

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**



**“MONITORIZACIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LOS
LABORATORIOS DE ROBÓTICA E INFORMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD
ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA UPSE, ECUADOR”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

AUTOR: ALVARO JOFFRE GUALE POZO

TUTOR: NÉSTOR MINHUEY MÉNDEZ, PHD

LA LIBERTAD-ECUADOR

2014

La Libertad, 5 de diciembre del 2014

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación, “MONITORIZACIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LOS LABORATORIOS DE ROBÓTICA E INFORMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA UPSE, ECUADOR” elaborado por el señor ALVARO JOFFRE GUALE POZO, egresado de la Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones, Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y telecomunicaciones, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

Atentamente

.....

NÉSTOR MINHUEY MÉNDEZ, PHD

Prometeo SENESCYT

TUTOR

RUTH ESPINOZA ALMEIDA
LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
REGISTRO SENESCYT N°:1030-02-15828
TELÉFONO CELULAR: 0991582744
CORREO ELECTRÓNICO: gadaru3397@hotmail.com

CERTIFICO

Que, he revisado la redacción, ortografía, gramática y empleo de la sinonimia del trabajo de titulación con el tema:

“MONITORIZACIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LOS LABORATORIOS DE ROBÓTICA E INFORMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA UPSE, ECUADOR”

Elaborado por el señor **Alvaro Guale Pozo** para optar por el título de **Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**, de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Quien ha realizado las correcciones correspondientes en el mencionado trabajo de graduación.

Por lo expuesto autorizo al peticionario, a hacer uso de este certificado, como considere conveniente a sus intereses.

Santa Elena, diciembre 3 de 2014



Lcda. Ruth Espinoza Almeida

DEDICATORIA

A MIS HIJOS **Alessandro, Ammy y Alan** quienes fueron la fuente de inspiración para culminar esta tesis y enseñarles que cuando uno se propone lograr una meta en la vida se la alcanza con perseverancia.

A MI HERMANO **Cristhian**, quien se adelantó al encuentro con Dios y me acompaña en todo momento, cuidándome y guiándome para cumplir lo que un día también eran sus sueños, te dedico con todo mi corazón este trabajo investigativo. Siempre te recordaré...

AGRADECIMIENTO

A Dios, mis padres y mi hermano Joel, quienes han sido la guía y el camino para la culminación de esta tesis y darme la oportunidad de ser un profesional y ser un ejemplo de vida para la sociedad.

A mi compañera incondicional Leonor, por tu paciencia y sacrificio para que logre este trabajo de titulación y ser mejor para ti. Gracias por existir.

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Freddy Villao Santos, MSc.
Decano de la Facultad de
Sistemas y Telecomunicaciones

Ing. Washington Torres Guin, MSc.
Director de Escuela de
Electrónica y Telecomunicaciones

PhD. Néstor Minhuey M.
Tutor

Ing. Daniel Gómez Alejandro
Profesor de Área

Abg. Joe Espinoza Ayala
Secretario General

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**“MONITORIZACIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LOS
LABORATORIOS DE ROBÓTICA E INFORMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD
ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA UPSE, ECUADOR”**

Autor: Guale Pozo Alvaro Joffre

Tutor: PhD, Néstor Minhuey M.

RESUMEN

Se desarrolló la Monitorización de Campos Electromagnéticos en los laboratorios de Robótica e Informática de la Universidad Estatal Península de Santa Elena UPSE, para evaluar y comparar los niveles de exposición a Radiaciones No Ionizantes con estándares y normativas nacionales como internacionales.

En el presente estudio estadístico comparativo se utilizó el analizador de espectros a tiempo real SPECTRAN NF-5035, específicamente para

monitorear los campos electromagnéticos existentes en los ambientes de los laboratorios a una frecuencia industrial de 60 Hz.

En el análisis de resultados el valor general de la media de densidad de flujo magnético tiene un valor de $0.09\mu\text{T}$ encontrado en los distintos Laboratorios de Informática y Robótica, en comparación con el límite máximo permitido por la ICNIRP tan solo constituye el 0.11%.

Se concluye que el nivel de Radiación No Ionizante a 60Hz en los laboratorios de la UPSE se encuentra por debajo del límite más crítico permitido por la ICNIRP, por lo tanto no representa peligro alguno para los estudiantes y docentes que laboran en la UPSE.

ÍNDICE GENERAL

CARÁTULA.....	I
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA.....	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
TRIBUNAL DE GRADO.....	VI
RESUMEN.....	VII
ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	2
1. MARCO REFERENCIAL	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA	3
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA	4
1.4. OBJETIVOS	5
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	5
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.5. HIPOTESIS	5
1.6. RESULTADOS ESPERADOS	6
CAPÍTULO 2	7
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. ANTECEDENTES.....	8
2.1.1. HISTÓRICOS	8
2.1.2. LEGALES	15

2.1.2.1.	ICNIRP-1998	15
2.1.2.2.	Ministerio del Ambiente-Ecuador 2010	17
2.2.	BASES TEÓRICAS	18
2.2.1.	Reseña histórica del electromagnetismo.	19
2.2.2.	Campos Electromagnéticos Naturales y Artificiales.	21
2.2.3.	EL CAMPO ELÉCTRICO	22
2.2.3.1.	CARACTERÍSTICAS DE CAMPO ELECTRICO	23
2.2.4.	EL CAMPO MAGNÉTICO	24
2.2.4.1.	CARACTERÍSTICAS DE CAMPO MAGNÉTICO	25
2.2.5.	CAMPO MAGNÉTICO ESTÁTICO	26
2.2.6.	CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS	26
2.2.7.	TIPOS DE RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS	27
2.2.8.	EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	30
2.2.9.	UNIDADES Y CANTIDADES	32
2.2.10.	CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE BAJAS FRECUENCIAS ELF (Extremely Low Frequency)	36
2.2.11.	CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE RADIOFRECUENCIAS RF	40
2.2.11.1.	APLICACIONES DEL ESPECTRO DE RADIOFRECUENCIAS	43
2.3.	VARIABLES	44
2.4.	MÉTODOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	44
2.5.	TÉRMINOS BÁSICOS	46
CAPÍTULO 3		47
3.	ANÁLISIS	47
3.1.	Diagrama del proceso	48
3.1.1.	Descripción funcional de los procesos	48
3.2.	Identificación de requerimientos	55
3.2.1.	AARONIA SPECTRAN NF-5035	55
3.2.2.	Cable USB para PC.	58
3.2.3.	Software de análisis espectral en (MCS) de AARONIA	58

3.3. PRESENTACIÓN DE DATOS OBTENIDOS	64
CAPÍTULO 4	68
4. ANÁLISIS Y COMPARATIVA DE RESULTADOS	68
4.1 Comparativa de resultados con normas vigentes en el Ecuador	69
4.2 Comparativa de resultados con el nivel de referencia de la ICNIRP. ...	70
4.3 Comparativa de resultados con estándares de Rusia y Suiza	71
4.4 Análisis Estadístico de resultados del Laboratorio 1 de Informática ...	72
4.5 Análisis Estadístico de resultados del Laboratorio 2 de Informática ...	74
4.6 Análisis Estadístico de resultados del Laboratorio 3 de Informática ...	76
4.7 Análisis estadístico de resultados del Laboratorio de Robótica	77
4.8 Análisis general de las medias obtenidas de Densidad de Flujo Magnético en los distintos laboratorios de la Situación 4 o a tiempo real.	79
4.9 Comparativa de la media general del proyecto con organismos nacionales e internacionales	80
CONCLUSIONES.....	81
RECOMENDACIONES.....	83
Bibliografía	85

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2. 1	Campos electromagnéticos CEM naturales.	21
FIGURA 2. 2	Aparatos y Equipamientos emisores de Campos electromagnéticos antrópicos.....	22
FIGURA 2. 3	Representación de las líneas de campo eléctrico.	23
FIGURA 2. 4	Campo magnético creado por una corriente.	24
FIGURA 2. 5	Representación de como disminuye el campo magnético.	25
FIGURA 2. 6	Radiaciones Ionizantes y Radiaciones No Ionizantes.....	29
FIGURA 2. 7	Representación del espectro electromagnético.	30
FIGURA 2. 8	Representación de una onda electromagnética en el espacio.	35
FIGURA 2. 9	Campos electromagnéticos de bajas frecuencias (ELF).	39
FIGURA 3. 1	Edificio de Laboratorios de Informática de la UPSE.....	48
FIGURA 3. 2	Vista Superior de los Laboratorios de Informática de la UPSE.....	49
FIGURA 3. 3	Monitoreo de 9 puntos en cada Laboratorio de Informática.	50
FIGURA 3. 4	Monitoreo de 6 puntos en el Laboratorio de Robótica.	50
FIGURA 3. 5	Ambiente laboratorial sin ninguna carga.....	51
FIGURA 3. 6	Ambiente Laboratorial solo con PC encendidas.....	52
FIGURA 3. 7	Ambiente Laboratorial con PC y luces encendidas.....	52
FIGURA 3. 8	Ambiente Laboratorial con toda la carga existente a tiempo real.....	53
FIGURA 3. 9	Monitores adicionales tipo barrido en ambos sentidos.....	54
FIGURA 3. 10	Prueba radiométrica tipo barrido a tiempo real.....	54
FIGURA 3. 11	AARONIA SPECTRAN NF-5035.....	56
FIGURA 3. 12	Conexión entre PC y SPECTRAN NF-5035 a través de cable USB..	59
FIGURA 3. 13	Manera de habilitar el SPECTRAN NF-5035 en el PC.....	60
FIGURA 3. 14	Visualización que el software ha identificado al analizador de espectros.....	61
FIGURA 3. 15	Ventana que muestra la conexión entre Software y Hardware.....	61
FIGURA 3. 16	Configuración de la frecuencia, tiempo de muestreo, ancho de banda y tipo de sensor.....	62
FIGURA 3. 17	Configuración para ajustar el nivel de las unidades de campo magnético.....	63
FIGURA 3. 18	Opción “5 Max” para visualizar los 5 valores picos de campo magnético.....	63
FIGURA 3. 19	Laptop HP.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. NIVEL REFERENCIAL PARA EXPOSICIÓN POBLACIONAL A CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS (VALORES RMS NO PERTURBADOS) ESTABLECIDOS POR LA ICNIRP.....	16
Tabla II. NIVEL REFERENCIAL DE EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS A UNA FRECUENCIA INDUSTRIAL DE 60HZ ADOPTADOS POR EL MINISTERIO DEL AMBIENTE.....	18
Tabla III. BANDAS DE RADIOFRECUENCIAS EN EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	41
Tabla IV. VALORES OBTENIDOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (μT) EN EL LABORATORIO 1 A 60Hz.....	65
Tabla V. VALORES OBTENIDOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (μT) EN EL LABORATORIO 2 A 60Hz.....	66
Tabla VI. VALORES OBTENIDOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (μT) EN EL LABORATORIO 3 A 60Hz.....	66
Tabla VII. VALORES OBTENIDOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (μT) EN EL LABORATORIO DE ROBÓTICA A 60Hz.....	67
Tabla VIII. COMPARATIVA DE RESULTADOS CON NORMAS VIGENTES EN EL ECUADOR.....	69
Tabla IX. COMPARATIVA DE RESULTADOS CON ORGANISMOS INTERNACIONALES.....	70
Tabla XI. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS DEL LABORATORIO 1 DE INFORMÁTICA.....	72
Tabla XII. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS DEL LABORATORIO 1.....	72
Tabla XIII. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS DEL LABORATORIO 2 DE INFORMÁTICA.....	74
Tabla XIV. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS DEL LABORATORIO 2.....	74
Tabla XV. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS DEL LABORATORIO 3 DE INFORMÁTICA.....	76
Tabla XVI. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS DEL LABORATORIO 3.....	76
Tabla XVII. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS DEL LABORATORIO DE ROBÓTICA.....	77
Tabla XVIII. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS DEL LABORATORIO DE ROBÓTICA.....	78
Tabla XIX. MEDIA GENERAL DEL PROYECTO CON DESVIACIÓN ESTANDAR.....	79
Tabla XX. COMPARATIVA ENTRE LA MEDIA GENERAL DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNETICO DEL PROYECTO CON ORGANISMOS NACIONALES E INTERNACIONALES.....	80

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. VALORES MÁXIMOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO DEL LABORATORIO 1 DE INFORMÁTICA EN LA SITUACIÓN 4.	87
ANEXO 2. VALORES MÁXIMOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO DEL LABORATORIO 2 DE INFORMÁTICA EN LA SITUACIÓN 4.	96
ANEXO 3. VALORES MÁXIMOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO DEL LABORATORIO 3 DE INFORMÁTICA EN LA SITUACIÓN 4.	105
ANEXO 4. VALORES MÁXIMOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO DEL LABORATORIO DE ROBÓTICA EN LA SITUACIÓN 4.	114
ANEXO 5. PUNTOS AISLADOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO.	120
ANEXO 6. SOLICITUD DIRIGIDA AL DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INFORMÁTICA PARA EL INGRESO A LOS LABORATORIOS DE INFORMÁTICA.	122
ANEXO 7. SOLICITUD DIRIGIDA AL DIRECTOR DE LA ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES PARA EL INGRESO AL LABORATORIO DE ROBÓTICA.	123

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial existen estándares y normativas vigentes que regulan y controlan los límites de exposición a Radiaciones No Ionizantes (RNI) en beneficio de las personas y del medio ambiente que van del rango de 0 a 300GHz, tanto ocupacional como poblacional.

En Ecuador son poco conocidos éstos estándares y normativas internacionales por lo que el Ministerio del Ambiente ha adoptado estas normativas y estándares de la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP), para garantizar la salud y seguridad del público en general y trabajadores derivados de la exposición de Radiaciones No Ionizantes a una frecuencia industrial de 60Hz.

En nuestro país se han desarrollado estudios y mediciones de Radiaciones No Ionizantes para tecnologías de telefonía móvil, las cuales utilizan frecuencias que van de los MHz hasta GHz, despertando en la población la preocupación por los efectos hipotéticos sanitarios y ambientales de los campos electromagnéticos utilizados.

El presente estudio evaluará y comparará gráficamente si los valores obtenidos en los ambientes de los laboratorios de la UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA se sitúan por debajo o sobrepasan el nivel referencial correspondiente a una frecuencia industrial de 60Hz para la exposición poblacional a RNI establecidos por las normativas internacionales de la ICNIRP, Rusia y Suiza.

CAPÍTULO 1

MARCO REFERENCIAL

1. MARCO REFERENCIAL

Este proyecto se enfoca en la monitorización de campos electromagnéticos en los laboratorios de Informática de la UPSE para su posterior análisis de resultados con el fin de realizar comparativas con normas vigentes nacionales e internacionales.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Nadie discute las aplicaciones de los desarrollos tecnológicos, que hacen más cómoda las labores cotidianas, sin embargo, en los últimos años se ha generado una cierta preocupación por los hipotéticos efectos sanitarios y ambientales de las radiaciones electromagnéticas por lo que su control es legalmente requerido y su estudio estimulado.

En este sentido es necesario el control de espacios que pueden tener una significativa concentración de aparatos y dispositivos que generan campos electromagnéticos como los encontrados en los laboratorios universitarios.

1.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA

En la actualidad se torna complejo imaginar la sociedad sin energía eléctrica, los electrodomésticos, la radio, la televisión o la telefonía móvil, que son aplicaciones que generan y utilizan campos electromagnéticos.

Se han realizado investigaciones sobre los campos electromagnéticos que han dado paso al desarrollo de normativas o reglamentos que rigen a nivel nacional e internacional.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

Es de actualidad el control del medio ambiente de cualquier posible contaminante tanto químico, biológico, físico (campos electromagnéticos). Para esto ya se han desarrollado normativas donde se presentan niveles referenciales de exposición electromagnética tanto poblacional como ocupacional.

Debido al intensivo desarrollo tecnológico la cantidad de fuentes de emisión electromagnética se incrementa día a día así como la concentración de estas en espacios pequeños. Por esto, es de interés la investigación del ambiente electromagnético en los laboratorios técnicos y de informática que hacen uso de diversos aparatos eléctricos que exponen a los usuarios a diversos campos electromagnéticos.

Por esto el presente estudio de monitorización busca recopilar datos acerca de los campos electromagnéticos existentes en los distintos laboratorios de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena y así correlacionar los datos obtenidos con las normativas actuales a nivel nacional e internacional.

1.4.OBJETIVOS

Para el logro de los objetivos, se plantearán dos limitantes para este trabajo investigativo que son las mediciones a tiempo real y las comparativas con organismos nacionales e internacionales.

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los niveles de exposición electromagnética (60 Hz) en las salas de Informática y Robótica de la UPSE.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las frecuencias e intensidades de los campos electromagnéticos presentes en las salas en estudio.
- Determinar las zonas con mayor concentración de campo.
- Comparar el ambiente electromagnético entre las salas.
- Comparar los niveles de exposición electromagnética encontrados con los de referencia mundial.

1.5.HIPOTESIS

Los niveles de exposición poblacional de radiaciones electromagnéticas en las que se encuentran los distintos laboratorios de la UPSE cumplen con las especificaciones y normativas recomendadas por los organismos de control para Radiaciones No Ionizantes, tanto nacionales como internacionales.

1.6. RESULTADOS ESPERADOS

- Los valores a obtener no deben de exceder el límite referencial establecido por la ICNIRP para Radiaciones No Ionizantes a una frecuencia industrial de 60Hz.

- Analizar y manipular el SPECTRAN NF-5035 para un óptimo funcionamiento en el monitoreo de campos electromagnéticos.

- Configurar el software MCS de AARONIA para el respectivo análisis espectral de campos electromagnéticos.

- Establecer un protocolo de medición no estandarizado para Radiaciones No Ionizantes en la provincia de Santa Elena.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

La MONITORIZACIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS en los laboratorios de la UPSE se desarrollará bajo las normativas y reglamentos existentes a nivel nacional e internacional, para verificar los niveles de exposición electromagnética.

Por tal motivo se efectuó la revisión y continuamente el análisis del material bibliográfico que se encuentran en la biblioteca de la Universidad Estatal

Península de Santa Elena, de manera física y virtual, como también documentación de internet, que trata sobre este tema y de los cuales se escogió: el enfoque teórico del tema, que determina los objetivos tanto general como específicos y que se relacionan con esta investigación; y, el aporte de los antecedentes investigativos realizados.

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. HISTÓRICOS

- En 2001, en España a través del ministerio de Sanidad y consumo se elaboró un informe técnico por parte de un Comité de Expertos en la que se estudió a tiempo real los niveles de exposición de campos electromagnéticos en un periodo de 24 horas con la ayuda de un dosímetro que registraba cantidades de densidades de flujo magnético entre 30 Hz y 1500Hz, el cual fue colocado en la cintura de un técnico voluntario.

En un comedor, una sala con televisión y dormitorios en la que se llegó a la conclusión de que el flujo magnético en estos ambientes eran muy bajos de 0.01-0.04 μT .

Se registró que en oficinas por el uso de la computadora, los niveles de exposición eran mayores a los residenciales de 0.08 μT . Se midió también en un laboratorio en donde había equipos eléctricos, llegando picos de hasta 0.7y 0.9 μT . (Úbeda, 2001)¹

¹ Úbeda, F. V. (2001). *CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y SALUD PÚBLICA*. España.

- En el 2007, la Universidad Nacional de Colombia realizó una investigación acerca de los límites de exposición humana a campos electromagnéticos para frecuencias entre 10kHz y 3GHz en áreas urbanas de Bucaramanga como un conjunto residencial, en un aeropuerto y en Zonas de Transmisores Am y FM.

Dando como resultados de las mediciones en un conjunto residencial se concluye que para este sitio no se exceden los límites en ningún caso, la intensidad de campo eléctrico fue de 129.82 dBuV/m promedio. En un aeropuerto la intensidad de campo eléctrico fue de 112.24 dBuV/m promedio. En la zona de transmisores las mediciones de intensidad de campo eléctrico llegaron hasta 139.95 dBuV/m promedio.

Se utilizó la herramienta portátil *EspecVIEW* que permite obtener lecturas en un rango de 9KHz a 3GHz, la cual está diseñada para realizar diversos tipos de mediciones por parte de funcionarios del Ministerio de Comunicaciones. Mediante esta herramienta se comprobó que los niveles de exposición a radiaciones electromagnéticas obtenidas en los tres lugares de dicha ciudad, no superan en ninguno de los casos el límite de exposición a dichas radiaciones.²

Se recomendó realizar otras mediciones en otros sitios, de manera que se pueda perfeccionar el protocolo de medición y hacer estudios en lugares donde exista conexión inalámbrica de corto alcance como Bluetooth ya que con el tiempo los niveles de radiación electromagnética van en aumento y así generar niveles de seguridad

en la instalación y operación de dichas tecnologías inalámbricas. (Uribe, Oviedo, Sanchez, Mantilla, & Sastoque, 2007)²

- En Lima, Perú en el año 2009 con la ayuda de un medidor de campos magnéticos se determinó la cantidad de radiación magnética generados por fuentes de radiación como: antenas de internet inalámbrico, monitor LCD, CPU y aire acondicionado en los laboratorios y oficinas del Centro de Tecnologías de Información y Comunicaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Dando como resultados que los monitores LCD utilizan cristales líquidos que prácticamente no producen radiación, las CPU están recubiertas por una carcasa metálica parecidas a una Jaula de Faraday lo cual impide la salida de ondas electromagnéticas y el aire acondicionado que solo produce radiación no ionizante en niveles bajos. (Romero & Ticse, 2009)³

- En el 2010 en nuestro país, en la ciudad de Guayaquil a cargo de estudiantes como proyecto de graduación se desarrolló un proyecto investigativo en la que se analizó distintas mediciones de RNI en ambientes internos y externos en predios de la ESPOL.⁴

² Uribe, J., Oviedo, A., Sanchez, V., Mantilla, O., & Sastoque, E. (2007). *Análisis de los límites de exposición humana a campos electromagnéticos de acuerdo a la norma UIT-K.52 para frecuencias entre 10 KHz y 3 GHz en áreas urbanas de Bucaramanga. Ingeniería e Investigación, 149-158.*

³ Romero, E., & Ticse, R. (2009). *Medición de radiaciones electromagnéticas no ionizantes en CTIC.* Recuperado el 2014, de <http://cominformatidf.files.wordpress.com/2009/09/medicion020909.pdf>

En ambientes interiores se midió la intensidad del campo eléctrico (E) proveniente del canal de red Wireless LAN que se utilizaba en ese instante en los interiores de los predios.

Para estas mediciones se utilizó el equipo Medidor Selectivo de Radiación SRM 3000 el cual trabaja en el rango de 100KHz a 3GHz, el cual es un instrumento de medida de radiaciones no ionizantes que determina la intensidad de campo eléctrico y magnético sobre los límites de exposición de una manera rápida y fiable,

Para visualizar y evaluar las mediciones de campos electromagnéticos se trabajó con el software Nose Pro, en la que se puede configurar las mediciones de manera manual y automáticamente verificar y analizar los valores obtenidos de acuerdo a las capacidades del analizador.

Dando como resultado que existe gran variabilidad en la comparación de valores promedio de la intensidad de campo eléctrico, ya que el espectro electromagnético varía constantemente.

Las mediciones se dieron desde tres puntos de altura a: 1.1m, 1.5m y a 1.7m. El límite de referencia de intensidad de campo eléctrico fue de 61 V/m.

La intensidad de campo eléctrico variaba desde 0.148 V/m a 3.284 V/m en los ambientes interiores o predios de la ESPOL. (Díaz & Proaño, 2010)⁴

⁴ *Díaz, G. W., & P. S. (2010). Análisis de Mediciones de Radiaciones no Ionizantes en Ambientes Interiores y Exteriores en Predios de la ESPOL. Guayaquil.*

- En el 2010 en Santiago de Chile se realizó mediciones de campos magnéticos en instalaciones de media tensión y altas corrientes.

Para las mediciones en instalaciones de media tensión se utilizó el equipo EMDEX II, el cual es un equipo programable de medida y adquisición de datos, capaz de medir de manera independiente las componentes x, y y z del campo magnético.

El EMDEX II puede almacenar los valores obtenidos en su memoria interna y enviarlos a la computadora a través del puerto serial RS232 para después procesarlos y analizarlos mediante el software EMCALC2000.

Las mediciones fueron realizadas en la Subestación Metro, propiedad de METRO S.A, la cual trabaja con 110KV, la cual es reducida hasta 20kV para que opere la red del metro.

En la medición de la sala de alimentadores dio como campo resultante un promedio de 2.18mG.

En la medición de la sala de Interruptores dio como campo resultante un promedio de 4.73mG. En la medición de la sala de onduladores dio como campo resultante un promedio de 7.82mG.

En la sala donde están los transformadores de poder dio como campo resultante un promedio de 3.99mG.

En la galería de cables de 20kV y en la sala de cables de poder de 110kV dieron como campo resultante un promedio de 25.42mG y 27.08mG respectivamente.⁵

Con estos resultados de campos magnéticos se pudo apreciar que sus intensidades son sumamente bajas, por lo que no sobrepasan los límites de exposición de acuerdo a las normas internacionales. (Concha, 2010).⁵

- En el 2010 en Canadá se realizó la Medición del campo eléctrico ambiente de alta frecuencia en un hospital a cargo de Escobar A., López C., Ramírez J. y Cadavid H.

Los valores obtenidos en esta medición de un gran hospital son inferiores a los niveles establecidos por estándares internacionales para equipos médicos.

En este país existe una normativa para radiaciones de alta frecuencia IEC 60601-1-2 (IEC 2004), la cual permitirá comparar los niveles de referencia con las mediciones desarrolladas en el hospital.

Esta normativa internacional redacta que los equipos de monitoreo trabajen a una frecuencia de 80 y 2500MHz con una interferencia radiada hasta 10V/m.

⁵ Concha, V. (2010). *INTERACCIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE EXTRA BAJA FRECUENCIA CON EL CUERPO HUMANO. MEDICIONES DE CAMPO MAGNÉTICO EN INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN*. Santiago.

Para las mediciones dentro del hospital se utilizó el medidor EMR-300 con el sensor Tipo 18, el cual mide la intensidad de campo eléctrico de radiofrecuencias en banda ancha y monitoreo den diferentes rangos de frecuencias.⁶

Las mediciones se dieron en seis cuartos del hospital en donde se encontraban equipos médicos, mobiliario, etc.

Como resultado se encontró el valor más alto en un pequeño cuarto, el campo eléctrico fue de 1.27 V/m que es la mitad del valor establecido por el estándar IEC, por lo tanto las intensidades de campo eléctrico presentes en los seis cuartos no sobrepasaban el nivel de inmunidad radiada a radiofrecuencias (RF) para equipamientos del hospital dictadas en la normativa IEC.

Se recomendó hacer mediciones en otras zonas como la sala de emergencias para tener en forma clara las diferentes fuentes de radiaciones electromagnéticas que existen dentro del hospital. (Escobar, López, Ramírez, & Cadavid, 2010).⁶

⁶ Escobar, A., López, C., Ramírez, J., & Cadavid, H. (2010). *Medición del campo eléctrico ambiente de alta frecuencia en un hospital*. *Revista TECNOLOGICAS*, 24.

