su vez generan radiaciones no ionizantes, deben cumplir con las regulaciones establecidas por organismos internacionales que protegen y aseguran el bienestar de los usuarios de las diferentes localidades, frente a la exposición de ondas electromagnéticas. En el Ecuador MINTEL acoge las recomendaciones establecidas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), mientras que la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) se encarga de controlar el cumplimiento de los parámetros establecidos. La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la ICNIRP trabajan conjuntamente para informar sobre los efectos en el medio ambiente y sobre la salud que tiene las radiaciones no ionizantes, debe tomarse en cuenta que los efectos varían dependiendo de los niveles de radiación a los que se estén exponiendo los individuos.

1.7.1 Comisión Internacional de Protección Contra las Radiaciones no Ionizantes (ICNIRP)

La Comisión Internacional de Protección Contra las Radiaciones no Ionizantes (ICNIRP), se formó en 1974, para estudiar los posibles problemas de las radiaciones no ionizantes. El trabajo conjunto entre la ICNIRP y la Organización Mundial de la Salud (OMS) permitió el desarrollo de varias investigaciones y publicaciones de documentos sobre criterios de la salud con relación a las RNI. En los documentos publicados se detalla mediciones, fuentes, instrumentación

utilizada y aplicaciones de las RNI, además de los efectos biológicos y evaluación sobre los efectos de la salud.

Tabla 3-1: Limite de Exposición Poblacional contra Radiaciones no ionizantes.

Rango de Frecuencias	Intensidad de Campo Eléctrico [V/m]	Intensidad de Campo Magnético [A/m]
Hasta 1 Hz	-----	3.2×10^4
1 a 8 Hz	10 000	$3.2 \times 10^4 / f^2$
8 a 25 Hz	10 000	$4\,000 / f$
0.025 a 0.8KHz	$250 / f$	$4 / f$
0.8 a 3KHz	$250 / f$	5
3 a 150 KHz	87	5
0.15 a 1 MHz	87	$0.73 / f$
1 a 10 MHz	$87 f^{1/2}$	$0.73 / f$
10 a 400 MHz	28	0.73
400 a 2000 MHz	$1.375 f^{1/2}$	$0.0037 f^{1/2}$
2 a 300 GHz	61	0.16

Fuente: (ICNIRP, 1998, p. 511). Guía de la ICNIRP para la exposición limite a variaciones de tiempo eléctricas, magnéticas y de campo electromagnético superiores a los 300 GHz.

Realizado por: *Becerra, J, 2021*

Su principal propósito es limitar la exposición a los campos electromagnéticos, para proteger a la población contra los efectos adversos a la salud conocidos, la exposición directa de un campo electromagnético sobre un cuerpo es conocido como efectos directos, mientras que la interacción entre un potencial eléctrico y un objeto se lo conoce como efectos indirectos. Se establecieron dos límites de exposición: exposición ocupacional, abarca a la población adulta expuestos a campos electromagnéticos, bajo entrenamiento, siendo conscientes del peligro que representa, tomando las medidas adecuadas para su protección y minimizar sus daños. Exposición poblacional se denomina a esta a todos los individuos sin límite de edad o problemas de salud, que no están conscientes de la exposición a los campos electromagnéticos, por lo tanto, no pueden tomar las medidas adecuadas para la protección de su salud. (ICNIRP, 1998, pp. 1-35).

En la Tabla 3-1 Se puede observar los valores máximos de Intensidad de Campo Eléctrico y Campo Magnético establecidos por la ICNIRP para exposiciones poblacionales dependiendo del rango de frecuencia.

1.7.2 Unión Internacional De Telecomunicaciones (UIT)

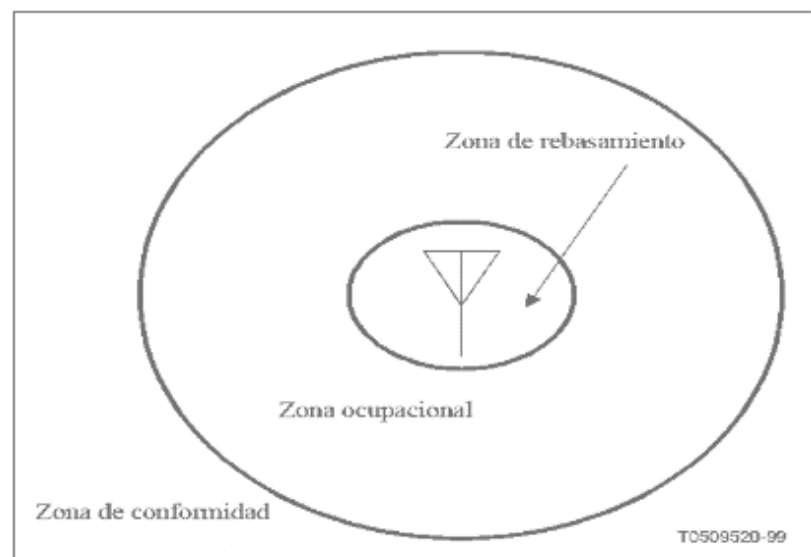


Figura 11-1: Zonas de Exposición de los Campos Electromagnéticos.
Fuente: (UIT-T K.52, 2000, p. 8).

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) se fundó el 1 de enero de 1934, siendo su sede Ginebra, la UIT desarrollo la norma IMT-2000 misma que permite la convergencia de los sistemas móviles del mundo además de desarrollar la base técnica para nuevos dispositivos capaces de transmitir voz y datos a través de internet. Como resultado de una reestructuración en 1992 se crean tres sectores: las Radiocomunicaciones (UIT-R), la Normalización de las Telecomunicaciones (UIT-T), y el Desarrollo de las Telecomunicaciones (UIT-D). La expansión de las tecnologías y el internet son uno de los logros de la UIT, estas permiten fomentar las bases que construyen la infraestructura mundial de información para la transmisión de voz, datos, audio y video, creando así sistemas multimedia avanzados. Otra de las funciones de la UIT es la gestión del espectro de frecuencias para que funcionen sin ninguna interrupción. La UIT-T es uno de los organismos internos que forma parte de la UIT, entre sus funciones se encarga de publicación de recomendaciones, tarifación y normalización de los servicios de telecomunicaciones a nivel global. Se debe tomar en cuenta las zonas de exposición a ondas electromagnéticas a las que se exponen las personas (véase en la Figura 11-1), tales como: Zona de conformidad, donde los valores de los campos electromagnéticos son inferiores a los establecidos por el ICNIRP. En el sector de la UIT-T los profesionales preparan fichas técnicas

sobre mantenimiento, rendimiento y funcionamiento de las redes, servicios y sistemas de telecomunicaciones, además de los métodos de tarificación y contabilidad que se utilizan en la prestación de servicios internacionales. (UIT, 2004, pp. 2-30). La Comisión de Estudio 5 (CE5) de la UIT-T se encarga de aspectos medio ambientales de los fenómenos electromagnéticos “*Exposición humana a los campos electromagnéticos causados por sistemas de radiocomunicaciones y equipos móviles*” estableciendo los marcos para evaluar la exposición de las personas a las ondas electromagnéticas utilizando directrices como UIT-T K.52 y la UIT-T K.61.

Todas las empresas que brinden servicios de telecomunicaciones utilizando el espacio libre como medio de propagación son reglamentados por organismos internacionales, dichos organismos proponen normativas en base a investigaciones y estudios realizados.

1.7.2.1 UIT-T K.52.

La UIT-T K.52 se establece como “*Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos*”. Se creó con la finalidad de que los sistemas de telecomunicaciones generadores de ondas electromagnéticas no rebasen los límites de la exposición de las personas desde 9KHz - 300GHz, además de presentar procedimientos y técnicas para evaluar la gravedad de la exposición a estos campos, limitando la exposición de las personas y los técnicos. La ICNIRP facilita los procedimientos de evaluación con respecto a los límites de seguridad en especial de los equipos que generan ondas electromagnéticas cerca de la cabeza. (K.52, 2004, pp. 1-5).

1.7.2.2 UIT-T K.61.

La (K.61, 2003, p. 9) fue realizada con el propósito de determinar las normas sobre las mediciones de los campos electromagnéticos, de esta forma se ayuda a los operadores de telecomunicaciones a acatar el cumplimiento con respecto a la exposición de campos electromagnéticos. La medición no debe rebasar los 4dB, debe cumplir con la ecuación (2) de la conformidad que viene dada de la siguiente manera:

$$X_{meas} \leq X_{Lim} - \frac{1}{2}(U - 4) \quad (2)$$

Donde:

U = incertidumbre de la medición

X_{Lim} = valor limite

X_{meas} = valor medido

1.7.3 *Ministerio De Telecomunicaciones y de La Sociedad de la Información (MINTEL).*

MINTEL es el líder de las telecomunicaciones y de la sociedad de la información, informática, comunicaciones y la seguridad de la información, ejerciendo la administración de las telecomunicaciones ante la UIT. Coordina con instituciones públicas y privadas con la finalidad de ejecutar proyectos, además de verificar posiciones orbitales geostacionarias o satélites.

En la Ley orgánica de Telecomunicaciones Capítulo 1 del Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información Art 141 numeral 1 señala que:

A nivel internacional, la representación del Estado ecuatoriano en materia de telecomunicaciones, espectro radioeléctrico y tecnologías de la información y las comunicaciones. El Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información ejerce la Administración de las Telecomunicaciones del Ecuador ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y demás organismos internacionales. (LeyOrgànica de Telecomunicaciones, 2015, pp. 7-35) .

1.7.4 *Agencia De Regulación Y Control De Las Telecomunicaciones (ARCOTEL).*

El estado ecuatoriano se encarga de administrar, regular, controlar y gestionar el espectro electromagnético dentro de sus fronteras mediante la Agencia de Regulación y control de las telecomunicaciones, como entidad encargada de la asignación del espectro radioeléctrico y el control de las telecomunicaciones. La ARCOTEL también se encarga de elaborar, aprobar y modificar el Plan Nacional de Frecuencias, atribuyendo el espectro en conformidad con las recomendaciones, planes y reglamentos de la UIT. (ARCOTEL, 2017, p. 25).

En la Ley orgánica de Telecomunicaciones Capítulo 2 de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones Art 142 numeral 1 señala que:

Créase la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) como persona jurídica de derecho público, con autonomía administrativa, técnica, económica, financiera y patrimonio propio, adscrita al Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones es la entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión, así como de los aspectos técnicos de la gestión de medios de comunicación social que usen frecuencias del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes. (LeyOrgànica de Telecomunicaciones, 2015, p.35).

1.8 DOSÍMETRO EME Spy-200

1.8.1 Descripción y características del equipo

EME Spy-200 es un equipo de medición continua de los niveles de campo electromagnético posee 20 bandas predefinidas que van desde los 88MHz – 5850 MHz incluyendo las bandas de LTE 800MHz- 2600MHz como se observa en la Tabla 4-1, es de uso personal, ligero y portátil además de permitir un monitoreo en tiempo real de los niveles de campos electromagnéticos (EMF) en la PC o teléfono inteligente.

Tabla 4-1: Bandas predefinidas en el dispositivo EME Spy-200.

Frecuency ranges	Frecuency Min (MHz)	Frecuency Max (MHz)
FM	87	107
TV3	174	223
TETRA I	380	400
TETRA II	410	430
TETRA III	450	470
TV4 Y 5	470	770
LTE 800 (UL)	791	821
LTE 800 (DL)	832	862
GSM + UMTS 900 (UL)	880	915
GSM + UMTS 900 (DL)	925	960
GSM 1800 (UL)	1710	1785
GSM 1800 (DL)	1805	1880
DECT	1880	1900
UMTS 2100 (UL)	1920	1980
UMTS 2100 (DL)	2110	2170
WIFI 2G	2400	2483.5
LTE 2600 (UL)	2500	2570
LTE 2600 (DL)	2620	2690
WIMAX	3300	3900
WIFI 5G	5150	5850

Fuente: Manual Dosímetro EME Spy-200

Realizado por: Becerra, J, 2020.

El equipo EME Spy-200 permite la medición independiente de las señales ascendentes y descendente en las bandas de telefonía móvil además de contar con una aplicación para Android, Galaxy series S, Xperia Neo, Slim Cink y XT925, dicha aplicación permite la geolocalización de las mediciones con coordenadas GPS, se debe tener instalado previamente Google Earth. El equipo EME SPY-200 posee unas dimensiones de 168.5mm x 79mm x 49.7mm, un peso de 440g y una protección IP 55 como se observa en la Figura 12-1.

EME Spy-200 esta equipado con cuatro manuales de usuario EME Spy Analysis software Real Time option, EME Spy 200, EME Spy Analysis y EME Spy Android, cable USB, 4 baterías recargables con una autonomía mayor 15 horas cuando esta grabando en un periodo de 10 seg , mayor 6 horas cuando esta grabando en un periodo de 14 seg y mayor 10 horas cuando esta grabando con Bluetooth, ademas de esto cuenta con maletin, tripode y una tablet como se observa en la Figura 13-1.

En la Figura 14-1 Se puede observar una portátil HP Pavilion x2 Detachable PC 10 con un procesador Intel (R) Atom (TM) CPU Z3736F A 1.33GHz, posee una memoria RAM de 2GB y un sistema operativo de 32 y 64 bits, en la cual están instalados los softwares EME Spy analysis y EME Spy analysis en tiempo real.



Figura 12-1: Dosímetro EME Spy-200

Realizado por: Becerra, J, 2020



Figura 13-1: Componentes del equipo EME Spy-200
Realizado por: Becerra, J, 2020

Posee una antena triaxial que va desde los 80MHz – 6GHz con una sensibilidad para FM, TV3, TETRA, TV4 & 5, WIFI 5G, LTE 800, GSM, DCS, DECT, UMTS, WIFI 2G, LTE 2600 Y WIMAX capaz de captar hasta los 61.6 dB es decir los 6 V/m. (EMESpy200, 2014, pp. 1-5)



Figura 14-1: Portátil HP.
Realizado por: Becerra, J, 2020

1.8.2 Configuración del equipo.

Antes de encender el equipo se conecta el cable USB entre el equipo EME Spy-200 y la Tablet, la cual contiene el software EME Spy Analysis, al momento de ejecutar el programa se

desplegará una ventana como se observa en la Figura 15-1 que contiene las siguientes características:

- File. - En este campo se asigna el nombre del archivo que contiene las mediciones realizadas durante un determinado periodo de tiempo.
- Serial number. - El software agrega un código automático a todas las mediciones realizadas dentro del trabajo de titulación.
- Date. - Dentro de este campo se coloca la fecha en la cual se inicia la medición. (Group 2013).
- Start. - Tiempo de inicio del ciclo de medición, se coloca la hora en que va a iniciar la toma de medidas.
- NB of samples. - Número de mediciones que tomaran durante la ruta a seguir.
- Duration. - Marca el tiempo actual en el que se encuentra la medición.
- Periods. - Tiempo de duración entre una medición y otra.
- Cycle. – Tiempo que dura la toma de todas las mediciones dentro de la ruta trazada.

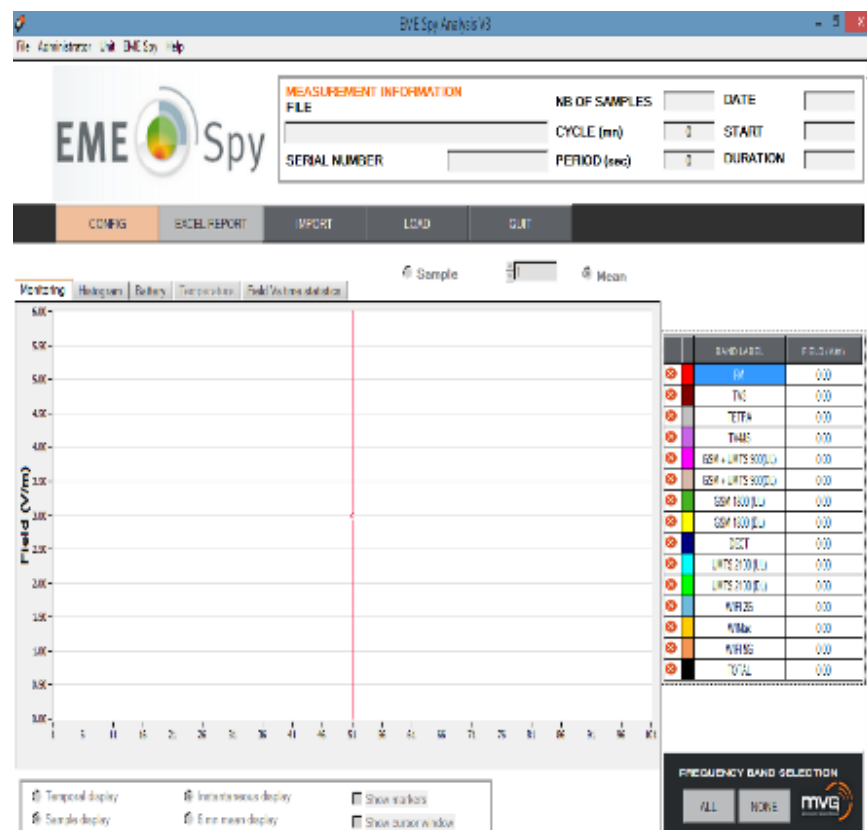


Figura 15-1: Pantalla de inicio del software EME Spy analysis.

Fuente: Software EME Spy Analysis

La Tabla 5-1 muestra los valores máximos y mínimos que puede alcanzar cada una de las bandas con referencia a la desviación estándar de cada uno de estos.

Además de estas herramientas junto a este desplegará un conjunto de 20 bandas que incluyen FM, TV3, TETRA I, TETRA II, TETRA III, TV4, LTE 800 DL, LTE 800 UL, GSM DL, GSM UL, DCS DL, DCS UL, DECT, UMTS DL, UMTS UL, WIFI, LTE 2600 DL, LTE 2600 UL, WIMAX Y WIFI 5G, en la cual se puede seleccionar la o las bandas a medir, dando un clic sobre ellas, siendo de interés la novena banda GSM DL(DOWN-LINCK) configurada por defecto en el sistema europeo, pero en nuestro medio se trabaja en el rango de 869-894 MHZ como se observa en la Tabla 4-1. (EMESpy200, 2013, pp. 8-11).

Tabla 5-1: Axial Isotropy con sus mínimos, máximos y desviación estándar.

FRECUENY BANDS NOTE 1		FM, TV3, TETRA I Y II, TV 4 Y 5, LTE800, GSM, DCS, DECT, UMTS Y WIFI 2G	
Axial Isotropy	-	Min-Max	Standard deviation
	FM	± 1.8 dB	1.1 dB
	TV3	± 1.5 dB	0.9 dB
	TETRA I	± 1.5 dB	1 dB
	TETRA II	± 0.6 dB	0.4 dB
	TETRA III	± 1.1 dB	0.6 dB
	TV4Y5	± 2.1 dB	1.2 dB
	LTE 800 Rx	± 1.1 dB	0.6 dB
	LTE 800 Tx	± 1 dB	0.5 dB
	GSM Rx	± 1 dB	0.6 dB
	GSM Tx	± 1.1 dB	0.8 dB
	DCS Tx	± 1.3 dB	0.9 dB
	DCS Rx	± 1.4 dB	0.8 dB
	DECT	± 1.2	0.7 dB
	UMTS Tx	± 1.1 dB	0.8 dB
	UMTS Rx	± 1.3 dB	0.8 dB
	WIFI 2G	± 1.5 dB	0.8 dB
	LTE 2600 Tx	± 1.6 dB	0.8 dB
	LTE 2600 Rx	± 1.7 dB	0.8 dB
	WIMAX	± 2.2 dB	1.5 dB
WIFI 5G	± 2.8 dB	1.7 dB	

Fuente: Manual Dosímetro EME Spy-200

Realizado por: Becerra, J, 2020

1.8.3 Instrucciones de uso.

Para el correcto funcionamiento el equipo EME Spy-200 debe ser configurado correctamente, e importar las configuraciones mediante el cable USB hacia el equipo. El equipo debe desplazarse sobre el área de estudio.

1.8.4 Software EME Spy Analysis.

Para la instalación del programa se necesita un procesador Pentium de 500MHz, un puerto USB, un sistema operativo Windows 98/2000/XP/Seven. Ocupa 256 MB de RAM, el computador debe disponer de 100 MB de espacio libre en el disco duro. EL programa se debe ejecutar en modo administrador para realizar las configuraciones dentro del dosímetro. Puede ser instalado en cualquier computador ya sea portátil o de mesa, es compatible con sistemas operativos de 32 y 64 bits. Requiere la última versión de Adobe Reader para el acceso de operación de instrucciones y Microsoft Excel para generar el Excel report.

Se ejecutó el archivo SETUP.EXE que se encontró dentro del CD de instalación, cuenta con un asistente el cual funciona como guía durante todo el proceso, desde la instalación de Microsoft.NET y Framework 2.0., los archivos de programa y el controlador USB. No se debe modificar ningún archivo con el nombre “calib” y “config” debido a que puede causar problemas en el funcionamiento del software. (EMESpy200, 2013, pp. 3-8).

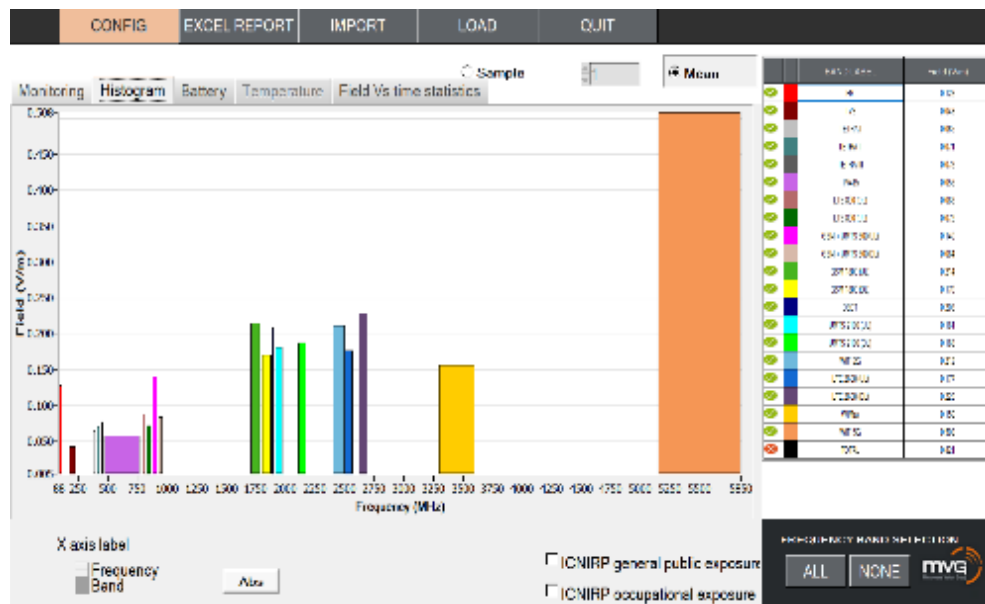


Figura 16-1: Ventana Histogram de EME Spy Analysis.

Fuente: Software EME Spy Analysis

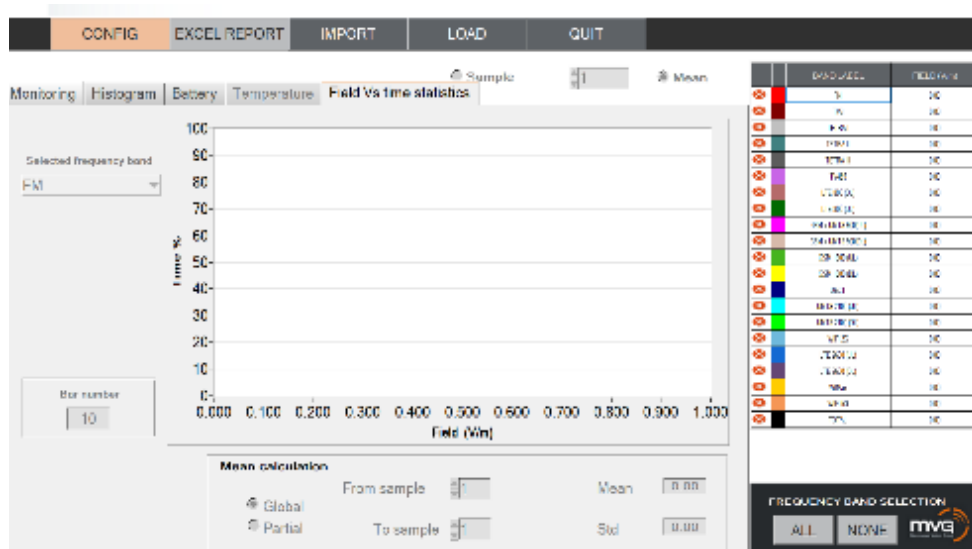


Figura 17-1: Ventana Field Vs Time Statics de EME Spy Analysis.
Fuente: Software EME Spy Analysis

En la Figura 16-1 se muestra el Histogram (histograma) que permite comparar los valores de intensidad de campo eléctrico, determinar el valor máximo de intensidad de campo eléctrico alcanzado en cada una de las bandas y a su vez permite comparar si dichos valores están por debajo de lo establecido por la ICNIRP. El Field Vs Time Statics permite observar las variaciones que tuvo la intensidad de campo eléctrico de una banda con respecto al tiempo, véase en la Figura 17-1. (EMESpy200, 2013, pp. 20-26).

1.8.5 Software EME Spy Analysis en tiempo real.

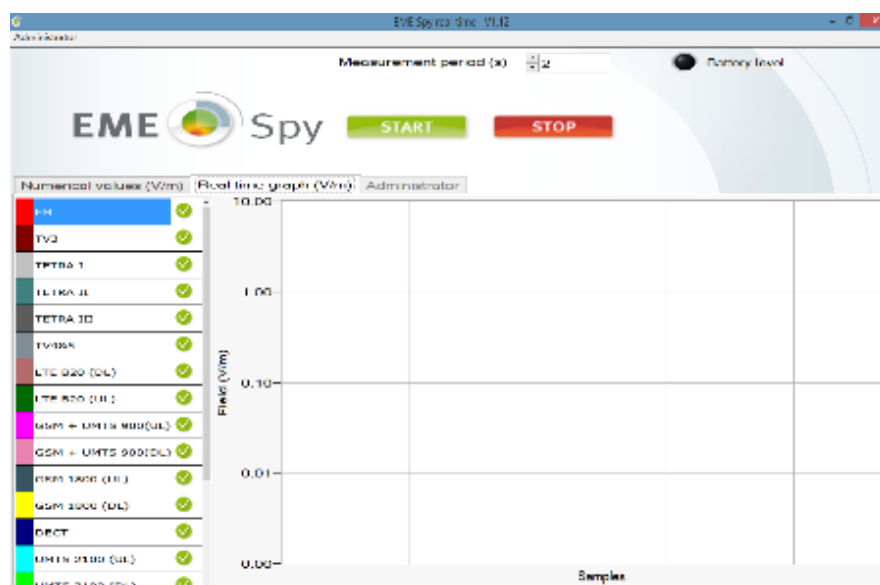


Figura 18-1: Graficador de los valores en tiempo real EME Spy analysis.
Fuente: Software EME Spy Analysis

En la pantalla principal, se puede elegir el período de medición, el período mínimo es de 2 segundos para EME SPY 140 y 3 segundos para EME SPY 200. Al presionar el botón START da comienzo la obtención de mediciones y al presionar el botón STOP se detiene la adquisición de mediciones. Los datos se guardan en un archivo en el directorio "Program Files/EME Spy real time/measures".

Las medidas están marcadas con la fecha y hora de la PC. Por lo tanto, es importante que la hora y la fecha estén configuradas correctamente en el ordenador. Cuando el dosímetro realiza mediciones continuas, se crea un archivo de medición cada 15 minutos. El nombre del archivo creado contiene la fecha y la hora de las mediciones. Por otro lado, presionar el botón STOP activa la creación de un archivo de medición. Los archivos medidos son compatibles con el software "EME Spy Analysis". Los archivos de medición pueden ser cargados con este software para ver y crear informes.

La ventana del Real Time Grap de la Figura 18-1 muestra los valores de cada una de las bandas en forma de gráficas, está compuesto por un eje x siendo este las muestras obtenidas y el eje y siendo la intensidad de campo eléctrico V/m.

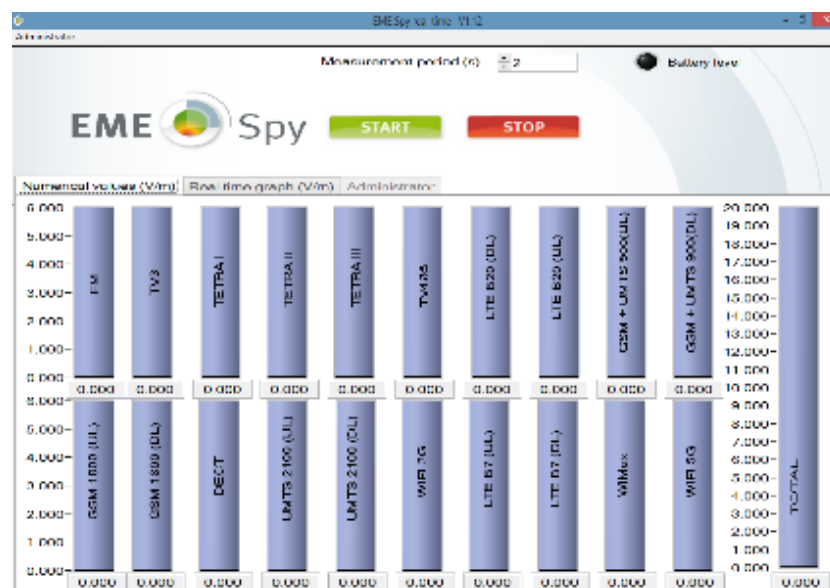


Figura 19-1: Valores en tiempo real EME Spy analysis.
Fuente: Software EME Spy Analysis

La ventana de Numerical Values de la Figura 19-1 a diferencia del otro muestra los valores numéricos obtenidos de cada una de las bandas y el total de todas ellas.

Para la instalación de este programa se necesita un procesador Pentium de 500MHz un puerto USB, un sistema operativo Windows 98/2000/XP/Seven, ocupa 256 MB de RAM y necesita

100 MB de espacio libre en el disco duro. Se debe iniciar la sesión como administrador para poder realizar los cambios pertinentes dentro de las 20 bandas. Dicho programa puede ser instalado en cualquier computador ya sea portátil o de mesa, es compatible con sistemas operativos de 32 y 64 bits.

La instalación debe ser automática, en caso de no ejecutarse directamente, como primer paso se debe abrir el archivo SETUP.EXE que es una de las herramientas que viene dentro del CD. Para su correcta instalación cuenta con un asistente el cual guía durante todo el proceso. (EMESpy200, 2013, pp. 3-8).

1.8.6 *INSTALACIÓN DE LOS DRIVERS DEL USB.*

El EME Spy se reconoce automáticamente como un equipo USB, pero la parte de comunicación de la unidad solicita la instalación de un controlador específico. En el caso de que la ventana no detecte automáticamente la conexión del dosímetro, se debe usar las ventanas “AGREGUE el asistente de Hardware” sabiendo que el controlador que se instalará se encuentra en el CD de instalación de controladores USB. (EMESpy200, 2013, p. 4)

1.9 NARDA SRM-3006

1.9.1 *Descripción y características del equipo.*

El equipo Narda SRM-3006 posee unas dimensiones de 213 x 297x 77 mm (unidad básica), con un peso de 3300g incluida la antena, pantalla a color TFT-LCD de 7 pulgadas, 800 x 480 píxeles, su rango de temperatura va desde -10 ° a + 50 ° C y la autonomía de las baterías es de 3 horas +/- 15 minutos como se observa en la Figura 20-1.

El Narda SRM-3006 es un equipo que permite realizar mediciones de los campos electromagnéticos en cualquier tipo de ambiente, su banda de frecuencias va desde los 9KHz a los 6GHz, dichas frecuencias son generadas por radio (AM, FM), TV y Telefonía móvil celular. El equipo realiza mediciones de intensidades de campo y potencia, así como las contribuciones generadas por los servicios que se encuentre próximos al lugar de medición, o a su vez toma los valores de cada uno de los canales individuales según sea la banda de interés. Son cuatro los resultados que entrega el Narda, valor máximo, valor promedio, valor promedio mínimo y valor promedio máximo. Incluye una antena de tres ejes que permite mediciones isotrópicas de los

tres componentes espaciales del campo a medir, diseñada para uso en exteriores y de difícil acceso opera desde los 27 MHz a 3 GHz en telefonía móvil celular como se observa en la Figura 20-1.



Figura 20-1: Narda SRM-3006 y antena tree axial
Realizado por: Becerra, J, 2021



Figura 21-1: Componentes del equipo Narda SRM-3006
Realizado por: Becerra, J, 2021

Además, posee dos cables para conexión entre la antena y la Unidad básica, los cables son de 1.5cm y 5m de largo, el equipo puede ser conectado a un PC a través de la interfaz óptica o el puerto USB, esto permite el acceso a las funciones del equipo y los resultados de medición.

El SRM-3006 está equipado con una batería de iones de litio recargable que permite el funcionamiento portátil, cada uno de estos componentes se puede observar en la Figura 21-1. Cabe recalcar que el equipo NARDA presenta una unidad relativa recomendada por la ICNIRP, es decir si los valores llegaran a un 100% de lo establecido por la ICNIRP este los mostrará. (SRM-3006, 2010, pp. 4-190).

1.9.2 Configuración del equipo.

Al encender el equipo Narda SRM-3006 se debe esperar que se carguen todas las configuraciones, la pantalla muestra el espectro radioeléctrico, donde se seleccionó el tipo de resultado, utilizando el teclado de programación vertical, de la misma forma se seleccionó el tipo de unidad V/m en la que se recogió los datos (V/m, A/m o W/m^2).

El teclado de programación vertical permitió seleccionar el rango de medida, se debe seleccionar el valor más alto, de esta manera se evita que el equipo sufra algún daño, subsiguientemente se ajustó a un valor que permita conseguir una mejor visualización. (SRM-3006, 2010, pp. 25-95).

1.9.3 Instrucciones de uso.

Para el correcto funcionamiento el equipo Narda SRM-3006 debe tener sus baterías cargadas, hacer uso de un trípode y una base que faciliten la toma de mediciones, cada medición debe tener una duración de 6 minutos. (SRM-3006, 2010, p. 9).

1.9.4 Software NARDA 3006

Para la instalación de este programa se necesitó una versión firmware SRM-3006 de al menos V1.1. 1.. Dicho programa puede ser instalado en cualquier computador ya sea portátil o de mesa, es compatible con sistemas operativos de 32 y 64 bits.

Se ejecutó el archivo SETUP.EXE que es una de las herramientas que viene dentro de un CD, para su correcta instalación cuenta con un asistente el cual le guía durante todo el proceso desde la instalación de Microsoft.NET Framework 2.0. los archivos de programa y el controlador USB. (SRM-3006, 2010, pp. 171-173).

1.10 Aplicación Google Earth.

1.10.1 Descripción y características.

Google Earth es un Geobrowser que permite el acceso a imágenes satelitales y aéreas, batimetría oceánica y otros datos geográficos a través de Internet para representar a la Tierra como un globo tridimensional. Google también se refiere a Google Earth como un navegador geográfico. Google Earth está disponible en la web de forma libre y se puede comprar en versiones más avanzadas. Mientras que la versión gratuita ofrece numerosas características que son útiles en entornos educativos, la versión Pro brinda capacidades adicionales, como la impresión de mayor resolución y el almacenamiento de imágenes y la capacidad de abrir archivos de forma ESRI (Environmental Systems Research Institute). (Glenn, 2014)

Para el desarrollo de esta tesis se implementó GOOGLE EARTH libre, el cual es de uso personal y permite la visualización de imágenes satelitales aéreas, muestra datos de terrenos y la capacidad de importar datos de GPS. Google Earth se utiliza para crear datos en formato KLM (Keyhole Markup Language), además ofrece capacidad de búsqueda, desplazarse, rotar e inclinar la vista de la tierra.