2.1.2. LEGALES

Existen organismos y comisiones científicas internacionales que se dedican a analizar minuciosamente el comportamiento de las personas y del medio ambiente ante la exposición de Radiaciones No Ionizantes, describiendo los posibles efectos sanitarios y ambientales que se produzcan.

2.1.2.1. ICNIRP-1998

ICNIRP significa en sus siglas en inglés “International Commission on Non Ionizing Radiation Protection” que en español es: Comisión Internacional para la Protección Contra las Radiaciones No Ionizantes.

La ICNIRP es una organización independiente que proporciona asesoramiento científico sobre los riesgos para la salud de la exposición a Radiaciones no Ionizantes.

Sus directrices y estándares son aprobados por la Organización Mundial de la Salud, basándose en el análisis de toda literatura científica para estudios térmicos y no térmicos.

La ICNIRP publicó en 1998 unas directrices para limitar la exposición del público general y de trabajadores a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables con el tiempo en el rango de 0 hasta 300GHz.

Para establecer estas directrices la ICNIRP tomó como prueba consideraciones biológicas y sus posibles efectos a corto plazo.

Estas directrices se actualizan periódicamente.

Rango de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico (Vm ⁻¹)	Intensidad de campo magnético (Am ⁻¹)	Densidad de flujo magnético (μT)
Hasta 1Hz	-	3.2x10 ⁴	4x10 ⁴
1-8Hz	10000	3.2x10 ⁴ /f ²	4x10 ⁴ /f ²
8-25Hz	10000	4000/f	5000/f
0.025-0.8kHz	250/f	4/f	5/f
0.8-3kHz	250/f	5	6.25
3-150kHz	87	5	6.25
0.15-1MHz	87	0.73/f	0.92/f

Tabla I. NIVEL REFERENCIAL PARA EXPOSICIÓN POBLACIONAL A CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS (VALORES RMS NO PERTURBADOS) ESTABLECIDOS POR LA ICNIRP. (ICNIRP, 1998)¹⁵

Notas:

- F está en la frecuencia que se indica en la columna Rango de frecuencias.
- Asumiendo que se cumplen las restricciones básicas y que se pueden excluir los efectos indirectos adversos los valores de las intensidades de campo pueden ser excedidos.
- El nivel de referencia permitido para frecuencia industrial (60Hz) de densidad de flujo magnético que utilizaremos se encuentra en el rango de 0.025-0.8kHz con un valor límite de 83μT.

2.1.2.2. Ministerio del Ambiente-Ecuador 2010

En Ecuador, el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) en conjunto con el Ministerio del Ambiente, conforme lo constituye la Ley de Régimen del Sector Eléctrico y el Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas; notificó en el Registro Oficial No. 41, del 14 de mayo del 2007, el Reglamento con las Normas Técnicas Ambientales para la prevención y Control de la Contaminación Ambiental para los sectores de Infraestructura: Eléctrico, Telecomunicaciones y Transporte (Puertos y Aeropuertos).

Estos reglamentos o normativas se acogen a las recomendaciones para limitar la exposición a los campos electromagnéticos impuestas por la ICNIRP, las cuales aparecen en el anexo 10 del Libro VI de la Ley de Gestión Ambiental y Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, la cual establece la Norma de Radiaciones no Ionizantes de campos electromagnéticos y entre de las disposiciones generales se encuentran los pequeños requisitos de seguridad para exposición a RNI a una frecuencia industrial de 60Hz. (EFFICACITAS, 2007)¹⁶

¹⁵ ICNIRP. (1998). *INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION*. Recuperado el 3 de JUNIO de 2014, de www.icnirp.org

¹⁶ EFFICACITAS. (14 de MARZO de 2007). Recuperado el 6 de JULIO de 2014, de DR.VICENTE NAPOLEON DÁVILA GARCÍA:
http://www.efficacitas.com/efficacitas_es/assets/Registro%20Oficial%20Normas%20Tecnicas%20Ambientales.pdf

Clase de exposición	Intensidad de campo eléctrico (E) (Vm^{-1})	Intensidad de campo magnético (Am^{-1})	Densidad de flujo magnético (μT)
Público en General	4167	67	83
Personal Ocupacionalmente Expuesto	8333	333	417

Tabla II. NIVEL REFERENCIAL DE EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS A UNA FRECUENCIA INDUSTRIAL DE 60HZ ADOPTADOS POR EL MINISTERIO DEL AMBIENTE.

2.2. BASES TEÓRICAS

En esta sección se determina brevemente el historial del electromagnetismo y los conceptos básicos y más importantes relacionados con los Campos Electromagnéticos que servirán de base teórica para poder resolver la problemática existente en el Capítulo1, tomando como bases teóricas los libros universitarios, documentación y revistas electrónicas.

2.2.1. Reseña histórica del electromagnetismo.

Los fenómenos magnéticos y eléctricos son conocidos desde la antigua Grecia, pero a principios del siglo XVII se realizan experimentos de estos fenómenos llegando a conclusiones científicas.

En 1800, el italiano Alessandro Volta inventó la batería eléctrica. En 1820, el físico danés Hans Christian Oersted empujó accidentalmente una brújula que estaba debajo de un alambre conectado a una batería, en la cual circulaba una corriente eléctrica, y observó que la aguja estaba en una rotación de 90° perpendicular al alambre. Entonces se demostró que el alambre conductor de la electricidad generaba un campo magnético sobre ella, dando paso al electromagnetismo. En ese tiempo André Marie Ampere (1775-1836), descubrió que el campo magnético podría intensificarse enrollando el alambre conductor en forma de bobina.

Después a Joseph Henry se le ocurrió cubrir con un material aislante a los alambres y los enrolló alrededor de una barra de hierro en forma de U conectados a una batería, a continuación observó que la corriente eléctrica magnetizaba al hierro y cuando la corriente dejaba de circular desaparecía el campo magnético de dicha barra. De esta manera nace el electroimán que es utilizado en la actualidad en los motores eléctricos.

En 1821 Michael Faraday construye el primer motor experimental. Después se construyeron algunos motores eléctricos para taladros y tornos, los cuales trabajaban con baterías grandes y eran muy caros. En 1861, el ingeniero Théophile Gramme (1826-1901), construyó el primer generador eléctrico capaz de transformar la energía eléctrica. Como las baterías de los primeros motores trabajaban con corriente continua, también los generadores producían ese tipo de corriente. En constancia de que los transformadores

trabajan con corriente alterna, rápidamente desapareció el generador de corriente continua para dar paso a escala industrial, al de corriente alterna.

En 1888 Nikola Tesla inventó el motor de inducción que trabaja con corriente alterna, de aquí surgen diversos aparatos eléctricos como: lavadoras, licuadoras, ventiladores, refrigeradores, bombas talados, entre otros.

En 1873, el científico inglés James Clerck Maxwell (1831-1879), expresa la íntima conexión entre los campos eléctricos y magnéticos, observando un campo eléctrico variable produce un campo magnético. Con su teoría demostraron que la electricidad y el magnetismo estaban juntos, y por lo tanto no deben ser aislados. De aquí surge la Teoría Electromagnética, indicando que la luz se propagaba en ondas a través del espacio y así como existían ondas luminosas también podrían existir ondas electromagnéticas que viajan a través del espacio. Maxwell hizo algunas expresiones matemáticas sobre las líneas de fuerza magnética impuestas por Faraday.

Más tarde el alemán Heinrich Hertz (1857-1894), estudió las ecuaciones de Maxwell en la Teoría Electromagnética y demostró que las ondas electromagnéticas se desplazan por el espacio sin necesidad de cables conductores y que su naturaleza es como las ondas de luz.

A finales del siglo XIX los científicos reconocen la existencia de las ondas electromagnéticas y las denominaron ondas hertzianas. El efecto magnético de la corriente y la inducción electromagnética han dado origen al electromagnetismo, ya que mediante sus principios y leyes se ha logrado la electrificación del mundo. (Hernández & Prieto, 2007)⁷

⁷ Hernández, G., & Prieto, P. ., (2007). *Historia de la Ciencia*. En G. Hernández, & P. ., Prieto, *Historia de la Ciencia* (págs. 53-59). Tenerife: Fundación Canaria Orotava.

2.2.2. Campos Electromagnéticos Naturales y Artificiales.

Los campos electromagnéticos (CEM) son emitidos en forma de ondas por fuentes naturales y por fuentes artificiales.

Existen fenómenos naturales que siempre han estado presentes en nuestro entorno como son los campos electromagnéticos (CEM). Estos campos naturales son de origen eléctrico (producida por la acumulación de cargas eléctricas en ciertas áreas de la atmósfera por efecto de las tormentas) y magnético (producido por el giro del núcleo de hierro de la Tierra, la cual provoca la orientación de la brújula, pájaros y peces).

La Tierra al igual que un imán, genera un campo magnético estático de $40\mu\text{T}$ ($1\mu=10^{-6}$). En una tormenta el campo eléctrico estático natural puede alcanzar valores hasta 20kV/m como se ilustra en la siguiente figura.

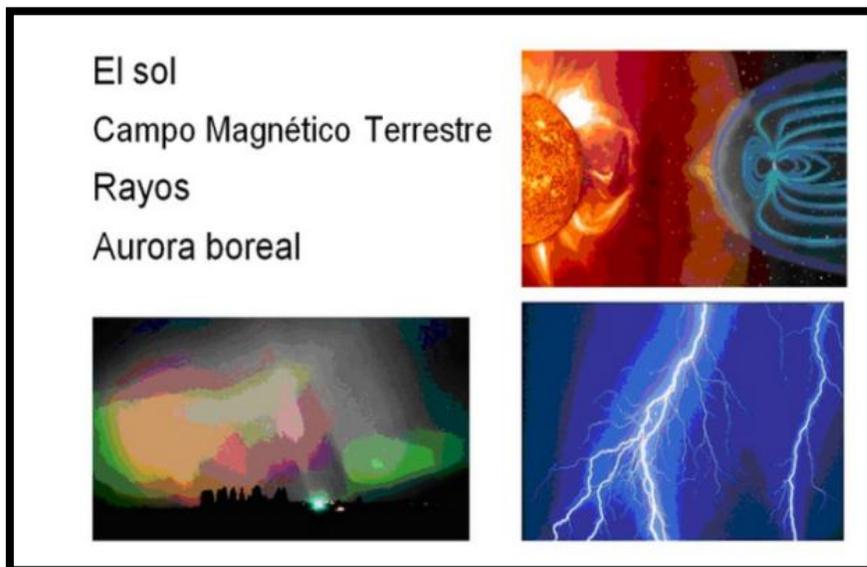


FIGURA 2. 1 Campos electromagnéticos CEM naturales.

Las fuentes en el espectro electromagnético también son generadas artificialmente como:

- Los rayos X que se utilizan en biomedicina.
- Las líneas de tensión eléctrica que conllevan campos electromagnéticos de baja frecuencia.
- Las ondas de radio de altas frecuencias que se utilizan para transmitir información, ya sea a través de antenas de televisión, estaciones de radio o estaciones base de telefonía móvil como se muestran en la siguiente figura.



FIGURA 2. 2 Aparatos y Equipamientos emisores de Campos electromagnéticos antrópicos.

2.2.3. EL CAMPO ELÉCTRICO

Los campos eléctricos se producen por las cargas eléctricas que crean un voltaje, de modo que cuando ésta aumenta su tamaño también crece.

Existen materiales que transportan la electricidad y por ende debilitan a los campos eléctricos, incluso casas, árboles y seres humanos.

El campo eléctrico está presente aun cuando el dispositivo o equipo eléctrico se encuentre apagado, para esto debe estar conectado físicamente a una fuente de poder. (Aguilar, 2001)⁸

2.2.3.1. CARACTERISTICAS DE CAMPO ELECTRICO

- Los campos eléctricos producidos por cargas estáticas disminuyen con el cuadrado de la distancia.
- El campo eléctrico y magnético se originan por las cargas en movimiento. Las cargas estáticas también originan campo pero con distintas características.
- Las mismas cargas iguales se repelen y signos opuestos se atraen, como se muestra en la siguiente figura.

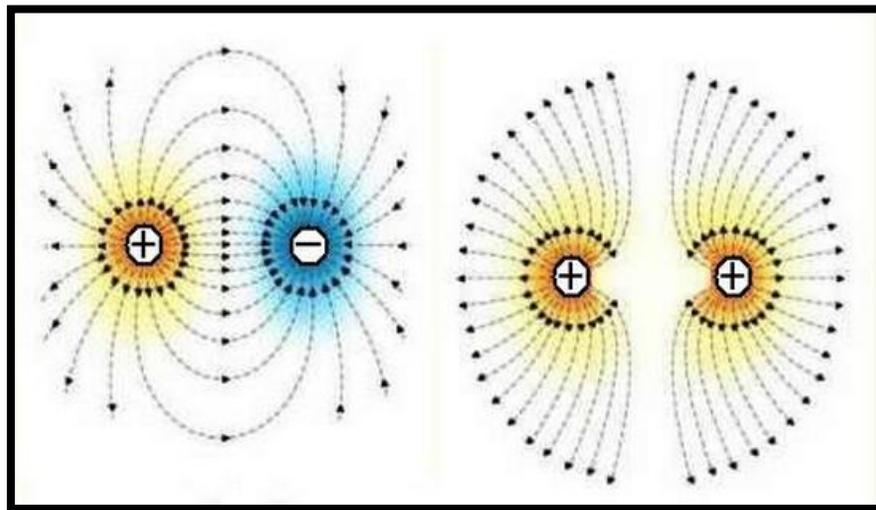


FIGURA 2. 3 Representación de las líneas de campo eléctrico.

⁸ Aguilar, G. (2001). *Bioelectromagnetismo: campos eléctricos y magnéticos y seres vivos*. Madrid: Editorial CSIC - CSIC Press.

2.2.4. EL CAMPO MAGNÉTICO

El flujo de la intensidad de corriente (I) que pasa por los conductores o aparatos eléctricos originan los campos magnéticos (B), los cuales son directamente proporcional a la intensidad de corriente (I), es decir a mayor corriente mayor será el campo magnético.

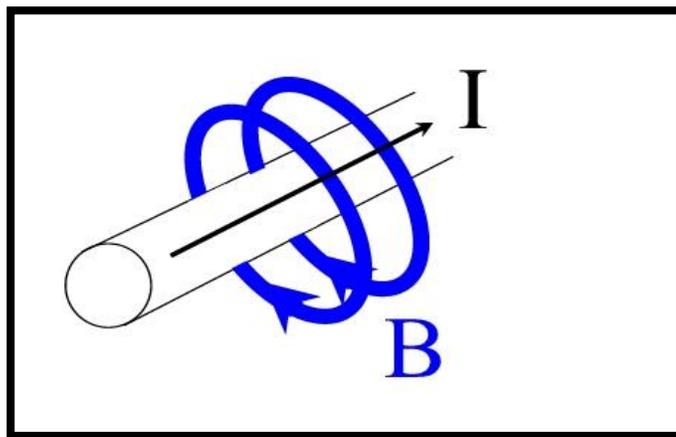


FIGURA 2. 4 Campo magnético creado por una corriente.

Una corriente que fluye a través de un conductor genera un campo magnético alrededor de ella. La dirección y el sentido del campo magnético alrededor de un conductor se determinan por la regla del tirabuzón. La cual consiste en imaginar un tirabuzón que avanza representando a la corriente.

Para ello se mueve girando en un determinado sentido. Ese es el sentido del campo magnético alrededor del conductor. (Solano & Sáiz)⁹

⁹ Solano, V., & Sáiz, I. (s.f.). *CONCEPTOS BÁSICOS DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE BAJA FRECUENCIA*. Recuperado el 23 de Junio de 2014, de UNIVERSIDAD DE CANTABRIA, Grupo de Electromagnetismo: http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/contaminacion-electromagnetica-medioambiental/material-de-clase-2/apuntes_2.pdf

2.2.4.1. CARACTERÍSTICAS DE CAMPO MAGNÉTICO

- Las cargas en movimiento generan campo magnético
- La configuración exacta de hilos conductores determina la intensidad del campo magnético con respecto a su distancia.
- Los imanes naturales también producen campo magnético.
- Las líneas de fuerza de campo magnético en los imanes salen del polo Norte y llegan al polo Sur.

Transitorio se denomina a las subidas de tensión y corriente que aparecen cuando los aparatos eléctricos se prenden o se apagan.

La mayoría de materiales donde circula la corriente eléctrica debilitan a los campos eléctricos, a diferencia del campo magnético que traspasa dichos materiales y debilitarlo se torna más difícil.

En la siguiente figura se muestra como el campo magnético se debilita a medida de que se aleja de la fuente que lo genera. (Solano & Sáiz)⁹

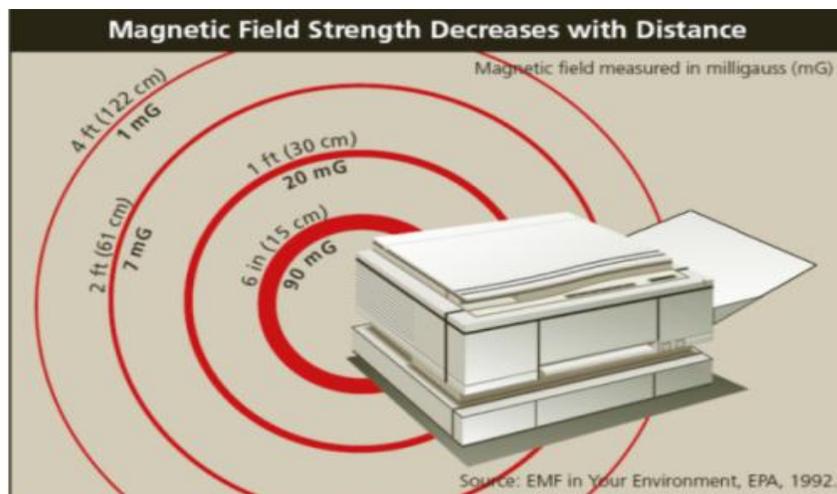


FIGURA 2. 5 Representación de como disminuye el campo magnético.

2.2.5. CAMPO MAGNÉTICO ESTÁTICO

Los campos magnéticos estáticos, como los generados por los imanes permanentes, no varían con el tiempo y por lo tanto no tienen frecuencia (0Hz).

Las actividades humanas generan campos magnéticos estáticos en lugares donde se utiliza electricidad en forma de corriente continua (CC), por ejemplo: sistemas ferroviarios, soldadura y producción de aluminio. En la Medicina, escáneres de resonancia magnética utilizan campos magnéticos estáticos para proporcionar imágenes tridimensionales del cerebro o de otras partes del cuerpo humano.

El número de fuentes artificiales de campos es tan limitado, pero se están desarrollando nuevas tecnologías que producen campos estáticos. El número de personas con dispositivos implantados, como los marcapasos que pueden ser afectados por los campos magnéticos estáticos también está aumentando.

2.2.6. CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Las ondas electromagnéticas de baja frecuencia se denominan campos electromagnéticos, que existen cuando la fuente que los genera está conectada, y de muy alta frecuencia que son las radiaciones electromagnéticas que están presentes y se propagan a través del espacio, independientemente de ellas. (García, 2005)¹⁰

¹⁰ García, S. (2005). *La salud humana y los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja (CEM-FEB)*. Asociación Toxicológica Argentina.

Los campos electromagnéticos son una combinación de campos eléctricos y magnéticos de fuerza invisible. Son generados por fenómenos naturales y las actividades humanas, principalmente en el uso de la energía eléctrica¹².

Los campos electromagnéticos de acuerdo con su frecuencia se clasifican en:

- Alta Frecuencia (más de 10 MHz a 300GHz), en orden creciente: producidos por sistemas de radiodifusión, televisión, hornos de microondas, teléfonos móviles, enlaces microondas, antenas de radar.
- Frecuencia Intermedia (más de 300Hz a 10 MHz): generado por pantallas de computadoras, emisiones de radio AM, dispositivos antirrobo y sistemas de seguridad.
- Baja y extremadamente baja frecuencia (3 hasta 300Hz): producidas por la transmisión y distribución de energía eléctrica, redes de telefonía y aparatos eléctricos. (García, 2005)¹⁰

2.2.7. TIPOS DE RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

Radiación es un término que significa energía transmitida por ondas.

Las ondas de energía eléctricas y magnéticas se las denomina ondas electromagnéticas, mientras que las líneas de onda en constante movimiento se las determina como propagación de perturbaciones a través de un espacio físico.

Cualquier alteración en el campo eléctrico está acompañada por una transformación en el campo magnético y viceversa, dichos fenómenos fueron descritas por las 4 ecuaciones de Maxwell.

Dependiendo de la energía de radiación las radiaciones electromagnéticas pueden ser de 2 tipos:

- Radiaciones Ionizantes: Son aquellas provocadas por emisiones de alta frecuencia, como los rayos x o los rayos ultravioletas. Su energía es tan alta que puede causar cambios en las moléculas de las células vivas y mediante su uso producir efectos beneficiosos o perjudiciales.
- Radiaciones No Ionizantes: Son las provocadas por emisiones de baja frecuencia, como los utilizados en los sistemas de telefonía móvil, radiodifusión y televisión. Las radiaciones no ionizantes no tienen suficiente energía para ionizar la materia, por lo que no afecta a la estructura atómica y molecular de los tejidos vivos.

Para producir una ionización en los tejidos de los seres humanos se requiere una frecuencia superior a 10^{16} Hz. (Knave, Hansson, Sliney, Matthes, Repacholi, & Grandolfo)¹¹

En la siguiente figura se ilustra la clasificación de las Radiaciones Electromagnéticas.

¹¹ Knave, B., Hansson, M., Sliney, D., Matthes, R., Repacholi, M., & Grandolfo, M. (s.f.). *RADIACIONES NO IONIZANTES, RIESGOS GENERALES*. Recuperado el 23 de Junio de 2014, de *ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO*: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/49.pdf>

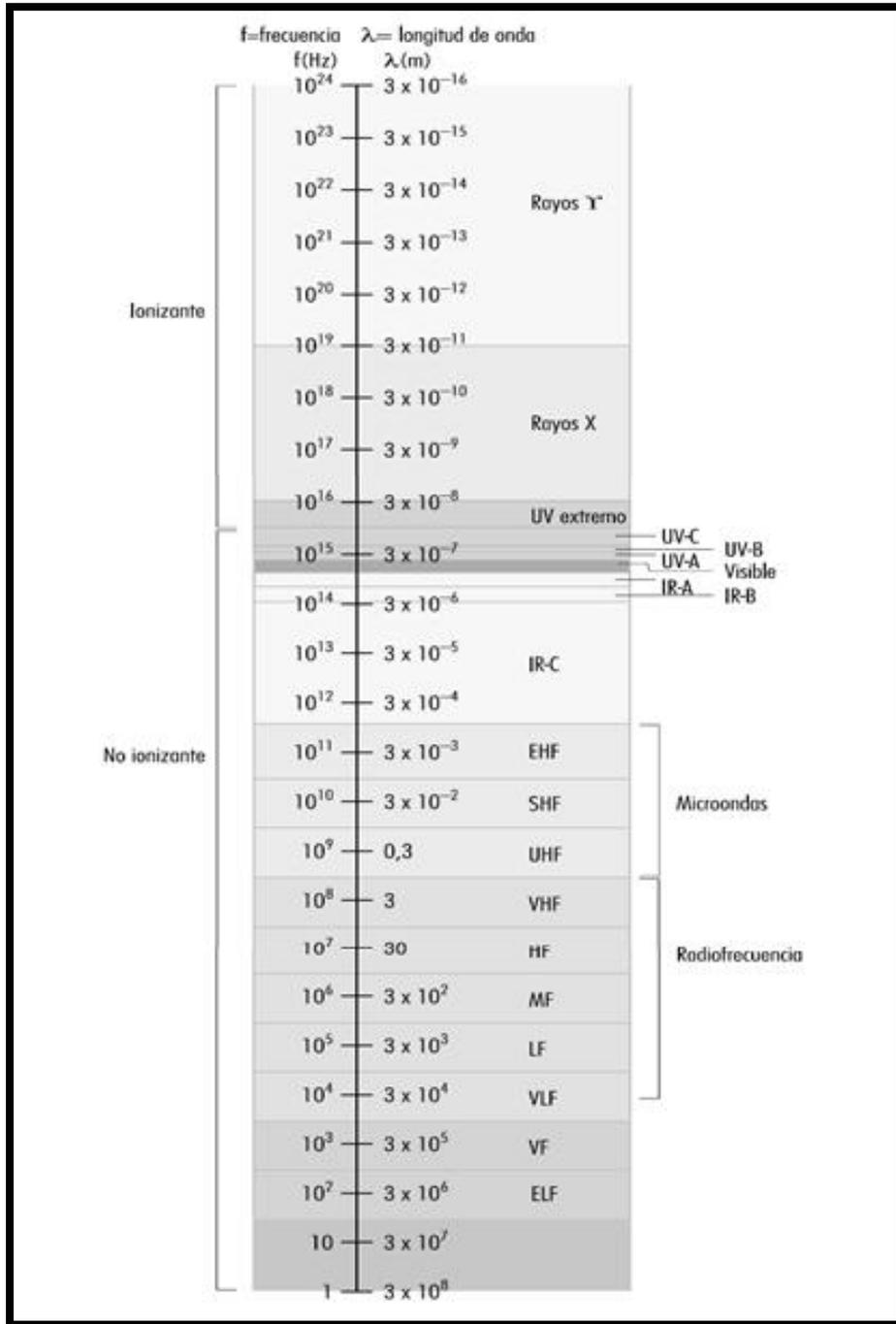


FIGURA 2. 6 Radiaciones Ionizantes y Radiaciones No Ionizantes.

2.2.8. EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El espectro electromagnético es el conjunto de longitudes de ondas de todas las radiaciones electromagnéticas.

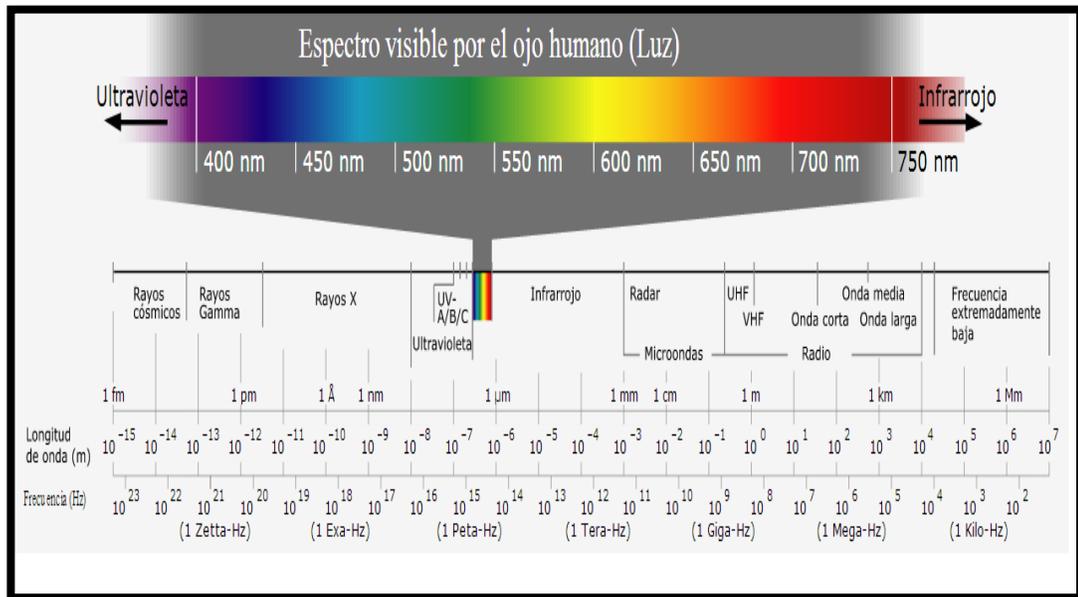


FIGURA 2. 7 Representación del espectro electromagnético.

El espectro electromagnético está formado por:

Los rayos gamma tienen las longitudes de ondas más cortas y las frecuencias más altas. Son ondas de alta energía capaces de viajar largas distancias a través del aire y son las más penetrantes.

Los rayos X tienen longitudes de ondas más largas que los rayos gamma, pero inferior a las radiaciones ultravioletas y por lo tanto su energía es mayor. Se utilizan en diversas aplicaciones industriales y científicas, principalmente

en la medicina. Son una forma de radiación ionizante y por lo tanto es peligroso.

Los rayos X son emitidos por electrones fuera del núcleo, mientras que los rayos gamma son emitidos por el propio núcleo

La radiación ultravioleta (UV) se define como la porción del espectro electromagnético que se encuentra entre los rayos X y la luz visible.

La luz visible es la parte del espectro electromagnético que el ojo humano puede detectar. Cubre todos los colores del azul al rojo de 400nm a 700nm. La luz azul contiene más energía que el rojo.

La radiación Infrarroja (IR) es la parte del espectro electromagnético situado entre las microondas y la luz visible. La fuente natural más importante de la radiación Infrarroja es el sol.

Las ondas de radio tienen longitudes de ondas largas que van de unos pocos centímetros hasta miles de kilómetros. Se los utiliza en la televisión, teléfonos móviles y comunicaciones por radio¹¹.

La frecuencia de la luz visible está en el centro del espectro electromagnético y lo divide en Radiación Ionizante RI (frecuencias altas) y Radiación No Ionizante RNI (frecuencias bajas). La luz del sol es la forma más conocida de energía electromagnética.

En orden descendente, en la amplia gama de radiofrecuencias están: microondas, radio celular, televisión, radio AM y FM, onda corta que se utilizan en calentadores dieléctricos y de inducción y los campos con frecuencia de la red eléctrica.

Así como la luz visible o el sonido impregnan nuestro entorno, lo mismo pasa con la energía de los campos electromagnéticos. Gran parte de la energía

acústica es creada por el hombre, al igual que la energía electromagnética que va desde la mínima emisión de los equipos eléctricos que utilizamos actualmente hasta los más altos estándares que se aplican en la medicina con fines beneficiosos.

La intensidad de esta forma de energía disminuye rápidamente con la distancia de la fuente que los genera. Los niveles naturales de los campos electromagnéticos en el medio ambiente son excesivamente bajos.

La Radiación No Ionizante RNI no tiene energía suficiente para ionizar la materia, es decir que la poca energía que utiliza no altera a una molécula o átomo para transformar su estructura mediante la eliminación de uno o más electrones. La separación entre las radiaciones ionizantes y la no ionizante es de una longitud de onda o cerca de los 100 nanómetros.

La energía electromagnética de la Radiación No Ionizante RNI tiene la capacidad de interrelacionarse con los sistemas biológicos y los efectos podrían ser beneficiosos o perjudiciales para los seres vivos.

En radiofrecuencias RF y microondas MO, el calentamiento es la forma de interacción biológica en la categoría de bajas frecuencias del espectro electromagnético. (Knave, Hansson, Sliney, Matthes, Repacholi, & Grandolfo)¹¹

2.2.9. UNIDADES Y CANTIDADES

La unidad de medida para la Intensidad de Campo Eléctrico (E) es voltios por metro (V/m), mientras que para la Intensidad de Campo Magnético (H) es amperios por metro (A/m) para frecuencias que están por debajo de los 300MHz.

Los dos son campos vectoriales y se caracterizan por la magnitud y dirección en cada punto.

En la gama de frecuencias bajas, el campo magnético se expresa en términos de densidad de flujo (B), a través de la unidad SI llamado Tesla (T).

El submúltiplo micro tesla (μT) es utilizado para campos que existen en nuestro medio ambiente.

La unidad Gauss (G) sirve para expresar la densidad de flujo magnético (B)

Para poder convertir las distintas unidades para campos en el aire se utiliza la siguiente relación:

$$1 \text{ T} = 10^4 \text{ G} \text{ o } 0.1 \mu\text{T} = 1 \text{ mG} \text{ y } 1 \text{ A/m} = 1.26 \mu\text{T}$$

Entre las características fundamentales de ondas electromagnéticas tenemos:

- Longitud de onda (λ): Es la separación real entre dos crestas de ondas consecutivas (altos y bajos) en un periodo de tiempo.
- Frecuencia (f): Es el número de repeticiones por segundo del campo electromagnético en un determinado punto y se mide en Hertz (Hz).
- Intensidad de campo magnético (H)
- Intensidad de campo eléctrico (E)
- Densidad de polarización (P): Es uno de los campos eléctricos que expresa el comportamiento de los materiales.
- Velocidad de propagación (v): La velocidad de una onda electromagnética en el espacio es igual a la velocidad de la luz (300.000 Km/s)

- Vector de Poynting (S): Es el vector que manifiesta el sentido o dirección de propagación de una onda electromagnética. (Cabal, Otero, & Acuña, 2005)¹²

La frecuencia (f), la longitud de onda (λ) y la velocidad de propagación de la onda (v) se encuentran en la siguiente relación:

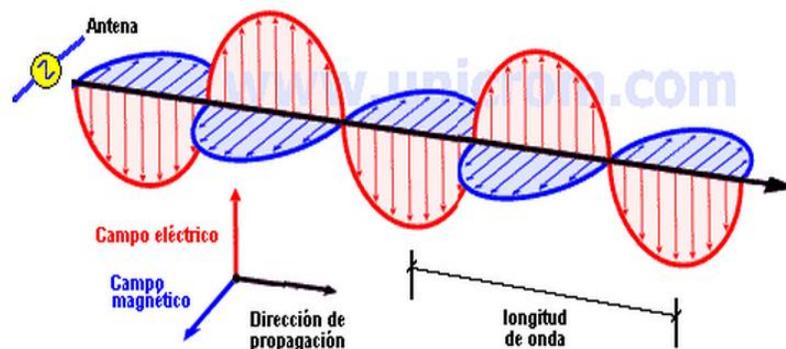
$$v = f\lambda$$

La velocidad de propagación en los materiales radica en las propiedades eléctricas de dichos materiales, expresados como permitividad(ϵ) y permeabilidad (μ). (Knaue, Hansson, Sliney, Matthes, Repacholi, & Grandolfo)¹¹

La permitividad está representada mediante las influencias de los medios o materiales con el campo eléctrico y la permeabilidad expresa la capacidad de dichos materiales de interrelacionarse con el campo magnético.

Las ondas electromagnéticas son perturbaciones simultáneas del campo eléctrico y magnético que se propagan a través del aire atenuándose con la distancia. La atenuación que realizan las ondas electromagnéticas es tan alta que a unos pocos metros de los niveles de emisión de la antena son muy bajos.

¹² Cabal, C., Otero, G., & Acuña, J. (2005). *Informe sobre Campos Electromagnéticos y la salud humana*. Uruguay: Universidad de la República.



Propagación de la energía electromagnética polarizada verticalmente

FIGURA 2. 8 Representación de una onda electromagnética en el espacio.

En la Figura 2.8 se muestra la definición de frecuencia cuando la línea de la onda cambia con rapidez entonces se tendrá una frecuencia mayor. Los campos electromagnéticos no cambian a una frecuencia de cero pero en la parte superior del espectro electromagnético si cambian algunos millones de veces por segundo.

También se aprecia en la onda plana que el campo eléctrico (E) es perpendicular al campo magnético (H) mientras que la dirección de propagación es perpendicular a ambos campos.

Existe una constante entre la intensidad del campo eléctrico y la intensidad del campo magnético en una onda plana llamada Impedancia (Z) y está dada en la siguiente ecuación:

$$Z = E/H$$

En el espacio $Z = 120\pi \approx 370\Omega$

El Vector de Poynting explica la transferencia de energía a través de la dirección y magnitud de la intensidad del flujo magnético (B) representados en la siguiente relación:

$$S = E H$$

El campo electromagnético emitido de una antena se puede clasificar en dos regiones: la región de campo próximo y de campo lejano.

El tope entre estas regiones se da en la siguiente ecuación:

$$r = 2a^2/\lambda$$

a= dimensión máxima de la antena.

Para el campo cercano se necesita a los campos eléctricos y magnéticos para la exposición de RNI, mientras que para el campo lejano sólo se utiliza uno de ellos, por lo que se encuentran interrelacionadas con E y H. (Cabal, Otero, & Acuña, 2005) ¹²

2.2.10. CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE BAJAS FRECUENCIAS ELF (Extremely Low Frequency)

La energía eléctrica a partir de mediados del siglo XIX constituye una parte primordial en nuestras vidas, ya que alimenta la mayoría de los equipos eléctricos utilizados actualmente y que nos ayudan en las labores cotidianas.

Los campos electromagnéticos CEM son líneas de fuerza invisibles que circulan por los conductores de electricidad o rodean cualquier aparato eléctrico.

Los campos eléctrico y magnético (CEM) de frecuencias extremadamente bajas (ELF) se encuentran en el rango de 3Hz a 3kHz, como aquellos que usan la potencia eléctrica (50 o 60Hz), pero también se pueden incluir los campos electromagnéticos CEM a frecuencias menores o demasiadas altas.

Los campos electromagnéticos CEM de Extremadamente baja frecuencia ELF las encontramos en las líneas de alta o media tensión, las instalaciones eléctricas y los aparatos eléctricos

La electricidad en Europa es alternante de 50 ciclos por segundo (50Hz de frecuencia) y en EEUU, la frecuencia del campo eléctrico es 60Hz.

Los campos de ELF, de frecuencias de 50 o 60 HZ, tienen muy poca energía, es decir que no produce efectos ionizantes y por lo general no tienen un efecto térmico.

Los campos electromagnéticos de ELF son un fenómeno en la que el campo eléctrico y el campo magnético se tornan independientes, por lo tanto en cualquier parte del espacio puede haber campo magnético y no campo eléctrico o viceversa.

Los campos electromagnéticos CEM de ELF no producen energía electromagnética que fluya a través del aire, pero se pueden encontrar en lugares cercanos donde circule electricidad como líneas de tensión o dispositivos eléctricos.

En nuestro entorno, el campo eléctrico en Corriente Directa DC, estimula corrientes eléctricas en las personas. En entornos industriales las personas con un movimiento cercanas a las fuentes de DC altas pueden producirse corrientes relevantes y causar preocupación a quienes utilizan equipamientos médicos como los marcapasos por sus posibles efectos.

Los campos eléctricos y magnéticos CEM en Corriente Alterna CA producen corrientes débiles en las personas denominadas “corrientes inducidas”. (Solano & Sáiz)

Una persona que haga contacto directamente con una línea de transmisión de alto voltaje puede llevarse un susto ya que dicha línea conduce electricidad. Estas sensaciones son causadas por los fuertes campos eléctricos de las líneas de alta tensión. Esto solo ocurre muy cerca de las zonas de las líneas, ya que el campo eléctrico se debilita rápidamente al aumentar la distancia desde la línea.

El campo magnético en corriente alterna CA produce un pequeño flujo de corrientes eléctricas en la persona, incluso son tan pequeñas que no se comparan con las corrientes generadas por el corazón, cerebro y nervios.

El campo magnético generado por Corriente Directa DC se asemeja a los campos electromagnéticos de baja frecuencia generados por nuestro planeta en forma de campos estáticos.

Existen corrientes eléctricas que circulan en el centro de la Tierra o núcleo produciendo un campo magnético de hasta 500mG

En los mecanismos de acción del campo electromagnético, la presencia de campos eléctricos y magnéticos se puede calcular mediante las ecuaciones de Maxwell, suponiendo que la permeabilidad magnética del aire y de los tejidos del cuerpo es igual a la permeabilidad del vacío. Estas ecuaciones indican que:

- El campo magnético alterno crea en cualquier punto del espacio un campo eléctrico rotacional, independiente de que dicho punto se encuentre o no un conductor.

- Un campo eléctrico alterno, lo mismo que una corriente eléctrica es fuente de un campo magnético.
- Una densidad de carga eléctrica es una fuente de campo eléctrico.
- Los momentos magnéticos son siempre bipolar. (Batista, Soriano, & Bergés, 2011)¹³

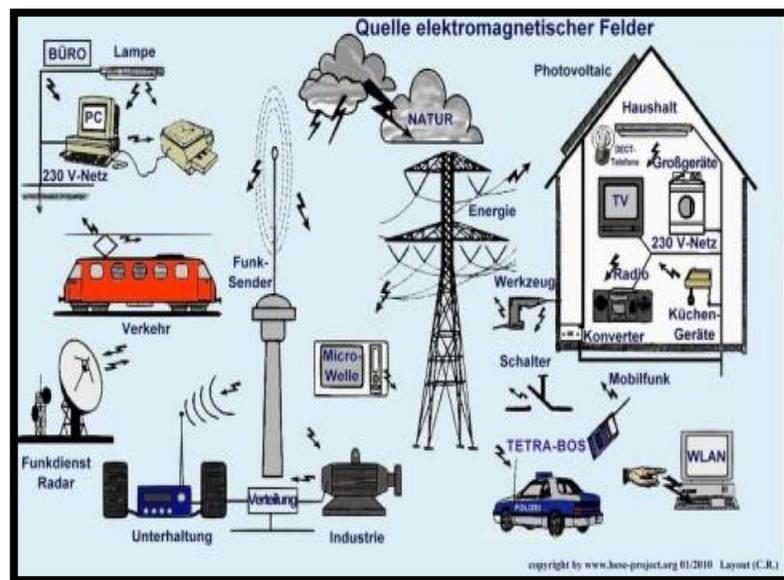


FIGURA 2. 9 Campos electromagnéticos de bajas frecuencias (ELF).

¹³ Batista, R., Soriano, G. I., & Bergés, C. L. (2011). *Posibilidades, mecanismos de acción y retos de la terapéutica con campo electromagnético de extremada baja frecuencia contra la psoriasis*. Santiago de Cuba.

2.2.11. CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE RADIOFRECUENCIAS RF

Los campos electromagnéticos de Radiofrecuencia RF se utilizan hoy en día en las comunicaciones modernas. Las fuentes más conocidas son los teléfonos móviles, los teléfonos inalámbricos, redes de área local inalámbricas y las torres de transmisión de radio.

También utilizan campos de radiofrecuencia los escáneres médicos, sistemas de radar y los hornos microondas. Las radiofrecuencias van desde los 100KHz a 300GHz.

Los campos electromagnéticos de RF propagan energía electromagnética a través del aire, pues están diseñados para ello, atenuándose con respecto a la distancia en menor grado a diferencia de los campos electromagnéticos de ELF que se atenúan rápidamente.

En radiofrecuencias, los campos eléctricos y magnéticos son inseparables. Esto significa que si un determinado material elimina el campo eléctrico por ende el campo magnético también desaparecerá.

Los campos de radiofrecuencia RF dentro del espectro electromagnético se pueden clasificar en los siguientes grupos:

TIPO DE FRECUENCIAS	SIGLAS	FRECUENCIAS	LONGITUD DE ONDA
		<3Hz	>100000Km
EXTREMELY LOW FREQUENCY	ELF	3-30Hz	100000-10000Km
SUPER LOW FREQUENCY	SLF	30-300Hz	10000-1000Km
ULTRA LOW FREQUENCY	ULF	300-3000Hz	1000-100Km
VERY LOW FREQUENCY	VLF	3-30KHz	100-10Km
LOW FREQUENCY	LF	30-300KHz	10-1Km
MEDIUM FREQUENCY	MF	300-3000KHz	1Km-100m
HIGH FREQUENCY	HF	3-30MHz	100m-10m
VERY HIGH FREQUENCY	VHF	30-300MHz	10m-1m
ULTRA HIGH FREQUENCY	UHF	300-3000MHz	1m-100mm
SUPER HIGH FREQUENCY	SHF	3-30GHz	100mm-10mm
EXTREMELY HIGH FREQUENCY	EHF	30-300GHz	10mm-1mm
		>300GHz	<1mm

Tabla III. BANDAS DE RADIOFRECUENCIAS EN EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO. (Úbeda, 2001)¹

Cuando se expone a campos electromagnéticos de radiofrecuencias RF, el cuerpo absorbe parte de su energía. No se sabe exactamente la cantidad de energía de radiofrecuencia que absorbe cada día una persona, ya que el nivel de exposición depende de muchos factores, como la distancia que lo separa de la fuente y el tiempo de exposición. La cantidad de energía que transmite disminuye rápidamente al aumentar la distancia, lo que significa que una persona puede absorber más energía de un dispositivo utilizado

muy cerca como los celulares que de una fuente más potente como una torre de transmisión de radio que esté más lejos.

Cuando las ondas electromagnéticas interactúan con objetos se torna más complicada la exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencia (RF), porque cuando localiza al objeto la energía (transmitida, absorbida o reflejada) que se produce depende de la frecuencia (f) y de la polarización del campo (P), mientras que las propiedades eléctricas y la forma dependen del objeto.

Cuando las ondas se reflejan plenamente en los objetos metálicos cerca de estos objetos se forman ondas estacionarias.

Para las exposiciones a campos de radiofrecuencias RF que interactúan directamente con sistemas biológicos, existen algunas circunstancias que se deben tomar en cuenta:

- Identificar si la exposición se realiza en campo cercano o lejano.
- En campo cercano se necesitan los valores de E y H ; en campo lejano se necesita E o H .
- El cambio espacial de la medida del campo o los campos.
- La dirección del campo eléctrico (E) en relación a la dirección de propagación de la onda. (Cabal, Otero, & Acuña, 2005)¹²

En el espectro electromagnético también se encuentran las Audiofrecuencias que van del rango de 20 Hz a 20kHz con sus respectivas bandas (ELF, SLF, ULF y VLF).

El sonido necesita obligatoriamente de un medio material para viajar a la velocidad del sonido, mientras que las ondas electromagnéticas o de

radiofrecuencias no necesitan de un medio material para viajar a la velocidad de la luz. (Clay, 1984) ¹⁴

2.2.11.1. APLICACIONES DEL ESPECTRO DE RADIOFRECUENCIAS

Se puede citar algunas aplicaciones principales que se dan en la gama de radiofrecuencias RF:

- Radiocomunicaciones: las transmisiones de televisión y radio, radioaficionados, audio, video, radionavegación y telefonía móvil.
- Radioastronomía: Se aplica en objetos astronómicos que utilizan ondas de radio de mayor longitud que la luz visible, para lograr una alta calidad de recepción y amplificación de la antena, los cuales sirven para estudiar lo que es la astronomía.
- Radar: Las ondas electromagnéticas en esta aplicación se utilizan para medir recorridos, altitudes, direcciones y velocidades de aviones, barcos, carros, entre otros.
- Resonancia Magnética Nuclear: Es un sistema que se utiliza las ondas de radio y los grandes campos magnéticos para generar imágenes o muestras de los distintos tejidos u órganos del cuerpo humano, sin necesidad de utilizar los Rayos X o la Radiación Ionizante. (Clay, 1984) ¹⁴

¹⁴ Clay, L. (1984). *Guía del radiacionado principiante*. Barcelona: Marcombo S.A.

2.3. VARIABLES

- Mensuración de las intensidades y frecuencias de emisión de las radiaciones electromagnéticas monitoreadas en los laboratorios.
- Comparación de los ambientes electromagnéticos de los laboratorios.
- Evaluación de los niveles de exposición de los campos electromagnéticos presentes en los ambientes de los laboratorios en relación a los recomendados en las normativas nacionales e internacionales.

2.4. MÉTODOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

El trabajo será desarrollado en las siguientes etapas:

Parte teórica

Basados en la revisión bibliográfica se realizará un estudio sobre las radiaciones electromagnéticas emitidas por los aparatos electro-electrónicos presentes en los laboratorios de la UPSE y las normativas nacionales e internacionales que regulan su explotación.

Parte práctica

Se realizará el monitoreo electromagnético de los laboratorios y salas de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena mediante el uso de equipos de medición electromagnética.

Datos Estadísticos

Mediante tratamiento estadístico de datos se determinará la relación de los niveles de campos electromagnéticos encontrados con los niveles de referencia propuestas en las normativas nacionales e internacionales.

El monitoreo se realizará siguiendo las técnicas de medición estándar mediante el analizador y medidor de campos electromagnéticos.

Los materiales y equipos a utilizar son:

- Medidor de campos electromagnéticos y analizador de espectros marca AARONIA.
- Laptop HP.
- Software MCS SPECTRAN ANALYZER
- Programas estadísticos

2.5. TÉRMINOS BÁSICOS

RNI	Radiaciones No Ionizantes
CEM	Campos electromagnéticos
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
EMF	Electromagnetic fields
OMS	Organización Mundial de la Salud
CONELEC	Consejo Nacional de Electricidad
f	Frecuencia
ELF	Extremely Low Frequency
RF	Radiofrecuencia
Hz	Hertz
KHz	Kilo Hertz
MHz	Mega Hertz
GHz	Giga Hertz
T	Tesla
μ T	Micro Tesla
E	Intensidad de campo eléctrico
H	Intensidad de campo magnético
B	Densidad de flujo magnético
G	Gauss

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS

3. ANÁLISIS

En este capítulo de la MONITORIZACIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LOS LABORATORIOS DE LA UPSE, se muestran las metodologías y procedimientos para la realización de las mediciones de campos electromagnéticos en los ambientes de los

laboratorios de la UPSE; para la realización de las mediciones se tomarán en cuenta las recomendaciones existentes, además la forma de utilización de los equipos y software con sus respectivas características.

3.1. Diagrama del proceso

3.1.1. Descripción funcional de los procesos

Para la realización de la Monitorización de campos electromagnéticos en los campos de los laboratorios de la UPSE se establece el proceso metodológico en los siguientes pasos:

Paso 1: Definir el área de estudio

Inicialmente se elaboró formalmente una solicitud de autorización a los directivos de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones para realizar las respectivas mediciones en tiempo real de densidad de campo magnético en los laboratorios 1, 2 y 3 de Informática y Robótica.



FIGURA 3. 1 Edificio de Laboratorios de Informática de la UPSE.

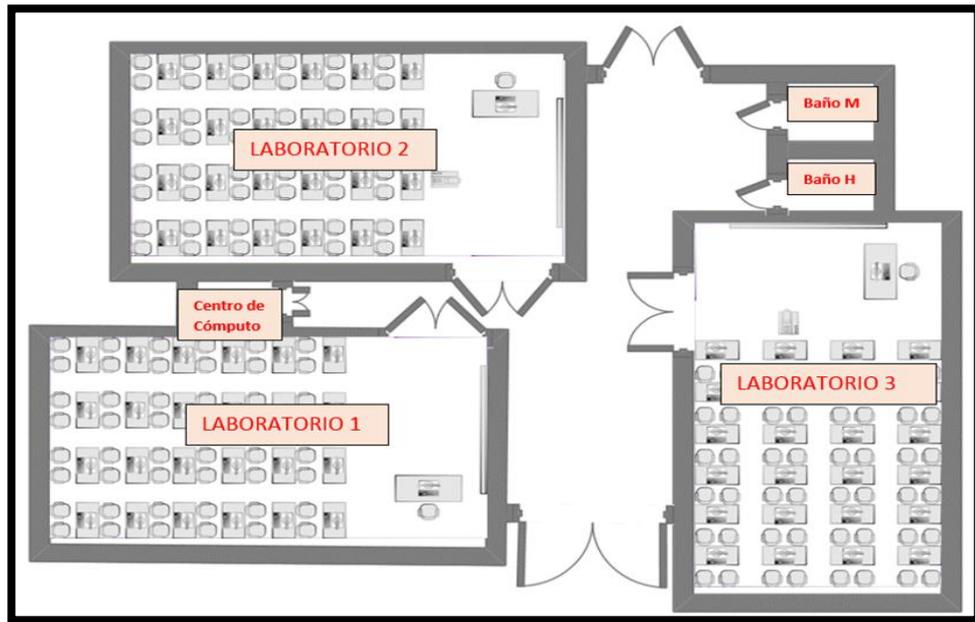


FIGURA 3. 2 Vista Superior de los Laboratorios de Informática de la UPSE

Paso 2: Establecer el tipo de estudio

El tipo de estudio a realizar es de campo porque se realiza en los interiores de los laboratorios de la UPSE donde se encuentran los sujetos y objetos de la investigación.

Es experimental porque manipula ciertos factores o condiciones ambientales para observar como resulta afectado el hecho o fenómeno que se investiga.

La investigación es cuantitativa porque se refiere a la investigación empírica sistemática de los fenómenos en estudio a través de técnicas estadísticas, matemáticas o informáticas.

Paso 3: Selección de puntos a monitorear.

En esta etapa se seleccionan los puntos a monitorear en el interior de los laboratorios.

Para ello los laboratorios 1,2 y 3 de Informática se dividirán en 9 puntos a medir, como se muestra en la figura:

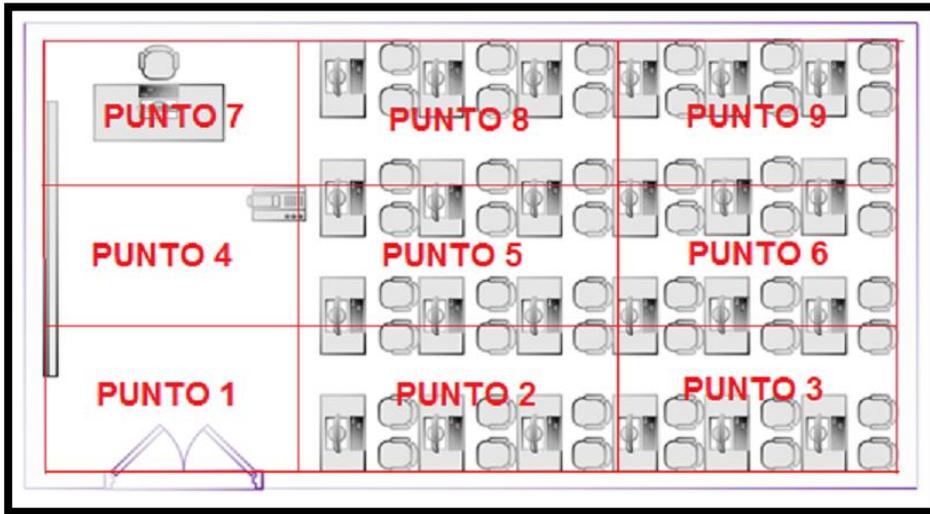


FIGURA 3. 3 Monitoreo de 9 puntos en cada Laboratorio de Informática.