1.10.2 Instalación e Instrucciones de uso.

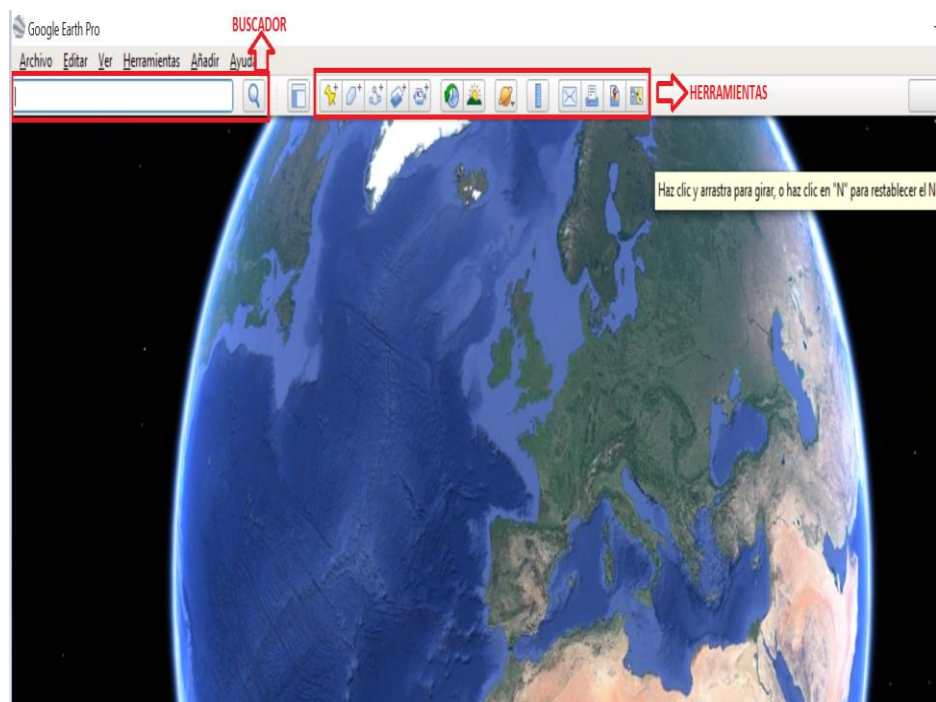


Figura 22-1: Google Earth Pro

Fuente: Google Earth aplicación Web

Para la correcta instalación del software se ingresó a la página oficial Google Earth la cual proporcionó la versión más actual del software que es compatible con sistemas operativos de 32 y 64 bits tanto de Windows como de Linux. Una vez instalado se procedió a ejecutar el programa el cual se abrió con un conjunto de herramientas y un buscador global como se observa en la Figura 22-1.

1.11 Matlab.

MATLAB es una herramienta que permite a los científicos resolver problemas de Ingeniería, su funcionamiento se encuentra basado en matrices y a su vez contiene una serie de herramientas de bibliotecas incorporadas lo cual permite procesar un conjunto de datos de mayor tamaño.

- Lenguaje de alto nivel para cálculos científicos y de ingeniería
- Entorno de escritorio optimizado para la exploración iterativa, el diseño y la solución de problemas
- Gráficas para visualizar datos y herramientas para crear diagramas personalizados
- Aplicaciones para ajustar curvas, clasificar datos, analizar señales, ajustar sistemas de control y muchas otras tareas
- Toolboxes complementarias para una amplia variedad de aplicaciones científicas y de ingeniería

Matlab cuenta con una amplia gama de comandos los cuales le permiten exportar tanto de Excel a Matlab y viceversa, además de sacar el valor promedio de un conjunto de datos y su respectiva visualización.

- Xlsread. - lee un archivo de hoja de cálculo de Microsoft Excel
- Num = xlsread (filename, sheet, xlRange). - lee los datos de la hoja de cálculo y el rango especificado.
- Xlswrite. - Exportar los datos de MATLAB en una hoja de cálculo de Microsoft Excel.
- Mean. - Permite sacar el valor promedio de un conjunto de datos
- Plot(x,y).- facilita la visualización de los datos ingresados.

1.12 Estadística paramétrica y no paramétrica.

1.12.1 Estadística paramétrica

Las técnicas estadísticas de estimación de parámetros, intervalos de confianza y prueba de hipótesis son, en conjunto, denominadas estadística paramétrica y son aplicadas básicamente a variables continuas. Estas técnicas se basan en especificar una forma de distribución de la

variable aleatoria y de los estadísticos derivados de los datos. La estadística inferencial paramétrica hace suposiciones específicas acerca de la población o poblaciones que se muestrean, las pruebas se deben realizar usando los métodos de kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk donde su grado de significancia debe de ser del 5%. (Reyes. M, 2018, p. 62).

1.12.2 Estadística no paramétrica.

La estadística no paramétrica es una rama de la estadística que estudia las pruebas y modelos estadísticos cuya distribución subyacente no se ajusta a los llamados criterios paramétricos. Su distribución no puede ser definida a priori, pues son los datos observados los que la determinan. La utilización de estos métodos se hace recomendable cuando no se puede asumir que los datos se ajusten a una distribución conocida, cuando el nivel de medida empleado no sea, como mínimo, de intervalo. Se debe utilizar, cuando la prueba de normalidad está por debajo del 5%. (Reyes. M, 2018, p. 62).

1.13 Paquete estadístico para las ciencias sociales (SPSS).

SPSS es una herramienta para el análisis estadístico de alto nivel, posee una variada información de, análisis de texto, código abierto, machine learning e integración con big data. Permite realizar pruebas de hipótesis en una variada gama de datos, además de análisis de datos que permiten determinar si la información es paramétrica o no paramétrica.

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO.

Tomando en cuenta que las mediciones de intensidad de campo eléctrico temporal y de desplazamiento deben realizarse dentro de los mismo intervalos de tiempo, los horarios fueron seleccionados en base a la investigación realizada por el Ing. Pedro Severo Infante, en la tesis de Doctorado; donde se midió campos electromagnéticos en la banda GSM 850 MHz en el interior de la ESPOCH durante 5 días seguidos, se pudo apreciar que los campos electromagnéticos se mantienen casi constantes en los horarios de 2:30-6:00 am, 11:00am-12:00 y 7:00-8:00 pm.

Debido a políticas establecidas por la ESPOCH, los equipos no pueden abandonar la institución, y en caso de ser requeridos se entregarán en las jornadas laborales de los técnicos encargados, por esta razón dentro de este trabajo de titulación se realizaron las mediciones durante 5 días consecutivos de lunes a viernes y se cambió el horario de la primera medición de 2:30-6:00 am a 7:00-8:00 am.

Para la ejecución del presente trabajo de titulación, se trazó una ruta en la cual se realizaron mediciones de intensidad de campo eléctrico temporal y de desplazamiento. El equipo Narda SRM-3006 permitió las mediciones de intensidad de campo eléctrico temporales, se ubicó en 3 puntos dentro de la ruta trazada a 560m cada uno, con su respectivo trípode y base a una altura de 1.5m, las mediciones se realizaron durante 6 minutos.

El equipo EME Spy-200 permitió las mediciones de intensidad de campo eléctrico de desplazamiento, el equipo se sujetó al hombro de una persona a una altura de 150cm, misma que procedió a movilizarse haciendo uso de una bicicleta, desplazándose a una velocidad aproximada de 5km/h, cubriendo la ruta en un aproximado de 30 minutos, se realizó mediciones de intensidad de campo eléctrico de desplazamiento cada 2s, durante 5 días seguidos en el horario establecido de lunes a viernes, al acercarse al Punto 1, Punto 2 y Punto 3, se colocaron marcadores manualmente (Punto 0, 1, 2, 3 y 4) para poder tomar esos valores de referencia para el posterior análisis de intensidades de campo eléctrico.

La extracción de los datos generados por el equipo Narda SRM-3006 se lo realizó con la ayuda del software SRM-3006-Tools que permitió extraer la información en archivos de Microsoft

Excel. La extracción de los datos generados por el equipo EME Spy-200 se lo realizo con la ayuda del software EME-Spy-Analysis que permitió extraer la información en archivos de Microsoft Excel. Una vez extraídos los datos de los equipos se exportaron al software SPSS para determinar si son datos paramétricos o no paramétricos.

Una vez determinado que los datos son no paramétricos, se exporto a Matlab donde se obtuvo valores de intensidad de campo eléctrico temporal máximo (**Emáximo**) promedio, mínimo (**Emínimo**) promedio e intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo promedio (**Einstantáneo**) cuyos resultados permitieron crear cuadros comparativos para su posterior evaluación.

2.1 Trazado de la ruta en la aplicación Google Earth.

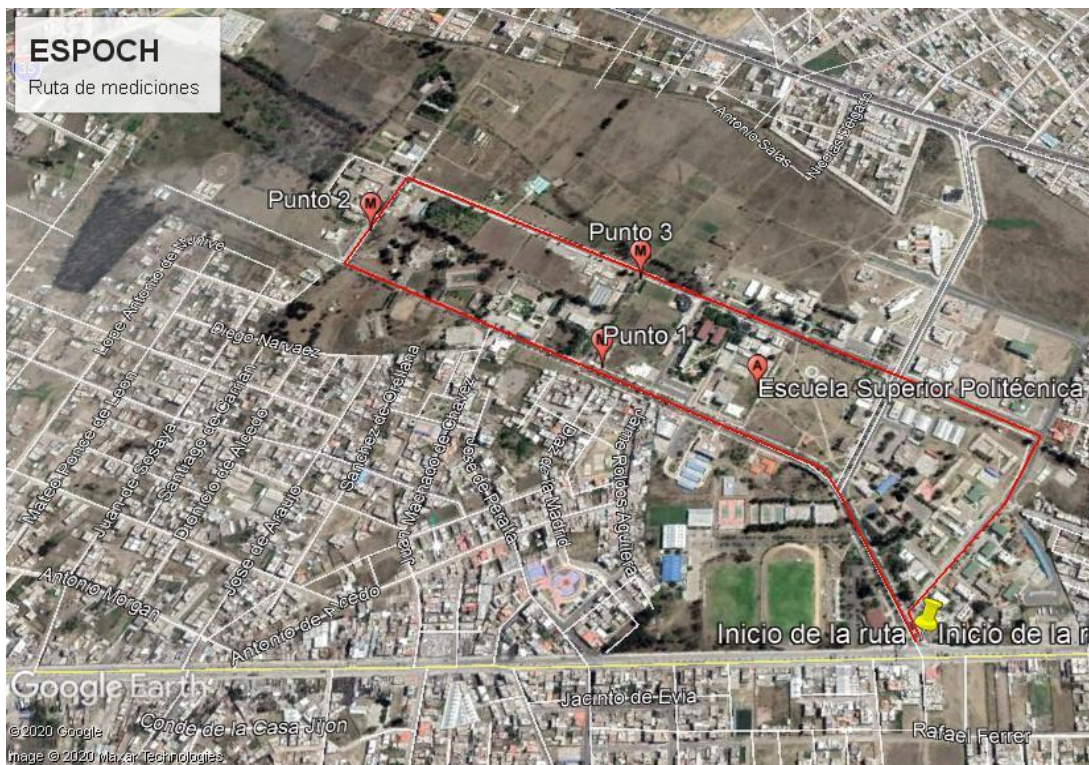


Figura 1-2: Ruta y ubicación de los puntos donde se realizó las mediciones.

Fuente: (Google Earth). Aplicación Web.

En la ESPOCH ubicada en la ciudad de Riobamba se trazó una ruta con la ayuda de la aplicación Google Earth, la ruta se seleccionó debido a la seguridad que brinda tanto para los equipos de medición como para las personas que se encargaron de realizar dichas mediciones, además de que al momento de hacer la medición de intensidad de campo eléctrico de desplazamiento se puede desplazar a una velocidad casi constante. La ruta inició desde la entrada principal de la

ESPOCH en la Avenida Panamericana Sur siguiendo el recorrido que se muestra en la Figura 1-2 hasta retornar al punto inicial, dicha ruta tiene una distancia total de 2.8 Km.

2.1.1 *Selección de puntos para las mediciones de intensidad de campo eléctrico temporal y de desplazamiento.*

En la ruta trazada en el interior de la ESPOCH se seleccionaron 3 puntos con una separación de 560m con la finalidad de cubrir la ruta trazada, en las cuales se hizo mediciones de intensidad de campo eléctrico temporal y de desplazamiento con los equipos Narda SRM-3006 y EME Spy-200, respectivamente. Dichos puntos se seleccionaron debido a que las mediciones de intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento se realizaron en los mismos intervalos de tiempo aproximadamente, para que no haya variaciones en el tráfico de datos y de esta forma poder evaluar los resultados.

La Tabla 1-2 muestra los 3 escenarios seleccionados para las mediciones, además de una breve descripción del lugar y una imagen.

2.1.2 *Selección de los horarios para realizar las mediciones de intensidad de campo eléctrico temporal y de desplazamiento.*

Las mediciones se las realizaron durante 5 días seguidos de lunes a viernes en 3 diferentes horarios 7:00am-8:00am, 11:00am-12:00 y 07:00pm-08:00pm, dichos horarios han sido tomados en referencia a la Grafica 1-2, donde se pudo observar que la intensidad de campo eléctrico (**E**) de la primera jornada de 2:30-8:00am se mantiene casi constante sin cambios abruptos, en la segunda jornada de 11:00-12:00 la intensidad de campo eléctrico alcanza su valor máximo y en la tercera jornada 19:00-20:00 se observa que la **E** se estabiliza nuevamente.




Cabe mencionar que el horario adecuado para la primera medición es de 2:30-8:00am, sin embargo, se lo realizo de 7:00-8:00am debido a políticas establecidas por la ESPOCH, dichas políticas mencionan que los equipos no pueden abandonar la institución, y en caso de ser requeridos para el desarrollo de trabajos de titulación, se entregaran en las jornadas laborales de los técnicos encargados.

La Grafica 1-2 muestra la variación de la intensidad del campo eléctrico (**E**) durante 24 horas debida a las variaciones en el tráfico, medida para los canales 133 (GSM 850 MHz). Se puede

ver claramente que durante la noche la actividad del tráfico es baja, mientras que durante el día tanto la variabilidad como el tráfico son más altos.

Desde la perspectiva de los hábitos de tráfico, se pueden separar cuatro intervalos de tiempo que son repetitivos en el gráfico durante una semana: horas nocturnas (01:00 - 06:00), horas tempranas de la mañana (06:00 - 09:00), horas de trabajo (09:00 - 21:00) y horas restantes (21:00 - 01:00). Ninguna de las mediciones realizadas en este trabajo sobrepasó los límites establecidos en las normativas de la ICNIRP, además los valores obtenidos estuvieron muy alejados de tales límites.

Tabla 1-2: Escenarios seleccionados para la realización de mediciones en ESPOCH.

Escenario	Coordenadas GPS Longitud (O) y Latitud (S)	Descripción	Imagen del escenario (Punto)
1	78°40'49.29"- 1°39'21.14"	ESPOCH Facultad de Ciencias Pecuarias esquina	Punto 1 
2	78°40'59.40"- 1°39'9.19"	ESPOCH Facultad de Agronomía esquina	Punto 2 
3	78°40'46.09"- 1°39'16.43"	ESPOCH Facultad de Ciencias esquina	Punto 3 

Realizado por: Becerra, J, 2020.

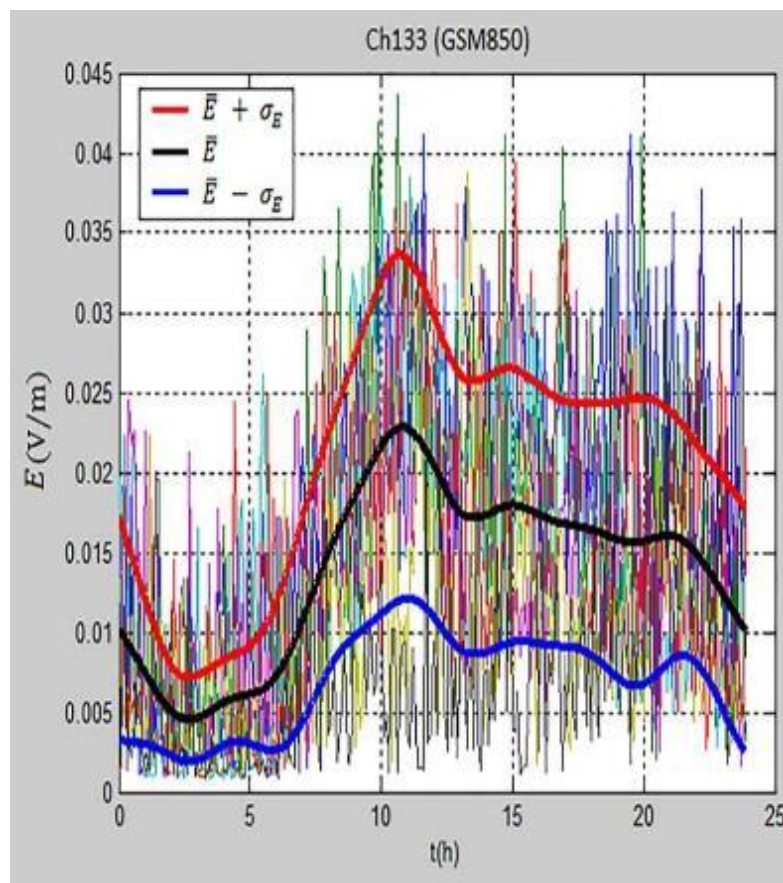


Gráfico 1-2: Trafico del campo eléctrico durante una semana en la banda de 850 MHz.

Fuente: Infante, P.

2.2 Obtención de mediciones en la banda GSM-850 MHz.

2.2.1 Mediciones de intensidad de campo eléctrico temporal con el equipo NARDA SRM-3006.

El equipo Narda SRM-3006 se colocó en cada uno de los tres puntos con su respectivo trípode y base a una altura de 150cm (la altura se consideró desde el suelo hasta la parte superior de la antena, véase en la Figura 2-2) donde se realizó las mediciones de intensidad de campo eléctrico (\mathbf{E}) temporal máximo ($\mathbf{E}_{\text{máximo}}$) y mínimo ($\mathbf{E}_{\text{mínimo}}$), con una duración de 6 minutos en cada punto, los puntos seleccionados tuvieron una separación de 560m; aproximadamente tomó unos 5 minutos desplazar el equipo de un punto a otro, con la finalidad de cubrir la ruta trazada en un tiempo aproximado de 30 minutos.

La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) se menciona que la media en tamaño a nivel del Ecuador es de 152.4 cm en mujeres y 165.2 cm en hombres, basándose en estos datos

los equipos NARDA SRM-3006 y EME Spy-200 fueron colocados a una altura de 150 cm cubriendo la parte de la cabeza en personas de esta medida y la parte del pecho y sus órganos vitales en personas que superen la media como se muestra en la Figura 2-2. (ENSANUT-ECU, 2014, p. 212)

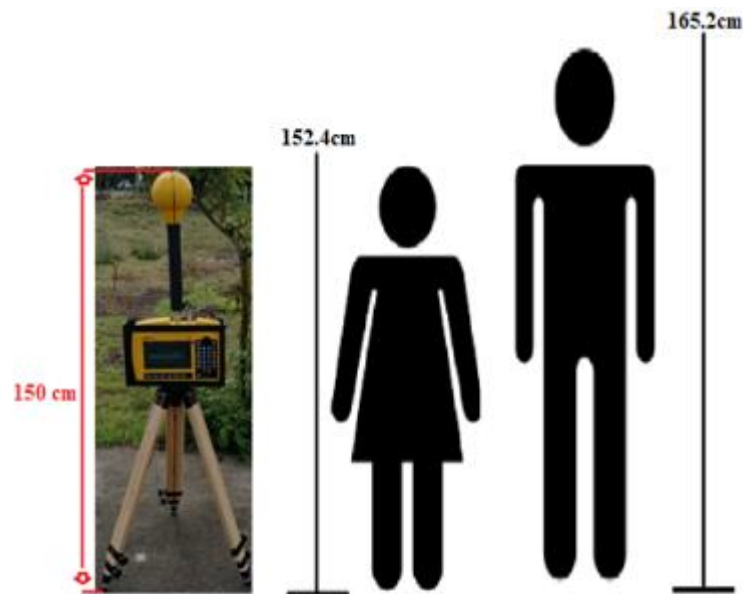


Figura 2-2: Media en tamaño a nivel de Sudamérica.
Realizado por: Becerra, J, 2020.

Narda SRM-3006 tools (V1.3.3)

File Configuration Database Options

Selection Export Device Reset Layout

Auto Scan

General Information

Device memory

SRM-3006: P-0040

Index	Sub	Mode	Info	Date/Time	Comment	
<input type="checkbox"/>	57	1	Safety_condensed	Man	02/07/2020 11:21:01	
<input type="checkbox"/>	58	1	Safety_condensed	Man	02/07/2020 18:13:00	
<input type="checkbox"/>	59	1	Safety_condensed	Man	02/07/2020 18:23:47	
<input type="checkbox"/>	60	1	Safety_condensed	Man	02/07/2020 18:34:33	
<input type="checkbox"/>	61	1	Safety_condensed	Man	02/11/2020 15:11:11	
<input type="checkbox"/>	S.1	1	Spectrum	Image	11/24/2016 22:10:55	
<input type="checkbox"/>	S.2	1	Spectrum	Image	12/18/2019 13:21:17	
<input type="checkbox"/>	S.3	1	Spectrum	Image	12/18/2019 13:24:26	
<input type="checkbox"/>	S.4	1	Spectrum	Image	12/18/2019 13:26:37	
<input type="checkbox"/>	S.5	1	Safety_condensed	Image	12/18/2019 13:32:32	
<input type="checkbox"/>	S.6	1	Level	Image	12/18/2019 13:35:52	
<input type="checkbox"/>	S.7	1	Safety	Image	12/20/2019 09:34:17	
<input type="checkbox"/>	S.8	1	Spectrum	Image	12/20/2019 11:30:24	
<input type="checkbox"/>	S.9	1	Level	Image	12/20/2019 11:33:46	
<input type="checkbox"/>	S.10	1	Safety_condensed	Image	12/20/2019 12:09:53	
<input type="checkbox"/>	S.11	1	Safety_condensed	Image	02/03/2020 18:52:23	
<input type="checkbox"/>	S.12	1	Safety_condensed	Image	02/03/2020 18:54:56	
<input type="checkbox"/>	S.13	1	Safety_condensed	Image	02/03/2020 18:55:56	
<input type="checkbox"/>	S.14	1	Safety_condensed	Image	02/03/2020 19:04:05	
<input type="checkbox"/>	S.15	1	Safety_condensed	Image	02/03/2020 19:04:35	
<input type="checkbox"/>	S.16	1	Safety_condensed	Image	02/03/2020 19:04:59	
<input type="checkbox"/>	S.17	1	Safety_condensed	Image	02/03/2020 19:15:02	
<input type="checkbox"/>	S.18	1	Safety_condensed	Image	02/03/2020 19:15:10	

Figura 3-2: Código de imágenes y mediciones.
Fuente: Software Narda SRM-3006.

El equipo NARDA SRM-3006 posee una memoria interna donde almacena toda la información mediante la asignación de códigos, a las imágenes se les asignó un código S.1 mientras que a las mediciones E.61 como se observa en las Figuras 3-2.



Figura 4-2: Medición de RNI Temporal en el Punto 1 en la Facultad de Ciencias Pecuarias en la jornada de 7:00-8:00 am.
Realizado por: Becerra, J, 2021.

En la Figura 4-2 se puede observar el equipo Narda SRM-3006 y su base ubicado en el punto 1 de la ruta trazada, donde se procedió a tomar las mediciones de intensidad de campo eléctrico V/m en la banda GSM-850 MH en la Facultad de Ciencias Pecuarias.

En la Figura 5-2 se puede observar el equipo Narda SRM-3006 y su base ubicado en el punto 2 de la ruta trazada, donde se procedió a tomar las mediciones de intensidad de campo eléctrico V/m en la banda GSM-850 MHz en la Facultad de Agronomía.

En la Figura 6-2 se puede observar el equipo Narda SRM-3006 y su base ubicado en el punto 3 de la ruta trazada, donde se procedió a tomar las mediciones de intensidad de campo eléctrico v/m en la banda GSM-850 MHz en la Facultad de Ciencias.



Figura 5-2: Medición de RNI Temporal en el Punto 2 en la Facultad de Agronomía en la jornada de 11:00-12:00 pm.
Realizado por: Becerra, J, 2021.



Figura 6-2: Medición de RNI Temporal en el Punto 3 en la Facultad de Ciencias en la jornada de 07:00-08:00pm.
Realizado por: Becerra, J, 2021.

2.2.2 Mediciones de intensidad de campo eléctrico de desplazamiento con el equipo dosimétrico EME Spy-200

El equipo dosimétrico EME Spy-200 se sujetó al hombro de la persona a una altura de 150cm, misma que procedió a movilizarse, haciendo uso de una bicicleta, desplazándose a una velocidad aproximada de 5km/h cubriendo la ruta trazada en un aproximado de 30 minutos, se realizó mediciones de intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo (Einstantáneo) cada 2s en forma automática. Se obtuvieron 286 valores de intensidad de campo eléctrico total instantáneo como se muestra en la Figura 7-2.

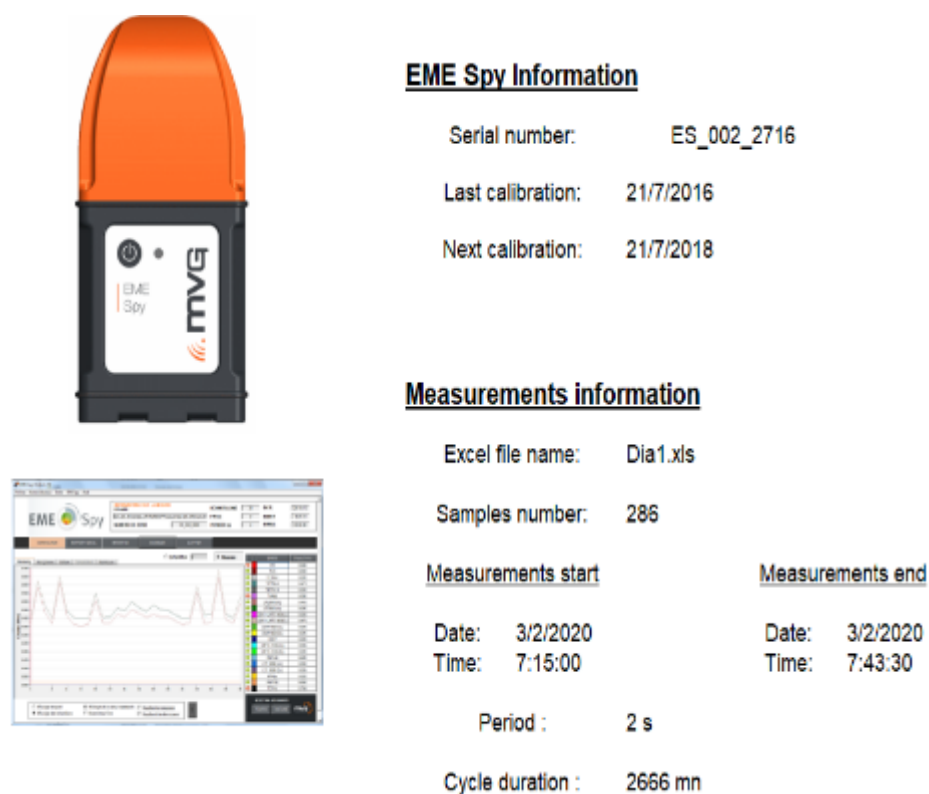


Figura 7-2: Indicador de periodo, número de muestras y el tiempo total que tardó en terminar el recorrido.

Fuente: Software EME Spy Analisis

El equipo dosimétrico EME Spy-200 tiene una memoria interna donde se almacenan los datos, adicional se agregó marcadores de forma manual al aproximarse al Punto 1, Punto 2 y Punto 3 donde se colocó el equipo Narda SRM-3006 con la finalidad de evaluar los valores obtenidos de intensidad de campo eléctrico temporal y de desplazamiento.

Como se puede ver en la Figura 8-2 la persona que va desplazándose en la bicicleta lleva consigo el equipo dosimétrico EME Spy-200 a la altura del hombro, realizando la toma de mediciones

de la intensidad de campo eléctrico de desplazamiento en el horario de 7:00am-8:00am colocando un marcador de forma manual al acercarse al Punto 1.



Figura 8-2: Medición de RNI de desplazamiento en el Punto 1 en la Facultad de Ciencias Pecuarias en la jornada de 7:00am-8:00am.

Realizado por: Becerra, J, 2021.

Como se puede ver en la Figura 9-2 la persona que va desplazándose en la bicicleta lleva consigo el equipo dosimétrico EME Spy-200 a la altura del hombro, realizando la toma de mediciones de la intensidad de campo eléctrico de desplazamiento en el horario de 11:00am-12:00 colocando un marcador de forma manual al acercarse al Punto 2.

Como se puede ver en la Figura 10-2 la persona que va desplazándose en la bicicleta lleva consigo el equipo dosimétrico EME Spy-200 a la altura del hombro, realizando la toma de mediciones de la intensidad de campo eléctrico de desplazamiento en el horario de 7:00-8:00pm colocando un marcador de forma manual al acercarse al Punto 3.



Figura 9-2: Medición de RNI de desplazamiento en el Punto 2 en la Facultad de Agronomía en la jornada de 11:00pm-12:00.
Realizado por: Becerra, J, 2021.



Figura 10-2: Medición de RNI de desplazamiento en el Punto 3 en la Facultad de Ciencias Pecuarias en la jornada de 07:00pm- 08:00pm.
Realizado por: Becerra, J, 2021.

2.3 Extracción de los datos obtenidos por los equipos NARDA SRM-3006 Y EME Spy-200

2.3.1 Extracción de mediciones del equipo Narda SRM-3006.

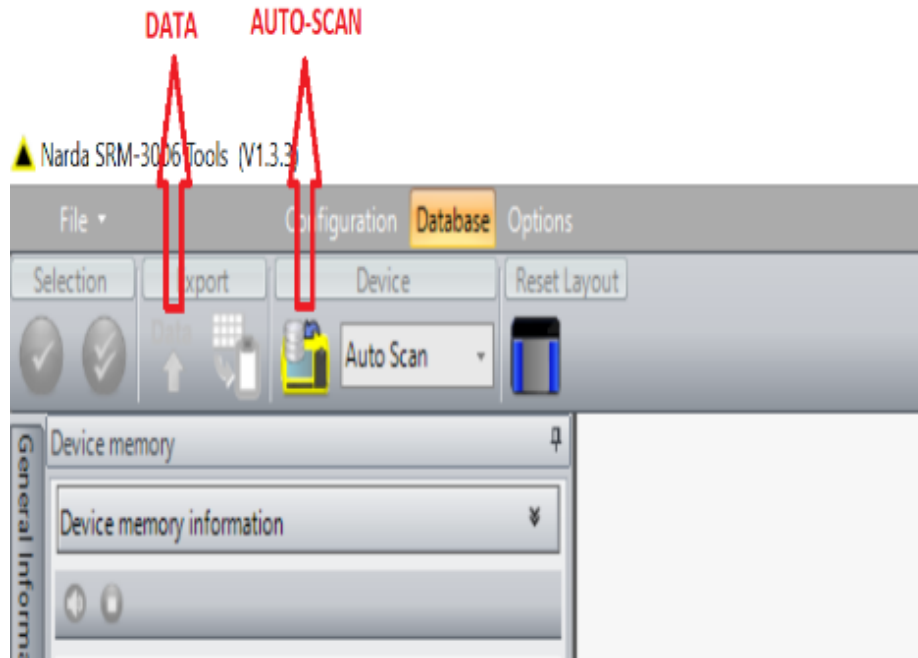


Figura 11-2: Exportación de datos desde el software Narda SRM-3006.

Fuente: Software Narda SRM-3006

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F
298	Number Used	Result Types	2			
299	Result Type(s)		MAX		MIN	
300	Overdriven		NO		NO	
301	Total Value[V/m]		0.8043		0.2153	
302	Total Noise Flag		UNCHECKED		UNCHECKED	
303	Others Value[V/m]		0		0	
304	Others Noise Flag		UNCHECKED		UNCHECKED	
305	Number Values		250		250	
306	CONDENSED	GroupName	Value [V/m]	NoiseFlag	Value [V/m]	NoiseFlag
307		Srv_0001	0.003607	UNCHECKED	0.0001869	UNCHECKED
308		Srv_0002	0.002985	UNCHECKED	0.0002294	UNCHECKED
309		Srv_0003	0.003535	UNCHECKED	0.0002768	UNCHECKED
310		Srv_0004	0.002976	UNCHECKED	0.0003227	UNCHECKED
311		Srv_0005	0.002886	UNCHECKED	0.0002896	UNCHECKED
312		Srv_0006	0.002102	UNCHECKED	0.000305	UNCHECKED
313		Srv_0007	0.002385	UNCHECKED	0.0002903	UNCHECKED
314		Srv_0008	0.003391	UNCHECKED	0.0003406	UNCHECKED
315		Srv_0009	0.004395	UNCHECKED	0.0002963	UNCHECKED
316		Srv_0010	0.003461	UNCHECKED	0.0004316	UNCHECKED
317		Srv_0011	0.003421	UNCHECKED	0.0002443	UNCHECKED
318		Srv_0012	0.02991	UNCHECKED	0.0003305	UNCHECKED

Figura 12-2: Hoja de cálculo en Microsoft Excel en el rango de frecuencia de 869 MHz a 894 MHz

Fuente: Software Narda SRM-3006

Para la extracción de las mediciones se hizo uso del software Narda SRM-3006 Tools, en el cual se seleccionó la pestaña Database misma que desplegó un conjunto de herramientas donde se

eligió el Auto-Scan, el cual permite registrar la memoria interna del equipo y seleccionar las mediciones realizadas, finalmente se da click sobre el botón Data el cual genera una hoja de cálculo en Microsoft, como se observa en la Figura 11-2 y Figura 12-2.

2.3.2 Extracción de mediciones del equipo EME Spy-200.

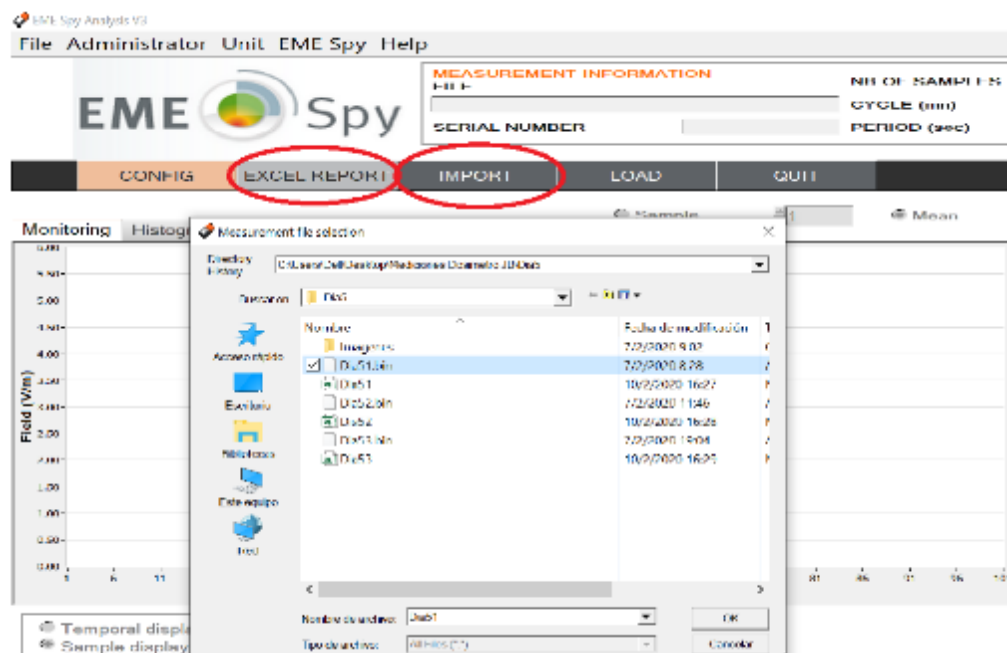


Figura 13-2: Importación de las mediciones de RNI obtenidas y generación de la hoja de cálculo en Microsoft Excel.

Fuente: Software EME Spy Analysis

Para la extracción de los datos se utilizó el software EME-Spy Analysis V3, como primer paso se importó los datos desde el equipo al computador utilizando el botón IMPORT donde se desplegó una ventana que permite agregar un nombre al documento que contiene las mediciones, una vez importado se seleccionó el botón EXCEL REPORT, este permitió crear una hoja de cálculo en Microsoft Excel, como se observa en la Figura 13-2.

2.4 Análisis estadístico de los datos mediante el uso del software SPSS.

Una vez extraídas las tablas de Excel de los equipos NARDA SRM-3006 y EME Spy-200, se exporto de Excel a SPSS donde se realizaron pruebas de normalidad con los resultados obtenidos en cada uno de los puntos (Punto 1, Punto2 y Punto 3) en los diferentes horarios (7:00am – 8:00am, 11:00am - 12:00 y 7:00pm – 8:00pm), utilizando el método de kolmogorov-Smirnov donde su nivel de significancia es inferior al 5% lo cual permitió determinar que los datos

obtenidos en la ruta trazada durante los 5 días de la semana de lunes a viernes son no paramétricos como se puede observar en las Figuras 14-2.

Pruebas de normalidad				
	Días de prueba	Kolmogorov-Smirnov ^a		
		Estadístico	gl	Sig.
P1 7AM_Intensidad de Campo electrico	lunes	,179	59	,000
	Martes	,168	59	,000
	Miercoles	,210	59	,000
	Jueves	,254	59	,000
	viernes	,215	59	,000
P2 7AM_Intensidad de Campo electrico P2 7AM	lunes	,179	59	,000
	Martes	,079	59	,200 [*]
	Miercoles	,076	59	,200 [*]
	Jueves	,076	59	,200 [*]
	viernes	,138	59	,007
P3 7AM_Intensidad de Campo electrico	lunes	,142	59	,005
	Martes	,110	59	,071
	Miercoles	,095	59	,200 [*]
	Jueves	,130	59	,015
	viernes	,112	59	,061
D_P1 7AM Intensidad de campo electrico durante el desplazamiento hasta llegar al	lunes	,099	59	,200 [*]
	Martes	,143	59	,004
	Miercoles	,090	59	,200 [*]
	Jueves	,089	59	,200 [*]
	viernes	,132	59	,012
D_P2 7AM Intensidad de campo electrico durante el desplazamiento hasta llegar al	lunes	,087	59	,200 [*]
	Martes	,138	59	,007
	Miercoles	,126	59	,021
	Jueves	,126	59	,021
	viernes	,181	59	,000
D_P3 7AM Intensidad de campo electrico durante el desplazamiento hasta llegar al	lunes	,106	59	,099
	Martes	,195	59	,000
	Miercoles	,158	59	,001
	Jueves	,075	59	,200 [*]
	viernes	,094	59	,200 [*]
Intensidad de Campo electrico P1 11AM	lunes	,183	59	,000
	Martes	,236	59	,000
	Miercoles	,231	59	,000
	Jueves	,153	59	,002
	viernes	,205	59	,000
Intensidad de Campo electrico P2 11AM	lunes	,067	59	,200 [*]
	Martes	,115	59	,049
	Miercoles	,068	59	,200 [*]
	Jueves	,073	59	,200 [*]
	viernes	,069	59	,200 [*]
Intensidad de Campo electrico P3 11AM	lunes	,115	59	,051
	Martes	,155	59	,001
	Miercoles	,137	59	,007
	Jueves	,137	59	,007
	viernes	,158	59	,001
Intensidad de campo electrico durante el desplazamiento hasta llegar al P1 11AM	lunes	,091	59	,200 [*]
	Martes	,118	59	,040
	Miercoles	,074	59	,200 [*]
	Jueves	,080	59	,200 [*]
	viernes	,120	59	,033
Intensidad de campo electrico durante el desplazamiento hasta llegar al P2 11AM	lunes	,085	59	,200 [*]
	Martes	,113	59	,057
	Miercoles	,063	59	,200 [*]
	Jueves	,127	59	,019
	viernes	,126	59	,020
Intensidad de campo electrico durante el desplazamiento hasta llegar al P3 11AM	lunes	,054	59	,200 [*]
	Martes	,133	59	,011
	Miercoles	,077	59	,200 [*]
	Jueves	,095	59	,200 [*]
	viernes	,061	59	,200 [*]

Figura 14-2: Prueba de normalidad en el horario de 7:00am-8:00am, 11:00am-12:00 y 7:00-8:00pm.

Fuente: SPSS

Intesidad de Campo electrico P1 1PM	lunes	,170	59	,000
	Martes	,202	59	,000
	Miercoles	,210	59	,000
	Jueves	,241	59	,000
	viernes	,179	59	,000
Intesidad de Campo electrico P2 7PM	lunes	,073	59	,200 [*]
	Martes	,100	59	,200 [*]
	Miercoles	,096	59	,200 [*]
	Jueves	,085	59	,200 [*]
	viernes	,074	59	,200 [*]
Intesidad de Campo electrico P3 7PM	lunes	,102	59	,196
	Martes	,141	59	,005
	Miercoles	,086	59	,200 [*]
	Jueves	,103	59	,190
	viernes	,148	59	,003
Intensidad de campo electrico durante el desplazamiento hasta llegar al P1 19PM	lunes	,167	59	,000
	Martes	,094	59	,200 [*]
	Miercoles	,111	59	,066
	Jueves	,090	59	,200 [*]
	viernes	,112	59	,061
Intensidad de campo electrico durante el desplazamiento hasta llegar al P2 19PM	lunes	,066	59	,200 [*]
	Martes	,095	59	,200 [*]
	Miercoles	,117	59	,044
	Jueves	,122	59	,030
	viernes	,088	59	,200 [*]
Intensidad de campo electrico durante el desplazamiento hasta llegar al P3 19PM	lunes	,232	59	,000
	Martes	,101	59	,200 [*]
	Miercoles	,082	59	,200 [*]
	Jueves	,086	59	,200 [*]
	viernes	,107	59	,090

Figura 14-2: (Continuación).

Fuente: SPSS

2.5 Exportación de los datos a MATLAB.

Una vez extraídas las tablas de Excel de los equipos NARDA SRM-3006 y EME Spy-200 con los datos obtenidos, se exporto de Excel a Matlab donde se sacó Intensidad de campo eléctrico temporal máximo promedio, mínimo promedio e intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo promedio en cada uno de los puntos (Punto 1, Punto 2 y Punto 3) en los diferentes horarios (7:00am – 8:00am, 11:00am - 12:00 y 7:00pm – 8:00pm), cuyos resultados permitieron evaluar las intensidades de campo eléctrico temporales y de desplazamiento.

En la Figura 15-2 se puede observar los datos exportados de Excel a MATLAB y los resultados de intensidad de campo eléctrico temporal máximo promedio.

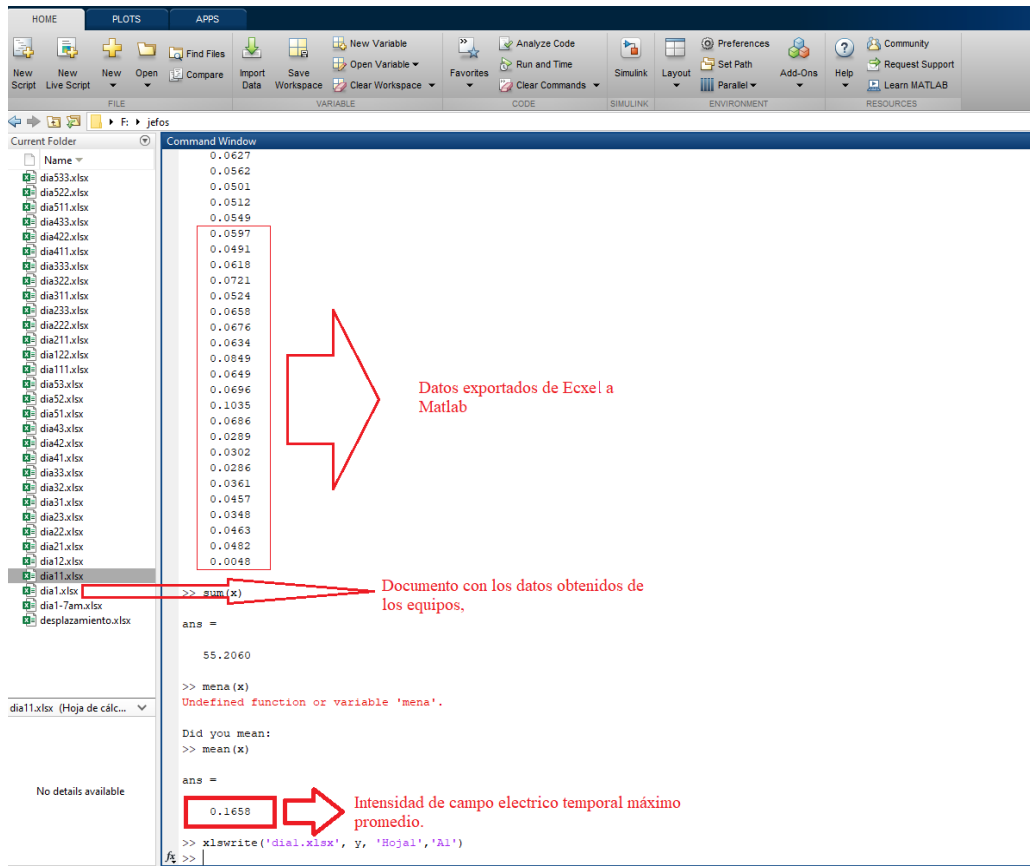


Figura 15-2: Exportación de datos a MATLAB y resultados de intensidad de campo eléctrico temporal máximo.

Fuente: MATLAB

CAPÍTULO III

3 MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En el presente capítulo con el resultado de las mediciones obtenidos se crearon tablas comparativas, que permitieron analizar la intensidad de campo eléctrico temporal máximo promedio (**E**_{máximo}), intensidad de campo eléctrico temporal mínimo promedio (**E**_{mínimo}) e intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo (**E**_{instantáneo}), en base a los horarios (7:00am-8:00am, 11:00am-12:00 y 7:00pm-8:00pm) y cada uno de los puntos establecidos (Punto 1, Punto 2 y Punto 3) en las que se realizaron las mediciones.

3.1 Resultados de intensidad de campo eléctrico temporal obtenidos con el equipo NARDA SRM-3006.

El equipo Narda SRM-3006 se colocó en cada uno de los tres escenarios (Punto 1, Punto 2 y Punto 3) seleccionados en la ruta trazada con su respectivo trípode y base a una altura de 1.5m, donde se realizó las mediciones de intensidad de campo eléctrico temporal máximo y mínimo con una duración de 6 minutos en cada punto en los tres horarios establecidos, durante 5 días seguidos de lunes a viernes.

Los resultados obtenidos de intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**E**_{máximo}) y mínimo temporal (**E**_{mínimo}) se agruparon conforme a los puntos seleccionados (Punto 1, Punto 2 y Punto 3) en base a los horarios establecidos en el Capítulo 2. Ninguna de las mediciones realizadas en este trabajo de titulación sobrepasó los límites establecidos por la ICNIRP.

En las Tablas 1-3, se puede ver los resultados de intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**E**_{máximo}) y mínimo temporal (**E**_{mínimo}) durante el día lunes, además del tiempo exacto en horas y minutos en las que se realizaron las mediciones en los puntos 1, 2 y 3 en los horarios de 7:11am - 7:39am, 11:09am - 11:36am y 7:10pm - 7:38pm.

En las Tablas 2-3, se puede ver los resultados de intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**E**_{máximo}) y mínimo temporal (**E**_{mínimo}) durante el día martes, además del tiempo exacto en horas y minutos en las que se realizaron las mediciones en los puntos 1, 2 y 3 en los horarios de 7:11am - 7:39am, 11:09am - 11:36am y 7:10pm - 7:38pm.

Tabla 1-3: LUNES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico, Emáximo y Emínimo.

Intensidad de campo eléctrico E temporal en la banda GSM 850 MHz. Frecuencia descendente de 869-894MHz.						
Horarios	Puntos de medición	Tiempo de inicio (Hora)	Tiempo de finalización (Hora)	Emáximo (V/m)	Emínimo (V/m)	Límite de exposición Ocupacional contra Radiaciones no ionizantes
7:14am-7:42am	punto 1	7:14	7:20	1.356	0.2154	40.5-41.11
	punto 2	7:25	7:31	0.1548	0.08357	
	punto 3	7:36	7:42	0.7169	0.2711	
11:09am-11:37am	punto 1	11:09	11:15	1.024	0.3536	
	punto 2	11:20	11:26	0.1607	0.08769	
	punto 3	11:31	11:37	0.6509	0.1934	
7:10pm-7:38pm	punto 1	7:10	7:16	0.99	0.2683	
	punto 2	7:21	7:27	0.1698	0.0784	
	punto 3	7:32	7:38	0.6779	0.2078	

Realizado por: Becerra, J, 2021

Tabla 2-3: MARTES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico, Emáximo y Emínimo.

Intensidad de campo eléctrico E temporal en la banda GSM 850 MHz. Frecuencia descendente de 869-894MHz.						
Horarios	Puntos de medición	Tiempo de inicio (Hora)	Tiempo de finalización (Hora)	Emáximo (V/m)	Emínimo (V/m)	Límite de exposición Ocupacional contra Radiaciones no ionizantes
7:09am-7:36am	punto 1	7:09	7:15	0.8886	0.1775	40.5-41.11
	punto 2	7:20	7:26	0.167	0.08345	
	punto 3	7:30	7:36	0.8239	0.2711	
11:09am-11:36am	punto 1	11:09	11:15	0.7256	0.2465	
	punto 2	11:20	11:26	0.1423	0.07556	
	punto 3	11:30	11:36	0.6797	0.2639	
7:10pm-7:38pm	punto 1	7:10	7:16	0.843	0.2543	
	punto 2	7:21	7:27	0.1564	0.09769	
	punto 3	7:32	7:38	0.6995	0.223	

Realizado por: Becerra, J, 2021

En las Tablas 3-3, se puede ver los resultados de intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**Emáximo**) y mínimo temporal (**Emínimo**) durante el día miércoles, además del

tiempo exacto en horas y minutos en las que se realizaron las mediciones en los puntos 1, 2 y 3 en los horarios de 7:11am - 7:39am, 11:09am - 11:36am y 7:10pm - 7:38pm.

Tabla 3-3: MIERCOLES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico, Emáximo y Emínimo.

Intensidad de campo eléctrico E temporal en la banda GSM 850 MHz. Frecuencia descendente de 869-894MHz.						
Horarios	Puntos de medición	Tiempo de inicio (Hora)	Tiempo de finalización (Hora)	Emáximo (V/m)	Emínimo (V/m)	Límite de exposición Ocupacional contra Radiaciones no ionizantes
7:13am-7:41am	punto 1	7:13	7:19	0.8043	0.2153	40.5-41.11
	punto 2	7:24	7:30	0.1562	0.09867	
	punto 3	7:35	7:41	0.6905	0.2114	
11:09am-11:36am	punto 1	11:09	11:15	0.8532	0.2717	
	punto 2	11:20	11:26	0.1461	0.08462	
	punto 3	11:30	11:36	0.6129	0.1947	
7:10pm-7:38pm	punto 1	7:10	7:16	0.8997	0.3567	
	punto 2	7:21	7:27	0.1588	0.07822	
	punto 3	7:32	7:38	0.6078	0.2122	

Realizado por: Becerra, J, 2021

Tabla 4-3: JUEVES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico, Emáximo y Emínimo.

Intensidad de campo eléctrico E temporal en la banda GSM 850 MHz. Frecuencia descendente de 869-894MHz.						
Horarios	Puntos de medición	Tiempo de inicio (Hora)	Tiempo de finalización (Hora)	Emáximo (V/m)	Emínimo (V/m)	Límite de exposición Ocupacional contra Radiaciones no ionizantes
7:19am-7:47am	punto 1	7:19	7:25	0.8143	0.2562	40.5-41.11
	punto 2	7:30	7:36	0.09961	0.04626	
	punto 3	7:41	7:47	0.6811	0.1946	
11:09am-11:36am	punto 1	11:09	11:15	0.828	0.2869	
	punto 2	11:20	11:26	0.1097	0.07195	
	punto 3	11:30	11:36	0.8326	0.2248	
7:10pm-7:38pm	punto 1	7:10	7:16	0.8941	0.2565	
	punto 2	7:21	7:27	0.14	0.08561	
	punto 3	7:32	7:38	0.5684	0.1889	

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En las Tablas 4-3, se puede ver los resultados de intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**Emáximo**) y mínimo temporal (**Emínimo**) durante el día jueves, además del tiempo exacto en horas y minutos en las que se realizaron las mediciones en los puntos 1, 2 y 3 en los horarios de 7:11am - 7:39am, 11:09am - 11:36am y 7:10pm - 7:38pm.

Tabla 5-3: VIERNES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico, **Emáximo** y **Emínimo**.

Intensidad de campo eléctrico E temporal en la banda GSM 850 MHz. Frecuencia descendente de 869-894MHz.						
Horarios	Puntos de medición	Tiempo de inicio (Hora)	Tiempo de finalización (Hora)	Emáximo (V/m)	Emínimo (V/m)	Límite de exposición Ocupacional contra Radiaciones no ionizantes
7:04am-7:32am	punto 1	7:04	7:10	0.892	0.1772	40.5-41.11
	punto 2	7:15	7:21	0.1072	0.07381	
	punto 3	7:26	7:32	0.6787	0.2326	
11:09am-11:36am	punto 1	11:09	11:15	0.8768	0.2575	
	punto 2	11:20	11:26	0.1298	0.08207	
	punto 3	11:30	11:36	0.786	0.2706	
7:10pm-7:38pm	punto 1	7:10	7:16	0.8235	0.2404	
	punto 2	7:21	7:27	0.1595	0.09658	
	punto 3	7:32	7:38	0.7652	0.2699	

Realizado por: Becerra, J, 2021.

Tabla 6-3: Intensidad de campo eléctrico temporal **Emáximopromedio** y **Emínimopromedio**.

Intensidad de campo eléctrico E promedio temporal en la banda GSM 850 MHz. Frecuencia descendente de 869-894MHz.				
Horarios	Puntos	Emáximo promedio (V/m)	Emínimo promedio (V/m)	Límite de exposición Ocupacional contra Radiaciones no ionizantes
7:11am-7:39am	punto 1	0.861520	0.20832	40.5-41.11
	punto 2	0.13696	0.07715	
	punto 3	0.71822	0.23616	
11:09am-11:36am	punto 1	0.98654	0.28324	
	punto 2	0.13772	0.08038	
	punto 3	0.71242	0.22948	
7:10pm-7:38pm	punto 1	0.89006	0.27524	
	punto 2	0.15690	0.08730	
	punto 3	0.54173	0.22036	

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En las Tablas 5-3, se puede ver los resultados de intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**E**_{máximo}) y mínimo temporal (**E**_{mínimo}) durante el día viernes, además del tiempo exacto en horas y minutos en las que se realizaron las mediciones en los puntos 1, 2 y 3 en los horarios de 7:11am - 7:39am, 11:09am - 11:36am y 7:10pm - 7:38pm.

En la Tabla 6-3 se puede observar los resultados de intensidad promedio máximo y promedio mínimo obtenidos de las mediciones realizadas, agrupados en base a los puntos 1, 2 y 3 en los horarios de 7:00-8:00am, 11:00-12:00pm y 7:00-8:00pm.

Para el análisis correcto en tiempos de los gráficos en el eje X, se sacó los valores promedio de cada uno de los horarios establecidos de 7:00am - 8:00am, 11 am - 12:00 y 7:00pm - 8:00pm.

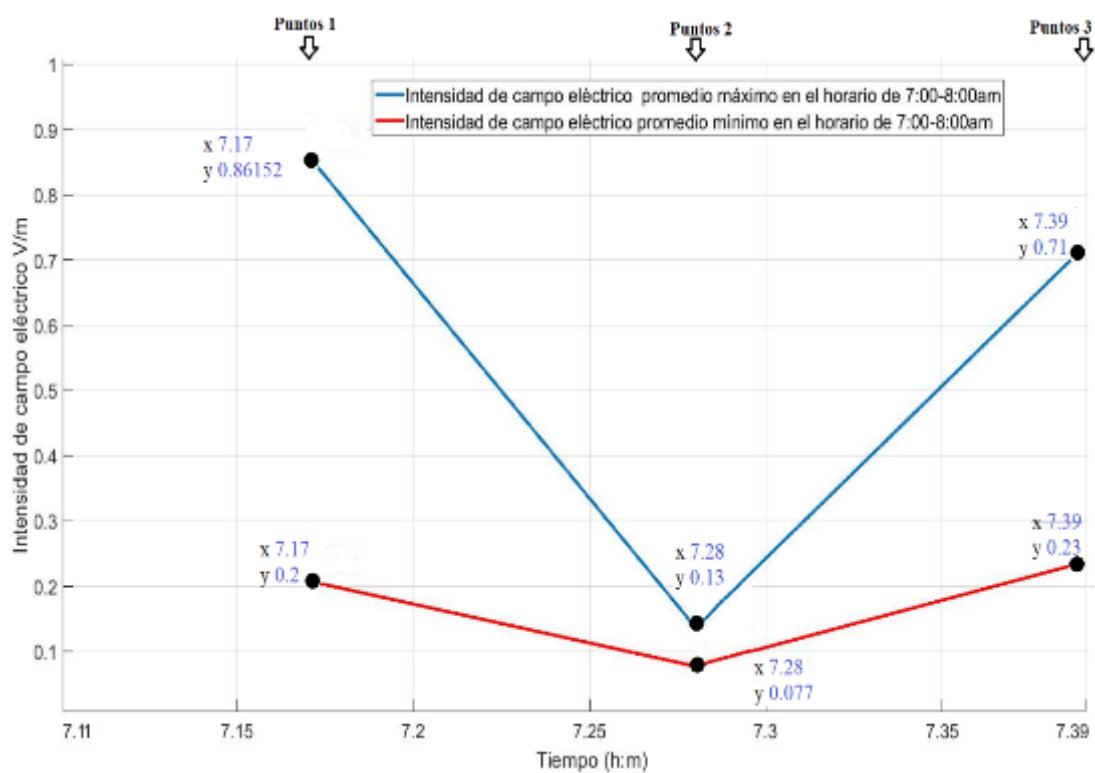


Gráfico 1-3: Resultados de intensidad de campo eléctrico temporal promedio en el horario de 7:11 am-7:39 am.

Fuente: MATLAB

Realizado por: Becerra, J, 2021.

El Gráfico 1-3 muestra los resultados y variación de intensidad de campo eléctrico temporal máximo promedio (**E**_{máximo}) y temporal mínimo promedio (**E**_{mínimo}), debido a las variaciones en el tráfico durante el horario de las 7:11am - 7:49am, en los Puntos 1, 2 y 3 seleccionados en la ruta trazada, se puede observar que la intensidad de campo eléctrico temporal máxima promedio (línea color azul) en el Punto 1 obtuvo el mayor valor con 0.86V/m en relación al Punto 2 y 3, seguido por el Punto 3 y Punto 2, indicando una menor cantidad de

tráfico de datos en el Punto 2 durante la mañana, mientras que la intensidad de campo eléctrico temporal mínima promedio (línea color azul) en el Punto 3 obtuvo el mayor valor con 0.23V/m en relación al Punto 1 y 2, seguido por el Punto 1 y Punto 2, indicando una menor cantidad de tráfico de datos en el Punto 2 durante la mañana.

Se puede observar en el eje X que la medición en el Punto 1 inicio a las 7:11am y finalizo a las 7:17am, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo en el Punto 2 y Punto 3 las mediciones duraron un aproximado de 11 minutos, de 7:11am - 7:28am en el Punto 2 y de 7:28am - 7:39am en el Punto 3, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2 y del Punto 2 al Punto 3.

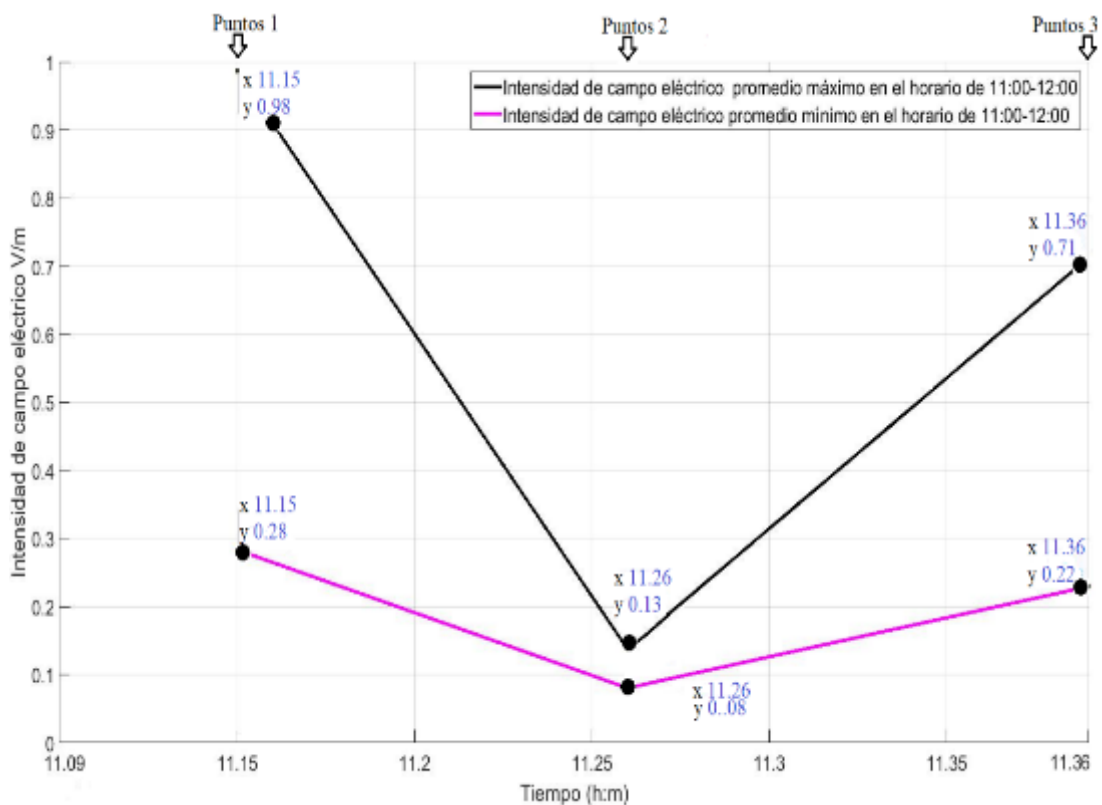


Gráfico 2-3: Resultados de intensidad de campo eléctrico temporal promedio en el horario de 11:09am-11:36am.

Fuente: MATLAB

Realizado por: Becerra, J, 2021.

El Gráfico 2-3 muestra los resultados y variación de intensidad de campo eléctrico temporal máximo promedio ($E_{\text{máximo}}$) y temporal mínimo promedio ($E_{\text{mínimo}}$), debido a las variaciones en el tráfico durante el horario de las 11:09am - 11:36am, en los Puntos 1, 2 y 3 seleccionados en la ruta trazada, se puede observar que la intensidad de campo eléctrico temporal máxima promedio (línea color negro) en el Punto 1 obtuvo el mayor valor con 0.98V/m

en relación al Punto 2 y 3, seguido por el Punto 3 y Punto 2, indicando una menor cantidad de tráfico de datos en el Punto 2 el medio día. La intensidad de campo eléctrico temporal mínima promedio (línea color morado) en el Punto 1 obtuvo el mayor valor con 0.28V/m en relación al Punto 2 y 3, seguido por el Punto 3 y Punto 2, indicando una menor cantidad de tráfico de datos en el Punto 2 durante el medio día.

Se puede observar en el eje X que la medición en el Punto 1 inicio a las 11:09am y finalizo a las 11:15am, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo, en el Punto 2 la medición duro un aproximado de 11 minutos, de 11:15am - 11:26am, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2. La medición en el Punto 3 tuvo una duración aproximada de 10 minutos, de 11:26am - 11:36am, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 4 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 2 al Punto 3.

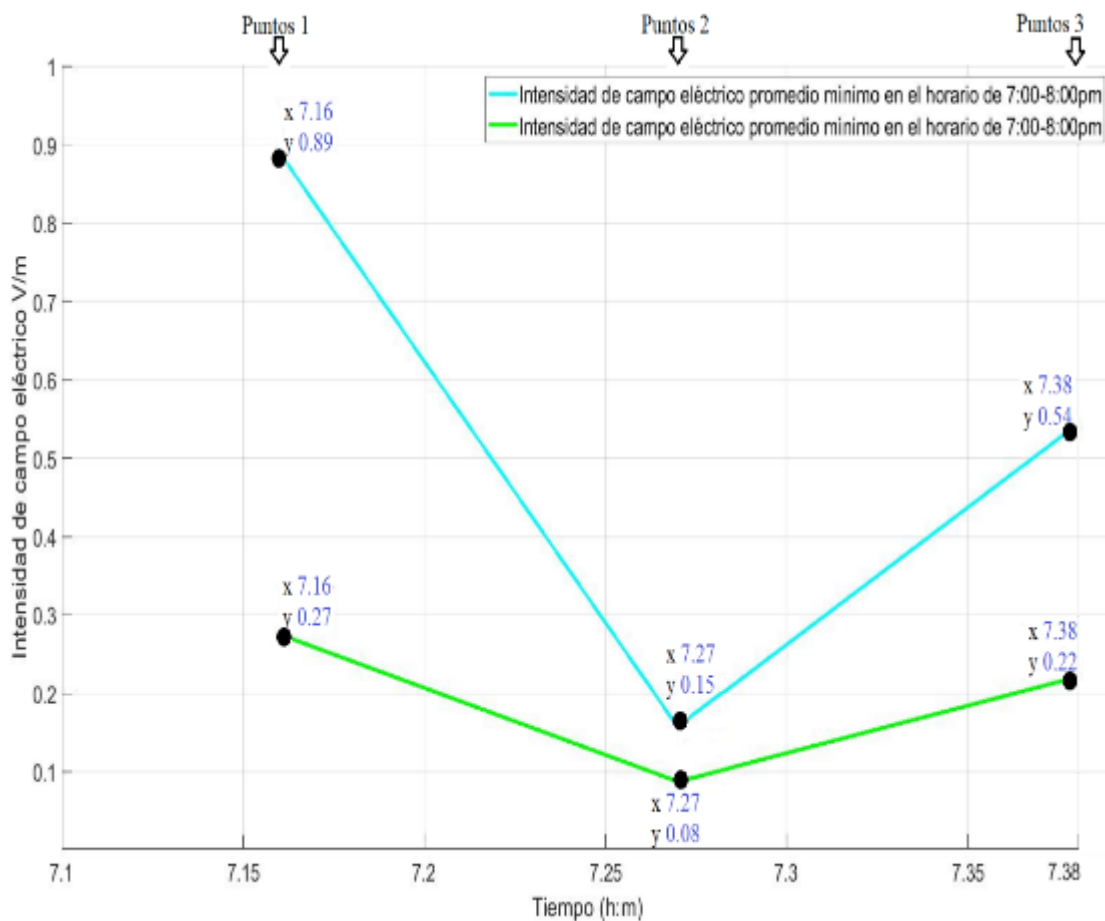


Gráfico 3-3: Resultados de intensidad de campo eléctrico temporal promedio en el horario de 7:10pm-7:38pm.

Fuente: MATLAB

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En el Gráfico 3-3 se muestra los resultados y variación de intensidad de campo eléctrico temporal máximo promedio ($E_{\text{máximo}}$) y temporal mínimo promedio ($E_{\text{mínimo}}$), debido a las variaciones en el tráfico durante el horario de las 7:10pm - 7:38pm, en los Puntos 1, 2 y 3 seleccionados en la ruta trazada, se puede observar que la intensidad de campo eléctrico temporal máxima promedio (línea color celeste) en el Punto 1 obtuvo el mayor valor con 0.89V/m en relación al Punto 2 y 3, seguido por el Punto 3 y Punto 2, indicando una menor cantidad de tráfico de datos en el Punto 2 durante la noche. La intensidad de campo eléctrico temporal mínima promedio (línea color verde) en el Punto 1 obtuvo el mayor valor con 0.27V/m en relación al Punto 2 y 3, seguido por el Punto 3 y Punto 2, indicando una menor cantidad de tráfico de datos en el Punto 2 durante la noche

Se puede observar en el eje X que la medición en el Punto 1 inicio a las 7:10pm y finalizo a las 7:16pm, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo en el Punto 2 y Punto 3 las mediciones duraron un aproximado de 11 minutos, de 7:16pm - 7:27pm en el Punto 2 y de 7:27pm - 7:38pm en el Punto 3, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2 y del Punto 2 al Punto 3.

3.2 Resultados de intensidad de campo eléctrico de desplazamiento obtenidos con el equipo EME Spy-200.

El equipo EME Spy-200 se sujetó al hombro de una persona, a una altura de 150cm, mismo que procedió a movilizarse haciendo uso de una bicicleta, desplazándose a una velocidad aproximada de 5km/h cubriendo la ruta de inicio a fin en un aproximado de 30 minutos, se realizó mediciones de intensidad de campo eléctrico de desplazamiento cada 2s. durante 5 días consecutivos de lunes a viernes, al acercarse al Punto 0, Punto1, Punto 2, Punto 3 y Punto 4 se colocaron marcadores (Punto 0, 1, 2, 3 y 4) para poder tomar ese valor de referencia para el posterior análisis de intensidades de campo eléctrico. Los resultados se muestran a continuación:

En las Tablas 7-3, 8-3, 9-3, 10-3 y 11-3 se pueden ver los valores obtenidos durante los días lunes, martes, miércoles, jueves y viernes de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, además de la hora exacta en la que colocaron los marcadores en los puntos 0, 1, 2, 3 y 4, sin embargo se trabajara solo con los puntos 1, 2 y 3 debido a que el punto 0 indica el primer valor de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento con el que se inició la ruta, mientras que el punto 4 indica el ultimo valor de intensidad de campo eléctrico

instantáneo de desplazamiento con el que finalizo la ruta de 7:00-8:00am, 11:00-12:00pm y 7:00-8:00pm.

Tabla 7-3: LUNES, mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico **E** instantáneo.

Intensidad de campo eléctrico E de desplazamiento en la banda GSM 850 MHz. Frecuencia descendente de 869-894MHz.				
Horarios	Puntos de medición	Tiempo instantáneo en el dosímetro (Hora)	E instantáneo (V/m)	Límite de exposición Ocupacional contra Radiaciones no ionizantes
7:15am-7:46am	Punto 0	7:15	0.166	40.5-41.11
	Punto 1	7:21	0,058	
	Punto 2	7:32	0.371	
	Punto 3	7:43	0,471	
	Punto 4	7:46	0.196	
11:10am-11:41am	Punto 0	11:10	0.224	
	Punto 1	11:16	0,179	
	Punto 2	11:27	0,052	
	Punto 3	11:37	0,41	
	Punto 4	11:41	0.052	
7:11pm-8:42pm	Punto 0	7:11	0.00031	
	Punto 1	7:17	0.00037	
	Punto 2	7:28	0.000049	
	Punto 3	7:39	0,002	
	Punto 4	7:42	0.000013	

Realizado por: Becerra, J, 2021.

El Gráfico 4-3, muestra las variaciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, obtenidas del día lunes en los horarios de 7:15am – 7:46am, donde se puede observar los 5 puntos de la ruta con sus respectivos valores.

El Gráfico 5-3, muestra las variaciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, obtenidas del día lunes en los horarios de 11:10am – 11:41am, donde se puede observar los 5 puntos de la ruta con sus respectivos valores.

El Gráfico 6-3, muestra las variaciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, obtenidas del día lunes en los horarios de 7:11pm – 7:42pm, donde se puede observar los 5 puntos de la ruta con sus respectivos valores.