Para el laboratorio de Robótica, se dividirán en 6 puntos a monitorear, como se muestra a continuación:

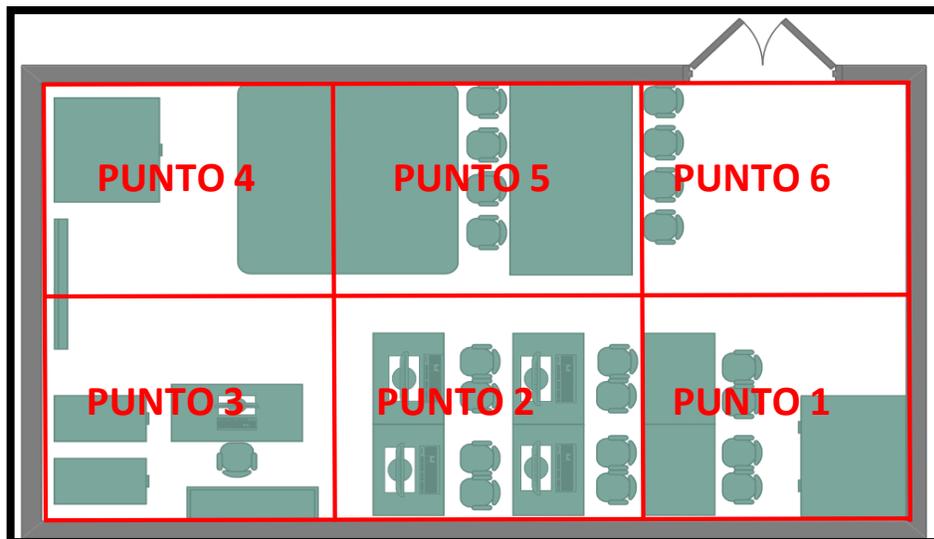


FIGURA 3. 4 Monitoreo de 6 puntos en el Laboratorio de Robótica.

Paso 4: Realización de pruebas radiométricas o monitoreo de campos magnéticos.

Las pruebas radiométricas se utilizaron para medir y localizar las fuentes de campos electromagnéticos en los distintos ambientes de los laboratorios.

Las fuentes que generan campos electromagnéticos en los laboratorios de la UPSE y que se serán objeto de estudio son las computadoras, luces fluorescentes y aire acondicionado.

Los monitoreos se realizarán en 4 situaciones o condiciones en cada laboratorio de Informática mientras que en el laboratorio de Robótica se monitoreará sólo en la situación que exista mayor carga:

- Primera Situación (S1)

En cada laboratorio, el monitoreo se efectuará sin ninguna carga, es decir todos los equipos apagados incluyendo las luces y el aire acondicionado.

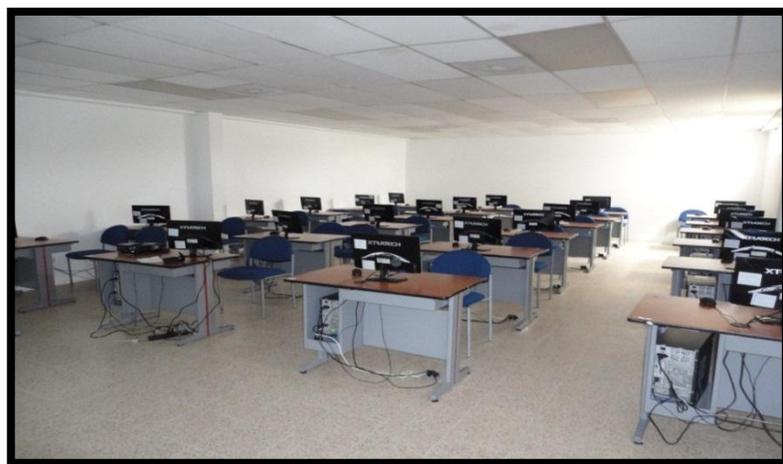


FIGURA 3. 5 Ambiente del laboratorio sin ninguna carga

- Segunda Situación (S2)

En esta situación se encenderán solo las computadoras, las luces y el aire acondicionado continúan apagados.

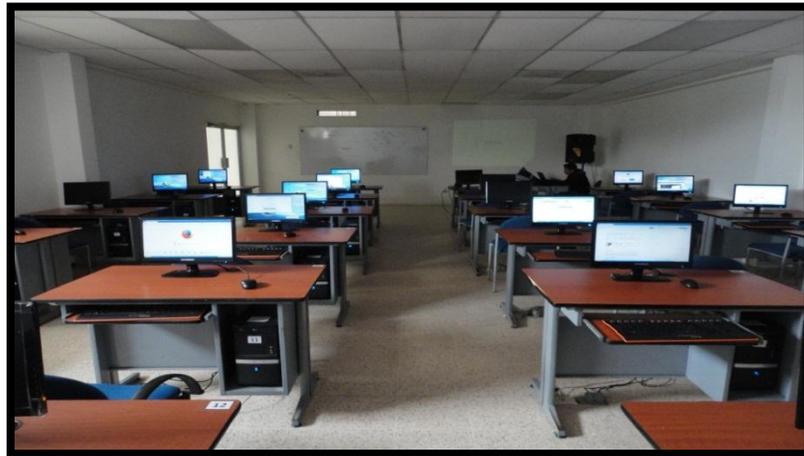


FIGURA 3. 6 Ambiente del Laboratorio solo con PC encendidas

- Tercera Situación (S3)

En esta tercera situación se mantendrán los equipos encendidos y se procederá a encender las luces. El aire acondicionado todavía permanece apagado.

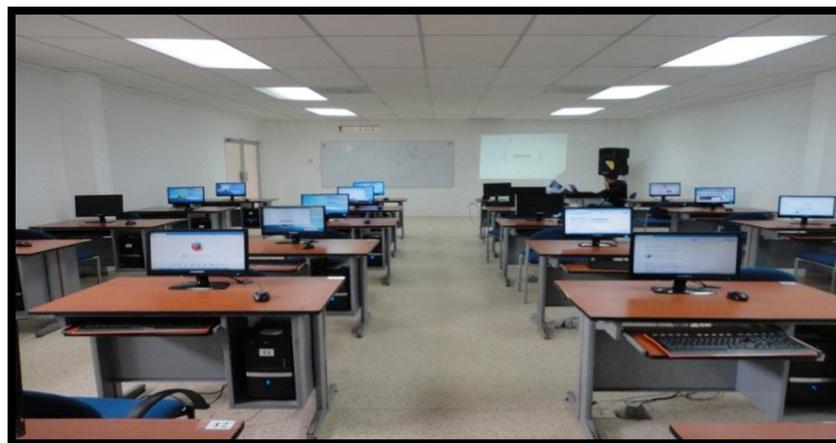


FIGURA 3. 7 Ambiente del Laboratorio con PC y luces encendidas

- Cuarta Situación (S4)

En la cuarta situación se pondrá toda la carga existente es decir, los equipos encendidos, las luces prendidas y el aire acondicionado funcionando.



FIGURA 3. 8 Ambiente del Laboratorio con toda la carga existente a tiempo real

Todas las mediciones se realizarán a una distancia de 1,5 metros del suelo al analizador de espectros en un tiempo promedio de 6 minutos.

Además en la 4 situación, se realizarán 2 monitores adicionales (M5 y M6) en los laboratorios 1, 2 y 3 de Informática de la UPSE.

Estas mediciones son tipo barrido como se muestra en la siguiente figura:

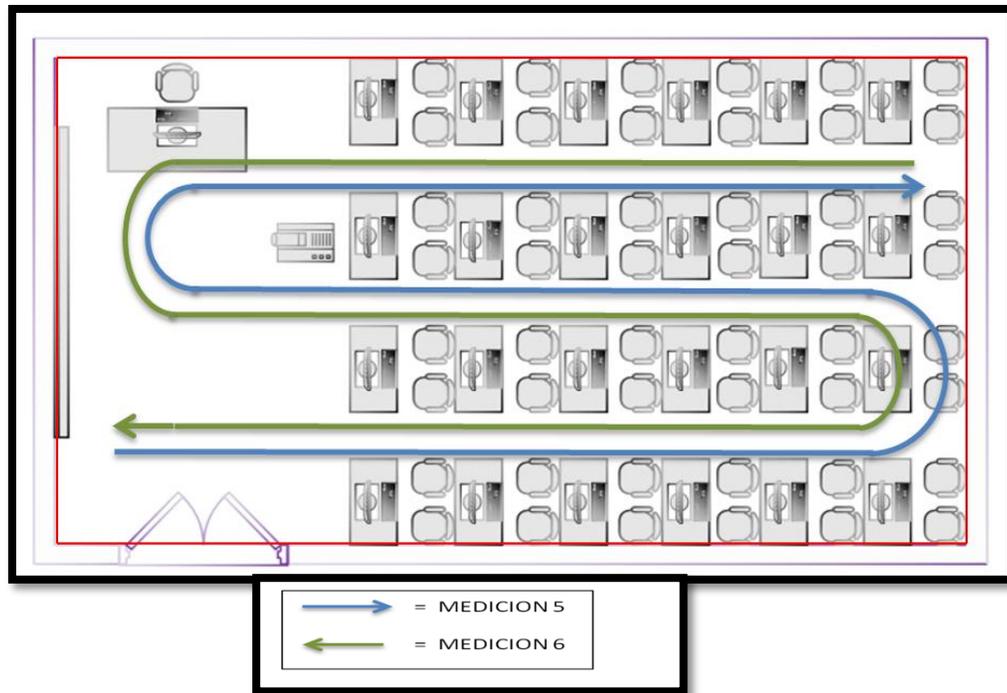


FIGURA 3. 9 Monitores adicionales tipo barrido en ambos sentidos



FIGURA 3. 10 Prueba radiométrica tipo barrido a tiempo real

3.2. Identificación de requerimientos

En la presente sección, para monitorear los campos electromagnéticos existentes en los ambientes de los laboratorios de la UPSE se describen los equipos utilizados, tanto hardware como software y también las características técnicas de éstos.

Los equipos utilizados para la realización de éste proyecto son:

- Analizador de espectros portátil AARONIA SPECTRAN NF-5035, rango de frecuencias 1Hz a 1 MHz (30MHz).
- Cable USB para PC.
- Software de análisis espectral de tiempo real “MCS” de AARONIA.
- Laptop HP
- Trípode

3.2.1. AARONIA SPECTRAN NF-5035

El analizador de espectros AARONIA SPECTRAN NF-5035 es un dispositivo de medición portátil utilizado para la localización de las fuentes de interferencias y la detección de los orígenes, la determinación de la frecuencia y de la intensidad de las fuentes de la señal, la medición y la evaluación de los valores límites de campos electromagnéticos de baja frecuencia.

El analizador de espectros ofrece soluciones accesibles para la medición de campos eléctricos y magnéticos, también brinda una interfaz USB con control remoto en tiempo real a la PC.



FIGURA 3. 11 AARONIA SPECTRAN NF-5035

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- **Rango de frecuencia:**
1Hz a 1 MHz (30MHz)
- **Campo magnético (Gauss):**
10 μ G a 20G (tip.) (Sólo con la opción 006)
- **Campo magnético (Tesla):**
1 pt a 2mT (tip.) Ampliable hasta una cantidad de Tesla con PBS1
- **Sólo con la Opción 009, resolución de 24 bits:**
10ng de 20G (tip.) (Gauss)
- **Campo eléctrico:**
0.1V/m a 20 kV/m (típico).
- **Entrada analógica:**
200nV a 200mV (tip.)

- **Incl. Opción 005 (12 bits dual DDC frecuencia del filtro)**
- **Resolución (RBW):**
0.3Hz a 1MHz (1-3-10 paso)
- **Detectores:** RMS, Min / Max
- **Unidades:** V, V/m, T, A/m
- **Demodulador:** AM, FM
- **Entrada:** entrada SMA de alta impedancia (f)
- **Audio:**
Altavoz interno con control de volumen y conector de 2.5mm
- **Precisión:** 3%(típico).
- **Dimensiones (L / W / D):** 250x86x27mm
- **Interfaz:** USB 2.0 / 1.1
- **Peso:** 420gr
- **Garantía:** 10 años

LO MÁS RELEVANTE:

- **3D integrado (isotrópica) sensor magnético**
- Cálculo de límite de la exposición según la norma DIN/VDE 0848
- Data Logger (64K), ampliable a 1 MB (Opción 001)
- Mejorada y la pantalla LCD mucho más nítida
- Al mismo tiempo muestra la fuerza y la frecuencia de la señal
- Actualizaciones de software de flash de Internet
- Control remoto en tiempo real a través de USB
- Análisis de espectro FFT/DFT rápida
- Función de retención
- DSP de alto rendimiento (Procesador de señal digital)
- Grande, de alta resolución LCD multifuncional
- Conexión del trípode: ¼ “

3.2.2. Cable USB para PC.

El cable mide aproximadamente 1 metro de longitud que se utiliza como interfaz entre el analizador de espectros y la PC o laptop.

3.2.3. Software de análisis espectral en (MCS) de AARONIA

El software de AARONIA de análisis espectral de tiempo real (MCS), es un software avanzado de información y control que requiere el analizador de espectros SPECTRAN NF-5035.

3.2.3.1 Especificaciones del sistema

Para la instalación del software de análisis espectral en tiempo real (MCS), el sistema tiene que cumplir con las siguientes especificaciones mínimas requeridas:

- Windows XP/ Vista/ 7, MacOS X, Linux
Intel Core2 o AMD Athlon 64 CPU con 1.5 GHz y más.
- Memoria de 2 GB y más.
- 100 MB espacio libre del disco duro y más cuando se almacenen las mediciones efectuadas.
- Pantalla con una resolución mínima de 1200X800
- Puerto USB que es utilizado para la conexión del SPECTRAN NF-5035 o una conexión de red para el control remoto del dispositivo.

3.2.3.2 Configuración del software MCS para el Monitoreo correspondiente en tiempo real de campos magnéticos.

Para la configuración del Software MCS, debidamente instalado en la PC o laptop HP, utilizamos como medio de conexión entre la laptop HP y el SPECTRAN NF-5035 el cable USB correspondiente.

El SPECTRAN NF-5035 puede ser configurado manualmente para el respectivo Monitoreamiento de campos magnéticos, pero al conectarse mediante el cable USB a la laptop HP el control de las configuraciones para las mediciones se prioriza desde la laptop HP, por consiguiente se realiza las configuraciones en los siguientes pasos:

- Conectar el cable USB a la laptop HP y al SPECTRAN NF-5035



FIGURA 3. 12 Conexión entre PC y SPECTRAN NF-5035 a través de cable USB

- Ejecutar el software de análisis espectral MCS.
- Encender el SPECTRAN NF-5035
- Para realizar la conexión internamente se escoge la opción “SPECTRAN” y posteriormente “Conectar” como se muestra a continuación:

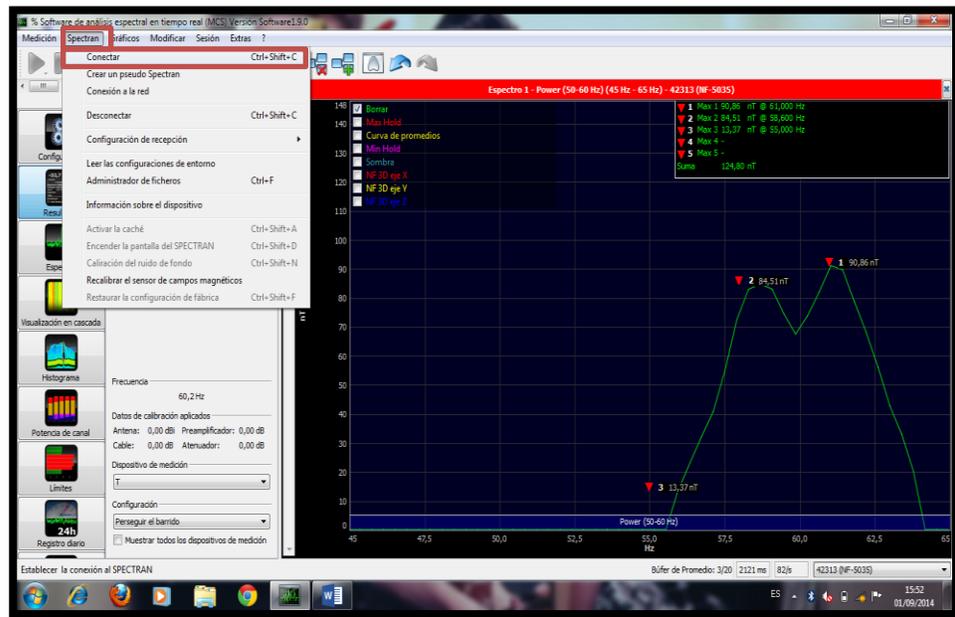


FIGURA 3. 13 Manera de habilitar el SPECTRAN NF-5035 en el PC.

- Posteriormente se abre una ventana en la que se visualiza los dispositivos vinculados a la laptop HP, en la que escogemos nuestro equipo de monitoreo y de inmediato procedemos a “Conectar”.

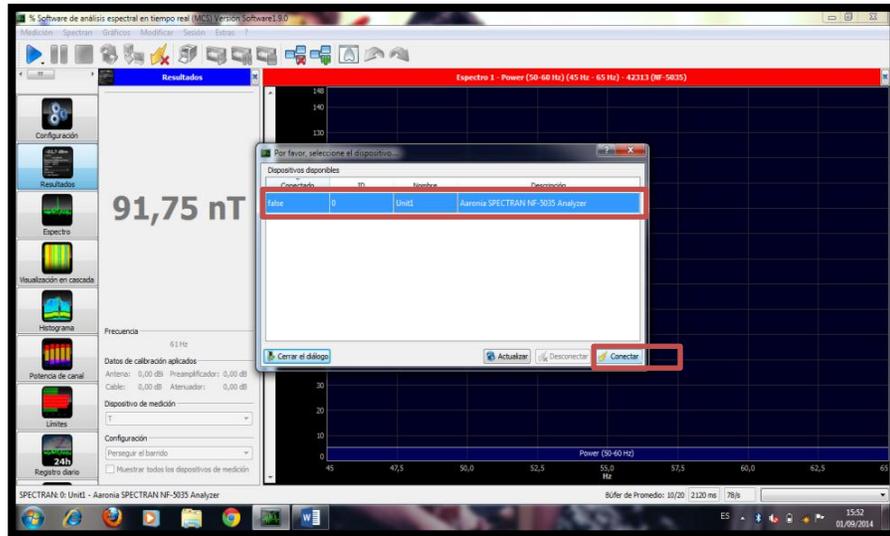


FIGURA 3. 14 Visualización que el software ha identificado al analizador de espectros.

- Para que exista la conexión deberá aparecer la siguiente ventana “Connecting Spectran” :

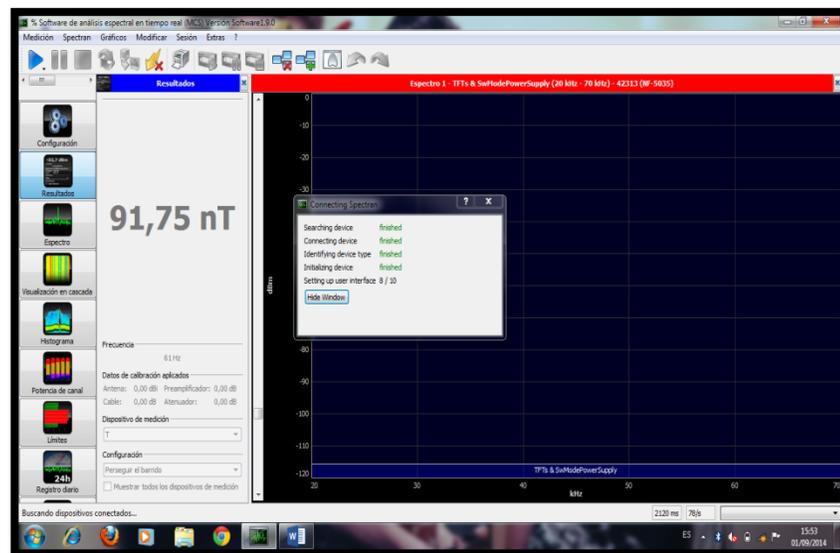


FIGURA 3. 15 Ventana que muestra la conexión entre Software y Hardware

- La configuración para monitorear campos magnéticos se la realiza desde el parámetro “Configuración”, en la que escogemos el rango de la frecuencia en “Power” (50Hz-60Hz), el tiempo de muestreo (500ms), el ancho de banda (3Hz) y el sensor correspondiente en este caso será campo magnético en la modalidad 3D (isotrópico).

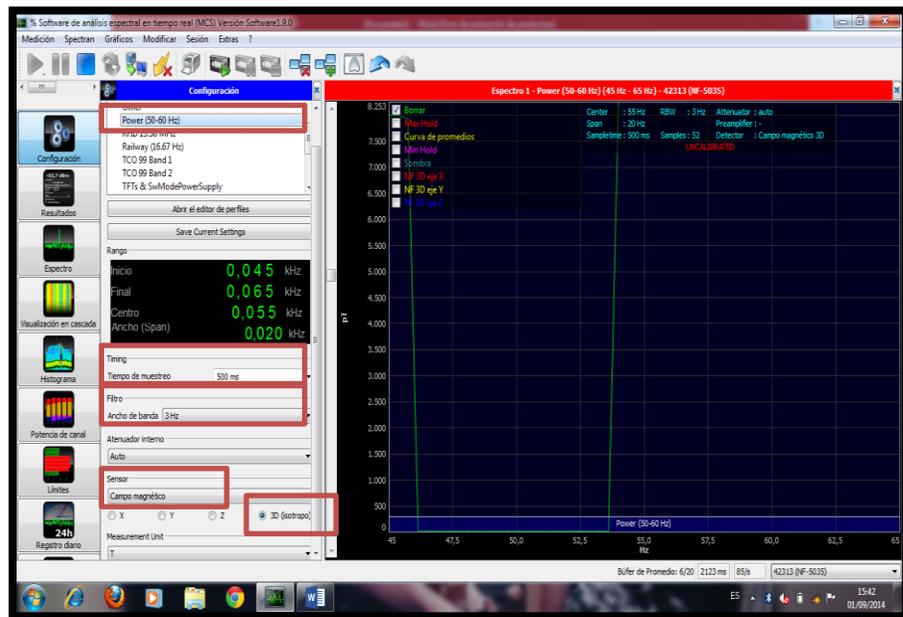


FIGURA 3. 16 Configuración de la frecuencia, tiempo de muestreo, ancho de banda y tipo de sensor

- Después se escoge el parámetro “Espectro”, en la que se ajusta el nivel de las unidades de los resultados, escogiendo la forma “Auto” y en el parámetro “Curva” escogemos la opción “Borrar”.

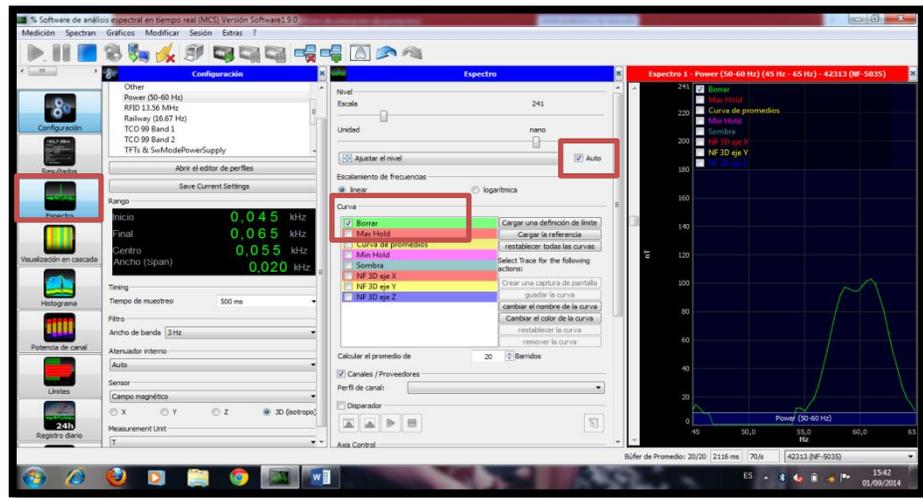


FIGURA 3. 17 Configuración para ajustar el nivel de las unidades de campo magnético

- En el mismo parámetro “Espectro” , para visualizar de una manera óptima los resultados escogemos la opción “ 5 Max”, la cual nos ayudará a definir los valores 5 valores máximos en cada medición de una manera gráfica:

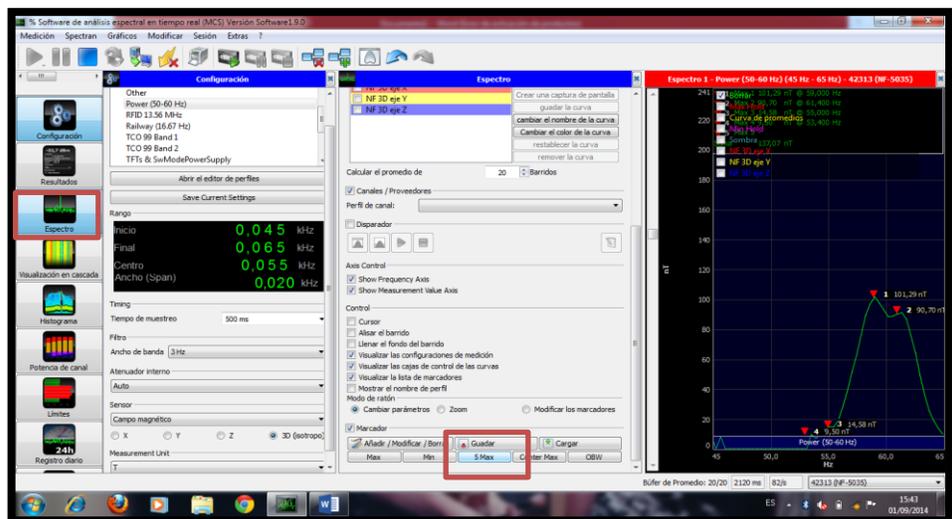


FIGURA 3. 18 Opción “5 Max” para visualizar los 5 valores picos de campo magnético.

3.2.1. Laptop HP

La laptop HP es fundamental para el análisis y adquisición de datos otorgados por el SPECTRAN NF-5035 a través del software MCS para el procesamiento de datos correspondientes.



FIGURA 3. 19 Laptop HP

3.2.2. Trípode

El SPECTRAN NF-5035 será montado sobre un trípode para que realice las respectivas mediciones a tiempo real.

3.3. PRESENTACIÓN DE DATOS OBTENIDOS

Los valores obtenidos en el monitoreo de los 3 laboratorios de Informática se dieron en las 4 situaciones siguientes:

Situación 1: pc apagadas, luces apagadas, aire acondicionado apagado.

Situación 2: pc encendidas, luces apagadas, aire acondicionado apagado.

Situación 3: pc encendidas, luces encendidas, aire acondicionado apagado.

Situación 4: pc encendidas, luces encendidas, aire acondicionado encendido.

En la situación 4, se dan los máximos valores de Densidad de flujo magnético, ya que el monitoreo se da en tiempo real con toda la carga presente.

Los valores obtenidos de Densidad de flujo magnético en el laboratorio de Robótica sólo se dan en la Situación 4 (S4).