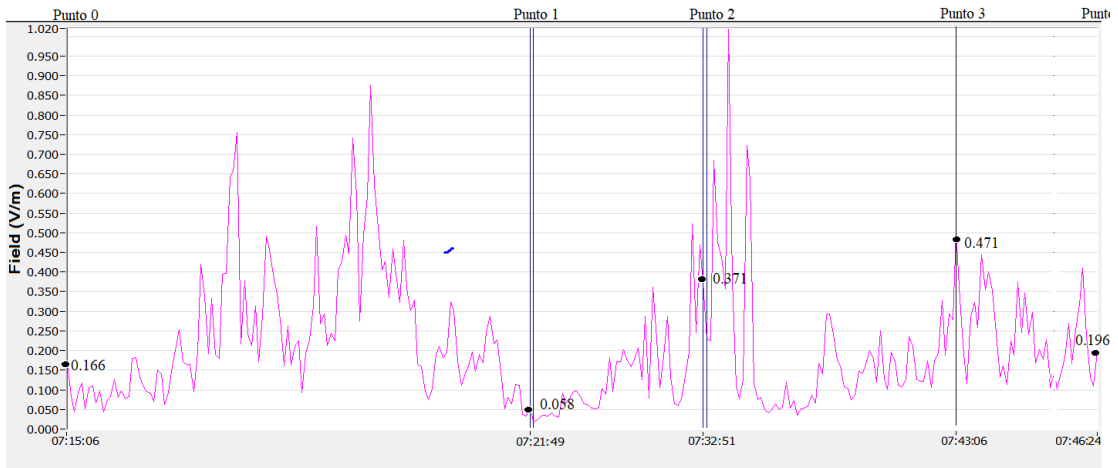


Gráfico 4-3: RNI de desplazamiento durante el día lunes en el horario de 7:15am – 7:46am.

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

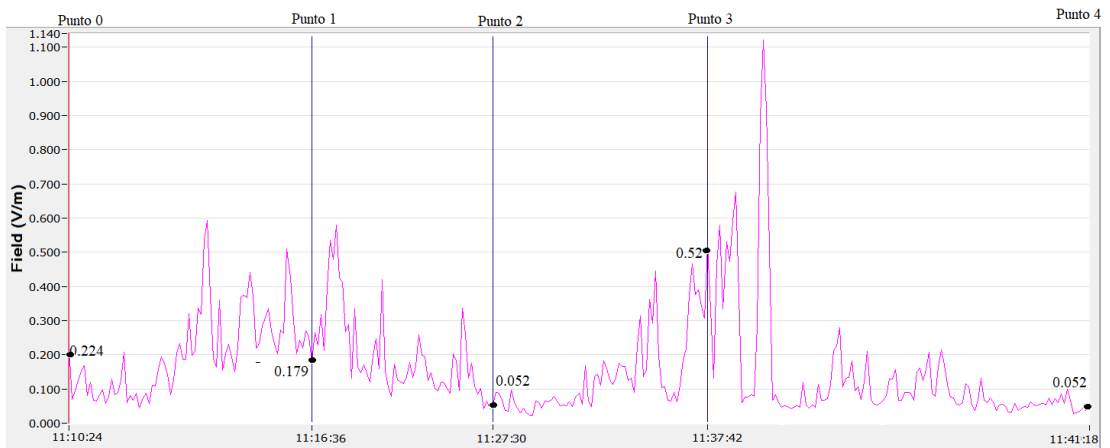


Gráfico 5-3: RNI de desplazamiento durante el día lunes en el horario de 11:10am – 11:41am

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

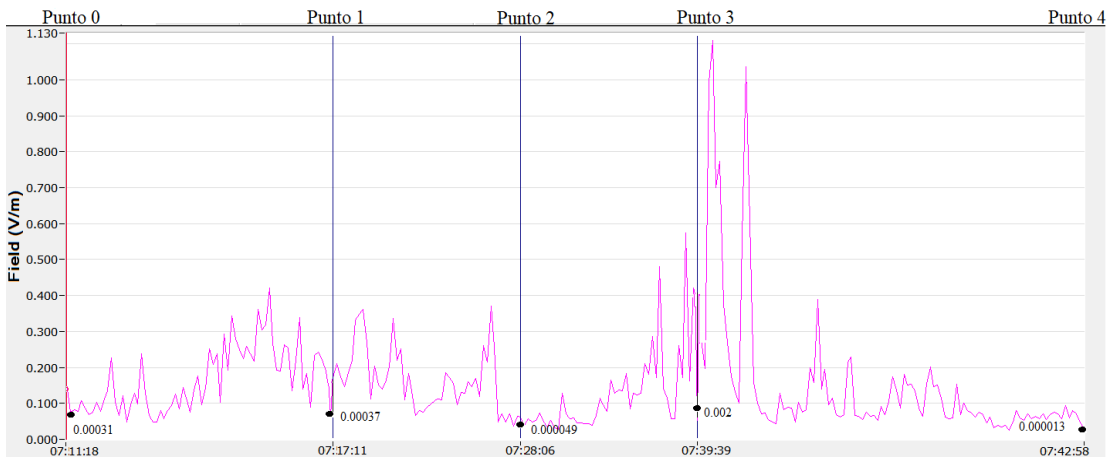


Gráfico 6-3: RNI de desplazamiento durante el día lunes en el horario de 7:11pm – 7:42pm

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

Tabla 8-3: MARTES, mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico E instantáneo.

Intensidad de campo eléctrico E de desplazamiento en la banda GSM 850 MHz. Frecuencia descendente de 869-894MHz.				
Horarios	Puntos de medición	Tiempo instantáneo en el dosímetro (Hora)	E instantáneo (V/m)	Límite de exposición Ocupacional contra Radiaciones no ionizantes
7:10am-7:41am	Punto 0	7:10	0.051	40.5-41.11
	Punto 1	7:16	0,00026	
	Punto 2	7:27	0.00001	
	Punto 3	7:37	0,00095	
	Punto 4	7:41	0.000024	
11:11am-11:43am	Punto 0	11:11	0.074	
	Punto 1	11:17	0,17	
	Punto 2	11:27	0,04	
	Punto 3	11:38	0,416	
	Punto 4	11:43	0.037	
7:12pm-7:44pm	Punto 0	7:12	0.118	
	Punto 1	7:18	0.132	
	Punto 2	7:29	0.035	
	Punto 3	7:40	0.452	
	Punto 4	7:44	0.047	

Realizado por: Becerra, J, 2021.

Los Gráficos 7-3, 8-3 y 9-3 muestra las variaciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, obtenidas del día martes en los horarios de 7:10am – 7:39am, 11:11am – 11:43am y 7:12 pm – 7:44 pm, donde se puede observar los 5 puntos de la ruta con sus respectivos valores.

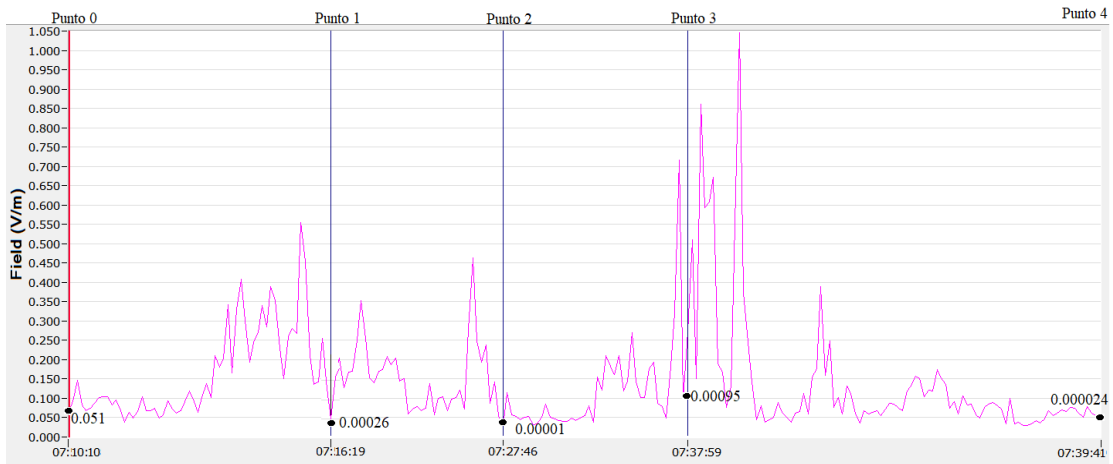


Gráfico 7-3: RNI de desplazamiento durante el día martes en el horario de 7:10am – 7:39am

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

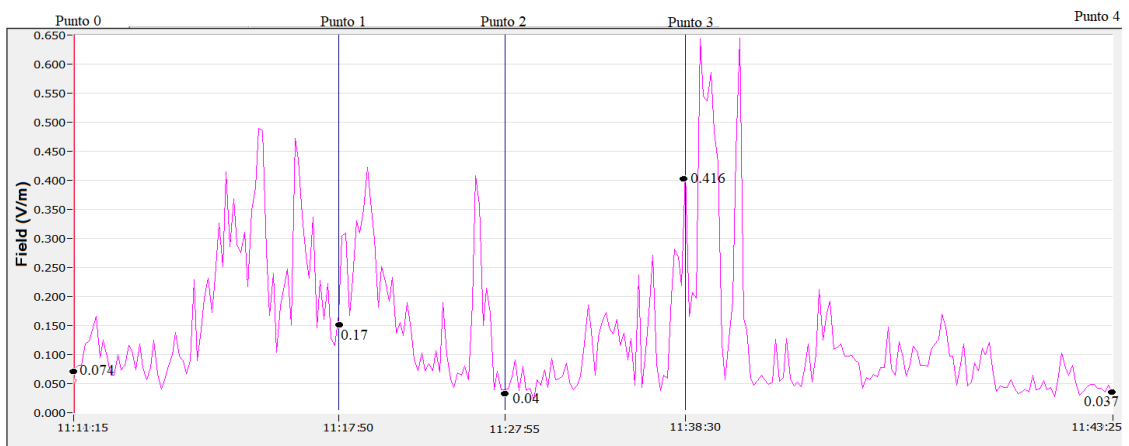


Gráfico 8-3: RNI de desplazamiento durante el día martes en el horario de 11:11am – 11:43am

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

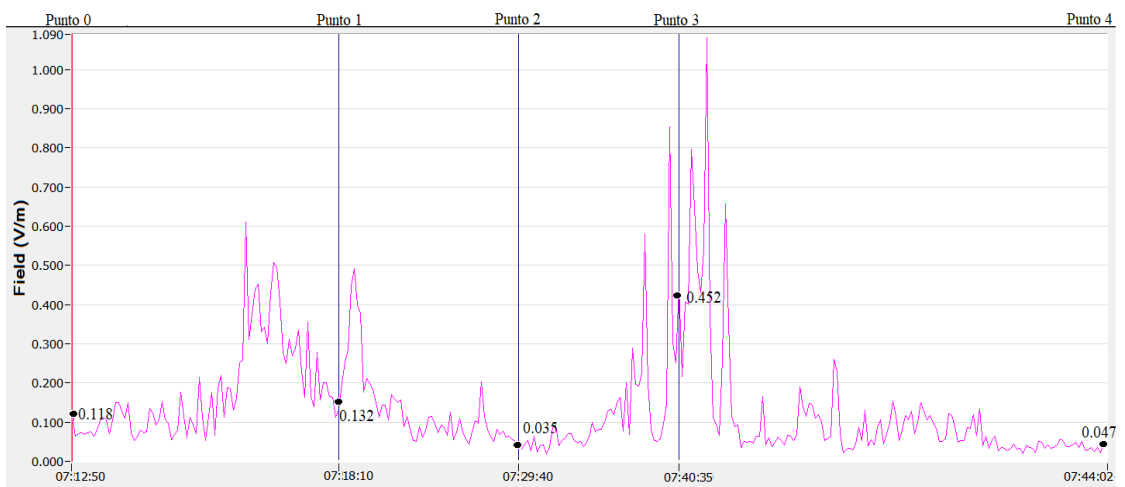


Gráfico 9-3: RNI de desplazamiento durante el día martes en el horario de 7:12pm – 7:44pm

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

Tabla 9-3: MIÉRCOLES, mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico **E** instantáneo.

Intensidad de campo eléctrico E de desplazamiento en la banda GSM 850 MHz. Frecuencia descendente de 869-894MHz.				
Horarios	Puntos de medición	Tiempo instantáneo en el dosímetro (Hora)	E instantáneo (V/m)	Límite de exposición Ocupacional contra Radiaciones no ionizantes
7:14am-7:46am	Punto 0	7:14	0.058	40.5-41.11
	Punto 1	7:20	0,114	
	Punto 2	7:32	0,055	
	Punto 3	7:42	0,464	
	Punto 4	7:46	0.045	
11:09am-11:40am	Punto 0	11:09	0.068	
	Punto 1	11:16	0,14	
	Punto 2	11:26	0,038	
	Punto 3	11:35	0,198	
	Punto 4	11:40	0.119	
7:12pm-7:19pm	Punto 0	7:12	0.114	
	Punto 1	7:19	0,138	
	Punto 2	7:30	0,028	
	Punto 3	7:39	0,605	
	Punto 4	7:42	0.042	

Realizado por: Becerra, J, 2021.

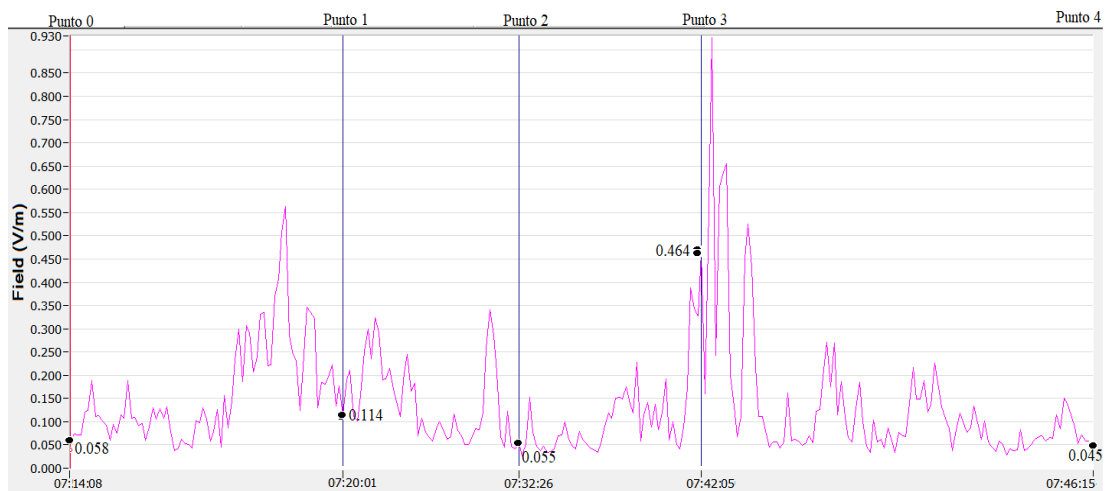


Gráfico 10-3: RNI de desplazamiento durante el día miércoles en el horario de 7:14am-7:46am

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

El Gráfico 10-3, muestra las variaciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, obtenidas del día miércoles en el horario de 7:14am – 7:46am, donde se puede observar los 5 puntos de la ruta con sus respectivos valores.

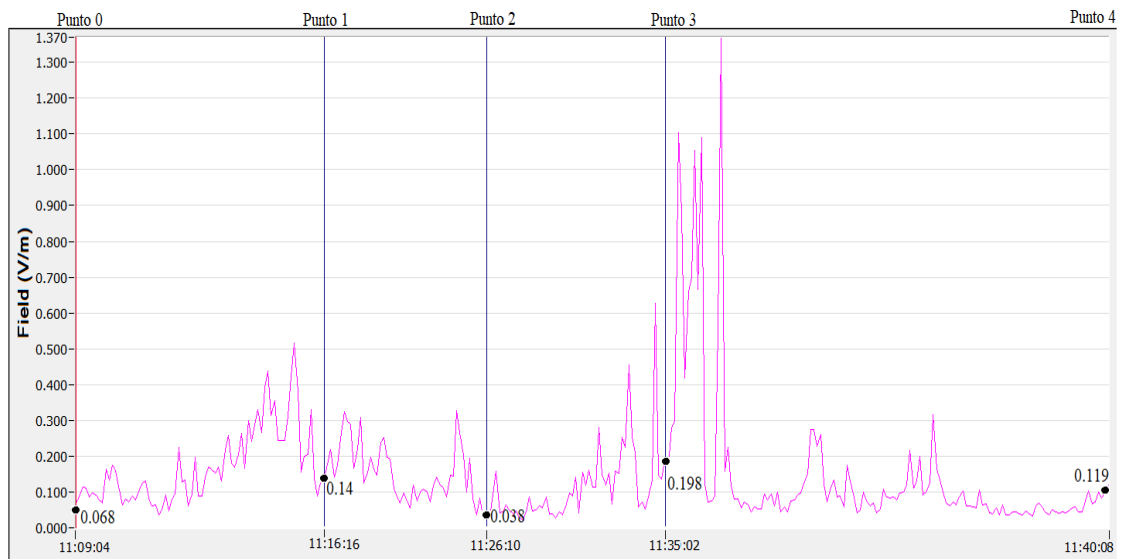


Gráfico 11-3: RNI de desplazamiento durante el día miércoles en el horario de 11:09am – 11:40am

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

El Gráfico, 11-3 muestra las variaciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, obtenidas del día miércoles en el horario de 11:09am – 11:40am, donde se puede observar los 5 puntos de la ruta con sus respectivos valores.

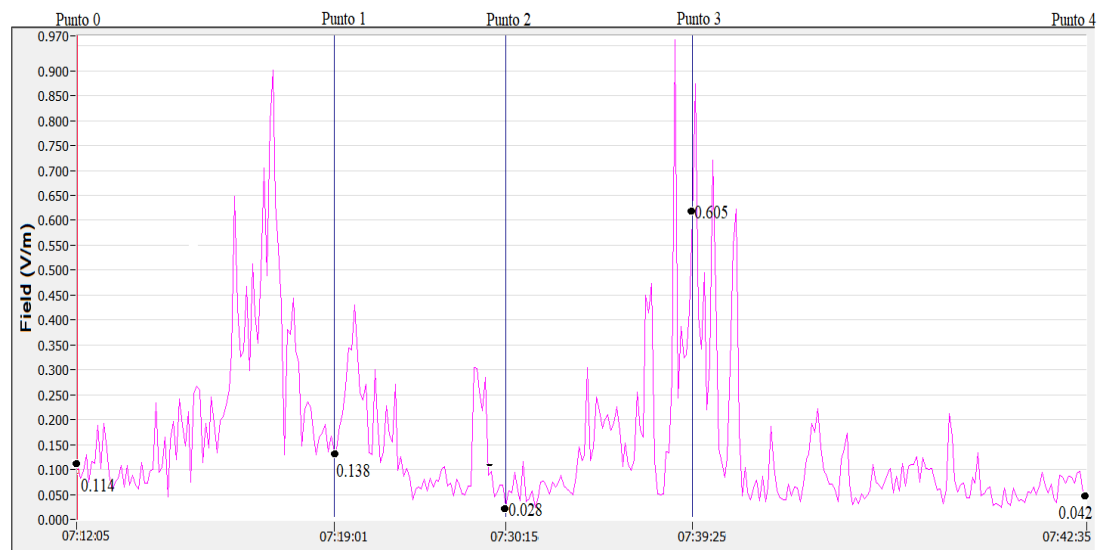


Gráfico 12-3: RNI de desplazamiento durante el día miércoles en el horario de 7:12pm-7:42pm

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2021.

El Gráfico 12-3 muestra las variaciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, obtenidas del día miércoles en el horario de 7:12pm – 7:42pm, donde se puede observar los 5 puntos de la ruta con sus respectivos valores.

Tabla 10-3: JUEVES, mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico **E** instantáneo.

Intensidad de campo eléctrico E de desplazamiento en la banda GSM 850 MHz. Frecuencia descendente de 869-894MHz.				
Horarios	Puntos de medición	Tiempo instantáneo en el dosímetro (Hora)	E instantáneo (V/m)	Límite de exposición Ocupacional contra Radiaciones no ionizantes
7:20am-8:52am	Punto 0	7:20	0.122	40.5-41.11
	Punto 1	7:26	0.154	
	Punto 2	7:37	0.060	
	Punto 3	7:48	0.396	
	Punto 4	7:52	0.167	
11:08am-11:41am	Punto 0	11:08	0.049	
	Punto 1	11:15	0.099	
	Punto 2	11:26	0.030	
	Punto 3	11:38	0.256	
	Punto 4	11:41	0.039	
7:09pm-7:39pm	Punto 0	7:09	0.156	
	Punto 1	7:14	0.130	
	Punto 2	7:21	0.040	
	Punto 3	7:33	0.178	
	Punto 4	7:39	0.071	

Realizado por: Becerra, J, 2020.

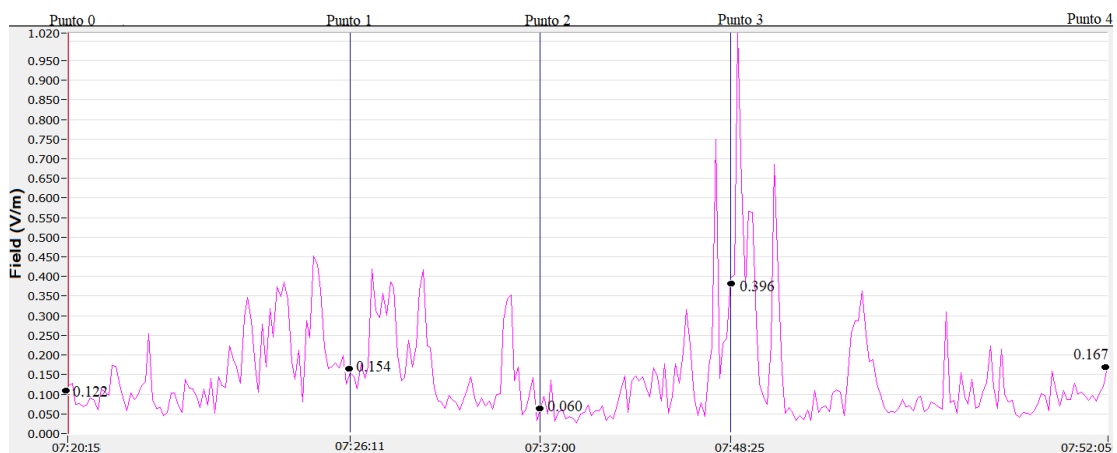


Gráfico 13-3: RNI de desplazamiento durante el día jueves en el horario de 7:20am – 7:52am
Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

El Gráfico 13-3 muestra las variaciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, obtenidas del día jueves en el horario de 7:20am – 7:52am, donde se puede observar los 5 puntos de la ruta con sus respectivos valores

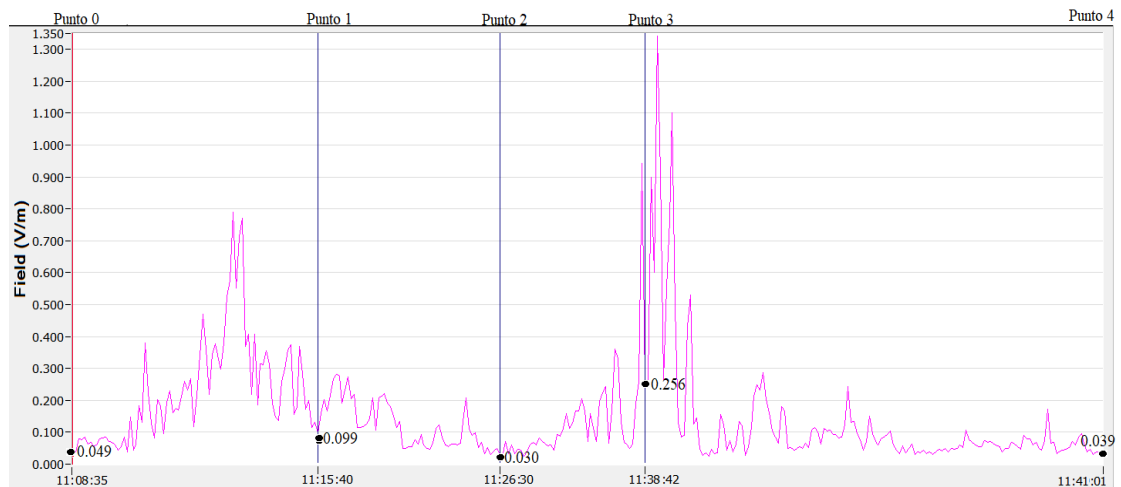


Gráfico 14-3: RNI de desplazamiento durante el día jueves en el horario de 11:08am–11:41am

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

El Gráfico 14-3 muestra las variaciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, obtenidas del día jueves en el horario de 11:08am – 11:41am, donde se puede observar los 5 puntos de la ruta con sus respectivos valores

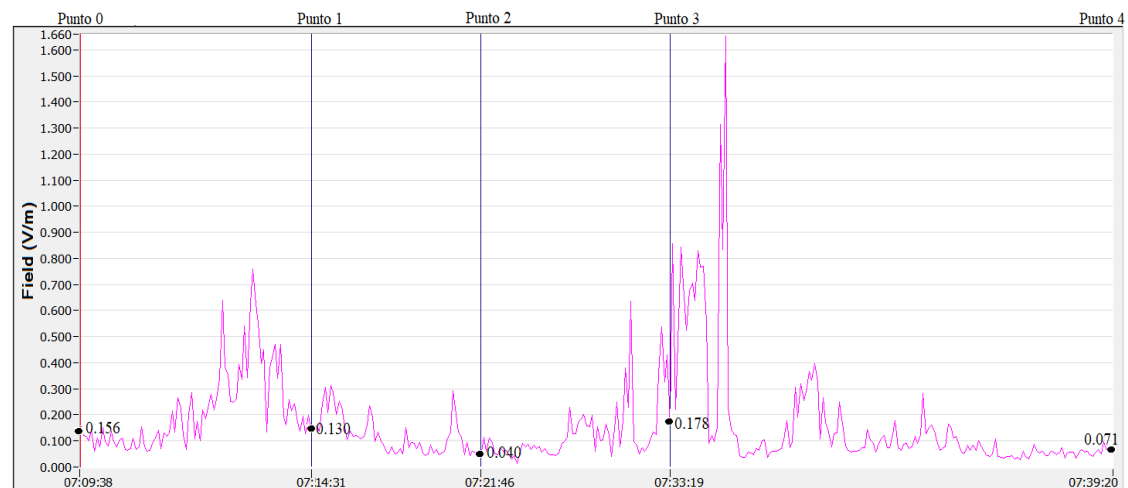


Gráfico 15-3: RNI de desplazamiento durante el día jueves en el horario de 7:09pm–7:39pm

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

El Gráfico 15-3 muestra las variaciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, obtenidas del día jueves en el horario de 7:09pm – 7:39pm, donde se puede observar los 5 puntos de la ruta con sus respectivos valores.

Tabla 11-3: VIERNES, mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico **E** instantáneo.

Intensidad de campo eléctrico E de desplazamiento en la banda GSM 850 MHz. Frecuencia descendente de 869-894MHz.				
Horarios	Puntos de medición	Tiempo instantáneo en el dosímetro (Hora)	E instantáneo (V/m)	Límite de exposición Ocupacional contra Radiaciones no ionizantes
7:05am-7:37am	Punto 0	7:05	0.056	40.5-41.11
	Punto 1	7:11	0,086	
	Punto 2	7:22	0,029	
	Punto 3	7:33	0,161	
	Punto 4	7:37	0.042	
11:10am-11:40am	Punto 0	11:10	0.042	
	Punto 1	11:18	0,214	
	Punto 2	11:29	0,041	
	Punto 3	11:37	0,18	
	Punto 4	11:40	0.045	
7:13pm-7:43pm	Punto 0	7:13	0.166	
	Punto 1	7:19	0,141	
	Punto 2	7:29	0,03	
	Punto 3	7:39	0,368	
	Punto 4	7:43	0.045	

Realizado por: Becerra, J, 2021.

El Gráfico 16-3 muestra las variaciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, obtenidas del día viernes en el horario de 7:05am – 7:37am, donde se puede observar los 5 puntos de la ruta con sus respectivos valores.

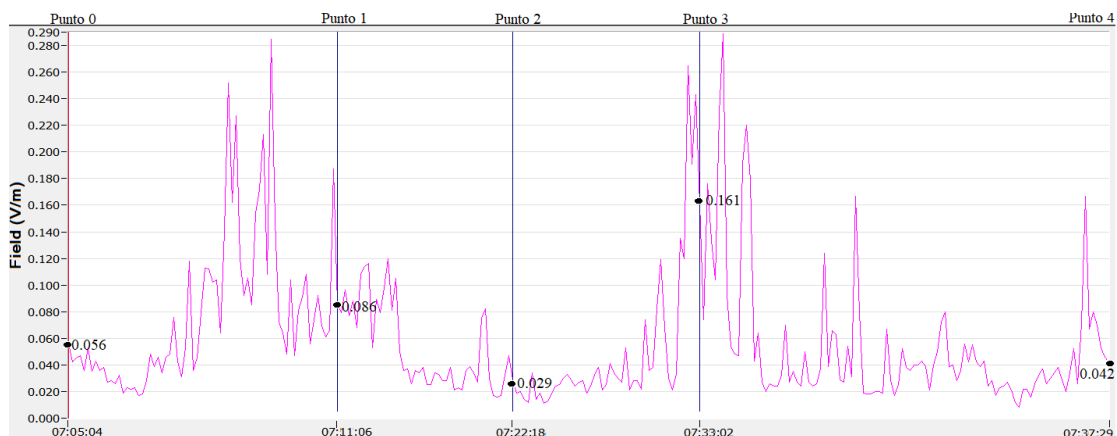


Gráfico 16-3:

Fuente: Software EME Spy Analysis RNI de desplazamiento durante el día viernes en el horario de 7:07am–7:37am

Realizado por: Becerra, J, 2020.

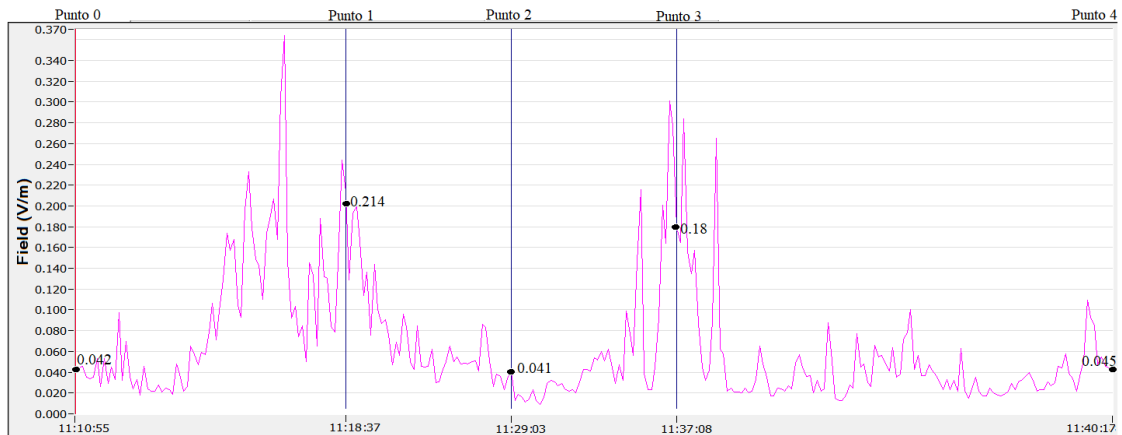


Gráfico 17-3: RNI de desplazamiento durante el día viernes en el horario de 11:10am-11:40am

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

El Gráfico 17-3 muestra las variaciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, obtenidas del día viernes en el horario de 11:10am – 11:40am, donde se puede observar los 5 puntos de la ruta con sus respectivos valores.

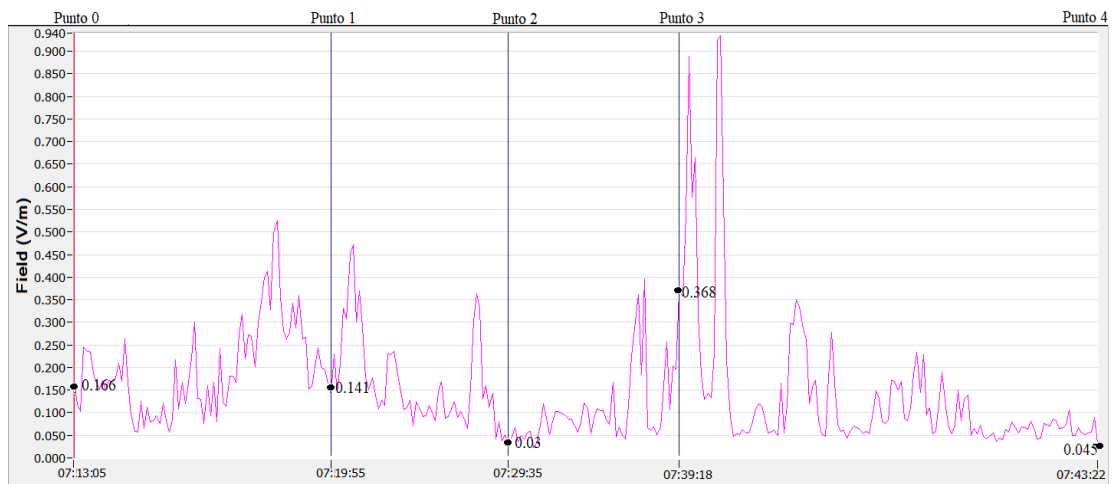


Gráfico 18-3: RNI de desplazamiento durante el día viernes en el horario de 7:13pm-7:43pm

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

El Gráfico 18-3 muestra las variaciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, obtenidas del día viernes en el horario de 7:13pm – 7:43pm, donde se puede observar los 5 puntos de la ruta con sus respectivos valores.

Considerando que se recorrió la misma ruta a una velocidad aproximada de 5K/h en el interior de la ESPOCH ubicada en la ciudad de Riobamba durante 5 días seguidos de lunes a viernes, dentro de los mismos intervalos de tiempo, los resultados obtenidos de RNI en la banda GSM-850 MHz son similares entre sí en sus respectivos horarios 7:00-8:00am, 11:00-12:00 y 7:00-

8:00pm, por esta razón se ha seleccionado las imágenes de intensidad de campo eléctrico de desplazamiento del día martes en los tres horarios establecidos, para su análisis se hizo uso del software EME Spy análisis. No se ha tomado en cuenta para el análisis el Punto 0 y 4 debido a que estos indican el primer valor con el que inició la ruta y el ultimo valor con el que finalizó.

Al recorrer la ruta con el dosímetro EME Spy-200 se colocaron marcadores con el nombre de Punto1, Punto 2 y Punto 3 en los lugares donde se hizo las mediciones de RNI con el equipo NARDA SRM-3006 y de esta forma poder realizar la evaluación de los campos electromagnéticos temporales y de desplazamiento con los valores obtenidos de cada uno.

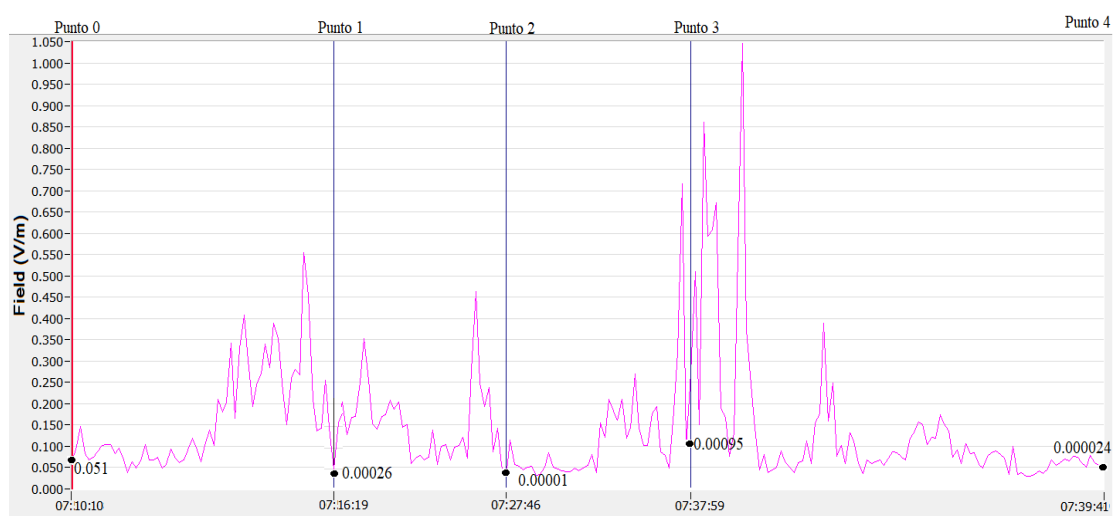


Gráfico 19-3: RNI de desplazamiento durante el día martes en el horario de 7:10am – 7:39am

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

El Gráfico 19-3 muestra las variaciones de intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento, debido a las variaciones en el tráfico, obtenidas del día martes en el horario de 7:10 am – 7:39am, donde se puede observar las 4 etapas de la ruta separadas por sus respectivos marcadores (Punto 0, 1, 2, 3 y 4), además de los valores de **E** y el tiempo instantáneo en el dosímetro (h:min:s). En el Punto 3 la intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento es más alta en relación al Punto 1 y 2, lo cual indica una mayor cantidad de tráfico y presencia de usuarios alrededor de ese punto. En la proximidad a los marcadores la **E** aumenta, esto se debe a la presencia de una mayor cantidad de usuarios conectados a la banda de GSM-850MHz. Se puede observar en el eje X que las mediciones iniciaron a las 7:10am en el Punto 0 y finalizo a las 7:39am en el Punto 4, se colocaron marcadores de forma manual al aproximarse a los puntos de interés para su posterior análisis, el segundo marcador se colocó (Punto 1) 6 minutos después del haberse iniciado las mediciones, sin embargo, en el tercer marcador (Punto 2) se asignó 11 minutos después, mientras que el cuarto marcador (Punto 3) se

asignó 10 minutos después, el último marcador (Punto 4) se asignó 2 minutos después, obteniéndose una mayor cantidad de datos entre el Punto 3 y Punto 4. Se debe tomar en consideración las distancias que se recorrieron y la velocidad a la que se desplazó el equipo.

En el Gráfico 20-3 se visualiza el valor de la **E** instantáneo máximo de 1.046V/m obtenido con el dosímetro EME Spy-200 el día martes en el horario de 7:10am – 7:39am en la banda de GSM-850 MHz. El SAMPLE 157 (muestra 157) indica el número de la muestra donde se encuentra la **E** instantáneo de desplazamiento máximo en la hoja de cálculo de Microsoft Excel generada por el software de EME Spy- Analisis.

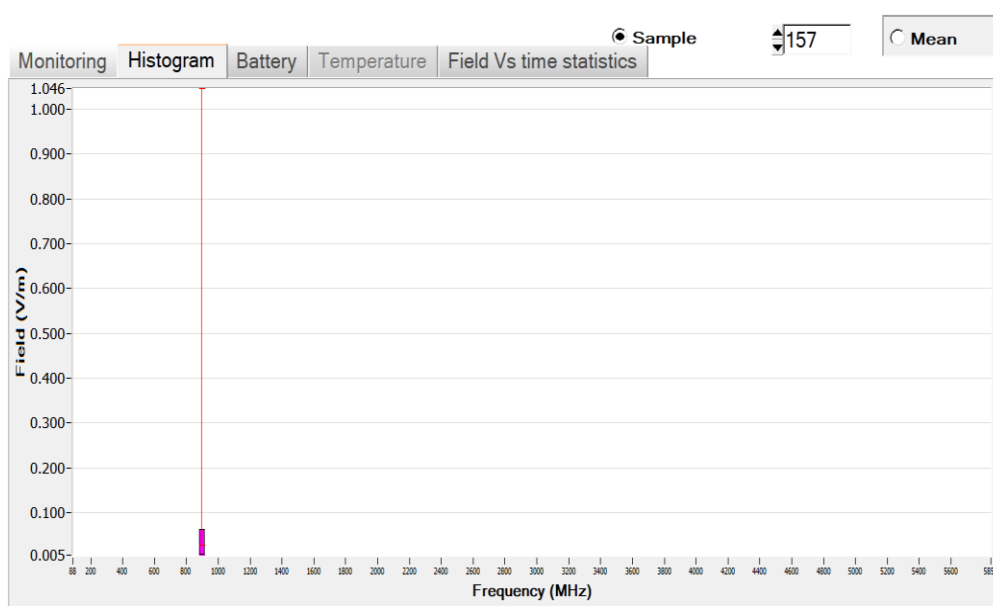


Gráfico 20-3: Intensidad de campo eléctrico instantáneo máximo en el horario de 7:10am – 7:39am.

Fuente: Software EME Spy Analisis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

Tabla 12-3: Comparación del valor máximo alcanzado y el porcentaje límite establecido por el ICNIRP en el horario de 7:10am – 7:39am.

Normativa Poblacional		
Horario	Valor máximo alcanzado V/m	Porcentaje con respecto a límites del ICNIRP V/m
7:00am-8:00am	1.046	40.5-41.11

Realizado por: Becerra, J, 2020.

El Gráfico 21-3 muestra que los valores de **E** instantáneo de desplazamiento obtenidos en las mediciones de RNI en base a la normativa poblacional están por debajo del porcentaje

establecido por el ICNIRP en la banda de frecuencia de GSM 850MHz en el horario de 7:10am-7:39am

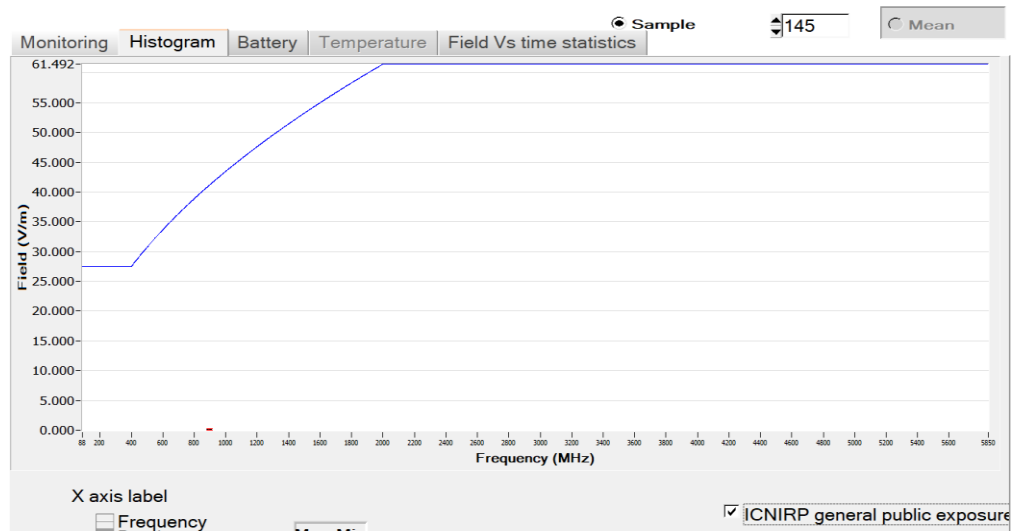


Gráfico 21-3: Porcentaje con respecto a los límites del ICNIRP en el horario de 7:10am - 7:39am.

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

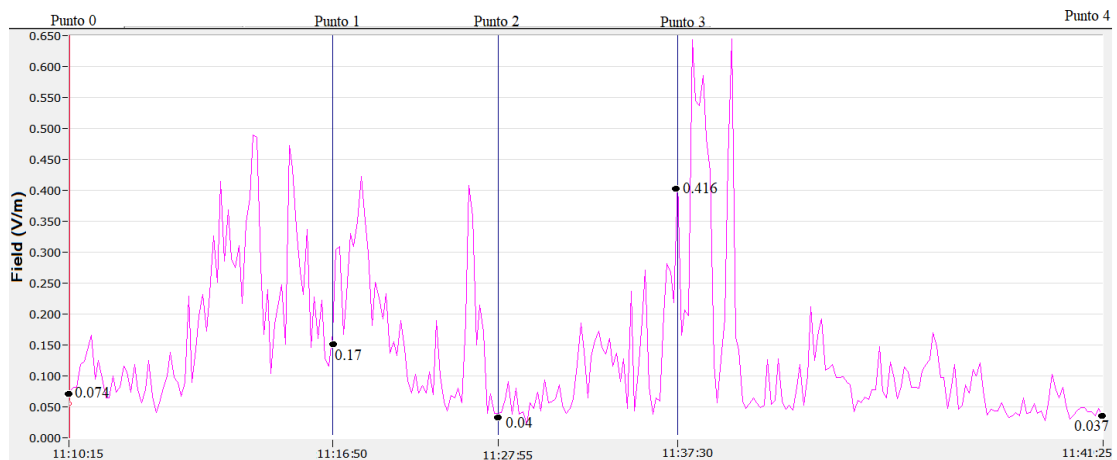


Gráfico 22-3: RNI de desplazamiento durante el día martes en el horario de 11:10am – 11:41.

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

El Gráfico 22-3 muestra las variaciones de intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento obtenidas del día martes en el horario de 11:00am – 12:00, donde se puede observar las 4 etapas de la ruta separadas por sus respectivos marcadores (Punto 0, 1, 2, 3 y 4), además de los valores de **E** y el tiempo instantáneo en el dosímetro (h:min:s). En el Punto 3 la intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento es más alta en relación al Punto 1 y 2, lo cual indica una mayor cantidad de tráfico y presencia de usuarios alrededor de ese punto.

Se puede observar en el eje X que las mediciones iniciaron a las 11:10am en el Punto 0 y finalizo a las 11:41am en el Punto 4, se colocaron marcadores de forma manual al aproximarse a los puntos de interés para su posterior análisis, el segundo marcador se colocó (Punto 1) 7 minutos después del haberse iniciado las mediciones, sin embargo, en el tercer marcador (Punto 2) se asignó 11 minutos después, mientras que el cuarto marcador (Punto 3) se asignó 10 minutos después, el ultimo marcador (Punto 4) se asignó 4 minutos después, obteniéndose una mayor cantidad de datos entre el Punto 3 y Punto 4.

Se debe tomar en consideración las distancias que se recorrieron y la velocidad a la que se desplazó el equipo.

En el Gráfico 23-3 se visualiza el valor de intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento máximo de 1.046V/m obtenido con el dosímetro EME Spy-200 el día martes en el horario de 11:10am – 11:41 am en la banda de GSM-850 MHz. El SAMPLE 185 (muestra 185) indica el número de muestra donde se encuentra **E** instantáneo de desplazamiento máximo en la hoja de cálculo de Microsoft Excel generada por el software de EME Spy- Analisis.

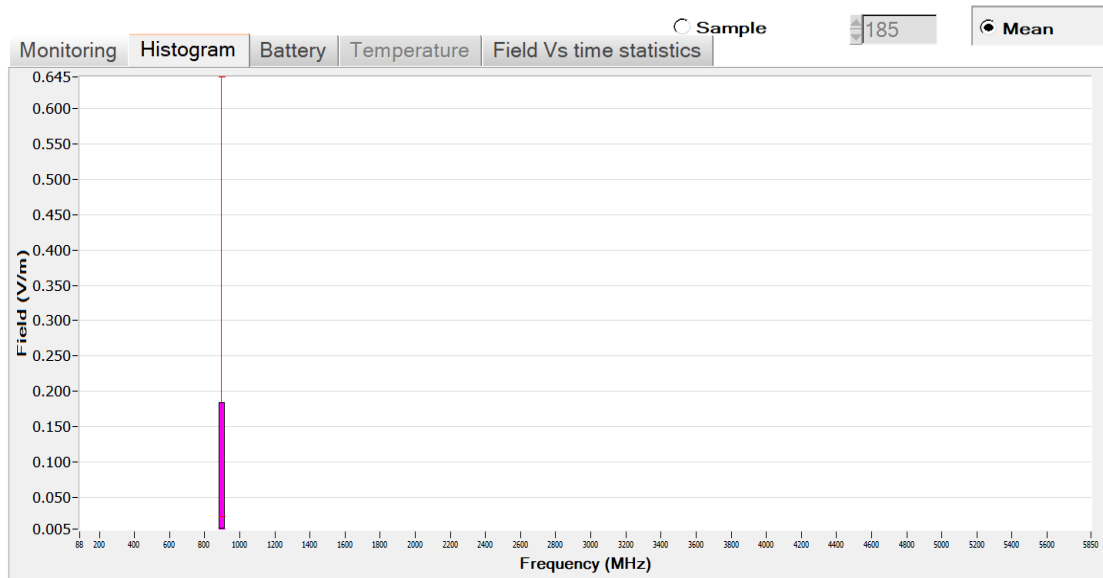


Gráfico 23-3: Intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo máximo en el horario de 11:10am-11:41am.

Fuente: Software EME Spy Analisis.

Realizado por: Becerra, J, 2020.

El Gráfico 24-3 muestra que los valores de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento obtenidos en las mediciones de RNI en base a la normativa poblacional están por debajo con respecto al porcentaje establecido por el ICNIRP en la banda de frecuencia de GSM 850MHz en el horario de 11:10am-11: 41am.

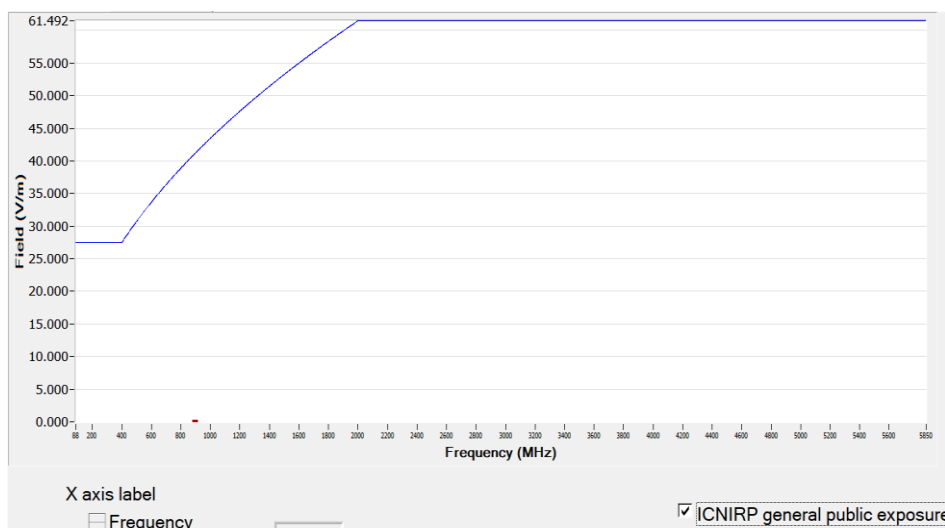


Gráfico 24-3: Porcentaje con respecto a los límites del ICNIRP en el horario de 11:10am - 11:41am.

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

Tabla 13-3: Comparación del valor máximo alcanzado y el porcentaje límite establecido por el ICNIRP en el horario de 11:10 am – 11:41 am.

Normativa Poblacional		
Horario	Valor máximo alcanzado V/m	Porcentaje con respecto a límites del ICNIRP V/m
11:00am-12:00	0.645	40.5-41.11

Realizado por: Becerra, J, 2020.

El Gráfico 25-3 muestra las variaciones de intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento, debido a las variaciones en el tráfico, obtenidas del día martes en el horario de 7:00pm – 8:00pm, donde se puede observar las 4 etapas de la ruta separadas por sus respectivos marcadores (Punto 0, 1, 2, 3 y 4), además de los valores de **E** y el tiempo instantáneo en el dosímetro (h:min:s), en el Punto 3 la intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento es más alta en relación al Punto 1 y 2, lo cual indica una mayor cantidad de tráfico y presencia de usuarios alrededor de ese punto. Se puede observar en el eje X que las mediciones iniciaron a las 7:11pm en el Punto 0 y finalizó a las 7:42pm en el Punto 4, se colocaron marcadores de forma manual al aproximarse a los puntos de interés para su posterior análisis, el segundo marcador se colocó (Punto 1) 5 minutos después del haberse iniciado las mediciones, sin embargo, en el tercer marcador (Punto 2) se asignó 11 minutos después, mientras que el cuarto marcador (Punto 3) se asignó 11 minutos después, el ultimo marcador (Punto 4) se asignó 3 minutos después, obteniéndose una mayor cantidad de datos entre el Punto 3 y Punto 4. Se debe tomar en consideración las distancias que se recorrieron y la velocidad a la que se desplazó el equipo.

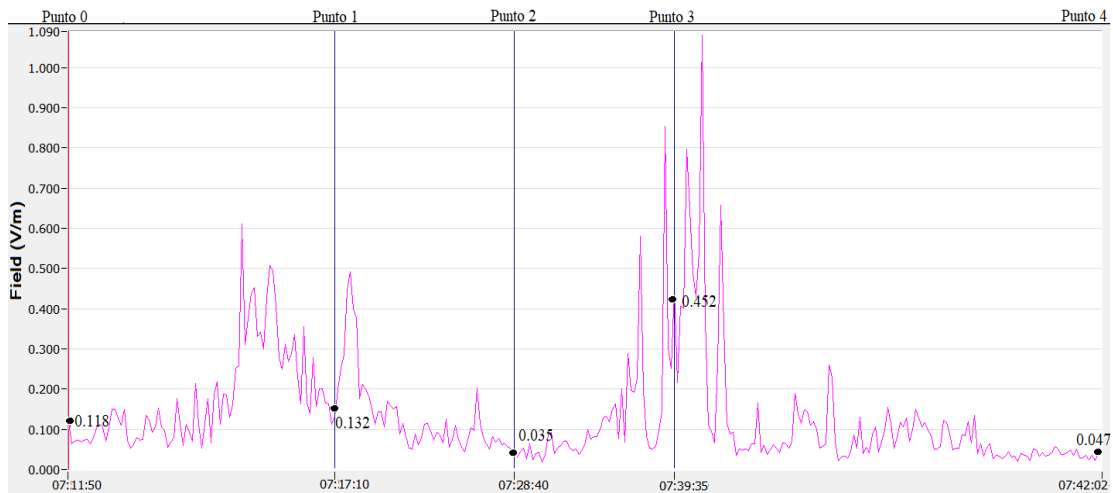


Gráfico 25-3: RNI de desplazamiento durante el día martes en el horario de 7:11pm – 7:42pm

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

En el Gráfico 26-3 se visualiza el valor de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento máximo de 1.11V/m obtenido con el dosímetro EME Spy-200 el día martes en el horario de 7:11pm – 7:42pm en la banda de GSM-850 MHz. El SAMPLE 173 (muestra 173) indica el número de muestra donde se encuentra la intensidad de campo eléctrico máximo en la hoja de cálculo de Microsoft Excel generada por el software de EME Spy- Analysis.

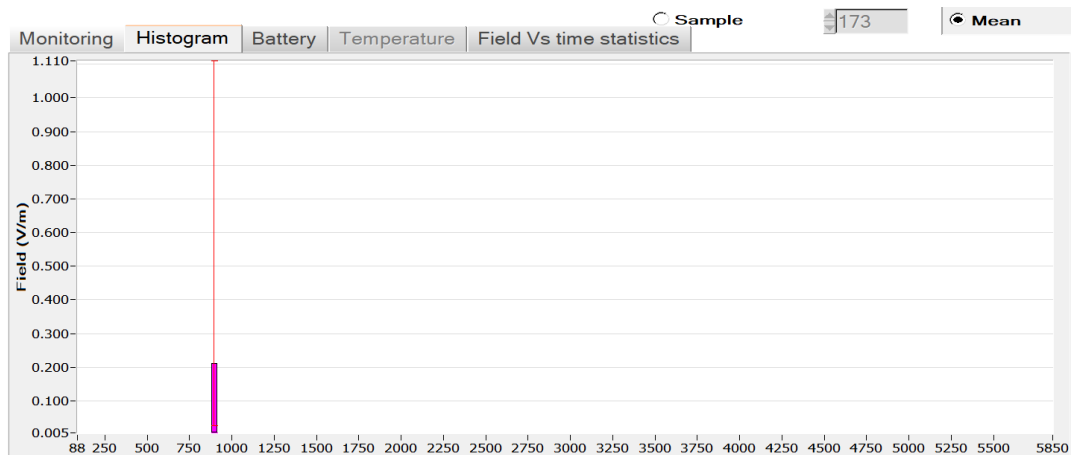


Gráfico 26-3: Intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo máximo en el horario de 7:11pm - 7:42pm.

Fuente: Software EME Spy Analysis.

Realizado por: Becerra, J, 2020.

El Gráfico 27-3 muestra que los valores de intensidad de campo eléctrico instantáneo obtenidos en las mediciones de RNI en base a la normativa poblacional están por debajo con respecto al porcentaje establecido por el ICNIRP en la banda de frecuencia de GSM 850MHz en el horario de 7:11pm - 7: 42pm.

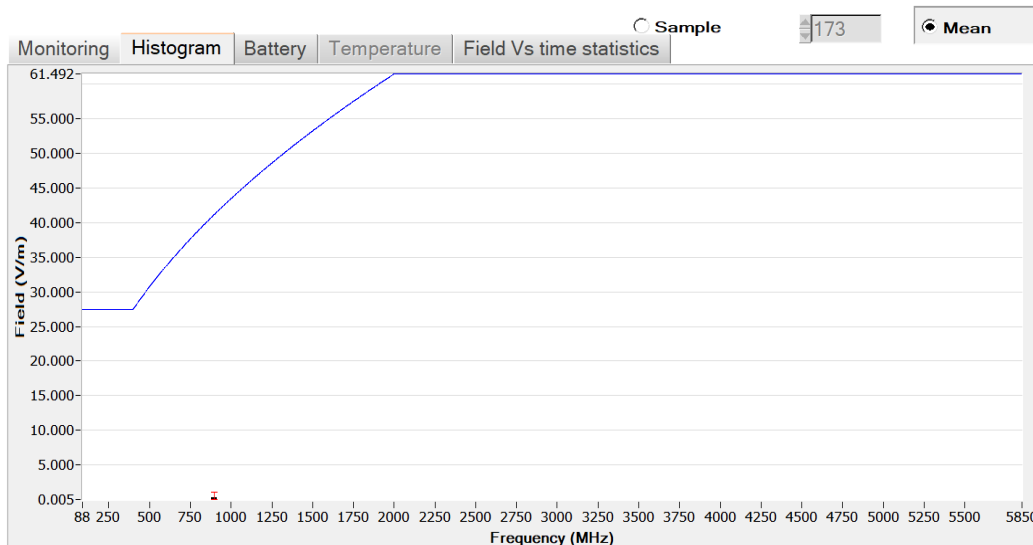


Gráfico 27-3: Porcentaje con respecto a los límites del ICNIRP en el horario de 7:11pm – 7:42pm.

Fuente: Software EME Spy Analysis

Realizado por: Becerra, J, 2020.

Tabla 14-3: Comparación del valor máximo alcanzado y el porcentaje límite establecido por el ICNIRP en el horario de 7:11pm – 7:42pm.

Normativa Poblacional		
Horario	Valor máximo alcanzado V/m	Porcentaje con respecto a límites del ICNIRP V/m
7:00pm-8:00pm	1.11	40.5-41.11

Realizado por: Becerra, J, 2020.

En los Gráficos 19-3, 22-3 y 25-3 durante la primera y segunda etapa se aprecia un incremento de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento en el horario de 11:10am – 11:41am mientras que en el horario de 7:11pm - 7:42pm de todos los horarios la intensidad de campo eléctrico alcanza su valor máximo

En la Tabla 15-3 se puede observar los resultados de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento promedio (Einstantáneo) obtenidos de los valores de las tablas 7-3, 8-3, 9-3, 10-3 y 11-3, agrupados en base a los puntos 1, 2 y 3 en los horarios de 7:12am-7:44am, 11:10am-11:41am y 7:11pm-7:42pm. Para el análisis correcto en tiempos de los gráficos en el eje X, se sacó los valores promedio de cada uno de los horarios establecidos de 7:00am - 8:00am, 11am - 12:00 y 7:00pm - 8:00pm.

Tabla 15-3: Intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo promedio.

Intensidad de campo eléctrico E de desplazamiento instantáneo promedio en la banda GSM 850 MHz. Frecuencia descendente de 869-894MHz.			
Horarios	Puntos de medición	E instantáneo promedio (V/m)	Límite de exposición Poblacional contra Radiaciones no ionizantes
7:12am-7:44am	Punto 1 Punto 2 Punto 3	0,1 0,04 0,279	40.5-41.11
11:10am-11:41am	Punto 1 Punto 2 Punto 3	0,16 0,04 0,314	
7:11pm-7:42pm	Punto 1 Punto 2 Punto 3	0,108 0,027 0,321	

Realizado por: Becerra, J, 2021.

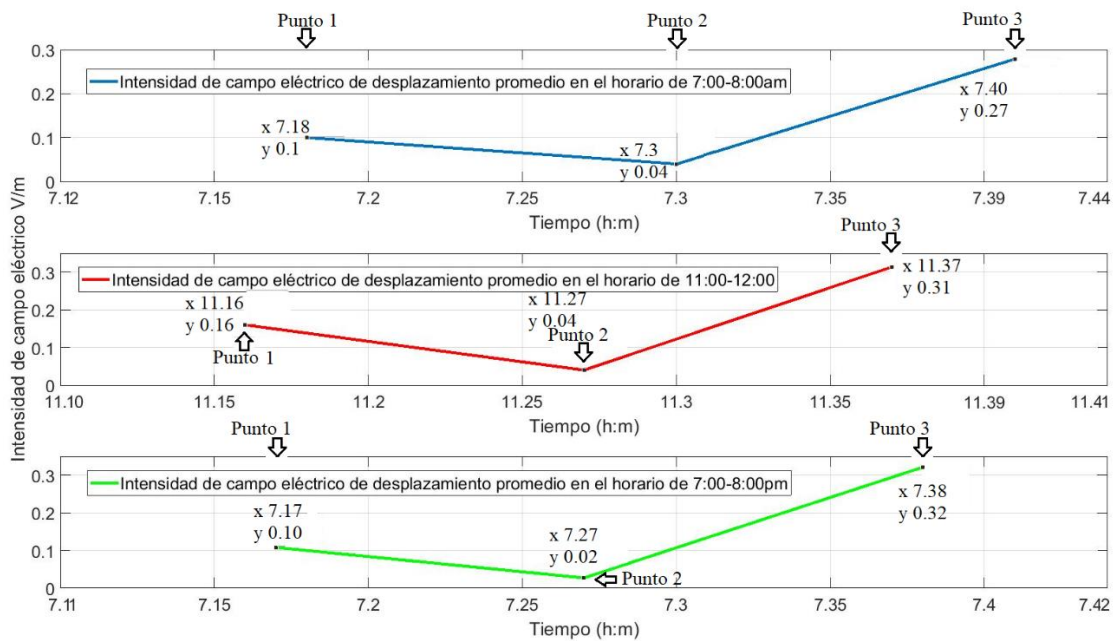


Gráfico 28-3: Análisis en tiempo de los resultados de intensidad de campo eléctrico instantáneo promedio de desplazamiento en los horarios de 7:12am-7:40am, 11:10am-11:37am y 7:11pm-7:42pm.

Fuente: MATLAB

Realizado por: Becerra, J, 2021.

El Grafico 28-3 muestra la variación de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento promedio, durante el horario de 7:12 - 7:44am, 11:10am - 11:41am y 7:11pm -

8:42pm en los puntos 1, 2 y 3 donde se colocaron los marcadores, se puede observar que en el Punto 1 durante el horario de 7:12am - 7:44am (línea color azul) la intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento promedio es baja, mientras que en los otros dos horarios en el Punto 1 se tiene una mayor intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento promedio alcanzando su valor más alto en la mañana durante el horario de 11:10-11:41 (línea color rojo). Se observa que en el Punto 2 durante el horario de 7:11pm - 7:42pm (línea color verde) la intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento promedio es baja, mientras que en los otros dos horarios en el Punto 2 el resultado de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento promedio es el mismo en los horarios de 7:12am - 7:44am (línea color azul) y 11:10am - 11:41am (línea color rojo). En el Punto 3 en el horario de 11:10am - 11:41am (línea color rojo) se observa que la intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento promedio es baja mientras que en los otros dos horarios en el Punto 3 se tiene una mayor intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento promedio alcanzando su valor más alto en la mañana durante el horario de 7:11pm - 7:42pm (línea color verde). Se puede observar las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento promedio en el horario de 7:00am - 8:00am (Línea color azul). Se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 7:12am y finalizo a las 7:44am, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 7:12am, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 7:18 am 6 minutos después, sin embargo los siguientes dos marcadores se colocaron a las 7:28am (Punto 2) 12 minutos después y 7:39am (Punto 3) 10 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 7:44am 4 minutos después, estos valores muestran los tiempos que tomó desplazarse entre cada uno de los marcadores y el tiempo total en el que se cubrió toda la ruta (32min).

En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento promedio en el horario de 11:00am - 12:00am (Línea color rojo). Se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 11:10am y finalizo a las 11:41am, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 11:10am, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 11:16am 6 minutos después, sin embargo los siguientes dos marcadores se colocaron a las 11:27am (Punto 2) 11 minutos después y 11:37am (Punto 3) 10 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 11:41am 4 minutos después, estos valores muestran los tiempos que tomó desplazarse entre cada uno de los marcadores y el tiempo total en el que se cubrió toda la ruta (31 min). En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento promedio en el horario de 7:00pm - 8:00m (Línea color verde).

Se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 7:11pm y finalizo a las 7:42pm, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 7:11pm, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 7:17pm 6 minutos después, sin embargo los siguientes dos marcadores se colocaron a las 7:27pm (Punto 2) 10 minutos después y 11:38pm (Punto 3) 11 minutos después, finalmente el

ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 7:42pm 4 minutos después, estos valores muestran los tiempos que tomó desplazarse entre cada uno de los marcadores y el tiempo total en el que se cubrió toda la ruta (31 min). Se debe tomar en consideración las distancias que se recorrieron y la velocidad a la que se desplazó el equipo.

3.2.1 *Tablas comparativas entre intensidad de campo eléctrico temporal máximo y mínimo e intensidad de campo eléctrico de desplazamiento.*

Los resultados obtenidos de intensidad de campo eléctrico temporal máximo (**E**máximo) y mínimo (**E**mínimo), e intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento (**E**instantáneo) se agruparon conforme a los días en los que se realizaron las mediciones (lunes, martes, miércoles, jueves y viernes); a los puntos seleccionados (Punto 1, Punto 2 y Punto 3) en base a los horarios establecidos (7:00am-8:00am, 11:00am-12:00 y 7:00pm-8:00pm), lo cual permitió crear tablas comparativas que ayudaron a evaluar el comportamiento de las intensidad de campo eléctrico temporal y de desplazamiento.

Para el análisis correcto en tiempos de los gráficos en el eje X, se sacó los valores promedio de cada uno de los horarios establecidos de 7:00am - 8:00am, 11 am - 12:00 y 7:00pm - 8:00pm.

Tabla 16-3: LUNES, comparación de mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico **E**máximo y **E**mínimo, y las mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico **E**instantáneo.

Intensidad de campo eléctrico E de desplazamiento en la banda GSM 850 MHz. Frecuencia descendente de 869-894MHz.						
Horarios		Puntos de medición	Etemporal		Einstantáneo (V/m)	Límite de exposición Ocupacional contra Radiaciones no ionizantes
			Emáximo (V/m)	Emínimo (V/m)		
7:11am-7:34am (Etemporal)	7:12am-7:44am (Einstantáneo)	punto 1	1.356	0.2154	0,058	40.5-41.11
		punto 2	0.1548	0.08357	0.371	
		punto 3	0.7169	0.2711	0,471	
11:09am-11:36am (Etemporal)	11:10am-11:41am (Einstantáneo)	punto 1	1.024	0.3536	0,179	
		punto 2	0.1607	0.08769	0,052	
		punto 3	0.6509	0.1934	0,41	
7:10pm-7:38pm (Etemporal)	7:11pm-7:42pm (Einstantáneo)	punto 1	0.99	0.2683	0.00037	
		punto 2	0.1698	0.0784	0.000049	
		punto 3	0.6779	0.2078	0,002	

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En las Tablas 16-3 se pueden ver los valores obtenidos durante el día lunes de intensidad de campo eléctrico temporal e intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, agrupados en base a los horarios (7:00am-8:00am, 11:00am-12:00 y 7:00pm-8:00pm) y puntos de medición (Punto 1, Punto 2 y Punto 3).

En el Gráfico 29-3 se puede observar que durante el horario de 7:00am – 8:00am la intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**Emáximo**), está representada con una línea de color amarillo, la intensidad de campo eléctrico (**E**) mínimo temporal (**Emínimo**), está representada con una línea de color rosado y la intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento (**Einstantáneo**) está representada con una línea color celeste. En el Punto 1, la **Emáximo** temporal (línea color amarillo) es muy superior a la **Emínimo** temporal (línea color rosado) con un 84.11% y con un 95.72% a la **Einstantáneo** de desplazamiento (línea color celeste). En el Punto 2 la **Einstantáneo** de desplazamiento (línea color celeste) es mayor a la **Emáximo** temporal (línea color amarillo) con un 58.27% y con un 77.47% a la **Emínimo** temporal (línea color rosado), y en el Punto 3 la **Emáximo** temporal (línea color amarillo) es mayor 62.18% a la **Einstantáneo** de desplazamiento (línea color celeste) y con un 34.3% a la **Emínimo** temporal (línea color rosado). Sin embargo, la **Einstantáneo** de desplazamiento (línea color celeste) es mayor a la **Emínimo** temporal (línea color rosado) en los Puntos 2 y 3.

Se puede observar en el eje X que la **Emáximo** (línea color amarillo) y la **Emínimo** (línea color rosado) iniciaron la medición en el Punto 1 a las inicio a las 7:11am y finalizo a las 7:17am, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo en el Punto 2 y Punto 3 las mediciones duraron un aproximado de 11 minutos, de 7:11am - 7:28am en el Punto 2 y de 7:28am - 7:39am en el Punto 3, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2 y del Punto 2 al Punto 3.

En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento (Línea color celeste) se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 7:12am y finalizo a las 7:44am, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 7:12am, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 7:18 am 6 minutos después, sin embargó los siguientes dos marcadores se colocaron a las 7:28am (Punto 2) 12 minutos después y 7:39am (Punto 3) 10 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 7:44am 4 minutos después, estos valores muestran que la intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento tuvieron un retraso de 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 1, 2 minutos aproximadamente durante las mediciones en el Punto 2 y 2 minutos aproximadamente en las mediciones en el Punto 3.

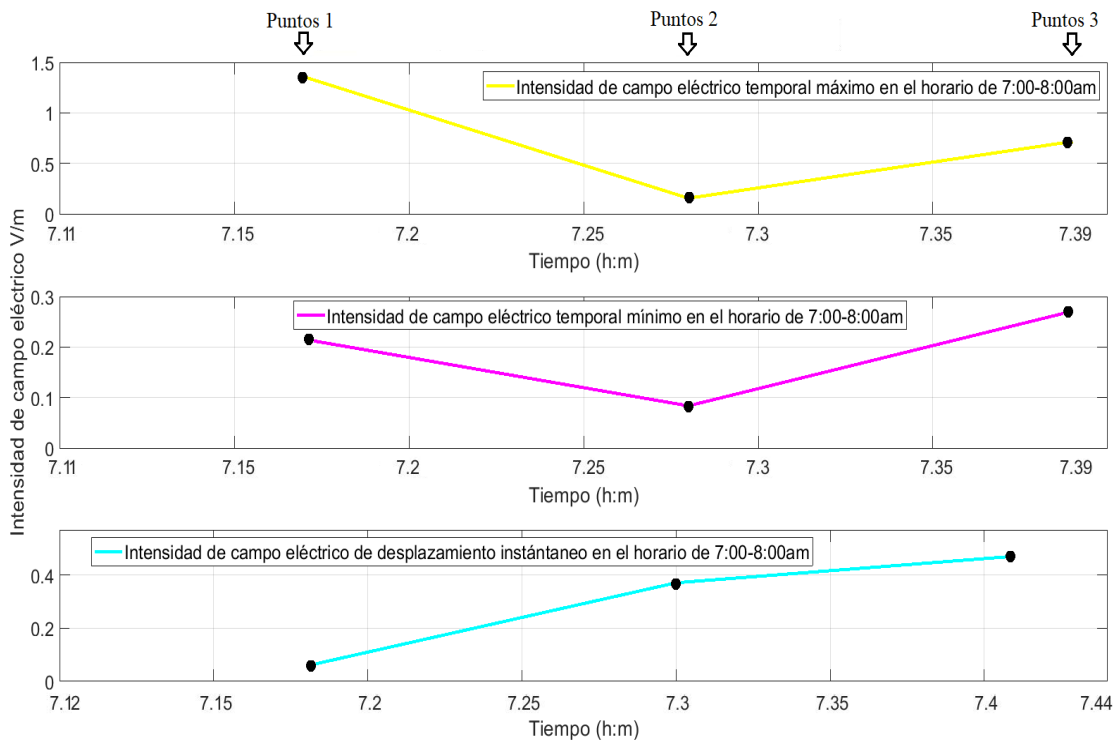


Gráfico 29-3: LUNES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:11am-7:39am y 7:12am-7:44am.