En las siguiente tablas se muestran los valores obtenidos en el monitoreo de campos magnéticos en los Laboratorios de Informática y Robótica.

VALORES OBTENIDOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (μ T) EN EL LABORATORIO 1(60Hz)				
PUNTOS DE MONITOREO	Situación 1 (S1)	Situación 2 (S2)	Situación 3 (S3)	Situación 4 (S4)
PUNTO 1	0,144	0,155	0,220	0,238
PUNTO 2	0,06	0,053	0,06	0,105
PUNTO 3	0,115	0,111	0,065	0,1
PUNTO 4	0,033	0,033	0,058	0,046
PUNTO 5	0,044	0,033	0,038	0,055
PUNTO 6	0,112	0,078	0,07	0,13
PUNTO 7	0,035	0,044	0,111	0,192
PUNTO 8	0,052	0,061	0,073	0,16
PUNTO 9	0,103	0,122	0,08	0,1

Fuente: El Autor

Tabla IV. VALORES OBTENIDOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (μ T) EN EL LABORATORIO 1 A 60Hz.

VALORES OBTENIDOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (μT) EN EL LABORATORIO 2 (60Hz)				
PUNTOS DE MONITOREO	Situación 1 (S1)	Situación 2 (S2)	Situación 3 (S3)	Situación 4 (S4)
PUNTO 1	0,073	0,087	0,105	0,218
PUNTO 2	0,05	0,053	0,068	0,105
PUNTO 3	0,05	0,06	0,065	0,1
PUNTO 4	0,058	0,048	0,068	0,09
PUNTO 5	0,04	0,05	0,07	0,085
PUNTO 6	0,08	0,055	0,066	0,102
PUNTO 7	0,06	0,1	0,102	0,2
PUNTO 8	0,055	0,05	0,073	0,16
PUNTO 9	0,065	0,058	0,071	0,105

Fuente: El Autor

Tabla V. VALORES OBTENIDOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (μT) EN EL LABORATORIO 2 A 60Hz.

VALORES OBTENIDOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (μT) EN EL LABORATORIO 3 (60Hz)				
PUNTOS DE MONITOREO	Situación 1 (S1)	Situación 2 (S2)	Situación 3 (S3)	Situación 4 (S4)
PUNTO 1	0,03	0,042	0,07	0,075
PUNTO 2	0,025	0,032	0,045	0,05
PUNTO 3	0,032	0,035	0,047	0,08
PUNTO 4	0,04	0,045	0,058	0,063
PUNTO 5	0,046	0,048	0,05	0,048
PUNTO 6	0,033	0,033	0,063	0,08
PUNTO 7	0,045	0,046	0,075	0,08
PUNTO 8	0,055	0,057	0,055	0,06
PUNTO 9	0,058	0,06	0,075	0,1

Fuente: El Autor

Tabla VI. VALORES OBTENIDOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (μT) EN EL LABORATORIO 3 A 60Hz.

VALORES OBTENIDOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (μ T) EN EL LABORATORIO DE ROBÓTICA A (60Hz)						
PUNTOS DE MONITOREO	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5	PUNTO 6
Situación 4 (S4)	0,061	0,062	0,029	0,04	0,038	0,052

Fuente: El Autor

Tabla VII. VALORES OBTENIDOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (μ T) EN EL LABORATORIO DE ROBÓTICA A 60Hz.

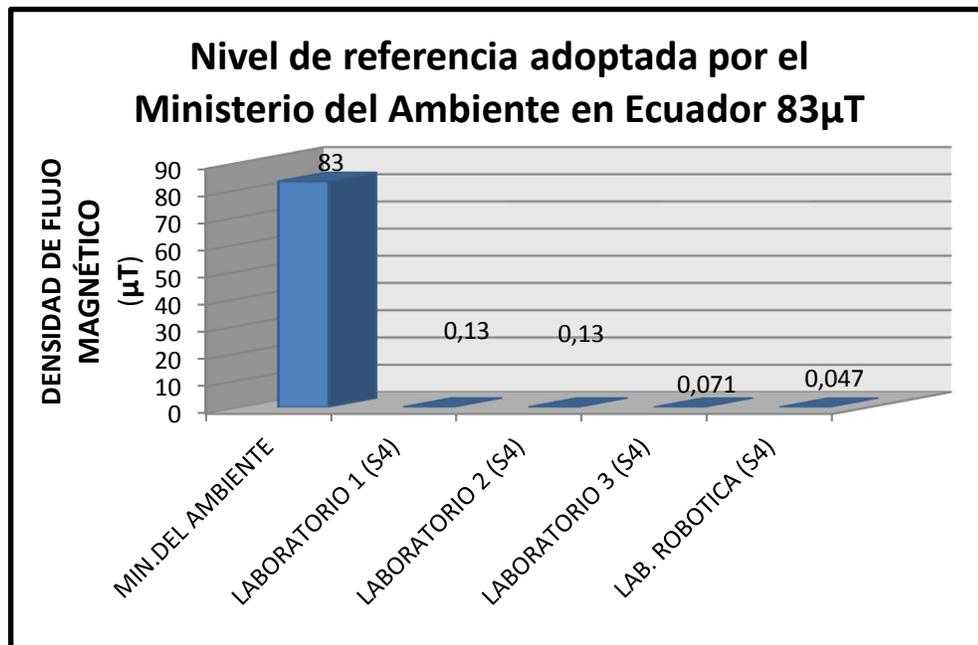
CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y COMPARATIVA DE RESULTADOS

4. ANÁLISIS Y COMPARATIVA DE RESULTADOS

En esta sección del proyecto se muestra el análisis estadístico y la comparativa con organismos internacionales y a nivel local, de los valores obtenidos en el monitoreamiento de campos magnéticos en los ambientes de los laboratorios de la UPSE.

4.1 Comparativa de resultados con normas vigentes en el Ecuador



Fuente: El Autor

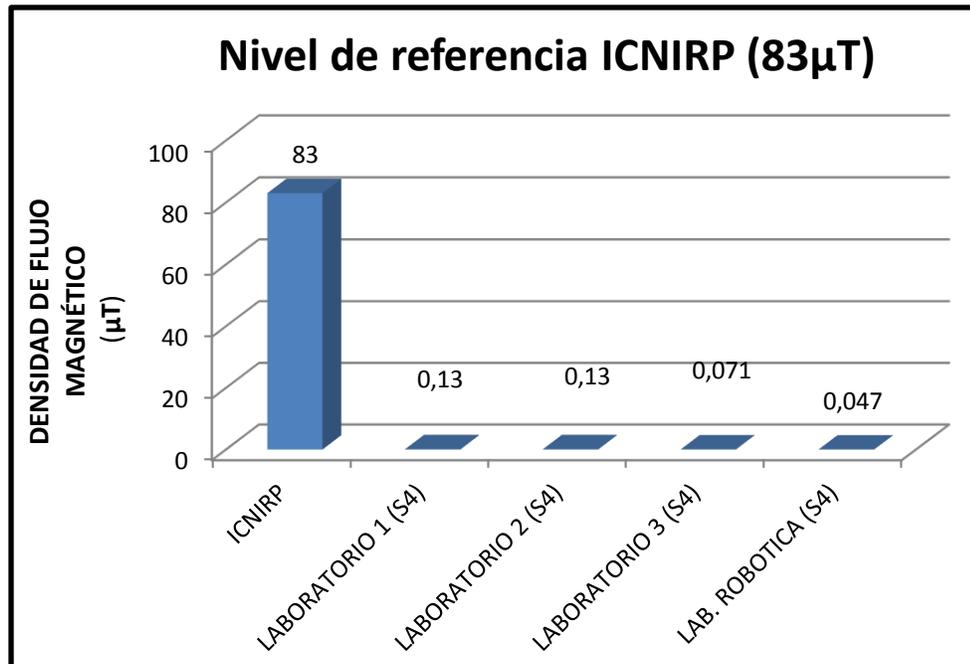
Tabla VIII. COMPARATIVA DE RESULTADOS CON NORMAS VIGENTES EN EL ECUADOR.

Ecuador a través del Ministerio del Ambiente ha adoptado los niveles de exposición a campos magnéticos de la ICNIRP, en la que el nivel de referencia es $83\mu\text{T}$.

Como se puede apreciar los valores de campo magnético que se registraron en los Laboratorios 1, 2 y 3 de Informática y de Robótica, corresponden a la media obtenida en la Situación 4 (S4) donde existe mayor carga de campos electromagnéticos a tiempo real, pero ninguno de las medias superan los valores límites establecidos por el Ministerio del Ambiente del Ecuador.

La media de mayor valor se registró en los Laboratorios 1 y 2 de Informática con $0.13\mu\text{T}$, dando como resultado el 0.16% de los valores límites permisibles del Ministerio del Ambiente.

4.2 Comparativa de resultados con el nivel de referencia de la ICNIRP.



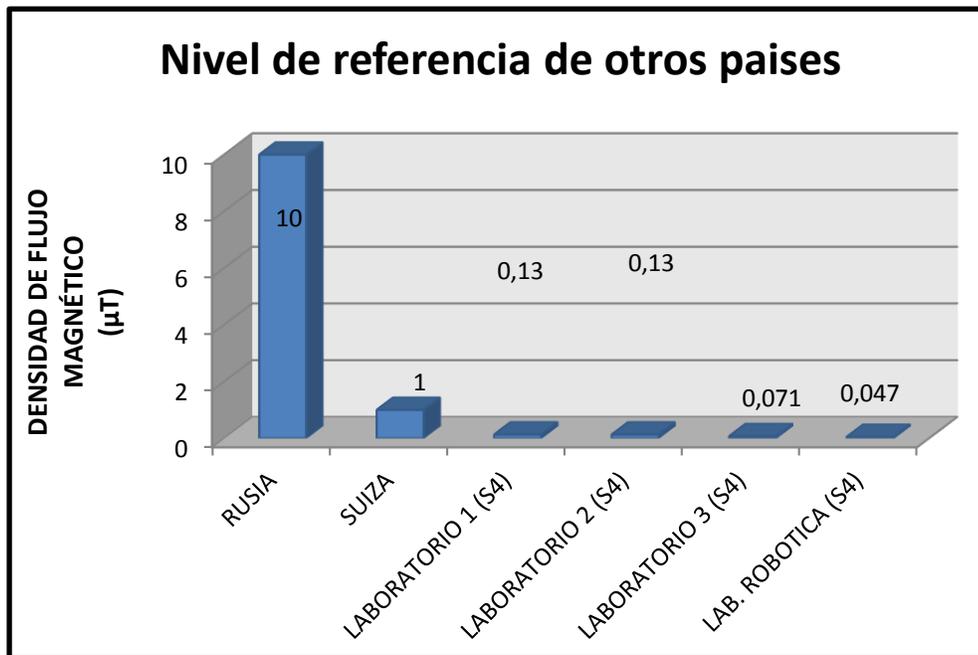
Fuente: El Autor

Tabla IX. COMPARATIVA DE RESULTADOS CON ORGANISMOS INTERNACIONALES.

El nivel de referencia de la ICNIRP es $83\mu\text{T}$ para exposición poblacional, en comparación con las medias encontradas en los distintos ambientes de los laboratorios, el valor de la media más alta se registró en los Laboratorios 1 y 2 de $0.13\mu\text{T}$, obteniendo un 0.16% del nivel de referencia de la ICNIRP.

En el Laboratorio de Robótica se da el valor de la media más baja de 0.047 μT , representando un 0.05% del nivel referencial impuesta por la ICNIRP.

4.3 Comparativa de resultados con estándares de Rusia y Suiza



Fuente: El Autor

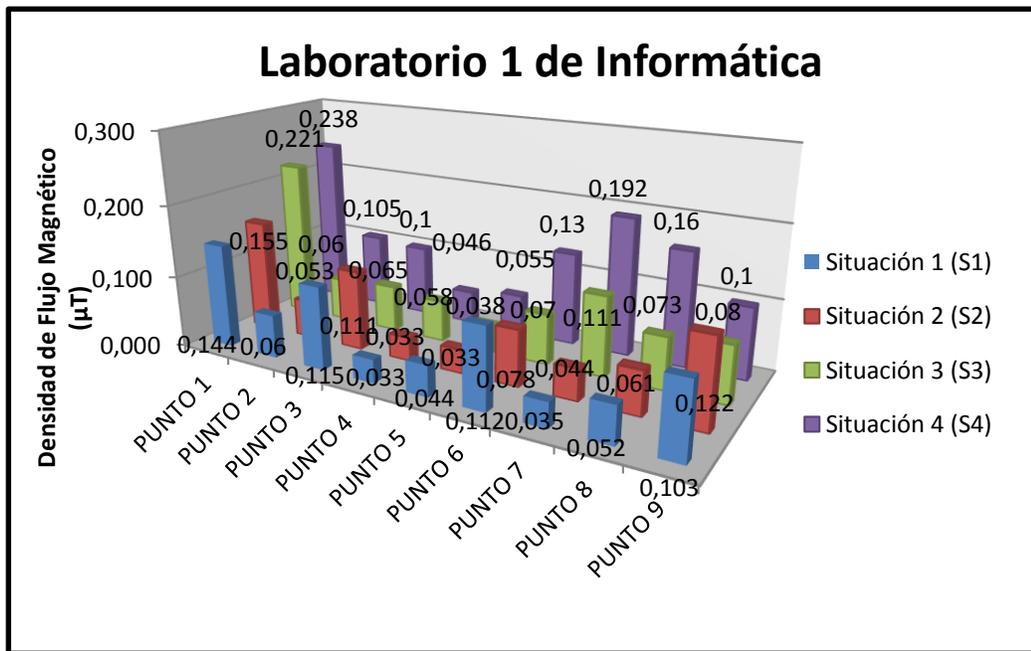
Tabla X. COMPARATIVA DE RESULTADOS CON ESTÁNDARES DE RUSIA Y SUIZA.

Las medias obtenidas en los distintos laboratorios tanto de Informática como de Robótica en la Situación 4 no superaron la normativa internacional de Rusia ($10\mu\text{T}$) y Suiza ($1\mu\text{T}$) acerca de RNI.

La media de mayor valor que se registró en los laboratorios 1 y 2 de Informática ($0.13 \mu\text{T}$), representa el 1.3 % del nivel de

referencia de la normativa de Rusia y un 13% del nivel de referencia de Suiza.

4.4 Análisis Estadístico de resultados del Laboratorio 1 de Informática.



Fuente: El Autor

Tabla X. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS DEL LABORATORIO 1 DE INFORMÁTICA.

	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS DEL LABORATORIO 1 (µT)			
	Situación 1 (S1)	Situación 2 (S2)	Situación 3 (S3)	Situación (S4)
Valor Máximo	0,144	0,155	0,221	0,238
Valor Mínimo	0,033	0,033	0,038	0,046
Media	0,08	0,08	0,09	0,13
Desviación Estándar	0,04	0,043	0,05	0,06

Fuente: El Autor

Tabla XI. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS DEL LABORATORIO 1.

En el laboratorio 1 de Informática en la Situación 4 (S4) cuando hubo mayor carga, la media encontrada es de $0.13 \mu\text{T}$ con una desviación estándar de $\pm 0.06 \mu\text{T}$.

En el punto 1 se registró uno de los valores máximos de campo magnético en la Situación 4 de $0.238 \mu\text{T}$.

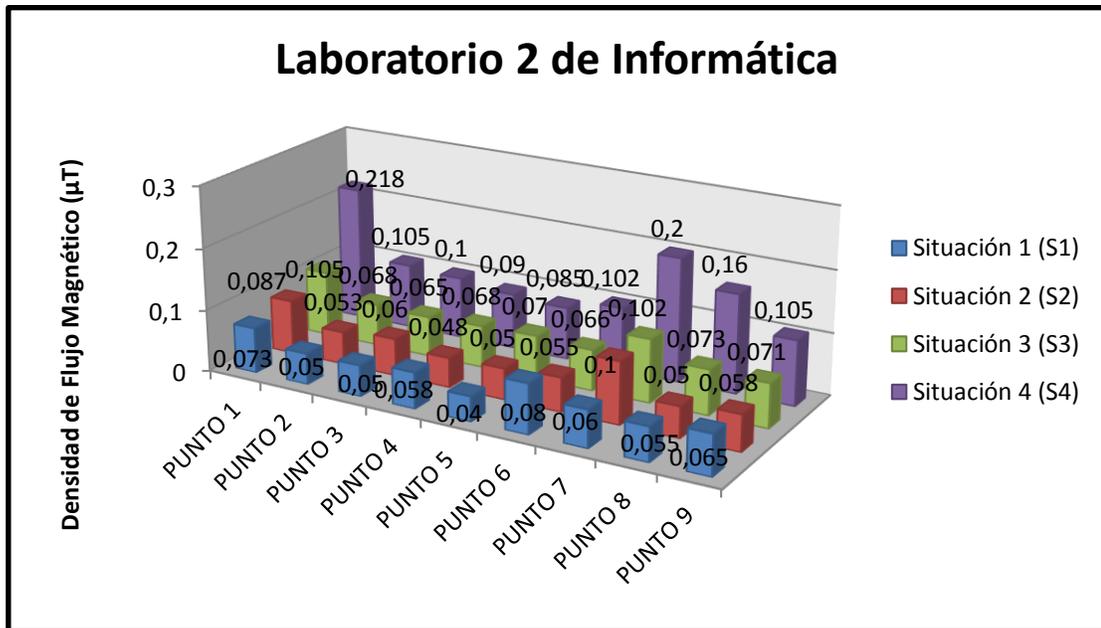
Los valores mínimos que se registran en el Monitoreo se dan en los puntos 4 de la Situación 1 de $0.033 \mu\text{T}$ y en los puntos 4 y 5 de la Situación 2 de $0.033 \mu\text{T}$ cada uno.

Este valor máximo se da porque paralelamente al punto 1 se encuentra el centro de cómputo de los laboratorios de Informática, además en este punto se detectó un valor alto de $28 \mu\text{T}$, el cual se tomará como un punto aislado ya que estaba concentrado en la pared tal como se muestra en la siguiente figura:



FIGURA 4. 1 Concentración de campos magnéticos en el centro de cómputo de los 3 laboratorios de Informática

4.5 Análisis Estadístico de resultados del Laboratorio 2 de Informática.



Fuente: El Autor

Tabla XII. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS DEL LABORATORIO 2 DE INFORMÁTICA.

	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS DEL LABORATORIO 2 (μT)			
	Situación 1 (S1)	Situación 2 (S2)	Situación 3 (S3)	Situación (S4)
Valor Máximo	0,073	0,1	0,105	0,218
Valor Mínimo	0,04	0,048	0,065	0,085
Media	0,06	0,06	0,08	0,13
Desviación Estándar	0,01	0,02	0,02	0,05

Fuente: El Autor

Tabla XIII. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS DEL LABORATORIO 2.

En el laboratorio 2 de Informática se registra uno de los valores más alto de las medias encontradas en el monitoreo a tiempo real de $0.13 \mu\text{T}$ con una desviación estándar de $\pm 0.05 \mu\text{T}$.

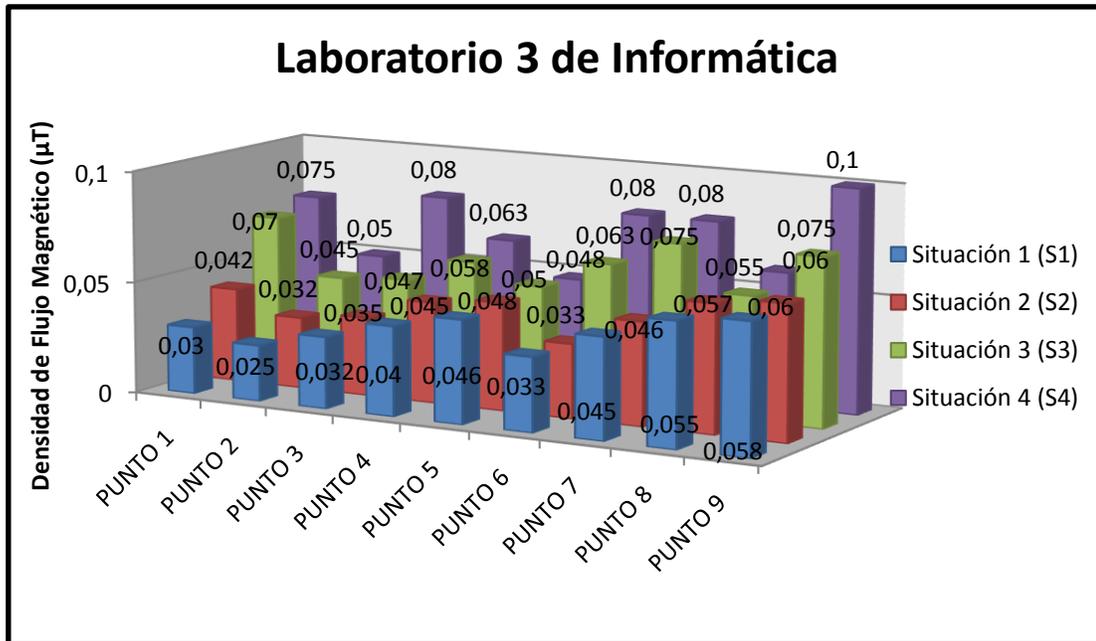
En el punto 1 de la Situación 4 de éste laboratorio se da el valor máximo de campo magnético de $0.218 \mu\text{T}$ y el valor mínimo de $0.04 \mu\text{T}$ registrado en el punto 5 de la Situación 1

Además en el Punto 1 de este monitoreo a tiempo real se registra un valor alto de $30 \mu\text{T}$, tomando en cuenta que es un punto aislado ya que se da por la caja de distribución eléctrica y por el centro de cómputo que se encuentran paralelo a la pared de este punto 1, tal como se muestra en la siguiente figura:



FIGURA 4. 2 Concentración de campos magnéticos en la caja de distribución eléctrica

4.6 Análisis Estadístico de resultados del Laboratorio 3 de Informática.



Fuente: El Autor

Tabla XIV. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS DEL LABORATORIO 3 DE INFORMÁTICA.

	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS DEL LABORATORIO 3 (µT)			
	Situación 1 (S1)	Situación 2 (S2)	Situación 3 (S3)	Situación (S4)
Valor Máximo	0,058	0,06	0,075	0,1
Valor Mínimo	0,032	0,032	0,045	0,048
Media	0,040	0,044	0,060	0,071
Desviación Estándar	0,011	0,010	0,012	0,017

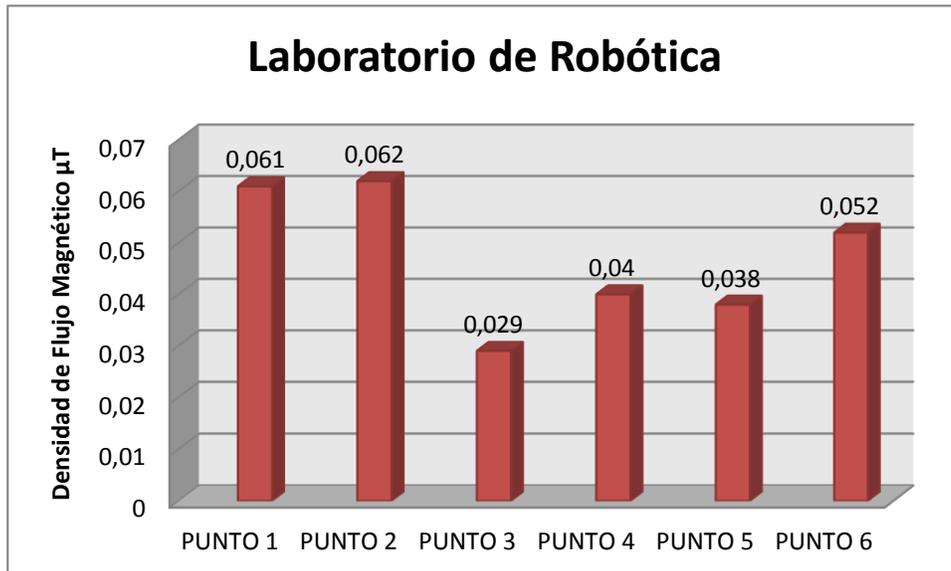
Fuente: El Autor

Tabla XV. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS DEL LABORATORIO 3.

En el laboratorio 3 de Informática la media obtenida es de 0.071 μT con una desviación estándar de $\pm 0.017 \mu\text{T}$.

El valor máximo de campo magnético se da en el punto 9 de la Situación 4 de 0.1 μT y el valor mínimo es de 0.048 μT que se da en el punto 5 de la Situación 4.

4.7 Análisis estadístico de resultados del Laboratorio de Robótica



Fuente: El Autor

Tabla XVI. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS DEL LABORATORIO DE ROBÓTICA.

TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS DEL LABORATORIO DE ROBÓTICA (μT) EN LA SITUACIÓN 4 (S4)	
Valor Máximo	0,062
Valor Mínimo	0,029
Media	0,047
Desviación Estándar	0,013

Fuente: El Autor

Tabla XVII. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS DEL LABORATORIO DE ROBÓTICA.

La monitorización en el laboratorio de Robótica, dio como resultados una media de $0.047\mu\text{T}$ con una desviación estándar de $\pm 0.013\mu\text{T}$.

El valor máximo registrado fue de $0.062\mu\text{T}$ en el punto 2 y como valor mínimo $0.029\mu\text{T}$ en el punto 3 de la Situación 4.

Son valores relativamente pequeños con respecto al nivel referencial adoptado por el Ministerio del Ambiente en Ecuador, ya que se dieron por la poca situación de carga que existía.

A continuación se muestra una fotografía tomada en el momento del monitoreo de campos magnéticos a tiempo real con el SPECTRAN NF-5035:



FIGURA 4. 3 Monitoreo de campos magnéticos en la sala de Robótica

4.8 Análisis general de las medias obtenidas de Densidad de Flujo Magnético en los distintos laboratorios de la Situación 4 o a tiempo real.

	MEDIAS OBTENIDAS (μT)
LABORATORIO 1 (S4)	0,13
LABORATORIO 2 (S4)	0,13
LABORATORIO 3 (S4)	0,071
LAB. ROBÓTICA (S4)	0,047
MEDIA GENERAL	0,09
DESV. ESTANDAR	0,04

Fuente: El Autor

Tabla XVIII. MEDIA GENERAL DEL PROYECTO CON DESVIACIÓN ESTANDAR.

4.9 Comparativa de la media general del proyecto con organismos nacionales e internacionales.



Fuente: El Autor

Tabla XIX. COMPARATIVA ENTRE LA MEDIA GENERAL DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO DEL PROYECTO CON ORGANISMOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Generalizando los resultados tenemos una media total de $0.09\mu\text{T}$ con una desviación estándar de $\pm 0.04\mu\text{T}$.

El valor de la media total de $0.09\mu\text{T}$ representa un 0.11% del nivel de referencia para exposición poblacional a RNI impuesta por la ICNIRP y adoptada por el Ministerio del Ambiente en Ecuador de $83\mu\text{T}$.

Comparando con la normativa internacional de Rusia ($10\mu\text{T}$), ésta media representa el 0.9% del nivel referencial para RNI de dicho país.