Fuente: Matlab.

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En el Gráfico 30-3 se puede observar que durante el horario de 11:00am-12:00 la intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**E**_{máximo}), está representada con una línea de color rojo, la intensidad de campo eléctrico (**E**) mínimo temporal (**E**_{mínimo}), está representada con una línea de color verde claro y la intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento (**E**_{instantáneo}) está representada con una línea color azul. En el Punto 1, la **E**_{máximo} temporal (línea color rojo) es muy superior a la **E**_{instantáneo} de desplazamiento (línea color azul) con 65.47% y con un 82.52% a la **E**_{mínimo} temporal (línea color verde claro). En el Punto 2 la **E**_{máximo} temporal (línea color rojo) es superior a la **E**_{mínimo} temporal (línea color verde claro) con un 45.43% y con un 67.64% a la **E**_{instantáneo} de desplazamiento (línea color azul), y en el Punto 3 la **E**_{máximo} temporal (línea color rojo) es mayor con un 37.01% a la **E**_{instantáneo} de desplazamiento (línea color azul) y con un 70.29% a la **E**_{mínimo} temporal (línea color verde claro). Sin embargo, la **E**_{instantáneo} de desplazamiento (línea color azul) es mayor a la **E**_{mínimo} temporal (línea color verde claro) en el Punto 3.

Se puede observar en el eje X que la **E**_{máximo} (línea color rojo) y la **E**_{mínimo} (línea color verde claro) iniciaron la medición en el Punto 1 a las 11:09am y finalizo a las 11:15am, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo, en el Punto 2 la medición duro un aproximado de 11 minutos, de 11:15am - 11:26am, tomando en cuenta los 6 minutos de

medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2. La medición en el Punto 3 tuvo una duración aproximada de 10 minutos, de 11:26am - 11:36am, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 4 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 2 al Punto 3.

En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento (Línea color azul), se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 11:10am y finalizo a las 11:41am, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 11:10am, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 11:16am 6 minutos después, sin embargó los siguientes dos marcadores se colocaron a las 11:27am (Punto 2) 11 minutos después y 11:37am (Punto 3) 10 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 11:41am 4 minutos después, estos valores muestran que la intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento tuvieron un retraso de 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 1, 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 2 y 1 minuto aproximadamente en las mediciones en el Punto 3.

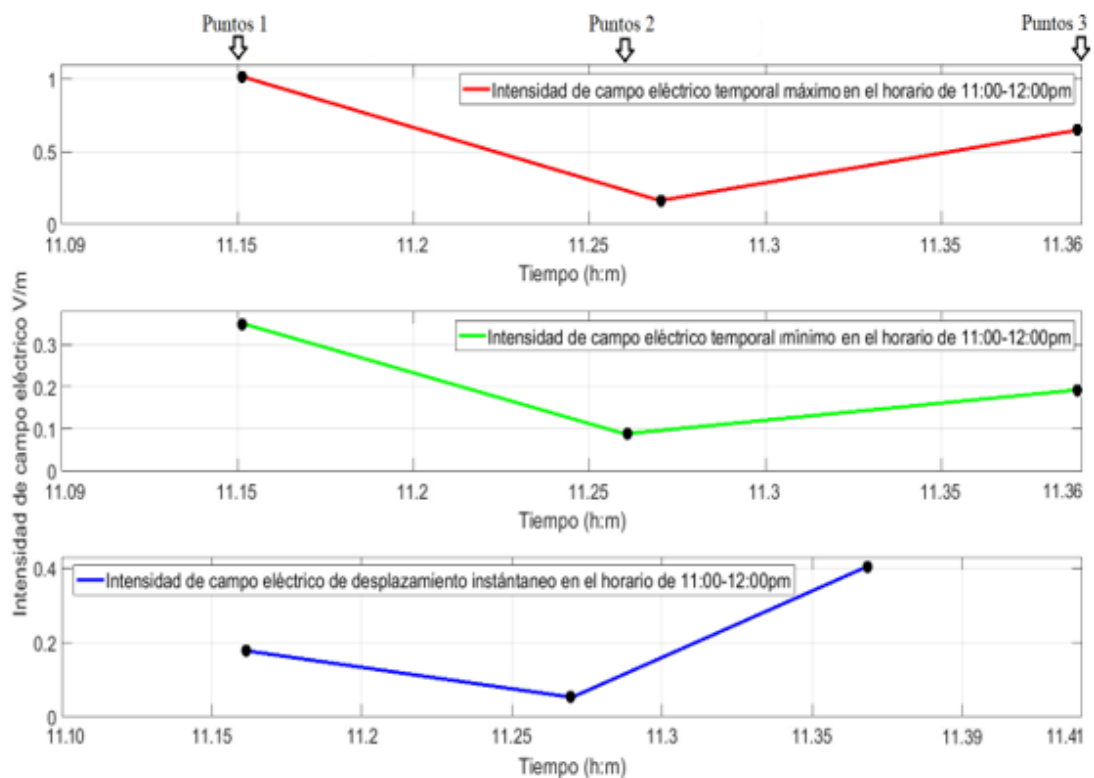


Gráfico 30-3: LUNES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 11:09am-11:36am y 11:10am-11:41am.

Fuente: Matlab.

Realizado por: Becerra, J, 2021.

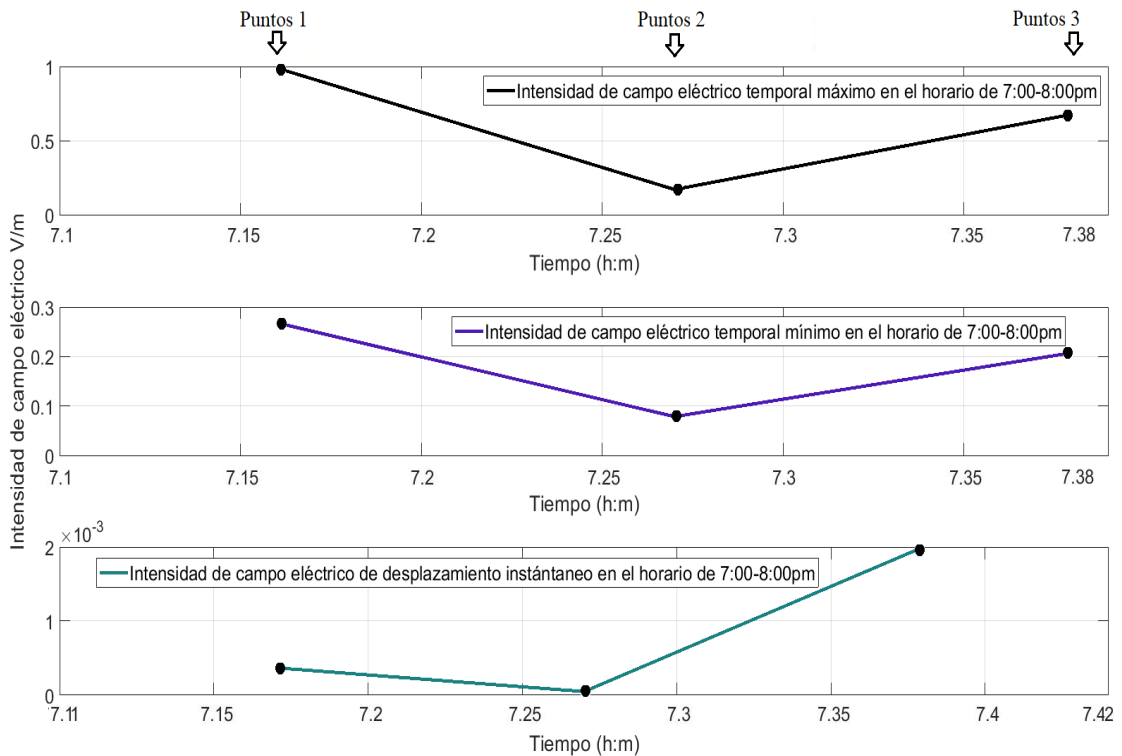


Gráfico 31-3: LUNES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:10pm-7:38pm y 7:11pm-7:42pm.
Fuente: Matlab.

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En el Gráfico 31-3 se puede observar que durante el horario de 7:00pm-8:00pm la intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**Emáximo**), está representada con una línea de color negro, la intensidad de campo eléctrico (**E**) mínimo temporal (**Emínimo**), está representada con una línea de color morado y la intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento (**Einstantáneo**) está representada con una línea color verde oscuro. En el Punto 1, la **Emáximo** temporal (línea color negro) es muy superior a la **Emínimo** temporal (línea color morado) con 72.99% y con un 99.96% a la **Einstantáneo** de desplazamiento (línea de color verde oscuro). En el Punto 2 la **Emáximo** temporal (línea color negro) es superior a la **Emínimo** temporal (línea color morado) con 53.29% y con un 99.97% a la **Einstantáneo** de desplazamiento (línea de color verde oscuro), y en el Punto 3 la **Emáximo** temporal (línea color negro) es mayor con 69.35% a la **Emínimo** temporal (línea color morado) y con un 99.7% a la **Einstantáneo** de desplazamiento (línea de color verde oscuro).

Se puede observar en el eje X que la **Emáximo** (línea color negro) y la **Emínimo** (línea color morado) iniciaron la medición en el Punto 1 a las 7:10pm y finalizó a las 7:16pm, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo en el Punto 2 y Punto 3 las mediciones duraron un aproximado de 11 minutos, de 7:16pm - 7:27pm en el Punto 2 y de 7:27pm - 7:38pm en el Punto 3, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5

minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2 y del Punto 2 al Punto 3.

En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento (Línea color verde oscuro), se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 7:11pm y finalizo a las 7:42pm, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 7:11pm, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 7:17pm 6 minutos después, sin embargo los siguientes dos marcadores se colocaron a las 7:27pm (Punto 2) 10 minutos después y 11:38pm (Punto 3) 11 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 7:42pm 4 minutos después, estos valores muestran que la intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento tuvieron un retraso de 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 1, mientras que en el Punto 2 y Punto 3 coinciden en tiempos. Se debe tomar en consideración las distancias que se recorrieron y la velocidad a la que se desplazó el equipo.

Durante el día lunes en los 3 horarios establecidos de 7:00am-8:00am, 11:00am-12:00 y 7:00pm-8:00pm, se obtuvo una mayor intensidad de campo eléctrico en el Punto 1, alcanzando su valor más alto en la mañana durante las mediciones de intensidad de campo eléctrico máximo temporal en el horario de 7:00am-8:00am (Línea color amarillo), seguida por la intensidad de campo eléctrico máximo temporal en el horario de 11:00am - 12:00 (línea color rojo), subseguida por la intensidad de campo eléctrico máximo temporal en el horario de 7:00pm - 8:00pm (línea color negro).

Tabla 17-3: MARTES, comparación de mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico **E**máximo y **E**mínimo, y las mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico **E**instantáneo.

Intensidad de campo eléctrico E de desplazamiento en la banda GSM 850 MHz. Frecuencia descendente de 869-894MHz.						
Horarios		Puntos de medición	Etemporal		Einstantáneo (V/m)	Límite de exposición Ocupacional contra Radiaciones no ionizantes
			E m áximo (V/m)	E m ínimo (V/m)		
7:11am-7:34am (Etemporal)	7:12am-7:44am (Einstantáneo)	punto 1	0.8886	0.1775	0,00026	40.5-41.11
		punto 2	0.167	0.08345	0.00001	
		punto 3	0.8239	0.2711	0,00095	
11:09am-11:36am (Etemporal)	11:10am-11:41am (Einstantáneo)	punto 1	0.7256	0.2465	0,17	
		punto 2	0.1423	0.07556	0,04	
		punto 3	0.6797	0.2639	0,416	
7:10pm-7:38pm (Etemporal)	7:11pm-7:42pm (Einstantáneo)	punto 1	0.843	0.2543	0.132	
		punto 2	0.1564	0.09769	0.035	
		punto 3	0.6995	0.223	0.452	

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En la Tabla 17-3 se pueden ver los valores obtenidos durante el día martes de intensidad de campo eléctrico temporal e intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, agrupados en base a los horarios (7:00am-8:00am, 11:00am-12:00 y 7:00pm-8:00pm) y puntos de medición (Punto 1, Punto 2 y Punto 3).

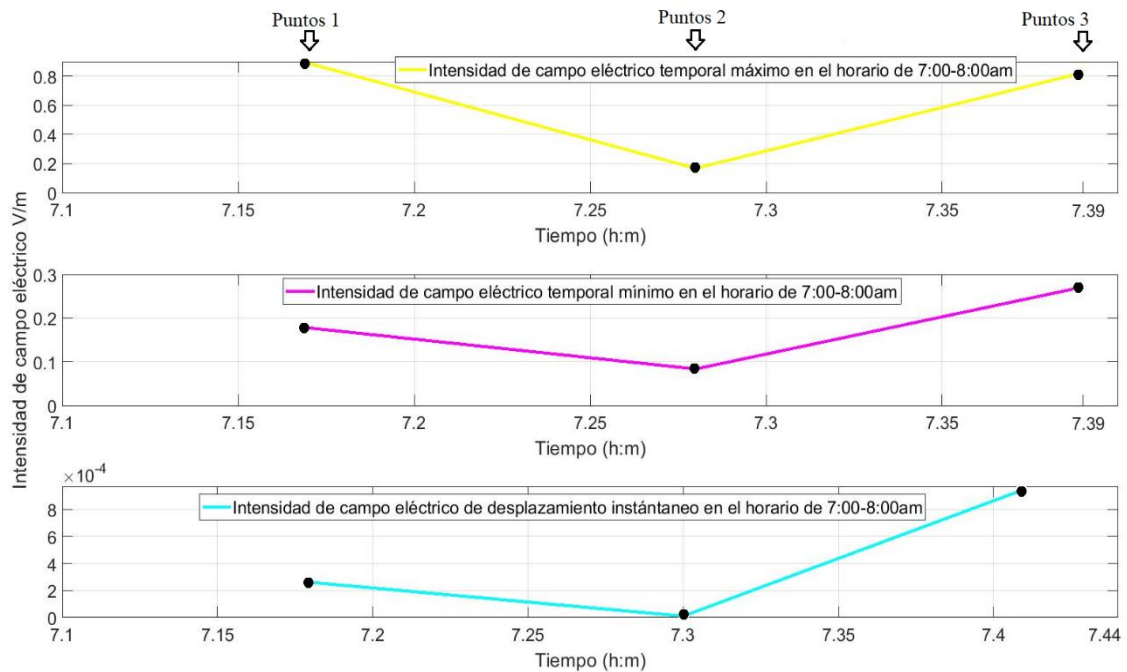


Gráfico 32-3: MARTES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:11am-7:39am y 7:12am-7:44am.

Fuente: Matlab.

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En el Gráfico 32-3 se puede observar que durante el horario de 7:00am – 8:00am la intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**E**_{máximo}), está representada con una línea de color amarillo, la intensidad de campo eléctrico (**E**) mínimo temporal (**E**_{mínimo}), está representada con una línea de color rosado y la intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento (**E**_{instantáneo}) está representada con una línea color celeste. En el Punto 1, Punto 2 y Punto 3, la **E**_{máximo} temporal (línea color amarillo) es muy superior a la **E**_{mínimo} temporal (línea color rosado) con un 80.02%, 50.03% y 67.1% y con un 99.97%, 99.99% y 99.88% a la **E**_{instantáneo} de desplazamiento (línea color celeste). La **E**_{mínimo} temporal (línea color rosado) es mayor a la **E**_{instantáneo} de desplazamiento (línea color celeste) en los tres puntos. Se puede observar en el eje X que la **E**_{máximo} (línea color amarillo) y la **E**_{mínimo} (línea color rosado) iniciaron la medición en el Punto 1 a las 7:11am y finalizaron a las 7:17am, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo en el Punto 2 y Punto 3 las mediciones duraron un aproximado de 11 minutos, de 7:11am - 7:28am en el Punto 2 y de 7:28am - 7:39am en el Punto 3, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del

Punto 1 al Punto 2 y del Punto 2 al Punto 3. En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento (Línea color celeste), se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 7:12am y finalizo a las 7:44am, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 7:12am, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 7:18 am 6 minutos después, sin embargo los siguientes dos marcadores se colocaron a las 7:28am (Punto 2) 12 minutos después y 7:39am (Punto 3) 10 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 7:44am 4 minutos después, estos valores muestran que la intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento tuvieron un retraso de 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 1, 2 minutos aproximadamente durante las mediciones en el Punto 2 y 2 minutos aproximadamente en las mediciones en el Punto 3.

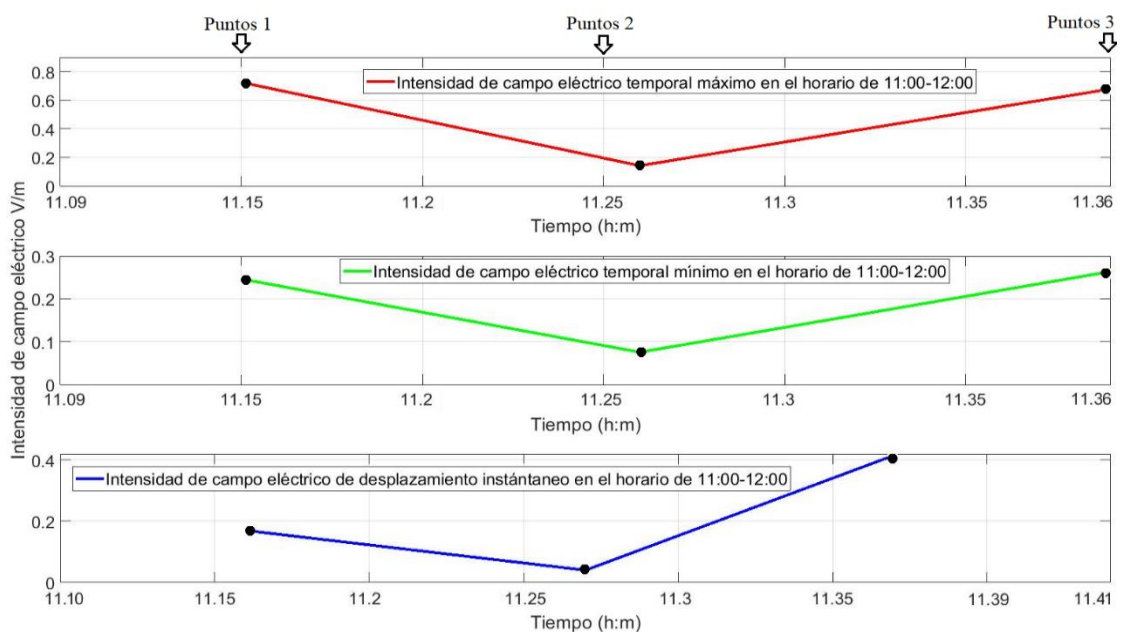


Gráfico 33-3: MARTES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 11:09am-11:36am y 11:10am-11:41am.

Fuente: Matlab.

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En el Gráfico 33-3 se puede observar que durante el horario de 11:00am-12:00 la intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**Emáximo**), está representada con una línea de color rojo, la intensidad de campo eléctrico (**E**) mínimo temporal (**Emínimo**), está representada con una línea de color verde claro y la intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento (**Einstantáneo**) está representada con una línea color azul. En el Punto 1, Punto 2 y Punto 3, la **Emáximo** temporal (línea color rojo) es mayor a la **Emínimo** temporal (línea color verde claro) con un 66.03%, 46.09% y 61.17% y con un 76.57%, 71.89% y 38.79% a la **Einstantáneo** de desplazamiento (línea color azul). Sin embargo, la **Einstantáneo** de desplazamiento (línea color azul) es mayor a la **Emínimo** temporal (línea color verde claro) en el Punto 3.

Se puede observar en el eje X que la **Em**áximo (línea color rojo) y la **Em**ínimo (línea color verde claro) iniciaron la medición en el Punto 1 a las 11:09am y finalizó a las 11:15am, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo, en el Punto 2 la medición duró un aproximado de 11 minutos, de 11:15am - 11:26am, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2. La medición en el Punto 3 tuvo una duración aproximada de 10 minutos, de 11:26am - 11:36am, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 4 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 2 al Punto 3.

En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento (Línea color azul), se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 11:10am y finalizó a las 11:41am, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 11:10am, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 11:16am 6 minutos después, sin embargo los siguientes dos marcadores se colocaron a las 11:27am (Punto 2) 11 minutos después y 11:37am (Punto 3) 10 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 11:41am 4 minutos después, estos valores muestran que la intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento tuvieron un retraso de 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 1, 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 2 y 1 minuto aproximadamente en las mediciones en el Punto 3.

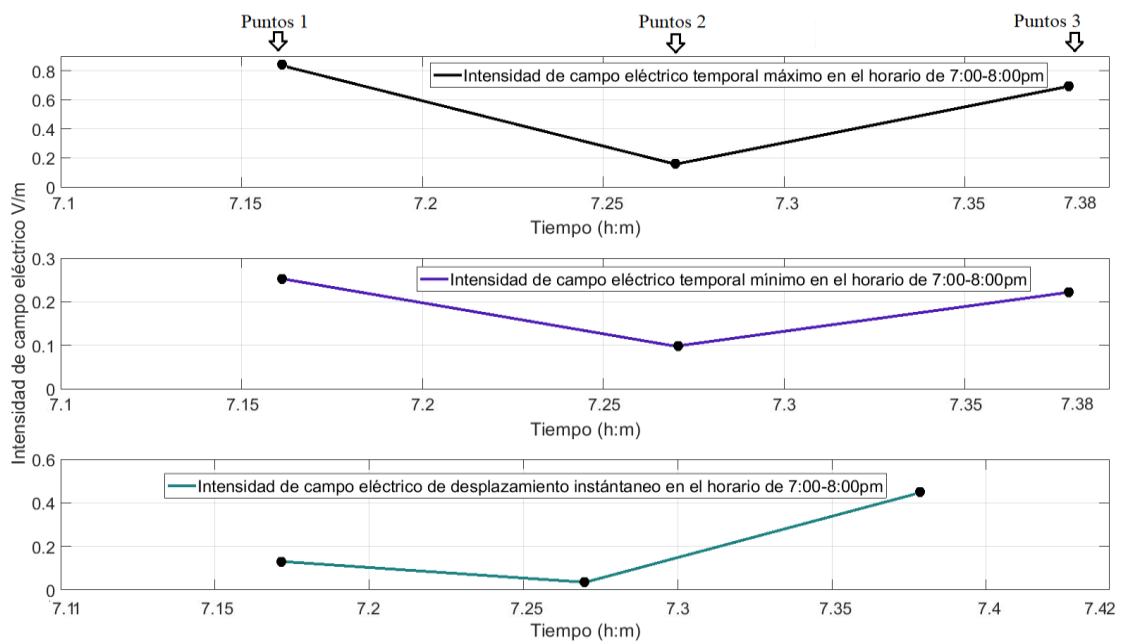


Gráfico 34-3: MARTES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:10pm-7:38pm y 7:11pm-7:42pm.

Fuente: Matlab.

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En el Gráfico 34-3 se puede observar que durante el horario de 7:00pm-8:00pm la intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**Emáximo**), está representada con una línea de color negro, la intensidad de campo eléctrico (**E**) mínimo temporal (**Emínimo**), está representada con una línea de color morado y la intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento (**Einstantáneo**) está representada con una línea color verde oscuro. En el Punto 1, Punto 2 y Punto 3, la **Emáximo** temporal (línea color negro) es mayor a la **Emínimo** temporal (línea color morado) con un 69.83%, 37.54% y 68.12% y con un 84.34%, 77.62% y 35.38% a la **Einstantáneo** de desplazamiento (línea de color verde oscuro). Sin embargo, la **Einstantáneo** de desplazamiento (línea de color verde oscuro) es mayor a la **Emínimo** temporal (línea color morado) en el Punto 3.

Se puede observar en el eje X que la **Emáximo** (línea color negro) y la **Emínimo** (línea color morado) iniciaron la medición en el Punto 1 a las 7:10pm y finalizó a las 7:16pm, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo en el Punto 2 y Punto 3 las mediciones duraron un aproximado de 11 minutos, de 7:16pm - 7:27pm en el Punto 2 y de 7:27pm - 7:38pm en el Punto 3, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2 y del Punto 2 al Punto 3.

En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento (Línea color verde osbscuro), se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 7:11pm y finalizó a las 7:42pm, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 7:11pm, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 7:17pm 6 minutos después, sin embargo los siguientes dos marcadores se colocaron a las 7:27pm (Punto 2) 10 minutos después y 11:38pm (Punto 3) 11 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 7:42pm 4 minutos después, estos valores muestran que la intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento tuvieron un retraso de 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 1, mientras que en el Punto 2 y Punto 3 coinciden en tiempos. Se debe tomar en consideración las distancias que se recorrieron y la velocidad a la que se desplazó el equipo.

Durante el día martes en los 3 horarios establecidos de 7:00am-8:00am, 11:00am-12:00 y 7:00pm-8:00pm, se obtuvo una mayor intensidad de campo eléctrico en el Punto 1, alcanzando su valor más alto en la mañana durante las mediciones de intensidad de campo eléctrico máximo temporal en el horario de 7:00am-8:00am (Línea color amarillo), seguida por la intensidad de campo eléctrico máximo temporal en el horario de 7:00pm - 8:00pm (línea color negro), subseguida por la intensidad de campo eléctrico máximo temporal en el horario de 7:00am - 8:00am (línea color rojo) en el Punto 3.

Tabla 18-3: MIERCOLES, comparación de mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico **E**máximo y **E**mínimo, y las mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico **E**instantáneo.

Intensidad de campo eléctrico E de desplazamiento en la banda GSM 850 MHz. Frecuencia descendente de 869-894MHz.						
Horarios		Puntos de medición	Etemporal		E instantáneo (V/m)	Límite de exposición Ocupacional contra Radiaciones no ionizantes
			E máximo (V/m)	E mínimo (V/m)		
7:11am-7:34am (E temporal)	7:12am-7:44am (E instantáneo)	punto 1	0.8043	0.2153	0,114	40.5-41.11
		punto 2	0.1562	0.09867	0,055	
		punto 3	0.6905	0.2114	0,464	
11:09am-11:36am (E temporal)	11:10am-11:41am (E instantáneo)	punto 1	0.8532	0.2717	0,14	
		punto 2	0.1461	0.08462	0,038	
		punto 3	0.6129	0.1947	0,198	
7:10pm-7:38pm (E temporal)	7:11pm-7:42pm (E instantáneo)	punto 1	0.8997	0.3567	0,138	
		punto 2	0.1588	0.07822	0,028	
		punto 3	0.6078	0.2122	0,605	

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En la Tabla 18-3 se pueden ver los valores obtenidos durante el día miércoles de intensidad de campo eléctrico temporal e intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, agrupados en base a los horarios (7:00am-8:00am, 11:00am-12:00 y 7:00pm-8:00pm) y puntos de medición (Punto 1, Punto 2 y Punto 3).

En el Gráfico 35-3 se puede observar que durante el horario de 7:00am – 8:00am la intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**E**máximo), está representada con una línea de color amarillo, la intensidad de campo eléctrico (**E**) mínimo temporal (**E**mínimo), está representada con una línea de color rosado y la intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento (**E**instantáneo) está representada con una línea color celeste. En el Punto 1, Punto 2 y Punto 3, la **E**máximo temporal (línea color amarillo) es muy superior a la **E**mínimo temporal (línea color rosado) con un 73.23%, 36.83% y 69.38% y con un 85.82%, 64.78% y 32.8% a la **E**instantáneo de desplazamiento (línea color celeste). La **E**mínimo temporal (línea color rosado) es inferior a la **E**instantáneo de desplazamiento (línea color celeste) en el Punto 3.

Se puede observar en el eje X que la **E**máximo (línea color amarillo) y la **E**mínimo (línea color morado) iniciaron la medición en el Punto 1 a las inicio a las 7:11am y finalizo a las 7:17am, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo en el Punto 2 y Punto 3 las mediciones duraron un aproximado de 11 minutos, de 7:11am - 7:28am en el Punto 2 y de 7:28am - 7:39am en el Punto 3, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2 y del Punto 2 al Punto 3.

En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento (Línea color celeste), se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 7:12am y finalizo a las 7:44am, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 7:12am, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 7:18 am 6 minutos después, sin embargo los siguientes dos marcadores se colocaron a las 7:28am (Punto 2) 12 minutos después y 7:39am (Punto 3) 10 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 7:44am 4 minutos después, estos valores muestran que la intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento tuvieron un retraso de 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 1, 2 minutos aproximadamente durante las mediciones en el Punto 2 y 2 minutos aproximadamente en las mediciones en el Punto 3.

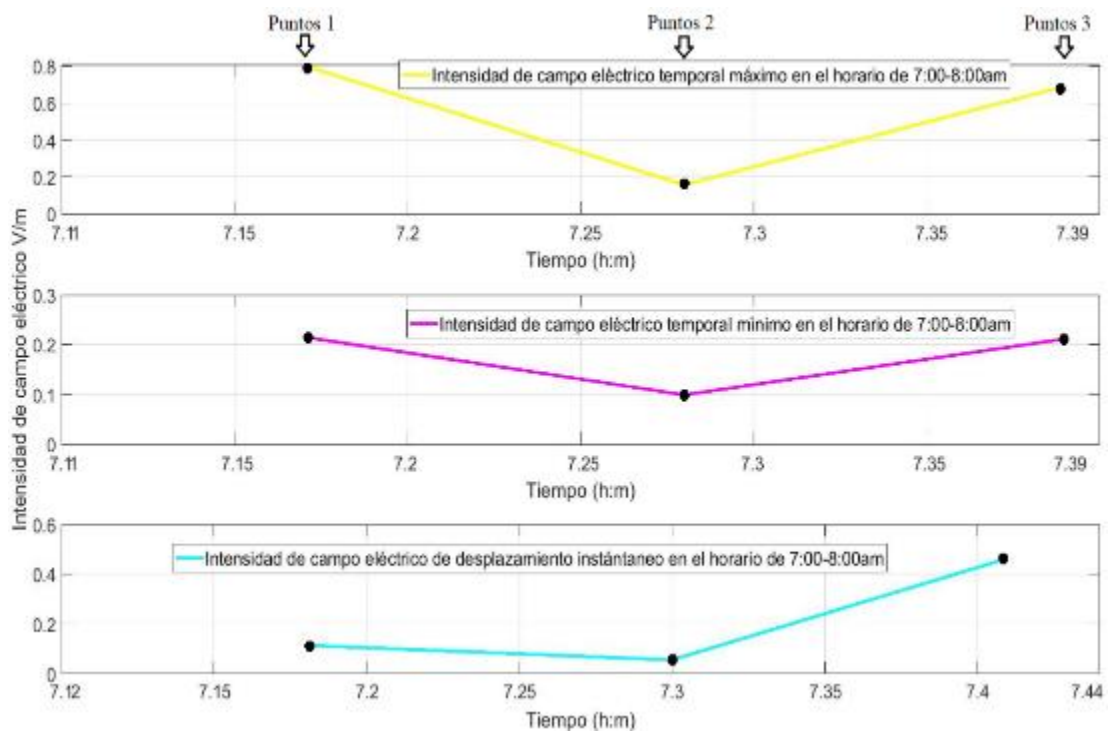


Gráfico 35-3: MIERCOLES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:11am-7:39am y 7:12am-7:44am.
Fuente: Matlab.

Realizado por: Becerra, J, 2021.

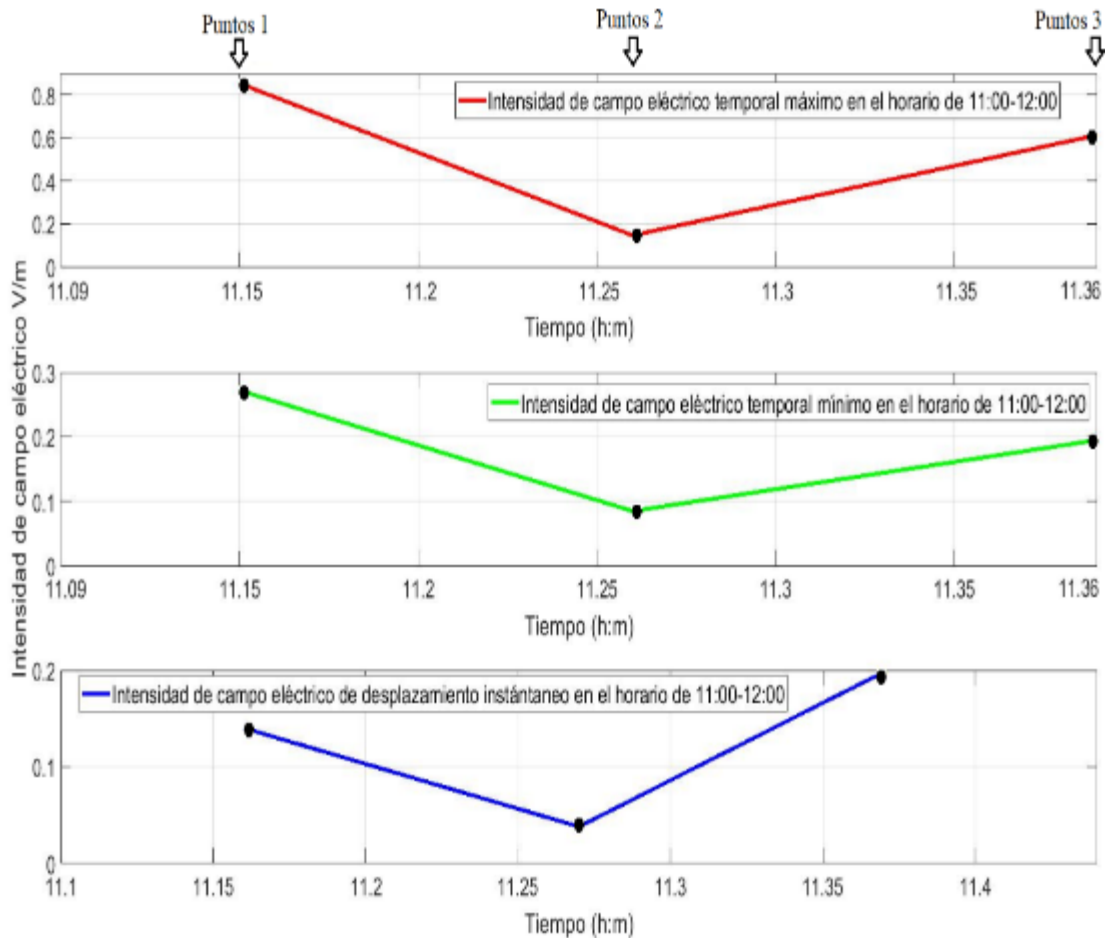


Gráfico 36-3: MIERCOLES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 11:09am-11:36am y 11:10am-11:41am. Fuente: Matlab.