En cambio para Suiza ($1\mu\text{T}$) representa un 9% del valor límite referencial para RNI.

CONCLUSIONES

- El valor de la media general obtenida de Densidad de Flujo Magnético en el monitoreo de los laboratorios de la UPSE fue $0.09\mu\text{T}$ con una desviación estándar de $\pm 0.04\mu\text{T}$, alcanzando el 0.11% de los valores límites establecidos por la ICNIRP para exposición poblacional, dichas normativas fueron adoptadas en Ecuador a través del Ministerio del Ambiente y del CONELEC para sus respectivos controles de los niveles de RNI.
- Los valores máximos promedio o media de Densidad de Flujo Magnético obtenidos en los laboratorios 1 ($0.13\mu\text{T}$) y 2 ($0.13\mu\text{T}$) de Informática no superan las normativas internacionales establecidas para exposición poblacional por la ICNIRP ya que constituyen un 0,15% del valor límite referencial, respectivamente.
- La media general de Densidad de Flujo Magnético ($0.09\mu\text{T}$) obtenida en el monitoreo, no supera las normativas para RNI de Rusia ($10\mu\text{T}$) con un 0,9% y Suiza ($1\mu\text{T}$) que constituye un 9% de dicho límite en lo que respecta a exposición poblacional, tomando en cuenta que son valores que están por debajo de la normativa internacional ICNIRP.

- En el laboratorio 1 y 2 de Informática se registraron valores de 28 μT y 30 μT respectivamente, los cuales son puntos localizados que tienen esos valores porque están junto a fuentes de campo 60 Hz como son el centro de cómputo y la caja de distribución eléctrica, de considerable intensidad, ya que superen o no las normas de Rusia y Suiza es irrelevante porque son puntos aislados que no influyen en la exposición poblacional.

- Los organismos locales como el Ministerio del Ambiente y CONELEC, no entregan un protocolo estandarizado para la monitorización de campos electromagnéticos a frecuencia industrial (60Hz) en Ecuador, por lo tanto, este estudio desarrolla una metodología de medición no estandarizada que pretende facilitar las mediciones radiométricas en ambientes de laboratorios.

- La situación electromagnética en los laboratorios de Informática y de Robótica de la UPSE puede cambiar al ser incorporados equipamientos u otras fuentes de RNI.

RECOMENDACIONES

- Ampliar o continuar las mediciones de campos electromagnéticos en nuestra provincia de Santa Elena en ambientes cerrados u otros laboratorios, para tener un historial acerca del nivel de exposición a Radiaciones No Ionizantes, ya que estos niveles de radiación varían constantemente en el espectro electromagnético.
- Comunicar los resultados obtenidos en esta investigación de campos electromagnéticos en los distintos laboratorios de la UPSE a los organismos correspondientes en la provincia de Santa Elena y a nivel nacional como el Ministerio del Ambiente, con el propósito de dar subsidios científicos para el control de las RNI en nuestro país.
- Realizar simulaciones computacionales en la UPSE para estimar las radiaciones no ionizantes producidas por las líneas de baja, media o alta tensión, aparatos eléctricos, fluorescentes, entre otros, a través de distintos software espectrales, para corroborar el comportamiento del espectro electromagnético, dentro de la ciudadela universitaria.
- En nuestro país, el Ministerio del Ambiente y CONELEC deben de controlar periódicamente los niveles de exposición a RNI en los distintos ambientes posibles para precautelar la salud e integridad de los ciudadanos y por ende la protección al medio ambiente.

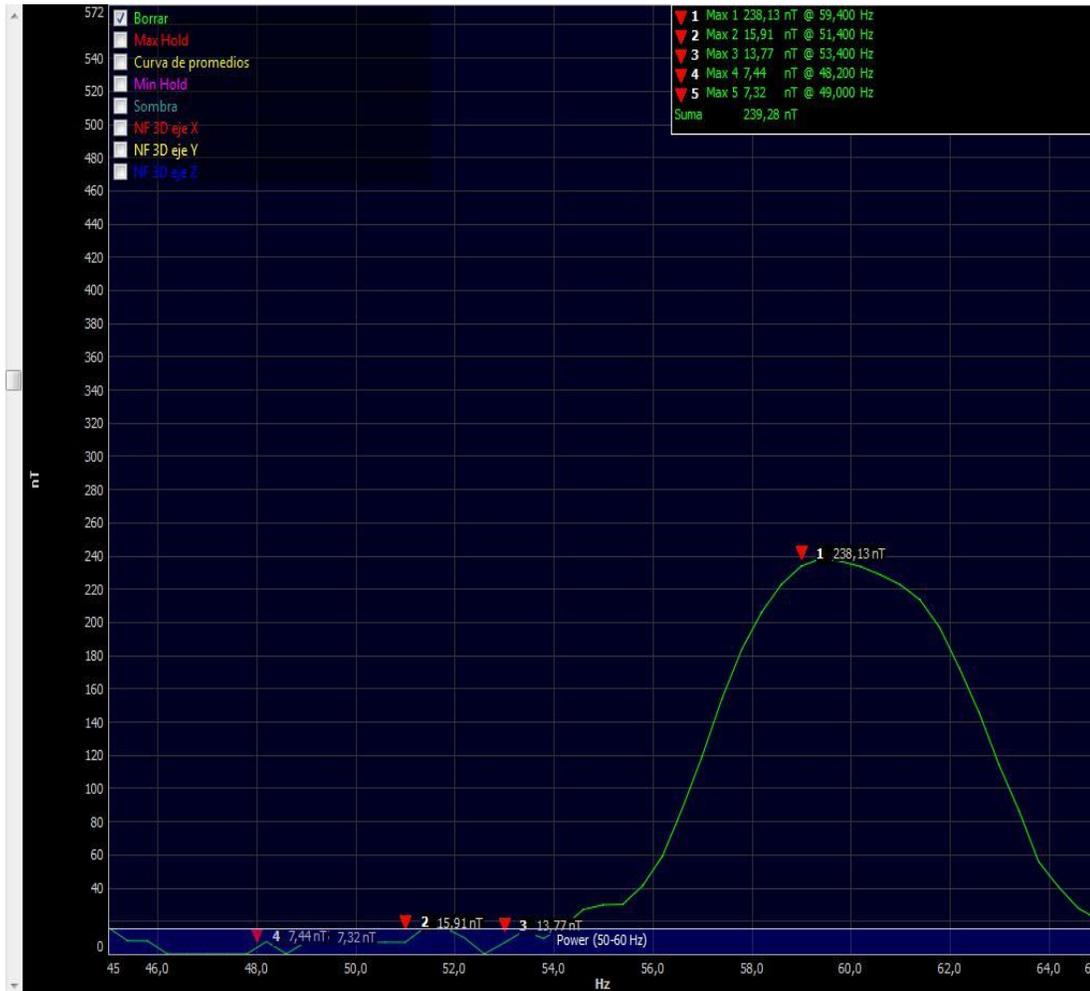
- Con el tiempo surgirán nuevas investigaciones científicas acerca de RNI en Ecuador, por lo tanto cabe reevaluar la validez de esta investigación para realizar las comparativas pertinentes que ayuden al cumplimiento y al control de RNI a nivel nacional.

Bibliografía

- Aguilar, G. (2001). *Bioelectromagnetismo: campos eléctricos y magnéticos y seres vivos*. Madrid: Editorial CSIC - CSIC Press.
- Batista, R., Soriano, G. I., & Bergés, C. L. (2011). *Posibilidades, mecanismos de acción y retos de la terapéutica con campo electromagnético de extremada baja frecuencia contra la psoriasis*. Santiago de Cuba.
- Cabal, C., Otero, G., & Acuña, J. (2005). *Informe sobre Campos Electromagnéticos y la salud humana*. Uruguay: Universidad de la Republica.
- Clay, L. (1984). *Guia del radiacionado principiante*. Barcelona: Marcombo S.A.
- Concha, V. (2010). *INTERACCIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE EXTRA BAJA FRECUENCIA CON EL CUERPO HUMANO.MEDICIONES DE CAMPO MAGNETICO EN INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN*. Santiago.
- Díaz, G. W., & Proaño, S. F. (2010). *Análisis de Mediciones de Radiaciones no Ionizantes en Ambientes Interiores y Exteriores en Predios de la ESPOL*. Guayaquil.
- EFFICACITAS. (14 de MARZO de 2007). Recuperado el 6 de JULIO de 2014, de DR.VICENTE NAPOLEON DÁVILA GARCÍA: http://www.efficacitas.com/efficacitas_es/assets/Registro%20Oficial%20Normas%20Tecnicas%20Ambientales.pdf
- Escobar, A., López, C., Ramírez, J., & Cadavid, H. (2010). Medición del campo eléctrico ambiente de alta frecuencia en un hospital. *Revista TECNOLÓGICAS*, 24.
- García, S. (2005). *La salud humana y los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja (CEM-FEB)*. Asociación Toxicológica Argentina.

- Hernández, G., & Prieto, P. ,. (2007). Historia de la Ciencia. En G. Hernández, & P. ,. Prieto, *Historia de la Ciencia* (págs. 53-59). Tenerife: Fundación Canaria Orotava.
- ICNIRP. (1998). *INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION*. Recuperado el 3 de JUNIO de 2014, de www.icnirp.org
- Knave, B., Hansson, M., Sliney, D., Matthes, R., Repacholi, M., & Grandolfo, M. (s.f.). *RADIACIONES NO IONIZANTES, RIESGOS GENERALES*. Recuperado el 23 de Junio de 2014, de ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/49.pdf>
- Romero, E., & Ticse, R. (2009). *Medición de radiaciones electromagnéticas no ionizantes en CTIC*. Recuperado el 2014, de <http://cominformatidf.files.wordpress.com/2009/09/medicion020909.pdf>
- Solano, V., & Sáiz, I. (s.f.). *CONCEPTOS BASICOS DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS DE BAJA FRECUENCIA*. Recuperado el 23 de Junio de 2014, de UNIVERSIDAD DE CANTABRIA, Grupo de Electromagnetismo: http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/contaminacion-electromagnetica-medioambiental/material-de-clase-2/apuntes_2.pdf
- Úbeda, F. V. (2001). *CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y SALUD PÚBLICA*. España.
- Uribe, J., Oviedo, A., Sanchez, V., Mantilla, O., & Sastoque, E. (2007). Análisis de los límites de exposición humana a campos electromagnéticos de acuerdo a la norma UIT-K.52 para frecuencias entre 10 KHz y 3 GHz en áreas urbanas de Bucaramanga. *Ingeniería e Investigación*, 149-158.

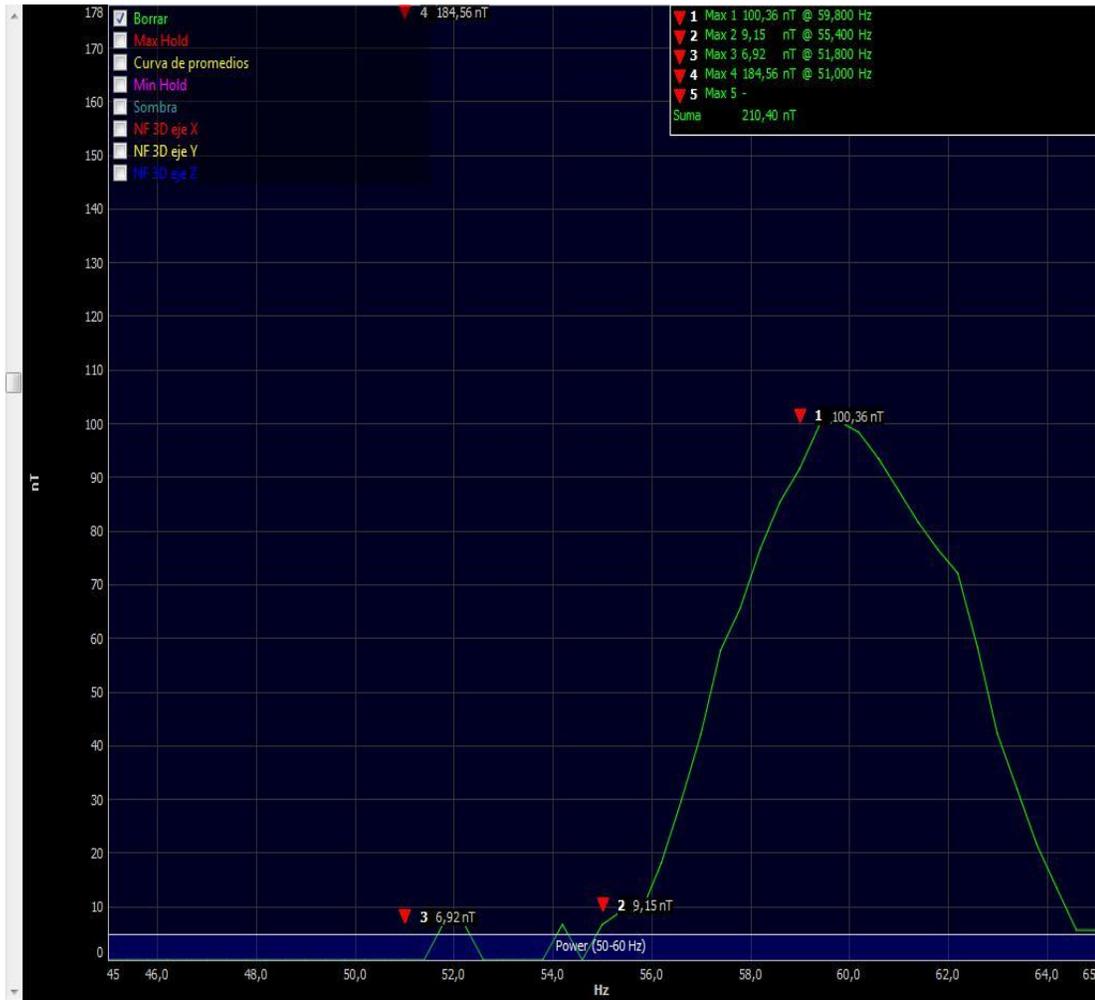
ANEXO 1. VALORES MÁXIMOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO DEL LABORATORIO 1 DE INFORMÁTICA EN LA SITUACIÓN 4.



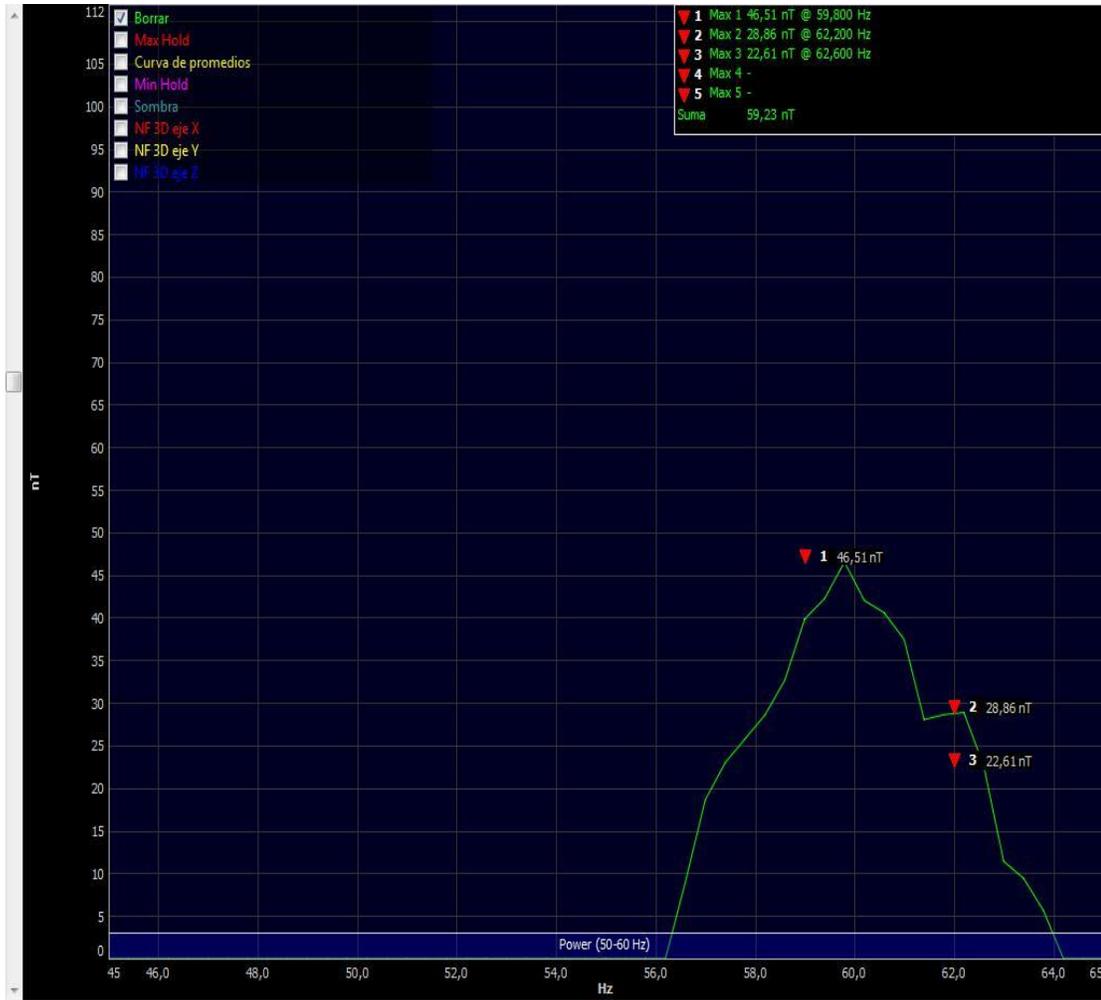
VALOR MÁXIMO DE 0.238 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 1



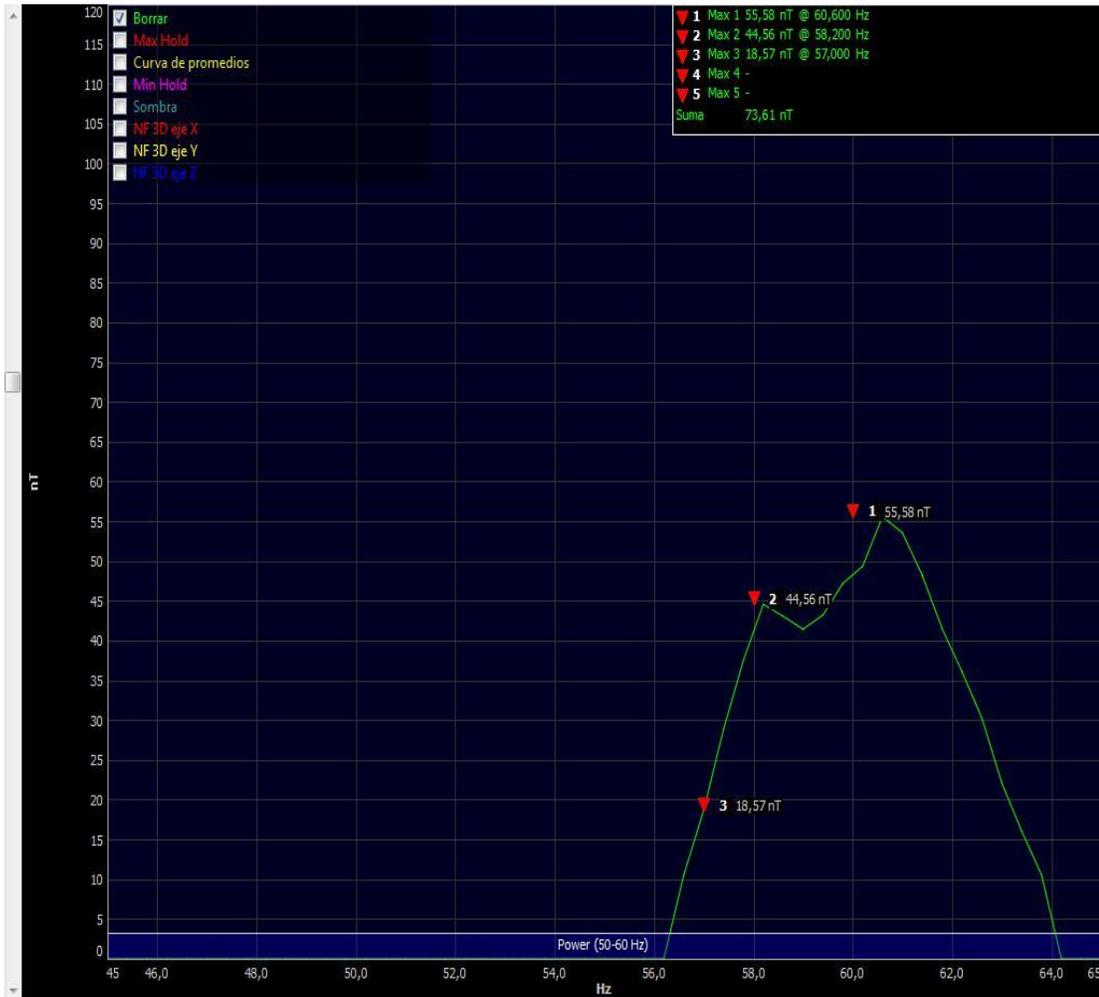
VALOR MÁXIMO DE 0.105 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 2



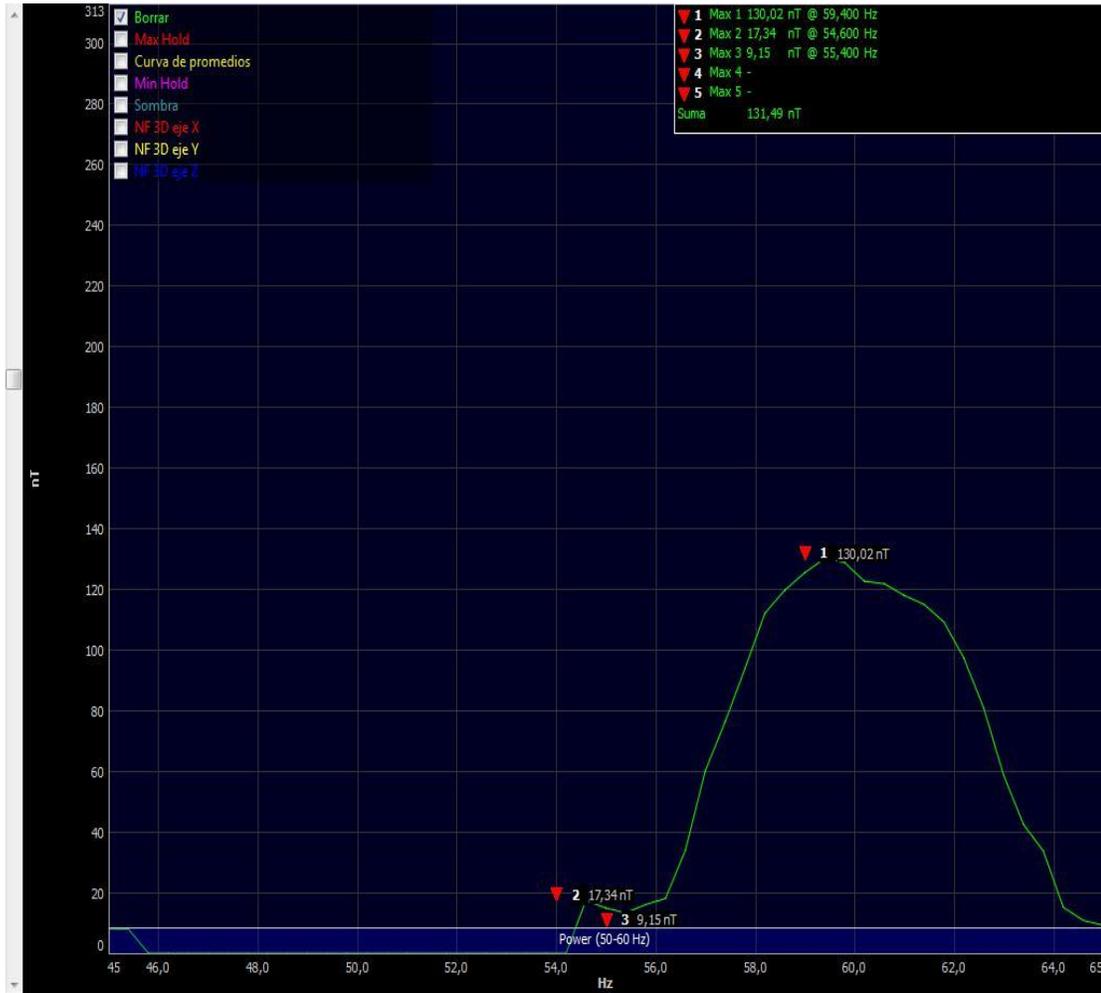
VALOR MÁXIMO DE $0.1\mu\text{T}$ MONITOREADO EN EL PUNTO 3



VALOR MÁXIMO DE 0.046 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 4



VALOR MÁXIMO DE 0.055 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 5



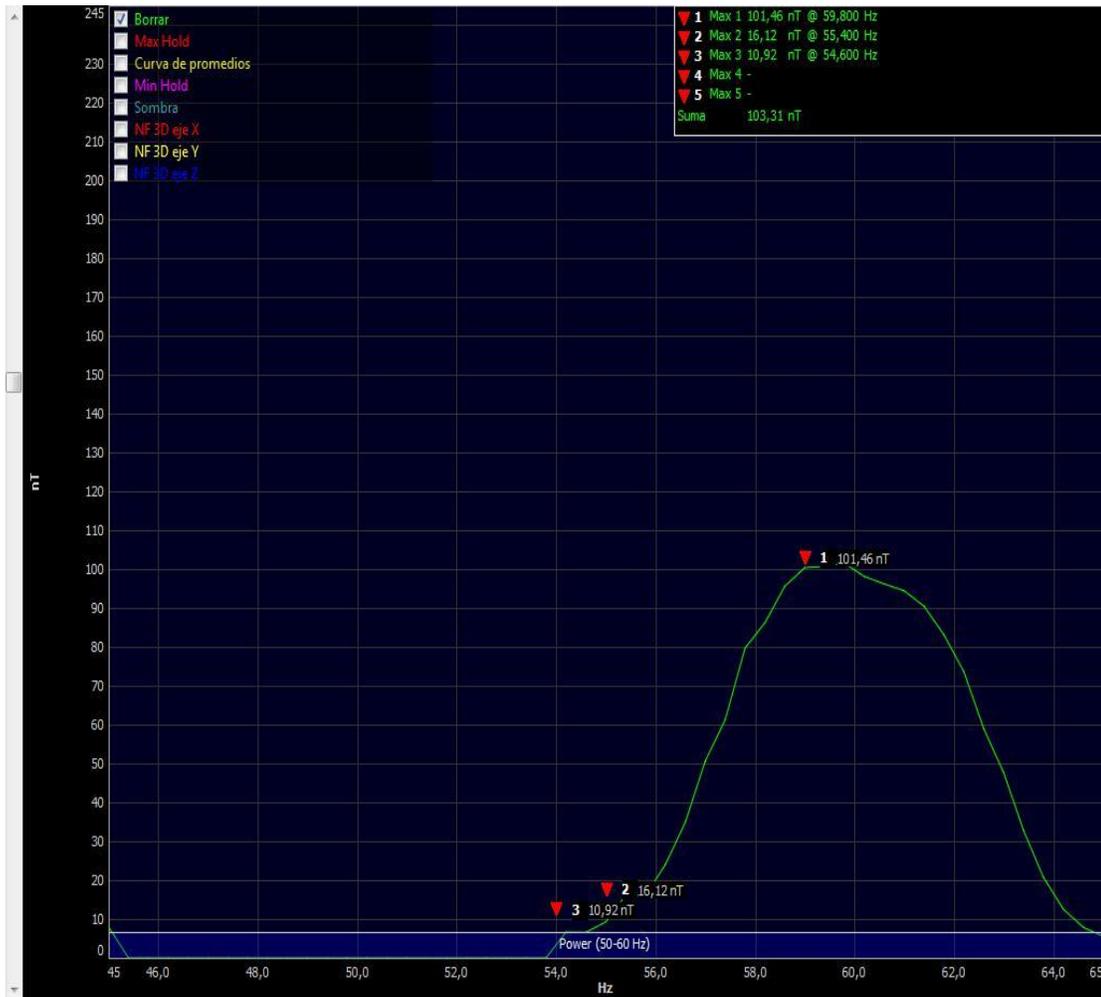
VALOR MÁXIMO DE 0.13μT MONITOREADO EN EL PUNTO 6