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En el Gráfico 36-3 se puede observar que durante En el horario de 11:00am-12:00 la intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**E**_{máximo}), está representada con una línea de color rojo, la intensidad de campo eléctrico (**E**) mínimo temporal (**E**_{mínimo}), está representada con una línea de color verde claro y la intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento (**E**_{instantáneo}) está representada con una línea color azul). En el Punto 1, Punto 2 y Punto 3, la **E**_{máximo} temporal (línea color rojo) es mayor a la **E**_{mínimo} temporal (línea color verde claro) con un 68.15%, 42.06% y 68.23% y con un 93.59%, 73.99% y 67.99% a la **E**_{instantáneo} de desplazamiento (línea color azul). Sin embargo, la **E**_{instantáneo} de desplazamiento (línea color azul) y la **E**_{mínimo} temporal (línea color verde claro) tiene valores muy similares en el Punto 3 variando por 0.004 milésimas.

Se puede observar en el eje X que la **E**_{máximo} (línea color rojo) y la **E**_{mínimo} (línea color verde claro) iniciaron la medición en el Punto 1 a las 11:09am y finalizo a las 11:15am, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo, en el Punto 2 la medición duro un

aproximado de 11 minutos, de 11:15am - 11:26am, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2. La medición en el Punto 3 tuvo una duración aproximada de 10 minutos, de 11:26am - 11:36am, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 4 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 2 al Punto 3.

En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento (Línea color azul), se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 11:10am y finalizo a las 11:41am, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 11:10am, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 11:16am 6 minutos después, sin embargó los siguientes dos marcadores se colocaron a las 11:27am (Punto 2) 11 minutos después y 11:37am (Punto 3) 10 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 11:41am 4 minutos después, estos valores muestran que la intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento tuvieron un retraso de 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 1, 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 2 y 1 minuto aproximadamente en las mediciones en el Punto 3.

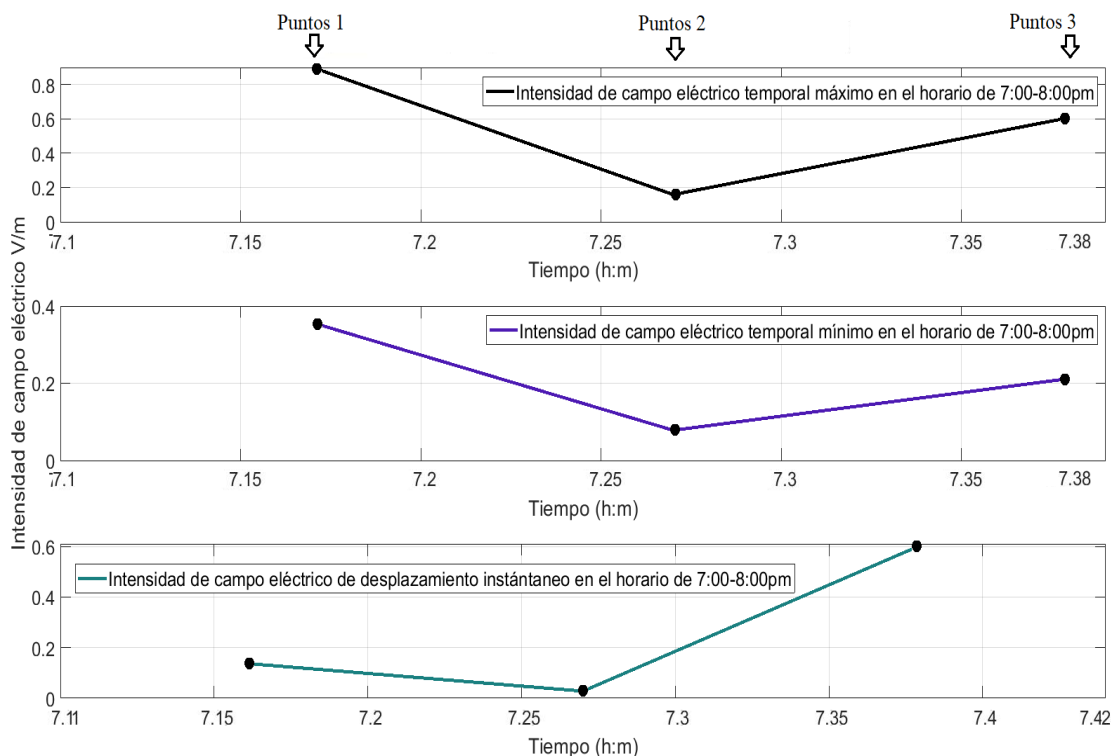


Gráfico 37-3: MIERCOLES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:10pm-7:38pm y 7:11pm-7:42pm.
Fuente: Matlab.

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En el Gráfico 37-3 se puede observar que durante el horario de 7:00pm-8:00pm la intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**Emáximo**), está representada con una línea de color negro, la intensidad de campo eléctrico (**E**) mínimo temporal (**Emínimo**), está representada con una línea de color morado y la intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento (**Einstantáneo**) está representada con una línea color verde oscuro. En el Punto 1, Punto 2 y Punto 3, la **Emáximo** temporal (línea color negro) es mayor a la **Emínimo** temporal (línea color morado) con un 60.35%, 50.74% y 65.08% y con un 84.86%, 82.36% y 0.46% a la **Einstantáneo** de desplazamiento (línea de color verde oscuro). Sin embargo, la **Einstantáneo** de desplazamiento (línea de color verde oscuro) y la **Emáximo** temporal (línea color negro) tiene valores muy similares en el Punto 3 variando por 0.002 milésimas.

Se puede observar en el eje X que la **Emáximo** (línea color negro) y la **Emínimo** (línea color morado) iniciaron la medición en el Punto 1 a las 7:10pm y finalizó a las 7:16pm, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo en el Punto 2 y Punto 3 las mediciones duraron un aproximado de 11 minutos, de 7:16pm - 7:27pm en el Punto 2 y de 7:27pm - 7:38pm en el Punto 3, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2 y del Punto 2 al Punto 3.

En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento (Línea color verde oscuro), se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 7:11pm y finalizó a las 7:42pm, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 7:11pm, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 7:17pm 6 minutos después, sin embargo los siguientes dos marcadores se colocaron a las 7:27pm (Punto 2) 10 minutos después y 11:38pm (Punto 3) 11 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 7:42pm 4 minutos después, estos valores muestran que la intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento tuvieron un retraso de 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 1, mientras que en el Punto 2 y Punto 3 coinciden en tiempos. Se debe tomar en consideración las distancias que se recorrieron y la velocidad a la que se desplazó el equipo.

Durante el día miércoles en los 3 horarios establecidos de 7:00am-8:00am, 11:00am-12:00 y 7:00pm-8:00pm, se obtuvo una mayor intensidad de campo eléctrico en el Punto 1, alcanzando su valor más alto en la noche durante las mediciones de intensidad de campo eléctrico máximo temporal en el horario de 7:00am-8:00am (Línea color negro), seguida por la intensidad de campo eléctrico máximo temporal en el horario de 11:00am - 12:00 (línea color rojo), subseguida por la intensidad de campo eléctrico máximo temporal en el horario de 7:00pm - 8:00pm (línea color negro).

Tabla 19-3: JUEVES, comparación de mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico **E**máximo y **E**mínimo, y las mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico **E**instantáneo.

Intensidad de campo eléctrico E de desplazamiento en la banda GSM 850 MHz. Frecuencia descendente de 869-894MHz.						
Horarios		Puntos de medición	Etemporal		Einstantáneo (V/m)	Límite de exposición Ocupacional contra Radiaciones no ionizantes
			Emáximo (V/m)	Emínimo (V/m)		
7:11am-7:34am (Etemporal)	7:12am-7:44am (Einstantáneo)	punto 1	0.8143	0.2562	0.154	40.5-41.11
		punto 2	0.09961	0.04626	0.06	
		punto 3	0.6811	0.1946	0.396	
11:09am-11:36am (Etemporal)	11:10am-11:41am (Einstantáneo)	punto 1	0.828	0.2869	0.099	
		punto 2	0.1097	0.07195	0.03	
		punto 3	0.8326	0.2248	0.256	
7:10pm-7:38pm (Etemporal)	7:11pm-7:42pm (Einstantáneo)	punto 1	0.8941	0.2565	0.13	
		punto 2	0.14	0.08561	0.04	
		punto 3	0.5684	0.1889	0.178	

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En la Tabla 19-3 se pueden ver los valores obtenidos durante el día jueves de intensidad de campo eléctrico temporal e intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, agrupados en base a los horarios (7:00am-8:00am, 11:00am-12:00 y 7:00pm-8:00pm) y puntos de medición (Punto 1, Punto 2 y Punto 3).

En el Gráfico 38-3 se puede observar que durante el horario de 7:00am – 8:00am la intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**E**máximo), está representada con una línea de color amarillo, la intensidad de campo eléctrico (**E**) mínimo temporal (**E**mínimo), está representada con una línea de color rosado y la intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento (**E**instantáneo) está representada con una línea color celeste). En el Punto 1, Punto 2 y Punto 3, la **E**máximo temporal (línea color amarillo) es muy superior a la **E**mínimo temporal (línea color rosado) con un 68.53%, 53.55% y 71.42% y con un 81.08%, 39.76% y 41.85% a la **E**instantáneo de desplazamiento (línea color celeste). Sin embargo, la **E**instantáneo de desplazamiento (línea color celeste) y la **E**mínimo temporal (línea color rosado) tiene valores muy similares en el Punto 2 variando por 0.02 centésimas.

Se puede observar en el eje X que la **Em**áximo (línea color amarillo) y la **Em**ínimo (línea color rosado) iniciaron la medición en el Punto 1 a las inicio a las 7:11am y finalizo a las 7:17am, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEEE, sin embargo en el Punto 2 y Punto 3 las mediciones duraron un aproximado de 11 minutos, de 7:11am - 7:28am en el Punto 2 y de 7:28am - 7:39am en el Punto 3, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2 y del Punto 2 al Punto 3.

En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento (Línea color celeste), se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 7:12am y finalizo a las 7:44am, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 7:12am, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 7:18 am 6 minutos después, sin embargó los siguientes dos marcadores se colocaron a las 7:28am (Punto 2) 12 minutos después y 7:39am (Punto 3) 10 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 7:44am 4 minutos después, estos valores muestran que la intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento tuvieron un retraso de 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 1, 2 minutos aproximadamente durante las mediciones en el Punto 2 y 2 minutos aproximadamente en las mediciones en el Punto 3.

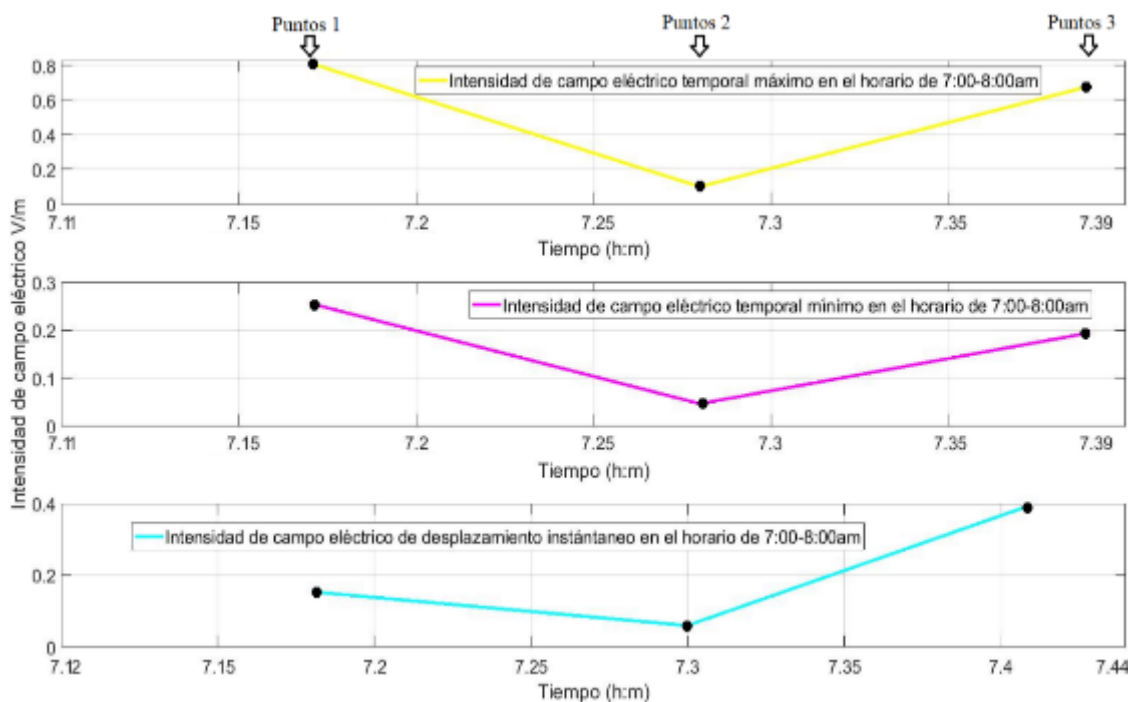


Gráfico 38-3: JUEVES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:11 am-7:39am y 7:12am-7:44am.

Fuente: Matlab.

Realizado por: Becerra, J, 2021.

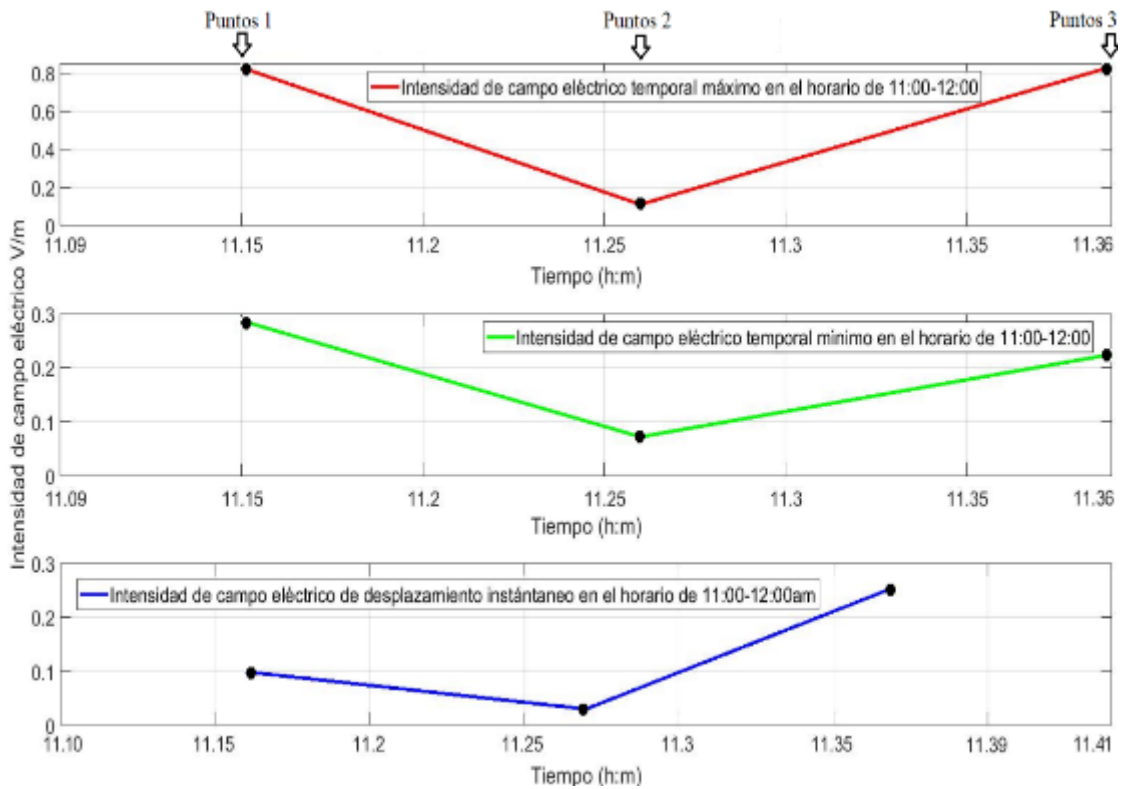


Gráfico 39-3: JUEVES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 11:09am-11:36am y 11:10am-11:41am.

Fuente: Matlab.

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En el Gráfico 39-3 se puede observar que durante el horario de 11:00am-12:00 la intensidad de campo eléctrico (E) máximo temporal ($E_{\text{máximo}}$), está representada con una línea de color rojo, la intensidad de campo eléctrico (E) mínimo temporal ($E_{\text{mínimo}}$), está representada con una línea de color verde claro y la intensidad de campo eléctrico (E) instantáneo de desplazamiento ($E_{\text{instantáneo}}$) está representada con una línea color azul. En el Punto 1, Punto 2 y Punto 3, la $E_{\text{máximo}}$ temporal (línea color rojo) es mayor a la $E_{\text{mínimo}}$ temporal (línea color verde claro) con un 65.35%, 34.41% y 73% y con un 88.04%, 72.65% y 69.25% a la $E_{\text{instantáneo}}$ de desplazamiento. Sin embargo, la $E_{\text{mínimo}}$ temporal (línea color verde claro) es mayor a la $E_{\text{instantáneo}}$ de desplazamiento (línea color azul) en el Punto 2, mientras que en el Punto 3 es todo lo contrario siendo la $E_{\text{instantáneo}}$ de desplazamiento (línea color azul) mayor a la $E_{\text{mínimo}}$ temporal (línea color verde claro).

Se puede observar en el eje X que la $E_{\text{máximo}}$ (línea color rojo) y la $E_{\text{mínimo}}$ (línea color verde claro) iniciaron la medición en el Punto 1 a las 11:09am y finalizó a las 11:15am, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo, en el Punto 2 la medición duró un aproximado de 11 minutos, de 11:15am - 11:26am, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó

desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2. La medición en el Punto 3 tuvo una duración aproximada de 10 minutos, de 11:26am - 11:36am, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 4 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 2 al Punto 3.

En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento (Línea color azul), se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 11:10am y finalizo a las 11:41am, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 11:10am, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 11:16am 6 minutos después, sin embargo los siguientes dos marcadores se colocaron a las 11:27am (Punto 2) 11 minutos después y 11:37am (Punto 3) 10 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 11:41am 4 minutos después, estos valores muestran que la intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento tuvieron un retraso de 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 1, 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 2 y 1 minuto aproximadamente en las mediciones en el Punto 3.

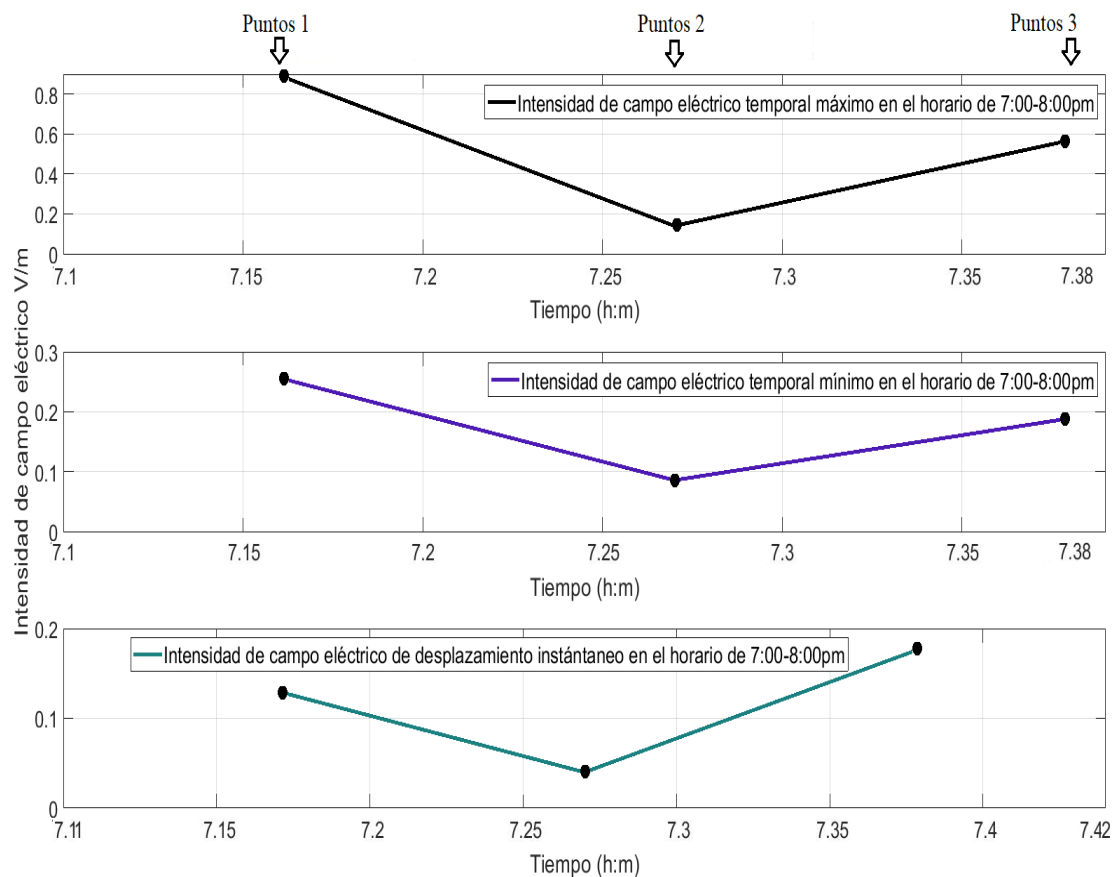


Gráfico 40-3: JUEVES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:10pm-7:38pm y 7:11pm-7:42pm.

Fuente: Matlab.

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En el Gráfico 40-3 se puede observar que durante el horario el horario de 7:00pm-8:00pm la intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**Emáximo**), está representada con una línea de color negro, la intensidad de campo eléctrico (**E**) mínimo temporal (**Emínimo**), está representada con una línea de color morado y la intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento (**Einstantáneo**) está representada con una línea color verde oscuro. En el Punto 1, Punto 2 y Punto 3, la **Emáximo** temporal (línea color negro) es mayor a la **Emínimo** temporal (línea color morado) con un 71.31%, 38.85% y 66.76% y con un 85.46%, 71.42% y 68.68% a la **Einstantáneo** de desplazamiento (línea de color verde oscuro). Sin embargo, la **Emínimo** temporal (línea color morado) es mayor en los tres puntos a la **Einstantáneo** de desplazamiento (línea de color verde oscuro) con una mínima diferencia en el Punto 3 de 0.01 centésimas.

Se puede observar en el eje X que la **Emáximo** (línea color negro) y la **Emínimo** (línea color morado) iniciaron la medición en el Punto 1 a las 7:10pm y finalizó a las 7:16pm, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo en el Punto 2 y Punto 3 las mediciones duraron un aproximado de 11 minutos, de 7:16pm - 7:27pm en el Punto 2 y de 7:27pm - 7:38pm en el Punto 3, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2 y del Punto 2 al Punto 3.

En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento (Línea color verde oscuro), se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 7:11pm y finalizó a las 7:42pm, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 7:11pm, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 7:17pm 6 minutos después, sin embargo los siguientes dos marcadores se colocaron a las 7:27pm (Punto 2) 10 minutos después y 11:38pm (Punto 3) 11 minutos después, finalmente el último marcador (Punto 4) se colocó a las 7:42pm 4 minutos después, estos valores muestran que la intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento tuvieron un retraso de 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 1, mientras que en el Punto 2 y Punto 3 coinciden en tiempos. Se debe tomar en consideración las distancias que se recorrieron y la velocidad a la que se desplazó el equipo.

Durante el día jueves en los 3 horarios establecidos de 7:00am-8:00am, 11:00am-12:00 y 7:00pm-8:00pm, se obtuvo una mayor intensidad de campo eléctrico en el Punto 1, alcanzando su valor más alto en la noche durante las mediciones de intensidad de campo eléctrico máximo temporal en el horario de 7:00pm-8:00pm (Línea color negro), seguida por la intensidad de campo eléctrico máximo temporal en el horario de 11:00am - 12:00 (línea color rojo) en el Punto

3, subseguida por la intensidad de campo eléctrico máximo temporal en el horario de 11:00am - 12:00 (línea color roja) en el Punto 1.

En la Tabla 20-3 se pueden ver los valores obtenidos durante el día viernes de intensidad de campo eléctrico temporal e intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento, agrupados en base a los horarios (7:00am-8:00am, 11:00am-12:00 y 7:00pm-8:00pm) y puntos de medición (Punto 1, Punto 2 y Punto 3).

Tabla 20-3: VIERNES, comparación de mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico **E**máximo y **E**mínimo, y las mediciones de desplazamiento de la intensidad de campo eléctrico **E**instantáneo.

Intensidad de campo eléctrico E de desplazamiento en la banda GSM 850 MHz. Frecuencia descendente de 869-894MHz.						
Horarios		Puntos de medición	Etemporal		Einstantáneo (V/m)	Límite de exposición Ocupacional contra Radiaciones no ionizantes
			E m áximo (V/m)	E m ínimo (V/m)		
7:11am-7:34am (Etemporal)	7:12am-7:44am (Einstantáneo)	punto 1	0.892	0.1772	0,086	40.5-41.11
		punto 2	0.1072	0.07381	0,029	
		punto 3	0.6787	0.2326	0,161	
11:09am-11:36am (Etemporal)	11:10am-11:41am (Einstantáneo)	punto 1	0.8768	0.2575	0,214	
		punto 2	0.1298	0.08207	0,041	
		punto 3	0.786	0.2706	0,18	
7:10pm-7:38pm (Etemporal)	7:11pm-7:42pm (Einstantáneo)	punto 1	0.8235	0.2404	0,141	
		punto 2	0.1595	0.09658	0,03	
		punto 3	0.7652	0.2699	0,368	

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En el Gráfico 41-3 se puede observar que durante el horario de 7:00am – 8:00am la intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**E**máximo), está representada con una línea de color amarillo, la intensidad de campo eléctrico (**E**) mínimo temporal (**E**mínimo), está representada con una línea de color rosado y la intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento (**E**instantáneo) está representada con una línea color celeste. En el Punto 1, Punto 2 y Punto 3, la **E**máximo temporal (línea color amarillo) es muy superior a la **E**mínimo temporal (línea color rosado) con un 80.13%, 31.14% y 75.72% a la y con un 90.35%, 72.94% y 76.27% a la **E**instantáneo de desplazamiento (línea color celeste). La **E**mínimo temporal (línea color rosado) es mayor a la **E**instantáneo de desplazamiento (línea color celeste) en los 3 puntos.

Se puede observar en el eje X que la **Em**áximo (línea color amarillo) y la **Em**ínimo (línea color rosado) iniciaron la medición en el Punto 1 a las inicio a las 7:11am y finalizo a las 7:17am, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo en el Punto 2 y Punto 3 las mediciones duraron un aproximado de 11 minutos, de 7:11am - 7:28am en el Punto 2 y de 7:28am - 7:39am en el Punto 3, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2 y del Punto 2 al Punto 3.

En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento (Línea color celeste), se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 7:12am y finalizo a las 7:44am, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 7:12am, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 7:18 am 6 minutos después, sin embargo los siguientes dos marcadores se colocaron a las 7:28am (Punto 2) 12 minutos después y 7:39am (Punto 3) 10 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 7:44am 4 minutos después, estos valores muestran que la intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento tuvieron un retraso de 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 1, 2 minutos aproximadamente durante las mediciones en el Punto 2 y 2 minutos aproximadamente en las mediciones en el Punto 3.

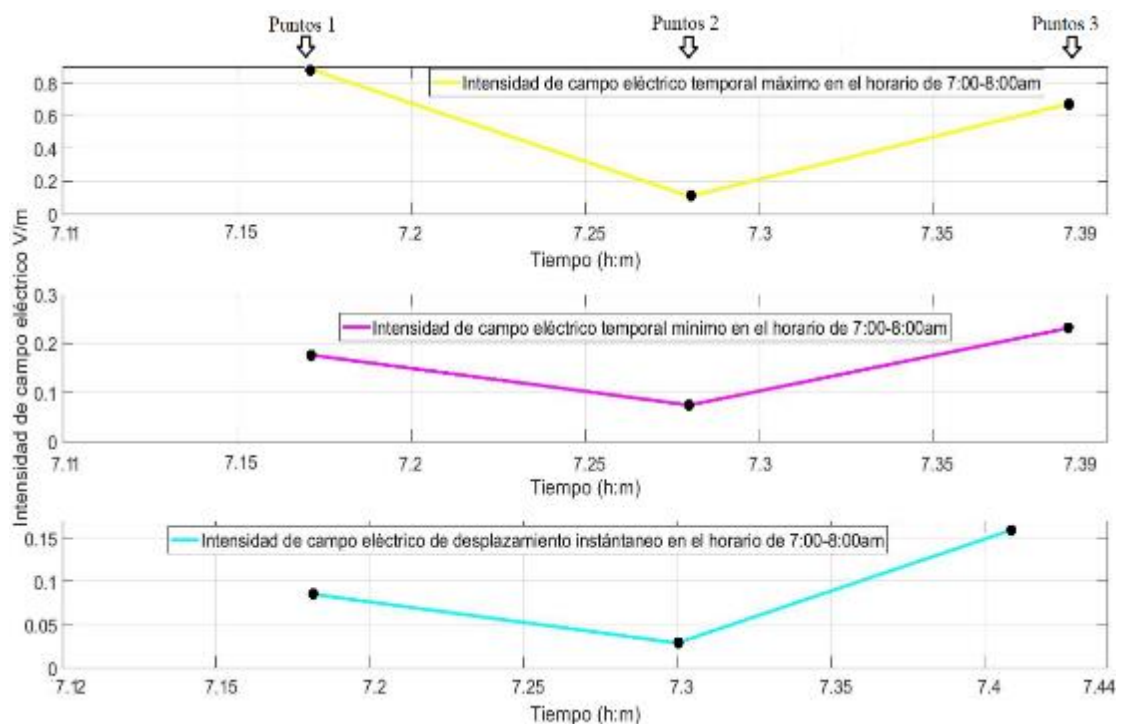


Gráfico 41-3: VIERNES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:11am-7:39am y 7:12am-7:44am.

Fuente: Matlab.

Realizado por: Becerra, J, 2021.

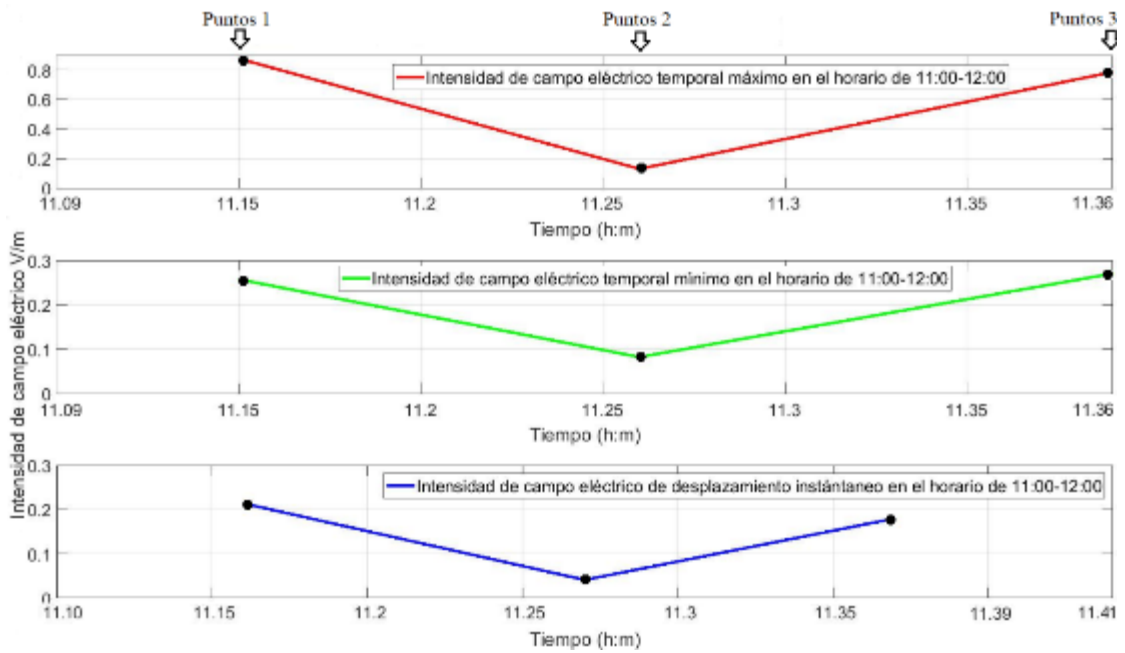


Gráfico 42-3: VIERNES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 11:09am-11:36am y 11:10am-11:41am.
Fuente: Matlab.

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En el Gráfico 42-3 se puede observar que durante el horario de 11:00am-12:00 la intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**E**_{máximo}), está representada con una línea de color rojo, la intensidad de campo eléctrico (**E**) mínimo temporal (**E**_{mínimo}), está representada con una línea de color verde claro y la intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento (**E**_{instantáneo}) está representada con una línea color azul. En el Punto 1, Punto 2 y Punto 3, la **E**_{máximo} temporal (línea color rojo) es mayor a la **E**_{mínimo} temporal (línea color verde claro) con un 70.63%, 36.77% y 65.57% y con un 75.59%, 68.41% y 77.09% a la **E**_{instantáneo} de desplazamiento (línea color azul). Sin embargo, la **E**_{mínimo} temporal (línea color verde claro) es mayor a la **E**_{instantáneo} de desplazamiento (línea color azul) en los 3 puntos.

Se puede observar en el eje X que la **E**_{máximo} (línea color rojo) y la **E**_{mínimo} (línea color verde claro) iniciaron la medición en el Punto 1 a las 11:09am y finalizo a las 11:15am, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo, en el Punto 2 la medición duro un aproximado de 11 minutos, de 11:15am - 11:26am, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2. La medición en el Punto 3 tuvo una duración aproximada de 10 minutos, de 11:26am - 11:36am, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 4 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 2 al Punto 3.

En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento (Línea color azul), se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 11:10am y finalizo a las 11:41am, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 11:10am, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 11:16am 6 minutos después, sin embargó los siguientes dos marcadores se colocaron a las 11:27am (Punto 2) 11 minutos después y 11:37am (Punto 3) 10 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 11:41am 4 minutos después, estos valores muestran que la intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento tuvieron un retraso de 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 1, 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 2 y 1 minuto aproximadamente en las mediciones en el Punto 3.

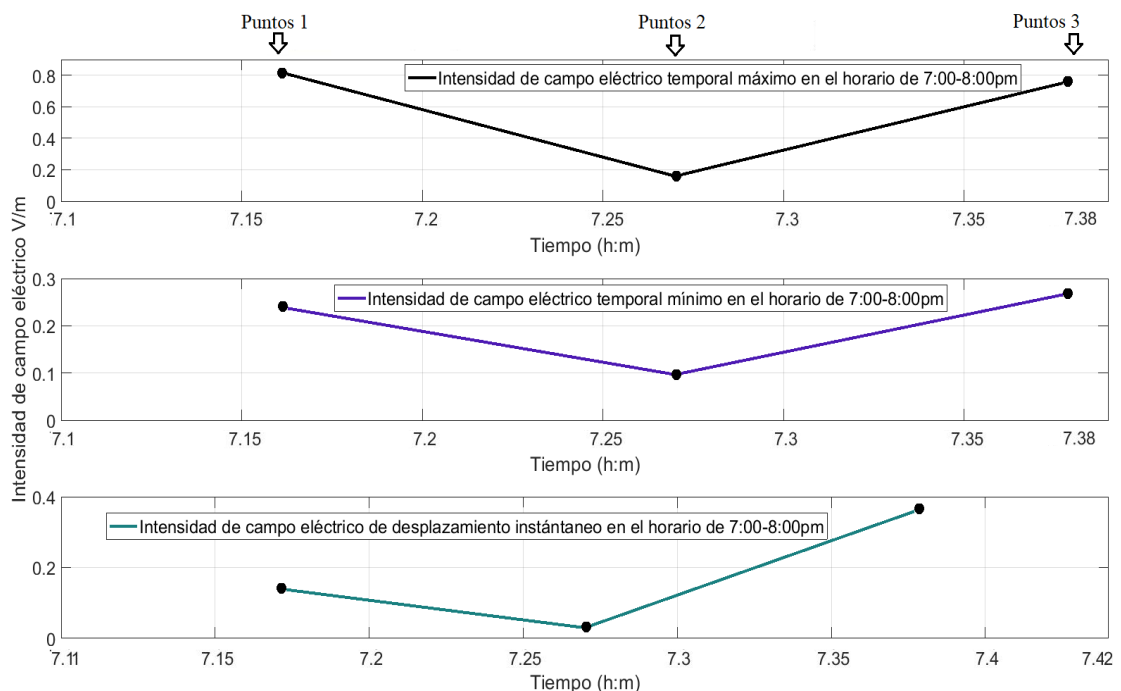


Gráfico 43-3: VIERNES, mediciones temporales de la intensidad de campo eléctrico máximo y mínimo, y de desplazamiento en el horario de 7:10pm-7:38pm y 7:11pm-7:42pm.