VALOR MÁXIMO DE 0.192 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 7



VALOR MÁXIMO DE 0.161 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 8



VALOR MÁXIMO DE 0.101 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 9

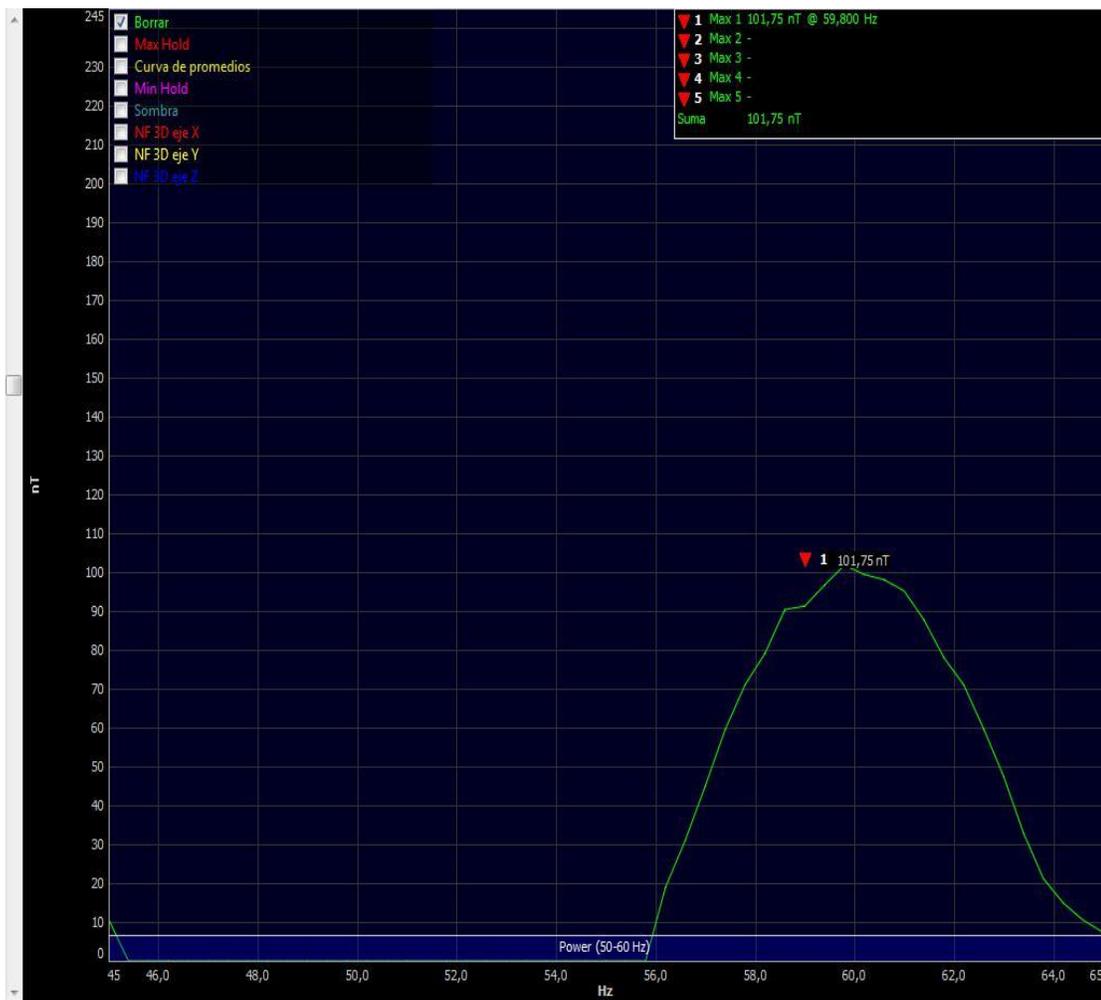
ANEXO 2. VALORES MÁXIMOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO DEL LABORATORIO 2 DE INFORMÁTICA EN LA SITUACIÓN 4.



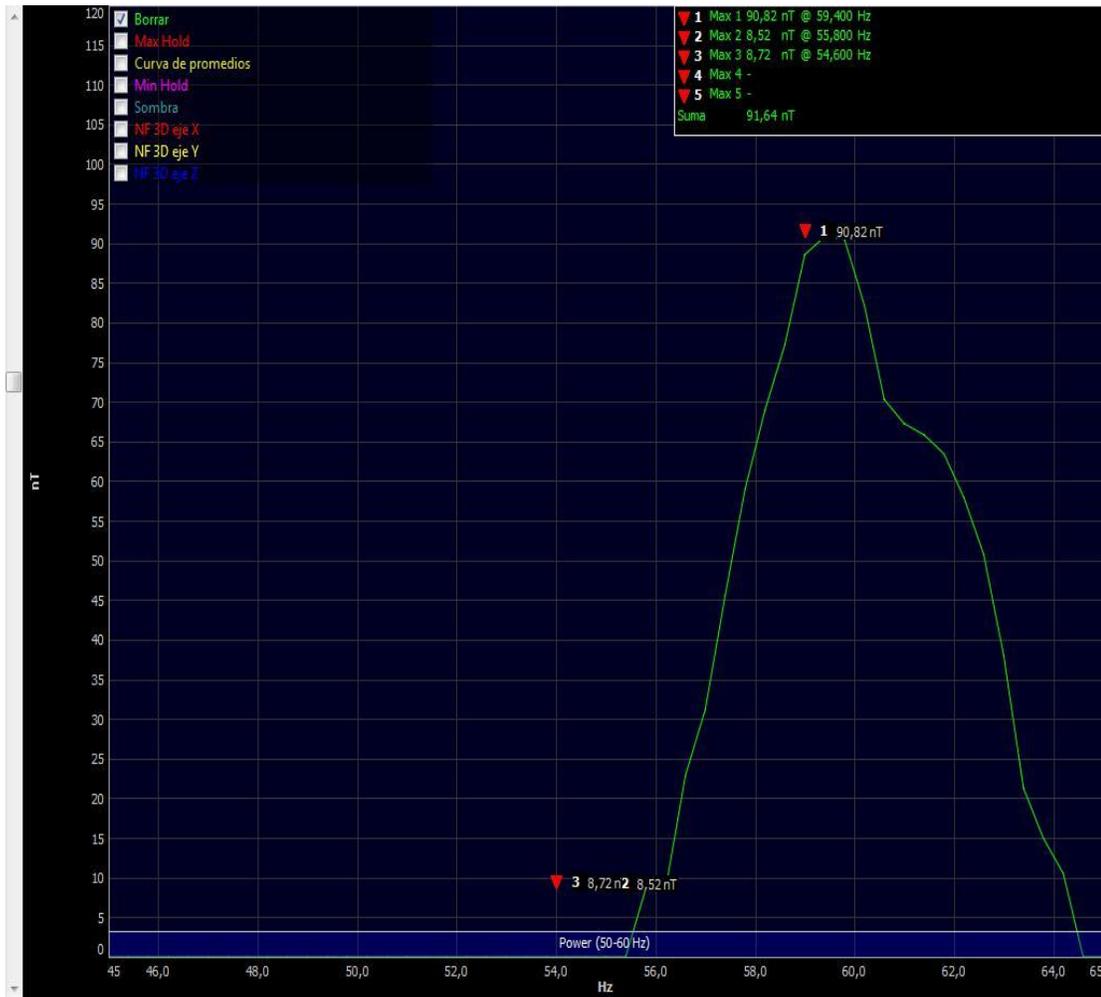
VALOR MÁXIMO DE 0.218 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 1



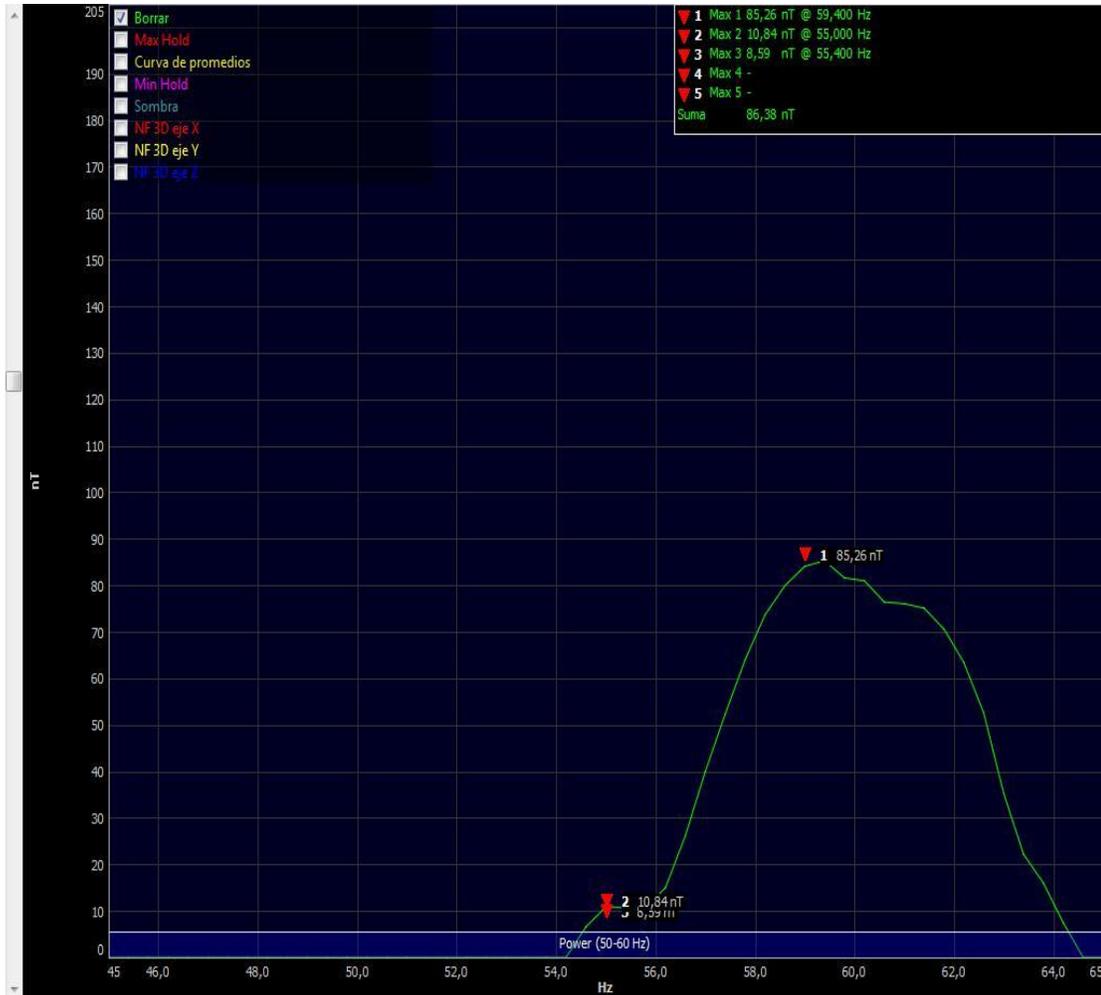
VALOR MÁXIMO DE 0.106 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 2



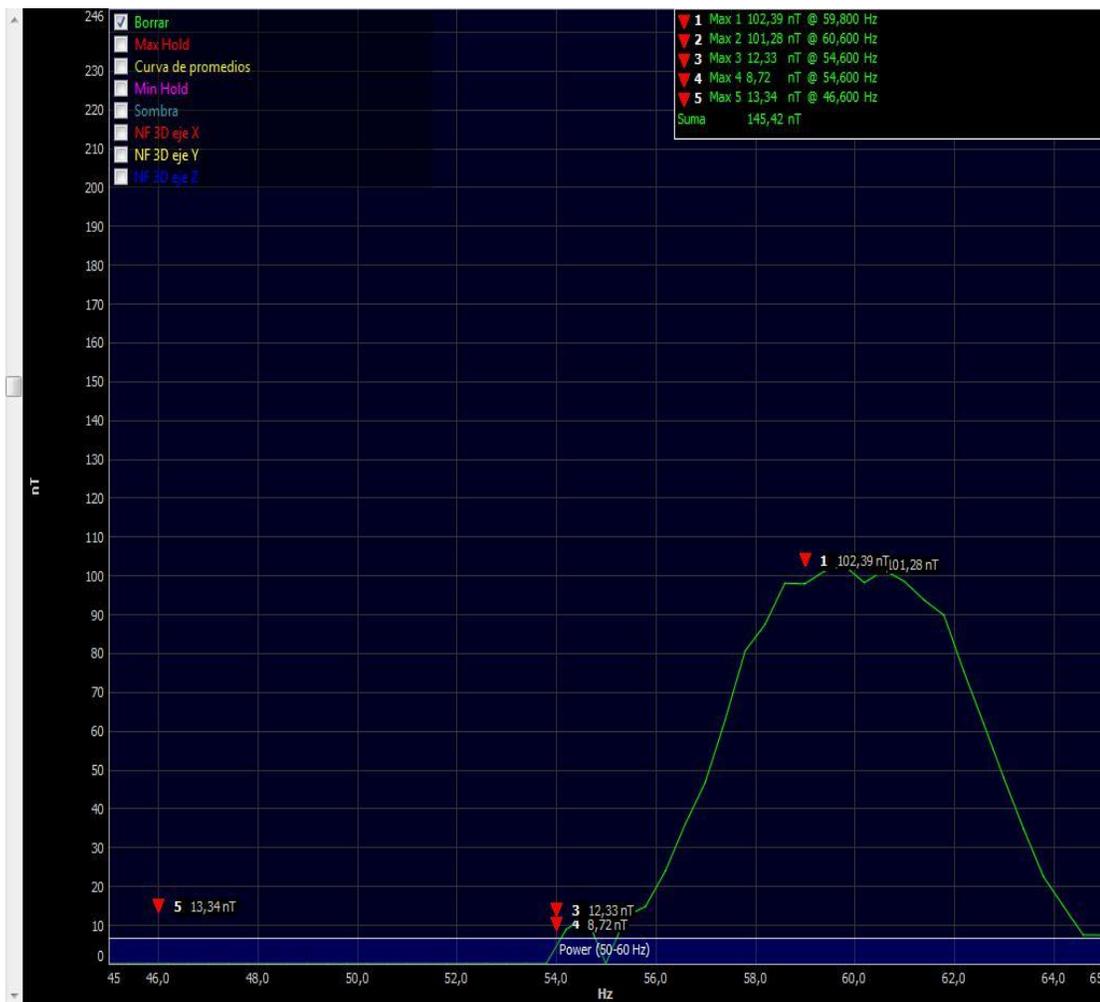
VALOR MÁXIMO DE 0.101 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 3



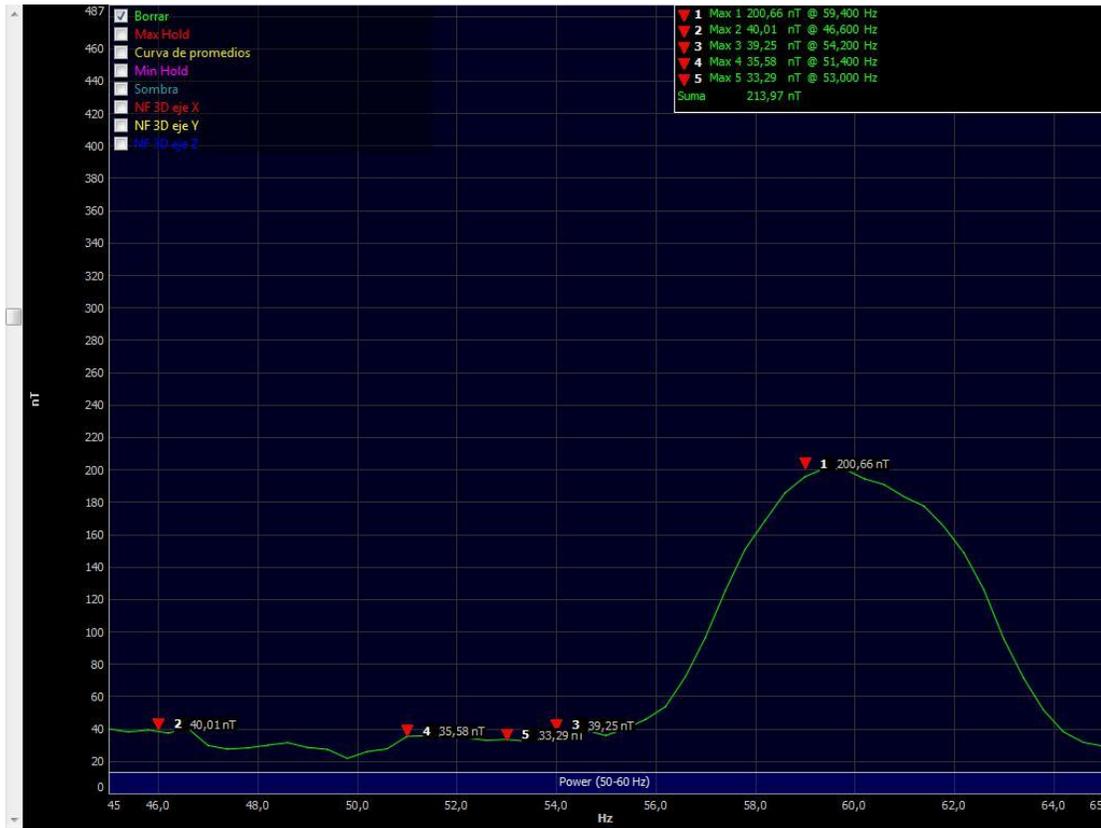
VALOR MÁXIMO DE 0.09 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 4



VALOR MÁXIMO DE 0.085 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 5



VALOR MÁXIMO DE 0.102 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 6



VALOR MÁXIMO DE 0.2 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 7

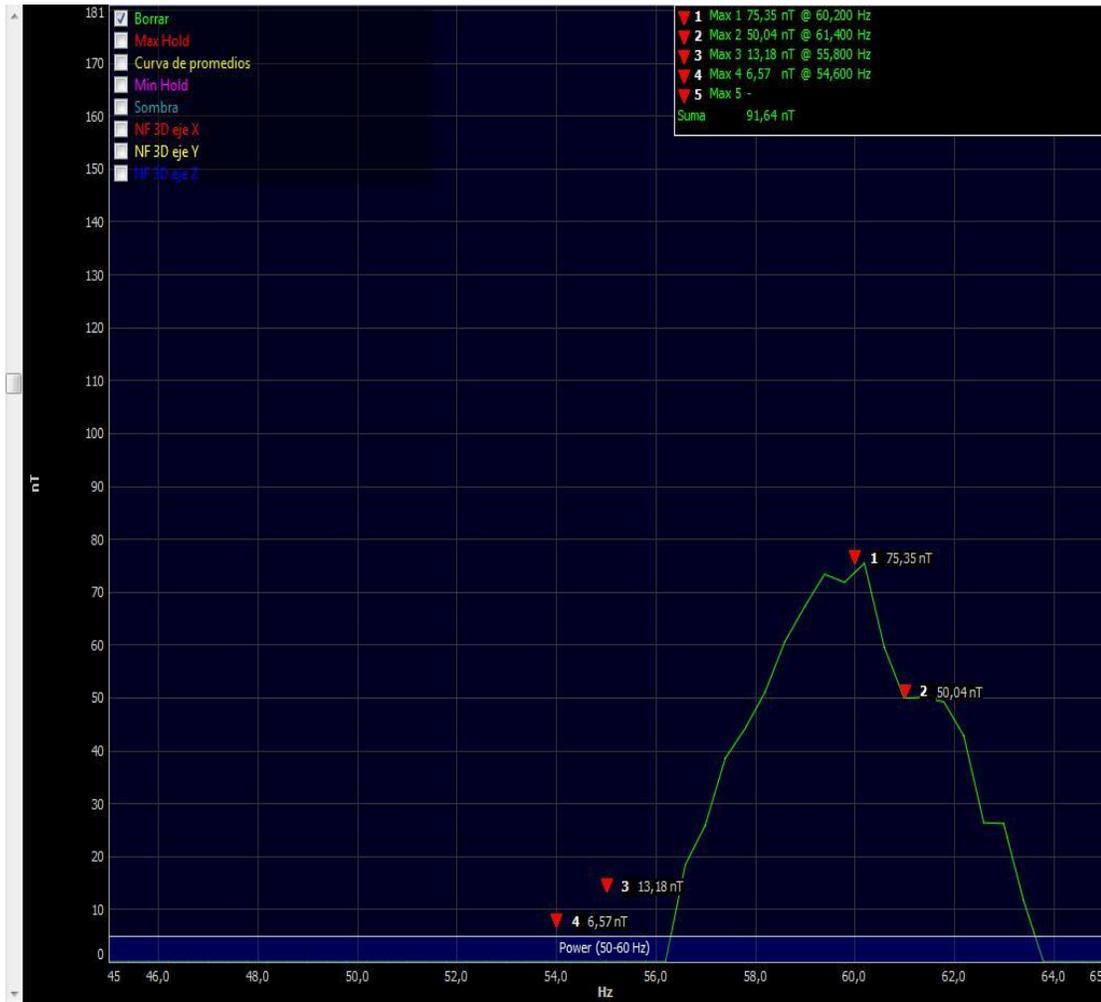


VALOR MÁXIMO DE 0.161 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 8



VALOR MÁXIMO DE 0.105 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 9

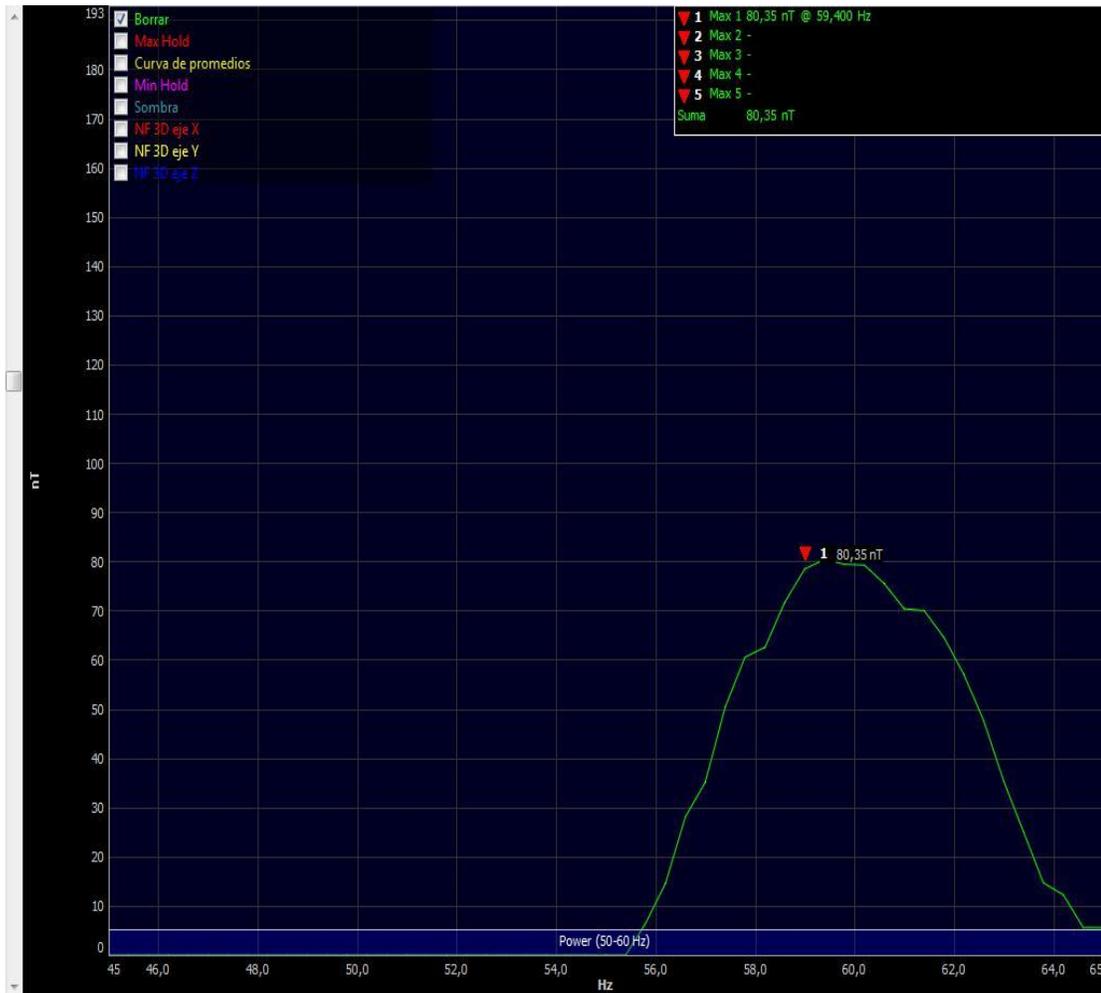
ANEXO 3. VALORES MÁXIMOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO DEL LABORATORIO 3 DE INFORMÁTICA EN LA SITUACIÓN 4.