Fuente: Matlab.

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En el Gráfico 43-3 se puede observar que durante de 7:00pm-8:00pm la intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**E**_{máximo}), está representada con una línea de color negro, la intensidad de campo eléctrico (**E**) mínimo temporal (**E**_{mínimo}), está representada con una línea de color morado y la intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento (**E**_{instantáneo}) está representada con una línea color verde oscuro. En el Punto 1, Punto 2 y Punto 3, la **E**_{máximo} temporal (línea color negro) es mayor a la **E**_{mínimo} temporal (línea color morado) con un 70.81%, 39.44% y 64.72% y con un 82.87%, 81.2% y 51.9% a la **E**_{instantáneo} de desplazamiento (línea de color verde oscuro). Sin embargo, la **E**_{instantáneo} de

desplazamiento (línea de color verde oscuro) es mayor a la **E**mínimo temporal (línea color morado) en el Punto 3.

Se puede observar en el eje X que la **E**máximo (línea color negro) y la **E**mínimo (línea color morado) iniciaron la medición en el Punto 1 a las 7:10pm y finalizó a las 7:16pm, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo en el Punto 2 y Punto 3 las mediciones duraron un aproximado de 11 minutos, de 7:16pm - 7:27pm en el Punto 2 y de 7:27pm - 7:38pm en el Punto 3, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2 y del Punto 2 al Punto 3.

En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento (Línea color verde oscuro), se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 7:11pm y finalizó a las 7:42pm, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 7:11pm, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 7:17pm 6 minutos después, sin embargo los siguientes dos marcadores se colocaron a las 7:27pm (Punto 2) 10 minutos después y 11:38pm (Punto 3) 11 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 7:42pm 4 minutos después, estos valores muestran que la intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento tuvieron un retraso de 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 1, mientras que en el Punto 2 y Punto 3 coinciden en tiempos. Se debe tomar en consideración las distancias que se recorrieron y la velocidad a la que se desplazó el equipo.

Durante el día viernes en los 3 horarios establecidos de 7:00am-8:00am, 11:00am-12:00 y 7:00pm-8:00pm, se obtuvo una mayor intensidad de campo eléctrico en el Punto 1, alcanzando su valor más alto en la mañana durante las mediciones de intensidad de campo eléctrico máximo temporal en el horario de 7:00am-8:00am (Línea color amarillo), seguida por la intensidad de campo eléctrico máximo temporal en el horario de 11:00am - 12:00 (línea color rojo), subseguida por la intensidad de campo eléctrico máximo temporal en el horario de 7:00pm - 8:00pm (línea color negro).

3.2.2 *Tablas comparativas entre intensidad de campo eléctrico temporal promedio máximo, mínimo e intensidad de campo eléctrico de desplazamiento promedio.*

Con los resultados obtenidos de intensidad de campo eléctrico máximo temporal promedio (**E**máximopromedio), intensidad de campo eléctrico mínimo temporal promedio (**E**mínimopromedio), e intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento promedio

(**E**instantáneo promedio), se realizó una tabla donde se colocó cada uno de los valores agrupándolos en base a sus horarios (7:11am - 7:34am, 11:09am - 11:36am y 7:10pm - 7:38pm) (7:12am - 7:44am, 11:10am - 11:41am y 7:11pm - 7:42pm) y entre puntos (Punto 1, Punto 2 y Punto 3), lo cual ayudara a evaluar el comportamiento de las radiaciones electromagnéticas temporales y de desplazamiento en la banda de frecuencia GSM-850Mhz en el interior de la ESPOCH, como se observa en la Tabla 21-3.

Para el análisis correcto en tiempos de los gráficos en el eje X, se sacó los valores promedio de cada uno de los horarios establecidos de 7:00am - 8:00am, 11 am - 12:00 y 7:00pm - 8:00pm.

Tabla 21-3: Intensidad de campo eléctrico temporal **E**máximopromedio y **E**mínimopromedio e intensidad de campo eléctrico de desplazamiento **E**instantáneo promedio.

Intensidad de campo eléctrico E de desplazamiento en la banda GSM 850 MHz. Frecuencia descendente de 869-894MHz.						
Horarios		Puntos de medición	E temporal		E instantáneo (V/m)	Límite de exposición Ocupacional contra Radiaciones no ionizantes
			E máximo (V/m)	E mínimo (V/m)		
7:11am-7:34am (E temporal)	7:12am-7:44am (E instantáneo)	punto 1	0.86152	0.20832	0,1	40.5-41.11
		punto 2	0.13696	0.07715	0,04	
		punto 3	0.71822	0.23616	0,279	
11:09am-11:36am (E temporal)	11:10am-11:41am (E instantáneo)	punto 1	0.98654	0.28324	0,16	
		punto 2	0.13772	0.08038	0,04	
		punto 3	0.71242	0.22948	0,314	
7:10pm-7:38pm (E temporal)	7:11pm-7:42pm (E instantáneo)	punto 1	0.89006	0.27524	0,108	
		punto 2	0.1569	0.0873	0,027	
		punto 3	0.54173	0.22036	0,321	

Realizado por: Becerra, J, 2021.

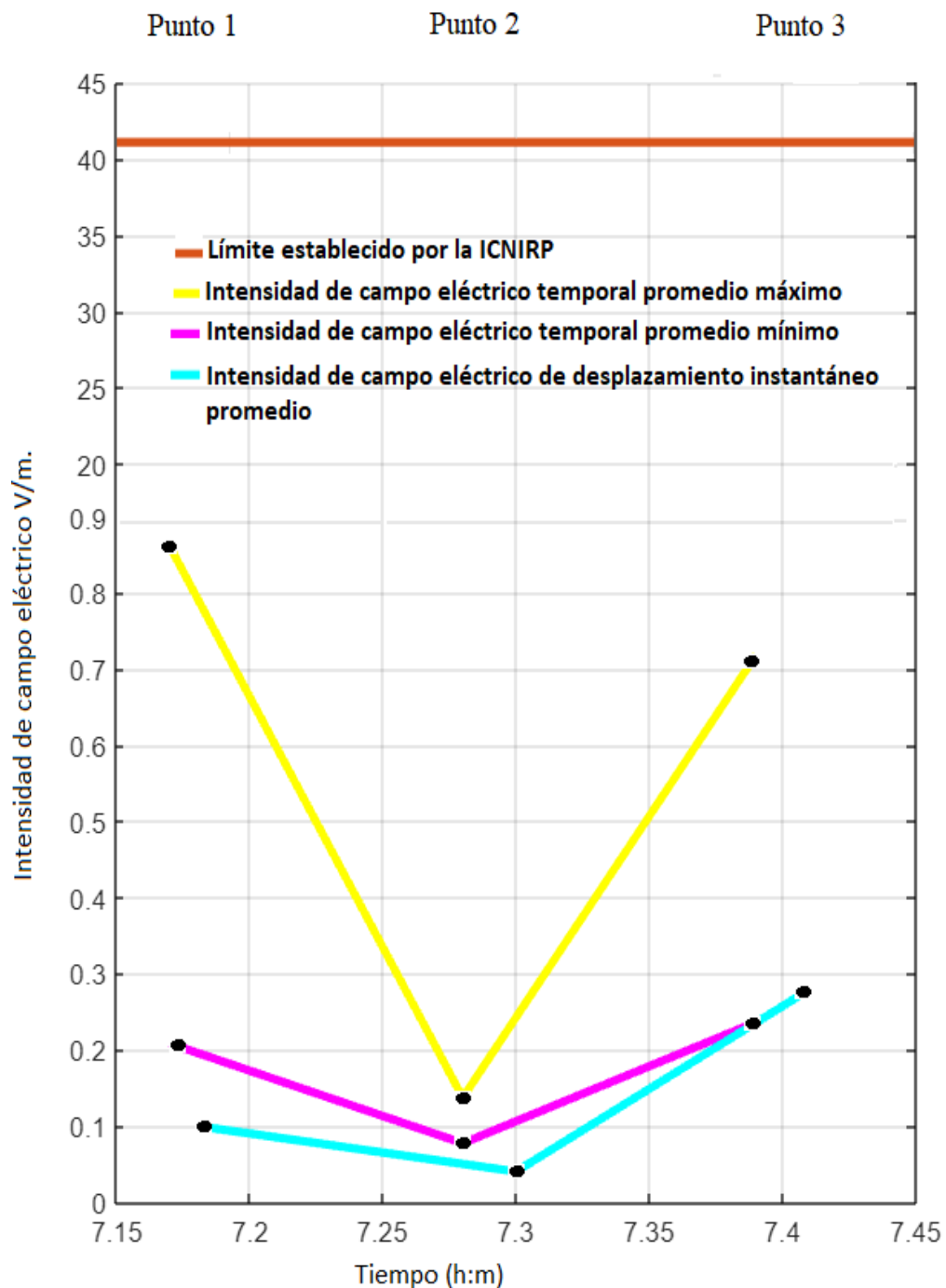


Gráfico 44-3: Resultados de intensidad de campo eléctrico temporal máximo promedio y mínimo promedio Vs intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo promedio en el horario de 7:11am-7:39am y 7:12am-7:44am.

Fuente: Matlab.

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En el Gráfico 44-3 se puede observar que durante el horario de 7:00am – 8:00am la intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**E**_{máximo}), está representada con una línea de color

amarillo, la intensidad de campo eléctrico (**E**) mínimo temporal (**Emínimo**), está representada con una línea de color rosado y la intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento (**Einstantáneo**) está representada con una línea color celeste. En el Punto 1 la **Emáximopromedio** temporal (línea color amarillo) es mayor con el 89.86% en relación a la **Einstantáneopromedio** de desplazamiento (línea color celeste), mientras que en el Punto 2 la **Emáximopromedio** temporal (línea color amarillo) es mayor con el 70.79% en relación a la **Einstantáneopromedio** de desplazamiento (línea color celeste). En el Punto 3 se puede ver que la **Emáximopromedio** temporal (línea color amarillo) es mayor con el 61.15% en relación a la **Einstantáneopromedio** de desplazamiento (línea color celeste). Además, en el Punto 1 la **Emínimopromedio** temporal (línea color rosado) es mayor con el 52.00% en relación a la **Einstantáneopromedio** de desplazamiento (línea color celeste), mientras que en el Punto 2 la **Emínimopromedio** temporal (línea color rosado) es mayor con el 69.15% en relación a la **Einstantáneopromedio** de desplazamiento (línea color celeste). En el Punto 3 se puede ver que la **Einstantáneopromedio** de desplazamiento (línea color celeste) es mayor con el 15.35% en relación a la **Emínimopromedio** temporal (línea color rosado).

Se puede observar en el eje X que la **Emáximopromedio** (línea color azul) y la **Emínimopromedio** (línea color rojo) iniciaron la medición en el Punto 1 a las inicio a las 7:11am y finalizo a las 7:17am, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo en el Punto 2 y Punto 3 las mediciones duraron un aproximado de 11 minutos, de 7:11am - 7:28am en el Punto 2 y de 7:28am - 7:39am en el Punto 3, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2 y del Punto 2 al Punto 3.

En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento promedio (Línea color verde), se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 7:12am y finalizo a las 7:44am, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 7:12am, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 7:18 am 6 minutos después, sin embargó los siguientes dos marcadores se colocaron a las 7:28am (Punto 2) 12 minutos después y 7:39am (Punto 3) 10 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 7:44am 4 minutos después, estos valores muestran que la intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento tuvieron un retraso de 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 1, 2 minutos aproximadamente durante las mediciones en el Punto 2 y 2 minutos aproximadamente en las mediciones en el Punto 3.

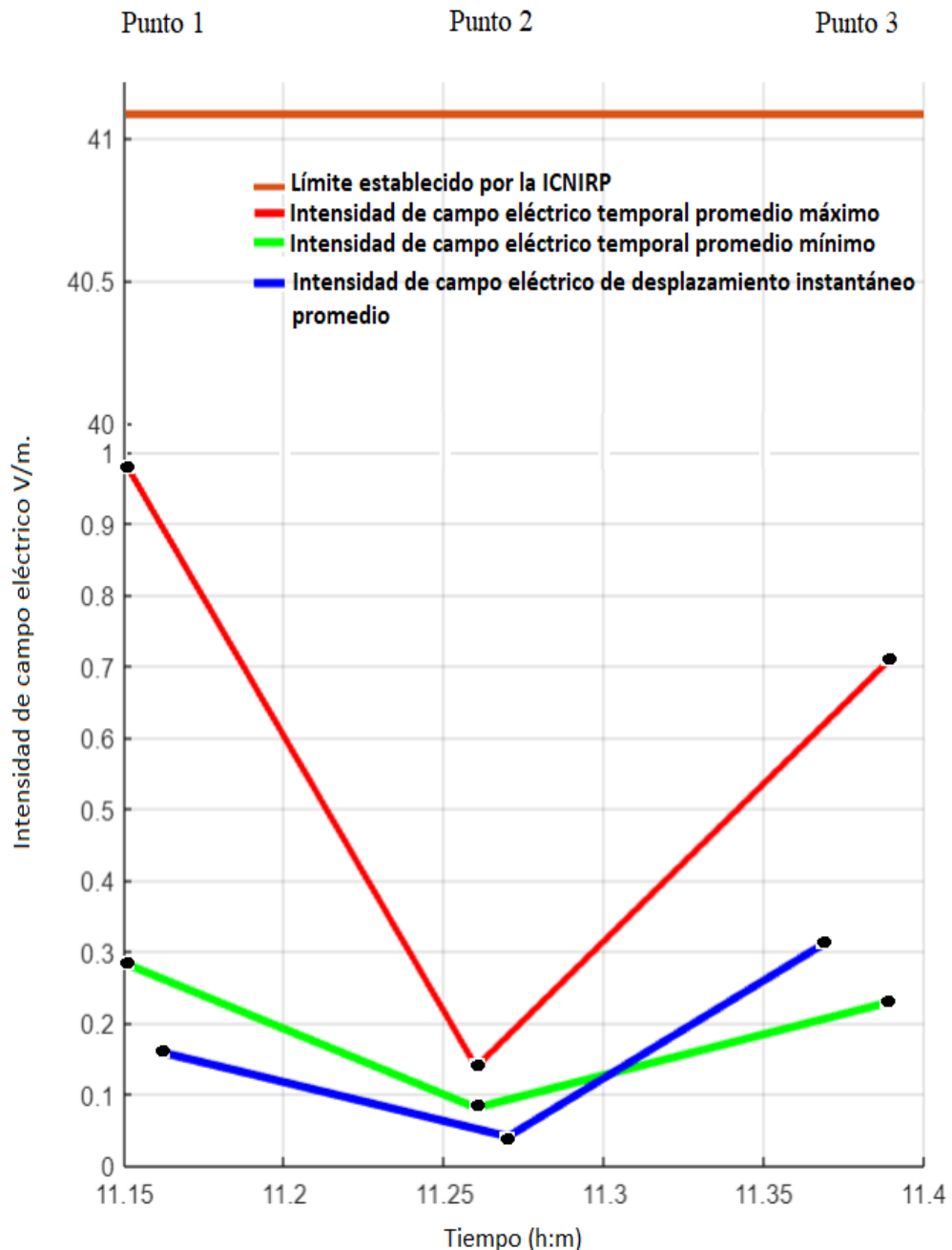


Gráfico 45-3: Resultados de intensidad de campo eléctrico temporal máximo promedio y mínimo promedio Vs intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo promedio en el horario de 11:09am-11:36am y 11:10am-11:41am.

Fuente: Matlab.

Realizado por: Becerra, J, 2021.

En el Gráfico 45-3 se puede observar que durante el horario de 11:00am-12:00 la intensidad de campo eléctrico (E) máximo temporal ($E_{\text{máximo}}$), está representada con una línea de color rojo, la intensidad de campo eléctrico (E) mínimo temporal ($E_{\text{mínimo}}$), está representada con una línea de color verde claro y la intensidad de campo eléctrico (E) instantáneo de desplazamiento

(Einstantáneo) está representada con una línea color azul. En el Punto 1 **Emáximopromedio** temporal (línea color rojo) es mayor con el 81.82% en relación a la **Einstantáneopromedio** de desplazamiento (línea color azul), mientras que en el Punto 2 la **Emáximopromedio** temporal (línea color rojo) es mayor con el 70.96% en relación a la **Einstantáneopromedio** de desplazamiento (línea color azul). En el Punto 3 se puede ver que la **Emáximopromedio** temporal (línea color rojo) es mayor con el 55.92% en relación a la **Einstantáneopromedio** de desplazamiento (línea color azul). Además, en el Punto 1 **Emínimopromedio** temporal (línea color verde claro) es mayor con el 43.41% en relación a la **Einstantáneopromedio** de desplazamiento (línea color azul), mientras que en el Punto 2 la **Emínimopromedio** temporal (línea color verde claro) es mayor con el 50.24% en relación a la **Einstantáneopromedio** de desplazamiento (línea color azul). En el Punto 3 se puede ver que la **Einstantáneopromedio** de desplazamiento (línea color azul) es mayor con el 26.92% en relación a la **Emínimopromedio** temporal (línea color verde claro).

Se puede observar en el eje X que la **Emáximopromedio** (línea color azul) y la **Emínimopromedio** (línea color rojo) iniciaron la medición en el Punto 1 a las 11:09am y finalizó a las 11:15am, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo, en el Punto 2 la medición duró un aproximado de 11 minutos, de 11:15am - 11:26am, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2. La medición en el Punto 3 tuvo una duración aproximada de 10 minutos, de 11:26am - 11:36am, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 4 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 2 al Punto 3.

En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento promedio (Línea color verde), se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 11:10am y finalizó a las 11:41am, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 11:10am, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 11:16am 6 minutos después, sin embargo los siguientes dos marcadores se colocaron a las 11:27am (Punto 2) 11 minutos después y 11:37am (Punto 3) 10 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 11:41am 4 minutos después, estos valores muestran que la intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento tuvieron un retraso de 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 1, 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 2 y 1 minuto aproximadamente en las mediciones en el Punto 3.

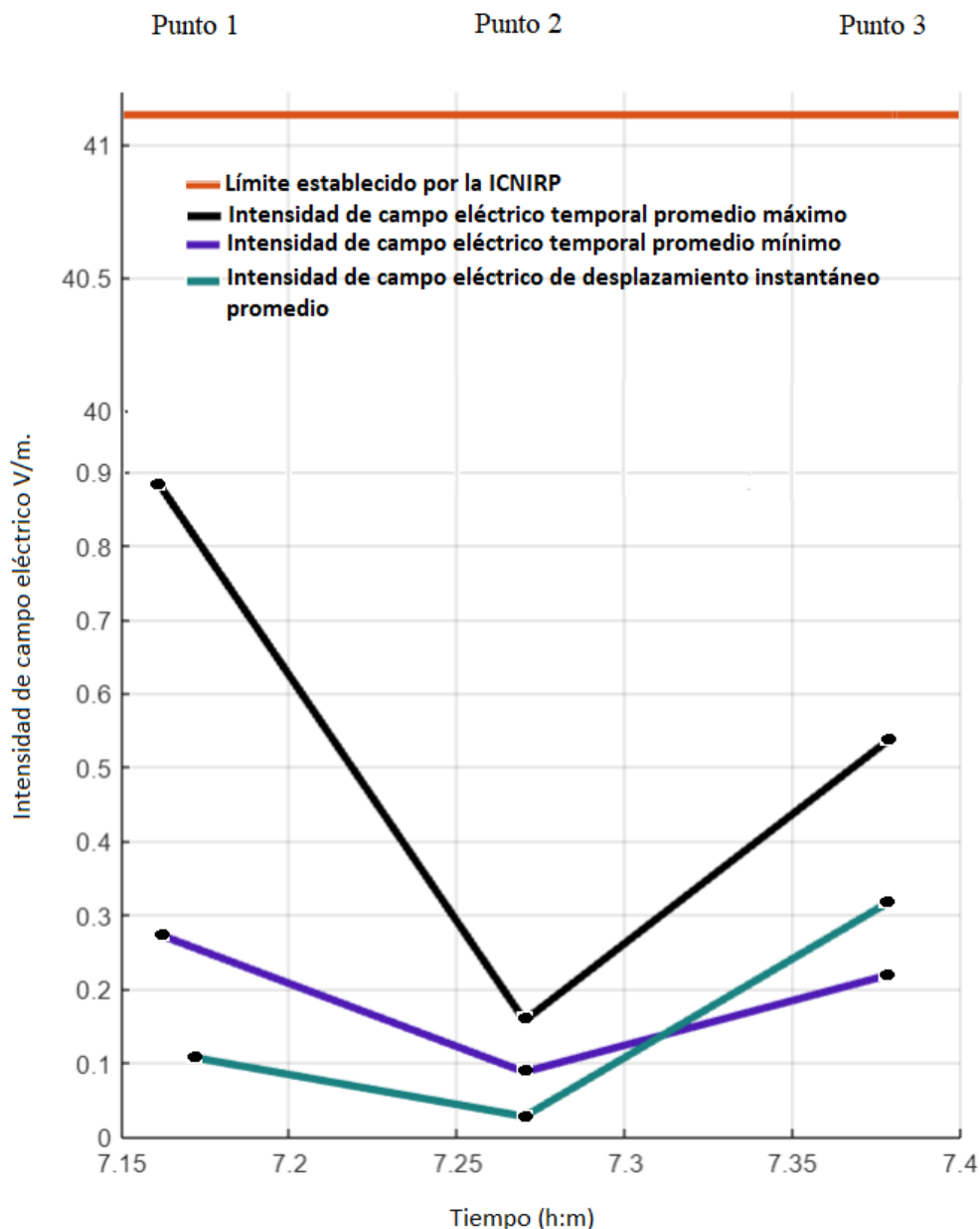


Gráfico 46-3: Resultados de intensidad de campo eléctrico temporal máximo promedio y mínimo promedio Vs intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo promedio en el horario de 7:10pm-7:38pm y 7:11pm-7:42pm.
Fuente: Matlab.
Realizado por: Becerra, J, 2021.

En el Gráfico 46-3 se puede observar que durante el horario de 7:00pm-8:00pm la intensidad de campo eléctrico (**E**) máximo temporal (**E**_{máximo}), está representada con una línea de color negro, la intensidad de campo eléctrico (**E**) mínimo temporal (**E**_{mínimo}), está representada con una línea de color morado y la intensidad de campo eléctrico (**E**) instantáneo de desplazamiento (**E**_{instantáneo}) está representada con una línea color verde oscuro. En el Punto 1 la **E**_{máximopromedio} temporal (línea color negro) es mayor con el 87.87% en relación a la

Einstantáneopromedio de desplazamiento (línea de color verde oscuro), mientras que en el Punto 2 la **E**máximopromedio temporal (línea color negro) es mayor con el 82.79% en relación a la **E**instantáneopromedio de desplazamiento (línea de color verde oscuro). En el Punto 3 se puede ver que la **E**máximopromedio temporal (línea color negro) es mayor con el 40.74% en relación a la **E**instantáneopromedio de desplazamiento (línea de color verde oscuro). Además, en el Punto 1 la **E**mínimopromedio temporal (línea color morado) es mayor con el 60.76% en relación a la **E**instantáneopromedio de desplazamiento (línea de color verde oscuro), mientras que en el Punto 2 la **E**mínimopromedio temporal (línea color morado) es mayor con el 69.07% en relación a la **E**instantáneopromedio de desplazamiento (línea de color verde oscuro). En el Punto 3 se puede ver que la **E**instantáneopromedio de desplazamiento (línea de color verde oscuro) es mayor con el 31.35% en relación a la **E**mínimopromedio temporal (línea color morado).

Se puede observar en el eje X que la **E**máximopromedio (línea color azul) y la **E**mínimopromedio (línea color rojo) iniciaron la medición en el Punto 1 a las 7:10pm y finalizó a las 7:16pm, cumpliendo con los 6 minutos establecidos por la IEEE, sin embargo en el Punto 2 y Punto 3 las mediciones duraron un aproximado de 11 minutos, de 7:16pm - 7:27pm en el Punto 2 y de 7:27pm - 7:38pm en el Punto 3, tomando en cuenta los 6 minutos de medición establecidos por la IEEE, los 5 minutos restantes se atribuye al tiempo que tomó desplazar el equipo del Punto 1 al Punto 2 y del Punto 2 al Punto 3.

En las mediciones de intensidad de campo eléctrico instantáneo de desplazamiento promedio (Línea color verde), se puede observar en el eje X que la medición inicio a las 7:11pm y finalizó a las 7:42pm, el primer marcador (Punto 0) se registró a las 7:11pm, el segundo marcador (Punto 1) se registró a las 7:17pm 6 minutos después, sin embargo los siguientes dos marcadores se colocaron a las 7:27pm (Punto 2) 10 minutos después y 11:38pm (Punto 3) 11 minutos después, finalmente el ultimo marcador (Punto 4) se colocó a las 7:42pm 4 minutos después, estos valores muestran que la intensidad de campo eléctrico tanto temporales como de desplazamiento tuvieron un retraso de 1 minuto aproximadamente durante las mediciones en el Punto 1, mientras que en el Punto 2 y Punto 3 coinciden en tiempos. Se debe tomar en consideración las distancias que se recorrieron y la velocidad a la que se desplazó el equipo.

CONCLUSIONES.

- Se realizaron mediciones de intensidad de campo eléctrico máximo temporal, mínimo temporal y mediciones de intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo en la banda GSM-850 MHz en el interior de la ESPOCH ubicada en la ciudad de Riobamba, donde se obtuvieron valores promedio para cada una de las jornadas establecidas, tanto la Intensidad de Campo Eléctrico temporal y de desplazamiento obtenidos, representan menos del 1.4% de los límites establecidos por los organismos ICNIRP y UIT.
- Se obtuvieron valores de intensidad de campo eléctrico temporal máximo promedio para el Punto 1, Punto 2 y Punto 3, determinándose que durante todos los horarios 7:00-8:00am, 11:00am-12:00 y 7:00pm-8:00pm la intensidad de campo eléctrico máximo temporal promedio es superior en el Punto 1 con el 86.38%, Punto 2 con el 74.85% y en el Punto 3 con el 52.6% en relación a la intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo promedio, mientras que los valores de intensidad de campo eléctrico temporal mínimo promedio tanto en el Punto 1 y Punto 2 son superiores con 52.09% y 55.82% con respecto a la intensidad de campo eléctrico de desplazamiento instantáneo promedio.
- De los resultados obtenidos se puede observar que la intensidad de campo eléctrico temporal máximo promedio es mayor a la intensidad de campo eléctrico de desplazamiento en los tres puntos (Punto 1, Punto 2 y Punto 3) en los horarios de 7:00am – 8:00am, 11:00am – 12:00 y 7:00pm – 8:00pm, sin embargo, en el Punto 2 se observa una menor intensidad de campo eléctrico en relación al Punto 1 y Punto 3, debido a que este se encuentra más alejado a la antena.
- De los resultados obtenidos se puede observar que la intensidad de campo eléctrico temporal mínimo promedio y la intensidad de campo eléctrico de desplazamiento, tienen valores muy similares entre sí en los tres puntos establecidos (Punto 1, Punto 2 y Punto 3) en los horarios de 7:00am – 8:00am, 11:00am – 12:00 y 7:00pm – 8:00pm
- En base a los valores obtenidos de la intensidad de campo eléctrico de desplazamiento se puede decir que su valor es inferior debido a varios factores como reflexiones, difracciones ubicadas a lo largo del trayecto de la ruta.
- La banda GSM-850 MHz durante el periodo de mediciones de 11:00am – 12:00am obtuvo el valor máximo de intensidad de campo eléctrico temporal y durante el periodo de 7:00pm – 8:00pm obtuvo el valor máximo de intensidad de campo eléctrico de desplazamiento, indicando que se obtuvo una mayor cantidad de usuarios conectados durante estos lapsos de tiempo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar mediciones de intensidad de campo eléctrico temporales y de desplazamiento con los equipos NARDA SRM-3006 y dosímetros EME Spy-200 a las 2:00-6:00am donde el tráfico de datos se mantiene casi constante cumpliendo con lo visto en la Grafica 1-2.
- Exportar los datos obtenidos de Intensidad de campo eléctrico temporal y de desplazamiento al simulador SIM4LIFE para obtener la distribución de la SAR tanto de intensidad de campo eléctrico temporal y de desplazamiento y realizar una evaluación de estos.
- El número de puntos en los que se va a medir la intensidad de campo eléctrico con el dispositivo NARDA SRM-3006 se va a seleccionar en base al tiempo que tomó las mediciones de intensidad de campo eléctrico de desplazamiento para que las intensidades campo eléctrico temporal y de desplazamiento se mantengan dentro de las mismas condiciones de tráfico.
- Es trascendental colocar etiquetas en el dispositivo Eme Spy-200 porque dichos valores instantáneos de intensidad de campo eléctrico de desplazamiento son los que se evaluarán con los valores intensidad de campo eléctrico temporal máximos y mínimo.
- Se recomienda realizar las mediciones de intensidad de campo eléctrico temporal y de desplazamiento en todas las bandas, en el centro de la ciudad de Riobamba donde se genera una mayor cantidad de tráfico de usuarios para su posterior evaluación

GLOSARIO

BANDA DE FRECUENCIAS: agrupación de frecuencias en un rango específico, que en su conjunto poseen ciertas características en común.

CAMPO ELECTROMAGNÉTICO: interacción entre los campos eléctricos y magnéticos que se propagan en forma ortogonal en una dirección determinada.

GSM: Tecnología de comunicación móvil celular creada con el objetivo del intercambio de información de forma inalámbrica, utilizando celdas celulares que interconectan distintos lugares en una sola red de comunicación.

HERCIOS (Hz): Unidad de medida de la frecuencia determinada por la cantidad de ciclos recorridos en un segundo.

MEDICIÓN: actividad propia de determinar la magnitud de un objeto, o la determinación de las diferentes características que posee la materia.

BIBLIOGRAFÍA

ARCOTEL RESOLUCION 12-09 [en línea]. 2017. pp. 1-25. [Consulta: 23 Agosto 2020]. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/06/RESOLUCION-12-09-ARCOTEL-2017.pdf>.

ARCOTEL BOLETIN ESTADISTICO IV TRIMESTRE 2018 [en línea]. 2018. p. 4. [Consulta: 10 Abril 2020]. Disponible en: http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/BOLETIN-ESTADISTICO-Diciembre-2018-v4_3.pdf.

CASTILLO HEREDIA, Luis Javier. Estudio de los niveles de radiación electromagnética no ionizantes producidas por las antenas de radio, televisión y estaciones base de telefonía celular en varias zonas de la ciudad de Riobamba (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2013. p. 35.

CORDOVA, Juan; & SILVA, Rodrigo. “Regulación del servicio móvil avanzado en el Ecuador”. Revista CIENCIA [en línea], 2016, (Ecuador) 18(3), pp. 268-274. [Consulta: 15 enero 2020]. ISSN 267-280. Disponible en: <https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2016/06/reglamento-servicio-movil-avanzado-operadores-moviles-virtuales.pdf>

Microwave Vision Group, EME Spy-200 EME Spy Analysis (Manual). Francia, (2013), pp. 1-26.

FREIRE, Wilme; et al. *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición.* Quito-Ecuador: El Telégrafo, 2014. P. 212.

FRENZEL, L. *What's The Difference Between EM Near Field And Far Field Electronic Design* [blog] [Consulta: 20 abril 2020]. Disponible en: <http://www.electronicdesign.com/energy/what-s-difference-betweenem-near-field-and-far-field#2>.

FUSTEL, A. “Campos Electromagnéticos y Efectos en la Salud”. Subdirección de Salud Pública y Consumo [en línea], 2011, p. 10 [Consulta: 11 de julio del 2020]. Disponible en: http://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/cem_salud/es_cem/adjuntos/cem.p

d f 61 ICNIRP. 2011. Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields.

GLENN, A. *Teaching with Google Earth* [blog]. [Consulta: 19 mayo 2020]. Disponible en: https://serc.carleton.edu/introgeo/google_earth/what.html.

HENAO MELO, Luis Guillermo. Diseño de un equipo de rastreo satelital de elementos usando tecnologías GPS y GSM [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia. 2004. pp. 19-21. [Consulta: 2020-07-23]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/web/sigep/hdv/-/directorio/M345814-0364-4/view>.

HERNANDEZ CARDOSA, AMATERAZU. Operación de una radio base celular cuando coexisten GSM& IS-54, IS-136 [en línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura). Universidad de las Américas Puebla. Puebla, México. 2003. pp. 86-89. [Consulta: 2020-09-23]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/hernandez_c_a/.

INTERNATIONAL COMMISSION ON NO IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). *Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz)* [en línea]. 1998. [Consulta: 1 junio 2020]. Disponible en: <http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdlesp.pdf>.

LEY ORGANICA DE TELECOMUNICACIONES. *Prestación de servicios de telecomunicaciones.*

LEY ORGANICA DE TELECOMUNICACIONES. *Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.*

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). *¿Qué son los campos electromagnéticos?* [en línea]. 1999. [Consulta: 12 marzo 2020]. Disponible en: <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/es/>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). *Comunicando los riesgos de la radiación en radiodiagnóstico pediátrico* [en línea]. 2016. p. 14 [Consulta: 2 febrero 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/iris/bitstream/10665/272341/1/9789241510349-spa.pdf?ua=1>.

ORDÓÑEZ, J. L. Espectro Electromagnético y Espectro Radioeléctrico. ACTA [en línea]. 2012. pp. 17-20, [Consulta en: 20 agosto 2020]. Disponible en: http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062017.pdf.

HERNANDEZ CARDOSA, AMATERAZU. Operación de una radio base celular cuando coexisten GSM& IS-54, IS-136 [en línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura). Universidad de las Américas Puebla. Puebla, México. 2003. pp. 86-89. [Consulta: 2020-09-23]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/hernandez_c_a/.

PACHÒN, Álvaro. “Evolución de los sistemas móviles celulares GSM”. *Sistemas & Telemática*. (2004), (Colombia) p. 15.

REYES, Manuel; et al. *Estadística una herramienta para la gestión*. Babahoyo-Ecuador: Cidepro, 2018, p. 62.

NARDA SAFETY TEST SOLUTION, SRM-3006 Selective Radiation Meter (Manual). Alemania, (2010), Pp. 4-190.

SANTOS ARMAS, Washington Moisés, & TARCO GAVILANES, Cristian Patricio. Análisis de un canal de transmisión central de las bandas gsm850 y gsm-1900 en el interior de la ESPOCH utilizando el NARDA SRM-3000, para determinar el comportamiento de la intensidad de campo eléctrico. (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. p. 13.

TOMASI, Wayne. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. 4ta ed. Phoenix Arizona: Prentice Hall, 2003, p. 425.

UIT. *Ayudamos al mundo a comunicarse*. Ginebra-Suiza, 2004, pp. 2-30.

UIT-T K.52. *Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos*.

UIT-T K.61. *Directrices sobre la medición y la predicción numérica de los campos electromagnéticos para comprobar que las instalaciones de telecomunicaciones cumplen los límites de exposición de las personas*.

VILA BURGUETE, Carlos Alberto. Simulación de Zonas de Fresnel para Enlaces de Microondas Terrestres [en línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura) Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México. 2005. pp. 11-19. [Consulta: 2020-09-04]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/vila_b_ca/capitulo1.pdf.



epoch

**Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 24 / 03 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: JEFFERSON MARCELO BECERRA PARRA
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Carrera: TELECOMUNICACIONES
Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES
f. Analista de Biblioteca responsable: Lcdo. Holger Ramos, MSc.



2188-DBRA-UPT-2021