VALOR MÁXIMO DE 0.075 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 1



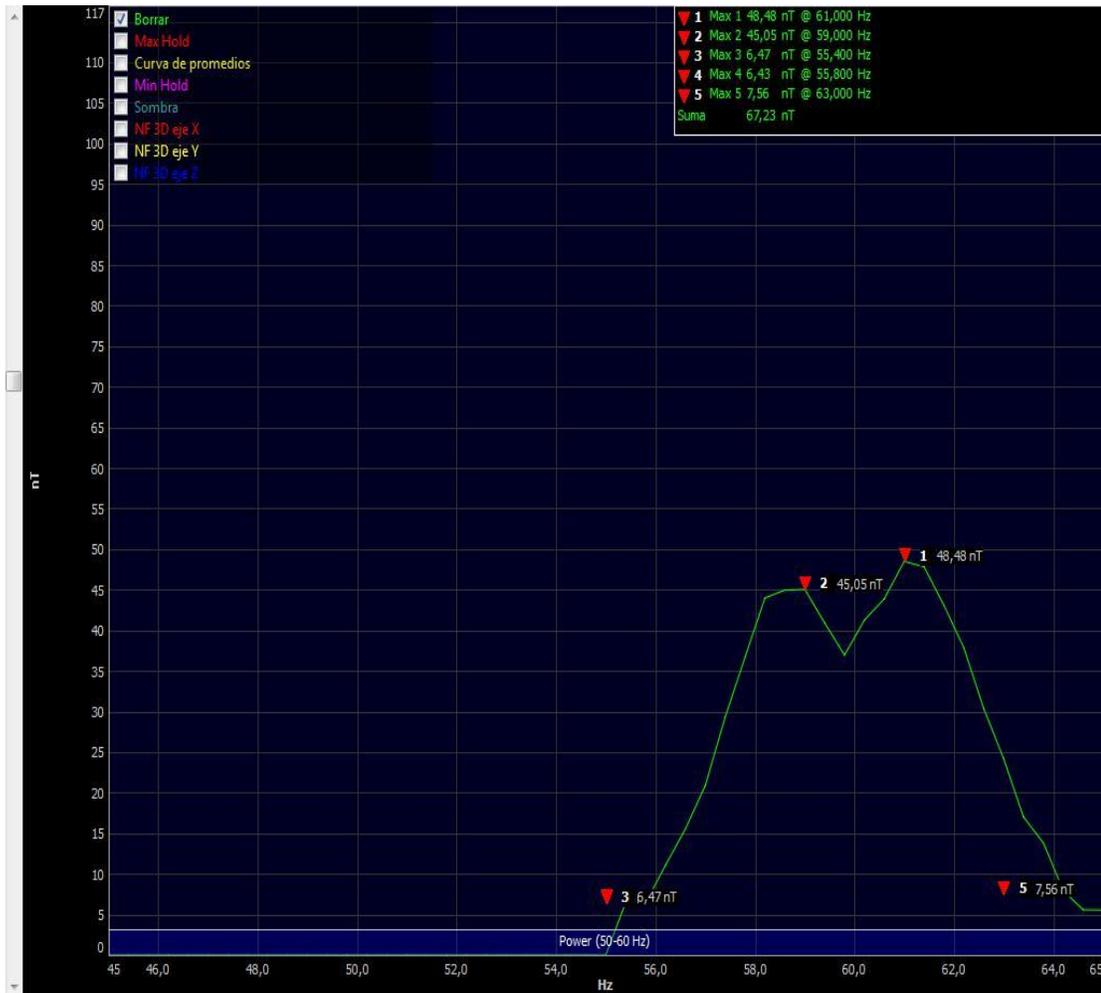
VALOR MÁXIMO DE $0.05\mu\text{T}$ MONITOREADO EN EL PUNTO 2



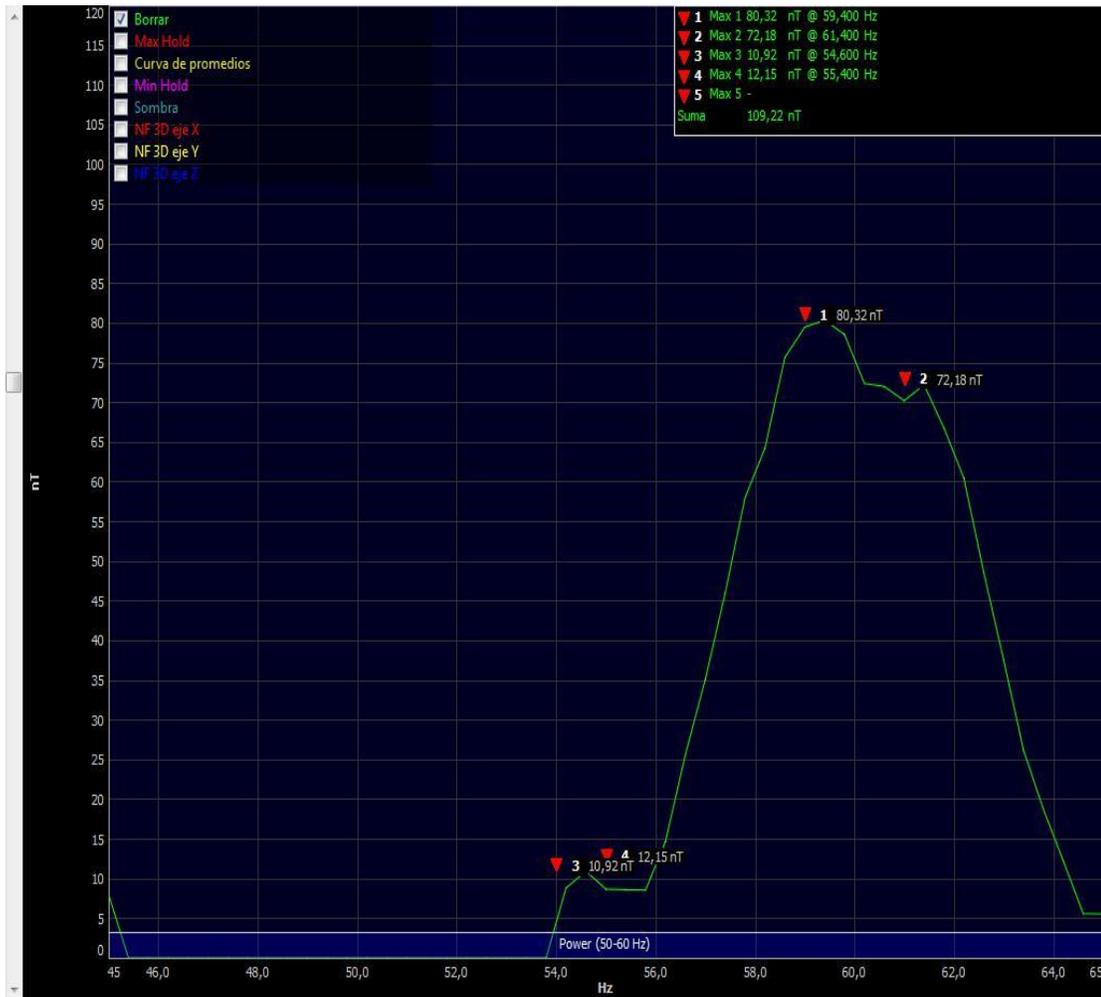
VALOR MÁXIMO DE $0.08\mu\text{T}$ MONITOREADO EN EL PUNTO 3



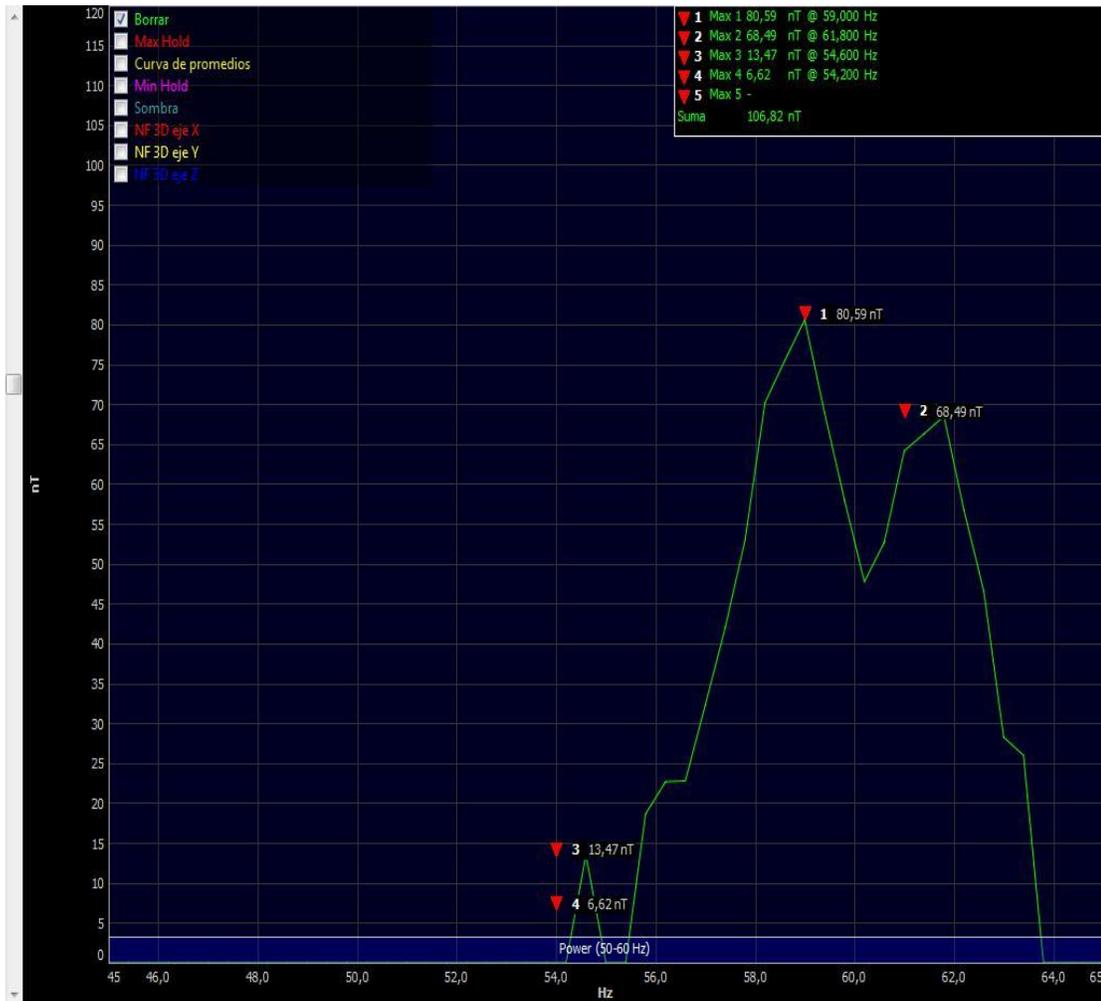
VALOR MÁXIMO DE 0.063 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 4



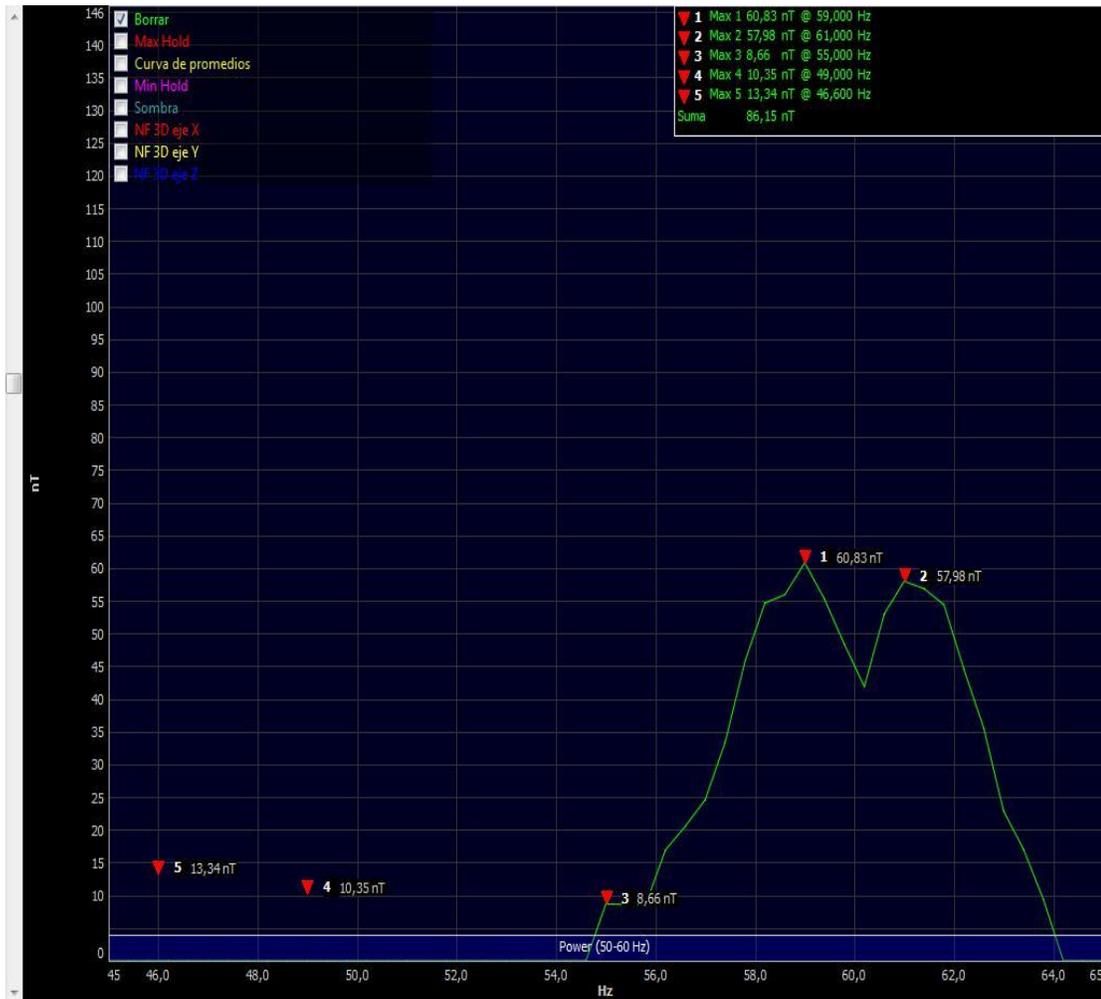
VALOR MÁXIMO DE 0.048 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 5



VALOR MÁXIMO DE 0.08 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 6



VALOR MÁXIMO DE 0.08 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 7



VALOR MÁXIMO DE 0.06 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 8



VALOR MÁXIMO DE 0.101 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 9

ANEXO 4. VALORES MÁXIMOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO DEL LABORATORIO DE ROBÓTICA EN LA SITUACIÓN 4.



VALOR MÁXIMO DE 0.061 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 1



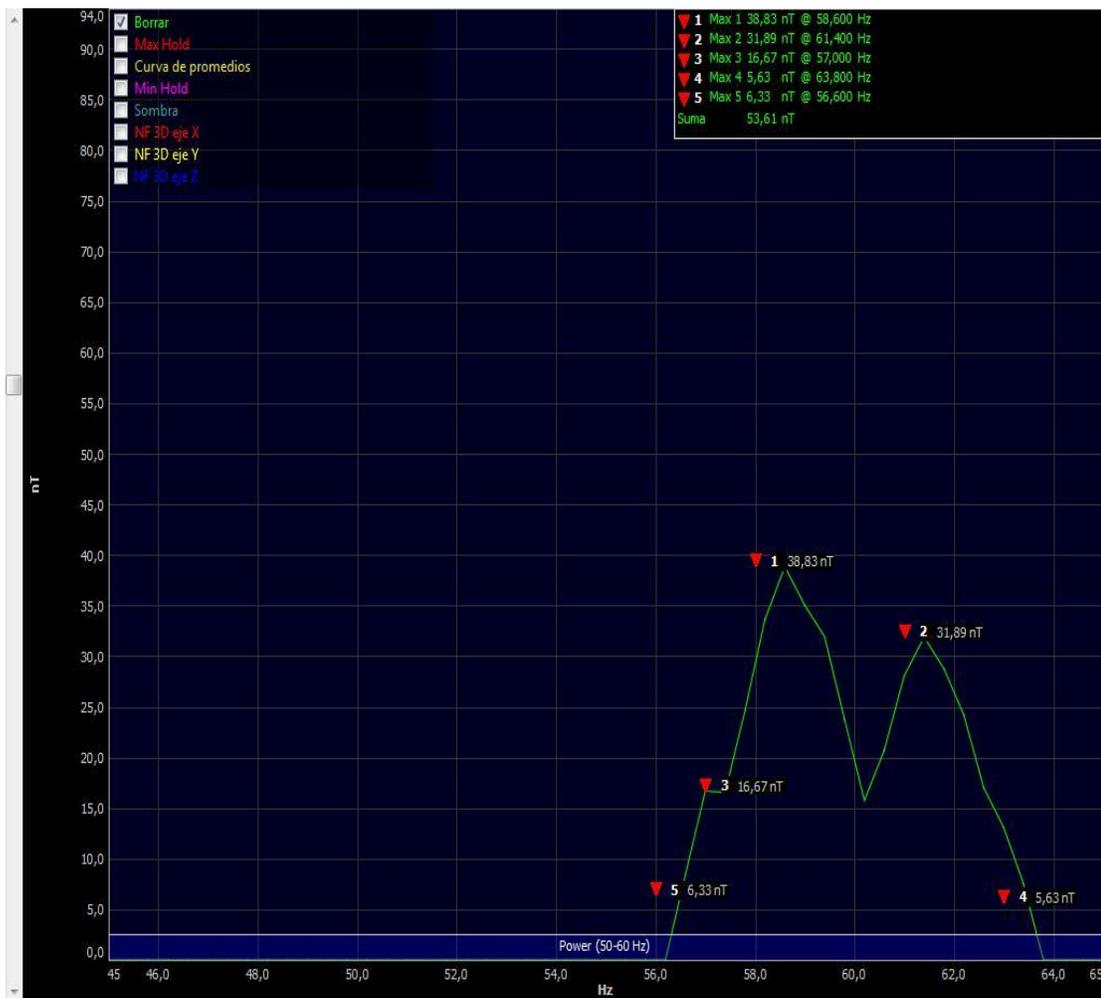
VALOR MÁXIMO DE 0.062 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 2



VALOR MÁXIMO DE 0.029 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 3



VALOR MÁXIMO DE 0.04 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 4

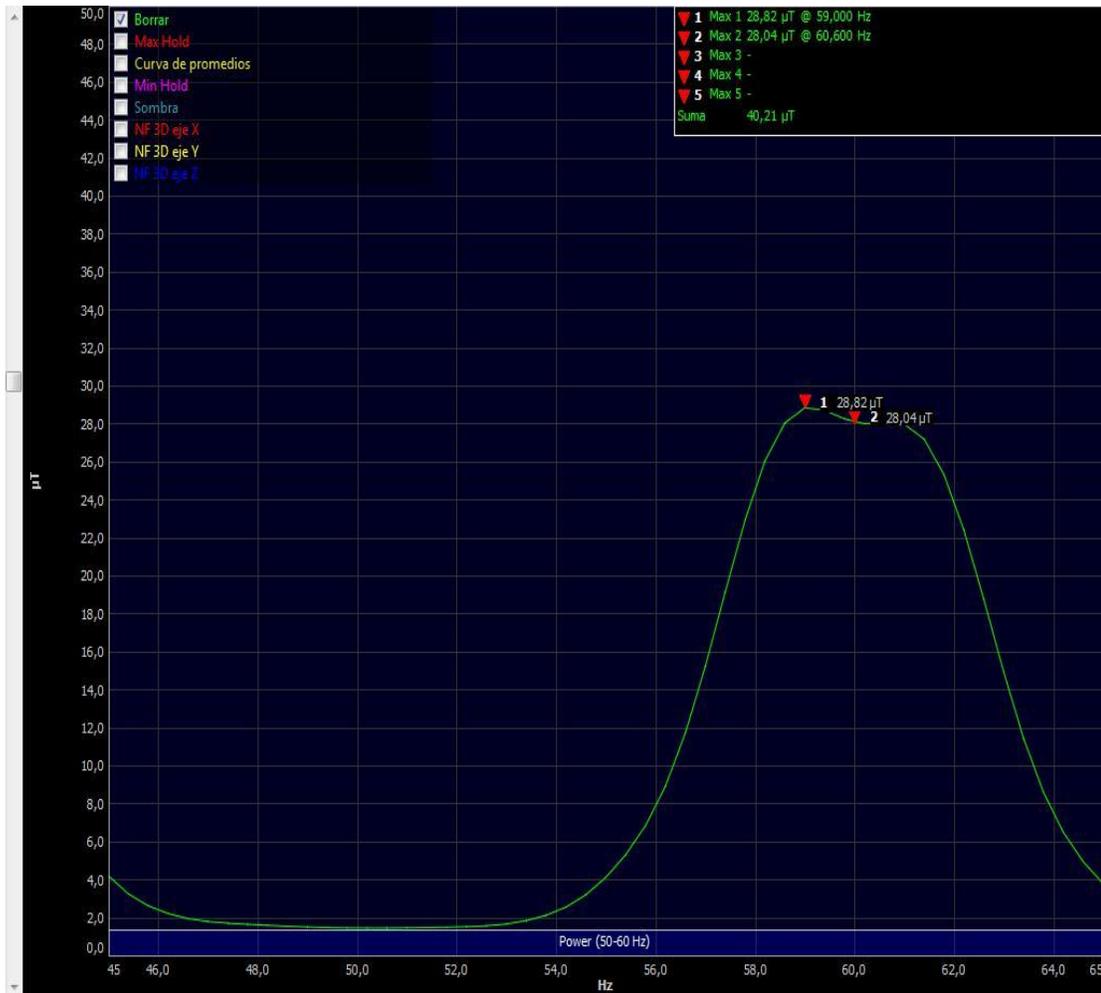


VALOR MÁXIMO DE 0.038 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 5

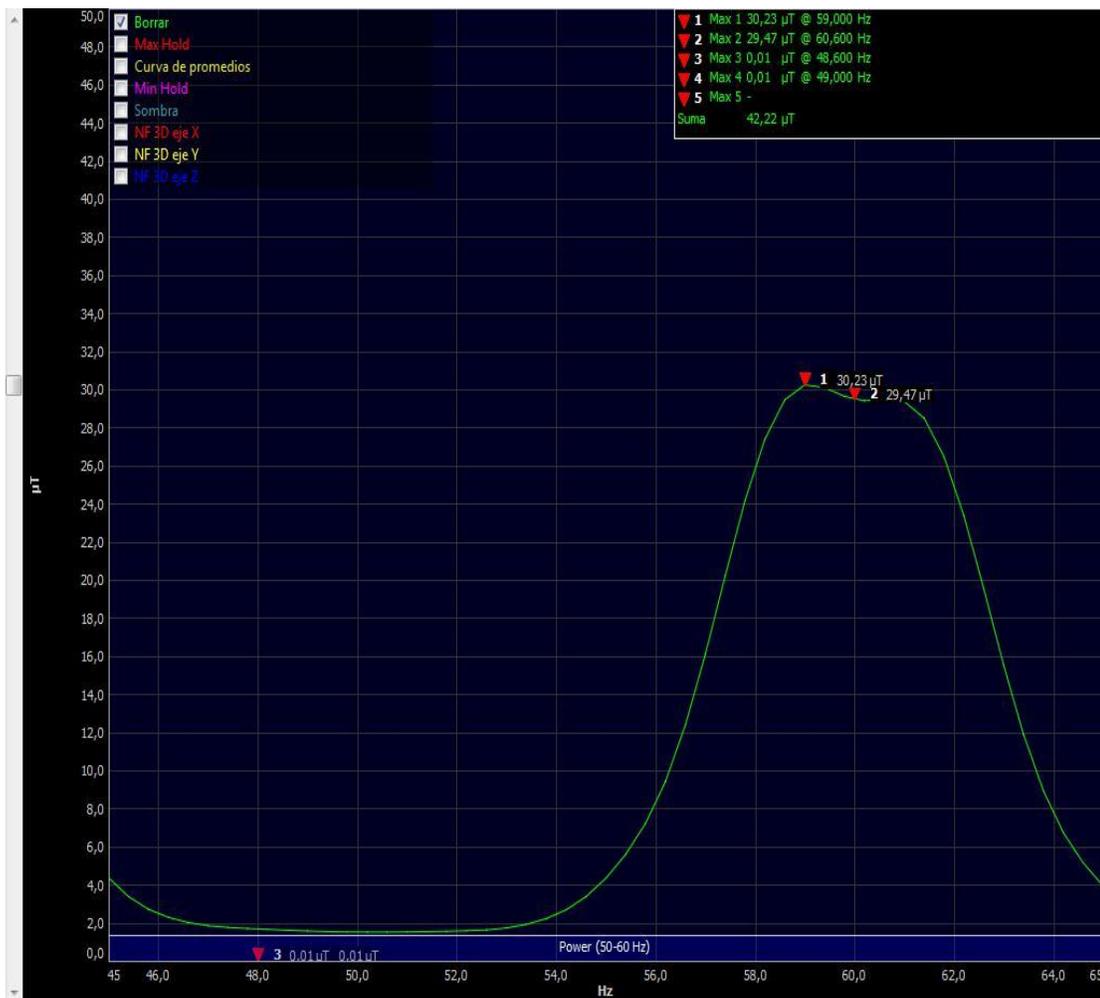


VALOR MÁXIMO DE 0.052 μ T MONITOREADO EN EL PUNTO 6

ANEXO 5. PUNTOS AISLADOS DE DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO.



VALOR MÁXIMO DE 28 μT MONITOREADO EN EL PUNTO 1 DEL LABORATORIO 1 DE INFORMÁTICA EN LA SITUACIÓN 4



VALOR MÁXIMO DE 30µT MONITOREADO EN EL PUNTO 1 DEL LABORATORIO 2 DE INFORMÁTICA EN LA SITUACIÓN 4

ANEXO 6. SOLICITUD DIRIGIDA AL DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INFORMÁTICA PARA EL INGRESO A LOS LABORATORIOS DE INFORMÁTICA.

La Libertad, 22 de Julio del 2014

Ingeniero

Walter Orozco

Director de la Escuela de Informática

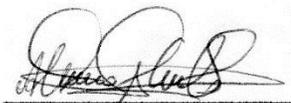
En su despacho

De mi consideración

Yo, **Alvaro Joffre Guale Pozo**, con CI **092340666-4**, egresado de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, me permito solicitar a usted la autorización para ingresar a los **Laboratorios de Informática 1-2-3**, por motivo de realizar las respectivas lectura de mediciones en lo que respecta a mi tema de tesis "**Monitorización de campos electromagnéticos en los laboratorios de Electrónica e Informática de la UPSE, Ecuador**".

Por su amable atención, me suscribo.

Atentamente



Alvaro Joffre Guale Pozo

C.I: 092340666-4



ANEXO 7. SOLICITUD DIRIGIDA AL DIRECTOR DE LA ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES PARA EL INGRESO AL LABORATORIO DE ROBÓTICA.

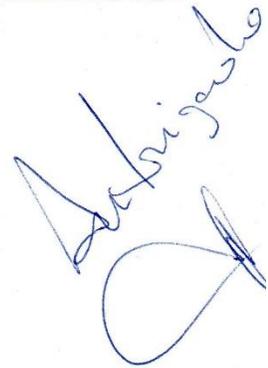
La Libertad, 22 de Julio del 2014

Ingeniero

Washington Torres

Director de la Escuela de Electrónica Y Telecomunicaciones

En su despacho



De mi consideración

Yo, **Alvaro Joffre Guale Pozo**, con CI **092340666-4**, egresado de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, me permito solicitar a usted la autorización para ingresar al **Laboratorio de Electrónica**, por motivo de realizar las respectivas lectura de mediciones en lo que respecta a mi tema de tesis **"Monitorización de campos electromagnéticos en los laboratorios de Electrónica e Informática de la UPSE, Ecuador"**.

Por su amable atención, me suscribo.

Atentamente



Alvaro Joffre Guale Pozo

C.I: 092340666-4